

„TERMELJÜNK EGYÜTT A TERMÉSZETTEL! – AZ AGRÁRERDÉSZET, MINT ÚJ KITÖRÉSI LEHETŐSÉG”

Projektzáró tanulmánykötet



Az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 sz. projekt műhelytanulmányai

**„TERMELJÜNK EGYÜTT A TERMÉSZETTEL! –
AZ AGRÁRERDÉSZET, MINT ÚJ KITÖRÉSI LEHETŐSÉG”**

PROJEKTZÁRÓ TANULMÁNYKÖTET

Lektorált tudományos kiadvány

Szerkesztő: Rétfalvi Tamás



Soproni Egyetem Kiadó

Sopron, 2021

Soproni Egyetem
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus
(közreműködő partner)

Felelős kiadó: Prof. Dr. Fábián Attila
A Soproni Egyetem rektora

Szerkesztette:
Dr. Rétfalvi Tamás

Lektorálta:
Prof. Dr. Németh Róbert, Dr. Báder Mátyás, Dr. Rétfalvi Tamás (I. fejezet)
Prof. Dr. Gribovszki Zoltán, Horváth Zoltán (II. fejezet)
Dr. Rétfalvi-Szabó Piroska (III. fejezet)
Dr. Gálos Borbála, Dr. Csukás Béla (IV. fejezet)
Dr. Heil Bálint, Dr. Vityi Andrea (V. fejezet)
Dr. Csonka Arnold (VI. fejezet)

ISBN 978-963-334-373-9 (online)

A tanulmánykötet az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 azonosítószámú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” c. projekt támogatásával jelent meg.

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó.....	9
I. FAANYAGTUDOMÁNYI KUTATÁSOK	10
Rostirányban tömörített faanyagok előállítása különböző módszerekkel és előkészítése hőkezelésre – 1. rész	11
Rostirányban tömörített faanyagok előállítása különböző módszerekkel és előkészítése hőkezelésre – 2. rész	19
Faalapú és konkurens termékek élelciklus-értékelése – 1. rész	27
Faalapú és konkurens termékek élelciklus-értékelése – 2. rész	33
Faalapú és konkurens termékek élelciklus-értékelése – 3. rész	39
Mobil és óriás ördöglakatok tervezése faanyagok felhasználásával, játszótérre – 1. rész	47
Mobil és óriás ördöglakatok tervezése faanyagok felhasználásával játszótérre – 2. rész	54
Mobil és óriás ördöglakatok tervezése faanyagok felhasználásával, játszótérre – 3. rész	61
Mobil és óriás ördöglakatok tervezése faanyagok felhasználásával, játszótérre – 4. rész	68
A hamutartalom változékonysága nemesnyáraknál	77
Paraffinnal telített és hőkezelt faanyagok vizsgálata – 1. rész.....	83
Paraffinnal telített és hőkezelt faanyagok vizsgálata – 2. rész.....	89
Paraffinnal telített és hőkezelt faanyagok vizsgálata – 3. rész.....	96
Paraffinnal telített és hőkezelt faanyagok vizsgálata – 4. rész.....	102
Paraffinnal telített és hőkezelt faanyagok vizsgálata – 5. rész.....	109
Paraffinnal telített és hőkezelt faanyagok vizsgálata – 6. rész.....	116
Faanyagok kétszeri rostirányú tömörítése - 1. rész	122
Faanyagok kétszeri rostirányú tömörítése – 2. rész.....	128
Császárfa klón (in vitro 112) Szeg- és csavarállóságának összevetése lucfenyő és nyár faanyag tulajdonságaival – 1. rész	135
Császárfa klón (in vitro 112) Szeg- és csavarállóságának összevetése lucfenyő és nyár faanyag tulajdonságaival – 2. rész	141
Rostirányban tömörített faanyag dimenzióstabilitásának javítása tejsav segítségével.....	147
A jurta szerkezeti kialakítása – 1. rész	151
A jurta szerkezeti kialakítása – 2. rész	158
Faanyagok higroszkóposságának csökkentése nanorészecskékkel – 1. rész: telítési hatékonyság	166
Faanyagok higroszkóposságának csökkentése nanorészecskékkel – 2. rész: zsugorodás	172
Faanyagok higroszkóposságának csökkentése nanorészecskékkel – 3. rész: dagadás	179
Faanyagok higroszkóposságának csökkentése nanorészecskékkel – 4. rész: egyensúlyi fanedvesség	186
Faanyagok higroszkóposságának csökkentése nanorészecskékkel – 5. rész: páradiffúzió	191

Faanyagok higroszkóposságának csökkentése nanorészecskékkel – 6. rész: vízfelvétel.....	197
Faanyagok higroszkóposságának csökkentése nanorészecskékkel – 7. rész: szín- és szilárdságváltozás	203
A Horizont 2020 által támogatott agrárerdészeti projektek – 1. rész.....	208
A Horizont 2020 által támogatott agrárerdészeti projektek – 2. rész.....	213
Hárs faanyag fizikai-mechanikai tulajdonságai – 1. rész	220
Hárs faanyag fizikai-mechanikai tulajdonságai – 2. rész	228
Hárs faanyag fizikai-mechanikai tulajdonságai – 3. rész	235
Hárs faanyag fizikai-mechanikai tulajdonságai – 4. rész	243
Faanyagok színállóságának növelése nanorészecskékkel – 1. rész.....	251
Faanyagok színállóságának növelése nanorészecskékkel – 2. rész.....	259
Botanikus kert tanösvényeinek digitalizálása, a fafajok morfológiai és fizikai tulajdonságainak feldolgozása – 1. rész	267
Botanikus kert tanösvényeinek digitalizálása, a fafajok morfológiai és fizikai tulajdonságainak feldolgozása – 2. rész	274
Nedvességfelvétel vizsgálata méhviaszos és paraffinos telítés után pannónia nyár esetén	280
Nedvességfelvétel vizsgálata pannónia nyár különböző anatómiai irányainak figyelembevételével méhviaszos telítés után	287
II. HIDROLÓGIAI ÉS ERDŐFELTÁRÁSI KUTATÁSOK	293
A klímaváltozás hatásai a vízkészletekre hazánkban.....	294
Távérzékelésen alapuló párolgás	300
A hidrológiai jellemzőkben tapasztalható napi ingadozás típusai.....	306
A felszínborítás hatása a jövőbeni vízmérlegre egy erdős terület példáján	313
A felszínborítás hatása a jövőbeni vízmérlegre egy vegyes felszínborítású terület példáján	324
A talajvízszint magasságának nyomon követése a 2018-2019-es hidrológiai évben egy patakmenti égerligetben és erdőszegélyben.....	334
Hidrológiai és botanikai jellemzők kapcsolatának feltárása vizes élőhelyeken a klímaváltozás tükrében	339
Talajnedvesség mérésének módszerei patakmenti égerligetekben és nedves réteken.....	343
Vízmérleg számítása egy patakmenti erdőállományban és nedves réten a 2018–2019-es hidrológiai évben.....	348
Hidrológiai vizsgálatok egy fás legelőn – terepbemutató.....	352
Felszínborítás-változás vizsgálata a hidrológiai hasonlóság elvét felhasználva	356
Az áthulló csapadék két mérési módszerének Összehasonlító elemzése.....	365
A csapadékváltozás hatása az útpályaszerkezetre	372
A fagyáskár hatása az útpályaszerkezetre.....	383
Az olvadáskár hatása az útpályaszerkezetre	395

Ikerbroncs-terhelés hatására ébredő igénybevételek meghatározása hajlékony útpályaszerkezetben	402
Az FWD és GPR mérési technológiák együttes alkalmazásának lehetőségei az útállapot felmérésben és értékelésben	410
III. ALKALMAZOTT KÉMIAI ÉS ANALITIKAI KUTATÁSOK	418
A lucfenyő terpén emissziójának mérése a Soproni-hegyvidéken.....	419
Higanyvegyületek gyökérnövekedést gátló hatása	424
Anaerob fermentációs rendszer szerves anyag túlterhelése és regenerálása.....	430
biogáz termelés során kulcsszerepet játszó szerves savak vizsgálata.....	435
Hazai mézek kémiai analitikai vizsgálata	439
Hazai mézek gázkromatográfiás vizsgálata	446
Környezeti tényezők hatásának vizsgálata a szőlővessző szénhidrát tartalmára a nyugalmi időszak alatt	453
Anaerob iszapok ökotoxikológiai vizsgálata	458
Biogáz iszap terhelhetőségi vizsgálata silókukorica alapú anaerob fermentáció során	462
Gázkihozatali vizsgálat silókukorica alapú anaerob fermentáció során.....	466
Mezofil anaerob iszapok vízteleníthetőségének vizsgálata	471
Összehasonlító vizsgálatok biogáz iszapok savtartalmának meghatározására	476
IV. METEOROLÓGIAI, MÓDSZERTANI ÉS FOLYAMATMÉRNÖKI KUTATÁSOK	491
Observed and projected drought tendencies for agroforestry case studies	492
Klímaadat és -információ szolgáltatás agrárerdészeti projektekben	499
Hosszútávú klíma-előrevetítések és adatbázisok agrárerdészeti rendszerekhez	503
Az országos meteorológiai szolgálat honlapján elérhető információ alkalmazhatósága agrárerdészeti elemzésekben.....	509
Meteorológiai mérések és megfigyelések agrárerdészeti elemzésekhez	515
Meteorológiai mérések Sopron és környéke agrárerdészeti rendszereiben	521
A Voltcraft DL-121TH típusú adatgyűjtők és alkalmazásuk az agrárerdészeti kutatásokban	529
Egyedi, lokális jelenségek az agrárerdészeti rendszerek hőmérsékletviszonyainak tanulmányozása során.....	534
Mérési módszertan fejlesztése az agrárerdészeti rendszerek hőmérsékleti viszonyainak vizsgálatára	539
Növényfenológiai vizsgálatok.....	544
Process model of medium complexity for dynamic simulation of agroforestry systems – Part I: Mapping and compartmentalization of the studied system.....	551
Process model of medium complexity for dynamic simulation of agroforestry systems – Part II: Structure and functionalities of the conceptual model	558
Process model of medium complexity for dynamic simulation of agroforestry systems – Part III: Pre-processing and evaluation of meteorological and hydrological measurements	563

Process model of medium complexity for dynamic simulation of agroforestry systems - Part IV: Simplified PPS model of plant cultivation	570
Process model of medium complexity for dynamic simulation of agroforestry systems – Part V: Simplified PPS model of tree plantations	598
Process model of medium complexity for dynamic simulation of agroforestry systems – Part VI: Simplified programmable process network of combined agroforestry systems	627
V. AGRÁRERDÉSZETI RENDSZEREK KOMPLEX ÖKOLÓGIAI ÉS KÖRNYEZETI ÉRTÉKELÉSE	637
An overview of agroforestry from antiquity to the present day	638
Ecological and economic aspects of agroforestry as a sustainable, environmentally friendly farming system	643
Agrárerdészet a klímaváltozásban	648
Az agrárerdészeti rendszerek és a biológiai sokféleség kapcsolata	652
Rekultivációs területek agrárerdészeti hasznosítása	656
Remediációs lehetőségek agrárerdészeti rendszerekben.....	662
Faültetvények helye az agrárerdészetben	668
Faültetvények többcélú használatának elméleti lehetőségei	672
Agrárerdészeti rendszerek CO ₂ megkötése.....	676
Erdőgazdálkodás a tarvágások eltörlése után – az agrárerdőgazdasági rendszerek, mint lehetséges megoldás	680
A cserebogarak (<i>Melolonthidae</i>) elleni gombaszuszpenziós (<i>Beauveria spp.</i>) biológiai védekezés hatékonysága	684
Agrárerdészeti rendszerek ökoszisztéma szolgáltatásai és produktivitása az erdőkert példáján	691
Az erdőkert tervezés szempontjai és alapelvei	698
Mikroklíma vizsgálatok erdei köztes termesztéses rendszerben	703
Plant invasion in agroforestry systems.....	708
Mezővédő erdősávok lágyszárú növényzete.....	714
A lágyszárú növényzet és a talajlakó mezofauna diverzitása erdősávokban	720
VI. AGRÁRÖKONÓMIAI ÉS TÁRSADALOMTUDOMÁNYI KUTATÁSOK	726
Agrárerdészeti rendszerek ökonómiai vonatkozásai	727
Az agrárerdészet fogalmának ismerete, agrárerdészeti termékek potenciális vásárlásának megítélése a magyar lakosság körében	731
Agrárerdészeti termékek marketingkommunikációs lehetőségei	742
Az agrárerdészeti és a hagyományos úton előállított termékek megítélése a magyar fogyasztók körében	750
A fás legelő rendszer jellemzői és előnyei – 1. rész: szakirodalmi áttekintés.....	756
A fás legelő rendszer jellemzői és előnyei – 2. rész: Esettanulmányok a Dél-Dunántúlról	768
A fás legelő rendszer jellemzői és előnyei – 3. rész: Összefoglaló megállapítások.....	776

Fenntarthatóság és annak a lehetőségeinek vizsgálata az egyéni gazdálkodók körében – 1. rész: elméleti alapok	785
Fenntarthatóság és annak a lehetőségeinek vizsgálata az egyéni gazdálkodók körében – 2. rész: Primer eredmények	796
Szakértői Vélemények az agrárerdészetről – 1. rész: Elméleti alapok	802
Szakértői Vélemények az agrárerdészetről – 2. rész: Mélyinterjúk kutatás eredményei	812
Szakértői Vélemények az agrárerdészetről – 3. rész: A Q-módszertan felmérés eredményei	828
Agrárerdészeti termékek fogyasztói megítélése – 1. rész: Elméleti alapok	836
Agrárerdészeti termékek fogyasztói megítélése – 2. rész: EGY Q-MÓDSZERTAN FELMÉRÉS EREDMÉNYEI ...	850
Agrárerdészeti vállalkozások Profitabilitásának VIZSGÁLATA	860
Mikroklimatikus tényezők vizsgálata az agrárerdészetben	869
A világ kukoricapiacának területi elemzése	875
Farm growth and liquidity constraints in Hungarian agro-forestry farm	889
A legeltetési állattartás gazdasági helyzete Magyarországon – 1. rész: Elméleti háttér bemutatása	898
A legeltetési állattartás gazdasági helyzete Magyarországon – 2. rész: Primer eredmények	906

ELŐSZÓ

Az agroerdő-gazdálkodás régi-új gazdálkodási forma: az agroerdészeti rendszerek alatt olyan földhasználati rendszereket és technológiákat értünk, amelyben fás növények (fák, cserjék, palma- és bambuszfélék) hasznosítása mellett egyéb agrártevékenységet is végeznek, azaz tudatosan együtt alkalmaznak szántóföldi kultúrákkal és/vagy állattartással. A tradicionális agrár-erdészeti rendszerek közé a fás legelők, kaszált gyümölcsösök kialakítása, a makkoltatás, erdőben végzett gyógynövénygyűjtés, méhészkedés tartozott, azonban a mezőgazdaság intenzifikációja, a gépesítés és a széttelepülési folyamatok következményeként számos korai rendszer felszámolásra került.

Mára a talajok termőképességének védelme, a talaj mint természeti erőforrás fenntartható használata hívta újra életre az agroerdészeti rendszereit, elsősorban Délnyugat-Európában, felismerve annak jelentőségét: a szélsőséges klímahatások elleni védekezésül termesztett növényeknek a fák védelmet nyújtanak, a terület sokszínűsége miatt a termesztéshez a korábbiaknál kevesebb vegyszer szükséges, a tapasztalatok alapján pedig a haszonnövények és fák együttélésében javul a talajok állapota és tápanyagellátottsága.

Magyarországon közel 700 000 hektár olyan kedvezőtlen adottságú mezőgazdasági terület található, amelyek hasznosítására jó lehetőséget kínál e technológiák innovatív bevezetése. A külföldi példák alapján jól látszik, hogy az egy hektárról befolyó bevétel körülbelül 40%-kal lehet magasabb a hagyományos erdészeti vagy mezőgazdasági tevékenységekkel szemben. A kormányzati stratégiához illeszkedve a rendszerek bevezetésére több támogatási forma is rendelkezésre áll azon gazdálkodók számára, akik érdeklődnek az agro-erdőgazdálkodás iránt.

Az agrárerdészeti technológiák jelenthetik az agrárgazdálkodás minőségi és mennyiségi paramétereinek javítását, a rendelkezésre álló földterület jobb kihasználását, az adott helyi körülményekhez igazodó hatékonyabb erőforrás felhasználást. Az agrárium versenyképességének növelése a piaci lehetőségek bővülésével, a minőségi élelmiszer termelés fokozásával elérhetővé válik. A környezetkímélő agrotechnikák alkalmazásával a biodiverzitás növelése további előnyt jelent a gazdálkodók számára.

Az agrárerdészeti rendszerek hazai adaptációjának kutatására, a jól működő példák bemutatására és elterjesztésére az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Tematikus kutatási hálózati együttműködések” pályázati konstrukció keretein belül a „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kiterjesztési lehetőség” című projekt megvalósításához nyert támogatást 2017 és 2020 közötti időszakra a Soproni Egyetem mint konzorciumvezető, a projektben konzorciumi partnerként résztvevő a Kaposvári Egyetem Gazdaságtudományi Karával, valamint a Dunaújvárosi Egyetem Műszaki Intézetével közösen.

A projekt alapvető feladatainak részeként a különböző kutatási témák megalapozására, végrehajtására és az eredmények bemutatására jelentős számú kutatói és hallgatói tanulmány, kutatási beszámoló született, amelyek egy részét ebben a zárótanulmányban tárjuk a kedves olvasó elé.

I. FAANYAGTUDOMÁNYI KUTATÁSOK

ROSTIRÁNYBAN TÖMÖRÍTETT FAANYAGOK ELŐÁLLÍTÁSA KÜLÖNBÖZŐ MÓDSZEREKKEL ÉS ELŐKÉSZÍTÉSE HŐKEZELÉSRE – 1. RÉSZ

HORVÁTH BÍBOR JÚLIA

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

sopronikutatasok@gmail.com

Bevezetés

A rostirányú tömörítés célja a többi faanyagmodifikációhoz hasonlóan, hogy a faanyag a felhasználás szempontjából kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkezzen. A tömörítés nagymértékben megnöveli a faanyag hajlíthatóságát, az alkalmazott eljárásoktól függően eltérő mechanikai tulajdonságokkal rendelkező anyag állítható elő. Tömörítésre jellemzően keménylombos fafajokat alkalmaznak, ezek esetében végezhető el optimális eredménnyel a faanyag modifikáció. A tömörítésének feltétele a megfelelő minőségű, megfelelően előkészített alapanyag. A tömörítés során kiemelkedően fontos az oldalirányú kihajlás, elhajlás, illetve a rostkiszakadás megakadályozása. Ellenkező esetben bekövetkezhet a tömörített anyag kihajlása, szélsőséges esetben törése, repedése, hasadása. A nem megfelelő tömörítés egyenetlen anyagszerkezetet eredményez, mely a későbbi felhasználás, hajlítás során akár az anyag töréséhez is vezethet. Egyenetlen anyagszerkezetet okoz a nem megfelelő sebességgel, és vagy nem megfelelő mértékben történő tömörítés. A túl lassú tömörítés esetén a természetes anizotrópiájából adódóan a faanyag részei más-más mértékben tömörödnek, míg túl nagy tömörítési sebesség esetén a faalkotók részeinek sérülésére kerülhet sor. Az ilyen nem megfelelően tömörített anyagok szerkezete nem egyenletes, nem jól hajlíthatók. A faanyag megfelelő tömörítéséhez szükséges átlagos sebesség 50 mm/min, illetve a faanyag 20-25% mértékű tömörítése mondható optimálisnak. E fölött az érték fölött a faanyag szerkezete fafajától és az adott anyagtól függően károsodhat. A faanyag tönkremenetele bélsugarak repedésével, és a többi farészttől való elválással kezdődik.

Az eltérő tömörítési eljárásokkal eltérő tulajdonságú faanyagok állíthatók elő. Az ipari gyakorlatban leggyakrabban a nedvesen hajlítható faanyagot alkalmazzák, de a szárazon hajlítható faanyagok is van jelentősége.

Nedvesen hajlítható faanyag előállítás: a faanyagot lágyítás után 20%-ot tömörítjük, egy percet nyomva tartjuk, majd ezt követően a faanyag felhasználható, hajlítható, hűlés és szárítás után formáját megtartja. Ebben az esetben a tömörítés után a faanyag visszarugózása igen nagymértékű, a maradandó hosszváltozás a bükk és a tölgy esetén is 3-5%-ra tehető.

Szárazon hajlítható faanyag előállítás: A tömöríteni kívánt faanyagot lágyítjuk, az előzőekkel megegyező módon. Ezt követően tömörítjük, majd a présformában hosszabb időre rögzítjük 20%-os összenyomásnál. A faanyag összenyomva hűl le. A tömörítő berendezésből kivéve hidegen és szárazabb állapotban is hajlítható anyagot kapunk. Ebben az esetben a visszarugózás mértéke jóval kisebb, a maradandó alakváltozás mértéke 15–20% közé tehető.

A préselés utáni visszarugózás szabályozásával a fa elérhető legkisebb rugalmasságánál bármilyen nagyobb maradandó érték beállítható a kezeletlen faanyag rugalmassági határáig. A legnagyobb tömörítési értéket többlépcsős eljárás alkalmazásával lehet elérni. Ennél az eljárásnál a faanyagot szintén plasztifikálják, majd összenyomják, egy ideig nyomva tartják, majd még nagyobb mértékben nyomják össze. Az eljárás lényege, hogy az a faanyag, amelyik már egyszer roncsolva lett, kevesebb erőnek képes ellenállni, így az előzetes nyomás után pihentetett rostokban a feszültségek egy része leépül, ennek megfelelően a későbbiekben nagyobb alakváltozást lesz képes elviselni törés nélkül. Az összenyomást a kezelés típusától

függően minimum két lépcsőben hajtják végre. Az adott eljárással elérhető a 30%-os tömörítési arány is a faanyag tönkremenetele nélkül. További lehetőség a faanyag szakaszos tömörítése, ahol csak a hajlítani kívánt szakaszon végzik el a faanyagmodifikációt, így a faanyag többi része nem szenved rövidülést, illetve megtartja a kezeletlen faanyag tulajdonságait, szilárdsági értékeit.

A hajlítás során a faanyag kezelésétől függetlenül kétféle igénybevétel jelentkezik az érintett keresztmetszetben. Az egyik oldalon húzás, illetve a másikon nyomás. Mivel a faanyag húzás esetén lényegesen kisebb teher elviselésére alkalmas, mint a nyomásnál, így a törés rendszerint a húzott oldalon következik be. Továbbá jellemző, hogy az anyag nagymértékű inhomogenitása – elsősorban a göcsök – feszültséggyűjtő pontokat eredményeznek, így igénybevétel esetén, ezeken a pontokon törik a hajlított faanyag. Érdekesség, hogy a tűgöcsök a faanyag tömöríthetőségét nem befolyásolják, viszont az így kapott fa jó eséllyel nem hajlítható megfelelően. Ez alapján látható, hogy a tömörítésre és hajlításra, illetve a két technológiai folyamatra egymástól függetlenül is csak azok az anyagok használhatók, melyek nem, vagy csak nagyon kicsi, fafajonként megszabott mennyiségben és méretben tartalmaznak göcsöt, illetve egyáltalán nem tartalmaznak egyéb módosult faszöveti részeket, juvenilis fát, húzott fát, csavarodást, repedést, illetve a görbe növéssű és álgesztes faanyagok sem alkalmazhatók. A szálkifutás kismértékben megengedhető, $\beta=7^\circ$ -os rostelhajlás esetén még tömöríthető és hajlítható a faanyag. A szijácsnak az esztétikai megjelenésben van nagy szerepe, hiszen az adott termék előállításánál a hozzáadott érték igen magas, nem engedhetők meg a kész termékben hibák. Tehát az egyenes növéssű, göcsmentes, keskeny évgyűrű szerkezetű kemény lombos fajok alkalmasak az adott technológiai műveletekre – hajlításra és tömörítésre – illetve a hajlítandó vagy tömörítendő prizma vagy munkadarab nem tartalmazhat szálkifutást sem, a megengedett érték fölött. A prizma felfűrészelése tetszőleges, lehet élesvágás, negyedelő, vagy átmeneti, ez nincs hatással a tömörítés és hajlítás minőségére, viszont az egyenetlen durva élék negatívan befolyásolják a faanyag tömöríthetőségét. Fafaj szerint bükk, kőris, szil, tölgy, akác, nyír, juhar, cseresznye, dió a legalkalmasabbak. A fenyőfélék esetében a korai pászta tracheidái igen vékonyfalúak, hajlamosak a kihajlásra, törésre, így tömörítésre nem alkalmasak. A lágylombosok tömörítéséről, tömöríthetőségéről nem nagyon van adat.

A tömörítési eljárás során az egyik legfontosabb a faanyag megfelelő lágyítása, és az alapanyag kiindulási nedvességtartalma. A legmegfelelőbb az élőnedves, vagy rosttelítettség közeléig szárított, de nem visszanedvesített faanyag. Ennek oka, hogy a rosttelítettségi nedvességtartalom alá történő száradás, szárítás esetén a mikrofibrillák közelebb kerülnek egymáshoz, és további kötéseket alakítanak ki egymás között. Ez a folyamat csökkenti a sejtek rugalmasságát, rontja a hajlíthatóságot és tömöríthetőséget. A tömöríteni kívánt munkadarabok esetén célszerű arra törekedni, hogy a nedvességtartalom a főzés vagy gőzölés után se haladjon meg, illetve érje el a rosttelítettségi határt, ugyan is a szabadvíz jelenléte nehezíti a faanyag összenyomását, mivel helyet foglal. Ezeket figyelembe véve elmondható, hogy a tömöríteni kívánt faanyag optimális nedvességtartalma fafajtól függően 20–32%. A plasztifikálás során az alkalmazott nyomás és hőmérséklet nagymértékben függ a kívánt végeredménytől. A fa maximális plaszticitása 25–30% nedvességtartalom és legalább 70–80 °C hőmérséklet mellett érhető el. A faanyag plasztifikálásának elve a sejteket, edényeket összekötő középlamella fellágyításán alapszik. A gőzölés, főzés 80–100 °C-on történik, ezen a hőmérsékleten a faanyag degradációja nem jelentős, a fő alkotóelemek nem károsodnak, csak bizonyos extrakt anyagok kis mértékben. A sejtfalak nagy részét alkotó cellulóznak a kezelés hőmérsékletén nem változnak a tulajdonságai, nem veszít szilárdságából vagy keménységéből (NÉMETH ÉS TSAI, 2014). Ezzel szemben a lignin plasztifikálódik, illetve a lignint a sejtfallal összekötő amorf szerkezetű hemicellulózok szintén kis mértéken plasztikussá válnak, illetve a ligninnel való kötéseik gyengülnek, felszakadhatnak. A hemicellulózok bomlásának sebességét és mértékét

nagyban befolyásolja az átmelegedés sebessége, és a kezdeti nedvességtartalom is. A lehülést és száradást követően a faanyag újra megszilárdul. A faanyag plasztifikálása során a hőkezelés időtartamát a kezelt fa befoglaló méretei, elsősorban a keresztmetszete határozza meg. Az átlagos plasztifikáláshoz szükséges idő az 1 mm behatolási mélység/2 min. összefüggés alapján határozható meg. A faanyag csak melegen tömöríthető megfelelően, és az optimális eredmény elérése érdekében a tömörítés teljes időtartama alatt a hőmérséklet mindenhol el kell, hogy érje legalább a 80 °C-ot. A faanyag tömörítési eljárása során a plasztifikálás időtartama a leghosszabb, így ennek lerövidítésével gyorsítható a termelés. Az erre vonatkozó szabadalmakban a faanyag különböző nyomásokon történő termikus kezelésével érik ezt el. A faanyag vákuumba helyezésével, majd ez után főzéssel vagy gőzöléssel a lágyítás időtartama egyharmadára csökken. Ha a faanyag kezelését csökkentett légnyomású kamrában végzik, a lágyítás ideje az eredeti időtartamnak akár egyötödére, vagy egyhatodára is csökkenhet, ezzel a technológiai folyamat lényegesen felgyorsul. A hőközlés leggyakrabban gőzöléssel történik, de alkalmazhatnak nagyfrekvenciás melegítést is, utóbbi nem jellemző. A plasztifikálás hatására a faanyag nyomószilárdsága nagymértékben lecsökken, így képes elviselni az összenyomást törés nélkül.

A faanyag összenyomhatóságában a primer sejtfal és a középlamellák találkozása a jelentős. A plasztifikálás 80–100 °C-on történik, ezen a hőmérsékleten a kezelés hatása főként ebben a zónában érvényesül. A faanyag plasztifikálását követi a tömörítés. A tömörítés lehetőségét a fasejtek üreges volta adja, illetve azon tulajdonsága, hogy plasztifikált állapotban a fa a szerkezet tönkremenetele nélkül összenyomható. A rostirányú tömörítés a keresztmetszet jelentős változása nélkül megy végbe. A rostirányban tömörített faanyag felhasználása során jóval kisebb az esélye a szálkiszakadásnak, törésnek, mint egy hagyományos hajlítási eljárás során, ennek köszönhetően kedvezőbb kihozattal használható fel. További előnyös tulajdonsága, hogy magasabb hőmérsékletű szárítást képes elviselni a normál faanyagnál száradási repedések keletkezése nélkül, így gyorsabban szárítható. Mivel a faanyag rostirányú tömörítését préhüvelyben végzik, így kismértékű rostra merőleges tömörödés is fellép. A rostirányú tömörítés során a farostok és edények összezsúsznak az eredeti állapotukhoz képest, közelednek egymáshoz, elcsúsznak egymás mellett, majd ezt követően a sejtfalak harmonikászerűen összenyomódnak. A tömörített faanyag hajlítása során a kialakuló húzott oldal lényegesen nagyobb alakváltozások elszennvedésére képes, mint a kezeletlen faanyag esetében, a harmonikászerű sejtfalszerkezetnek köszönhetően. A hajlított faanyag esetén célszerű a faanyagnak lehetőleg a bélhez közelebb eső oldalát (jobb oldal) a nyomott részen használni, mert a bél felőli részen a fa érettebb és kevésbé tűri a húzást.

Amikor a tömörített anyagot szárítják és hűtik, a lignin újra visszanyeri a szilárdságát, illetve kötések alakít ki, rögzíti a faanyagot tömörített, vagy tömörített és hajlított állapotában. A tömörítési folyamat során a sejtek elcsúszása mellett a sejtfalak vastagodása egyaránt megjelenhet a tömörödés hatására. Mindkét alakváltozás eredménye a keresztmetszet kismértékű növekedése, de jelentős az anyag sejtüregbe való benyomódása is.

A túlzott mértékű tömörítés esetén a fa alkotóelemei kihajlanak, esetleg jelentős nyírási alakváltozást szenvednek. A terhelés növekedésével a mikro-kihajlások vagy az elnyíródások kiterjednek az egész vizsgált keresztmetszetre, melyeket a sejtfalak tönkremenetele (szakadása, felrepedése, réteg-elválása) kísér. A terhelést tovább növelve egyre több vizsgált keresztmetszet megy tönkre állandó rostirányú feszültségérték mellett. Sejtek közötti törések jönnek létre a bélsugarak alatt és felett, majd makroszkopikusan is láthatóvá válik, ahogy a rost és bélsugár határfelületeken is megkezdődik az elválás a legtöbb esetben.

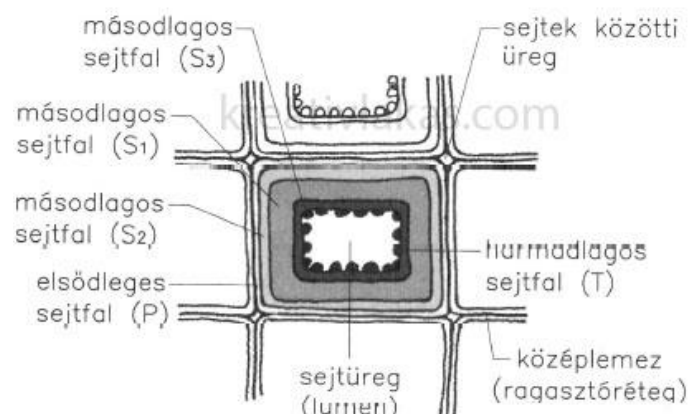
A faanyag tömörítésének célja, hogy egy könnyen hajlítható, formázható, jó esztétikai tulajdonságokkal rendelkező alapanyagot kapjunk, így a tömörítési technológia termékei a legkülönbözőbb hajlított bútorok és belsőépítészeti elemek lehetnek. A tömörítési hajlítási

technológia előnye, hogy az ilyen módon kezelt faanyag egyszerű eljárásokkal, sablonokkal, könnyen és nagyobb mértékben hajlítható, mint a csak lágyítással (általában gőzöléssel) készült hajlított termékek. További előnye, hogy a tömörített faanyag hajlítási technológiája könnyen elsajátítható, a hajlításához lényegesen kisebb erő szükséges, mint a csak lágyított faanyag megmunkálásához. Ennek oka a sejtfal szerkezet módosulása. A tömörített faanyag hajlításakor nem, vagy csak kis mértékben lesz húzásnak kitéve a sejtszerkezet módosulásának köszönhetően, így jóval kisebb ív mentén hajlítható. Ezzel a gyártási folyamatot leegyszerűsítve nem kell 3 dimenziós CNC megmunkálást alkalmazni például egy lépcsőkorról, vagy bútoron, de esztétikai szempontból is sokat javít a végeredményen az, hogy a termék formáját követi az erezet és nincsenek benne illesztések. Ezen felül anyagtakarékos az eljárás, mivel forgácsolásmentes alakításról beszélünk. További részletek a rostirányban tömörített faanyag szakirodalmában található, melyet a következő publikációk (az irodalomkutatás-jellegűeket is beleértve) jelentős részben lefednek: BÁDER (2015a, 2015b), BÁDER ÉS TSAI. (2015, 2018a, 2018b, 2019, 2020), BÁDER – NÉMETH (2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019, 2020), BÁDER – ROUSEK (2018), BAK – NÉMETH (2012, 2018), BAK ÉS TSAI. (2018, 2019), FODOR ÉS TSAI. (2018a és 2018b), KOMÁN ÉS TSAI. (2019, 2020), NÉMETH (2020), NÉMETH – BÁDER (2020), NÉMETH ÉS TSAI. (2014, 2019), RADEMACHER ÉS TSAI. (2017a), RADEMACHER ÉS TSAI. (2017b), VÖRÖS – NÉMETH (2020), VÖRÖS ÉS TSAI. (2019).

A sejtfaalak összenyomásával, sérülésével a faanyag különböző igénybevételekkel szembeni ellenállósága nagymértékben változik. Az egyik legjelentősebb paraméter a rugalmassági modulus. Amint az már a korábbiakban is elhangzott, a faanyag tömörítésének a célja, hogy a faanyag rugalmas, plasztikus, hajlítható legyen, így ennek az értéke csökken. A faanyag kisebb teher elviselésére alkalmas, szerkezeti anyagként nem használható. A rugalmassági modulus-hoz hasonlóan a statikus igénybevételekkel szembeni ellenállás csökken. A húzó, nyomó, nyíró, igénybevételek, illetve a keménység és csavarállóság csökken, a tömörítés mértékével arányosan változnak. A merevsége harmadára, hajlítószilárdsága felére csökken. A rugalmassági modulus értéke bukknél harmadára, tölgnél felére csökken 20%-os tömörítés esetén, értéke mind szárazon, mind nedvesen hajlítható alapanyag esetén 3,6–4 GPa közé tehető. A dinamikus igénybevételekkel szembeni ellenállósága az előbbiekkal ellentétben viszont javulnak, ami egyértelműen mutatja, hogy a faanyag rugalmasabbá válik. A dinamikus törési munkaigény másfél-kétszeresére javul, tehát egy a dinamikus igénybevételekkel szembeni ellenállóbb, nagyobb alakváltozásokat elviselni képes anyagot kapunk végtermékként. Mivel a tömörített faanyag felhasználása a hajlított bútor és belsőépítészeti elemek gyártásában jelentős, így igen fontos paraméter az anyag jellemzése szempontjából a h/R viszonyszám, amely a legkisebb hajlítási sugarat adja meg. Értéke meghaladhatja az $1/4$ értéket, azaz egy 2 cm vastagságú léceket egy 8 cm sugarú, vagy akár annál kisebb ívű sablonra is rá lehet hajlítani. A hajlítási végerő felére és a hajlítószilárdság is harmadára-felére redukálódik éppúgy, mint a rugalmassági modulus. A törésig elnyelt energia többszörösére emelkedik és az ütő-hajlító szilárdság másfél-kétszeresére javul. Az adott mechanikai tulajdonságok változása egyértelműen mutatja, hogy a faanyag rugalmassága megnövekszik, ridegsége csökken, viskoelasztikus tulajdonságokat mutat a tömörítés hatására. A tömörített faanyag hajlítása során az anyag által elnyelt energia négyszeresére nő, ami az anyag szívósságának növekedésére utal. A hajlítószilárdság eleinte nagyobb mértékben változik, majd a változás az egyre nagyobb mértékű tömörítéssel együtt csökken, alig változik. A faanyag hajlíthatóságát nagymértékben befolyásolja a keresztmetszet geometriája. Fontos anyagtulajdonság továbbá a faanyagok esetében a zsugorodás-dagadás. A tömörített faanyag zsugorodásának és dagadásának korábbi vizsgálatainál (BÁDER–NÉMETH 2018c) az oldalirányú értékekben nem volt tapasztalható nagy eltérés a kontroll mintatestekhez képest, viszont a hosszirányú alakváltozás nagymértékben megnőtt. A tömörítés hatására a hosszanti dagadás egyértelmű

nagyságrendi növekedést mutat, míg a többi anatómiai irány is valamelyest nőtt a kontroll faanyaghoz képest. Mivel 100 °C körüli hőmérsékleten, amelyen a faanyag plasztifikálása történik nem jelentősek a faanyagban végbemenő kémiai változások, a tömörített faanyag kémiai összetételét tekinthetjük kezeletlen faanyagának. Ez a megállapítás ad létjogosultságot azoknak a kutatásoknak, melyek a rostirányban tömörített faanyag longitudinális irányú méretváltozását próbálják mérsékelni. Egy ilyen lehetőség többek között a tömörített faanyag hőkezelése.

A faanyag hőkezelése történhet vízgőz jelenlétében, vagy anélkül, illetve normál légköri nyomáson, túlnyomáson, illetve vákuumban. A kívánt technológia megválasztását a végtermék várt minősége, tulajdonságai határozzák meg, így a 80–100 °C hőmérséklet tartományban vízgőz jelenléte mellett a faanyag plasztifikálható, ebben az esetben – ahogy már azt korábban említettük – a faanyag szerkezetében jelentős kémiai változások nem mennek végbe. Jelentős szerepe van a faanyagmodifikáció eredményét tekintve a kezelés időtartamának, illetve a kezelés hőmérsékletének, így bizonyos esetekben alacsonyabb hőmérsékletű, de hosszabb idejű kezeléssel ugyanolyan eredmény érhető el, mint egy magasabb hőmérsékletű, rövidebb idejű kezeléssel. A hőmérséklet szempontjából az erős és ellenálló cellulózrostokat összekapcsoló részek a leglényegesebbek, vagyis a P-M-P kötőszövet (elsődleges sejtfal – középlemez – elsődleges sejtfal; 1. ábra), melyek jelentős részben ligninből és hemicellulózokból épülnek fel. A hemicellulózok a legérzékenyebbek a hőhatásra, ezek roncsolódása a legnagyobb 160–200 °C közötti tartományban. Az átmelegedés ideje is lényegesen befolyásolja a hemicellulózok degradációját. Alacsonyabb nedvességtartalom esetén az adott keresztmetszetű faanyag lassabb átmelegedésével, azaz nagyobb mértékű hemicellulóz bomlással kell számolni.



1. ábra Faanyagokban található tipikus sejtfelépítés (forrás: KREATÍVLAKÁS 2020)

A lignin oxidációja a faanyag fokozatos lágyítását eredményezi, mivel a lignin és cellulóz-hemicellulóz közötti kötés az oxidációs-redukciós folyamatok következtében meglazul. Ha a hőt vízgőzzel közvetítjük, a hemicellulózok egy része kilúgozódik. A kilúgozott hemicellulózok túlnyomó részben nedvszívó tulajdonságúak, tehát kilúgozódásuk után a fa kevésbé lesz nedvszívó, annál is inkább, mert az oxidálódott, illetve degradációt szenvedett lignin víztaszító képessége is megnövekszik. Mivel kevesebb a víz megkötésére alkalmas alkotó a faanyagban, az egyensúlyi fanedvesség értéke csökken. Víz jelenlétében a lignin-hemicellulóz és a lignin-cellulóz kötések már 90 °C-on felszakadnak, magasabb hőmérsékleten (180–220 °C) pedig a lignin viszkózussá alakul. A hemicellulózok 150 °C fölött kezdenek bomlani, némely összetevőnek azonban már 100 °C alatti hőmérsékleten megindul az átalakulása. Oxidatív atmoszférában, jelen esetben vizes-párás közegben a bomlásfolyamatok alacsonyabb hőmérsékleten indulnak. A 160 és 200 °C-os kezelés hatására a poliózok

degradációja be fog következni, így a tömörített faanyagban levő nedvességfelvételre képes alkotóelemek – főleg hidroxil csoportok – száma kevesebb lesz, ami az egyensúlyi fanedvesség csökkenéséhez vezet (BAK–NÉMETH 2012). Ez vélhetően mérsékelni fogja a tömörített faanyag hosszirányú zsugorodás-dagadását. Továbbá a rugalmas alkotóelemek csökkenésével a faanyag ridegebbé válik, ez a tömörített faanyag szilárdsági értékeiben vélhetően meg fog jelenni, illetve a hőkezelés hatására a tartóssága is megnövekszik, felmerül a kültéri alkalmazhatóság, abban az esetben, ha a hosszirányú méretváltozás kellően lecsökken.

Összefoglalás

Cikksorozatunknak ebben a részében ismertetésre kerültek a rostirányú tömörítés és a levegőn történő hőkezelés alapvető ismeretei, melyek nélkülözhetetlenek a sorozat következő részének megértéséhez. A faanyagok többszöri modifikációja jelentősen megdrágítja az előállítást, de kivételes terméktulajdonságok elérésével kecsget. Az elért eredmények a sorozat következő részében kerülnek bemutatásra.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYSES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018a): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425

- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383–398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018*, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) *Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification*, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2019a): Hosszirányban tömörített faanyagok kezelése tejsavval. *Gradus* 6(3): 59-66
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2019b): Moisture-dependent mechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 77(6): 1009-1019
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505*, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018b): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with Special Focus on "New Aspects of Hardwood Utilization – from Science to Technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – BÖRCsök Z. – NÉMETH R. (2019): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications*, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) *Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 118-122
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 32-52
- KREATIVLAKAS.COM (2020): A fa szerkezeti felépítése <[HTTPS://KREATIVLAKAS.COM/PARKETTAZAS/A-FA-SZERKEZETI-FELEPITese/](https://kreativlakas.com/parkettazas/a-fa-szerkezeti-felepitesi/)> Megtekintve: 2020.08.12.

- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 12-16
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. *Gradus* 6(3): 75-81

ROSTIRÁNYBAN TÖMÖRÍTETT FAANYAGOK ELŐÁLLÍTÁSA KÜLÖNBÖZŐ MÓDSZEREKKEL ÉS ELŐKÉSZÍTÉSE HŐKEZELÉSRE – 2. RÉSZ

HORVÁTH BÍBOR JÚLIA

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

sopronikutatasok@gmail.com

Bevezetés

A faanyag tömörítésének célja, hogy egy könnyen hajlítható, formázható, jó esztétikai tulajdonságokkal rendelkező alapanyagot kapjunk. A tömörítési hajlítási technológia előnye, hogy az ilyen módon kezelt faanyag egyszerű eljárásokkal, sablonokkal, könnyen és nagyobb mértékben hajlítható, mint a csak lágyított faanyag. További előnye, hogy a tömörített faanyag hajlítása könnyen elsajátítható, a hajlításához lényegesen kisebb erő szükséges, mint a csak lágyított faanyag megmunkálásához. Ennek oka a sejtfalszerkezet módosulása. A tömörítésének feltétele a megfelelő minőségű, megfelelően előkészített keménylombos alapanyag. A nedvesen hajlítható faanyagot gőzölés után 20%-ot tömörítjük, egy percet nyomva tartjuk, majd ezt követően a faanyag felhasználható, hajlítható, hűlés és száradás után formáját megtartja. Ebben az esetben a faanyag maradandó alakváltozása bükk és a tölgy esetén is 3–5%-ra tehető. A szárazon hajlítható faanyagot szintén gőzöljük, tömörítjük, majd a présformában hosszabb időre rögzítjük 20%-os összenyomásnál. A faanyag összenyomva hűl le. A tömörítő berendezésből kivéve hidegen és szárazabb állapotban is hajlítható anyagot kapunk. Ebben az esetben a visszarugózás mértéke jóval kisebb, a maradandó alakváltozás 15-20% közé tehető mind két vizsgált fafaj (bükk és tölgy) esetében. Korábbi vizsgálatok alapján a rostirányú tömörítés nedvesen hajlítható faanyag esetében egy, míg szárazon hajlítható fa esetében akár 2 nagyságrenddel is megnöveli a longitudinális irányú dagadást a kezeletlen faanyaghoz képest, ez indokolttá teszi a kutatásokat a tömörített faanyag zsugorodás-dagadásának mérséklése terén.

Ahogy a cikksorozat előző részében már szó volt róla, a hőkezelés csökkenti a nedvszívó tulajdonságú alkotók – többek között a hidroxilcsoportok – mennyiségét a faanyagban, továbbá kellően intenzív kezelés esetén a degradációt szenvedett lignin víztaszítóképesége is megnövekszik. Mivel a faanyag zsugorodás-dagadásáért a környezetből felvett nedvesség a felelős, így a hőkezelés várhatóan a kezeletlen faanyaghoz hasonlóan mérsékelni fogja a tömörített faanyag alakváltozását is. Mivel a rostirányú tömörítésnek a célja a faanyag hajlíthatóvá tétele, így ez a faanyagmodifikáció komoly változásokat eredményez a faanyag szilárdsági értékeiben. A faanyag hajlíthatósága megnövekszik, hajlítószilárdsága felére csökken, merevsége harmadára. A tömörített faanyag hajlítása során az elnyelt energia négyszeresére nő, ami az anyag szívósságának növekedésére utal. További részletek a következő publikációkban találhatóak: BÁDER (2015a, 2015b), BÁDER – NÉMETH (2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2020), BÁDER – ROUSEK (2018), BÁDER ÉS TSAI. (2015, 2018a, 2018b, 2019, 2020), BAK – NÉMETH (2012, 2018), BAK ÉS TSAI. (2018, 2019a, 2019b), FODOR ÉS TSAI. (2018a, 2018b), KOMÁN ÉS TSAI. (2019, 2020), NÉMETH (2020), NÉMETH – BÁDER (2020), NÉMETH ÉS TSAI. (2014, 2019), RADEMACHER ÉS TSAI. (2017a), RADEMACHER ÉS TSAI. (2017b), VÖRÖS – NÉMETH (2020), VÖRÖS ÉS TSAI. (2019).

A hőkezelés a kezelés intenzitásától, idejétől és egyéb paramétereitől függően módosítja, degradálja a faanyag alkotóit, így többek között a faanyag szilárdsági értékeiben is változást okoz. A hőkezelés szilárdsági értékekre gyakorolt hatása szempontjából a sejtfalak külső részét alkotó hemicellulózok degradációja az elsődleges, ezek bomlástermékei további folyamatokat katalizálnak, vagy gátolnak az extrakt anyagok bomlástermékeivel együtt. A faanyag rugalmasságáért részben az amorf szerkezetű hemicellulózok felelősek, melyek a középlemez és a másodlagos sejtfalat alkotó, kristályos szerkezetű cellulóz közt biztosítják a kötést. A hemicellulózok mellett a faanyag nedvességtartalma is befolyásolja a faanyag rugalmasságát, viszont mivel a nedvesség megkötésére alkalmas alkotók jelentős része a poliózokban található, így a nedvességfelvétel csökkenése hőkezelt faanyag esetén összefügg a poliózok degradációjával. Látható, hogy a hőkezelés a képlékeny jelleg csökkenését eredményezi. Mivel a tömörítetlen faanyagon a rugalmasság, ütő-törő munka és dinamikus igénybevételekkel szembeni ellenállóság csökken a hőkezelés hatására, így várható, hogy az igen rugalmas, a kezeletlen faanyaghoz képest jól hajlítható dinamikus hatásoknak ellenállóbb tömörített faanyag esetén is változások lesznek.

Anyagok és módszerek

A vizsgálat célja, hogy a különböző típusú rostirányban tömörített faanyagok nedvesség hatására bekövetkező alakváltozásait hőkezeléssel csökkentjük, mérsékeljük, illetve vizsgáljuk, hogy a tömörített faanyag szilárdsági értékeire milyen hatást gyakorol a hőkezelés. A vizsgálat során nedvesen hajlítható, 20%-ban tömörített, egy percet nyomva tartott, illetve szárazon hajlítható 20%-ot tömörített és hosszú időn át nyomva tartott próbatesteket készítettünk, ezek tulajdonságait fogjuk viszonyítani a hőkezelt, illetve a kezeletlen kontroll próbatestekhez. A vizsgálatok két fafajon lesznek elvégezve, tölgyön és bükkön. Mind a két faj nagyon gyakran alkalmazott anyag a faiparban, illetve a tömörített faanyagként is ezek a leggyakrabban alkalmazott fafajok.

A hidegen hajlítható próbatestek fixálási ideje a két fajnál eltért, tölgy esetén 5, bükk esetén 18 óra volt. Az eltérő időtartam nem befolyásolja a tömörítés minőségét, mértékét, a bükk nyomvatartási idejét is lehetett volna csökkenteni. A próbatestek hőkezelése 200 és 160 °C-on fog történni. Az eredmények megfelelő értékelhetősége érdekében az azonos fafajú próbatestek egy rönkből származnak, hiszen a faanyag anizotróp jellege miatt az egyes egyedekben, sőt, a fatest eltérő részein is más szilárdsági értékekkel rendelkezhet a faanyag. A fizikai tulajdonságoknak a vizsgálata az ISO 13061-13; 14; 15; 16 (2016) szabvány alapján történik.

A bükk (*Fagus sylvatica*) egy nagyon gyakran alkalmazott faanyag a faiparban, mely első sorban a kiváló mechanikai tulajdonságainak és szép küllemének köszönhető, de fontos szerepet játszik benne a fa egyenes növekedése és nagy méretei, valamint a könnyű, jó megmunkálhatósága is. Azonban a gyenge tartóssága miatt kültéri felhasználása minimális. Európa középhegységeiben nagy mennyiségben megtalálható, a hűvös, párás környezetet kedveli. Nagy méretei mellett az egyik legegyszerűbben növő fafaj, de gyakori alakhiánya a villásodás és a kéttörzsűség. Szórt likacsú faanyag, színe sárgás, vörösesfehér egyszínű, azonban gyakran álgesztesedik.

A kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) szintén kedvelt ipari anyag, a jó mechanikus tulajdonságai mellett a bükkkel ellentétben kültéren is jól alkalmazható komolyabb vegyi faanyagvédelem alkalmazása nélkül, jó gomba és rovarállósággal rendelkezik. Növési sajátosságai viszont lényegesen kedvezőtlenebbek, mérete legfeljebb 35 m, ami kisebb a bükkénél. A nagyobb problémát azonban inkább az jelenti, hogy törzse többnyire kissé térgörbe. Európa nagy részén megtalálható fafaj, kedveli a sok csapadékot, de a rövidebb szárazságokat is elviseli. A kései fakadás miatt a kései fagyokra sem érzékeny. Gyűrűs likacsú,

kettős színű, de a vékony évgyűrűinek köszönhetően egyenletes szerkezetű, magas csersav tartalmú faanyag.

A próbatestek tömörítés előtti mérete 20x30x200 mm. A tömörítéshez legoptimálisabb élőnedves faanyag lett felhasználva, a nedvesség tartalom tartós megőrzése érdekében a minták fagyasztva voltak. Az első lépés a tömöríteni, illetve vizsgálni kívánt minták válogatása volt. A minták a tömörítéshez és a rajtuk elvégzendő vizsgálatokhoz szükséges követelményeknek megfelelően lettek válogatva, átnézve. Ezzel egy időben történt a próbatestek számozása is, illetve a tömörítés előtti tömeg és hosszadatok felvétele. A csak hőkezelendő, illetve kezeletlen kontroll minták a klíma kamrába kerültek.

A faanyag tömörítéséhez használt eszközök:

- Gőzölő edény
- Elektromos melegítő
- Tömörítő berendezés
- Instron 4208 (Instron Corporation, USA) típusú univerzális anyagvizsgáló gép
- Tolómérő
- Precisa xt 1220m-fr mérleg

A tömörítés 45–100 perces gőzölés után lett elvégezve, a hosszirányú tömörítéshez szükséges nyomóerőt az univerzális anyagvizsgáló gép biztosította. Az adatok rögzítése, és a tömörítés vezérlése az Instron Bluehill software használatával történt. A tömörítő berendezés az optimális tömörítés biztosítása érdekében fűtött így biztosítva van a faanyag melegen tartása a tömörítés teljes időtartama alatt. A fűtőszál 80–90 °C hőmérsékletet tart tömörítés teljes időtartama alatt. Az oldalfalak a tömörítés során elmozdulnak, így biztosítva van faanyag egyenletes tömörítése, nem nyelődik el az erő a minta és az oldalfal súrlódásától. A tömörítést követően szintén tömeg és hossza adatok lettek felvéve. A tömörített minták a kezeletlen és csak hőkezelendő mintákhoz hasonlóan a klímakamrába kerültek át kondicionálás céljából, 20 °C és 56% relatív páratartalom mellett.

A kétszeres faanyagmodifikáció többszörösen szükségessé teszi a jó minőségű alapanyagot. Ahogy a cikksorozat első részében bemutatásra került, a tömöríteni kívánt faanyagnak számos kritériumnak kell megfelelnie, ilyen többek közt a fafaj, mivel csak keménylombos faanyagok alkalmasak erre a faanyagmodifikációra, illetve a lágylombosok tömöríthetőségéről nincs adat. Legideálisabb az élőnedves kiindulási alapanyag, továbbá nem tartalmazhat szinte semmilyen fahibát, reakció fát, repedést, göcsöt tartalmazhat, de csak a megengedett méreten és darabszámon belül, továbbá szálkifutást a megengedett 7°-os érték alatt. Tehát tömörítésre és hajlításra csak a szinte hibamentes alapanyag használható. A tömörítést követően a faanyag vetemedhet, viszont nedves állapotban könnyen alakítható, így ezek a hibák kiküszöbölhetőek. A végleges próbatestek mérete a laborban tömöríthető faanyag méreteihez igazodik, illetve a hőkezelés után kialakítható méretekhez. Mivel a faalkotók degradálódnak, így az intenzív 200 °C-os hőkezelések esetén számolni lehet a faanyag kismértékű zsugorodásával, illetve vetemedésével, ami csökkentheti a kihozatalat vagy a próbatestek méretét a vizsgálatok során. Természetesen cél a minél jobb kihozatal, illetve a szabványos méretet, vagy ha ez nem lehetséges a megszabott arányt megközelítő próbatest méret kialakítása.

Eredmények és értékelés

A próbatestek készítése során tömörítő berendezés amortizációjának köszönhetően az egyik oldalfal és a bütü alátámasztás között a megengedettől nagyobb hézag keletkezett. Ez a szárazon hajlítható minták esetében enyhe ferdeszálúsággal párosítva a próbatest repedéséhez

és tönkremeneteléhez vezetett. A feltámasztás és az oldalfal közötti rés nagysága nagyjából 1,5 mm volt. Ez az eset jól bemutatja a technológia érzékenységét és rámutat a faanyag megfelelő minőségének fontosságára (1. ábra).



1. ábra Alátámasztásról leelő mintá berepedése és ferdeszálúság miatti tönkremenetele

Továbbá problémát okozhat a tömörített próbatest vetemedése a száradás, illetve hőkezelés során. A magasabb hőmérsékletű (200 °C-os) oxidatív atmoszférában történő hőkezelés ahogy azt már korábban említettük, roncsolja a faanyag egyes alkotóit, így az alkotók degradációja a hőkezelt faanyag zsugorodását, vetemedését okozhatja, ami megnehezíti a megfelelő méretű próbatestek gyártását.

A römörítést követően több minta esetébe is előfordult enyhe deformáció, de mivel a tömörített faanyag hajlíthatóságának feltétele a kellően magas nedvességtartalom, így a próbatestek a tömörítést követően hosszabb ideig alakíthatók, így az ebből adódó hibalehetőség egész jól kiküszöbölhető. A hőkezelés esetén ugyanez nem áll fenn, valószínűleg számolni kell veszteséggel, vagy a próbatestek méretének csökkentésével.

Nedvesen hajlítható minták adatai: a tömörítés során a faanyag 80–90 °C-on tartva 20%-ot lett tömörítve, egy perc nyomvatartással. Az így kapott próbatest visszarugózása nagymértékű, a maradandó alakváltozás irodalmi értéke 3–5 % (1. táblázat).

1. táblázat Nedvesen hajlítható (rövid ideig fixált) rostirányban tömörített minták maradandó rövidülésének statisztikai adatai

	Minimum (%)	Maximum (%)	Átlagos maradandó rövidülés (%)
Bükk	1,45	5,49	3,00
Tölgy	2,51	5,90	3,33

Az átlagértékek számítása a szélsőértékek figyelembevétele nélkül történt. Az átlagértékek megfelelnek az irodalmi értékeknek, az eltérés betudható a fafaj sajátosságainak és az adott faanyag jellemző tulajdonságainak (2. táblázat).

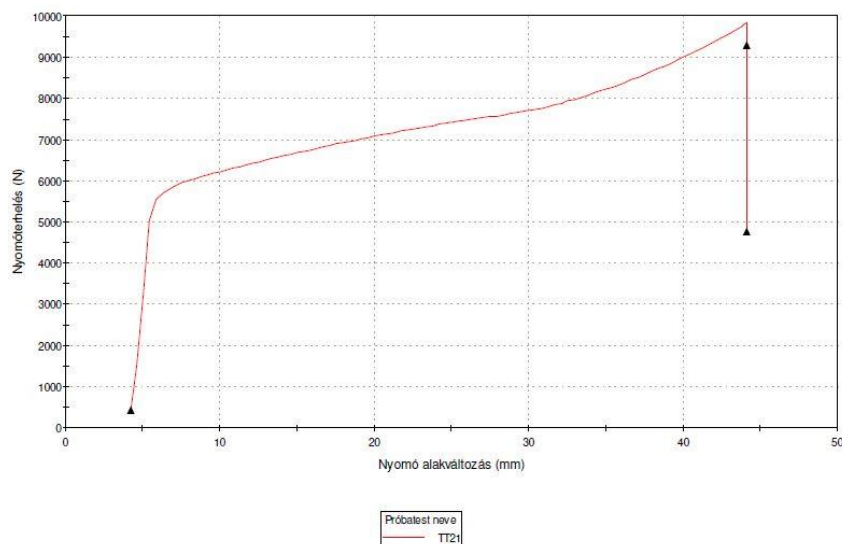
2. táblázat Szárazon hajlítható (hosszú ideig fixált) rostirányban tömörített minták maradandó rövidülésének statisztikai adatai

	Minimum (%)	Maximum (%)	Átlagos maradandó rövidülés (%)
Bükk	7,44	13,95	9,89
Tölgy	16,97	18,80	18,18

A szárazon hajlítható minták esetében a 20%-os összenyomáshoz tartozó maradandó alakváltozás irodalmi értéke 15–20%. Ennek szintén megfelelnek a készített próbatestek. A tölgy faanyag maradandó alakváltozása mind a szárazon, mind pedig a nedvesen hajlítható minták esetében nagyobb, ez magyarázható azzal, hogy az egyes fafajok tulajdonságai eltérnek, a tömöríthetőség fafajra jellemző.

A faanyag összenyomásához szükséges erő, ahogy a 2. ábrán látható grafikonokról is leolvasható, 8–10 000 N közé tehető. A tömörítés kezdeti szakaszában jól látszik, hogy a nyomóerő lineárisan növekszik, majd ezt követően lényegesen nagyobb alakváltozáshoz sokkal kisebb mértékű erőnövekedés tartozik. Mivel anizotróp anyagról beszélünk, a tömörítéshez szükséges erő nagyságában eltérések természetesen vannak. Az elkészült próbatesteken egyértelműen látszik a maradandó alakváltozás mértéke, így a tömörítés típusa is. A 3. ábrán nedvesen és szárazon hajlítható bükk és tölgy minták láthatók.

A rostirányban tömörített faanyag hőkezelésre történő előkészítésének első lépése, hogy a faanyagot a tömörítést követően, ha vetemedik, elhajlik a jobb kihozatal érdekében egyenesre hajlítjuk. A kész próbatesteket klímakamrába helyezük, hogy a nedvességtartalma csökkenjen. A tömörített faanyag ugyan nagyobb hőmérsékletű és intenzívebb szárítást is elvisel, mint a kezeletlen faanyag, még is fontos, hogy a nedvesség veszteség ne legyen túl gyors. A kezelés kíméletessége és gyorsítása érdekében a faanyagot hőkezelés előtt 103 °C-on szárítjuk.



2. ábra Faanyagok rostirányú tömörítésekor kapott tipikus alakváltozás-terhelés grafikon



3. ábra Néhány kész mintatest (balról jobbra: tölgy szárazon hajlítható, tölgy nedvesen hajlítható, bükk szárazon hajlítható, bükk nedvesen hajlítható faanyag)

Összefoglalás

A faanyagok többszöri modifikációja jelentősen megdrágítja az előállítást, de kivételes terméktulajdonságok elérésével kecsesget. A tömörített faanyag és a hőkezelés hatásából a meglévő adatokat ismerve feltételezni lehet, hogy a tömörített faanyag hosszirányú méretváltozása mérséklődni fog, illetve a szilárdsági értékeiben is várható változás. A tömörített próbatestek minősége megfelel az elvártnak, a bükk anyagok esetében a kondicionálás során kisebb-nagyobb vetemedés fellépett, de nem befolyásolja számottevően a vizsgálat folytatását. A további kutatásokban az elkészült alapanyagok vizsgálata lesz elvégezve.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYSES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018a): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest*

- and Biobased Products Industries 2018, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383–398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018*, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) *Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification*, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018b): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with Special Focus on "New Aspects of Hardwood Utilization – from Science to Technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – BÖRCÖK Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications*, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.

- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) *Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 118-122*
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 32-52*
- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 12-16*
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8*
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) *Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324*
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) *Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478*
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8*
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. *Gradus* 6(3): 75-81

FAALAPÚ ÉS KONKURENS TERMÉKEK ÉLETCIKLUS-ÉRTÉKELÉSE – 1. RÉSZ

FOGARASSY RÓBERT-ZSOLT, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

A fa az emberi történelem során az egyik leggyakrabban használt anyag. Alkalmazási területeinek sokaságát könnyű megmunkálásának, megújuló képességének, elérhetőségének, valamint egyes fafajokon belüli különbségeknek köszönheti.

A faanyagok általánosan besorolhatóak két kategóriába: tűlevelűek és lombosok. Ezen belül megkülönböztetünk lágy és kemény fajúakat. Összesen több mint 300 faanyagot különböztetünk meg. Minden fafaj, egyedi felépítése és fajjellegzetességeiből adódóan, lehetőséget nyújt más-más területeken belüli alkalmazásra. Természetesen vannak fafajok, amelyek több téren is kiválóan teljesítenek, viszont némelyüket csak meghatározott paramétereken belül érdemes alkalmazni optimális eredmények elérése érdekében.

Manapság viszont a faanyag viszonylag kisebb piaci szegmensnek örvend. A fémek, ötvözetek, műanyagok, textil, kerámia vagy üvegből készült termékek használata sokkal elterjedtebb napjainkban. Az építőiparban, bútorigarban, hangszergyártásban, épületasztalosságban, energiaiparban stb. az utóbbi évtizedekben a műanyagok, fémek (ötvözetek) és ezekből készült kompozit anyagok sokkal nagyobb sikernek örvendtek a faanyaghoz képest. Ennek fő oka a végtermékek kedvező ára. A műanyagból vagy fémből készült termékek előállításuk sokkal gyorsabb és hatékonyabb, mint a fából készült vetélytársaiké. Ezáltal a fogyasztó kedvezőbb áron hozzá tud férni, tehát jobb eséllyel ezeket fogja választani, független az esetleges hátrányoktól, alacsonyabb minőségtől és környezeti hatástól.

Az utóbbi évtizedek fókuszpontja viszont nem csak a műanyagok és fémek fejlesztése volt, hanem ezen anyagok gyártástechnológiájának optimalizálása, valamint automatizálása. Az automatizálás a faiparban is jelen van, persze kisebb mértékben, a megmunkált anyag anizotrop természetét, valamint a fából készült termékek egyediségét és komplexitását figyelembe véve. Még a legegyszerűbb faalapú termékeket is sokkal gyorsabban és hatékonyabban el lehet műanyagból, vagy fémből készíteni. A piaci monopol állapot csökkenése elérhető, amennyiben a fenntartható erdőgazdálkodás – és ezáltal a faanyag-készlet állandósága – és a faanyag folyamatos megújulása célunkká válik. Ahhoz, hogy ezt a célt társadalmi szinten megvalósítsuk, valamint a faanyag felhasználásának rövid és hosszú távú pozitív hatásait élvezzük, előbb meg kell ezeket értenünk.

A faanyag, mint építőipari és épületasztalosi alapanyagként való felhasználásának pozitív hatásai vannak a környezetre, vetélytársaival szemben. A munka ismerteti a faanyagból készült családi házak, egyszerű nagyméretű épületek szerkezetei és nyílászárók kereteinek környezeti hatásait, illetve párhuzamot von a fenti területekben leggyakrabban használt – nem szerves – anyagok hatásaival szemben. A munka nem kutató jellegű, nem tartalmazza a Soproni Egyetem Simonyi Károly Kar keretein belül végzett laboratóriumi kísérletek találatait. Minden a dolgozatban szereplő eredmény nemzetközi kutatóintézetek, magyar- és idegen nyelvű publikációk eredményeit illusztrálja. A bemutatott eredmények és publikációk a források nevű szekcióban találhatóak. Az analízis alapeszközének tekintjük az ISO 14000 szabványsorozat 14040-14043 szabványait:

- ISO 14040 - Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Alapelvek és keretek

- ISO 14041 - Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. A cél és a tárgy meghatározása és leltárelemzés
- ISO 14042 - Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Az életciklus alatti hatások értékelése
- ISO 14043 - Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Az életciklus értelmezés.

Az ISO 14040-43 szabvány tárgya és eszköze az Életciklus-értékelés (Life Cycle Analysis – *LCA*). Ez egy széleskörű termékvizsgálási módszer, amely a vizsgált termék teljes életciklus leforgása alatti (bölcső-sír) a természetre gyakorolt hatásokat vizsgálja. Ugyanakkor ökológiai célú vizsgálatok alapjául szolgál és lehetőséget nyújt különböző anyagok összehasonlítására, használható adatok produkálásához. Ezáltal segítőeszközként szolgál a fogyasztói társadalom számára, ami a faanyag ökológiai előnyeinek megértéséhez vezethet. Az Életciklus-értékelés szolgáltatja eredményeket használva össze tudjuk hasonlítani a faanyag, mint CO₂ semleges és megújuló alapanyag, valamint más, nem-megújuló, szervesetlen alapanyagok környezeti hatásait. Az eredmények nem csak a végfelhasználók, vagy faipari cégek számára, hanem politikai döntéshozók és más alapanyagot feldolgozó cégek számára is hasznos információkat nyújthatnak.

A dolgozatban szereplő eredmények az ISO/EN/DIN standardoknak megfelelő kutatási programok eredményei. A feltüntetett eredmények különböző intézmények által végrehajtott Életciklus-értékelésekből adódnak. A sokféle felhasznált tanulmánynak egyenkénti bemutatása meghaladná e cikksorozat kereteit, ezért a következőkben ismertetjük a felhasznált munkákat, majd a releváns részleteiket elemezzük és felhasználjuk: BM-BAU (1993); BORONKAI (2003); BURSCHEL ÉS TSAL. (1993); BUWAL (1990); DAMBERGER (1995); EYERER ÉS TSAL. (2000); FORINTEK CANADA CORPORATION (1991); JÖNSSON (1995); KÖRMENDI – SOLYMOSI (2010); NK WINDOWS (2016); SCHARAI-RAD ÉS TSAL. (1997); SCHARAI-RAD – WELLING (1999); SHINJA – KUTNAR (2012); TAMASKA ÉS TSAL. (2001); THOMPSON (2005). Ezek mellett CO₂ és energiatani esettanulmány eredményeit ismertetjük, amelyek a termékek életciklus alatti kifejtett hatásai megértéséhez szükségesek. A termékek által gyakorolt ökológiai hatásokat a következő kategóriákba soroljuk:

- Globális Felmelegedési Potenciál (*GWP*): gázok üvegházhatásainak számszerű kifejezése, azonos mennyiségű CO₂-hoz viszonyítva.
- Savasodási Potenciál (*AP*): a környezet pH-jának változásához való hozzájárulást mutatja, egységnyi kén-dioxidhoz képest
- Eutrofizációs potenciál (*EP*): a környezet tápanyagban való feldúsulásához való hozzájárulás mértékét mutatja, egységnyi foszfáthoz képest
- Fotókémiai ózonképző potenciál (*POCP*): az alacsony légköri ózon képződéséhez való hozzájárulást mutatja, egységnyi etilénhez képest.

Egy másik fontos kategória a felhasznált anyagok megújuló képessége – jelen esetben a faanyag – lévén a legfontosabb ezek közül.

Az 1980-as évek óta a természettudományban egyre nagyobb jelentőséget fordítunk az energia és nem megújuló természeti források fogyasztásának és az evvel járó negatív környezeti hatások csökkentésére. Globális felmelegedés, ózonréteg degradáció, a víz és föld elsavasodása, ökoszisztémák toxicitása, stb. mind ide tartoznak. Mivel ezeket a kártékony hatásokat nem lehetett egységesen számszerűvé tenni, szükség volt egy ennek megfelelő rendszer kialakítására. Erre szolgál a termékek Életciklus-értékelése/analízise. Az utóbbi évtizedekben a természet-barát mentalitás nem csak a fogyasztók részén vált népszerűvé – hulladék

újrahasznosítás és szortírozás, megújuló alapanyagokból készült alternatív termékek vásárlása – különböző iparágak, mint az építőipar és számítástechnikai cégek is felfigyeltek a negatív hatásokra. Negatív hatások, amelyeket a természetre – és ezáltal az emberekre – gyakorlunk alacsony hatékonyságú gyártástechnikával, nem megfelelő vagy szükségtelenül káros anyagok feldolgozásával, a hulladékok szakszerűtlen tárolásával és megsemmisítésével, valamint fosszilis energiaforrások elhasználásával. A természetbarát gyártás nem csak a felhasznált anyagok típusára vonatkozik, hanem a felhasznált anyagok mennyiségének csökkentésére, valamint a felesleg optimális felhasználására. A fenntartható gyártás alappillérei:

- Energiatakarékosság (megújuló és fosszilis egyaránt)
- Hatékony alapanyag feldolgozás
- Újrahasznosítás
- Káros anyagok kibocsátásának szabályozása
- Beépített anyagok újrahasználása, stb.

A faanyagokat a különböző iparágak kezdték használni, nem csak mint egy „zöldebb” alternatíva, hanem fenntartható és megújuló energiaforrásként is. Bizonyos iparágakban viszont még mindig gyakrabban találkozunk fémekkel, üveggel, betonnal és műanyagokkal. A felsorolt anyagok feldolgozása és tárolása sokkal egyszerűbb, mint a fát, valamint sokkal kedvezőbb áron beszerezhetőek. A fenti anyagok fával való helyettesítésének érdekében fel kell hívjuk a gyártók és a fogyasztók figyelmét egyaránt a faanyag természetbarát tulajdonságaira. A faanyag-készlet állandóságával kapcsolatos jelenlegi problémák megoldása nem más anyagok felhasználásában rejlik, hanem a szakszerű, következetes erdőgazdálkodásban.

Gyártástervezéskor, az alapanyag-választás fontos tényezőivé váltak a természetvédelmi szempontok, de továbbra is az ár a legfontosabb. A faanyag költségét tekintve, fontos lenne nem csak a végtermékben jelenlevő anyagot hasznosnak tekinteni. Az anyagfelesleg újrahasznosítható, elégetése CO₂-semleges energiaforrást jelent, a fémipari termékekhez képest pedig kisebb energia szükséges a faanyag megmunkálásához. Az Életciklus-értékelés lehetővé teszi a megfelelő alapanyag, üzemanyag és gyártástechnológia kiválasztását. Az analízis értékes adatot nyújt két, vagy több alapanyagok a – környezetre gyakorolt – hatásairól, mivel azonos végtermékeket hasonlítunk össze az alapanyag beszerzésétől (bölcső) a termék haláláig (sír). Az ISO/MSZEN 14040 szabvány értelmében az Életciklus-értékelés a következő lépéseken alapszik:

- Leltáranalízis - a gyártórendszer fontosabb be- és kimeneteinek nyilvántartása
- Hatás becslés - a be- és kimenetekkel járó környezeti hatások értékelése
- Értelmezés - a fentiekből kapott adatok értelmezése.

Jelenleg a gyártók számára az Életciklus-értékelés reklámszerű információt tud nyújtani. A fogyasztók számára egyel több okot jelent a fa melletti döntésben. Ugyanakkor a csökkentett költségek és kisebb felesleg mindkét fél számára jó. Az Életciklus-értékelés környezetvédelmi szervezetek számára is jelentős információt nyújt. Információ, amellyel a szervezetek fel tudják hívni a fogyasztók és a törvényhozók figyelmét a másképp látens problémákra. A következőkben az Életciklus-értékelés felépítését ismertetjük.

Anyagok és módszerek

A tanulmány célja és hatásterülete: a cél a tanulmány végrehajtásának okait határozza meg, a kapott eredmények felhasználási területeit, valamint a célközönséget. A hatásterület többek között a terméket vagy termékcsaládot, egységes mértékegységet, a termék behatárolásait, a termék lehetséges környezeti hatásait és ezen hatások vizsgálati módszereit, valamint az adat

és adatminőségi előírásokat és feltételezéseket tartalmazza. Az egységes mértékegység a faanyag esetében m^3 , m^2 vagy tonna. Minden esetben, egyensúlyi nedvességtartalmú faanyagra fog vonatkozni. A termék behatárolásai alatt a különböző műveleteket/életciklus fázisokat értjük. Fontos figyelembe vennünk ezeket, mivel különböző alapanyagú termékeknél ezek eltérhetnek. Az adat- és adatminőségi előírások a tanulmány időtartamát, földrajzi- és technológiai lefedettséget, az adatok pontosságát, teljességét, reprodukálhatóságát és reprezentativitását takarják.

LCI - Életciklus leltárelemzés: a leltárelemzés a mérvadó be- és kimeneteket tartalmazza. A bemeneti oldalon állnak a használt alapanyagok és a befektetett energia, használt üzemanyag. A kimeneti oldalon a végtermék és melléktermékek, az emissziókat beleértve. A feldolgozógépek, emberi erőforrás, igénybe vett épületek és alapterületet és szállítóeszközöket nem tüntetjük fel a leltárban, mivel így túl komplex lenne. Egy teljes *LCI* az értékelt termék összes életciklus-fázisát tartalmazza. Amikor a tanulmány több, ugyanabból az alapanyagból készült terméket tartalmaz, ezeket és ezek melléktermékeit fel kell tüntetnünk. A faiparban a végtermékek java része fűrészport vagy faforgácsot eredményeznek melléktermékként. Ezeket fel lehet használni termikus energia, illetve másodlagos termékek, mint forgácslapok előállításához. A megújuló, fosszilis és elektromos energia, vagy ezeknek az együttes használatát is érdemes feltüntetnünk a pontos eredmények elérésének érdekében az energiafogyasztást és emissziókat illetően.

Életciklus alatti hatásanalízis: ebben a szakaszban az *LCI* során kapott eredményeket értékeljük. Mekkora a lehetséges kárt okozó tényezők hatása a környezetre és mit fognak ezek eredményezni. Az eredmények részletességét és jellemét a tanulmány célja és hatásterülete fogja befolyásolni. A hatásanalízis végrehajtásához 3 alaplépést követünk:

- Osztályozás: a tényezőket külön kategóriákba soroljuk be
- Jellemzés: az *LCI* szolgáltatott adatok modellezése az osztályokon belül
- Kiértékelés: Az eredmények esetre szóló aggregálása, amennyiben szükséges.

A környezeti tényezőket az alábbi kategóriákba sorolhatjuk be:

I. Globális hatású tényezők

- Alapanyag- és erőforrás felhasználás (megújuló/nem megújuló)
- Zöldház-hatás és globális felmelegedési potenciál
- Ózon degradációs potenciál
- További mérgező anyagok kibocsátása a levegőbe.

II. Körzeti hatású tényezők

- Vizek és földek elsavasodása
- Hulladéktárolás okozta problémák.

III. Helyi hatású tényezők

- Fotókémiai ózonkreációs potenciál
- Környezet szennyezés
- Emberi egészség veszélyeztetése.

IV. Más tényezők, mint például

- Alapterület felhasználása (utak, szemétdombok, biológiai lebomlásra alkalmas egységek)
- Zaj
- Kellemetlen szagok, stb.

Életciklus-értékelés: az utolsó szakasz, melyben az *LCI* és a hatásanalízis adatait összehangoljuk. Az eredmények segítségével következtetések levonhatóak és javaslatok születhetnek. A következtetések és javaslatok eset függvényében eltérhetnek, viszont minden esetben a kutatás tekintetében céltudatosak legyenek. A végeredmények figyelembe kell vegyenek minden más kisebb tanulmányt amelyet párhuzamosan folytattak a cél érdekében. Más szempontokat illetően – mint például a rendszerek összehasonlítása vagy kritikus beszámolók elkészítéséhez – az alábbi irodalom alapján lehetséges:

- ISO 14000 Szabványcsalád
- ISO 14040 - Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Alapelvek és keretek
- ISO 14041 - Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. A cél és a tárgy meghatározása és leltárelemzés
- ISO 14042 - Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Az életciklus alatti hatások értékelése
- ISO 14043 - Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Az életciklus értelmezés.

Összefoglalás

A különböző iparágakban az utóbbi évtizedekben a műanyagok, fémek és ezekből készült kompozit anyagok sokkal nagyobb sikernek örvendtek a faanyaghoz képest. Ennek fő oka a végtermékek kedvező ára. A piaci monopol állapot csökkenése elérhető, amennyiben a fenntartható erdőgazdálkodás által a faanyag folyamatos megújulása célunkká válik. A faanyag, mint építőipari és épületasztalosi alapanyagként való felhasználásának pozitív hatásai vannak a környezetre, vetélytársaival szemben. E munka ismerteti a faanyagból készült családi házak, egyszerű nagyméretű épületek szerkezetei és nyílászárók kereteinek környezeti hatásait Életciklus-értékelés segítségével. Ez a cikk mutatja be a téma alapjait, valamint a kutatási módszerek egy részét.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BM-BAU (1993): Der Primärenergieinhalt der Baukonstruktionen unter gleichzeitiger Berücksichtigung der wesentlichen Baustoffeigenschaften und der Herstellungskosten. Bauteilkatalog - Bauforschungsberichte des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, F 2249, IRB Verlag
- BORONKAI L. (2003): Faipari kézikönyv III. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron
- BURSCHEL P. – KUERTEN E. – LARSON B.C. (1993): Die Rolle von Wald und Forstwirtschaft in Kohlenstoffgehalt. Eine Bearbeitung für die Bundesrepublik Deutschland, Forstliche Forschungsberichte Muenchen, Schriftenreihe der forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Muenchen und der bayerischen forstlichen Forschungsanstalt
- BUWAL (1990): Energie aus Heizöl oder Holz? Eine vergleichende Umweltbilanz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern
- DAMBERGER B.F. (1995): Vergleich von "Ziegelbauten" mit "Holzbauten" in Bezug auf den globalen und regionalen CO₂ Haushalt und die erzeugten Güter und Energieströme. Diplomarbeit durchgeführt am Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU, Wien

- EYERER P. – REINHARDT H.W. – KREISSIG J. – KÜMMEL J. – BETZ M. – BAITZ M. – HUTTER V. – SAUR K. – SCHOECH H. (2000): Ökologische Bilanzierung von Baustoffen, Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung. BAU PRAXIS Birkhaeuser
- FORINTEK CANADA CORPORATION (1991): Building Materials in the Context of Sustainable Development - An Analytical Framework. Forintek Canada Corporation and Wayne B. Trusty & Associates Limited
- JÖNSSON Å. (1995): Life Cycle Assessment of Flooring Materials, A case study and methodological considerations. Licentiate thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden
- KÖRMENDI K. – SOLYMOSI J. (2010): Az energiapolitika megválasztásának környezetbiztonsági szempontjai a villamosenergia-termelés vonatkozásában. Hadmérnök 5(2): 138-155
- NK WINDOWS (2016): PVC and the environment. <[HTTPS://WWW.NKWINDOWS.CO.NZ/RESOURCES/](https://www.nkwindows.co.nz/resources/)> Megtekintve: 2020.09.03.
- SCHARAI-RAD M. – FRÜHWALD A. – HASCH J. (1997): Life Cycle Assessment as Instrument for Ecological Valuation of Forest Products. Presentation at the XI World Forestry Congress, Antalya, Turkey
- SCHARAI-RAD M. – WELLING J. (1999): Biomass for Greenhouse Gas Emission Reduction - Sawn Timber and Wood-based Products as Building Materials. Arbeitsbericht, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg, Germany
- SHINJA A. – KUTNAR A. (2012): Carbon Footprint versus Performance of Aluminum, Plastic and Wood Window Frames from Cradle to Gate. Buildings 2012(2): 542-553. DOI: 10.3390/buildings2040542
- TAMASKA L. – RÉDEY Á. – VIZI SZ. (2001): Életciklus elemzés készítése. Veszprémi Egyetem Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Tanszék, Tisztább Termelés Magyarországi Központ, Veszprém
- THOMPSON C. (2005): Window of opportunity - The environmental and economic benefits of specifying timber window frames. WWF-UK

FAALAPÚ ÉS KONKURENS TERMÉKEK ÉLETCIKLUS-ÉRTÉKELÉSE – 2. RÉSZ

FOGARASSY RÓBERT-ZSOLT, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Anyagok és módszerek

A Faalapú termékek alkalmazásának hatása a környezetre: az Életciklus-értékelés (LCA) mentalitású megközelítés alapja az Erőforrások fogyasztása (megújuló, nem megújuló), a globális felmelegedés, az ózonrétegben képződő üregek, további környezeti tényezők figyelembevétele és csökkentése. Ugyanakkor szem előtt kell tartanunk a megújuló alapanyagok használatából adódó pozitív hatásokat annak ellenére, hogy az ISO 14000 szabványsorozatban ezek nem szerepelnek. Minden faalapú termék életciklusa az Erdőben kezdődik. Az erdők lévén az első számú faanyagforrás, az erdők és erdőgazdálkodás okozta hatásokat is figyelembe kell vennünk. Az erdőgazdálkodás pozitív és negatív hatásait az alábbiak:

Pozitív

- Egy sokoldalú ökoszisztéma
- A napenergia és CO₂ faanyaggá konvertálása. Az erdők CO₂ szűrőként viselkednek
- A faanyag megújuló, szakszerű erdőgazdálkodással örökké elérhetővé válhat
- Az erdők a levegőt, vizet és talajt tisztítják
- Élőhelyet biztosítanak sok életforma számára, fontos szerepet játszanak az “alkotásban”.

Negatív

- Az erdőgazdálkodás megzavarja az erdőben lévő élőlények természetes életciklusát
- Fosszilis erőforrások szükségesek az erdőműveléshez
- A terület/föld igénybevétele.

Az erdőgazdálkodás okozta életminőségi és kvantitatív hatásokat nehéz számszerűsíteni. Viszont annak érdekében, hogy a faanyagot, mint a legfontosabb megújuló anyag, az erdőgazdálkodást pedig a vele járó nélkülözhetetlen operációként tekintsük, legalább a kvalitatív oldal becslése szükséges. Egy más, kevésbé figyelembe vett tényező, az erdők légúti szennyezése. Vannak erdők, amelyek közel állnak gyárhoz és erőművekhez. Ezekből az erdőkből nyert faanyag hamumintáiban sikeresen kimutattak mérgező anyagokat – mint nehézfémek – melyek bizonyítékot nyújtanak arra, hogy a fák a levegőben lévő mérgező anyagokat is képesek felvenni.

A környezeti terhek megosztásának problémája: az erdőben született melléktermékek – ágak, csonkok, lombok, fűrészpor stb. – valójában nem mind anyagfelesleg. Értékesnek tekinthetjük, mivel nem csak energia előállításához tudjuk ezeket felhasználni, hanem bizonyos faalapú termékek is készíthetők ezekből. Ilyenek például az OSB lapok, vagy az alacsony minőségű papír. A faipari melléktermékeket több kategóriába sorolhatjuk:

- Kivágáskor létrejött melléktermékek - forgács, fűrészpor stb.
- Fűrésztelepi melléktermékek - kis méretű darabok/táblák, fűrészpor, forgács, kéreg, szélek
- Bútoripari és asztalosipari melléktermékek - forgács, fűrészpor, kis méretű darabok

- Furnérgyártási melléktermékek - nem megfelelő minőségű fadarabok, hámozott törzsek közepe, felesleg furnér
- Építőipari melléktermékek - vágási hulladék
- Papíralapú hulladék.

A fűrésztelepeken a „megmentett” faanyag és a maradékok aránya is fontos mutató. A rekuperációs ráta természetesen függ a feldolgozott fatörzs átmérőjétől, a kívánt végtermékektől és a gyártástechnológiától. Skandináv államokban akár egy 50%-os arány is elérhető. Fontos figyelemmel kísérni az összes felhasználható faanyagot. A fenti 50% megmentett maradékból, amint ezt említettük, más termékek is készülhetnek. Amennyiben az elsődleges faalapú termék költségének tulajdonítjuk az összes, a feldolgozás során született kárt, hibás/kiegyensúlyozatlan eredményeket fogunk kapni.

Eredmények és értékelés

Családi házak Életciklus értékelése: ez az alfejezet a közép-európai családi házakkal foglalkozik. Mivel Európa-szerte különböző építészeti stílusokkal találkozunk (és ezáltal más-más anyagkombinációkkal), 3 fő kategóriát fogunk vizsgálni:

- Favázas házak - fa, faalapú kompozit termékek és ásványi alapú termékek. A fa nagy mennyiségben van jelen.
- Fagerendás házak - fa, faalapú termékek és minimális mennyiségű ásványi alapú termékek
- Téglafalás házak - főként ásványi alapú anyagokból épült, a faanyag jelenléte az európai átlagnak megfelelő.

Joseph Damberger munkája alapján az átlag európai ház élettartama 80 év, ezt az értéket fogjuk alapnak tekinteni. Az egyszerűség kedvéért feltételezzük, hogy a víz, gáz, villany, stb. szerelése azonos mindhárom háztípusban.

Családi házak életciklus-leltára: a háztípusok be- és kimenetelei az 1–3. táblázatokban ábrázoltak. Jelen esetben a bemenetek a használt építőanyagok mennyisége, a kimenet pedig az eredményezett alapterület. Feltéve, hogy átlagosan a pince kiépítéséhez 0,67 m³ betont használunk m²-enként, számottevő különbséget a földszint felett fogunk észlelni.

1. táblázat Favázas házak felépítése és energiaigénye

Bemenet		Kimenet	
Beépített anyagok (tonna)		Egységnyi favázas ház területe (m ²)	
Beton tetőcserép	6,10	Tetőfelület	79,46
Ablaküveg	0,45	Első emelet	70,23
Gipszkarton	16,30	Második emelet	65,95
Gipsz	3,10	Emeletek teljes felülete	136,18
Fa	12,10		
Töltőanyagok	0,10		
Ásványgyapot	1,20		
Polietilén fólia	0,11		
Polisztrén	0,27		
Burkolóanyag	0,28		
Forgácslap	0,86		
Acél	0,55		

Beton – pince	90,00
Összesen pincével	131,00
Összesen pince nélkül	41,00
Energia (kWh)	34 250,00

2. táblázat Fagerendás házak felépítése és energiaigénye

Bemenet		Kimenet	
Beépített anyagok (tonna)		Egységnyi favázás ház területe (m²)	
Beton tetőcserép	6,80	Tetőfelület	97,43
Ablaküveg	0,68	Első emelet	85,38
Gipszkarton	5,30	Második emelet	84,64
Fa	42,90	Emeletek teljes felülete	170,02
Ásványgyapot	1,00		
Polietilén fólia	1,14		
Polisztrén	0,18		
Forgácslap	0,95		
Acél	0,55		
Beton - pince	111,00		
Összesen pincével	170,00		
Összesen pince nélkül	59,00		
Energia (kWh)	34 250,00		

3. táblázat Téglaház felépítése és energiaigénye

Bemenet		Kimenet	
Beépített anyagok (tonna)		Egységnyi favázás ház területe (m²)	
Betoncserép	6,10	Tetőfelület	79,46
Beton	19,80	Első emelet	70,23
Üveg	0,45	Második emelet	65,95
Gipsz	5,60	Emeletek teljes felülete	136,18
Gipszkarton	1,40		
Tégla	64,00		
Fa	6,50		
Töltőanyagok	0,96		
Ásványgyapot	0,40		
Falazóhabarcs	8,60		
Polietilén fólia	0,02		
Polisztrén	0,19		
Védőburkolat	0,40		
Acél	0,09		
Téglarács	2,00		
Beton – pince	90,00		
Összesen pincével	207,00		
Összesen pince nélkül	117,00		
Energia (kWh)	41 100,00		

A pincét leszámítva tehát 117 tonna anyag szükséges a téglaház felépítéséhez, 59 tonna a gerendaház esetében, valamint 41 tonna a favázás házhoz. Már is egy jelentős különbséget észlelünk, továbbá a házak fa/nem fa arányait is figyelembe kell vennünk. Ez fontos, mert a

beépített faanyagot a ház életciklusa végén el tudjuk égetni, így hőenergiát generálva. A táblázatok legalsó sorában láthatjuk a ház felépítéséhez szükséges energiát. Amint az eredmények is ezt szemléltetik, a fagerendás házak esetében jön létre a legjobb energia/felület arány. Ugyanannyi energiával egy nagyobb házat tudtunk építeni, mintha favázás lett volna. Ebben az esetben a téglaház bizonyult a legkevésbé hatékonynak. Ugyanakkor, nem csak kevesebb energiát használtunk – hasonló vagy jobb eredményekkel – de a favázás és fagerendás házak sokkal több CO₂ semleges anyagot tartalmaznak, amelyet a ház életciklusának a végén el lehet égetni. Így tovább tudjuk csökkenteni a két épület nettó energiaigényét.

Családi házak Életciklus hatáselemzése: a faanyag elégetése jelentős fosszilis energiaszükségletet eredményezne. Mivel az *LCA* tanulmányok java része nem veszi figyelembe a faanyag elégetéséből kinyert energiát a termék életciklusának a végén, ezért az elemzés két fő esetre fog figyelmet fordítani.

- 1. eset: a fa égetéséből kapott energiát nem vesszük figyelembe
- 2. eset: a fa égetéséből nyert energiát figyelembe vesszük

1. eset:

Elhanyagoljuk azt az energiát, amit ki tudnánk nyerni a hátramaradt faanyagból. Globális Felmelegedési Potenciál (GWP), Savasodási Potenciál (AP), Eutrofizációs potenciál (EP) és Fotokémiai ózonképző potenciál (POCP) összegét a ház felépítéséhez összes szükséges energia eredményezi. Ez a termékek előállítását is magába foglalja, nem csak az építkezésre és berendezésre fordított energiát. Az eredmények a 4-6. táblázatban találhatóak.

4. táblázat *A eset – Életciklus értékelés a faanyag elégetése nélkül: Favázás ház*

Háztípus	Lehetséges hatás és mértékegysége		Gyártás	Kivitelezés	Összesen
Favázás ház	<i>GWP100</i>	<i>kg CO2</i>	70 100,00	24 752,00	94 852,00
	<i>AP</i>	<i>kg SO2</i>	156,37	55,21	211,58
	<i>EP</i>	<i>Kg PO4</i>	13,32	4,70	18,02
	<i>POCP</i>	<i>Kg Etén</i>	4,03	1,42	5,46

5. táblázat *A eset – Életciklus értékelés a faanyag elégetése nélkül: Fagerendás ház*

Háztípus	Lehetséges hatás és mértékegysége		Gyártás	Kivitelezés	Összesen
Fagerendás ház	<i>GWP100</i>	<i>kg CO2</i>	71 546,00	24 752,00	96 298,00
	<i>AP</i>	<i>kg SO2</i>	159,59	55,21	214,81
	<i>EP</i>	<i>Kg PO4</i>	13,59	4,70	18,30
	<i>POCP</i>	<i>Kg Etén</i>	4,12	1,42	5,54

6. táblázat *A eset – Életciklus értékelés a faanyag elégetése nélkül: Téglafalás ház*

Háztípus	Lehetséges hatás és mértékegysége		Gyártás	Kivitelezés	Összesen
Téglafalás ház	<i>GWP100</i>	<i>kg CO2</i>	85 277,00	29 702,00	114 980,00
	<i>AP</i>	<i>kg SO2</i>	190,22	66,26	256,48
	<i>EP</i>	<i>Kg PO4</i>	16,20	5,64	21,84
	<i>POCP</i>	<i>Kg Etén</i>	4,91	1,71	6,616

Amint az eredmények is alátámasztják, a téglaház a legkártékonyabb a környezetre nézve. Ugyanakkor – annak ellenére, hogy a legtöbb faanyagot tartalmazza – ebben az esetben a gerendaház kevésbé környezetbarát a favázás házhoz képest.

2. eset:

Itt az életciklus végén a CO₂ semleges faanyag biomasszaként szolgál, helyettesítve egy bizonyos mennyiségű fosszilis üzemanyagot. A lehetséges energianyereséget a faanyag elégetéséből 13,6 MJ/kg-nak tekintjük. Az alábbi 7–9. táblázat tartalmazza a számítások eredményeit. Az eredmények „teljes energiaigény” és „nettó energiaigény”-ként szerepelnek. A nettó energiaigény ebben az esetben a teljes befektetett energia és a fa égetéséből nyert energiának a különbsége (7–9. táblázat).

7. táblázat B eset – Életciklus értékelés a faanyag elégetését beleszámítva: Favázás házak

Háztípus	Lehetséges hatás és mértékegysége		Összesen
Favázás ház	GWP100	kg CO ₂	79 248,00
	AP	kg SO ₂	176,78
	EP	kg PO ₄	15,05
	POCP	kg Etén	4,56

8. táblázat B eset – Életciklus értékelés a faanyag elégetését beleszámítva: Fagerendás ház

Háztípus	Lehetséges hatás és mértékegysége		Összesen
Fagerendás ház	GWP100	kg CO ₂	52 957,00
	AP	kg SO ₂	118,13
	EP	kg PO ₄	10,06
	POCP	kg Etén	3,05

9. táblázat A eset – B eset – Életciklus értékelés a faanyag elégetését beleszámítva: Téglafalás ház

Háztípus	Lehetséges hatás és mértékegysége		Összesen
Téglafalás ház	GWP100	kg CO ₂	108 400,00
	AP	kg SO ₂	241,81
	EP	kg PO ₄	20,60
	POCP	kg Etén	6,24

Az első esethez képest, végeredményben mindhárom ház esetében kisebb környezeti hatást észlelünk. Amennyiben a faanyagot elégetjük, a gerendaházat jellemzik a legjobb eredmények. Ezt követi a favázás ház, a legkártékonyabb pedig ismét a téglaház.

Összefoglalás

A különböző iparágakban az utóbbi évtizedekben a műanyagok, fémek és ezekből készült kompozit anyagok sokkal nagyobb sikernek örvendtek a faanyaghoz képest. Ennek fő oka a végtermékek kedvező ára. A piaci monopol állapot csökkenése elérhető, amennyiben a fenntartható erdőgazdálkodás által a faanyag folyamatos megújulása célunkká válik. A faanyag,

mint építőipari és épületasztalosi alapanyagként való felhasználásának pozitív hatásai vannak a környezetre, vetélytársaival szemben. E munka ismerteti a faanyagból készült családi házak, egyszerű nagyméretű épületek szerkezetei és nyílászárók kereteinek környezeti hatásait Életciklus-értékelés segítségével. Ez a cikk a kutatási módszerek ismertetését folytatja és betekintést enged az első eredményekbe, miszerint az életciklus-elemzés alapján a gerendaházat jellemzik a legjobb eredmények.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

FAALAPÚ ÉS KONKURENS TERMÉKEK ÉLETCIKLUS-ÉRTÉKELÉSE – 3. RÉSZ

FOGARASSY RÓBERT-ZSOLT, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Eredmények és értékelés

Az egyszerű nagyméretű épületek meghatározása, behatárolása szerint ebben az esetben két, három emeletes épületet vizsgálunk. Mindkét épület 9750 m²-es alapterületet fed le (1. táblázat):

- 1. épület felépítése: 1000 tonna fa, 60 tonna acél
- 2. épület felépítése: csak acél.

1. táblázat A két háromemeletes épület energiaigénye

Beépített anyag	Anyagmennyiség [Tonna]	Befektetett energia [GJ]	Visszanyert energia [GJ]	Energiakülönbség [GJ]
		<i>1-es épület</i>		
Fa	1000	5100	13600	
Acél	60	360	0	-8150
		<i>2-es épület</i>		
Acél	2800	17000	0	+17000

A 2-es épület elkészítése sokkal több energiát vett igénybe. Az 1-es épületbe pedig ugyanakkor 1000 tonna fa van beépítve, amit fűtőanyagként fel tudunk használni a termék életciklusának a végén. Feltételezve, hasonlóan a korábbi példához, hogy szerkezeti fa égetésekor 16 MJ/kg energiamennyiséget kapunk, amit 85% hatékonysággal tudunk felhasználni, összesen 13 600 GJ energiát tudunk kinyerni. Ez több, mint kétszerese a befektetett energiának. Ebből tehát következtetni tudunk, hogy az életciklusa végén, az épület nem csak CO₂ semlegesnek minősíthető, hanem jelentős mennyiségű fosszilis üzemanyagot tud helyettesíteni, ezáltal tovább csökkentve az atmoszférában jelenlevő CO₂ mennyiségét. Az 1-es épületbe beépített faanyag nettó 8 150 GJ energiát tudna generálni, vagyis ennyi energiának megfelelő fosszilis üzemanyagot tudna helyettesíteni.

Az egyszerű nagyméretű épületek életciklus hatáselemzése: az eredményeket két esetben fogjuk vizsgálni:

- A eset: a beépített faanyagot hulladéknak tekintjük (2. táblázat)
- B eset: a beépített faanyagot elégetjük, energiát nyerve (3. táblázat).

2. táblázat A eset – Épületek életciklus hatáselemzése faanyag elégetése nélkül

Hatás	Mértékegység	1-es épület	2-es épület
GWP100	kg CO ₂	1 096 000	3 410 000
AP	kg SO ₂	2 445	7 613
EP	kg SO ₄	208	648
POCP	kg Etén	63	196

Az 1-es épület kivitelezése 5460 GJ energiát vett igénybe, a 2-es épületé pedig 17000 GJ-t. Annak ellenére, hogy 3-szor kevesebb energiát vesz igénybe az acélból készült épület kivitelezése, a potenciális környezeti károkat tekintve, az 1-es épület 3-szor kevésbé kártékonyabb. Nem elég csak a befektetett energiát figyelembe vennünk.

3. táblázat B eset – Épületek életciklus hatáselemzése faanyag elégetését beleszámítva

Hatás	Mértékegység	1-es épület	2-es épület
GWP100	kg CO ₂	1 096 000	3 410 000
AP	kg SO ₂	2 445	7 613
EP	kg SO ₄	208	648
POCP	kg Etén	63	196

Ablakkeretek Életciklus értékelése: ebben az esetben, a vizsgált termékek alapanyagai alumínium, PVC és fa. Az egyszerűség kedvéért feltételezzük, hogy az üvegezés mindhárom esetben azonos, így tehát nem fogják az eredményeket befolyásolni. Az ablakok két szárnyúak, méreteik 1650 x 1300 mm. A vizsgált ciklusfázisok: alapanyag beszerzés, megmunkálás, üvegezés, ablak beszerelése, használat, ablak leszerelése és megsemmisítése. Az alumínium és PVC ablakok esetében a keretek újra lesznek hasznosítva, a fakeretek pedig az előzőekhez hasonlóan el lesznek égetve, fűtőenergiát eredményezve. A három alapanyag összehasonlítása a 4. táblázatban látható.

4. táblázat Ablakkeretek nettó tömege és U értékek

Keret	Nettó tömeg [kg]	U-érték [W/m ² K]
Alumínium	31,65	1.9
PVC	43.73	1.5
Fa	26.43	1.5

Befektetett energia, használt anyagok: Richter és tsai. (1996) alapján 28,5 kg alumínium; 26 kg PVC és 20,7 kg faanyag volt szükséges a keretek gyártásához. További információ a használt anyagokat illetően az 5–7. táblázatokban találhatóak.

5. táblázat Alumínium ablakkeret gyártásához használt anyagok

Alapanyagok	Szállítási távolság [km]	Alapanyag mennyiség [kg/keret]		
		Ablakkeret	Anyagfelesleg	Összesen
Alumínium profil	150	27,54	1,15	28,69
Alumínium ívek	180	0,65	0,03	0,68
Üvegrost	600	4,88	0	4,88
EPDM Gumi	600	2,84	0	2,84
Alumínium öntvény	600	0,33	0	0,33
Rozsdamentes acél	600	0,38	0	0,38
Galvanizált acél	600	0,22	0	0,22
Bronz	600	0,04	0	0,04
Fröccsöntött cink	600	2,18	0	2,18
Polietilén	100	0,14	0	0,14
Izopropanol	100	0	0,02	0,02
Epoxy gyanta	100	0,07	0	0,07
PES	100	0,38	0	0,38

6. táblázat PVC ablakkeret gyártásához használt anyagok

Alapanyagok	Szállítási távolság [km]	Alapanyag mennyiség [kg/keret]		
		Ablakkeret	Anyagfelesleg	Összesen
PVC profil	600	25,57	1,98	27,55
Galvanizált acél	500	14,53	0,06	14,59
Alumínium profil	100	0,42	0,01	0,43
EPDM Gumi	200	0,75	0,03	0,78
PVC-NBR	600	0,45	0,05	0,50
Rozsdamentes acél	700	1,58	0,06	1,64
Fröccsöntött cink	700	0,14	0	0,14
Acél csavarok	700	0,05	0	0,05
Poliamid	700	0,01	0	0,01
Polipropilén	100	0,06	0	0,06
EPS	100	0,05	0	0,05
Acél csavarok	100	0,08	0	0,08
Gumírozási ragasztó	100	0,005	0	0,005
PVC kötőanyag	100	0,01	0	0,01
POM	100	0,01	0	0,01
Poliészter por	100	0,01	0	0,01

7. táblázat Fa ablakkeret gyártásához használt anyagok

Alapanyagok	Alapanyag mennyiség [kg/keret]			
	Szállítási távolság [km]	Ablakkeret	Anyagfelesleg	Összesen
Lucfenyő gerenda	350	19,72	17,14	36,84
Alumínium profil	100	1,25	0,03	1,28
EPDM Gumi	200	0,90	0,05	0,95
Szilikon	100	0,32	0,36	0,04
Acél ív	700	1,56	1,64	0,08
Fröccsöntött cink	700	0,12	0	0,12
Acél csavarok	700	0,05	0	0,05
Poliamid	100	0,01	0	0,01
PVAc ragasztó	700	0,13	0	0,13
Lucfa lécek	100	0,80	0,08	0,88
Bükkfa	100	0,11	0	0,11
Polietilén	100	0,005	0	0,005
Poliamid	100	0,005	0	0,005
Acilát szedőlapát	100	0,005	0	0,005
Töltőanyag	1000	0,44	0	0,44
Lakk	1000	0,99	0,50	1,49
Poliészter por	100	0,04	0	0,04

Életciklus értékelése: a 8. táblázat tartalmazza a különböző anyagokból készült keretek hatásanalízisének eredményeit. Minden kategóriában a fából készült keretek bizonyultak a legkevésbé kártékonyak. A faanyagfelesleget továbbá fellehet használni fosszilis üzemanyag helyett, így tovább csökkentve a nettó hatást.

8. táblázat Ablakkeretek életciklus hatáselemzése faanyag elégetését nem beleszámítva.

Rövidítések: GWP: Globális Felmelegedési Potenciál; AP: Savasodási Potenciál; EP: Eutrofizációs Potenciál; POCP: Fotokémiai Ózonképző Potenciál

Hatás	Mértékegység	PVC	Alumínium	Fa
GWP100	kg CO ₂	997	1090	906
AP	kg SO ₂	4,64	5,09	2,15
EP	kg SO ₄	0,31	0,29	0,20
POCP	kg Etén	2,71	2,33	1,64

Amint az eredmények is alátámasztják, a fakeretes ablak savasodási potenciáljának értéke kevesebb mint fele a PVC és alumíniuméhoz képest. Az eutrofizációs potenciál és a fotokémiai ózonképző potenciál 30%-kal kevesebb.

Az LCA során kapott adatok segítségével összehasonlíthatjuk a faanyagot vetélytársaival. A vizsgált használati területek a családi házak, egyszerű magas épületek és ablakkeretek voltak. A kapott eredmények egy általános rátekintést biztosítanak az alapanyagok és termékek ökológiai hatásaira.

A hatáskategóriák a *GWP*, *EP*, *AP* és *POCP*. További fontos szempontok az emberekre gyakorolt toxicitás mértéke és az alapanyagok elérhetősége, illetve megújulási képességük. A tanulmányban használt adatok és eredmények más intézmények által végrehajtott kísérletek, *LCI/LCA* tanulmányok és mérések eredményei.

A fa, mint alapanyag a megújuló alapanyagok közé sorolható. A megújulás elmélete alapján, lehetséges egy olyan állapotot elérni, ahol a faanyagot biomasszaként tudjuk használni és ugyanakkor biztosítani tudjuk e fontos alapanyag állandó elérhetőségét. Ez fosszilis anyagokkal nem lehetséges. A létező anyagok/üzemanyagok és elérhetőség alapján a 9. táblázat kategóriáiba sorolhatóak be.

9. táblázat Alapanyag-elérhetőség osztályozási szempontjai

Kategória	Elérhetőség
Kritikus	Kevesebb mint 50 évre
Kedvezőtlen	További 150 évre
Kedvező	Állandóan elérhető
A legkedvezőbb	Megújuló

Bizonyos szerves anyagok esetében – például PVC – léteznek hatékony újrahasznosítási technológiák. Amennyiben a használt technológia ökológiailag semleges, ezeket a szerves anyagokat is környezetkímélő alternatívaként lehet ajánlani. Amennyiben a fenti feltételek teljesítése nem lehetséges, érdemes faalapú termékeket/megoldásokat keresni. Ezek hosszútávon a természetre – ezáltal az egészségünkre – és költségek szempontjából is hatékonyabbnak bizonyulhatnak.

A családi házak és más jellegű épületek Életciklus értékelése során igazoltuk, hogy a faanyag elégetése jelentős mennyiségű energiát tud generálni. Ekkora mennyiségű energiának megfelelő fosszilis üzemanyagot tudunk „megspórolni”. Ugyanez igaz más faalapú, vagy faanyagtartalmú termékekre is. A faalapú termékek szén-ciklusa a következőképpen írható le: a faanyag életciklusának végén, a széndioxid – melyet a fa magába zárt fotoszintézis során – biológiai lebomlás, vagy égetés formájában vízzel együtt felszabadulnak és visszajutnak az atmoszférába. Ez tehát egy CO₂ semleges zárt kört fog leírni. A fotoszintézis során összegyűjtött energia (kb. 19 MJ/kg száraz faanyag) égetés folyamán felszabadítjuk. Így tehát, valamilyen szinten, az égetett fából kinyert energiát szoláris energiának is tekinthetjük.

A családi házak és egyszerű nagy épületek Életciklus értékeléséhez két esetet vizsgáltunk meg:

- A eset: a beépített faanyagot elégetjük az életciklus végső fázisaként
- B eset: a beépített faanyagot eldobjuk az életciklusa végén.

Az eredményekből arra tudunk következtetni, hogy

- Mindkét esetben kevesebb fosszilis üzemanyagra van szükségünk a kivitelezéshez
- Minél több a használt faanyagunk, annál több energiát tudunk kinyerni, amely helyettesíteni tud egy bizonyos mennyiségű fosszilis üzemanyagot.

Ugyanez elmondható bármilyen faalapú vagy faanyagot tartalmazó termékre.

A fából készült keretek nem csak a legkevésbé kártékonyak, amint ezt a vizsgálati eredmények is bizonyították, de a tömegük is a legkisebb. Emellett a PVC és Fából készült ablakok K értékei jobbák voltak, mint az alumíniumé. A fakeretes ablakok esetében volt a legnagyobb a *GWP*. Ennek a jelenségnek a magyarázata a gyakori kezeléseikben rejlik. Mivel legalább 10 évente az ablakokat újra kell kenni, a használt anyagok miatt a *GWP* is megnő. Ugyanakkor a fakeretek

voltak az egyetlenek, amelynél a nettó *GWP* és energiafogyasztás negatív értékeket mutattak. Ez azért van, mert az életciklus végén, a faanyagot elégetve több energiát szabadítunk fel, mint amennyit befektettünk minden azt megelőző fázisban. Az *AP*, *EP* és *POCP*-t illetően a szállítás és beszerelés a leginkább befolyásosabb tényezők. Mivel a fából készült keretek voltak a legkönnyebbek, az eredmények is kedvezőbbek voltak. Ami a fenti emissziók mértékét az alapanyag előállítás és termék gyártása során illeti, az alumínium és PVC ablakok sokkal kártékonyabbnak bizonyultak.

Az egyértelmű válasz a tanulmány során kimutatott pozitív környezeti hatások és csökkentett költségek lennének. A faanyag környezetbarát természete tudományosan is alátámasztható az *LCA* segítségével. Amint ez említve volt, a faanyag számos vetélytársa került az utóbbi évtizedekben. A fa közismert környezetkímélő hatása viszont csupán nézőpont és vélemény kérdése volt, mivel *LCA* nélkül, ezen hatások számszerűsítése nem volt lehetséges. Ez nem csak tévhírek terjesztéséhez vezetett, hanem kedvezőtlen piaci viszonyokhoz is. Magas árak, nem megfelelő szabványok és előírások, limitált hatáskörű, téves marketing-kampányok és a gyártási technológia lelassulása csak pár példaként szolgálnak.

Az Életciklus értékelést főképp olyan cégek alkalmazták, amelyek szervesen alapanyagokat használtak. Megpróbálták *LCA* eredmények segítségével meggyőzni az embereket, hogy igenis a termékeik környezetbarátok. Hamis adatokkal, részleges információközléssel és szövegmanipuláción keresztül igyekeztek vásárlókat szerezni. A termékek választásában viszont nem csak az alapanyag környezeti hatásai játszanak fontos szerepet. Érdeemes megemlíteni, hogy a faanyag messzemenően nem tökéletes. Zsugorodik, dagad, kényes a biológiai kártevőkkel szemben, megmunkálása magas fokú pontosságot és tudást követel meg, gyúlékony és gyakori fenntartása szükséges. A kényelmi szempontok gyakran fontosabbak a vásárló számára, mint az ökológiai jellemzők. Annak érdekében, hogy gyakrabban tudjunk faalapú termékekkel találkozni, a következőket javasoltak:

- Ahol lehetséges és érdemes, a beépítési szabályzat modifikálása szükséges
- Faalapú termékek tervezése a hosszútávú tartósság és megbízhatóságára való törekvéssel
- Költség-hatékony faalapú termékek tervezése
- Könnyen értelmezhető technikai leírások biztosítása a műépítészek számára; a faanyag előnyeinek megfontolt kiemelése
- Politikusok és természetvédelmi intézmények informálása a szakszerű erdőgazdálkodási eljárásokat illetően.

Összefoglalás

A különböző iparágakban az utóbbi évtizedekben a műanyagok, fémek és ezekből készült kompozit anyagok sokkal nagyobb sikernek örvendtek a faanyaghoz képest. Ennek fő oka a végtermékek kedvező ára. A piaci monopol állapot csökkenése elérhető, amennyiben a fenntartható erdőgazdálkodás által a faanyag folyamatos megújulása célunkká válik. A faanyag, mint építőipari és épületesztalosi alapanyagként való felhasználásának pozitív hatásai vannak a környezetre, vetélytársaival szemben. E munka ismerteti a faanyagból készült családi házak, egyszerű nagyméretű épületek szerkezetei és nyílászárók kereteinek környezeti hatásait Életciklus-értékelés segítségével. A nagyméretű adatmennyiséget feldolgozva az eredményekből arra lehet következtetni, hogy faanyag felhasználásánál, beépítésénél kevesebb fosszilis üzemanyagra van szükségünk a kivitelezéshez. Ehhez kapcsolódóan minél több a használt faanyagunk, annál több energiát tudunk kinyerni, amely helyettesíteni tud egy bizonyos mennyiségű fosszilis üzemanyagot.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

RICHTER K. – KÜNNIGER T. – BRUNNER K. (1996): Oekologische Bewertung von Fensterkonstruktionen - Neue Erkenntnisse (pp. E2-41275). Presented at the GUS-Fachtagung Materialien in ihrer Umwelt, im Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

MOBIL ÉS ÓRIÁS ÖRDÖGLAKATOK TERVEZÉSE FAANYAGOK FELHASZNÁLÁSÁVAL, JÁTSZÓTÉRRE – 1. RÉSZ

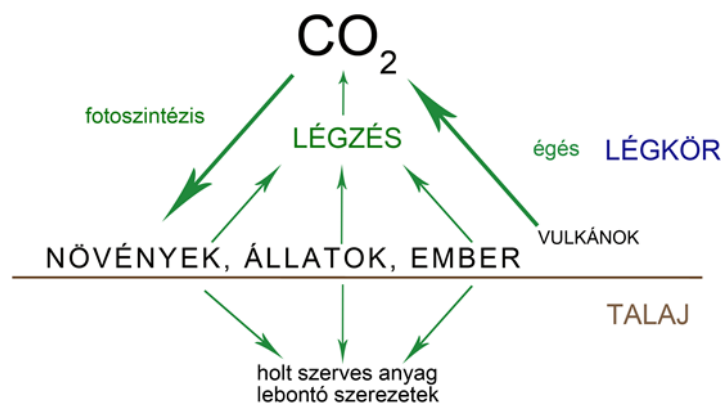
KACSÓ ALBERT BOTOND, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

„Az emberiség mindig szoros kapcsolatban állt az erdővel. A fotoszintézis az erdei ökoszisztémák működésének alapvető folyamata, melynek eredménye a nagy mennyiségben előálló szerves anyag és oxigén. A szárazföldön keletkező szerves anyagok 75%-át az erdők adják, és az emberiség oxigénszükségletének 40%-át a fák levélzete állítja elő. Könnyen belátható, hogy megfelelő kiterjedésű és egyenletes elhelyezkedésű erdők nélkül, földünk nem felel meg az emberi életnek azáltal, hogy a levegő szén-dioxid tartalmát elnyelik, oxigéntartalmát pedig növelik (1. ábra). Az erdők környezetvédelmi szerepével kapcsolatban meg kell említenünk, hogy gátolják a szél- és vízeróziót, a talaj leromlását, szabályozzák a vízháztartást. A levelek ezenkívül megkötik, majd visszajuttatják a port a talajba. A nagy kiterjedésű erdők pusztulása (erdőtüzek, kitermelés) hatással van a globális felmelegedésre is. A faanyag sokrétű felhasználhatóságát jól mutatja, hogy míg 100 éve a fatermékek száma 2-2,5 ezer volt, 50 éve pedig 4,5-5 ezer, addig napjainkra elérte a 20 ezret és ez a szám egyre növekszik” (GERENCSÉR 2001).



1. ábra A légkör és a szárazföldi bioszféra közötti kicserélődés (forrás: TANKONYVTAR 2020)

Így arra jutottunk, hogy olyan alternatív megoldást választok játékaim alapanyagaként, mely matériájában leginkább a fához esik közel, előállításuk gazdaságos, a vele való kapcsolat ugyanazt a melegséget tudja nyújtani, mint a tömör fa, azonban nem igényel akkora tiszta-fa mennyiséget, ezáltal igyekszem hozzájárulni természetes környezetünk megóvásához. Ez az alapanyag nem más, mint a rétegelt lemez. Kutatómunkám során először felmértem, hogy a játékoknak milyen lehetséges fa, illetve fa-alternatív alapanyagok léteznek, azok tulajdonságait, felhasználhatóságát, felületkezelését vizsgáltam. Ezt követően a játék fogalmával, a logikai

játék fogalmával, a játszóterek kialakításával foglalkoztam. Ezután kezdtem csak bele a tervezési munkába, mely során mobil és óriás ördöglovakat terveztem játszóterekre.

Anyagok és módszerek

A játékok lehetséges fa, illetve fa-alternatív anyaga: hogyan integráljunk „alternatív fa” anyagokat kültéri és beltéri játékokhoz egyaránt? Melyek lehetnek ezek az anyagok? A legkülönbözőbb faanyag-tulajdonságokról és a faanyagok modifikációs lehetőségeiről a Soproni Egyetem Faanyagtudományi Intézete bőséges publikált kutatási anyagmennyiséggel rendelkezik (BÁDER 2015a, 2015b; BÁDER – NÉMETH 2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2020; BÁDER – ROUSEK 2018; BÁDER ÉS TSAI. 2015, 2018a, 2018b, 2019, 2020; BAK – NÉMETH 2012, 2018; BAK ÉS TSAI. 2018, 2019a, 2019b; FEHÉR ÉS TSAI. 2014; FODOR ÉS TSAI. 2018a, 2018b; KOMÁN ÉS TSAI. 2019, 2020; NÉMETH 2020; NÉMETH – BÁDER 2020; NÉMETH ÉS TSAI. 2014, 2019; RADEMACHER ÉS TSAI. 2017a, 2017b; VÖRÖS – NÉMETH 2020; VÖRÖS ÉS TSAI. 2019). Hogyan lehet a faanyagokat kezelni az időjárással, ill. egyéb külső behatásokkal szemben, hogy időtállóak legyenek, az egészségre káros hatással ne bírjanak? Manapság a legtöbb cég, akik kültéri és beltéri fajtékokat forgalmaznak, mahagóniból készült termékeket exportálnak. Bármilyen faanyag fizikai és műszaki tulajdonságainál általában annak

- elterjedését,
- alfajait,
- paramétereit,
- szagát,
- színét,
- sűrűségét,
- nedvességét,
- keménységét,
- szilárdságát,
- rugalmasságát, hajlékonyságát,
- szigetelőképességét,
- tartósságát,
- hibáit vizsgálhatjuk meg (VACHNOVSZKI 2005).

Alternatív megoldást jelenthet, ha rétegelt lemezből készülnek el mind a kültéri, mind a beltéri fa játékok. A rétegelt lemez rendkívül jó tulajdonságokkal bír, ezáltal lesz hasznos, ár-érték arányban egyaránt érték- és időálló. Összességében a fa kevésbé minőségi részeiből is készíthető, ennek ellenére a kész termék tulajdonságait tekintve legalább annyira jók, mint a tömör fái, ha nem éppen jobbak. A rétegelt lemez több réteg, egymásra merőleges szálirányú furnérból tevődik össze, így válik erőssé, terhelhetővé, illetve így tudják vele csökkenteni a repedezés, zsugorodás lehetőségét is (2. ábra).

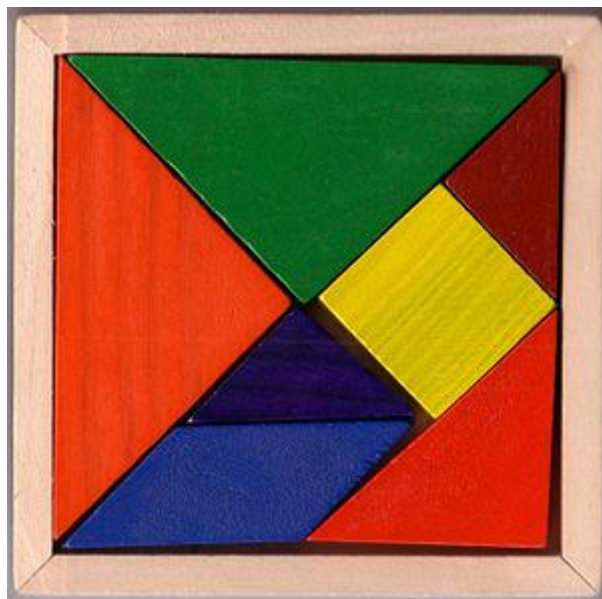


2. ábra Rétegelt lemezek (forrás: TUDASBAZIS 2020)

A játszóterek kialakítása és típusairól érdemes tudni, hogy Fröbel volt az első, aki a 19. század közepe táján eljutott a játszótér szükségességének gondolatához, és hangsúlyozta, hogy minden helységben kell játszótérrel létesíteni. 1860-ban G.M. Schreiber lipcsei orvos kezdett mozgalom szervezéséhez azért, hogy a gyerekeknek egészséges, zavartalan játéklehetőséget biztosítson. A nagyvárosok létrejötte egyre sürögősebben vetette fel a körngetegben élő gyerekek problémáját, a városi játszótér érdekében. Magánkezdeményezések, egyesületek igyekeztek Hollandiában, Belgiumban, Franciaországban, Angliában, Svájcban és az észak-európai államokban segíteni a városi gyerekeknek. A XX. század elején tapasztalható visszaesés után, világszerte megkezdődött a játszótér létesítése. Az 1930-ig épített játszótér általában svéd és svájci mintára, XIX. századi modell szerint készült. Hibájuk az volt, hogy csupán 10 éves korig gondoskodtak játéklehetőségről, és azt sem a korszerű követelményeknek megfelelően. Általában egy hinta és egy homokozó volt a játszótér felszerelése, ez azonban a gyerekek minden oldalú fejlődéséhez nem volt elegendő. A nagyobb gyerekek részére kielégítőnek tartották az iskolai tornaórát, a sportot és a kirándulást (CSALADINET 2020).

A kézi fejtörőknek néhány országban pl. USA-ban, Japánban, Angliában, Hollandiában, Németországban, Kínában igen nagy hagyományai vannak, mind a játékkészítés, mind pedig a játékgyűjtés tekintetében. Ezekben az országokban külön klubok alakultak ki, melyek konferenciákat, találkozók szerveznek tapasztalatcsere és az újdonságok bemutatása céljából, valamint az elméleti háttér megtagyargalásához. Ebben a témában számítógépes programok is megjelentek, melyek a fejtörők tervezésében nyújtanak segítséget, illetve van jó néhány olyan bonyolultságú játék, melyek összes megoldását csak számítógép segítségével lehet megtalálni. Szükségessé vált egyfajta csoportosítás, hogy könnyebb legyen a kommunikáció a világ különböző részein élő játékosok között, és hogy el tudjon indulni a kézi fejtörők katalógizálása:

- 2D összerakók (tangramok, kombinatorikus, puzzle), 3D összerakók (térbeli kombinatorikus, szabályos alakzatot kell kirakni, térbeli puzzle), térkitöltős, gyufa feladványok (3. ábra)
- Szétszedő játékok (trükkös dobozok, titkos rekeszes dobozok)
- Összekapcsolódó játékok (rabkeresztek, állatot, figurát ábrázoló, 3D görbe felületűek, ezek kombinációi)
- Szétválasztó játékok (valamit ki kell szabadítani zsinór levételével pl. karikát, golyót, rudat)
- Sorozatos mozgató játékok (szoliter jellegű, tologató hasábok, forgató, labirintusok, sorozatos áthelyezés)
- Egyéb logikai játékok (eltűnő elemek, lehetetlen tárgyak, csalikorsók, ügyességi játékok) (FAIPAR 2020).



3. ábra Tangram (forrás: WIKIPEDIA 2020)

Összefoglalás

Egy fából készült logikai játék összeállítása komoly előkészítést igényel. Ebben a cikkben a játékokkal, és méginkább a logikai játékokkal kapcsolatos legfontosabb ismeretek kerültek bemutatásra. A cikksorozat következő részében a különböző logikai játékokat és azok csoportosítási lehetőségeit járjuk körbe.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárérdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYSES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018a): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat

- tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383–398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018*, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) *Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification*, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018b): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with Special Focus on "New Aspects of Hardwood Utilization – from Science to Technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – BÖRCSÖK Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications*, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- CSALADINET (2020): A grundtól az ütéscsillapító hintáig. <[HTTPS://WWW.CSALADINET.HU/HIREK/SZABADIDO/HIREK_ERDEKESSEGEK/9131/A_GRUNDTOL_AZ_UTESCSILLAPITOS_HINTAIG_- _A_JATSZOTEREK_TORTENETE_A_KEZDETEKTOL_NAPJAINKIG](https://www.csaladinet.hu/hirek/szabadido/hirek_erdekessegek/9131/a_grundtol_az_utescsillapitos_hintaig_-_a_jatszoterek_tortenete_a_kezdetektol_napjainkig)> Megtekintve: 2020.09.10.

- FAIPAR (2020): Fából készült logikai játékok. <[HTTPS://FAIPAR.HU/HIREK/FATERMEK/2976/FABOL-KESZULT-LOGIKAI-JATEKOK](https://faipar.hu/hirek/fatermek/2976/fabol-keszult-logikai-jatekok)> Megtekintve: 2020.09.19.
- FEHÉR S. – KOMÁN SZ. – BÖRCSÖK Z. – TASCHNER R. (2014): Modification of hardwood veneers by heat treatment for enhanced colors. *Bioresources* 9(2): 3456-3465
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- GERENCSÉR K. (2001): Játékszerek fából. *Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron*
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) *Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 118-122*
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 32-52*
- MOLNÁR S. (2004): *Faanyagismeret, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest*
- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 12-16*
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8*
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) *Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324*
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) *Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478*
- TANKONYVTAR (2020): Az éghajlatváltozás okai és következményei. <[HTTPS://REGI.TANKONYVTAR.HU/HU/TARTALOM/TAMOP412A/2010-0012_EGHAJLATVALTOZAS/CH03S02.HTML](https://regl.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412a/2010-0012_eghajlatvaltozas/ch03s02.html)> Megtekintve: 2020.09.10.
- TUDASBAZIS (2020): Rétegelt lemez tulajdonságai. <[HTTPS://TUDASBAZIS.SULINET.HU/HU/SZAKKEPZES/FAIPAR/FAANYAGISMERET/RETEGELT-LEMEZ-TULAJDONSAGAI/A-RETEGELT-LEMEZ](https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/faipar/faanyagismeret/retegelt-lemesz-tulajdonsagai/a-retegelt-lemesz)> Megtekintve: 2020.09.10.
- VACHNOVSZKI P. (2005): *Kreativitást fejlesztő fajték tervezése gyermekek és felnőttek számára. Diplomamunka, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron*
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8*
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. *Gradus* 6(3): 75-81

WIKIPEDIA (2020): Tangram. <[HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/TANGRAM](https://en.wikipedia.org/wiki/Tangram)> Megtekintve:
2020.09.10.

MOBIL ÉS ÓRIÁS ÖRDÖGLAKATOK TERVEZÉSE FAANYAGOK FELHASZNÁLÁSÁVAL JÁTSZÓTÉRRE – 2. RÉSZ

KACSÓ ALBERT BOTOND, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

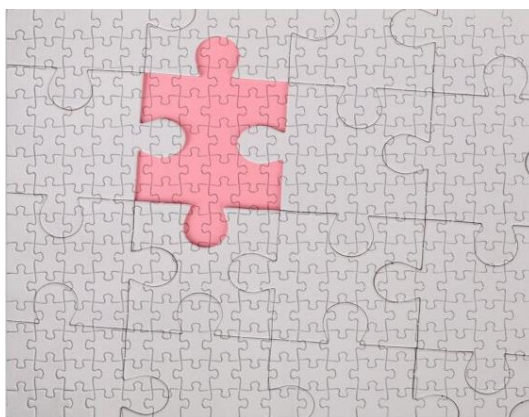
Anyagok és módszerek

A következőkben a logikai játékok nemzetközileg elismert csoportosításával foglalkozunk. Itt a különböző faanyagokból készült játékok nem kerülnek előtérbe, a faanyagok tulajdonságait taglaló publikációk mégis lényegesek (BÁDER 2015a, 2015b; BÁDER – NÉMETH 2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2020; BÁDER – ROUSEK 2018; BÁDER ÉS TSAI. 2015, 2018a, 2018b, 2019, 2020; BAK – NÉMETH 2012, 2018; BAK ÉS TSAI. 2018, 2019a, 2019b; FEHÉR ÉS TSAI. 2014; FODOR ÉS TSAI. 2018a, 2018b; KOMÁN ÉS TSAI. 2019, 2020; NÉMETH 2020; NÉMETH – BÁDER 2020; NÉMETH ÉS TSAI. 2014, 2019; RADEMACHER ÉS TSAI. 2017a, 2017b; VÖRÖS – NÉMETH 2020; VÖRÖS ÉS TSAI. 2019). Az alábbi, sorszámozással ellátott fő kategóriákba oszthatók be a logikai játéktípusok:

1. Összerakó kézi fejtörők

Ebbe a csoportba azon játékok tartoznak, melyeknél a cél az, hogy egy vagy több előre meghatározott alakzatot rakjon ki a játékos. Ide tartozik a Magyarországon puzzle-nak nevezett játék is. Az alcsoportok:

- Kétdimenziós kézi összerakók
 - Tangramok: Az elemek egy szabályos alakzat szétvágásával keletkeznek
 - Kombinatorikus összerakók, melyek esetében több, viszonylag szabályos elem összekapcsolásával kapjuk meg az elemeket. Ide tartozik a pentomino, diablo, hexo és triomino vagy trico (A pentomino név a világon nagyon elterjedt így nem érdemes más elnevezést keresni neki, de a másik három játék elnevezése nem terjedt el széleskörűen, így érdemes lenne keresni nekik megfelelő magyar elnevezést, mivel igen idegenül csengenek a magyar fül számára.)
 - „Egyfeladatos”, amikor előre meghatározott képet kell kirakni (Ezt a csoportot jelöli a „magyar puzzle”; 1. ábra) (GERENCSÉR 2001).



1. ábra Sík kirakó (forrás: REDBUBBLE 2020)

- Háromdimenziós összerakók (de az elemek nem kapcsolódnak össze)
 - Kombinatorikus összerakók (pl.: Térbeli Pentomino)
 - Kockákat vagy más téglatestet eredményező összerakók (pl.: Soma kocka, Juhar kocka, Coffin kocka)
 - Más összerakót eredményező összerakók (pl.: Piramis építő, Lépcsős építő)
 - „Egyfeladatos”: „3D puzzle” (2. ábra)
- Összerakógyűrűk
- Pakolási problémák (pl.: Hoffman kocka, Olvasztótégely)
- Gyufás feladványok (GERENCSÉR 2001).



2. ábra Térbeli kirakó (forrás: FLIPKART 2020)

2. Szétszedők

Amikor a szétszedés, kinyitás módjára kell rájönni úgy, hogy a belső szerkezet sok esetben nem is látható (pl.: bicskák, öngyújtók esetén alkalmaznak gyakran trükkös mechanizmusokat. A régi barokk bútorokban is előszeretettel alkalmaztak rejtett belső zárat). Az alcsoportok:

- Trükkös dobozok (Japán dobozok, erdélyi faragott dobozok; 3. ábra)
- Titkos rekeszes dobozok
- Trükkös zárok, lakatok, tűzszerszámok, kések, fiókok (GERENCSÉR 2001).



3. ábra Trükkös doboz (forrás: THEGIFT 2020)

3. Összekapcsolódók

Ezen játékcsoport esetén általában nemcsak az összerakás, hanem a szétszedés is nehéz. Önhordó felépítésűek, azaz egyetlen elem megfogásával az egész összerakott játék felemelhető (4. ábra). Gyakran igen furcsa formák alakulnak ki (pl.: Burr típusok). Elemszámuk lehet kettő vagy akár több száz is. Ilyen játékok között gyakran találunk állat-, épületformájúakat is. Legnépszerűbb fajtája a már említett Burr. Ez a csoport leginkább Japánban terjedt el. Az alcsoportok:

- Állatot, figurát ábrázoló
- Geometriai objektumot ábrázoló (pl.: Juha kocka)
- 3 dimenziós „görbe felületű”
- Burr típusúak (pl.: Rabkeresztek)
- A fentiek különböző kombinációi (GERENCSÉR 2001).



4. ábra 9 elemű rabkereszt (forrás: ORDOGLAKAT 2020)

4. Szétválasztók

Általában egy karikát, hurkot vagy valami más, körben zárt, de belül lyukas idomot kell kiszabadítani, különválasztani a többi alkotórésztől. Legismertebbek a drótból készültek, régen iskolában is készítettek ilyeneket a gyerekek. Ezeknél a játékoknál elengedhetetlen a rendkívül pontos méretezés, ugyanis egy kicsit hosszabb vagy rövidebb kötéll, nagyobb vagy kisebb golyó, a kelleténél vastagabb drót megoldhatatlanná vagy ellenkezőleg, túlságosan könnyűvé teszi a problémát. Matematikailag ez a feladatcsoport kezelhető a legnehezebben. Az alcsoportok:

- Öntöttvasból, horganyzott acélból készültek (kizárólag merev részekkel)
- Drótból készültek (szintén csak merev részekkel; 5. ábra)
- Fából, kötélből készültek (hajlítható részekkel) (GERENCSÉR 2001).



5. ábra Fém ördöglakat (forrás: EMAG 2020)

Összefoglalás

A fából készült logikai játékok komoly előkészítést igényelnek. A játékok általános áttekintése után, a logikai játékokkal kapcsolatos legfontosabb ismereteket mutattuk be a cikksorozat előző részében. Ebben a cikkben a különböző logikai játékokat és azok csoportosítási lehetőségeit vettük górcső alá (összerakó kézi fejtörők, szétszedők, összekapcsolódók, szétválasztók), míg a következő részben a további csoportokat vizsgáljuk (sorozatos mozgatók, stb.).

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYSES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018a): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383–398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018*, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) *Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification*, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505*, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7

- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018b): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with Special Focus on "New Aspects of Hardwood Utilization – from Science to Technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – BÖRCsök Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications*, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- EMAG (2020): Fém nagy ördöglakat. <[HTTPS://WWW.EMAG.HU/FEM-NAGY-ORDOGLAKAT-17-MTOYS-4732873/PD/D5FR49BBM/](https://www.emag.hu/fem-nagy-ordoglakat-17-mtoys-4732873/pd/d5fr49bbm/)> Megtekintve: 2020.09.11.
- FEHÉR S. – KOMÁN SZ. – BÖRCsök Z. – TASCHNER R. (2014): Modification of hardwood veneers by heat treatment for enhanced colors. *Bioresources* 9(2): 3456-3465
- FLIPKART (2020): 3D puzzle rabbit. <[HTTPS://WWW.FLIPKART.COM/YOYORULE-3D-PUZZLE-CUTE-RABBIT-MODEL-CRYSTAL-DIY-GADGET-BLOCKS-BUILDING-TOY-GIFT-WHITE/P/ITMFA83FTYGAAEQ](https://www.flipkart.com/yo Yorule-3D-puzzle-cute-rabbit-model-crystal-diy-gadget-blocks-building-toy-gift-white/p/itmfa83ftygaaeyq)> Megtekintve: 2020.09.10.
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- GERENCsÉR K. (2001): *Játékszerek fából*. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) *Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 118-122
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 32-52
- MOLNÁR S. (2004): *Faanyagismeret*, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 12-16
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a):

- European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478
- ORDOGLAKAT (2020): 9 elemű rabkereszt. <[HTTPS://ORDOGLAKAT.BLOG.HU/2012/02/26/9_ELEMU_RABKERESZT](https://ordoqlakat.blog.hu/2012/02/26/9_elemu_rabkereszt)> Megtekintve: 2020.09.11.
- REDBUBBLE (2020): Puzzle piece. <[HTTPS://WWW.REDBUBBLE.COM/SHOP/MISSING+PUZZLE+PIECE](https://www.redbubble.com/shop/missing+puzzle+piece)> Megtekintve: 2020.09.10.
- THEGIFT (2020): Japán trükkös doboz. <[HTTPS://THEGIFT.HU/INDEX.PHP/LAKAS-DEKORACIOK/ASZTALI-DISZEK/JAPAN-TRUKKOS-DOBOZ-HUSZONEGY-LEPESES-AJANDEK-MINDEN-ALKALOMRA](https://thegift.hu/index.php/lakas-dekoracio/asztali-diszek/japan-trukkos-doboz-huszonegy-lepeses-ajandek-minden-alkalomra)> Megtekintve: 2020.09.10.
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. Gradus 6(3): 75-81

MOBIL ÉS ÓRIÁS ÖRDÖGLAKATOK TERVEZÉSE FAANYAGOK FELHASZNÁLÁSÁVAL, JÁTSZÓTÉRRE – 3. RÉSZ

KACSÓ ALBERT BOTOND, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

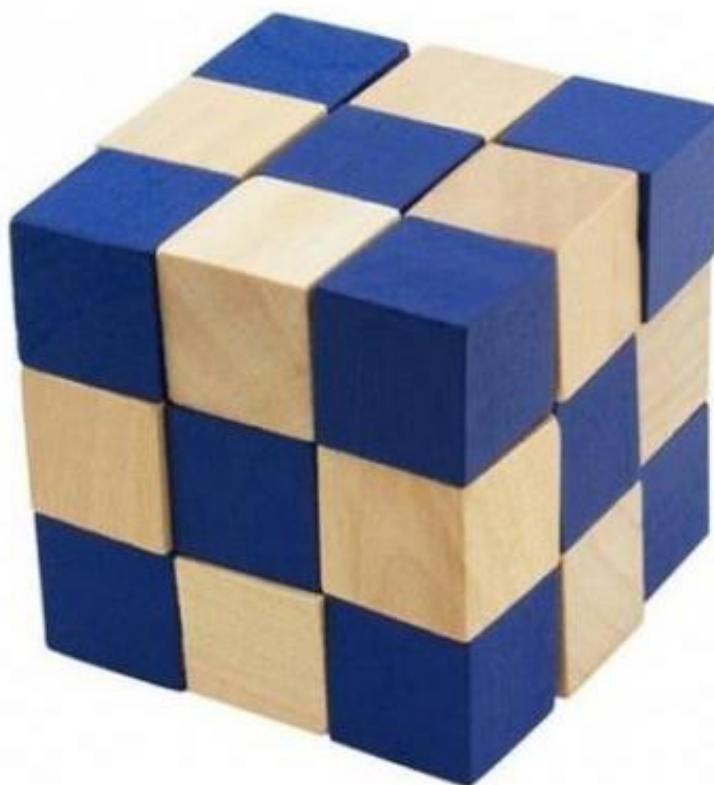
Anyagok és módszerek

Az alábbiakban a cikksorozatunk 2. részében elkezdett, a logikai játékok nemzetközileg elismert csoportosításával foglalkozunk, folytatva az ottani sorszámozását a fő játéktípus-kategóriáknak:

5. Sorozatos mozgató

Néhány elem ismétlődő vagy hasonló mozgatásával megoldható feladványok. Matematikailag elég jól kezelhető ez a feladatcsoport. Néha azonban az esetszám olyan nagy, hogy a legkorszerűbb számítógépek sem képesek a teljes megoldásra. Az alcsoportok:

- Szoliter jellegűek (pálcák leszedése)
- Átrendezés (pl.: pénzes feladványok)
- Tologató hasábok (Klotski, csúcsforgalom, UFO logika)
- Forgató (pl.: bűvös kocka, Rubik kocka; 1. ábra)
- Labirintusok, útkeresések (duplán hurkolt meleda)
- Sorozatos áthelyezés (Hanoi torony) (GERENCSÉR 2001).



1. ábra Fából készült Rubik kocka (forrás: RKOCCA 2020)

A következő játékok talán kevésbé gondolkodtatóak, mint az előzőekben bemutatottak (különösen a feladványszerűek). Mindenesetre az angol irodalom és a nemzetközi rendszerezés is ide sorolja őket:

6. Ügyességi játékok

7. Csalikorsók

8. Eltűnő elemek

9. „Lehetetlen” tárgyak (2. ábra) (GERENCSÉR 2001).



2. ábra Üvegen átlőtt nyíl (forrás: FAIPAR 2020)

Ezek tehát a kézi fejtörők nemzetközileg elfogadott csoportjai. Hasábokból kiindulva igen sokféle játék elkészíthető. Az itt felsorolt játékok mindegyike akár otthon is szinte bárki számára elkészíthetőek. Az egyes csoportokból természetesen számos változat is kialakítható. Célszerű a faanyagot előnyben részesíteni, melynek egészségügyi-fizikai-mechanikai és egyéb tulajdonságai mindenképpen pozitívan befolyásolhatják a játékot használót (BÁDER 2015a, 2015b; BÁDER – NÉMETH 2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2020; BÁDER – ROUSEK 2018; BÁDER ÉS TSAI. 2015, 2018a, 2018b, 2019, 2020; BAK – NÉMETH 2012, 2018; BAK ÉS TSAI. 2018, 2019a, 2019b; FEHÉR ÉS TSAI. 2014; FODOR ÉS

TSAI. 2018a, 2018b; KOMÁN ÉS TSAI. 2019, 2020; NÉMETH 2020; NÉMETH – BÁDER 2020; NÉMETH ÉS TSAI. 2014, 2019; RADEMACHER ÉS TSAI. 2017a, 2017b; VÖRÖS – NÉMETH 2020; VÖRÖS ÉS TSAI. 2019).

A logikai játékok nehézségi szintje: a kézi fejtörők és ezen belül különösen a tangramok nem kisgyerekeknek valók. Vannak persze olyanok, melyeket egy gyermek is könnyűszerrel meg tud oldani, azonban nagy részükre nem ez a jellemző (3. ábra). Sok közülük egy tapasztalt játékos számára is több órás szellemi megfeszítést követel, pedig ránézésre a két probléma igen hasonlóknak tűnik.



3. ábra Fából készült 3D kirakó (forrás: qoo10 2020)

Mitől is függ egy kézi fejtörő nehézségi szintje? Erre nem könnyű válaszolni. Van, akinek az egyik játék könnyű, egy másik viszont megoldhatatlan problémát jelent, és fordítva. Az is előfordult már, hogy azt a játékot, melyet egy felnőtt órák alatt sem tudott megoldani, egy gyerek percek alatt megoldott. Az, hogy kinek mennyi időre van szüksége, függ az életkortól, végzettségtől, térlátástól, fantáziától, kísérletezőkedvtől, kreativitástól, türelemtől és még sok ezer tulajdonságtól. Azonban található néhány tulajdonság, mellyel körülbelül meghatározható az egyes játékok nehézségi szintje, ezt általában a játékkészítő könyvek, kiadványok jelölni is szokták.

Tapasztalatok szerint a következő tényezők befolyásolják jelentősen egy játék nehézségi szintjét:

- A játék elemeinek száma. Minél több elemből áll egy játék, annál nehezebb.
- Az elemek különbözősége. Számos olyan játék is ismeretes, melyek egyforma elemekből állnak. Ezek számával általában maradék nélkül el lehet osztani az elemszámot.
- Az elemek szokatlansága, aszimmetrikussága. Minél több olyan részt tartalmaz a játék, amihez hasonlókkal a mindennapi életben csak nagyon ritkán találkozunk, annál nehezebb átlátni a megoldási lehetőségeket.

- A lehetséges megoldások száma. Minél több a játék megoldási száma, annál könnyebb megoldani. Ebből következik, hogy a legnehezebben megoldható játékoknak csak egy megoldásuk van.
- Szokatlan, meghökkentő megoldási módok. Pl.: szögletes elemeket csavarozó mozdulattal kell összeilleszteni, vagy először több kisebb részt kell megépíteni, és csak ezek illeszthetők össze, egyesével nem.

Ezekon kívül is van természetesen több olyan tényező, mely befolyásolja egy játék bonyolultságát (GERENCSÉR 2001).

Eredmények és értékelés

A játékok kialakításának legfontosabb szempontja az volt, hogy minden tekintetben megfeleljenek az MSZ EN 74-1, 2, 3-as szabványoknak, melyek a gyermekjátékok biztonságát határozzák meg. A szabványok jelöléséből is látszik, hogy az európai előírásoknak megfelelőek.

Az MSZ EN 74-1 szabvány határozza meg, hogy a játékok nem tartalmazhatnak éleket, sarkokat. A fából készült játékok esetében a játéknak nem lehetnek olyan farészei, melyeknek fahibái vannak, rovar vagy gomba kártevőkkel fertőzöttek.

Az MSZ EN 74-3-as szabvány a felületkezelő és kiegészítő anyagokra vonatkozó előírásokat tartalmazza. A kiegészítő és felületkezelő anyagok, azok színezékei nem tartalmazhatnak nehézfémeket vagy egyéb, az egészségre ártalmas anyagot. Különösen fontos a maximális ólomtartalom korlátozása. A játékokat úgy kell színezni, hogy a színezék sem vizes oldatokkal, sem hexánnal ne legyen kioldható. Az emberi nyálat és gyomornedveket triklór-etán savval helyettesítik és vizsgálják a festékből kioldódott anyagok mennyiségét. Ez a vizsgálat rendkívül fontos, hiszen a gyermekek a játékokat a szájukba veszik, megrágják. Az ő szervezetük azonban nem eléggé ellenálló. A szabványok betartását a Fogyasztóvédelmi Főfelügyelőség ezen belül a KERMI ellenőrzi (GERENCSÉR 2001).

Összefoglalás

A logikai játékok, és különösen a fából készült logikai játékok általános áttekintése után, a logikai játékokkal kapcsolatos legfontosabb ismereteket mutattuk be a cikksorozat előző részeiben. A különböző logikai játékokat és azok csoportosítási lehetőségeit göröcső alá vettük (összerakó kézi fejtörők, szétszedők, összekapcsolódók, szétválasztók, sorozatos mozgatók, stb.) és a játékok nehézségi besorolásával és a vonatkozó jogszabályi környezettel is foglalkoztunk.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYSSES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018a): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383-398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018*, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) *Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification*, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018b): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with Special Focus on "New Aspects of Hardwood Utilization – from Science to Technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47

- BAK M. – BÖRCSÖK Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. Erdészeti Lapok 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. Wood Material Science and Engineering 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. BioResources, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. BioResources 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- FAIPAR (2020): Fából készült logikai játékok. <[HTTPS://WWW.FAIPAR.HU/CIKKEK/FATERMEK/2976/FABOL-KESZUULT-LOGIKAI-JATEKOK](https://www.faipar.hu/cikkek/fatermek/2976/fabol-keszult-logikai-jatekok)> Megtekintve: 2020.09.11.
- FEHÉR S. – KOMÁN SZ. – BÖRCSÖK Z. – TASCHNER R. (2014): Modification of hardwood veneers by heat treatment for enhanced colors. Bioresources 9(2): 3456-3465
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). Pro Ligno 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. Wood Material Science and Engineering 13(5): 271-278.
- GERENCSÉR K. (2001): Játékszerek fából. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 118-122
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 32-52
- MOLNÁR S. (2004): Faanyagismeret, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 12-16
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. Drewno 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. Sibirskij Lesnoj Zurnal 2019(3): 20-25
- QOO10 (2020): Kong-ming lock. <[HTTPS://WWW.QOO10.SG/ITEM/FANCY-INTELLIGENCE-TOYS-CLASSICAL-GAME-KONG-MING-LOCK-WOODEN/550615701?__AR=Y](https://www.qoo10.sg/item/fancy-intelligence-toys-classical-game-kong-ming-lock-wooden/550615701?__ar=y)> Megtekintve: 2020.09.11.
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings

of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millennium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478

RKOCKA (2020): Fából készült Rubik kocka. <[HTTPS://RKOCCA.HU/FA-KOCKA](https://rkoeka.hu/fa-kocka)> Megtekintve: 2020.09.11.

VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8

VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. Gradus 6(3): 75-81

MOBIL ÉS ÓRIÁS ÖRDÖGLAKATOK TERVEZÉSE FAANYAGOK FELHASZNÁLÁSÁVAL, JÁTSZÓTÉRRE – 4. RÉSZ

KACSÓ ALBERT BOTOND, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Eredmények és értékelés

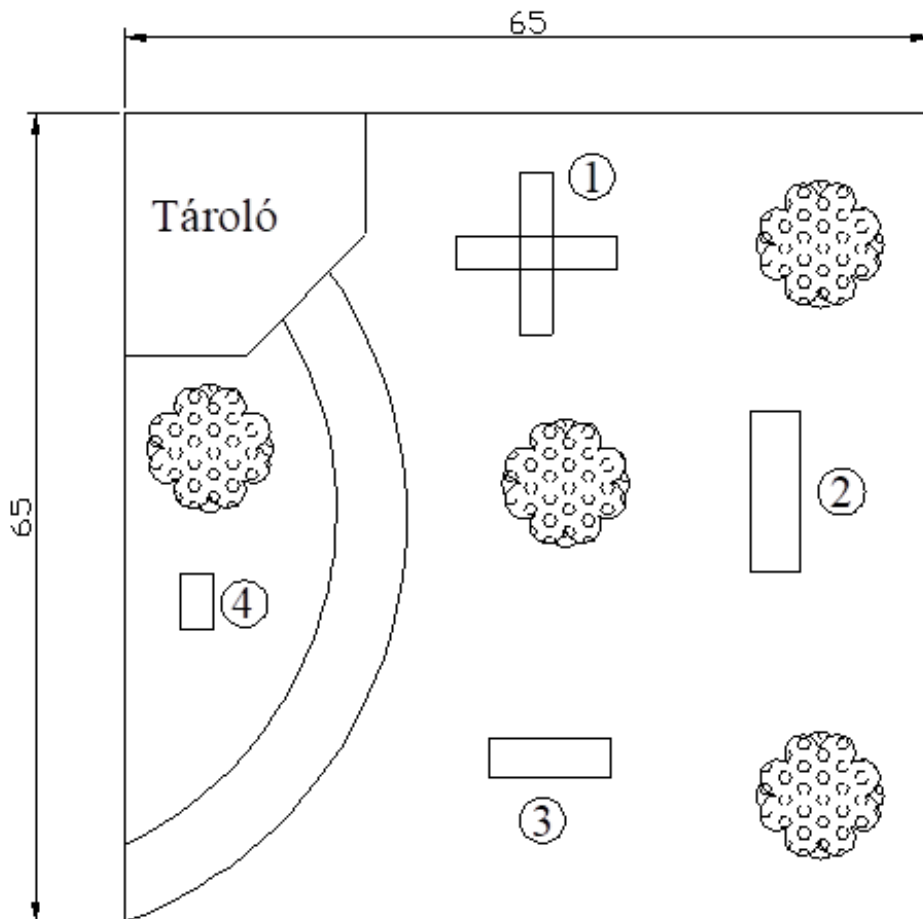
Mivel Magyarországon volt már olyan kezdeményezés, ahol parkban terveztek logikai játékokat telepíteni, hogy az ott játszó gyerekek a hagyományos játszótéri játékokon kívül, a számukra kicsit ismeretlenebb ördöglakatokkal is foglalkozhassanak, ezért gondoltam, hogy lehetne ezt a vonalat továbbfejleszteni. Elképzeltem egy olyan játszóteret, ahol a játékok leginkább ördöglakatok felnagyított másai vagy továbbfejlesztett változatai, esetleg mobil játékok, melyeket estére egy fedett tároló helyiségbe be lehet rakni az időjárás elől, és az esetleges rongálók elől. Az elképzelésben egy olyan játszótér kiegészítése született meg, amely esetlegesen kisebb és nagyobb területen is kivitelezhető. A mobil ördöglakat könnyen szétszedhető és tárolható, hiszen több alkatrészből tevődik össze (1. ábra).



1. ábra Nagyméretű logikai játék

Azonban mielőtt bemutatom a konkrét terveket, először egy általánosabb képet adok arról, hogyan is terveztem meg a területet, melyen helyet kapnak az óriás ördöglakatok. A terület 65x65 méter szélességű és hosszúságú. Ez elegendő ahhoz, hogy a benne helyet kapó 4 óriás ördöglakat ne keltsen túlsúlyolt hatást (2. ábra). Az ördöglakatok alapanyagául a kiváló tömegszilárdság arányú anyagot, azaz fát célszerű választani, melyekről számos információ rendelkezésre áll, amint a következő publikációk is példázzák (BÁDER 2015a, 2015b; BÁDER –

NÉMETH 2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2020; BÁDER – ROUSEK 2018; BÁDER ÉS TSAI. 2015, 2018a, 2018b, 2019, 2020; BAK – NÉMETH 2012, 2018; BAK ÉS TSAI. 2018, 2019a, 2019b; FEHÉR ÉS TSAI. 2014; FODOR ÉS TSAI. 2018a, 2018b; KOMÁN ÉS TSAI. 2019, 2020; NÉMETH 2020; NÉMETH – BÁDER 2020; NÉMETH ÉS TSAI. 2014; RADEMACHER ÉS TSAI. 2017; VÖRÖS – NÉMETH 2020; VÖRÖS ÉS TSAI. 2019).



2. ábra Tervezett játszótér az óriás ördöglakatokkal

Egy-egy óriás ördöglakat térigénye minimum 5–6 m² (GERENCSÉR 2001). Nyilván ez függ az ördöglakat területigényétől, és a körülötte lévő emberek, gyerekek számától is. A legnagyobb helyigénnyel a rajzomon 1. számmal jelölt óriás ördöglakat bír, hiszen ennek négy ága van. Ha egyszerre mind a négy ágánál játszik valaki, és legalább még egy ember/gyermek figyeli azt, aki épp játszik, ez a helyigény rögtön nem is tűnik akkorának, mint első olvasásra. A játékterület egyik sarkánál kapna helyet a tároló, mely biztosítja az elemek éjszakai elhelyezését. Mivel egy egyébként nyitott területről van szó, úgy gondolom, hogy ez megfelelő biztonságot nyújtana a játékoknak, akár az időjárás viszonyosságai ellen, akár az illetéktelen „felhasználók” ellen. Ebben az esetben az óriás ördöglakatok alapja lenne fix, hogy minden esetben biztosított legyen az alap elrendezés. Ez a játékok mobilitása, szétszedhetősége és könnyen összerakhatósága miatt kivitelezhető. Másik lehetőség, amikor nem csak a játékok alapjai, hanem maguk az ördöglakatok is fixen a helyükre lennének rögzítve. Ebben az esetben feltétlenül szükséges a nyitott teret körbekeríteni, kapuval ellátni, meghatározni a játszótér nyitvatartását, esetleg alapvető viselkedési normákat táblákon kijelölni. Ennél a lehetőségnél persze nincs szükség a

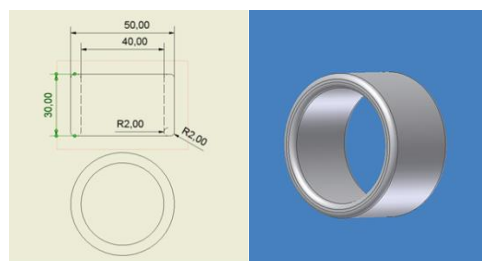
folyamatos rendezésre, viszont fel kell készülni arra, hogy az ördöglakatok állapotának felülvizsgálatára, karbantartására hamarabb sor kerülhet.

A terület a tervek szerint természetes zöld környezet lenne, csak a legszükségesebb esetekben, helyeken kapna alapot. Több fa, bokor is beültetésre kerülne, fokozva a szabadság érzetet. A játékok között nem lenne szigorúan meghatározott átjáró, akár még sétány formájában sem. A gyerekek szabadon járhatnak, amerre szeretnének, az alapvetően füves területen. A lehetőség adott akár padok kihelyezésére is (3. ábra).

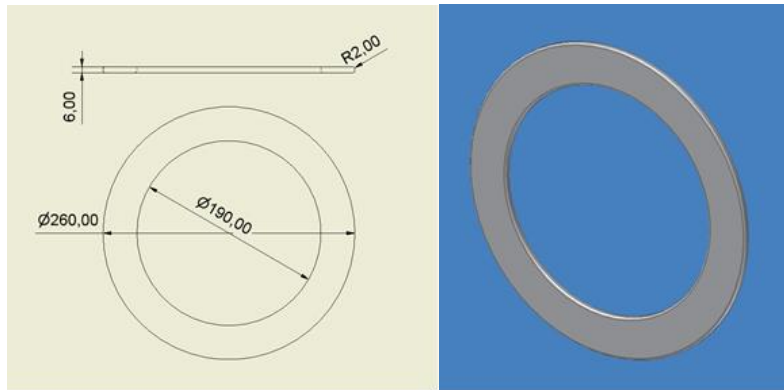


3. ábra Megvalósított óriás ördöglakatok

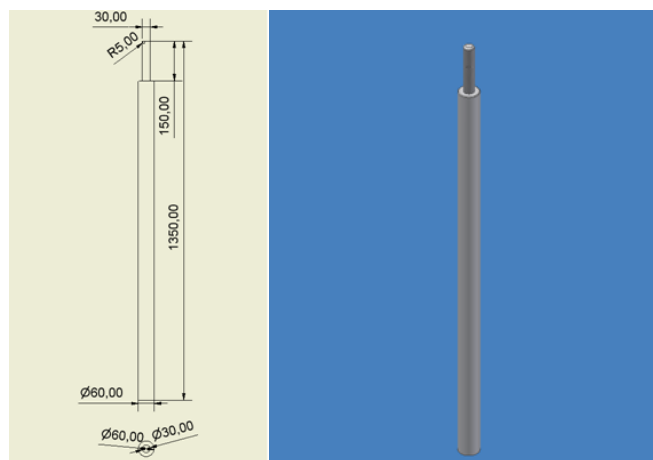
Ezek közül az egyes számmal ellátott játékot, mint legnagyobb, legbonyolultabb, legösszetettebb darabot választottam ki, hogy tervét számítógéppel megrajzolt formában is megmutassam. A rajzoláshoz Inventor programot használtam. Külön-külön készültek az ördöglakat egyes elemei (4–12. ábra), majd a végén a program segítségével állt össze kerek egészé (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**). A kétdimenziós rajzok tartalmazzák a legfontosabb nézeteket (elől-, oldal-, felülnézet), valamint a szükséges méretezést is.



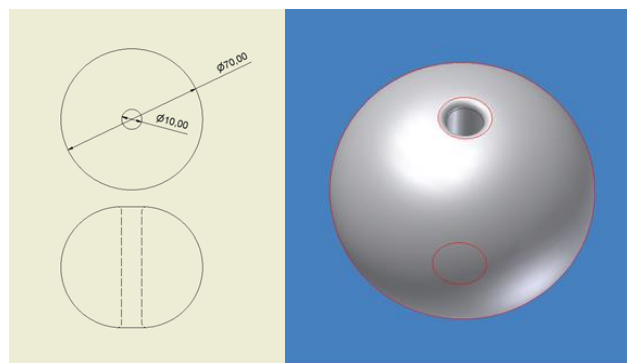
4. ábra Gyűrű



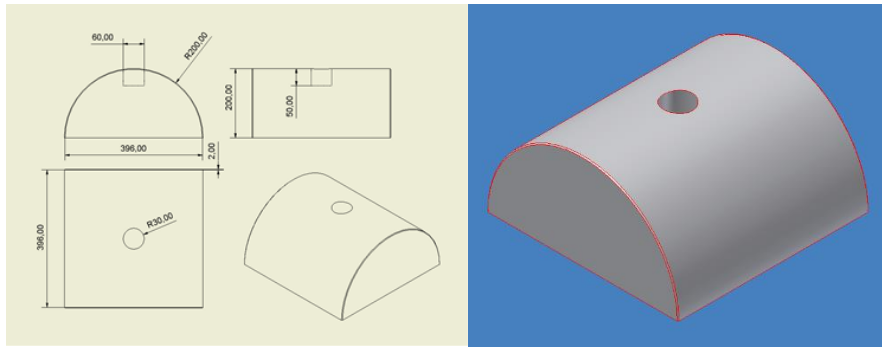
5. ábra Karika



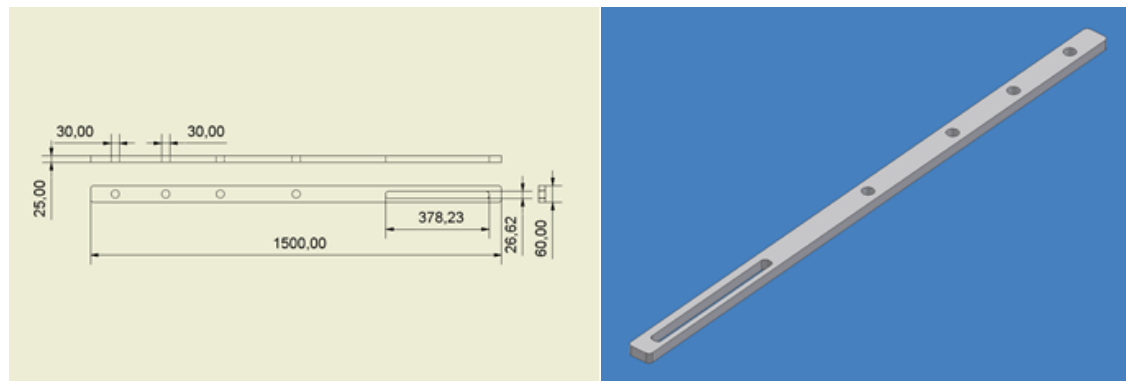
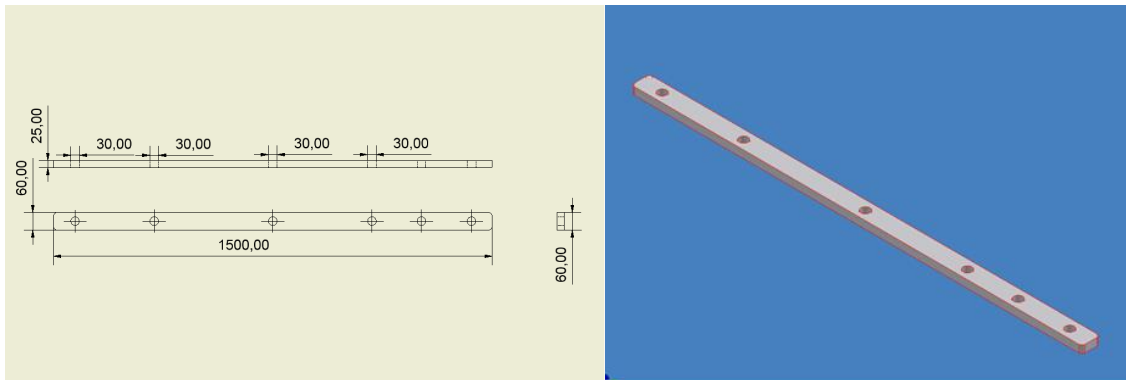
6. ábra Tartó rúd



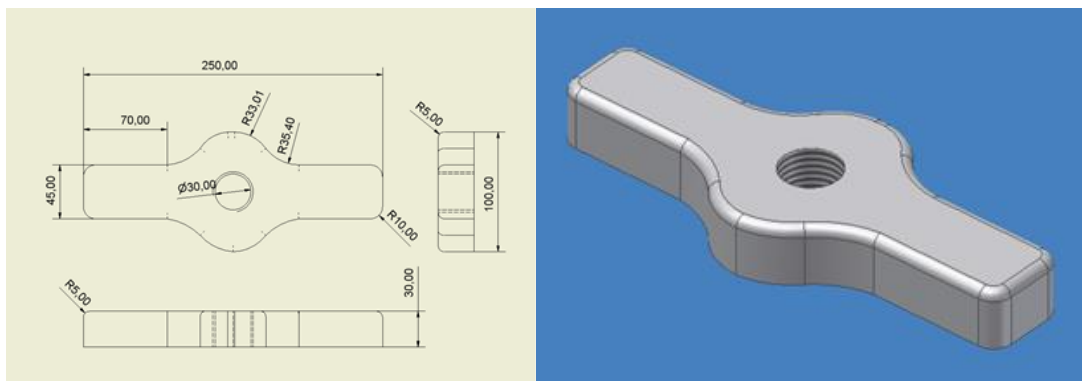
7. ábra Golyó



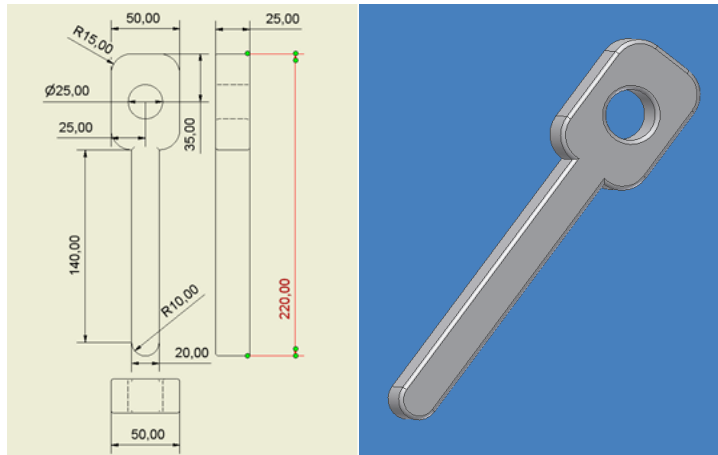
8. ábra Talp



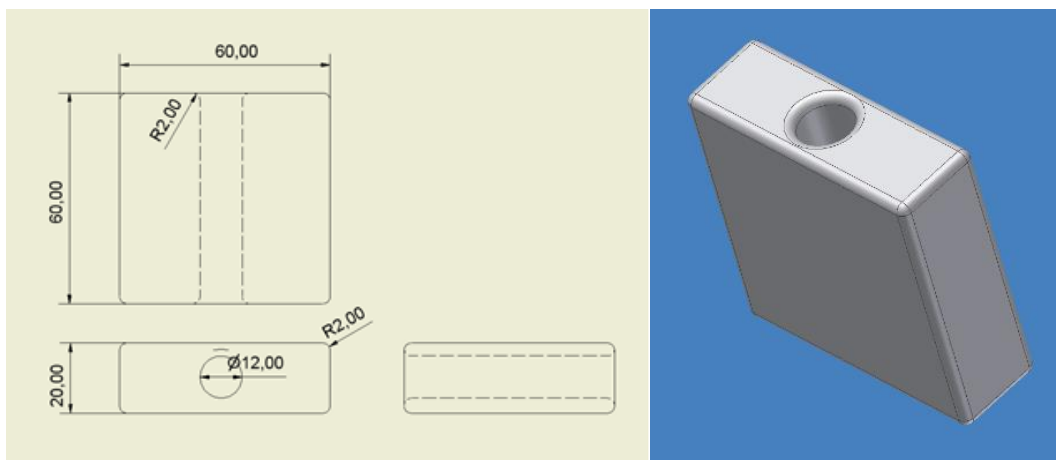
9. ábra Tartó elemek



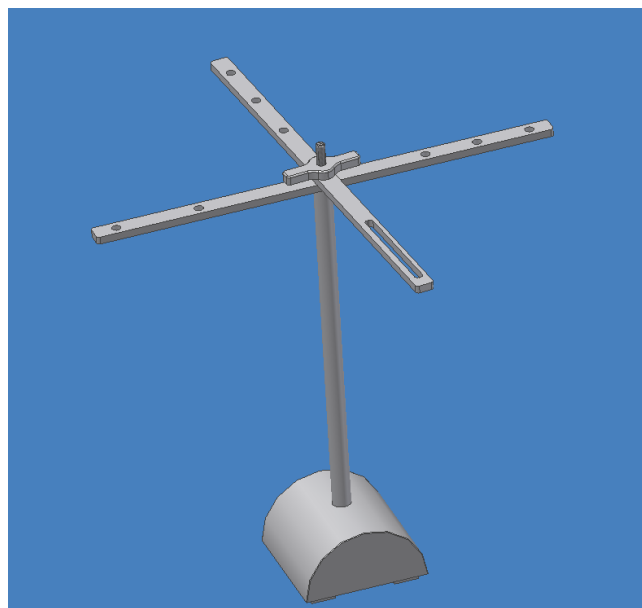
10. ábra Rögzítő csavar



11. ábra Kanál



12. ábra Akasztó elem



13. ábra Összeállított ördöglakat terve

Összefoglalás

A logikai játékok, és különösen a fából készült logikai játékokkal kapcsolatos tudnivalókat áttekintettük, majd a logikai játékokkal kapcsolatos legfontosabb ismereteket mutattuk be a különböző logikai játékokkal és azok csoportosítási lehetőségeivel együtt. A játékok nehézségi besorolásával és a vonatkozó jogszabályi környezettel is foglalkoztunk. Ezt követte a játszóterek és játszókertek kialakulásának leírása a létrehozható játszótér-típusokkal együtt és az innováció, szabványok és a tervezendő játékokhoz legmegfelelőbb alapanyagok és megoldások. A cikksorozatunk e befejező részében a játszótéri helyszín tervezését és egy játék részletes terveit is bemutattuk.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Köszönet illeti Dr. Fehér Sándor egyetemi docenst áldozatos segítségéért, valamint Dr. Gerencsér Kingát, akinek előadásából inspirálódhattam. Köszönetet mondok továbbá családtagjaimnak, akik nagyban segítettek a játékok elkészítésében és lakótársaimnak, hogy önkéntelenül kipróbálták és megszerették játékaimat. Ezzel megbizonyosodtam, érdemes volt feldolgozni ezt az általam nagyon kedvelt témakört.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018a): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418

- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383–398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018*, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) *Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification*, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018b): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with Special Focus on "New Aspects of Hardwood Utilization – from Science to Technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – BÖRCSÖK Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications*, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- FEHÉR S. – KOMÁN SZ. – BÖRCSÖK Z. – TASCHNER R. (2014): Modification of hardwood veneers by heat treatment for enhanced colors. *Bioresources* 9(2): 3456-3465
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- GERENCSÉR K. (2001): *Játékszerek fából*. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) *Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 118-122
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 32-52
- MOLNÁR S. (2004): *Faanyagismeret*, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest

- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 12-16
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSES B. – SANDBERG D. (2017): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millennium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. *Gradus* 6(3): 75-81

A HAMUTARTALOM VÁLTOZÉKONYSÁGA NEMESNYÁRAKNÁL

KÁRPÁTI RAFAEL, KOMÁN SZABOLCS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

sopronikutatasok@gmail.com

Bevezetés

A gyorsan növekvő fafajok között a nyárok jól termesztethető, értékes fájuknak köszönhetően világviszonylatban is fontos szerepet játszanak. Európában a nyár erdőterületek tekintetében Magyarország a második helyen áll, ahol az elmúlt tíz évben területi arányuk nem változott és jelenleg 2/3-ad részüket 3 fajta adja. A szürkenyár aránya 33%, míg a 'Pannónia' 22%, az 'I-214' pedig 13%-ot tesz ki. A sokoldalúan felhasználható nyárok elsősorban a faipari tömegtermelés (ládák, rakodólapok, lemezipari termékek) legfontosabb alapanyagai. A fűrészipari feldolgozás legnagyobb hányadát a rakodólapelemek gyártása adja. A bútoriparban elsősorban kárpitoskereteket, bútorlapokat és egyéb nem látható elemeket készítenek belőle, de találkozhatunk velük rönkbútorok formájában is. A nyárok a magyarországi gyufagyártás legfontosabb alapanyagai. A nemesnyárok felhasználási lehetőségei azonosak a hazai nyárákéval, de előnyük, hogy genetikai módosítással tulajdonságaik javíthatók (RATHKE ÉS TSAI. 2012). Gyenge mechanikai szilárdságuknak köszönhetően építőanyagként kevésbé használatosak. Szélesebb körű felhasználásuk szempontjából fontos fizikai és mechanikai tulajdonságaik javítása (WANG ÉS TSAI. 2015). Ilyen irányú, pl. hőkezelési eljárásokkal több kutatás (BAK ÉS NÉMETH 2012, CAI ÉS TSAI. 2012, GAO ÉS TSAI. 2016, MARCON ÉS TSAI. 2018) is biztató eredményeket ért már el.



1. ábra Nemesnyár ültetvény

A különböző biomasszák energianyerési célú felhasználását azok fűtőértéke, hamutartalma és egyéb égés jellemzői határozzák meg jelentős mértékben. Az egyes fafajok energetikai jellemzőire viszont az adott fafaj genetikai tulajdonságai, szöveti szerkezete, makroszkópos jellemzői, ill. az állomány kora van hatással. A faanyagok különböző tulajdonságaival és azok módosításával számos publikáció foglalkozik, akár csupán a Soproni Egyetem

Faanyagtudományi Intézetének kutatásait figyelembe véve, mint BÁDER (2015a, 2015b); BÁDER ÉS TSAI. (2015, 2018, 2019, 2020); BÁDER – NÉMETH (2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019, 2020); BÁDER – ROUSEK (2018); BAK – NÉMETH (2012, 2018); BAK ÉS TSAI. (2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2020); FODOR ÉS TSAI. (2018a, 2018b); KOMÁN ÉS TSAI. (2019, 2020); KÖBÖLKUTI ÉS TSAI. (2019, 2020); NÉMETH (2020); NÉMETH – BÁDER (2020); NÉMETH ÉS TSAI. (2019); RADEMACHER ÉS TSAI. (2017a, 2017b); VÖRÖS – NÉMETH (2020); VÖRÖS ÉS TSAI. (2019). A fa, mint tüzelőanyag szempontjából tulajdonságai közül négy összetevő az, amely az energetikai hasznosítás tekintetében főleg meghatározó: a sűrűség, a fűtőérték, a nedvességtartalom, valamint a hamu mennyisége és annak alkotói. A fatesthez viszonyítva a kéreg nagyobb változékonyságot mutat a hamutartalom tekintetében. A faanyag általában relatív alacsonyabb hamutartalommal rendelkezik, míg a kéreg jelentősen magasabbal (PASSIALIS ÉS TSAI. 2008, NOSEK ÉS TSAI. 2016). Lieskovsky és tsai. szerint 1%-os hamutartalom növekedés 0,11 MJ/kg égéshő csökkenést eredményez.

A biomassza nagyobb arányú energetikai hasznosítása együtt jár a tüzelés melléktermékének, azaz a hamu mennyiségének a növekedésével. A fatüzelés során jelenleg keletkező hamu éves becsült mennyisége Magyarországon 30–40 ezer tonna (FÜZESI 2014).

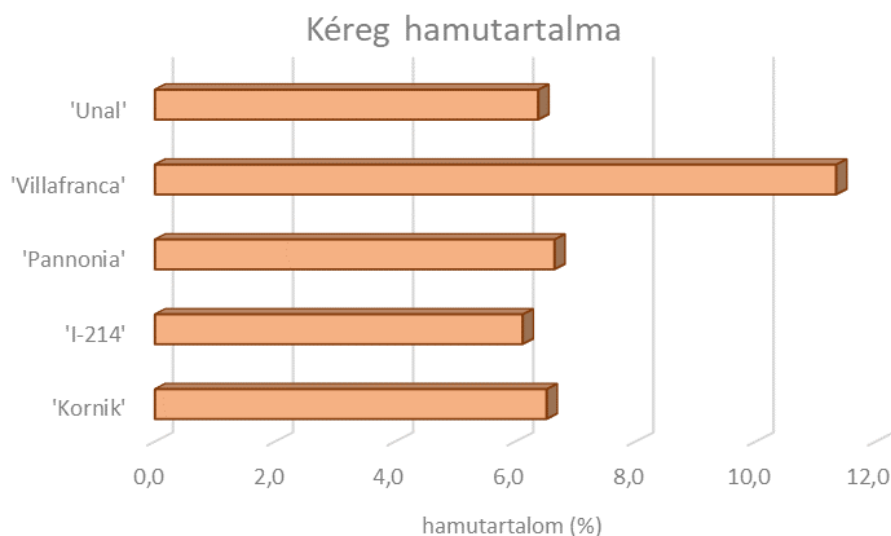
Anyagok és módszerek

A kísérletbe az 'I-214', 'Kornik', 'Unal', 'Pannonia' és 'Villafranca' nemesnyár klónok kerültek bevonásra, amelyek azonos termőhelyről származtak, és azonos korúak voltak. Az abszolút száraz mintákból aprítás után 2 g mennyiség került elemzésre. Minden egyes mintából 3-3 mérés készült. A vizsgálatot az ISO 18122:2015 szabvány szerint végeztük.

Eredmények és értékelés

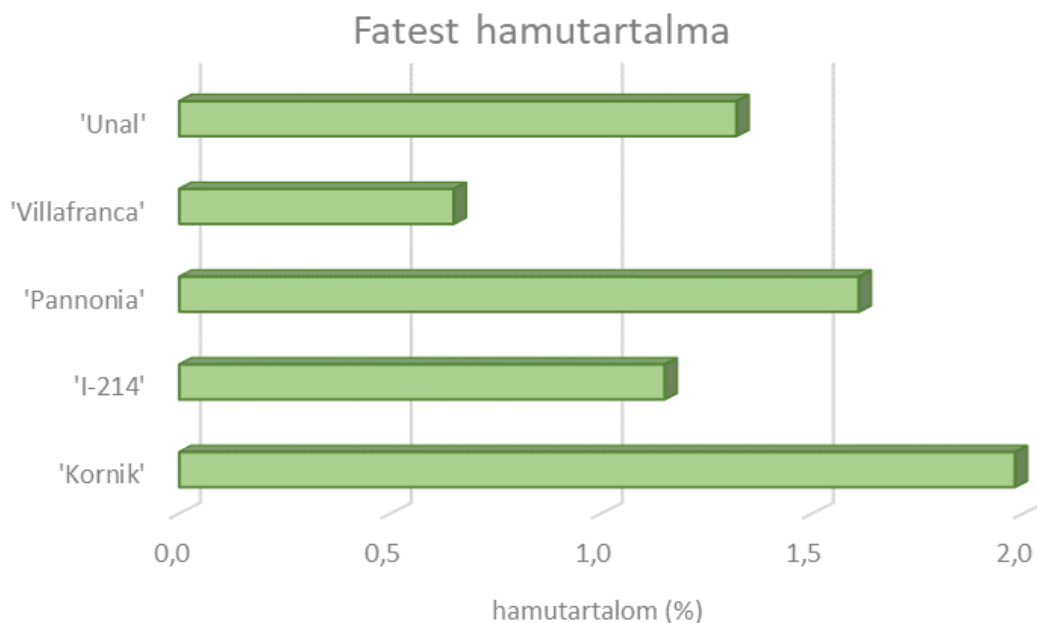
A két fő farész (fatest, kéreg) hamutartalma között jelentős különbség figyelhető meg a vizsgált klónoknál (2–3. ábra). Mindegyik nemesnyárra igaz, hogy a kéreg nagyobb hamutartalommal rendelkezik, mint a fatest.

A kéreg esetében a 'Villafranca' értéke jelentősen eltér a 4 másik fajtától. A 11,34%-os érték lényegesen nagyobb, mint a többi klón 6,12–6,65% közötti értéke. A 'Villafranca' kivételével, a fatest hamutartalmában gyakorlatilag nincs lényeges különbség a vizsgált nemesnyár fajták között.



2. ábra Kéreg hamutartalma

A fatest esetében az 5 klón hamutartalma 0,65–1,98% között mozog. A legnagyobb értékkel a 'Kornik', míg a legkisebbel a 'Villafranca' rendelkezik. A másik három fajta között nincs lényeges különbség.



3. ábra Fatest hamutartalma

A kéreg hamutartalma a fatesthez képest 3,3–17,4 szeres értéket mutat. A legkisebb különbség a 'Kornik' esetében tapasztalható, ami után a 'Pannonia', az 'Unal', majd az 'I-214' következnek. A 'Villafranca' esetében a kimagasló érték elsősorban a kéreg igen magas, illetve a fatest nagyon alacsony hamutartalmának az eredménye.

Összefoglalás

A vizsgált nemesnyár klónok esetében is megfigyelhető az a jelenség, hogy a kéreg hamutartalma jelentősen meghaladja a fatestét. A kéreg esetében 4 klón ('I-214', 'Kornik', 'Unal', 'Pannonia') értéke gyakorlatilag megegyezik (6,12–6,65%), míg a 'Villafranca' hamutartalma (11,34%) jelentősen meghaladja azokét. A fatest esetében fordított helyzet figyelhető meg abból a szempontból, hogy a 'Villafranca' értéke lett a legkisebb (0,5%). A legnagyobb hamutartalommal (1,98%) a 'Kornik' fateste rendelkezik. Az 'I-214' és az 'Unal' fatestének értékei nem mutattak jelentős eltérést, míg a 'Pannonia' értéke kissé meghaladja ezekét. Összességében a kéreg hamutartalma 3,3–17,4 szerese a fatestének. A legnagyobb különbség a 'Villafranca', míg a legkisebb a 'Kornik' esetében adódott.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383–398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018*, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) *Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification*, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8TH HARDWOOD CONFERENCE - WITH SPECIAL FOCUS ON "NEW ASPECTS OF HARDWOOD UTILIZATION -FROM SCIENCE TO TECHNOLOGY"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2019): Moisture-dependent mechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(6): 1009-1019
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference* –

- with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – BÖRCsök Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018a): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2018b) Wood modification in Hungary. In: GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood modification in Europe: processes, products, applications*, University of Florence, Firenze, Italy, pp. 35-36
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications*, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- BAK M. – NÉMETH R. – TAKÁCS D. – BÁDER M. (2020): Possibilities of using nanotechnology in wood colour protection. In: KOPONICSNÉ GYÖRKE D. – BARNA R. (szerk.) *Proceedings of the International Conference on Sustainable Economy and Agriculture*, Kaposvár University, Faculty of Economic Science, Kaposvár, Magyarország, pp. 31-37
- CAI J. B. – DING T. – YANG L. (2012): Dimensional Stability of Poplar Wood after Densification Combined with Heat Treatment. *Applied Mechanics and Materials* 152-154. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.152-154.112
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- FÜZESI I. (2014) A fahamu alkalmazási lehetőségei a mezőgazdaságban Nyugat-magyarországi Egyetem, Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola, Geokörnyezettudomány Program, Doktori (phd) értekezés
- HUI G. – MENG-YUN S. – HUAN-YING C. – WEN-LI G. – XIAO-LONG D. (2016): Effects of Heat Treatment under Vacuum on Properties of Poplar. *BioResources* 11(1). DOI: 10.15376/biores.11.1.1031-1043
- JIE W. – XIAOLEI G. – WEI Z. – HUIYUN W. – PINGXIANG C. (2015): Evaluation of Mechanical Properties of Reinforced Poplar Laminated Veneer Lumber. *BioResources* 12(1): 43-55.
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) *Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 118-122
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 32-52
- KÖBÖLKUTI Z.A. – CSEKE K. – BENKE A. – BÁDER M. – BOROVICS A. – NÉMETH R. (2019): Allelic variation in candidate genes associated with wood properties of cultivated poplars (*Populus*). *Biologica Futura* 2019(70): 1-9
- KÖBÖLKUTI Z.A. – CSEKE K. – BENKE A. – BÁDER M. – BOROVICS A. – NÉMETH R. (2020): Termesztett nyárak faanyagának tulajdonságainak anatómiai, mechanikai, genetikai és epigenetikai összehasonlító vizsgálata. In: BÓNA L. – KARSAI I. – MATUZ J. – PAUK J. – POLGÁR ZS. – VEISZ O. (szerk.) *XXVI. Növénynevelési Tudományos Napok: Összefoglaló kötet*, MTA Agrártudományok Osztálya Növénynevelési Tudományos Bizottság, Magyar Növénynevelők Egyesülete, Szeged, Magyarország, p. 50
- LIESKOVSKÝ M. – JANKOVSKÝ M. – TRENČIANSKY M. – MERGANIČ J. – DVOŘÁK J. (2017): Ash Content vs. the Economics os Using Wood Chips for Energy: Model Based on Data from Central Europe, *BioResources* 12(1): 1579-1592.

- MARCON B. – GOLI G. – MATSUO-UEDA M. – DENAUD L. – UMEMURA K. – GRIL J. – KAWAI S. (2018): Kinetic analysis of poplar wood properties by thermal modification in conventional oven (11) 131-139. DOI: 10.3832/ifor2422-010
- MOLNÁR S. (2004): Faanyagismeret, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 12-16
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25
- NOSEK R. – HOLUBCIK M. – JANDACKA J. (2016): The impact of bark content of wood biomass on biofuel properties, *Bioresources* 11(1): 44-53
- PASSIALIS C. – VOULGARIDIS E. – ADAMOPOULUS S. – MATSOUKA M. (2008): Extractives, acidity, buffering capacity, ash and inorganic elements of black locust wood and bark of different clones and origin. *European Journal of Wood and Wood Products* 66: 395-400.
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478
- RATHKE J. – SINN G. – HARM M. – TEISCHINGER A. – WEIGL M. – MULLER U. (2012): Effects of alternative raw materials and varying resin content on mechanical and fracture mechanical properties of particle board. *BioResources* 7(3): 2970-2985.
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. *Gradus* 6(3): 75-81

PARAFFINNAL TELÍTETT ÉS HŐKEZELT FAANYAGOK VIZSGÁLATA – 1. RÉSZ

KELEMEN NORBERT, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

A faanyagok modifikációja elég nagy témakör, mely már régóta foglalkoztatja a faiparban oktató, dolgozó, tanuló embereket, hiszen ők egy olyan területet választottak hivatásuknak, amely újratermelő energiával dolgozik. A mai világ nagyon elmozdult a nem megújuló energiaforrások felhasználása felé, amelyek mára nagyon megfogyatkoztak és egyre jobban kimerülnek. Ezeknek a nem megújuló energiáknak egyes származékjai káros hatással vannak a környezetünkre, említve itt a vízszennyezést, levegőszennyezést stb. Velük szemben a természetben is találhatóak energiaforrások: újratermelő anyagok (növények), szél, napsugárzás, folyóvizek, biomassa, melyekből ugyancsak lehet energiát termelni, csupán itt a környezet nem károsodik. Ide tartozik a faanyag is. A faanyag használatának rengeteg előnye van, mint például, hogy a légkörben lévő szén-dioxidot megköti és csak a faanyag életciklusa végén kerül vissza a környezetben, de akkor is úgy, hogy a helyette ültetett és felnevelt faanyagok már ismét meg tudják kötni ezt a szén-dioxidot. Természetesen ehhez szükséges a megfelelő és hosszú időig folytatott erdőgazdálkodás is, ugyanis ez nagyon fontos ahhoz, hogy olyan nyersanyagot kapjunk, ami az idők végezetéig felhasználható és rendelkezésünkre áll. Születtek különféle megoldások arra, hogy az erdészetek kényelmesebben tudják végezni az erdőgazdálkodást. Próbálkoztak ültetvényes természetességgel, de az így termelt faanyagok nem voltak megfelelő minőségűek. Értem itt, hogy nagyon kicsi volt a geszt, a juvenilis fa aránya magas volt, jóval kisebb sűrűségűek lettek a faanyagok, ezáltal szilárdsági tulajdonságaik is romlottak. Ebből az következik, hogy az így termelt anyag, igazából csak energiatermelésre használható, de ez faipari szempontból a lehető legrosszabb felhasználása a faanyagoknak. Éppen ezért új technológiákat kell kitalálni, kutatni, melyek növelik a faanyag életciklusát és védik is őket. Ez utóbbi előtérbe került, mert a fenyők kültérben való használata eléggé elterjedt, s mivel ezek tartóssága elég alacsony, szüksége van faanyagvédelemre. Azonban ez sem a legjobb megoldás, hiszen a különböző kezeléseken átesett faanyagok valamilyen védőszert szívtak magukba, melyek a faanyag elégetésekor a levegőbe kerülnek, ezzel pedig szennyezik azt. Éppen ezért szigorodtak az előírások, nem klóralapú védőszereket kell kifejleszteni, ami drága és lassú is lenne. A megoldás tehát a faanyagok modifikációja lehet, amivel a faanyagunk tulajdonságait javíthatjuk annak érdekében, hogy minél hosszabb életciklust mérjen és legvégső stádiumában sem hordozzon sok károsító tényezőt. A faanyag modifikálásának fejlődésével a védőszerek visszaszorulnak, így a modifikációs eljárások elterjednek az iparban és folyamatosan fejlődnek. Modifikációval javítható a gomba- és rovarállóság, a zsugorodás-dagadás és a deformálódás is.

Hőkezelés

A hőkezelés egy olyan faanyagvédelmi, modifikálási eljárás, mely során a faanyag nedveségtartalmát olyan szintre be tudjuk állítani, hogy azt semmiféle károsító nem tudná ellepni, mert a beállított nedveségtartalom bőven a létminimumuk alatt van. A farontó rovarokkal szembeni eredményes hőkezelés legfontosabb feltétele, hogy a faanyag teljes

keresztmetszetben melegedjen fel egy olyan hőmérsékletre, amelyet a farontó rovarok, gombák már nem bírnak. Fontos paraméter hőkezelésnél az időtartam. Nem rakhatjuk be egyszerre magas hőfokra az anyagokat, mert a hirtelen hőmérsékletváltozás hatására a fa elrepedhet, tehát fontos, hogy a hőkezelést csak lassú fokozatos felmelegítés után végezzük. A faanyag hőkezelése során a sejtfal degradálódik, és a faanyag színe is megváltozik (1. ábra). Hőkezelésnél fontos tudni, hogy minél egyenletesebb a hőkezelő közeg jellege, annál egyenletesebb hőelosztást tudunk elérni, így a kezelés után a faanyagunk jellemzői is sokkal egyenletesebbek lesznek. Hőkezelés során általános tudnivaló, hogy szilárdságcsökkenéssel, tömegvesztéssel kell kalkulálni és az anyag ridegebbé is válik. Hőkezeléssel jelentősen mérsékelhetjük a vízfelvételt is, ami a kezelés hatására megnövekedett dimenzióstabilitásnak köszönhető (MOLNÁR 2000, BAK 2016, NÉMETH ÉS TSAI. 2012). A faanyag színének a hőkezelés hatására bekövetkező változását, jelentősen mértékben meghatározzák az alkalmazott kezelési paraméterek (FEHÉR ÉS TSAI. 2012a,b, FEHÉR ÉS TSAI. 2014).



1. ábra Hőkezelt akác (forrás: NÉMETH ÉS TSAI. 2015)

A telítés egy faanyagvédelmi eljárás

A legnagyobb mennyiségű védőszert ezzel az eljárással lehet bevinni a fába. A telítési eljárás lényege, hogy a telítendő anyagot zárt telítőhengerben védőszer folyadék veszi körül, amit nagy nyomással préselnek bele a fába (2. ábra). Megfelelő technológia és védőszer alkalmazásával a teljes keresztmetszet telíthető, ezután nagyfokú védettséget élvez a faanyag. A faanyagok telíthetősége eltérő, ami elsősorban a szöveti szerkezettel, anatómiával hozható összefüggésbe. Hatással van rá a faanyag sűrűsége is (KOMÁN ÉS TSAI. 2018). Általában minél több átjárható sejt van egy fában, annál könnyebben telíthető. Ebből azt a következtetést lehet levonni, hogy a lombos fafajok könnyebben telíthetők, mint a fenyőfélék. A telítési technológiának három alpművelete van, de vannak segédműveletei is. A főbb műveletek közé tartozik a telítőszer nyomás, légritkítás és légnomás, segédműveletek pedig a gőzölés és a melegítés például. Telítés során a rostirányú behatolás, átjárhatóság a legnagyobb, de a bélsugarak áteresztőképessége is jó, sőt a rostirányra merőleges felületek nagysága is emeli a felvehető telítőszer mennyiségét. A telítendő anyag mérete, állapota, tisztasága, nedvességtartalma erőteljesen befolyásolja a telítés folyamatát és a felvevőképességet (MOLNÁR 2000, BAK 2016, NÉMETH ÉS TSAI. 2012).



2. ábra Kombinált hőkezelő-telítő berendezés (forrás: ALPÁR ÉS TSAI, 2020)

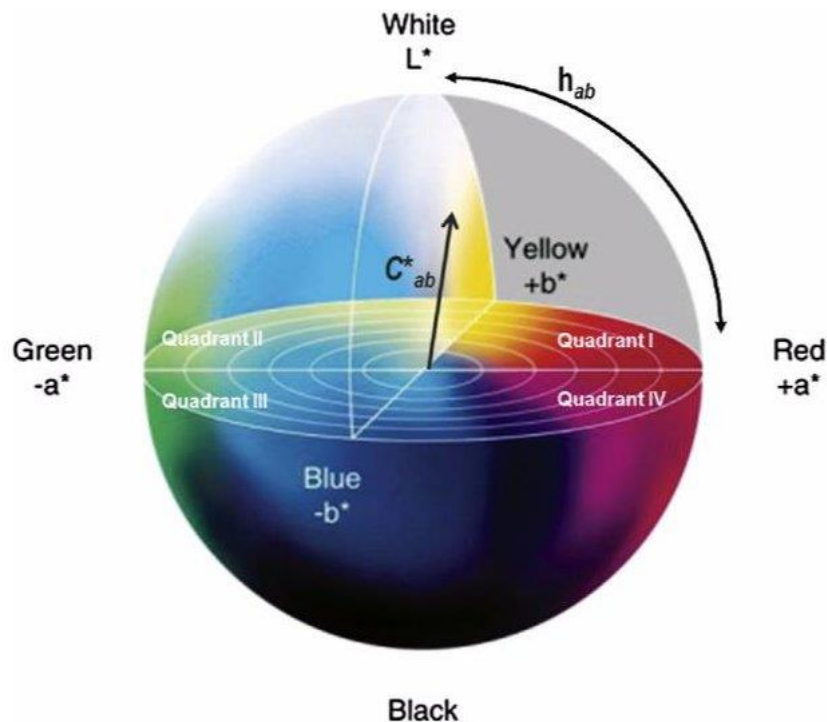
A kémiában a paraffin szó az alkán szénhidrogének gyűjtőneve, melyek szerkezetük szerint C_nH_{2n+2} felépítésűek. Ha a köznyelvben a paraffint említik, akkor általában a paraffin viaszra gondolnak, melyek olyan szénhidrogének, ahol a szénláncok 20-40 szénatomból állnak. A paraffinok közül, a rövidebb láncúak szobahőmérsékleten gáz halmazállapotúak, a hosszabb láncúak pedig folyékonyak, viszont az általunk használt paraffin viasz – a sok szénatom miatt – szilárd halmazállapotban fordul elő. A paraffin viasz fehéres színű (3.ábra), viaszos tapintású anyag, mely szilárd állapotában szagtalan, azonban ha felolvasztjuk, akkor erőteljesen kellemetlen szagúvá válik. Olvadáspontját 47–64 °C között határozták meg, attól függően, hogy milyen hosszúak a molekulák. A paraffin viasz sűrűsége 0,9 g/cm³. Nagyon jó a hőtároló képessége, ennek megfelelően a fajlagos hőkapacitása 2,14–2,9 J/gK; olvadáshője pedig 200–220 J/g. Ezt a tulajdonságát néha, speciális esetekben ki is használják, és esetenként gipszkartonokhoz is adagolják. Ennek előnye, hogy a gipszkartonban lévő paraffin nappal felmelegszik, megtartja a hőt és éjszaka visszasugározza ezt a hőt. Ebből arra lehet következtetni, hogy ha a faanyagokat paraffinnal telítjük, és az így készült faanyagból beltéri falburkolatot készítünk, akkor éjszaka folyamán a napközben felvett hőt leadja és így melegebben tartja az adott helyiséget. A tiszta paraffin kiváló elektromos szigetelő anyag. Vízben nem oldódik, de szerves oldószerekben – mint pl. benzolban, éterben – könnyen oldható. A paraffin kémiai jellegéből adódóan nem mérgező anyag. A paraffin viasz általános felhasználási területei közé tartozik a gyertyakészítés, különböző viaszos papírok, szövetek készítése, ezen túl készítenek belőle öntőformákat is, alapanyagként szolgál gyógyászati krémek készítéséhez, bőrgyógyászatban hidratálóként használják, sportolás terén felületek síkossá tételére (szörfdeszka, snowboard, síléc), de ugyanerre használják lőfegyverek lövedékénél, valamint az élelmiszer tisztaságú paraffint (E905) különböző élelmiszeripari termékek előállításánál (SEBESTYÉN 2010, WIKIPEDIA 2020).



3. ábra Paraffintábla (forrás: GRAMCOSCHOOLSUPPLIES 2020)

A faanyag egy ún. kapillár-porózus anyag, amely a felvett nedvesség (adszorpció) hatására képes megdagadni. A dagadás mértéke a különböző anatómiai irányokban eltérő, mértékét elsősorban a faanyag sűrűsége és nedvességtartalma határozza meg, azonban befolyásoló tényező a szöveti szerkezet és a kémiai összetétel is. A különböző faipari technológiákban nagyon fontos szerepe van a fafajok zsugorodás-dagadás tulajdonságai ismeretének. A gyártásban lévő faanyagok és használatban lévő fatermékek estében a zsugorodás-dagadás okozta méret- és alakváltozások (pl. vetemedés) jelentik a faiparban a legnagyobb problémákat. A víz jelentős a fában, ami több területre is kiterjed. Ide sorolnám a faanyag szállítását, a faanyagok átvételét, védelmét, fontos szerepe van a szárításnál, gőzölésnél, telítésnél, valamint a faanyag fizikai, mechanikai tulajdonságai nagymértékben függenek a víztől (MOLNÁR 2000).

A szín a fény által a szemünkben kiváltott inger fiziológiai szempontból. Ezt másként úgy is nevezik, hogy színinger, mely alapján vannak semleges és spektrális színek is. Utóbbiaknak három fő jellemzője van: a színezet, a világosság és a telítettség. A CIELab szín-rendszer a szabványos színmérési rendszer. Ennek lényege, hogy a színmérés során kapott a^* , b^* , L^* színekoordinátákat egy térbeli koordináta-rendszerbe helyez el (4. ábra). Az a^* koordináták a vörös-zöld tartományba esnek, a b^* koordináták a kék-sárga tartományba, az L^* pedig a fekete-fehér tartományba, ugyanis ez a világossága az adott színnek. A faanyag színárnyalatai a sárga-vörös tartományba esnek. A fák színének árnyalatai és sajátosságai a fában lévő különböző járulékos anyagok eredményei. A fa színére hatással vannak a termőhelyi viszonyok. Megfigyelések alapján elmondható, hogy az északi területekről származó fák színe halványabb, míg a trópusokon élő fafajoké nagyon élénk. Szint befolyásoló tényezők továbbá a talaj, a fának a kora, a napfény UV-sugárzása.



4. ábra CIELAB koordináta-rendszer (forrás: FEHIR 2016)

Összefoglalás

A faanyagok sokféleségét tovább szaporítja a modifikációs eljárásokban rejlő rengeteg lehetőség. A kutatás céljával azt tűztük ki, hogy a már jól ismert levegőn történő hőkezelésen felül egy valamelyest szintén eddig is kutatott eljárást, a paraffinnal való telítést hajtsunk végre a famintákon. Ezen első rész ismerteti az általános tudnivalókat a vizsgálatba vont eljárásokról, a következő rész pedig a vizsgált anyagokat és a vizsgálati módszereket taglalja.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárérdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- ALPÁR T. – NÉMETH R. – TAKÁTS P. (2020): Megújuló kompozitok, anyagok. K+F+I a Faipari Mérnöki Karon. <[HTTP://NRCC.NYME.HU/ASSETS/MEGUJULO_KOMPOZITOK_ANYAGOK.PDF](http://nrcc.nyme.hu/assets/megujulo_kompozitok_anyagok.pdf)> Megtekintve: 2020.08.17.
- BAK M. (2016): Termikus modifikáció folyadékokban. Magyar Asztalos, 2016 augusztus
- GRAMCOSHOOLSUPPLIES (2020): Paraffin <[HTTPS://WWW.GRAMCOSHOOLSUPPLIES.COM/PARAFFIN-WAX-10-LB-SLAB.HTML](https://www.gramcoschoolsupplies.com/paraffin-wax-10-lb-slab.html)> Megtekintve: 2020.08.17.
- FEHÉR S. – KOMÁN SZ. – BÖRCSÖK Z. – TASCHNER R. (2014): Modification of hardwood veneers by heat treatment for enhanced colors, Bioresources 9(2) pp. 3456-3465
- FEHÉR S. – KOMÁN SZ. – TASCHNER R. – BÖRCSÖK Z. (2012a): Increasing the value of hardwood veneers by heating treatment In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. (szerk.) The 5th Conference on

- Hardwood Research and Utilisation in Europe 2012, Proceedings of the "Hardwood Science and Technology"
- FEHÉR S. – NAGY B. – KOMÁN SZ. – BÖRCSÖK Z. – TASCHNER R. (2012b): Changing of veneers' color by heat treatment In: NEMÉNYI M. – HEIL B. (szerk.) The Impact of Urbanization, Industrial and Agricultural Technologies on the Natural Environment : International Scientific Conference on Sustainable Development and Ecological Footprint, Budapest, Magyarország, Nemzeti Tankönyvkiadó
- FEHIR A. (2016): Taphonomy's Rainbow: The Introduction and Application of Chromophoric Variance Analysis. Diplomamunka, University of Sheffield, 101 p.
- KOMÁN SZ. – ÁBRAHÁM J. – VARGA D. – BECK U. – KATONA B. (2018): IMPREGNATION OF *TILIA TOMENTOSA* WITH PARAFFIN In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8TH HARDWOOD CONFERENCE - WITH SPECIAL FOCUS ON "NEW ASPECTS OF HARDWOOD UTILIZATION -FROM SCIENCE TO TECHNOLOGY" Sopron, Magyarország, Soproni Egyetem Kiadó, pp. 36-37
- MOLNÁR S. (2000): Faipari kézikönyv I. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron
- MOLNÁR S. – BARISKA M. (2002): Magyarország ipari fája. Szaktudás Kiadóház, Budapest
- NÉMETH R. – BAK M. – CSORDÓS D. (2012): Thermische Modifizierung von Buche und Pappel mittels Paraffin. Holztechnologie Zeitschrift
- NÉMETH R. – MOLNÁR S. – CSUPOR K. – ÁBRAHÁM J. – KOMÁN SZ. – CSORDÓS D. – FEHÉR S. – SZELES P. – BAK M. – BARISKA M. (2015): Akác kutatások a Faanyagtudományi Intézetben. <[HTTP://ERDO-MEZO.HU/2015/01/04/AKAC-KUTATASOK-A-FAANYAGTUDOMANYI-INTEZETBEN/](http://ERDO-MEZO.HU/2015/01/04/AKAC-KUTATASOK-A-FAANYAGTUDOMANYI-INTEZETBEN/)> Megtekintve: 2020.08.17.
- SEBESTYÉN G. (2010): Paraffinban hőkezelt faanyagok szilárdsági és vízzel szembeni ellenálló képességének vizsgálata erdeifenyő és csertölgy faanyagok esetén. Szakdolgozat.
- WIKIPEDIA (2020): Paraffin. <[HTTPS://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PARAFFIN](https://hu.wikipedia.org/wiki/Paraffin)> Megtekintve: 2020.08.17.

PARAFFINNAL TELÍTETT ÉS HŐKEZELT FAANYAGOK VIZSGÁLATA – 2. RÉSZ

KELEMEN NORBERT, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

A faanyagok sokféleségét tovább szaporítja a modifikációs eljárásokban rejlő rengeteg lehetőség. Új technológiákat kell kitalálni, kutatni, melyek növelik a faanyag életciklusát és védik is őket. Ez utóbbi előtérbe került, mert a fenyők kültérben való használata eléggé elterjedt, s mivel ezek tartóssága elég alacsony, szüksége van faanyagvédelemre. Azonban ez sem a legjobb megoldás, hiszen a különböző kezeléseken átesett faanyagok valamilyen védőszert szívtak magukba, melyek a fa-anyag elégetésekor a levegőbe kerülnek, ezzel pedig szennyezik azt. A megoldás tehát a faanyagok modifikációja lehet, amivel a faanyagunk tulajdonságait javíthatjuk annak érdekében, hogy minél hosszabb életciklust megérjen és legvégső stádiumában sem hordozzon sok károsító tényezőt. A faanyag modifikálásának fejlődésével a védőszerek visszaszorulnak, így a modifikációs eljárások elterjednek az iparban és folyamatosan fejlődnek. Modifikációval javítható a gomba- és rovarállóság, a zsugorodás-dagadás és a deformálódás is. A kutatás céljával azt tűztük ki, hogy a már jól ismert levegőn történő hőkezelésen felül egy valamelyest szintén eddig is kutatott eljárást, a paraffinnal való telítést hajtunk végre a famintákon.

A hőkezelés során a faanyag nedvességtartalmát olyan szintre be tudjuk állítani, hogy azt semmiféle károsító nem tudja megtámadni. A faanyag hőkezelése során a sejtfal degradálódik, és a faanyag színe is megváltozik. Hőkezelésnél fontos tudni, hogy minél egyenletesebb a hőkezelő közeg jellege, annál egyenletesebb hőelosztást tudunk elérni, így a kezelés után a faanyagunk jellemzői is sokkal egyenletesebbek lesznek. Hőkezelés során szilárdságcsökkenéssel, tömegveszteséggel kell kalkulálni és az anyag ridegebbé is válik. Jelentősen mérsékelhetjük a vízfelvételt. A legnagyobb mennyiségű védőszert telítéssel lehet bevinni a fába. A telítendő anyagot zárt telítőhengerben védőszer folyadék veszi körül, amit nagy nyomással préselnek bele a fába. Megfelelő technológia és védőszer alkalmazásával a teljes keresztmetszet telíthető, ezután nagyfokú védettséget élvez a faanyag. A telítendő anyag mérete, állapota, tisztasága, nedvességtartalma erőteljesen befolyásolja a telítés folyamatát és a felvevőképességet (MOLNÁR 2000, BAK 2016, NÉMETH ÉS TSAI. 2012).

Az általunk használt paraffin viasz – a sok szénatom miatt – szilárd halmazállapotban fordul elő. A paraffin viasz fehéres színű, viaszos tapintású anyag, mely szilárd állapotában szagtalan. Olvadáspontját 47–64 °C között határozták meg, attól függően, hogy milyen hosszúak a molekulaláncok. A paraffin viasz sűrűsége 0,9 g/cm³. Vízben nem oldódik, de szerves oldószerekben – mint pl. benzolban, éterben – könnyen oldható. A paraffin kémiai jellegéből adódóan nem mérgező anyag (WIKIPEDIA 2020). A faanyag a felvett nedvesség hatására képes megdagadni. A dagadás mértéke a különböző anatómiai irányokban eltérő, mértékét elsősorban a faanyag sűrűsége és nedvességtartalma határozza meg, azonban befolyásoló tényező a szöveti szerkezet és a kémiai összetétel is. A gyártásban lévő faanyagok és használatban lévő fatermékek estében a zsugorodás-dagadás okozta méret- és alakváltozások (pl. vetemedés) jelentik a faiparban a legnagyobb problémákat (MOLNÁR 2000).

Anyagok és módszerek

Két fajtát alkalmaztunk a vizsgálatokhoz, melyek bemutatása a következőkben olvasható:

Bükk (*Fagus sylvatica*)

Elterjedése: elsősorban közép-európai fafaj, de megtalálható Dél-Skandináviában és Angliában is. A paradús északi, északkeleti oldalakat kedveli, nem tűri a szárazságot. Élő fa jellemzői: zárt állásban egyenes, hengeres, nagyméretű rönköket fejleszt. Magassága 35–40 m, melyből az ágtiszta törzs 15–20 m. Kérgé világos hamuszürke, ritkán repedezik és általában sima is marad. Gyakran előforduló és bükkre jellemző a kínai bajusz nevű fahiba. Fatest jellemzői: fája világos, kissé vöröses világos szürkés, halványsárgás. Gőzöléssel a faanyag színe rózsaszínes, húsrá emlékeztető színű lesz. Ha a geszt egészséges, akkor a szijácstól nem különül el élesen, kivéve, ha álgesztes az anyag. Szórt likacsú fafaj. Fizikai tulajdonságok: a bükk fája sűrű, erősen zsugorodásra, vetemedésre hajlamos. Sűrűsége abszolút szárazon ($u=0\%$): 490 - 680 - 880 kg/m³, légszárazon ($u=12\%$) 540-720-910 kg/m³, élőnedvesen 820-1070-1270 kg/m³. A rosttelítettségi pontja: 32–35%. Zsugorodás sugárirányban 5,8%, húrirányban 11,8%, rostirányban 0,3%, térfogatilag 14,0 - 17,9 - 21,0%. A zsugorodási anizotrópiája (húr/sugár) 2,04, tehát a fafaj igen hajlamos a vetemedésre. Szilárdsági jellemzők (a rostokkal párhuzamosan):

- nyomó: 41-62-99 MPa
- húzó: 57-135-180 MPa
- hajlító: 74-123-210 MPa
- nyíró: 6,5-8,0-19,0 MPa
- ütő-hajlító szilárdság (fajlagos törőmunka): 3-10-19 J/cm²
- keménység (Brinell) bütüirányban 72 MPa, oldalirányban: 34 MPa
- csavaró szilárdság 15 MPa
- statikus hajlító rugalmassági modulusz rostokkal párhuzamosan 10000-16000-18000 MPa (MOLNÁR-BARISKA 2002).

Erdeifenyő (*Pinus sylvestris*)

Elterjedése: az egyik legnagyobb alkalmazkodóképességgel bíró fafajunk. Jól tűri a szélsőséges éghajlati viszonyokat, így mindenhol előfordul: mediterrán országokban, Szibériában, alföldön és hegy-oldalokon is. Fénykedvelő fafaj. Élőfa jellemzői: nagytermetű fa, túlevelei párosan helyezkednek el, 4–7 cm hosszúak és csavartak, törzse általában egyenes, hengeres, magassága 20–40 m. Jó termőhelyen 18 m-ig ágtiszta a törzse. Fatest jellemzői: színes gesztű fafaj, a szijác az átmérő 1/3 része. A szijác világos, sárgásfehér, a geszt sötétebb színű, levegőn vörösbarnára változik. Fizikai tulajdonságok: a közönséges erdeifenyő sűrűbb a sima-, luc- és jegenyefenyőknél, de a termőhelytől függően igen változó sűrűségi értéket mutat, abszolút szárazon 300-490-860 kg/m³, légszárazon 330-520-890 kg/m³, élőnedvesen 750-800-850 kg/m³. Az alacsonyabb értékek az ún. „répa fenyőkre”, a középértékek a jó minőségű (borovi) fenyőre, az igen magas érték pedig az elgyantásodott, rendellenes növekedésű faanyagra jellemzőek. Zsugorodása sugárirányban: 3,3-4,0-4,5%, húrirányban 7,5-7,7-8,7%, rostirányban 0,1-0,4%, térfogatilag: 8,9-12,4-16,0%. Kevésbé vetemedik, mint a lucfenyő, de az előforduló vaserességi fahiba problémákat okozhat.

Szilárdsági jellemzői légszáraz állapotban ($u=12\%$) a rostokkal párhuzamos irányban:

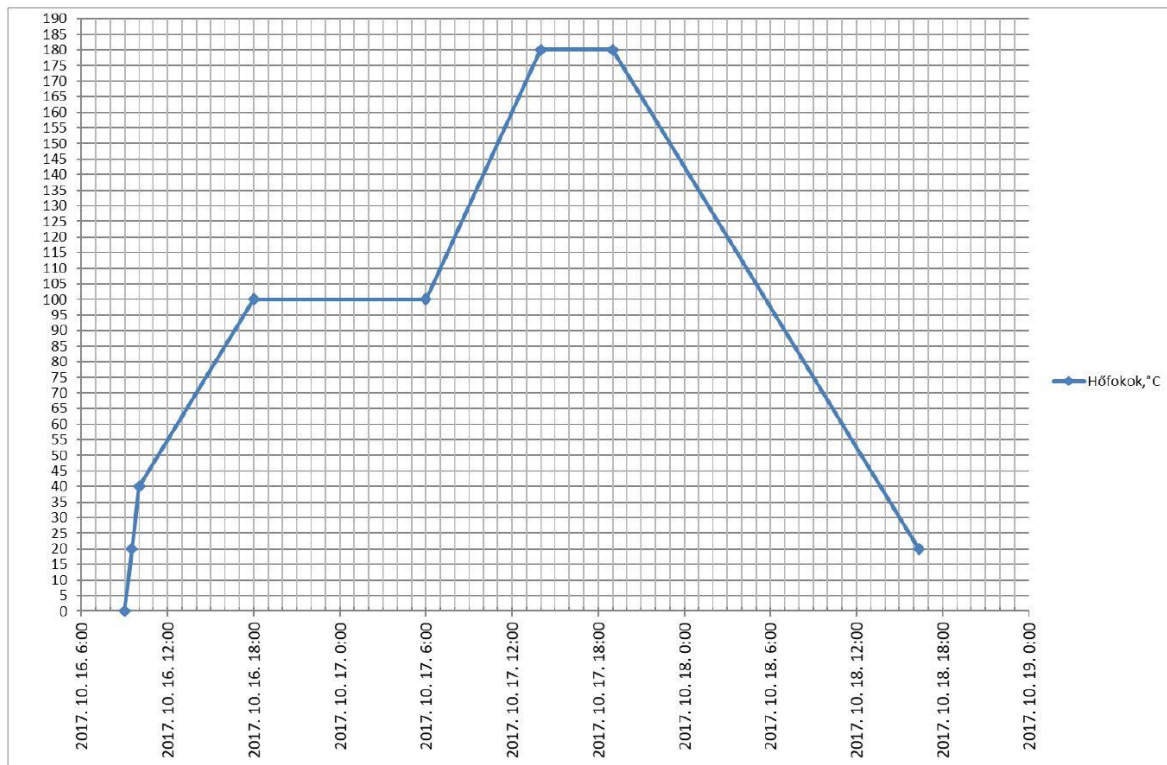
- nyomószilárdság: 35-56-94 MPa
- húzószilárdság: 35-104-196 MPa
- hajlítószilárdság: 41-80-205 MPa

- nyírószilárdság: 6,1-10-14,6 MPa
- hasítószilárdság: 0,2-0,5 MPa a sugár mentén
- keménység (Brinell): 35-40-95 MPa bütüirányban és 13-19-24 MPa oldalirányban
- hajlító rugalmassági modulus (E): 6900-12000-20100 MPa
- csavarószilárdság 13,3-16,0-17,6 MPa
- ütő-hajlítószilárdság:(J/cm²) 1,5-4,0-13 J/cm² (MOLNÁR-BARISKA 2002).

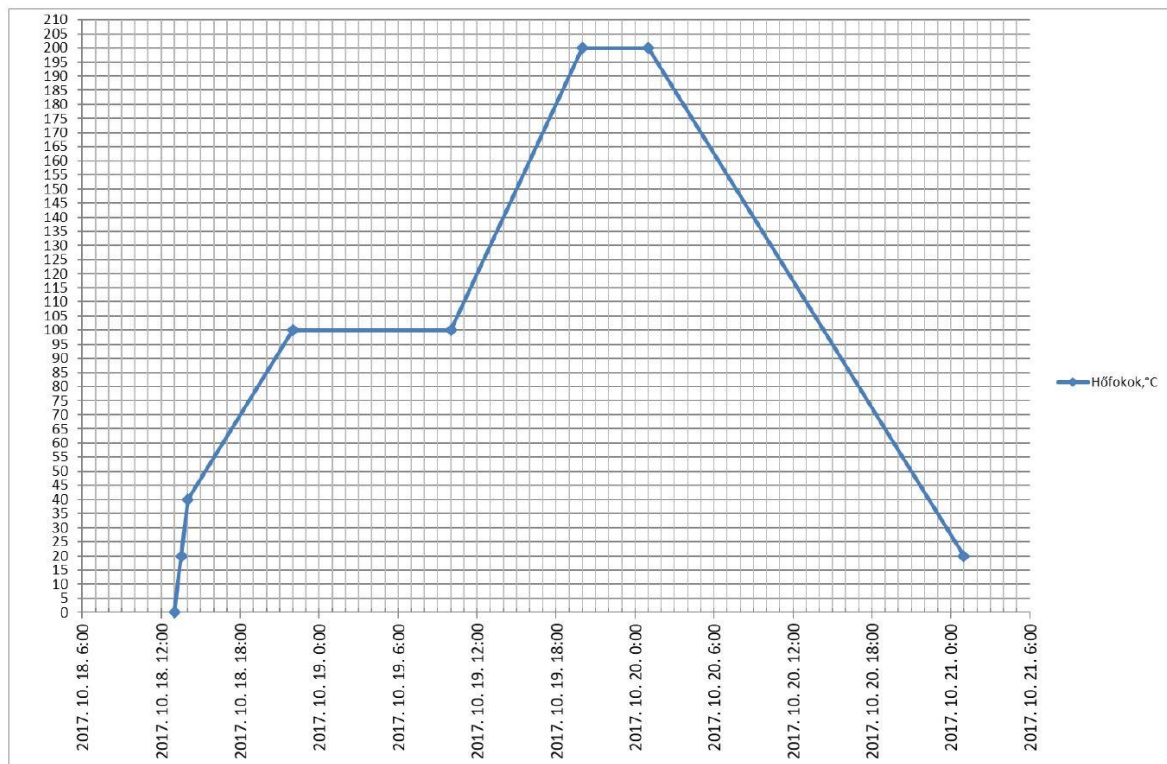
A kombinált faanyag-modifikáció esetünkben két részből tevődött össze, melyeket egyszerre végeztünk el. A próbatesteknek két csoportjuk van. Az egyik csoport csak hőkezelést, a másik csoport pedig paraffinnal való telítést és hőkezelést is kapott. Mindkét csoport kezelése kétféle hőmérsékleten, 180 °C-on és 200 °C-on történt. A kombinált kezelést úgy végeztük el, hogy első lépésben a paraffint olvasztottuk fel. Ezután lemértük az edény tömegét, majd kiszámoltuk, mennyi paraffin szükséges a telítéshez. A paraffin mennyiségét úgy határoztuk meg, hogy a behelyezett frízeket is legalább 10 mm magasságban ellepje. Ezután lemértük a paraffin és az edény együttes tömegét, aztán a frízeket a folyékony paraffinba helyeztük, szintén lemértük a tömegét, majd ezután lesúlyozva kerültek be a zárt, telítő- és hőkezelő hengerbe. A henger bezárása után az 1. táblázatban látható menetrend alapján történt a hőkezelés a telítéssel együtt. Az 1. és 2. ábra mutatja a kezeléseket különböző szakaszait, a hőmérséklet-értékek alakulását.

1. táblázat A hőkezelések menetrendje

Alapadatok				
Fafaj	erdeifenyő, bükk			
Vastagság	30 x 50 x 310			
Kiinduló nedv.tartalom	erdei fenyő: 9-10%		bükk: 12-13%	
Max. hőmérséklet	200			
Paraméterek				
Indulás időpontja	2017. 10. 16. 9:00		2017. 10. 18. 13:00	
Felfűtés 40°C-ra	1	h	1	h
Temperálás felfutása	8	min/°C	8	min/°C
Temperálás hőfoka	100	°C	100	°C
Temperálás hön tartása	12	h	12	h
Hőkezelés felfutása	6	min/°C	6	min/°C
Hőkezelés hőfoka	180	°C	200	°C
Hőkezelés hön tartása	5	h	5	h
Hűlés lefutása	6	min/°C	6	min/°C
Menetrend				
	Idő	Hőfo- kok, °C	Idő	Hőfo- kok, °C
Indulás időpontja	2017. 10. 16. 9:00	0	2017. 10. 18. 13:00	0
Felfűtés 40°C-ra	2017. 10. 16. 9:30	20	2017. 10. 18. 13:30	20
Felfűtés 40°C-ra	2017. 10. 16. 10:00	40	2017. 10. 18. 14:00	40
Temperálás hőfokát eléri	2017. 10. 16. 18:00	100	2017. 10. 18. 22:00	100
Temperálás hőfokát tartja	2017. 10. 17. 6:00	100	2017. 10. 19. 10:00	100
Hőkezelés hőfokát eléri	2017. 10. 17. 14:00	180	2017. 10. 19. 20:00	200
Hőkezelés hőfokát tartja	2017. 10. 17. 19:00	180	2017. 10. 20. 1:00	200
Lehűl, 20°C-ra	2017. 10. 18. 16:20	20	2017. 10. 21. 1:00	20



1. ábra 180 °C-os kezelés időbeli lefolyása



2. ábra 200 °C-os kezelés időbeli lefolyása

A kezeléseknak nem vártuk meg teljesen a végét, amíg a közeg lehül 20 °C-ra. Erre azért volt szükség, hogy a paraffinból ki tudjuk venni a frízeket. Ha megvártuk volna a legvégét, akkor

belekötött volna a paraffin az edénybe a faanyaggal együtt, ugyanis a paraffin olvadáspontja 47–64 °C. Amikor 85–90 °C körüli hőmérséklet volt a hengerben, akkor vettük ki a frízeket.

A paraffinfevételt az 1. egyenletben látható képlet alapján számítottuk ki.

$$\text{Paraffinfevételt} = \frac{m_{\text{kezelt}} - U_{\text{kezelt}} \cdot m_{\text{kezelt}}}{U_{\text{kezelt}} \cdot m_{\text{kezelt}}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$

Ahol m_{kezelt} – kezelt minta tömege, m_{kezelt} – kezelés előtti mintatömeg és U_{kezelt} – minta kezelés előtti nedvességtartalma.

A színméréshez Konica-Minolta CM 2600D típusú spektrofotométert használtunk. A színmérő ráköthető számítógépre, ahova a bemért adatokat egyszerre, gombnyomásra táblázatba tudja foglalni. Ehhez kell egy segédprogram is, ami esetünkben a Spectra Magic NX volt. A színmérőnek van egy 8 mm átmérőjű lencsége, ezen keresztül „fotózza” le a faanyagot és állapítja meg az L^* , a^* , b^* adatokat. Ezek tulajdonképpen olyan színekoordináták, melyeket le tudunk olvasni a CIELab színtérből. A próbatesten az előzetes színmérést még telítés és hőkezelés előtt megcsináltuk, hogy legyen adatunk, amihez tudjuk viszonyítani a kezelés utáni szint. Ezekből a koordinátákból kapunk egy színingert, melyhez szükséges meghatározunk előbb az egyes koordináták változásait is. A színingert ΔE -vel jelöljük, és a 2. egyenlettel számítjuk ki:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 + (\Delta L)^2} \quad (2)$$

A próbatesten a színmérést három helyen végeztük el a kezelése előtt és után. A mérőeszköz által rögzített adatokból meghatároztuk a Δa -t, a Δb -t és a ΔL -t, majd ezeket az előző képletbe behelyettesítve megkaptuk az adott ponthoz tartozó színingert-különbséget.

A zsugorodás-dagadás mérésénél kihagytuk a zsugorodás mérését, ugyanis a paraffinnal telített anyagokból a szárítás során valószínűleg kifolyt volna a paraffin, mert az olvadáspontja feletti hőmérséklet hatására folyékonyvá vált volna. A próbatesten klimatizáló helyiségből való kivétele után lemértük azok kiindulási méreteit, tömegeit. A méreteket Mitutoyo érintőpofás mérőberendezéssel mértük, amit számítógéppel összekötöttünk, és az adatokat excel-táblázatba tudtuk menteni. Ezután precíziós labormérleggel lemértük a próbatesten tömegét. A mérések után az anyagokat csoportonként összegumizva egy edénybe helyeztük, lesúlyoztuk, és kb. 20 °C-os vízbe beáztattuk őket. A próbatesten 8 napig áztak a vízben, majd kivettük őket és minden méretét az előzőekhez hasonlóan lemértük, majd összehasonlítottuk a kiinduló méretekkel.

Ha a teherhordó faszerkezetekre gondolunk, akkor azok méretezésénél a hajlítószilárdság a legfontosabb szilárdsági jellemző. A fában ébredő hajlítófeszültségeket húzó- és nyomófeszültségek alkotják, vagyis a faanyag húzó- és nyomószilárdsági tulajdonságai alapvetően határozzák meg a faanyag hajlítószilárdságát.

A hajlító vizsgálatot kétféleképpen végezhetjük el. Létezik 3 és 4 pontos vizsgálat. Mi a 3 pontos elrendezéssel végeztük méréseinket. Ennek fotója látható a 3. ábrán. A próbatestjeink egységesen 300 mm hosszúak voltak (szabvány írja elő), a h és b adatokat a vizsgálat előtt digitális tolómérővel lemértük és azokkal a keresztmetszeti dimenziókkal számoltunk. Szabvány szerint a keresztmetszetnek 20 x 20 mm-nek kell lenni. Az alátámasztási távolságunk (l) 240 mm volt (szabvány írja elő), a terhelést a próbatesten közepén kapta, vagyis erő-átadás

csak ezen az egy helyen van. A vizsgálatot Instron szilárdságvizsgáló-géppel végeztük, a számítógépes vezérlést pedig a BlueHill programon keresztül. Hajlítószilárdsági vizsgálatoknál a maximális erőt vizsgáljuk, ebből tudunk szilárdságot és rugalmassági moduluszt számolni (2. és 3. egyenlet). Sokat mondók a törési képek is. A szilárdsági értékek számításakor a hajlítószilárdságot és a hajlító rugalmassági moduluszt az alábbi képletekkel lehet kiszámítani.

$$\sigma_{hajlító} = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad [MPa] \quad (3)$$

$$E = \frac{l^3}{4 \cdot b \cdot h^3} \cdot \frac{\Delta F}{\Delta y} \quad [MPa] \quad (4)$$

ahol F_{max} – maximális hajlítóerő [N], ΔF – maximális erő 40%-ának és 10%-ának különbsége [N] és Δy – maximális erő 40%-ához és 10%-ához tartozó lehajlások különbsége [mm].



3. ábra 3 pontos hajlítószilárdsági vizsgálat

Ahogy az előzőekben már említettem, a nyomószilárdság nagyban befolyásolja a hajlítófeszültséget. Nyomó igénybevételek nagyon gyakran fordulnak elő a faszerkezetekben. Nyomószilárdságon a faanyag rostirányú vagy arra merőleges terheléssel szembeni ellenállását értjük. Nyomószilárdságnál járulékos feszültségek nem lépnek fel, így egyszerűen meghatározható.

Esetünkben csak rostirányú nyomószilárdságot vizsgáltunk. A mérés előtt lemértük digitális tolómérővel a keresztmetszeti méreteket, majd a gépbe helyeztük őket és elindítottuk a tesztet.

Vizsgálat során a próbatest száliránya és a nyomófelületek merőlegesek egymásra. A terhelés egyenletesen növekedik, és addig végezzük a mérést, amíg a kontrakció meg nem kezdődik. Amikor elértünk a kontrakcióhoz, megállunk, visszaemeljük a nyomólapokat, és leolvassuk a mért értéket. Ezután a nyomószilárdság az 5. egyenlettel számítható ki.

$$\sigma_{nyomó} = \frac{F_{max}}{A} \quad [MPa] \quad (5)$$

ahol F_{max} – maximális nyomóerő [N], A – keresztmetszet [mm²].

Összefoglalás

Az itt bemutatásra kerülő kutatás célja, hogy a már jól ismert levegőn történő hőkezelésen felül paraffinnal való telítést is végrehajtsunk a fapintákon. A faanyagok sokféleségét tovább szaporítja a modifikációs eljárásokban rejlő rengeteg lehetőség, amint megpróbáljuk a faanyagokat minél több pozitív tulajdonsággal felruházni. Az első rész ismertette az általános tudnivalókat a vizsgálatba vont eljárásokról, ez a rész a vizsgált anyagokat és a vizsgálati módszereket taglalja, míg a következő rész a kutatási eredményekkel foglalkozik.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BAK M. (2016): Termikus modifikáció folyadékokban. Magyar Asztalos, 2016 augusztus
GRAMCOSCHOOLSUPPLIES (2020): Paraffin
<[HTTPS://WWW.GRAMCOSCHOOLSUPPLIES.COM/PARAFFIN-WAX-10-LB-SLAB.HTML](https://www.gramcoschoolsupplies.com/paraffin-wax-10-lb-slab.html)>
Megtekintve: 2020.08.17.
- MOLNÁR S. (2000): Faipari kézikönyv I. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron
- MOLNÁR S. – BARISKA M. (2002): Magyarország ipari fái. Szaktudás Kiadóház, Budapest
- NÉMETH R. – BAK M. – CSORDÓS D. (2012): Thermische Modifizierung von Buche und Pappel mittels Paraffin. Holztechnologie Zeitschrift
- WIKIPEDIA (2020): Paraffin. <[HTTPS://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PARAFFIN](https://hu.wikipedia.org/wiki/Paraffin)> Megtekintve: 2020.08.17.

PARAFFINNAL TELÍTETT ÉS HŐKEZELT FAANYAGOK VIZSGÁLATA – 3. RÉSZ

KELEMEN NORBERT, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

A faanyagok sokféleségét tovább szaporítja a modifikációs eljárásokban rejlő rengeteg lehetőség. Új technológiákat kell kitalálni, kutatni, melyek növelik a faanyag életciklusát és védik is őket. Ez utóbbi előtérbe került, mert a fenyők kültérben való használata eléggé elterjedt, s mivel ezek tartóssága elég alacsony, szüksége van faanyagvédelemre. Azonban ez sem a legjobb megoldás, hiszen a különböző kezeléseken átesett faanyagok valamilyen védőszert szívtak magukba, melyek a faanyag elégetésekor a levegőbe kerülnek, ezzel pedig szennyezik azt. A megoldás tehát a faanyagok modifikációja lehet, amivel a faanyagunk tulajdonságait javíthatjuk annak érdekében, hogy minél hosszabb életciklust megérjen és legvégső stádiumában sem hordozzon sok károsító tényezőt. A faanyag modifikálásának fejlődésével a védőszerek visszaszorulnak, így a modifikációs eljárások elterjednek az iparban és folyamatosan fejlődnek. Modifikációval javítható a gomba- és rovarállóság, a zsugorodás-dagadás és a deformálódás is. A kutatás céljából azt tűztük ki, hogy a már jól ismert levegőn történő hőkezelésen felül egy valamelyest szintén eddig is kutatott eljárást, a paraffinnal való telítést hajtunk végre a famintákon.

A hőkezelés során a faanyag nedvességtartalmát olyan szintre be tudjuk állítani, hogy azt semmiféle károsító nem tudja megtámadni. A faanyag hőkezelése során a sejtfal degradálódik, és a faanyag színe is megváltozik. Hőkezelésnél fontos tudni, hogy minél egyenletesebb a hőkezelő közeg jellege, annál egyenletesebb hőelosztást tudunk elérni, így a kezelés után a faanyagunk jellemzői is sokkal egyenletesebbek lesznek. Hőkezelés során szilárdságcsökkenéssel, tömegvesztéssel kell kalkulálni és az anyag ridegebbé is válik. Jelentősen mérsékelhetjük a vízfelvételt. A legnagyobb mennyiségű védőszert telítéssel lehet bevinni a fába. A telítendő anyagot zárt telítőhengerben védőszer folyadék veszi körül, amit nagy nyomással préselnek bele a fába. Megfelelő technológia és védőszer alkalmazásával a teljes keresztmetszet telíthető, ezután nagyfokú védettséget élvez a faanyag. A telítendő anyag mérete, állapota, tisztasága, nedvességtartalma erőteljesen befolyásolja a telítés folyamatát és a felvevőképességet (MOLNÁR 2000, BAK 2016, NÉMETH ÉS TSAI. 2012).

Az általunk használt paraffin viasz – a sok szénatom miatt – szilárd halmazállapotban fordul elő. A paraffin viasz fehéres színű, viaszos tapintású anyag, mely szilárd állapotában szagtalan. Olvadáspontját 47–64 °C között határozták meg, attól függően, hogy milyen hosszúak a molekulák. A paraffin viasz sűrűsége 0,9 g/cm³. Vízben nem oldódik, de szerves oldószerekben – mint pl. benzolban, éterben – könnyen oldható. A paraffin kémiai jellegéből adódóan nem mérgező anyag (WIKIPEDIA 2020). A faanyag a felvett nedvesség hatására képes megdagadni. A dagadás mértéke a különböző anatómiai irányokban eltérő, mértékét első-sorban a faanyag sűrűsége és nedvességtartalma határozza meg, azonban befolyásoló tényező a szöveti szerkezet és a kémiai összetétel is. A gyártásban lévő faanyagok és használatban lévő fatermékek estében a zsugorodás-dagadás okozta méret- és alakváltozások (pl. vetemedés) jelentik a faiparban a legnagyobb problémákat (MOLNÁR 2000).

Anyagok és módszerek

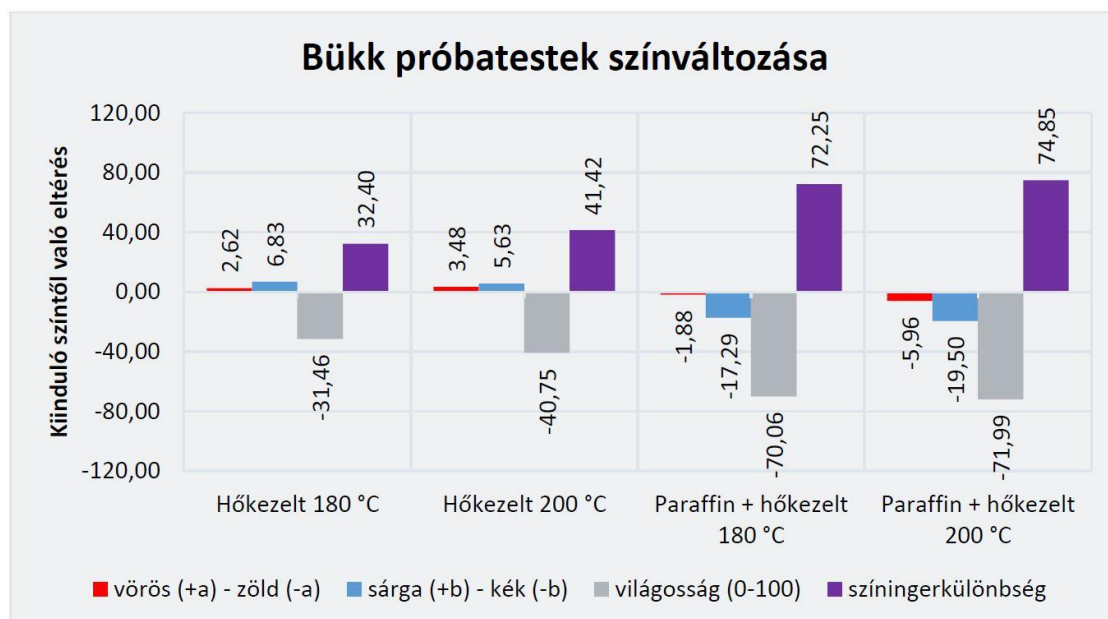
Két fafajt, bükköt (*Fagus sylvatica*) és erdeifenyőt (*Pinus sylvestris*) alkalmaztunk a vizsgálatokhoz. Bemutatásuk a cikksorozat előző részében található meg.

A tervezett faanyag-modifikációkat egyszerre végeztünk el. Az egyik csoport csak hőkezelést, a másik csoport pedig paraffinnal való telítést és hőkezelést is kapott. Mindkét csoport kezelése kétféle hőmérsékleten, 180 °C-on és 200 °C-on történt. Számítottuk a paraffinfevételt és vizsgálatuk a minták színváltozását is. A próbatesteken a színmérést három helyen végeztük el a kezeléseket előtt és után. A mérőeszköz által rögzített adatokból meghatároztuk a Δa -t, a Δb -t és a ΔL -t, melyekből megkaptuk a színínger-különbséget.

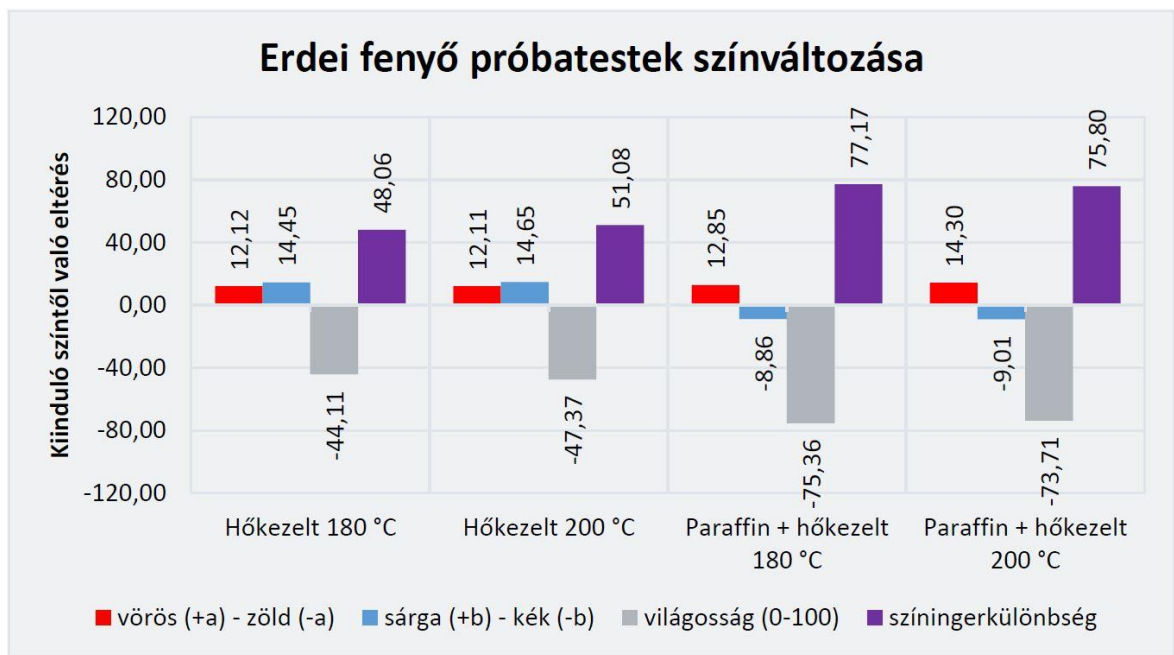
A zsugorodás-dagadás mérésénél a próbatestek klimatizáló helyiségből való kivétele után lemértük azok kiindulási méreteit, tömegeit. A próbatestek 8 napig áztak a vízben, majd kivettük őket és minden méretét az előzőekhez hasonlóan lemértük, majd összehasonlítottuk a kiinduló méretekkel. 3 pontos elrendezéssel végeztük hajlító-vizsgálatokat. A vizsgálatot Instron szilárdságvizsgáló-géppel végeztük, a számítógépes vezérlést pedig a BlueHill programon keresztül. Nyomószilárdságot is vizsgáltunk, a próbatestek száliránya és a nyomófelületek merőlegesek voltak egymásra.

Eredmények és értékelés

Az 1. és 2. ábrán az oszlopdiaagramok jól mutatják a színváltozásokat. A hőkezelt erdeifenyők esetén leolvasható, hogy a faanyag színe vörös és sárga irányba is pozitívan tolódott el, vagyis a vörös és sárga színezet erősödött. Ezzel szemben a paraffinos hőkezelés esetén az a^* koordináta pozitív, a b^* koordináta pedig negatív irányba mozdultak el a kiinduló színkoordinátához képest. A diagramon jól látható az is, hogy a paraffinos hőkezelések után a faanyag többet veszített a világosságából. A sima hőkezelésen átesett bükk faanyagoknál ugyanaz a helyzet, mint a fenyőnél, azonban itt a hőkezelt próbatestek a^* és b^* koordinátája csak kevésbé mozdult el pozitív irányba, nem volt olyan nagy a színek erősödése. A paraffinos hőkezelt anyagok esetén az a^* és a b^* is negatív irányba mozdult a kiinduló szintől. A bükkök esetében is a paraffinban hőkezelt anyagoknak volt nagyobb a világosságvesztése.



1. ábra Bükk színének változása



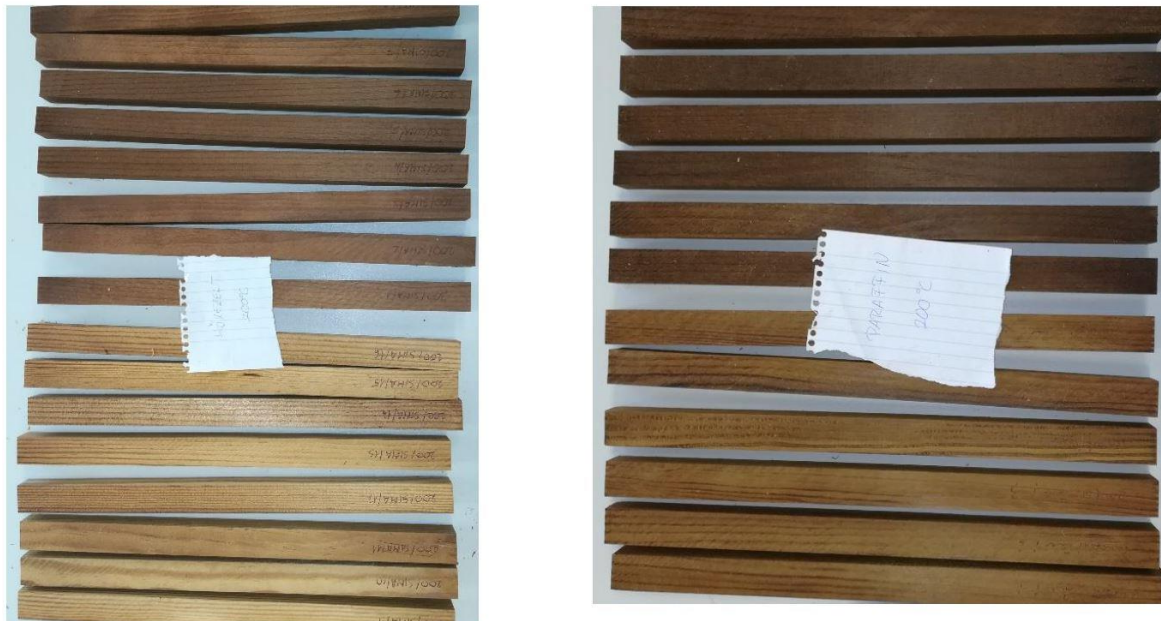
2. ábra Erdeifenyő színének változása

Az alábbi képeken jól látható az anyagok színváltozásának mértéke. A bal oldali képen (3. ábra) még kezeletlen állapotban lévő anyagok láthatók az eredeti színükkel, a jobb oldalon pedig a paraffinban hőkezelt anyagok láthatóak.



3. ábra Kezeletlen frízek (bal) és telítés és hőkezelés utáni frízek (jobb)

A minták hőkezelés hatására bekövetkező színváltozását érzékeltető felvételek a 4. ábrán láthatók. A sima hőkezelésnél az anyagok barnábbak lettek, azonban a paraffint felvett anyagok nagyon sötétek.



4. ábra 200 °C-on hőkezelt anyagok (bal) és 200 °C-on kezelt paraffinos próbatetek (jobb)

Tömegveszteségek meghatározása

Hőkezeléssel való modifikációnál mindenképpen számolni kell valamekkora tömegveszteséggel, ugyanis a magas hőmérséklet miatt a faanyag szerkezete megváltozik, a sejtfalak összeroppannak, így a faanyag tömege is változik. Ezt sima hőkezeléses eljárásoknál egyszerű megállapítani, viszont a paraffinban való hőkezelés esetén más a helyzet. Paraffinban való hőkezelés esetén a tömegveszteség meghatározása nem csak annyiból áll, hogy a kezdeti tömegből kivonjuk a kezelés utáni tömeget. Itt ugyanis kétféle folyamat történik egyszerre. Az egyik folyamat a hőkezelés, ami tömegveszteséggel jár, de közben végbemegy a másik folyamat, amikor a faanyag paraffinnal telítődik. Tehát ez azt jelenti, hogy a kezelés utáni tömeg az a tömeg, ami egyenlő a felvett paraffin és a tömegveszteség együttes tömegével. Az 1. táblázatban láthatóak a kiszámolt tömegveszteség értékek. Paraffinos kezelésnél úgy határoztam meg a tömegveszteséget, hogy a sima hőkezelés során kialakuló tömegveszteséget a kiinduló tömegre százalékosan meghatároztam és ezekből átlagot számoltam. A százalékok átlagai alapján számoltam ki egy tömegveszteséget a paraffinos telítéses eljáráshoz, viszont ez nem pontos adat éppen a százalékok miatt.

1. táblázat Tömegveszteségek az egyes kezelések hatására

	Bükk tömegveszteség (%)	Erdei fenyő tömegveszteség (%)
Hőkezelés 180 °C	13,38	9,52
Hőkezelés 200 °C	14,20	9,02
Paraffin + Hőkezelés 180 °C	7,86	11,91
Paraffin + Hőkezelés 200 °C	7,46	10,04

Paraffin felvétel meghatározása

A számított értékek a 2. táblázatban láthatók százalékosan megadva. A kezelések során le lett mérve az edény és paraffin együttes tömege, kezelés előtt és után is, próbatestek nélkül. Ebből meg tudtuk állapítani a hiányzó paraffin mennyiségét.

2. táblázat Paraffin felvétel

	Bükk paraffin felvétel (%)	Erdei fenyő paraffin felvétel (%)
Paraffin + Hőkezelés 180 °C	21,43	70,80
Paraffin + Hőkezelés 200 °C	13,65	45,76

Hőkezelés során a bükkről elmondható, hogy a magasabb hőmérsékleten való kezelés nagyobb tömegvesztést okoz. Ezt logikusan is lehet gondolni, azonban az erdeifenyőnél a kisebb hőmérsékleten való sima hőkezelés során volt nagyobb a tömegvesztés, ahogy azt a 2. táblázatban is láttuk. Paraffinos hőkezelés során az erdeifenyőnél és a büknél is a 180 °C-os kezelésnél lett nagyobb a tömegvesztés. Ez az eltérés valószínűleg anyagi jellemzőkre vezethető vissza. Általánosságban úgy kellene lennie, hogy minél magasabb hőmérsékleten hőkezeljük a faanyagot, annál nagyobb tömegvesztéssel kell számolnunk. Paraffin felvételnél a 2. táblázatban látható, hogy az erdeifenyő jóval több paraffint szívott magába. A 2. táblázat adatai alapján arra is tudunk következtetni, hogy minél magasabb hőmérsékleten végezzük a kombinált modifikációt, annál kevesebb telítőanyagot fog felvenni a faanyag. Ennek valószínűsíthető oka a kisebb tömegvesztés és a kisebb mértékű sejtfaldegradáció.

Összefoglalás

Hőkezelésnél nagyon fontos a menetrend megfelelő beállítása. Ezt sikerült tartanunk, és a két menetrend között csak a kezelési hőmérsékletet változtattuk meg. A sima hőkezelt anyagok a várt eredményeket hozták. Bükk faanyag esetén és a 200 °C-os kezelés során a tömegvesztés nagyobb lett, mint a 180 °C-os kezelés esetében. Az erdeifenyőnél ezt éppen fordítva mutatták a számítások, azonban nem volt nagy különbség a 180 °C-os és a 200 °C-os kezelés utáni tömegvesztések között. A paraffinban hőkezelt anyagok nagyon jó értékeket mutattak. A kezelések során az is kiderült, hogy a 180 °C-os kezelés során több paraffint tudtak felvenni az anyagok, mint a 200 °C-os kezelés esetében. A színbeli változások is a várt eredményeket hozták. A sima hőkezelésnél az anyagok barnábbak lettek, míg a paraffint felvett anyagok nagyon sötétek.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészlet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

BAK M. (2016): Termikus modifikáció folyadékokban. Magyar Asztalos, 2016 augusztus
GRAMCOSCHOOLSUPPLIES (2020): Paraffin

<[HTTPS://WWW.GRAMCOSCHOOLSUPPLIES.COM/PARAFFIN-WAX-10-LB-SLAB.HTML](https://www.gramcoschoolsupplies.com/paraffin-wax-10-lb-slab.html)>

Megtekintve: 2020.08.17.

MOLNÁR S. (2000): Faipari kézikönyv I. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron
MOLNÁR S. – BARISKA M. (2002): Magyarország ipari fái. Szaktudás Kiadóház, Budapest
NÉMETH R. – BAK M. – CSORDÓS D. (2012): Thermische Modifizierung von Buche und Pappel mittels Paraffin. Holztechnologie Zeitschrift
WIKIPEDIA (2020): Paraffin. <[HTTPS://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PARAFFIN](https://hu.wikipedia.org/wiki/Paraffin)> Megtekintve: 2020.08.17.

PARAFFINNAL TELÍTETT ÉS HŐKEZELT FAANYAGOK VIZSGÁLATA – 4. RÉSZ

KELEMEN NORBERT, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

A faanyagok sokféleségét tovább szaporítja a modifikációs eljárásokban rejlő rengeteg lehetőség. Új technológiákat kell kitalálni, kutatni, melyek növelik a faanyag életciklusát és védik is őket. Ez utóbbi előtérbe került, mert a fenyők kültérben való használata eléggé elterjedt, s mivel ezek tartóssága elég alacsony, szüksége van faanyagvédelemre. Azonban ez sem a legjobb megoldás, hiszen a különböző kezeléseken átesett faanyagok valamilyen védőszert szívtak magukba, melyek a fa-anyag elégetésekor a levegőbe kerülnek, ezzel pedig szennyezik azt. A megoldás tehát a faanyagok modifikációja lehet, amivel a faanyagunk tulajdonságait javíthatjuk annak érdekében, hogy minél hosszabb életciklust megérjen és legvégső stádiumában sem hordoz sok károsító tényezőt. A faanyag modifikálásának fejlődésével a védőszerek visszaszorulnak, így a modifikációs eljárások elterjednek az iparban és folyamatosan fejlődnek. Modifikációval javítható a gomba- és rovarállóság, a zsugorodás-dagadás és a deformálódás is. A kutatás céljából azt tűztük ki, hogy a már jól ismert levegőn történő hőkezelésen felül egy valamelyest szintén eddig is kutatott eljárást, a paraffinnal való telítést hajtsunk végre a famintákon.

A hőkezelés során a faanyag nedvességtartalmát olyan szintre be tudjuk állítani, hogy azt semmiféle károsító nem tudja megtámadni. A faanyag hőkezelése során a sejtfal degradálódik, és a faanyag színe is megváltozik. Hőkezelésnél fontos tudni, hogy minél egyenletesebb a hőkezelő közeg jellege, annál egyenletesebb hőelosztást tudunk elérni, így a kezelés után a faanyagunk jellemzői is sokkal egyenletesebbek lesznek. Hőkezelés során szilárdságcsökkenéssel, tömegveszteséggel kell kalkulálni és az anyag ridegebbé is válik. Jelentősen mérsékelhetjük a vízfelvételt. A legnagyobb mennyiségű védőszert telítéssel lehet bevinni a fába. A telítendő anyagot zárt telítőhengerben védőszer folyadék veszi körül, amit nagy nyomással préselnek bele a fába. Megfelelő technológia és védőszer alkalmazásával a teljes keresztmetszet telíthető, ezután nagyfokú védettséget élvez a faanyag. A telítendő anyag mérete, állapota, tisztasága, nedvességtartalma erőteljesen befolyásolja a telítés folyamatát és a felvevőképességet (MOLNÁR 2000, BAK 2016, NÉMETH ÉS TSAI. 2012).

Az általunk használt paraffin viasz – a sok szénatom miatt – szilárd halmazállapotban fordul elő. A paraffin viasz fehéres színű, viaszos tapintású anyag, mely szilárd állapotában szagtalan. Olvadáspontját 47–64 °C között határozták meg, attól függően, hogy milyen hosszúak a molekulák. A paraffin viasz sűrűsége 0,9 g/cm³. Vízben nem oldódik, de szerves oldószerekben – mint pl. benzolban, éterben – könnyen oldható. A paraffin kémiai jellegéből adódóan nem mérgező anyag (WIKIPEDIA 2020). A faanyag a felvett nedvesség hatására képes megdagadni. A dagadás mértéke a különböző anatómiai irányokban eltérő, mértékét első-sorban a faanyag sűrűsége és nedvességtartalma határozza meg, azonban befolyásoló tényező a szöveti szerkezet és a kémiai összetétel is. A gyártásban lévő faanyagok és használatban lévő fatermékek estében a zsugorodás-dagadás okozta méret- és alakváltozások (pl. vetemedés) jelentik a faiparban a legnagyobb problémákat (MOLNÁR 2000).

Anyagok és módszerek

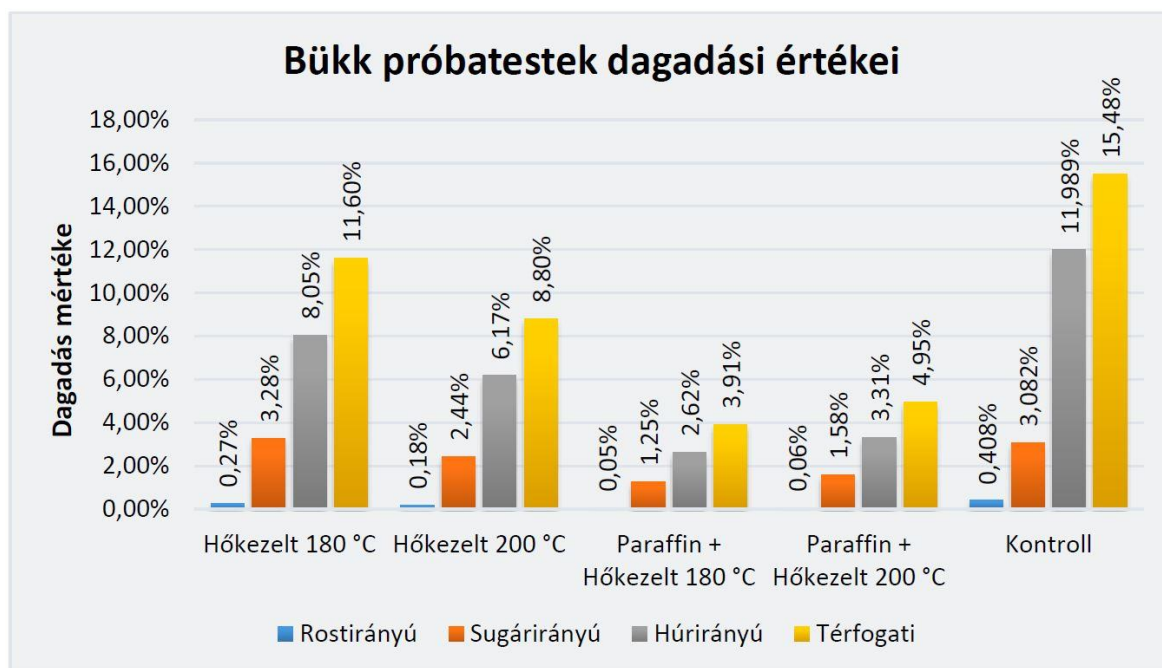
Két fafajt, bükköt (*Fagus sylvatica*) és erdeifenyőt (*Pinus sylvestris*) alkalmaztunk a vizsgálatokhoz. Bemutatásuk a cikksorozat előző részében található meg.

A tervezett faanyag-modifikációkat egyszerre végeztünk el. Az egyik csoport csak hőkezelést, a másik csoport pedig paraffinnal való telítést és hőkezelést is kapott. Mindkét csoport kezelése kétféle hőmérsékleten, 180 °C-on és 200 °C-on történt. Számítottuk a paraffin felvételt és vizsgálatuk a minták színváltozását is. A próbatesteken a színmérést három helyen végeztük el a kezeléseket előtt és után. A mérőeszköz által rögzített adatokból meghatároztuk a Δa -t, a Δb -t és a ΔL -t, melyekből megkaptuk a színíngert-különbséget.

A zsugorodás-dagadás mérésénél a próbatestek klimatizáló helyiségből való kivétele után lemértük azok kiindulási méreteit, tömegeit. A próbatestek 8 napig áztak a vízben, majd kivettük őket és minden méretét az előzőekhez hasonlóan lemértük, majd összehasonlítottuk a kiinduló méretekkel. 3 pontos elrendezéssel végeztük hajlító-vizsgálatokat. A vizsgálatot Instron szilárdságvizsgáló géppel végeztük, a számítógépes vezérlést pedig a BlueHill programon keresztül. Nyomószilárdságot is vizsgáltunk, a próbatestek száliránya és a nyomófelületek merőlegesek voltak egymásra.

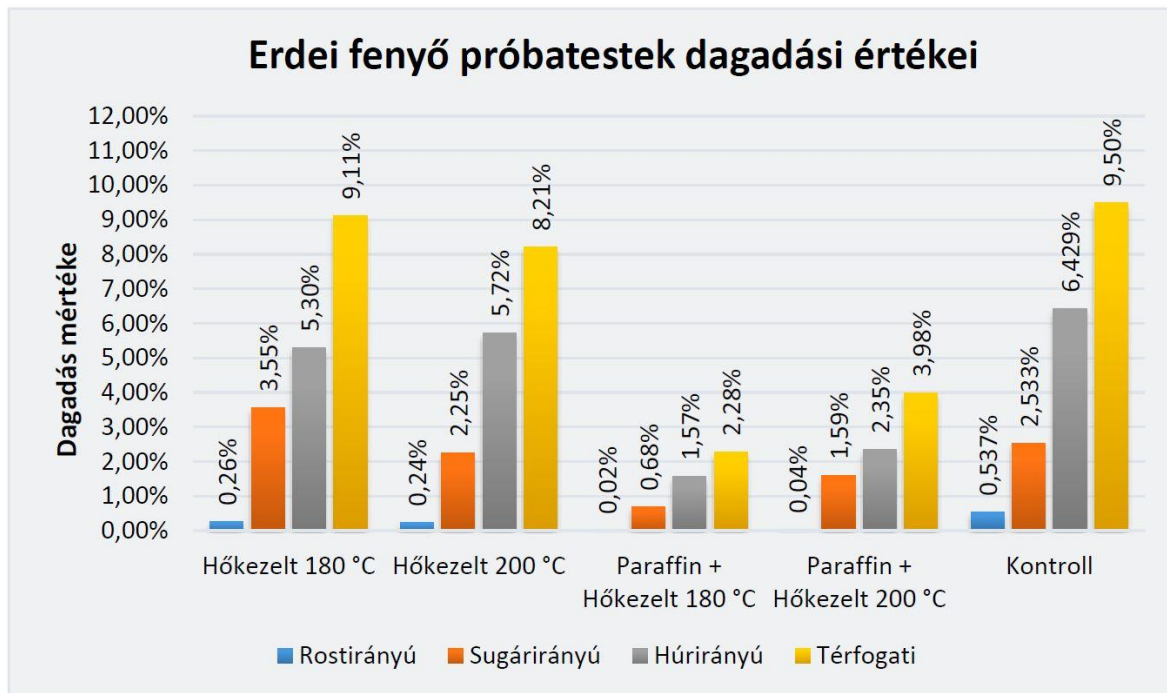
Eredmények és értékelés

Az 1. ábrán láthatóak a bükk próbatestek dagadási mértékeinek változásai az egyes kezelésekre hatására. A diagramon látható, hogy a mindegyik kezeléstípus javított a dagadás mértékén, vagyis kisebbek lettek, mint a kontrollcsoport értékei. A 180 °C-on hőkezelt bükk anyag rostirányú dagadása körülbelül felére csökkent, sugárirányú dagadása nem változott, húrirányú dagadása kb. 3%-kal csökkent, valamint térfogati dagadása is majdnem 4%-ot javult a kontrollcsoportéhoz képest. 200 °C-os hőkezelés hatására még tovább csökkentek ezek az értékek. Rostirányban 0,3%-ot, sugárirányban 0,6%-ot, húrirányban majdnem 6%-ot és a térfogati dagadás majdnem 7%-ot csökkent a kontroll anyaghoz viszonyítva. A paraffinos hőkezelések még jobb eredményeket hoztak. A 180 °C-on végzett kombinált kezelés értékei lettek a legjobbak. Rostirányban szinte semmit, csupán 0,05%-ot dagadtak az anyagok, sugárirányban ez az érték 1,25% lett, a húrirányú érték nagyon sokat változott, majdnem 10 %-kal csökkent, a térfogati dagadás pedig majdnem 12%-kal javult. A 200 °C-os kombinált eljárás próbatestjei rostirányban szinte semmit nem dagadtak, sugárirányban, húrirányban és a térfogati dagadás sem javult annyit, mint a 180 °C-os kombinált eljárás anyagainál. Azonban így is jelentős a javulás a kontroll anyaghoz képest.



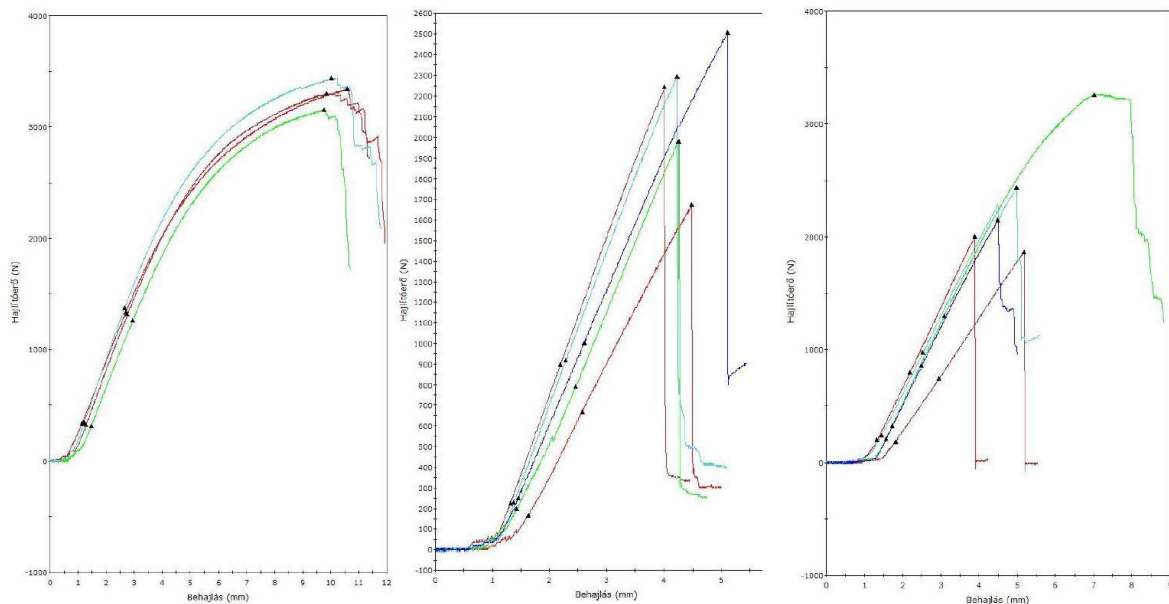
1. ábra Bükk minták dagadási értékei

A 2. ábra mutatja az erdefenyő értékeinek változását. A 180 °C-on hőkezelt faanyag rostirányú dagadás felére csökkent a kontrollcsoport dagadásának, sugárirányban rosszabb értékeket kaptunk, a húrirányú dagadás kb. 1%-ot csökkent, a térfogati dagadási érték csupán 0,4%-ot csökkent. A 200 °C-on hőkezelt anyagok dagadási értékei többet változtak. A rostirányú dagadás majdnem ugyanaz, mint az előbb, a sugárirányú viszont csökkent, de csak nagyon minimálisat. A kontrollcsoportéhoz viszonyítva 0,3%-ot. A húrirányú érték a kontroll anyaghoz képest 0,7%-ot csökkent, a térfogati dagadás pedig 1,3%-ot. A paraffinnal telített anyagok jobb eredményeket hoztak. A 180 °C-on telített és kezelt anyagok rostirányban mindössze 0,02%-ot dagadtak, a sugárirányú dagadás majdnem 2%-ot csökkent, a húrirányú majdnem 5%-ot, a térfogati dagadás pedig 7,2%-ot javult. A 200 °C-on telített és hőkezelt anyagok hasonlóan jó eredményeket hoztak, de nem annyira, mint a 180 °C-on végzett kezelésnél. A 200 °C-on kezelt, telített anyagoknál rostirányban hasonló a mutató, mint az előbbi kezelésnél. Sugárirányú dagadás a kontroll anyaghoz képest csökkent 1%-ot, a húrirányú 4%-ot, a térfogati dagadás pedig 5,5%-kal javult.



2. ábra Erdeifenyő minták dagadási értékei

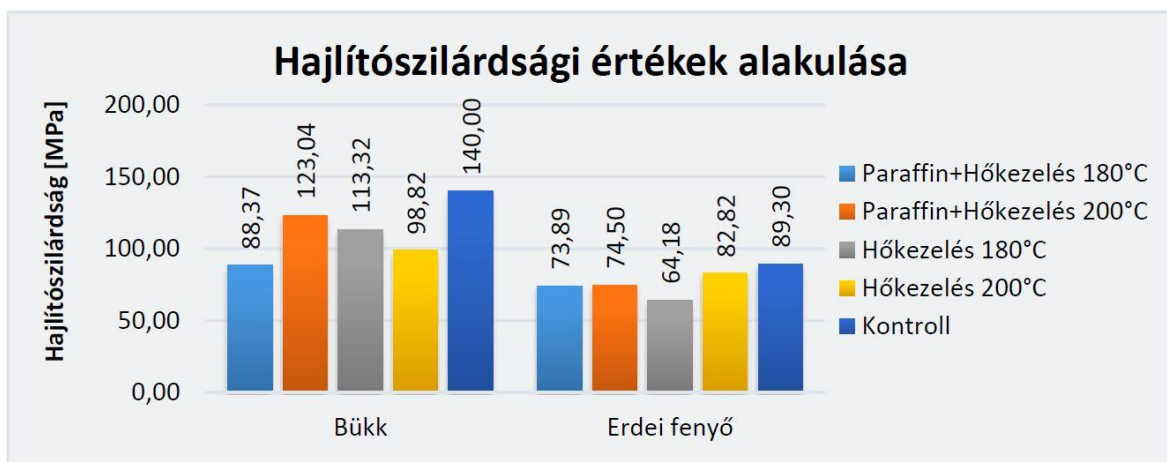
A 3. ábrán látható grafikonokat összehasonlítva azt mondhatjuk, hogy a kezelésen átesett anyagok ridegebbek lettek. Ha megnézzük a grafikonokat, láthatjuk, hogy a kezelt anyagok ridegen törtek. Ez abból derül ki, hogy a maximális erő elérése után hirtelen leesik az erő értéke. Normál esetben olyan grafikonokat kell kapnunk, mint a 3.bal ábrán látható grafikonok.



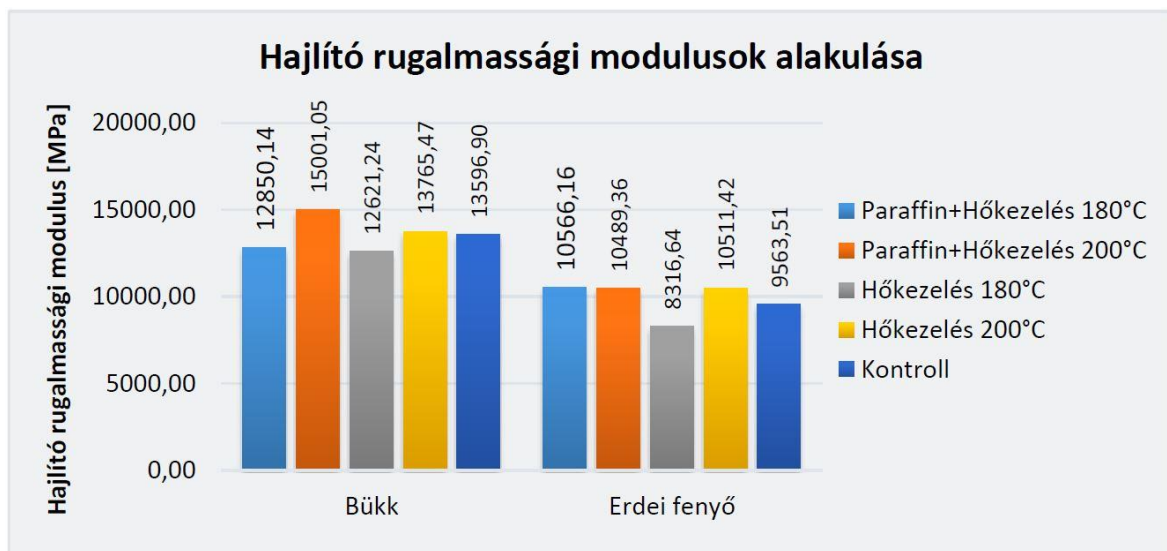
3. ábra Mérési diagramok – Kontrollcsoport; Sima hőkezelt csoport; Paraffinban hőkezelt csoport

A 4. ábrán láthatóak a hajlítószilárdsági adatok. A diagramokról leolvasható, hogy mindkét fafaj esetén a kezelések hatására romlott a szilárdság. Bükk esetében a 180 °C-os paraffinos hőkezelés adta a legrosszabb értéket, utána pedig a sima 200 °C-os hőkezelés. A 200 °C-os

paraffinban végzett hőkezelés mutatja a legkisebb szilárdságromlást. Erdeifenyő esetén teljesen máshogy alakultak a szilárdságok. A legnagyobb romlást a 180 °C-os hőkezelés okozta, azután következik mindkét hőfokon végzett paraffinos kezelés, és a legkisebb romlást a sima 200 °C-os hőkezelés mutatja. A hajlító rugalmassági modulusok (5. ábra) vegyes tulajdonságokat mutatnak. Büknél a sima 180 °C-os hőkezelés és a 180 °C-on végzett paraffinos telítés alacsonyabb rugalmassági modulusot eredményezett, vagyis ezekkel a kezelésekkel a bükk faanyag rugalmasabb lett. A 200 °C-os sima hőkezelt próbatetek nagyjából együtt mozognak a kontrollcsoport értékeivel. A 200 °C-on végzett paraffinos kezelésen átesett próbatetek rugalmassági modulusa nagyobb, mint a kontrollcsoporté, vagyis keményebb, ridegebb anyagokra engednek következtetni. Erdeifenyő esetén a 180 °C-os hőkezeléssel kezelt próbatetek rugalmassági modulusa alacsonyabb lett, mint a kontroll anyagé, vagyis ezek rugalmasabbak lettek. A többi kezelés nagyjából ugyanolyan eredményeket mutat. Ezeknél a rugalmassági modulus nagyobb lett, vagyis a faanyag ridegült, keményedett.



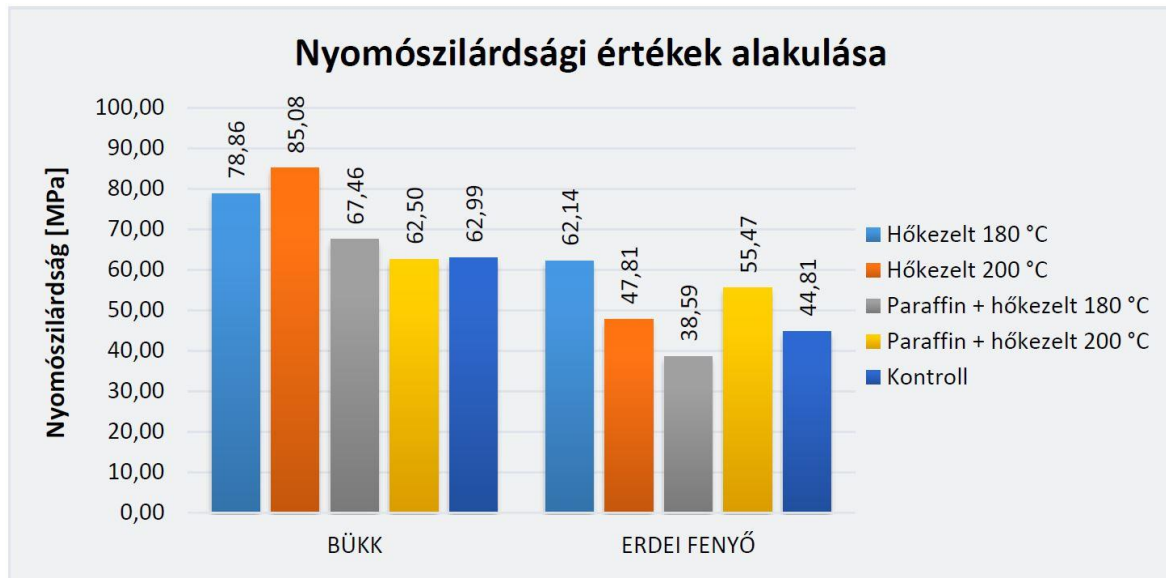
4. ábra Hajlítószilárdsági értékek



5. ábra Hajlító rugalmassági modulusok

A nyomószilárdsági értékek (6. ábra) bükk esetén általában növekedtek. A sima hőkezelések által készült próbatetek nagyobb nyomószilárdsági értékeket mutatnak, vagyis ellenállóbbak lettek.

a faanyag a nyomó igénybevételekkel szemben. A legkimagaslóbb érték a 200 °C-os sima hőkezeléshez tartozik. Utána következik a sima hőkezelés 180 °C-on, aztán a 180 °C-on végzett paraffinos telítés. A 200 °C-on végzett paraffinos kezelésnél minimálisan csökkent a nyomószilárdság a kontrollcsoporthoz képest. Erdeifenyőnél eltérő eredmények születtek. A sima hőkezelések itt is magasabb nyomószilárdságokkal párosíthatók, azonban pont fordítva van a sorrend, mint a büknél. Itt a 180 °C-os hőkezelés adta vissza a legnagyobb értéket. Utána a második a 200 °C-on végzett paraffinos telítés következik. Ezután a 200 °C-on hőkezelt anyagok következnek. Ennek a három kezelésnek nagyobb nyomószilárdságot mutatnak az eredményei a kontrollcsoport értékeinél. A paraffinos telítés 180 °C-on kisebb nyomószilárdságot eredményezett, mint a kontrollcsoport nyomószilárdsága.



6. ábra Nyomószilárdsági értékek

Összefoglalás

A faanyagok és azok különféle tulajdonságainak sokféleségét tovább szaporítja a modifikációs eljárásokban rejlő rengeteg lehetőség. A kutatás céljából azt tűztük ki, hogy a már jól ismert levegőn történő hőkezelésen felül egy valamelyest szintén eddig is kutatott eljárást, a paraffinnal való telítést hajtsunk végre a famintákon. A cikksorozatunk első két része az alkalmazható és alkalmazott eljárásokat és anyagokat mutatja be, míg a második két része – a jelen befejező cikket is beleértve – az eredmények és következtetések taglalásával foglalkozik. Hőkezelésnél nagyon fontos a menetrend megfelelő beállítása. Ezt sikerült tartanunk, és a két menetrend között csak a kezelési hőmérsékletet változtattuk meg. A sima hőkezelt anyagok a várt eredményeket hozták. Bükk faanyag esetén és a 200 °C-os kezelés során a tömegvesztés nagyobb lett, mint a 180 °C-os kezelés esetében. Az erdeifenyőnél ezt éppen fordítva mutatták a számítások, azonban nem volt nagy különbség a 180 °C-os és a 200 °C-os kezelés utáni tömegvesztések között. A paraffinban hőkezelt anyagok nagyon jó értékeket mutattak. A vízfelvételt, vagy párafelvételt tekintve kaptuk a legmeglepőbb eredményeket. A dagadási értékek közül a 180 °C-on való paraffinban végzett hőkezelés mutatta a legjobb eredményeket. Ezzel a kezeléssel sikerült minden irányú dagadási értéket több, mint felére csökkenteni. A kezeléseknél az is kiderült, hogy a 180 °C-os kezelés során több paraffint tudtak felvenni az anyagok, mint a 200 °C-os kezelés esetében. Szilárdsági vizsgálatok tekintetében a nyomószilárdság a sima hőkezelések hatására növekedett a legnagyobb mértékben. A

hajlítószilárdsági értékek elég változóan alakultak, azonban a hajlító rugalmassági modulusok esetén a 200 °C-os kezelések növelték legjobban a modulus értékét. Ez azt jelenti, hogy a 180 °C-os kezelés hatására az anyagok nem lettek annyira ridegek, mint a 200 °C-on kezelt anyagok. A színbeli változások is a várt eredményeket hozták. A sima hőkezelésnél az anyagok barnábbak lettek, míg a paraffint felvett anyagok nagyon sötétek.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BAK M. (2016): Termikus modifikáció folyadékokban. Magyar Asztalos, 2016 augusztus
- GRAMCOSCHOOLSUPPLIES (2020): Paraffin
<[HTTPS://WWW.GRAMCOSCHOOLSUPPLIES.COM/PARAFFIN-WAX-10-LB-SLAB.HTML](https://www.gramcoschoolsupplies.com/paraffin-wax-10-lb-slab.html)> Megtekintve: 2020.08.17.
- MOLNÁR S. (2000): Faipari kézikönyv I. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron
- MOLNÁR S. – BARISKA M. (2002): Magyarország ipari fái. Szaktudás Kiadóház, Budapest
- NÉMETH R. – BAK M. – CSORDÓS D. (2012): Thermische Modifizierung von Buche und Pappel mittels Paraffin. Holztechnologie Zeitschrift
- WIKIPEDIA (2020): Paraffin. <[HTTPS://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PARAFFIN](https://hu.wikipedia.org/wiki/Paraffin)> Megtekintve: 2020.08.17.

PARAFFINNAL TELÍTETT ÉS HŐKEZELT FAANYAGOK VIZSGÁLATA – 5. RÉSZ

KELEMEN NORBERT, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

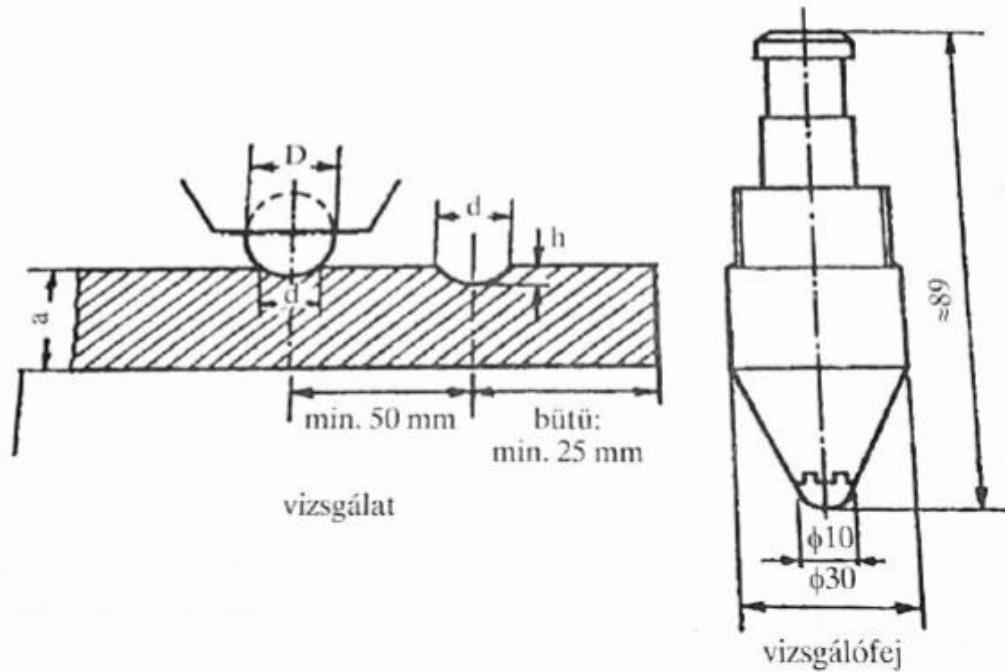
Bevezetés

Cikksorozatunk első részében ismertettük a famodifikációs eljárásokat, illetve a paraffinnal való telítést, majd rátértünk a vizsgálataink eredményeire. Bemutattuk, hogy a kezelés következtében hogyan alakult a bükk és erdeifenyő faanyag paraffin felvétele, tömegvesztése, sűrűsége, színe, egyensúlyi fanedvessége, térfogati zsugorodása-dagadása, nedvesíthetősége, hajlítószilárdságra, ütő-hajlítószilárdságra. Ebben a cikkben pedig a kezelés nyomászilárdságra és keménységre való hatását fogjuk taglalni.

Anyagok és módszerek

A faanyag keménységének legnagyobb szerepe az adott termék felhasználása közben van, ugyanis ekkor kell benyomódásmentesen ellenállnia a terheknek. Továbbá nagyon fontos tudnunk a mechanikai megmunkálásokhoz, hiszen a technológiai paraméterek, eszközök és szerszámok megválasztásához nagyban hozzájárul a faanyag keménysége. Minél keményebb egy faanyag, annál erősebben koptatja a faipari szerszámok életét, és annál nehezebb a megmunkálása is. A keménység mindezek mellett tulajdonképpen az adott felület szilárdságát, egy másik test általi benyomódással szembeni ellenállóságát jellemzi. A keménység szoros összefüggésben áll a faanyag sűrűségével, és nagyban befolyásolja a faanyag szilárdságát, kopásállóságát és megmunkálhatóságát. A keménység alapján megkülönböztetünk puha- és keményfákat.

A keménységmérésnek két eljárását szabványosították, ezek a Janka-féle eljárás és a Brinell-Mörath-féle keménységmérés. Méréseink során mi ez utóbbit végeztük el a fent említett statikus keménységvizsgálati módszerek közül. A Brinell-Mörath-féle keménységvizsgálati eljárás manapság a legelterjedtebb keménységmérési módszer (1. ábra). A mérés során csoportonként 10-10 próbatestet alkalmaztunk. A keménységvizsgálat esetén egy 10 mm átmérőjű acélgolyót nyomunk a felületbe különböző méretű erőkkel. Európai fafajok esetén ez az erő 500 N, nagyon kemény trópusi fáknál 1000 N, és a nagyon puha fáknál 100 N.



1. ábra Brinell-Mörath-féle keménységmérési eljárás (MOLNÁR 2004)

Teszteltük az ütő-hajlító szilárdságot is, mely a dinamikus, lökésszerű, gyors erőhatásokkal szembeni ellenállóképességet vizsgálja. E dinamikus szilárdság jellemzésére a töréshez szükséges munkát alkalmazzuk, melyet akkor kapunk, amikor az erők az anyag eltörését előidéznek. A méréshez a Charpy-féle ütőművel végzett lengőkalapácsos módszer terjedt el leginkább. A módszerrel a fajlagos törő munka fejezhető ki, ami pedig nem más, mint amit a kalapács az anyagtöréskor kifejt. A mérésekhez a hajlító-szilárdsági vizsgálatnál alkalmazott méretű próbatesteket használtunk, vagyis a próbatestek hossza 300 mm, keresztmetszete 20 x 20 mm, a test felfekvési távolsága pedig 240 mm, szabad felfekvése 210 mm. A vizsgálat során csoportonként 8-8 próbatestet alkalmaztunk. A vizsgálat során a 2. ábraán látható Charpy-féle ütőművet használtuk.



2. ábra A Charpy-féle ütőmű

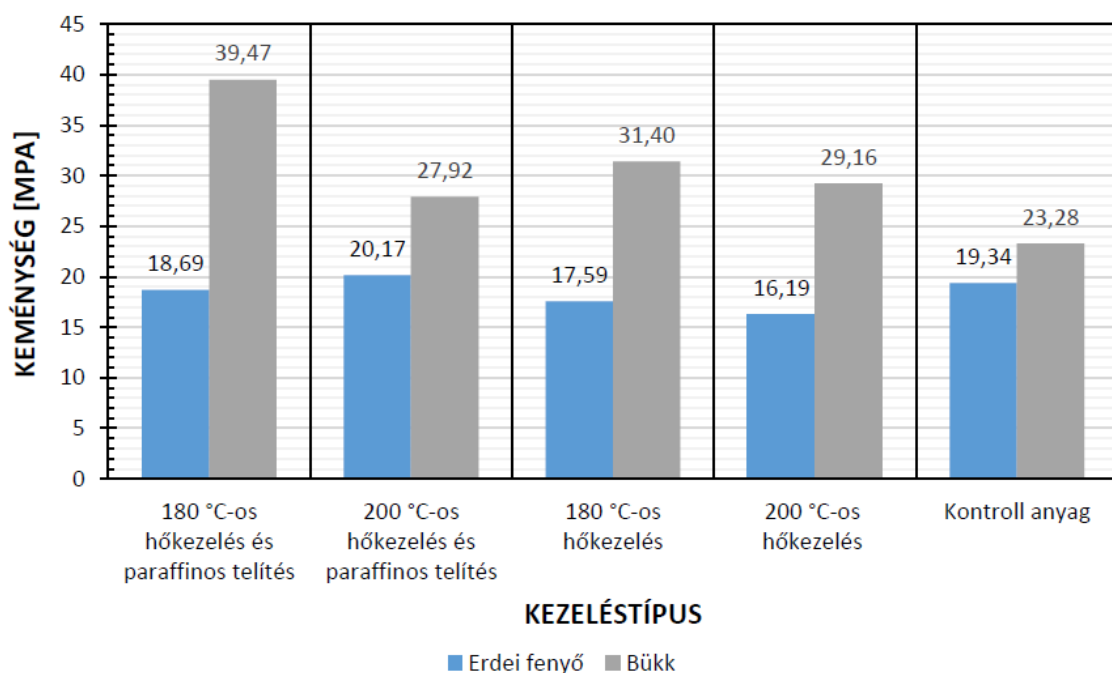
Eredmények és értékelés

A 3. ábraán láthatók a keménységmérés során kapott eredményeink. Erdeifenyő esetén a hagyományos hőkezelt anyagok kisebb keménységet mutatnak a kontroll anyaghoz képest. A 180 °C-on hőkezelt anyagok keménysége nagyjából 9%-kal, a 200 °C-on hőkezelt erdeifenyőké pedig kb. 16,3%-kal lett kisebb. A paraffinos kezelések nem eredményeztek nagy különbségeket. A 180 °C-on végzett paraffinos kezelés esetén a keménység meglehetősen kis mértékben változott csak, hiszen a csökkenés nagyjából 3,4%-os. 200 °C-os paraffinos

kezelésnek alávetett anyagoknál némi növekedés figyelhető meg, azonban ez a növekedés is csupán 4,3% körüli.

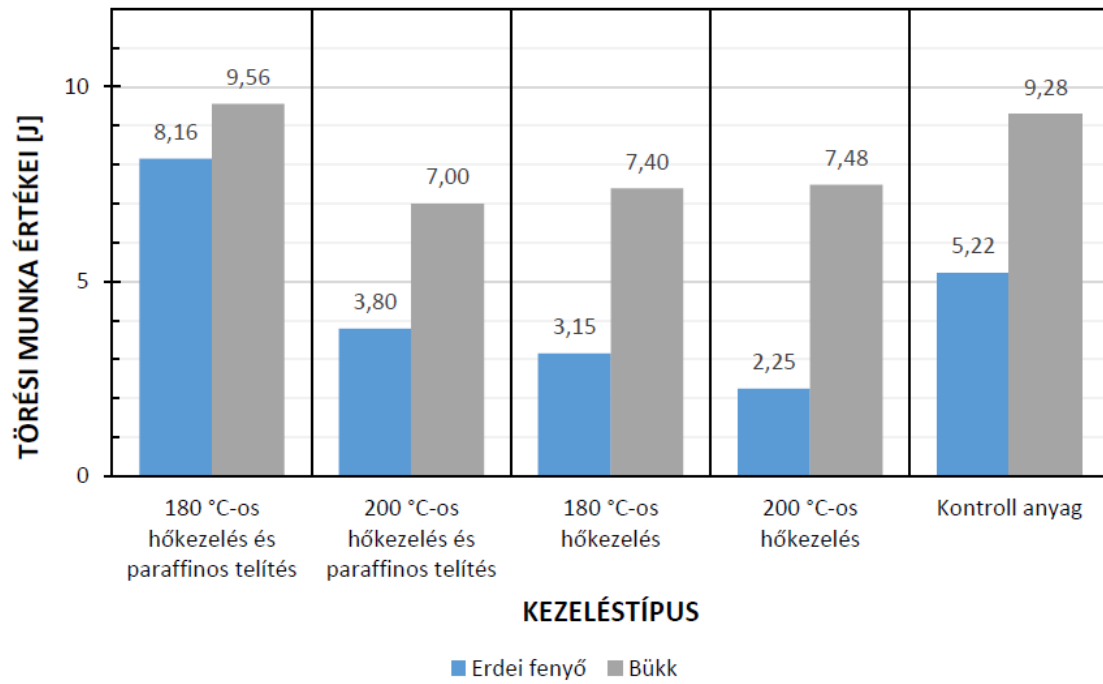
Bükk faanyagok esetén már nagyobb eltéréseket kaptunk, itt minden kezelt csoport esetén növekedés figyelhető meg. A sima 180 °C-on hőkezelt bükk anyagok keménysége nagyjából 34,9%-kal növekedett. A 200 °C-on hőkezelt anyagoknál nincs ekkora eltérés, itt a kontrollanyaghoz viszonyított növekedés mértéke 25,2% körüli. A legjobb eredményt a 180 °C-on paraffinnal telített és hőkezelt anyagoknál kaptuk, itt a keménység nagyjából 69,6%-kal növekedett. A 200 °C-os paraffinos kezelésnél az anyagok keménysége kb. 19,9%-os növekedést mutat.

A Brinell–Mörath keménységmérési módszernél oldalfelületen való mérés esetén hibákhoz vezethet minket a faanyag késői és korai pásztája, ugyanis ezek keménysége különböző, azonban ez csak szélesebb évgyűrűk esetén okoz gondot.



3. ábra Vizsgált anyagok keménységének értékei

A 4. ábra szemlélteti az erdeifenyő és a bükk próbatesteken mért ütéshajlító szilárdsági vizsgálat eredményeit. A próbatestek törésképei is jól szemléltetik a kapott eredményeket (5. ábra).



4. ábra Vizsgált anyagok ütő-hajlító szilárdsága



5. ábra 180 °C-on paraffinban hőkezelt erdeifenyő (fent) és bükk (lent) törési képei

Az erdeifenyő anyagok esetén a 180 °C-on paraffinnal telített testeken mértünk nagyobb értéket, mint a kontroll anyagnál, az összes többinél alacsonyabb adatokat kaptunk. A 180 °C-os paraffinos hőkezelés során a törési munka nagyjából 56,3%-kal magasabb értéket kaptunk. A 200 °C-os paraffinos telítés során kapott anyagok törési munkája kb. 27,3%-kal csökkent. A hagyományos hőkezelést kapott anyagok esetén még kisebb értékeket kaptunk. A 180 °C-on hőkezelt anyagoknál a törési munka nagyjából 39,6%-kal csökkent. A 200 °C-os hőkezelés során pedig kb. 56,9%-kal lett kisebb.

Bükk faanyagok esetén is a 180 °C-on paraffinnal telített anyagok lettek a legjobbak, azonban nem sokkal jobbak, mint a kontrollanyag. A törési munka nagyjából 3%-ot javult a kontrollcsoportéhoz képest. A 200 °C-os paraffinos kezelés hatására az anyagok törési munkájára kb. 24,6%-kal kisebb értéket kaptunk. A 180 °C-os hagyományosan hőkezelt anyagok esetén a törési munka 20,3%-kal lett kisebb. A 200 °C-on hőkezelt anyagok szinte ugyanezt az eredményt hozták bükk esetén, a törési munka a kontroll anyaghoz képest 19,4%-kal lett rosszabb.

Összefoglalás

A hőkezelés és paraffinos hőkezelés hatására többnyire javulás tapasztalható a Brinell keménységi értékek tekintetében. Bükk esetében mind a hőkezelés, mind a paraffinos hőkezelés javulást eredményezett, 22–69%-kal növekedett a keménység kezeléstől függően. Itt a 180 °C-

os kezelések egyértelműen jobb eredményt adtak a 200 °C-hoz képest. Erdeifenyő esetében nem annyira számottevő a változás, és itt többnyire szilárdságcsökkenés tapasztalható.

A hőkezelés és paraffinban való hőkezelés hatására a bükk és erdeifenyő faanyaga ridegebbé vált, amit megfigyelhettünk a törésképeken. Az ütő-hajlítószilárdság csökkent a kezelések hatására, kivéve a 180 °C-os paraffinos hőkezelést, mely mindkét fafaj esetében növekedést eredményezett. A többi esetben 60–70%-ára csökkent az ütő-hajlítószilárdság kezeléstől és fafajtól függően.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

MOLNÁR S. (2004): Faanyagismeret, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest

PARAFFINNAL TELÍTETT ÉS HŐKEZELT FAANYAGOK VIZSGÁLATA – 6. RÉSZ

KELEMEN NORBERT, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

Cikksorozatunk első részében ismertettük a famodifikációs eljárásokat, illetve a paraffinnal való telítést, majd rátértünk a vizsgálataink eredményeire. Bemutattuk, hogy a kezelés következtében hogyan alakult a bükk és erdeifenyő faanyag paraffin felvétele, tömegvesztése, sűrűsége, színe, fa-víz kapcsolataira, mechanikai tulajdonságaira, ebben a cikkben pedig a kezelés tartósságra való hatását fogjuk taglalni.

A farontó gombák a faanyagok biotikus károsítói közé tartoznak, tulajdonképpen a faanyagon élő gombaszervezeteket foglalják magukba, melyek a fa fizikai-mechanikai tulajdonságait számunkra kedvezőtlenül befolyásolják. A gombák megváltoztathatják a faanyag színét, általában minden esetben csökkentik a szilárdsági jellemzőket, mert képesek lebontani a faanyag és annak sejtfalának fő alkotóelemeit, ami akár a károsodott faanyag széthullásához is vezethet. A gombák egy vagy több sejtéből felépülő telepes élőlények, melyek sejtjeit fal határolja. A fal anyaga lehet cellulóz és hemicellulóz, azonban a farontó gombák esetén kitin vagy kitinszerű is lehet, ugyanis a magasabb rendű gombák közé tartoznak. A gombákat táplálékuk alapján három csoportba sorolhatjuk. Első csoport a szaprofiták vagy korhadéklakók, melyek elhalt anyagokon jelennek meg. A második csoportba a paraziták tartoznak, melyek élő szervezetek anyagaival táplálkoznak. A harmadik csoport egy átmeneti csoport, ide tartoznak a nekrofiták, melyek az élő anyagok elhalt részeivel táplálkoznak.

A farontó gombák többsége ez utóbbi vagy az első csoportba tartozik. A farontó gombák alapvetően úgy dolgoznak, hogy a fát alkotó bonyolult szerkezetű szerves vegyületeket – mint a cellulóz vagy a lignin – alakítanak át egyszerűbb vegyületekké. A gombák enzimjei depolimerizációt indítanak el a faanyagban, melynek hatására, vele párhuzamosan a szilárdsági tulajdonságok is romlanak. A fertőzés és gombabontás csak akkor következik be, ha a környezeti feltételek arra megfelelőek. Ezek a környezeti tényezők a gazdanövény, a fertőzési kapu, nedvesség- és hőmérsékletviszonyok, levegő, fényviszonyok és egyéb feltételek. Gazdanövény tekintetében léteznek olyan gombák, melyek csak egy bizonyos fafajt károsítani, de vannak olyanok is, melyek szinte minden faanyagon. Élő faanyagon általában a geszt károsodik, döntött anyagon elsősorban a szijács. A faanyagok gombákkal szembeni ellenállóképességét és azok fafajonkénti eltérő mivoltát a fában lévő járulékos anyagok okozzák. Fertőzési kapu az a hely, ahol a gomba behatol a fába. Ilyen helyek lehetnek sebek, rovarjáratok, döntött faanyag esetén a vágási felület, száradás okozta repedések. Fontos, hogy a feldolgozott faanyag egész felülete ilyen fertőzési kapunak számít. Nedvességviszonyok tekintetében a gombák számára optimális nedvességtartalom általában 30–60%. Éppen ezért fontos a faanyagok megfelelő tárolása: rönktéren a rönkök locsolása, vizezése, vagy a fűrészáru leszárítása. A túl sok vagy a túl kevés nedvesség is a gombák pusztulásához vezethet. A magas páratartalom növeli a károsítás esélyét, ugyanígy az ingadozó hőmérséklet és az ingadozás miatti lecsapódott kondenzvíz is. A gombák életfeltételeihez 3–40 °C-os hőmérséklet

szükséges, optimumuk 8–30 °C között van, de léteznek szélsőséges hőmérsékletet is kibíró gombák is. Hőmérséklet alapján vannak alacsony, közepes és magas hőigényű farontó gombák is. A levegő jelenléte döntő fontosságú, ugyanis a gombák saját életfolyamataikhoz az energiát a szerves anyagok bontásával vagy más szóval elégetésével nyerik. A farontó gombáknak nincs szükségük fényre, sőt a közvetlen napfény gátolja a gombák növekedését. Egyéb feltételek közé tartozik a kémhatás. A gombák képesek a környezetük pH értékét megváltoztatni.

Anyagok és módszerek

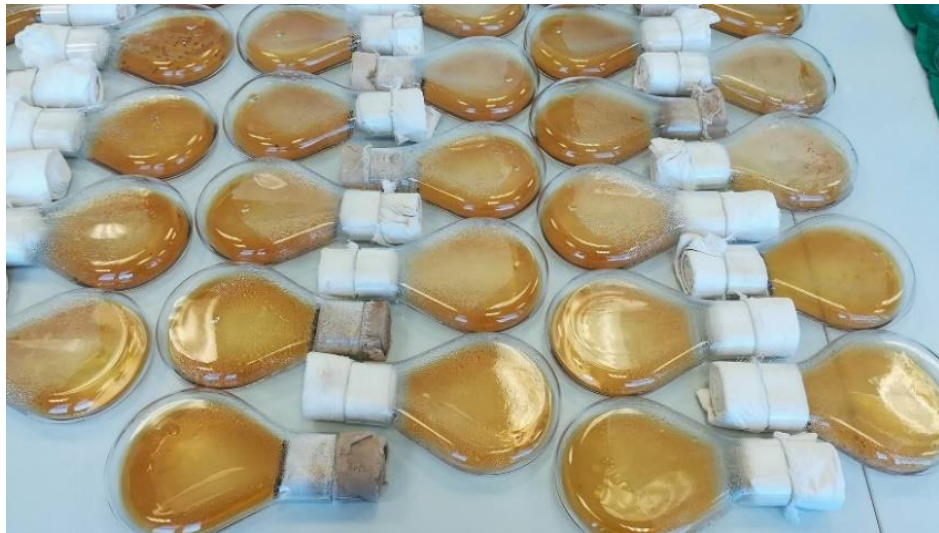
A gombaállósági vizsgálatokhoz a pincegombát választottuk (*Coniophora puteana*) (2. ábra). Termőtestének felülete sima vagy szemcsés, az aljzaton szétterül és legtöbbször ovális alakú, színe kezdetben fehéres, halványsárga, később barna színű sárgásfehér szegéllyel. Kezdetben vékony rétegben borítja az aljzatot, később kicsit megvastagszik és ha megszárad akkor törékennyé válik. Spórái barna színűek és elliptikusak, kötegei egy pontból indulnak és legyező alakban terjednek szét. A pincegomba nedvességi optimuma 50–60%, hőmérsékletoptimuma 22–24 °C. Egyaránt károsít a szabadban és az épületekben található faanyagokon is és ugyanúgy képes bontani a fenyőket és a lombos fafajokat is. A pincegomba vöröskorhasztó gombák közé tartozik, vagyis leggyakrabban pincékben átnedvesedett földemekben és bányákban jelenik meg, de előfordul olyan faanyagon is, melyet már egy másik gomba valamilyen szinten lebontott (MOLNÁR 2000).



2. ábra Pincegomba (*Coniophora puteana*) fiatal termőteste táptalajon

Laborkörülmények között a módosított faanyagok gombával szembeni ellenállóképességét az MSZ EN 113 szabvány alapján vizsgáltuk. A szabványban leírt módszer speciálisan a faanyagvédőszer hatékonyságának kimutatására irányul. A szabványban a védőszer, mint kezelő- vagy telítőanyag szerepel. Esetünkben vegyszerről nem beszélhetünk, azonban a paraffin kezelőszernek tekinthető. A paraffinos telítés és a hőkezelés is a faanyag teljes keresztmetszetét érinti, így a telített és a sima hőkezelésen átesett faanyagok is alkalmasak lesznek a vizsgálathoz. Első lépésként a Kolle-lombikok előkészítését végeztük. Ezután a

gombatenyészethez szükséges táptalajt készítettük el. A táptalaj elkészítéséhez maláta port használtunk, melyet desztillált vízben oldottunk fel. Egy liter desztillált vízben 48 g-nyi szárazanyagot oldottunk fel. Az oldódást követően a tápoldatokat a Kolle-lombikokba töltöttük, lombikonként 80 ml-t. A lombikokat a tápoldatok kitöltése után steril pólyával ledugóztuk, majd a lombikok sterilizálása autoklávban történt. A sterilizálás után az autoklávból kikerülő lombikokat a megfelelő oldalukra fektetve (3. ábra), szobahőmérsékleten tároltuk mindaddig, míg a tápoldat kocsonyás, géles állagú lett. Az így készített táptalajokra a pincegomba fonalait oltottuk, majd inkubátorszekrénybe helyeztük és megvártuk, míg a gomba teljesen belepi a táptalajt (4. ábra).



3. ábra Sterilizált, kész malátakivonatból készült táptalajok

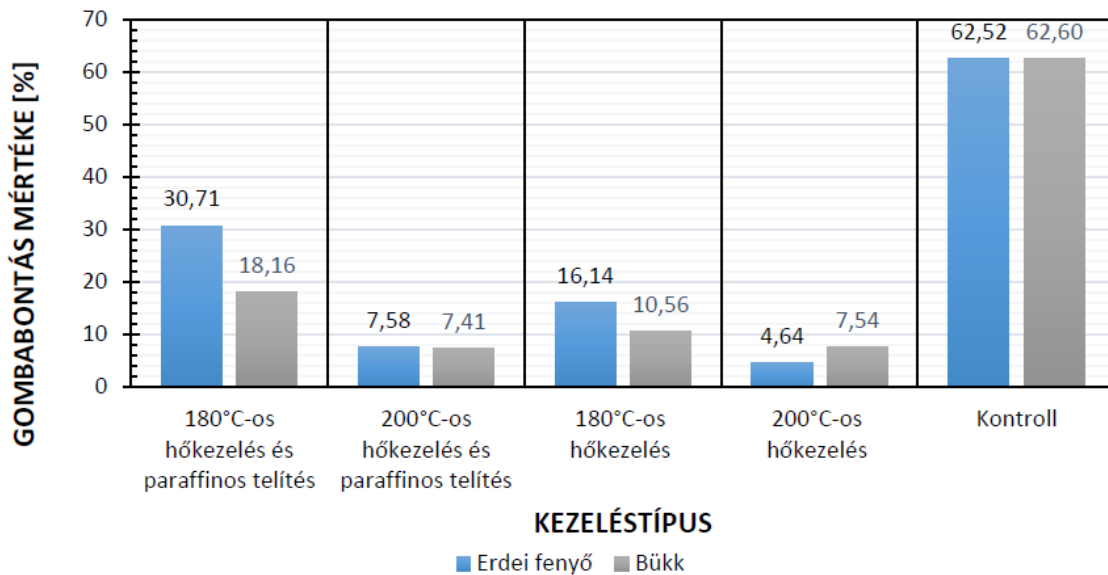


4. ábra A táptalajra már beoltott gomba

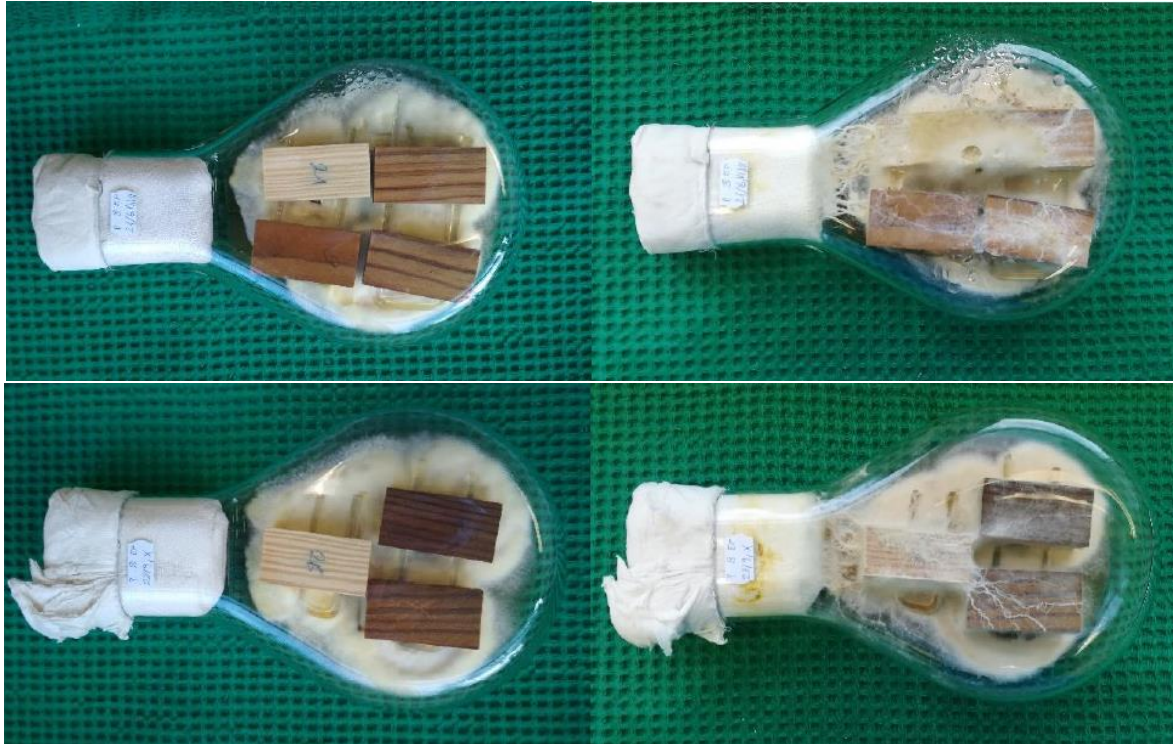
Mikor már majdnem teljesen belepte a táptalajt a gomba, a szabványban előírt méretű (50 x 25 x 15 mm) próbatesteket abszolút száraz állapotra szárítottuk le, kivéve a paraffinos próbatesteket, mert azokból valamennyi paraffin kifolyt volna és akkor már fenn állt a veszélye, hogy módosította volna a mérésünket. Az anyagok szárított tömegeinek lemérése után üvegpálca távtartókat alkalmazva a gombákra helyeztünk csoportonként 5-5 próbatestet, kontroll anyagból pedig 15-öt. A vizsgálatot a szabványban előírt 16 hétig végeztük. Ez idő lejártá után a próbatesteket kivettük a lombikokból, megtisztítottuk őket, lemértük a tömegeiket és ismételten szárítószekrénybe helyeztük, ahol abszolút száraz állapotra szárítottuk az immár gombabontásnak kitett próbatesteket. Ezután meg tudtuk határozni a gombabontás mértékét.

Eredmények és értékelés

A 5. ábra szemlélteti a gombaállósági vizsgálat során keletkezett gombabontások százalékos értékeit. Első körben annyit leszögezhetünk, hogy az összes kezelés javította az anyagok gombaállóságát a kontroll anyaghoz képest (5. és 7. ábra).

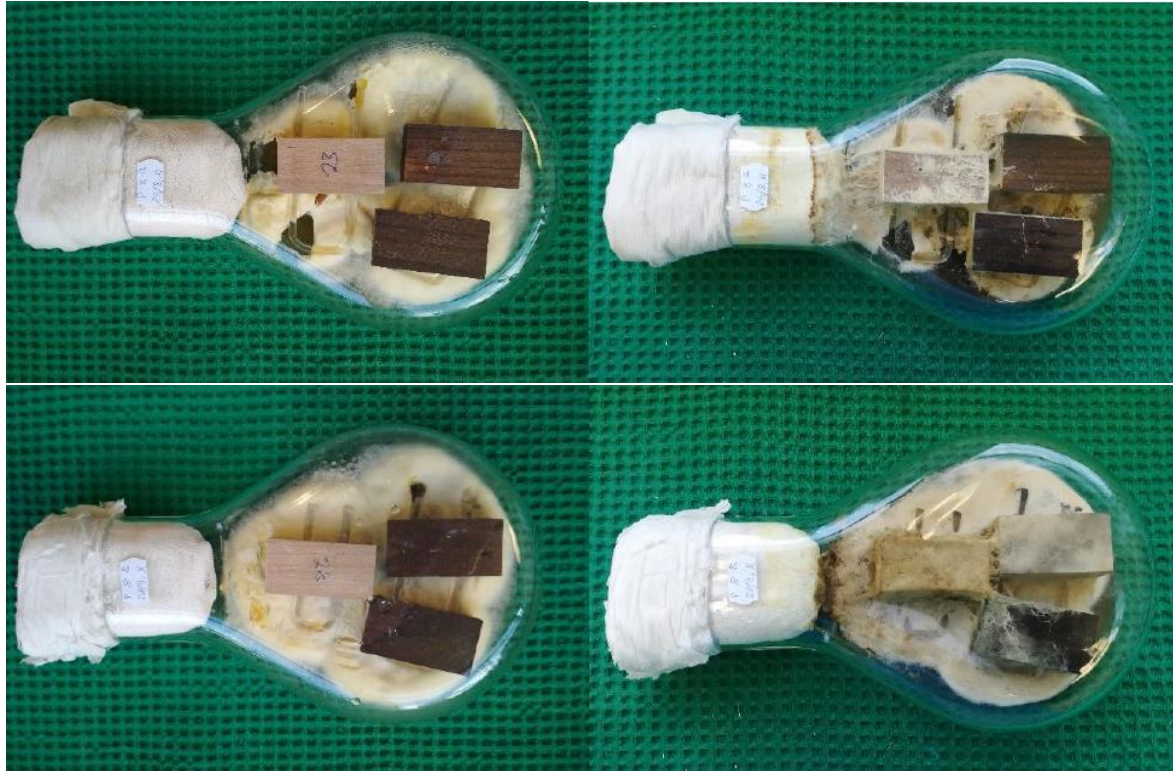


5. ábra Gombabontás százalékos értékei a vizsgált faanyagok tekintetében



6. ábra Kontroll, illetve 180°C (fent) és 200°C (lent) hőmérsékleten kezelt erdeifenyő próbatestek gombabontás előtt és után

Erdeifenyő esetén a legrosszabbnak a 180 °C-on végzett paraffinos hőkezelés minősült, azonban a gombabontás mértéke itt is nagyjából a kontroll anyagnál mért bontás értékének felére esett vissza. A 200 °C-os paraffinos kezelés hatására az anyagok gombaállósága jóval nagyobb mértékben javult, itt a gombabontás mértéke kb. 55%-kal kisebb volt, mint a kontrollanyag esetén. A sima hőkezeléseknél kapott értékek jobbak, mint a paraffinnal telített anyagoknál mért értékek. A 180 °C-os hőkezelést kapott faanyagok gombabontásának mértéke 16,14%, ami nagyjából 46%-kal kevesebb, mint a kontrollanyagnál. A legjobb eredményt a 200 °C-os sima hőkezelés mutatta, melynél a gombabontás mértéke majdhogynem 58%-kal javult. Bükk faanyag esetében is hasonlóan alakultak az eredmények. A 180 °C-on paraffinban hőkezelt anyagok esetén csökkent legkisebb mértékben a gombabontás mértéke, a csökkenés itt majdnem 45%. A 200 °C-os paraffinban hőkezelt anyagok esetén további csökkenés figyelhető meg, ahol a kontrollanyaghoz képest kb. 55%-os a csökkenés. A sima 180 °C-os hőkezelésen átesett anyagok esetében nagyjából 52%-kal csökkent a gombabontás mértéke. A 200 °C-on végzett hőkezelés hasonló eredményt mutat, mint a 200 °C-os paraffinos kezelés. Ennél a csoportnál a gombabontás mértékére 7,54%-ot kaptunk, ami kb. 55%-kal alacsonyabb érték, mint amit a kontrollcsoportnál mértünk.



7. ábra Kontroll, illetve 180°C (fent) és 200°C (lent) hőmérsékleten kezelt bükk próbatestek gombabontás előtt és után

Összefoglalás

A hőkezelés és paraffinban hőkezelés jelentősen javította a gombaállóságát az erdeifenyő és bükk faanyagoknak. Fafajtól és kezeléstől függetlenül legalább 50%-os javulásról beszélhetünk.

Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a 180°C-os kezelések kedvezőbb eredményt produkáltak a 200°C-os kezelésekhez képest. Emellett az is bebizonyosodott, hogy a paraffinos hőkezelés kevésbé javítja a tartósságot, mint a sima hőkezelés. Bükk esetén a 200 °C-os hőkezelés, erdeifenyő esetén a 200°C-os paraffinos hőkezelés produkálta a legjobb eredményt.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

MOLNÁR S. (2000): Faipari kézikönyv I., Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron

FAANYAGOK KÉTSZERI ROSTIRÁNYÚ TÖMÖRÍTÉSE - 1. RÉSZ

KOVÁCS GÁBOR JÓZSEF, RÓNYAI BALÁZS, NÉMETH RÓBERT

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

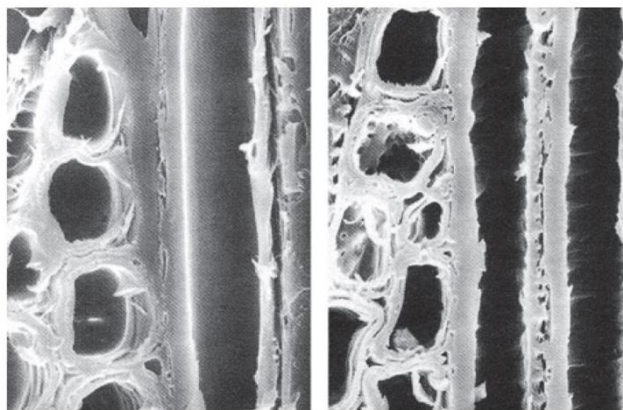
A faanyagok modifikációja nagy fontosságú felhasználásuk szempontjából, ezen belül elkülönülnek fizikai, kémiai és mechanikai eljárások. Ezek célja minden esetben valamely tulajdonság kedvezőbbé tétele. Az eltérő modifikációk eltérő tulajdonságváltozást eredményeznek, pl.: olajos telítés hatására, jobb tartósság bekövetkezése.

A tömörítés a mechanikai modifikációk csoportjába tartozik, mely során a faanyagot külső nyomóerő hatására maradandó alakváltozásra készítjük. Elkülönítünk ezen belül rostra merőleges és rosttal párhuzamos tömörítési módokat. Az általunk elvégzett vizsgálatok a rosttal párhuzamos tömörítési eljárásra korlátozódnak. A vizsgálat célja, hogy kiderítsük, hogy a későbbiekben részletezett eljárástípusok közül melyik a legcélravezetőbb. Ajánlott hazai fafajok a tölgy, bükk, kőris, juhar és akác.

A laboratóriumi rostirányú tömörítési eljárás feltételeit a következő pontok tartalmazzák:

- A faanyag nedvességtartalma nem csökkenhet jelentősen a rosttelítettségi határ alá, ezért érdemes a rönkfeldolgozás után közvetlenül tömöríteni, egyéb opcióként szolgálhat a faanyagot 0 °C alatti hőmérsékleten tartani.
- Szükséges a faanyag teljes mértékű göcsmentessége, valamint a ferdeszálúság fokozott kerülése, a technológia hibák elkerülése végett.
- A próbatestet feltétlenül szükséges rostlágyításnak alávetni, az optimális hőmérséklet, valamint nedvességtartalom eléréséhez és szinten tartásához.
- Fontos az optimális tömörítési sebesség megválasztása.
- A fent említett, valamint hasonlóan magas sűrűségű fafajok alkalmazása ajánlott.

A rostirányú tömörítés jelentős változásokat okoz a faanyag tulajdonságaiban éppúgy, mint annak mikroszerkezetében. A mikroszkopikus metszeten jól láthatók a tömörítés okozta jellegzetes elváltozások a sejteket illetően (1. ábra). A farostok fala harmonikaszerű alakváltozást szenved (az előnyös tulajdonságok ebből fakadnak). A faanyag szilárdsági értékei jellemzően csökkennek, tehát a rugalmassági modulus is csökken.



*1. ábra Mikroszkópos felvétel a kezeletlen és a hosszirányban tömörített bükk faanyagról
(forrás: BÁDER 2019)*

A klasszikus, Thonet-féle gőzöléses fahajlításához képest nagyobb mértékben hajlítható a hosszirányban tömörített faanyag, ráadásul nem csak azokban a percekben, amíg forró. Előnye tehát, hogy hidegen is alakítható állapotban tartható, ezért készíthető. Emellett lényegesen kisebb erő, egyszerűbb eszközök szükségesek a hajlítási művelethez. Elsősorban a belsőépítészet és a bútortermelés területén alkalmazott anyag, feldolgozható a szokásos faipari műveletekkel. Íves bútoralkatrészek, bútorellécek, építőipari szegélylécek, hajlított és csavart korlát alkatrészek, sportszerek, rezgéscsökkentő szerszámnyelvek és további rengeteg termék lehetősége rejlik benne, felhasználásának csak a fantázia szabhat határt. Jelentősen megkönnyíti az egyedi íves termékek előállítását és a restaurálást. Utóbbi munkáknál nagy előny, hogy az eredetileg sorozatgyártásban készült íves alkatrész pótlásához nem szükséges a korabeli gőzöléses technológia reprodukálása, elegendő a sablonokat elkészíteni a hajlításhoz (BÁDER 2015a, BÁDER 2015b, BÁDER ÉS TSAI. 2018, BÁDER ÉS TSAI. 2015, BÁDER – NÉMETH 2017a, BÁDER – NÉMETH 2017b, BÁDER – NÉMETH 2017c, BÁDER – NÉMETH 2017d, BÁDER – NÉMETH 2017e, BÁDER – NÉMETH 2018a, BÁDER – NÉMETH 2018b, BÁDER – NÉMETH 2018c, BÁDER – NÉMETH 2018d, BÁDER – NÉMETH 2019a, BÁDER – NÉMETH 2019b, BÁDER – NÉMETH 2019c, BÁDER ÉS TSAI. 2019, BÁDER – NÉMETH 2020, BÁDER ÉS TSAI. 2020, BÁDER – ROUSEK 2018, BAK – NÉMETH 2012, BAK ÉS TSAI. 2019, NÉMETH – BÁDER 2020, NÉMETH ÉS TSAI. 2019, RADEMACHER ÉS TSAI. 2017a, RADEMACHER ÉS TSAI. 2017b).

Az elvégzett vizsgálatok célja annak megismerése volt, hogy kivitelezhető-e és ha igen, akkor milyen módon célszerű véghezvinni a rostirányú tömörítésre alkalmas fafajok kétszeri tömörítését.

Anyagok és módszerek

A kísérleteket bükk és tölgy fafajokon végeztük el. A bükk (*Fagus sylvatica*) holarktikus, azon belül jellemzően közép-európai faj; a Kelet-európai-síkság és a legészakibb részek kivételével egész Európában előfordul. A Magyar-középhegységben 600 m fölött erdőalkotó, többek közt a Gödöllői-dombság területén is él. A Kárpátokban 400–1200 m között egyeduralkodó, vagy jegenyefenyővel és esetleg lucfenyővel elegyedve az úgynevezett kevert lombú erdők vezérfája. 40 m magasra is megnövő, egyenes, hengeres törzsű fa. Koronája magas, boltozatos. Zárt állományokban a törzse csak magasan ágazik el, a magányos példányoké jóval lejjebb, ezek koronája félgömb alakúvá fejlődik (4. ábra). A kérge vékony, sima, világos- vagy sötétszürke. A hosszúhajtások zezugosan nőnek, szőrösek, szürkésbarnák. A következő évi rövidhajtások hónaljrügyeiből fejlődnek. A barna hónaljrügyek orsó alakúak, hosszúkásak, a csúcsuk molyhos. A virágrügyek zömökek. A levelek elliptikusak, kezdetben áttetszően sárgászöldek, alul selymesek, majd a harmonikaszzerű gyűrődésből kisimulva bőrszerűvé válnak. Ilyenkor a lemezük felül fényes, kopasz, a fonákon az erek mentén szőrös; a pálhalevelek hamar lehullanak. A csúcsuk hegyes, a nyelük rövid, a szélük ép (ritkán fogas), élük hullámos, pillás. Hosszuk 5–10 cm. A levelek (főleg a fiatal példányokról) gyakran csak tavasszal hullanak le (WIKIPEDIA 2019a).

A faanyag halványsárgás, világosszürkés, rózsaszínes tónusú anyag. A szijács és a geszt nehezen különíthető el. Az időnként előforduló vörösesbarna álgeszt a fa betegségének tünete. Kisméretű, szórtan elhelyezkedő pórusai szemmel nemigen láthatók, az évgyűrűk kései pásztájában ritkábbak, ezért itt a fa sötétebb színű. Bélsugarai szélesek, 1 mm körüliek, a sugármetszeten tükröket alkotnak, a húrmetszeten vöröses kis orsókként látszanak (2. ábra).



2. ábra Bükk húrmetszet (forrás: GEMINI 2019)

Lassan és nagyon óvatosan kell szárítani, repedésre, vetemedésre hajlamos. Minden szerszámmal jól és könnyen megmunkálható, jól késelhető, hámozható. Jól gőzölhető, ettől színe vörösesbarnára változik, használat közbeni stabilitása javul. Gőzölve jól hajlítható. Jól szegelheto, csavarozható, de repedékenysége miatt előfűrés ajánlatos. Jól ragasztható. Jól pácolható, előkezelés nélkül is jól lakkozható. Fény hatására idővel sárgul. Hajlamos a fülledésre, nem időjárásálló, nem tartós, rovarok is gyakran károsítják. Nagyon sokoldalúan használható faanyag. Bútor-, épület- és szerkezeti fának, bányá- és talpfának, farost- és rétegelt lemez készítésére, papír- és faszéngyártásra alkalmas. Kiváló tűzifa.

A tölgy (*Quercus*) jellemzően az északi flórabirodalomban, főleg a hegyvidékeken terjedt el:

- Ázsiában 148 faj,
- Amerikában 142 faj,
- Európában 20–24 faj, ebből Magyarországon hét.

Afrikában csak az északi részen terem néhány mediterrán faj. Ausztráliában egyáltalán nem található, de Új-Guineán szóróványosan előfordul. Dél-Amerikában egy faja él. Magyarországon különböző fajtái (főleg a kocsánytalan tölgy és a kocsányos tölgy) az erdős puszták öv, a dombságok, valamint 600 m alatt (és a déli lejtőkön) a hegyvidékek meghatározó fái, változatos erdőtürsulásokban. Faanyagának rajzolata jellegzetes (3. ábra). Az egyes fajok termete meglehetősen változatos: cserjék és nagy (mintegy 35 m magasságig) fák egyaránt előfordulnak a nemzetségben. Kérgé repedezett. A lombhullató fajok levele többnyire öblös, karéjos, a mediterrán fajoké rendszerint tagolatlan. Virága egylaki, redukált: a hím virág szakadozott barkává egyesül, a magányosan vagy csomókban álló termővirágok rügyformák, de a tetejükön kibúvó bibeszál könnyen megkülönbözteti a levélrügyektől. Termése a makk, amit ovális, tojásdad vagy hosszú, pikkelyes vagy bozontos aljú makkcsésze takar (WIKIPEDIA 2019b).



3. ábra Tölgy húrmetszet (forrás: GEMINI 2019)

Az alkalmazott eszköz egy Instron 4208 univerzális faanyagvizsgáló berendezés, valamint egy egyedi, erre a célra kifejlesztett tömörítő kaloda (4. ábra). A kaloda 20x30 mm-es keresztmetszetű és 200 mm hosszú próbatestek befogadására alkalmas. A próbatestet körülvevő fémlapkák vertikális irányban mozgóképesek, valamint szabályozható hőmérsékletűek a faanyag melegen tartása érdekében. A tömörítés során a faanyagból kipréselődő vízben oldott extraktanyagoknak külön kifolyó csatorna biztosított. A szerkezet „ajtaja” szintén rendelkezik

egy függőlegesen mozgó alkatrészsel, mely egyenletes nyomásfelületet biztosít a próbatest bütüfelületén. A stabil befogás érdekében két egymásra merőleges oldalról lehetséges a szorítás menetes szár-anya segítségével.



4. ábra Tömörítő berendezés

Az elvégzett technológiai folyamatok a következők voltak:

- Minták elkészítése és tárolása fagyasztott állapotban (-30 °C)
 - Alkalmos próbatestek kiválogatása, jelölése
 - Gőzölés
 - Hat féle tömörítési módszer kivitelezése. A minták tömörítési mértékét azok eredeti hosszához viszonyítva adjuk meg. Tömörítés során a mintáknak csupán minimális keresztmetszeti növekedése lehetséges:
1. 20% mértékű tömörítés, majd ezt követően 33% mértékű tömörítés
 2. 20% mértékű tömörítés, az anyag fixálása összenyomott állapotban 1 percre, majd 33% mértékű tömörítés
 3. 20% mértékű tömörítés, az anyag fixálása összenyomott állapotban 1 percre, 1 óra pihentetés klímaszobában, újragőzölés, majd 33% mértékű tömörítés
 4. 20% mértékű tömörítés, az anyag fixálása összenyomott állapotban 1 percre, egyensúlyi nedvességi állapot beállítása klímaszekrényben (20 °C 65% rel. páratartalom), újragőzölés, majd 33% mértékű tömörítés
 5. 20% mértékű tömörítés, az anyag fixálása összenyomott állapotban 1 percre, egyensúlyi nedvességi állapot beállítása klímaszekrényben (20 °C 65% rel. páratartalom), majd 33% mértékű tömörítés újragőzölés nélkül
 6. 5% mértékű tömörítés, az anyag fixálása összenyomott állapotban 1 percre, 1 óra pihentetés klímaszobában, újragőzölés, majd 33% mértékű tömörítés.

Összefoglalás

A vizsgálat a technológia folyamatok jelentőségére, és az ezekből következő maradandó alakváltozásra, valamint kritikus tömörítési arányokra hegyeződik ki. A cikksorozat jelen, első részében a tisztelt olvasó megismerkedhetett a faanyagok rostirányú tömörítéséhez kapcsolódó legfontosabb ismeretekkel. Ezen felül ismertetésre került a két felhasznált fafaj, a bükk és a tölgy, továbbá az alkalmazott modifikációs eljárások. A cikksorozat következő részében ismertetjük az eredményeket.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYSES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383-398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018*, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43

- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2019a): Hosszirányban tömörített faanyagok kezelése tejsavval. *Gradus* 6(3): 59-66
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2019b): Moisture-dependent mechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(6): 1009-1019
- BÁDER M. (2019c): Hosszirányú tömörítés.
<[HTTPS://FAIPAR.HU/CIKKEK/ALAPANYAG/8350/HOSSZIRANYU-TOEMOERITES](https://faipar.hu/cikkek/alapanyag/8350/hossziranyu-toemoerites)> Megtekintve: 2019.11.26.
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications*, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- GEMINI KFT. (2019): Asztalos fűrészáru (műszárított) - lombhullatók
<[HTTP://WOOD.HU/TERMEKEK/ASZTALOS-FURESZARUK/LOMBHULLATOK/](http://wood.hu/termekek/asztalos-fureszaruk/lombhullatok/)> Megtekintve: 2019.11.26.
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) *Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millennium"*, 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSSES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) *Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millennium"*, 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478
- WIKIPEDIA (2019a): Európai bükk.
<[HTTPS://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/EUR%C3%B3pai_b%C3%BCkk](https://hu.wikipedia.org/wiki/Eur%C3%B3pai_b%C3%BCkk)> Megtekintve: 2019.11.26.
- WIKIPEDIA (2019b): Tölgy. <[HTTPS://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/T%C3%B6lgy](https://hu.wikipedia.org/wiki/T%C3%B6lgy)> Megtekintve: 2019.11.26.

FAANYAGOK KÉTSZERI ROSTIRÁNYÚ TÖMÖRÍTÉSE – 2. RÉSZ

RÓNYAI BALÁZS, KOVÁCS GÁBOR JÓZSEF, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

A rostirányú tömörítés jelentős változásokat okoz a faanyag tulajdonságaiban éppúgy, mint annak mikroszerkezetében. A farostok fala harmonikaszerű alakváltozást szenved (az előnyös tulajdonságok ebből fakadnak). A faanyag szilárdsági értékei jellemzően csökkennek, tehát a rugalmassági modulus is csökken. A klasszikus, Thonet-féle gőzöléses fahajlításhoz képest nagyobb mértékben hajlítható a hosszirányban tömörített faanyag, ráadásul nem csak azokban a percekben, amíg forró. Előnye tehát, hogy hidegen is alakítható állapotban tartható, ezért készíthető. Emellett lényegesen kisebb erő, egyszerűbb eszközök szükségesek a hajlítási művelethez. Elsősorban a belsőépítészet és a bútortipar területén alkalmazott anyag, feldolgozható a szokásos faipari műveletekkel.

A cikksorozat első részében részletesen ismertetésre kerültek a faanyagok rostirányú tömörítéséhez kapcsolódó legfontosabb ismeretek. Ezen felül ismertetésre került a két felhasznált fafaj, a bükk és a tölgy, továbbá az alkalmazott modifikációs eljárások. A cikksorozat jelen részében ismertetjük az eredményeket. Az elvégzett vizsgálatok célja annak megismerése volt, hogy kivitelezhető-e és ha igen, akkor milyen módon célszerű véghezvinni a rostirányú tömörítésre alkalmas fafajok kétszери tömörítését.

Anyagok és módszerek

A kísérleteket bükk és tölgy fafajokon végeztük el. Az alkalmazott eszköz egy Instron 4208 univerzális faanyagvizsgáló berendezés, valamint egy egyedi, erre a célra kifejlesztett tömörítő kaloda. A kaloda 20x30 mm-es keresztmetszetű és 200 mm hosszú próbatestek befogadására alkalmas. Az elvégzett technológiai folyamatok a következők voltak:

- Minták elkészítése és tárolása fagyasztott állapotban (-30 °C)
- Alkalmas próbatestek kiválogatása, jelölése
- Gőzölés
- Hat féle tömörítési módszer kivitelezése. A minták tömörítési mértékét azok eredeti hosszához viszonyítva adjuk meg. Tömörítés során a mintáknak csupán minimális keresztmetszeti növekedése lehetséges.

Eredmények és értékelés

A különböző módszerek eredményeinek ismertetése hat pontba szedve az alábbiakban található:

- 20% mértékű tömörítés, majd ezt követően 33% mértékű tömörítés

1. táblázat Az első kísérleti ciklus eredményei

Kód	l_0 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Kritikus alakváltozás (%)	Maradandó hossz (%)	Megjegyzés
DQ00	200,0	156,0	186,5	22,0	93,3	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DQ01	200,0	147,1	181,6	26,4	90,8	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DQ02	200,5	142,4	185,1	29,0	92,3	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DQ03	199,9	151,3	190	24,3	95,0	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DQ04	200,4	153,7	191,1	23,3	95,4	Hiba miatt megszakított vizsgálat
Átlag:	200,2	150,1	186,9	25,0	93,4	
Szórás:	0,270	5,425	3,832	2,754	1,904	
Kód	l_0 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Kritikus alakváltozás (%)	Maradandó hossz (%)	Megjegyzés
DF00	199,8	147,3		26,3		Hiba miatt megszakított vizsgálat
DF01	200,0	136,6	191,7	31,7	95,9	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DF02	200,0	134,2	192,5		96,3	Hibamentes tömörítés
DF03	200,2	134,5	192,1		96,0	Grafikonról nem leolvasható hiba
DF04	200,0	134,2	189,7		94,9	Grafikonról nem leolvasható hiba
Átlag:	200,0	137,4	191,5	29,0	95,7	
Szórás:	0,141	5,639	1,244	3,835	0,608	



1. ábra Bükk és tölgy minták a tömörítést követően

- 20% mértékű tömörítés, az anyag fixálása összenyomott állapotban 1 percig, majd 33% mértékű tömörítés

2. táblázat A második kísérleti ciklus eredményei

Kód	l ₀ (mm)	l ₁ (mm)	l ₂ (mm)	Kritikus alakváltozás (%)	Maradandó hossz (%)	Megjegyzés
DQ05	200,0	141,5	188,7	29,3	94,4	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DQ06	200,5	140,7	184,4	29,9	92,0	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DQ07	200,4	141,4	182,4	29,5	91,0	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DQ08	200,2	134,3	186,8		93,3	Hibamentes tömörítés
DQ09	200,0	149,2	186,2	25,4	93,1	Hiba miatt megszakított vizsgálat
Átlag:	200,2	141,4	185,7	28,5	92,7	
Szórás:	0,228	5,305	2,400	2,082	1,285	
Kód	l ₀ (mm)	l ₁ (mm)	l ₂ (mm)	Kritikus alakváltozás (%)	Maradandó hossz (%)	Megjegyzés
DF05	199,6	135,3		32,2		Tömörítési hiba, nem mérhető hossz
DF06	200,5	143,4		28,5		Tömörítési hiba, nem mérhető hossz
DF07	199,9	135,7	190,5	32,1	95,3	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DF08	200,3	134,6	189,4		94,6	Grafikonról nem leolvasható hiba
DF09	199,8	133,9	188,5		94,3	Grafikonról nem leolvasható hiba
Átlag:	200,0	136,6	189,5	30,9	94,7	
Szórás:	0,370	3,872	1,002	2,130	0,500	



2. ábra Bükk és tölgy minták a tömörítést követően

3. 20% mértékű tömörítés, az anyag fixálása összenyomott állapotban 1 percig, 1 óra pihentetés klímaszobában, újragőzölés, majd 33% mértékű tömörítés

3. táblázat A harmadik kísérleti ciklus eredményei

Kód	l ₀ (mm)	l ₁ (mm)	l ₂ (mm)	Kritikus alakváltozás (%)	Maradandó hossz (%)	Megjegyzés
DQ10	200,3	151,3		24,4		Tömörítési hiba, nem mérhető hossz
DQ11	200,5	168,1	194,1	16,1	96,8	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DQ12	200,3	180,7	195,1	9,8	97,4	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DQ13	200,4	156,1	193,7	22,1	96,7	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DQ14	199,9	140,2	180,3	29,9	90,2	Hiba miatt megszakított vizsgálat
Átlag:	200,3	159,3	190,8	20,5	95,3	
Szórás:	0,228	15,589	7,025	7,730	3,396	
Kód	l ₀ (mm)	l ₁ (mm)	l ₂ (mm)	Kritikus alakváltozás (%)	Maradandó hossz (%)	Megjegyzés
DF10	199,5	136,9		31,4		Tömörítési hiba, nem mérhető hossz
DF11	199,9	134,0	182		91,0	Grafikonról nem leolvasható hiba
DF12	199,6	146,9	192	26,4	96,2	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DF13	200,1	145,4	193,7	27,4	96,8	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DF14	200,0	134,1	180,3		90,2	Grafikonról nem leolvasható hiba
Átlag:	199,8	139,4	187,0	28,4	93,5	
Szórás:	0,259	6,232	6,826	2,641	3,435	



3. ábra Bükk és tölgy minták a tömörítést követően

4. 20% mértékű tömörítés, az anyag fixálása összenyomott állapotban 1 percig, egyensúlyi nedvességi állapot beállítása klímazekrényben (20 °C 65% rel. páratartalom), újragőzölés, majd 33% mértékű tömörítés

4. táblázat A negyedik kísérleti ciklus eredményei

Kód	l_0 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Kritikus alakváltozás (%)	Maradandó hossz (%)	Megjegyzés
DQ15	199,8	133,9	180,1		90,1	Grafikonról nem leolvasható hiba
DQ16	200,2	134,2	172		85,9	Grafikonról nem leolvasható hiba
DQ17	199,9	137,3	179,8	31,3	89,9	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DQ18	200,3	134,6	184,3		92,0	Grafikonról nem leolvasható hiba
DQ19	200,0	139,9	185	30,1	92,5	Hiba miatt megszakított vizsgálat
Átlag:	200,0	136,0	180,2	30,7	90,1	
Szórás:	0,207	2,560	5,178	0,888	2,596	
Kód	l_0 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Kritikus alakváltozás (%)	Maradandó hossz (%)	Megjegyzés
DF15	200,0	134,2	182,5		91,3	Grafikonról nem leolvasható hiba
DF16	199,6	133,8	169,1		84,7	Tömörítési hiba, nem mérhető hossz
DF17	199,6	133,9	179,7		90,0	Grafikonról nem leolvasható hiba
DF18	200,2	134,3	175,9		87,9	Grafikonról nem leolvasható hiba
DF19	200,3	140,2	180,1		89,9	Grafikonról nem leolvasható hiba
Átlag:	199,9	135,3	177,5		88,8	
Szórás:	0,329	2,772	5,237		2,563	



4. ábra Bükk és tölgy minták a tömörítést követően

5. 20% mértékű tömörítés, az anyag fixálása összenyomott állapotban 1 percig, egyensúlyi nedvességi állapot beállítása klímasekrényben (20 °C 65% rel. páratartalom), majd 33% mértékű tömörítés újragőzölés nélkül

5. táblázat Az ötödik kísérleti ciklus eredményei

Kód	l_0 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Kritikus alakváltozás (%)	Maradandó hossz (%)	Megjegyzés
DQ20	200,2	134,3	160		79,9	Grafikonról nem leolvasható hiba
DQ21	200,3	134,5	158,5		79,1	Grafikonról nem leolvasható hiba
DQ22	200,2	134,5	159,3		79,6	Grafikonról nem leolvasható hiba
DQ23	199,9	134,1	155,9		78,0	Hibamentes tömörítés
DQ24	199,9	134,4	158,7		79,4	Grafikonról nem leolvasható hiba
Átlag:	200,1	134,4	158,5		79,2	
Szórás:	0,187	0,185	1,556		0,735	
Kód	l_0 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Kritikus alakváltozás (%)	Maradandó hossz (%)	Megjegyzés
DF20	200,0	147,2	161,6	26,4	80,8	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DF21	200,3	134,3	159,5		79,6	Grafikonról nem leolvasható hiba
DF22	200,4	134,5	161,8		80,7	Grafikonról nem leolvasható hiba
DF23	200,3	154,0		23,1		Tömörítési hiba, nem mérhető hossz
DF24	200,2	134,4	163,1		81,5	Grafikonról nem leolvasható hiba
Átlag:	200,2	140,9	161,5	24,8	80,7	
Szórás:	0,152	9,179	1,490	2,337	0,761	



5. ábra Bükk és tölgy minták a tömörítést követően

6. 5% mértékű tömörítés, az anyag fixálása összenyomott állapotban 1 percig, 1 óra pihentetés klímazobában, újragőzölés, majd 33% mértékű tömörítés

6. táblázat A hatodik kísérleti ciklus eredményei

Kód	l_0 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Kritikus alakváltozás (%)	Maradandó hossz (%)	Megjegyzés
DQ25	199,9	134,3	172,8		86,4	Grafikonról nem leolvasható hiba
DQ26	200,8	136,3	189,8	32,1	94,5	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DQ27	199,7	144,6	179,5	27,6	89,9	Hiba miatt megszakított vizsgálat
DQ28	200,0	134,1	179		89,5	Grafikonról nem leolvasható hiba
DQ29	200,0	134,2	174,8		87,4	Tömörítési hiba, nem mérhető hossz
Átlag:	200,1	136,7	179,2	29,9	89,5	
Szórás:	0,421	4,533	6,573	3,217	3,127	
Kód	l_0 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	Kritikus alakváltozás (%)	Maradandó hossz (%)	Megjegyzés
DF25	200,1	134,2	183,1		91,5	Hibamentes tömörítés
DF26	200,2	134,4	182,9		91,4	Hibamentes tömörítés
DF27	200,0	134,3	185,2		92,6	Hibamentes tömörítés
DF28	200,3	134,6	189,6		94,7	Grafikonról nem leolvasható hiba
DF29	199,9	141,8		29,1		Tömörítési hiba, nem mérhető hossz
Átlag:	200,1	135,8	185,2	29,1	92,5	
Szórás:	0,158	3,319	3,112		1,523	



6. ábra Bükk és tölgy minták a tömörítést követően

A feldolgozott adatokból és látható jelenségekből egyes események valamelyest előre vetíthetők. A mi vizsgálatunk a technológia folyamatok jelentőségére, és az ezekből következő maradandó alakváltozásra, valamint kritikus tömörítési arányokra hegyeződik ki. A legnagyobb maradandó alakváltozás mindkét fafaj esetén az 5-ös típusú eljárásnál jelentkezett. Feltételezésünk szerint ezt a két tömörítés közt zajló egyensúlyi fanedvesség beállta okozhatta. Egyértelműen fel kell fedoznünk azt az összefüggést, miszerint a sejtek újra lágyítása következtében (4-es csoport) az átlagos maradandó alakváltozás megközelítőleg 10%-ot romlott az 5-ös eljárás adataihoz képest. Az első három csoport között jelentős különbséget nem fedeztünk fel a vizsgált szempontok szerint.

Összefoglalás

A cikksorozat jelen, első részében a tisztelt olvasó megismerkedhetett a faanyagok rostirányú tömörítéséhez kapcsolódó legfontosabb ismeretekkel. Ezen felül ismertetésre került a két felhasznált fafaj, a bükk és a tölgy, továbbá az alkalmazott modifikációs eljárások. A második részben ismertettük az eredményeket. A kétszeri tömörítés nehezen megvalósítható, de a hatféle eljárás közül a hatodik eljárás tűnik a legígéretesebbnek. A későbbiekben további, nagyobb mintaszámú vizsgálatok elvégzése szükséges.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

CSÁSZÁRFA KLÓN (IN VITRO 112) SZEG- ÉS CSAVARÁLLÓSÁGÁNAK ÖSSZEVETÉSE LUCFENYŐ ÉS NYÁR FAANYAG TULAJDONSÁGAIVAL – 1. RÉSZ

KUNGL ÁDÁM, SZÁNTÓ PÉTER ISTVÁN, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

A császárfafa (*Paulownia tomentosa*) a Paulowniaceae családba tartozik. Közép- és Nyugat-Kínában őshonos, lombhullató fafaj. Ázsiában több, mint 3000 éve termesztett faanyag. 11 fajtája felhasznált, mint takarmánynövény, tűzifa vagy épületfa. Európa melegebb, mérsékelt területein kedvelt díszfa. Sokoldalúsága miatt már világszerte elterjedt fafaj (1. ábra).



1. ábra *Paulownia* ültetvény (forrás: OXYTREE 2014)

Nagytermetű, gyorsan növény fafaj. Első évében akár 3–4 méteres husángot is fejleszthet, átmérője 5–7 centiméter is lehet. Ezt követően a gyökérszet erősödése érdekében tavasszal a talajszint fölött visszametszik. Ennek köszönhetően akár a 2 méteres mélységet is lekúszhat a 3. évben. Főleg gyors növekedéséről (megfelelő tápanyagellátás mellett természetesen), hatalmas leveleiről ismert, melyek a 15–40 centimétert is elérhetik. Harsány zöld színűek, szív alakúak, csúcsuk hegyesedő. Az idős egyedek hajtásain keresztben átellenesen állnak, míg a fiatal példányokon hármass övekben is elhelyezkedhetnek. Lombkoronája terebélyes, elágazó. A felső hajtások az égbe törve, felfelé növekednek. Törzse lehet egyenes és elágazó egyaránt. Kérge vékony, szürke, barnásszürke színű, sima felületű. Nagy paraszemölcsök borítják.

Virágrügyei gömbölyded formájúak, aranybarna színűek, moholyszőrökkel borítottak. Virágzása április végére-március elejére tehető. A virágok alakja gyűszűéhez hasonló, felállóak. Bugavirágzatba tömörülnek, amely elérheti a 30 centimétert is. Szirmai liláskék színűek.

Rengeteg interneten talált forrás úgy véli, hogy a császárfafa a „jövő fája”. Szinte minden területen felhasználható, nincs még egy ilyen sokoldalú fafaj. Értem ez alatt a bútort- és épületasztalos munkák alapanyagaként való felhasználást mindössze 8–13 éves érettség után. Hangszerfaként is alkalmazható. Az olvasottak alapján mindössze 2–3 év után már papírfaként, vagy energiaültetvényként hasznosítható. Hatalmas leveleit kiváló takarmányforrásnak tartják mind a mezőgazdaságban, mind az állattartásban egyaránt. Rengeteg szén-dioxid megkötésére képes, e mellett rengeteg oxigént termel. Kiválóan ellenáll az időjárás viszontagságainak. A Föld megmentőjének mondják, amely helyre tudja állítani a jelenlegi klímaállapotot. Alternatív energiaforrásnak tekintik.

Kínában ősidők óta tradicionális bútorfafa. Külön hagyománya van ennek a fafajnak. Úgy tartják, hogy egy lánygyermek születésekor a család egy császárfát ültet, ez lesz az Ő fája. Mikor a felcseperedett a lány és férjhez megy, a menyegzőre szánt ajándékokat, bútorokat a születésekor ültetett császárfából készítik el (BALINTGAZDA 2009; BOROVICS 2012; CSASZARFAKERT 2016; WIKIPEDIA 2016a) (2. ábra).

Első olvasatra csábítóak lehetnek ezek az elképesztő tulajdonságok. Azonban felmerül a kérdés az emberben, hogy ebben mennyi igazság van. Tényleg olyan elképesztő, mint ahogy azt mondják? Megéri-e azt a sok befektetett pénzt és energiát, ami a megfelelő növekedés eléréséhez szükséges? Mennyivel tud többet, mint a már régóta ismert és eddig felhasznált, feldolgozott, jól bevált fafajok? A tárolt szén-dioxid hová kerül, mikor tűzifaként elégetjük? Ez csak néhány a sok kérdésből, amit feltehetnénk.

Az elméleti kutatás során nem igazán bukkantunk tényleges, kézzel fogható mért adatokra ezekkel kapcsolatban. Kínában és az Amerikai Egyesült Államokban már több mint fél évszázada folynak kutatások, míg hazánkban csak néhány éve kezdődtek meg (KOMÁN ÉS TSAI. 2016, 2017; KOMÁN – FEHÉR 2018, 2019, 2020).



2. ábra *Paulownia* faanyaga (forrás: PROYECTOKIRI 2012)

A nyárok (*Populus*) a fűzfafélék családjába tartoznak. Mintegy 35 fajtája ismert. Hazánk erdőterületeinek 9,5%-át foglalják el. Két nagy csoportra bonthatóak (WIKIPEDIA 2016b):

- hazai nyárok (fehér, fekete, szürke, rezgő)
- nemes nyárok (óriás, korai, késői, Pannónia, I-214).

Mára már rengeteg nyárfajtát ismerünk és tartunk számon, amelyek különböző tulajdonságokkal rendelkeznek (3. ábra). Két elterjedt példa a nemes nyárokra:

- I-214 Olasz nyár (*P. xeuramericana* „I-214”): az egyik legelterjedtebb nyárhibrid Európában. Nagyon gyorsan növő fafaj. Fája világos színű, könnyen megmunkálható, alacsony sűrűségű, homogén szerkezetű
- Pannónia nyár (*P. xeuramericana* Pannónia): szintén gyorsan növő fafaj. Sűrűsége az óriás nyáréhoz hasonló.

Faanyagának jellemzőivel több egyetemi kutatás is részletesen foglalkozik (MOLNÁR – KOMÁN 2006; MOLNÁR ÉS TSAI. 2006; KOMÁN 2013, 2017, 2018; BENKE ÉS TSAI. 2014; KOMÁN ÉS TSAI. 2013, 2014; VILPPONEN ÉS TSAI. 2014; GRIGOREV ÉS TSAI. 2016; KOMÁN – VARGA 2019, VARGA – KOMÁN 2020).



3. ábra Nyárfa (forrás: WIKIPEDIA 2020)

A lucfenyő (*Picea abies*) főként Észak- és Délkelet-Európában elterjedt, azonban megtalálható Nyugat-Európában is. Közel 50 faja közismert, ezekből viszont legjelentősebbek: a közönséges lucfenyő (*Picea abies*), a szerb lucfenyő (*Picea omorica*) és a szibériai lucfenyő (*Picea obovata*). Európa egyik legelterjedtebb fafaja az erdeifenyővel egyetemben. Azonban hazánk erdőállományát alkotó fafajok közül mindössze 1%-ban van jelen (4. ábra).



4. ábra Lucfenyő (*Picea abies*) (forrás: WIKIMEDIA 2020)

Nagytermetű fa, kezdetben lassan nő. Ezután gyors növekedésnek indul, végül elérheti az 50 méteres magasságot is. Intenzív növekedése 100–120 éves koráig tart. Tűlevelei kicsik, 15–25 mm hosszúak, négyoldalúak. A hajtásokon körkörösén helyezkednek el. Koronája kúp alakú. Kérge pikkelyes, fiatalon szürkésvörös, idősebb korában szürkés (WIKIPEDIA 2016c). Fája sárgásfehér színű. Gesztjének színe megegyezik a szijácséval. Évgyűrűi jól kivehetők, azonban a kései és korai pászták határa elmosódott. Könnyű, puha szerkezetű, jól megmunkálható, kedvező fizikai és mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik (1. és 2. táblázat).

1. táblázat Lucfenyő sűrűségi értékei (forrás: MOLNÁR 2004)

Sűrűség		
ρ_0	300-430-640	kg/m^3
ρ_{12}	330-470-680	kg/m^3
ρ_{nedves}	700-800-850	kg/m^3

2. táblázat Lucfenyő szilárdsági értékei (forrás: MOLNÁR 2004)

Szilárdság (rostokkal párhuzamosan)		
Nyomó	33,0-50,0-79,0	MPa
Hajlító	49,0-78,0-136,0	MPa
Húzó	21-90-245	MPa
Nyíró	4,0-6,7-12	MPa
Ütő-hajlító	1,0-4,6-11	J/cm ²
Hasító	0,2-0,4	MPa

Zsugorodása:

- hűirányban: 7,8–8%
- sugárirányban: 3,5–3,6%
- rostirányban: 0,3%

Felhasználása igen sokrétű annak ellenére, hogy a gomba- és rovarkárosítókkal szemben tanúsított ellenállása kismértékű, rosszul telíthető. Főként a papírgyártásban,

fagyapotgyártásban használatos, ez magas cellulóztartalmának köszönhető. Ezen kívül felhasználják még:

- belső- és külsőépítézet,
- hangszergyártás (különösen hegedűk gyártásánál)
- ajtó-, ablakgyártás egyik legfőbb faanyaga hazánkban,
- falburkolat (lambéria),
- bányafa,
- járműépítés, ládagyártás
- forgács- és falemezgyártás (MOLNÁR 2004).

Összefoglalás

A cikk a császárfa szeg- és csavarállóságával foglalkozik, összehasonlítva a lucfenyő és a nyár faanyagok hasonló értékeivel. Az első rész bemutatta a vizsgálatba vont fafajokat, különös tekintettel a császárfával kapcsolatos tudnivalókra. A második rész a vizsgálati módszerek ismertetésén túl a szeg- és csavarállósági eredményeket is elemzi.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BALINTGAZDA (2009): A császárfa egy kis kínai csoda. <[HTTP://BALINTGAZDA.HU/KERTESZ/GENTISCHER/A-CSASZARFA-EGY-KIS-KINAI-CSODA.HTML](http://BALINTGAZDA.HU/KERTESZ/GENTISCHER/A-CSASZARFA-EGY-KIS-KINAI-CSODA.HTML)> Megtekintve: 2016.11.22.
- BENKE, A. – KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. – BOROVICS, A. – RÉDEI, K. – FÜHRER, E. (2014): Investigation of carbon sequestration on different fast growing tree species. In: NÉMETH, R. – TEISCHINGER, A. – SCHMITT, U. (szerk.): Eco-efficient Resource Wood with special focus on hardwoods, Nyugat-magyarországi Egyetem, pp. 11-12.
- BOROVICS A. (2012): A császárfa hazai alkalmazhatósága. Erdészeti Lapok 147(11): 342
- CSASZARFAKERT (2016): A császárfa hozama. <[HTTP://CSASZARFAKERT.BLOGSPOT.HU/2014/08/A-CSASZARFA-HOZAMA.HTML](http://CSASZARFAKERT.BLOGSPOT.HU/2014/08/A-CSASZARFA-HOZAMA.HTML)> Megtekintve: 2016.11.22.
- GRIGOREV, I. – VÁGVÖLGYI, A. – FEHÉR, S. – HORVÁTH, B. – KOMÁN, SZ. – KOVÁCS, G. – SZABÓ, L. – CZUPY, I. – DANILOV, D. – GRIGOREVA, O. (2016): Выращивание и эксплуатация лесных плантаций, Sopron, Magyarország, Nyugat-magyarországi Egyetem.
- KOMÁN, SZ. (2013): Nemesnyár-fajták korszerű ipari és energetikai hasznosítását befolyásoló fa-anatómiai és fizikai jellemzők. Nyugat-magyarországi Egyetem, Cziráki József Faanyagtudomány-és Technológiák Doktori Iskola, doktori (PhD) disszertáció.
- KOMÁN, SZ. (2017): A nedvességtartalom hatása a fűtőértékre, akác és nyár energetikai ültetvények esetén In: CSIHA, I. (szerk.) Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap, Tudományos Eredmények a Gyakorlatban, Kecskemét, Magyarország, Alföldi Erdőkért Egyesület, pp. 163-168.
- KOMÁN, SZ. (2018): Energy-related Characteristics of Poplars and Black Locust. BioResources 13: 4323-4331.
- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. (2018): Wood properties of *Paulownia Clone in vitro 112*. In: NÉMETH, R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (eds.) 8th Hardwood conference - with special focus on “new aspects of hardwood utilization -from science to technology” Sopron, Soproni Egyetem Kiadó, pp. 18-19.

- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. (2019): *Paulownia clone in vitro 112* faanyagának tulajdonságai. In: CSIHA, I. – CSIHA, S. – NAGY, A. (szerk.) Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap, Tudományos eredmények a gyakorlatban, Kecskemét, Alföldi Erdőkért Egyesület, pp. 215-218.
- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. (2020): Physical and mechanical properties of *Paulownia clone in vitro 112*. *European Journal of wood and wood products*, pp. 1-3.
- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. – ÁBRAHÁM, J. – TASCHNER, R. (2013): Effect of knots on the bending strength and the modulus of elasticity of wood. *Wood Research* 58(4): 617-626.
- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. – BENKE, A. – BOROVICS, A. (2014): Variability of the calorific value of hybrid poplars in relation with habitation. In: NÉMETH, R. – TEISCHINGER, A. – SCHMITT, U. (szerk.): *Eco-efficient Resource Wood with special focus on hardwoods*, Nyugat-magyarországi Egyetem, pp. 19-20.
- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. – VITYI, A. (2016): Wood properties of Hungarian cultivated *Paulownia wood (Paulownia tomentosa)* pp. 91-92. In: TEISCHINGER, A. – NÉMETH, R. – RADEMACHER, P. – BAK, M. – FODOR, F. (eds.) *Eco-efficient Resource Wood with Special Focus on Hardwoods* Sopron, University of West Hungary Press, p. 120
- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. – VITYI, A. (2017) Physical and mechanical properties of *paulownia tomentosa* wood planted in hungaria. *Wood Research* 62(2):335-340.
- KOMÁN, SZ. – VARGA, D. (2019): Nyártermesztés Magyarországon In: KIRÁLY, G. – FACSKÓ, F. (szerk.) Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia, Sopron, Magyarország, Soproni Egyetem Kiadó, pp. 122-127.
- MOLNÁR, S. (2004): *Faanyagismeret*. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
- MOLNÁR, S. – KOMÁN, SZ. (2006): A nyárfajták faminőségi és fatechnológiai tulajdonságai és felhasználásuk. In: TÓTH, B. (szerk.): *Nemesnyár-fajták ismertetője*, Agroinform Kiadó, Budapest, pp. 83-90.
- MOLNÁR, S. – FEHÉR, S. – KOMÁN, SZ. (2006): Nyárfajták összehasonlító faanyagjellemzői az ipari felhasználás tükrében In: SZULCSÁN, G. (szerk.) *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap, Tudományos Eredmények a Gyakorlatban*, Szeged, Magyarország, Alföldi Erdőkért Egyesület, pp. 101-109.
- OXYTREE (2014): *Paulownia* ültetvény. <[HTTP://OXYTREE.COM/HU/WP-CONTENT/UPLOADS/SITES/2/2014/11/6.JPG](http://oxytree.com/hu/wp-content/uploads/sites/2/2014/11/6.jpg)> Megtekintve: 2016.11.22.
- PROYECTOKIRI (2012): *Paulownia* faanyaga. <[HTTPS://PROYECTOKIRI.FILES.WORDPRESS.COM/2012/02/PANEL-DE-MADERA-SC3B3LIDO.JPG](https://projectokiri.files.wordpress.com/2012/02/panel-de-madera-sc3b3lido.jpg)> Megtekintve: 2016.11.22.
- VARGA, D. - KOMÁN, SZ. (2020): Nyárak ceruzaipari felhasználhatósága In: KOMÁN, SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban* Sopron, Soproni Egyetem Kiadó, pp. 4-11.
- VILPPONEN, E. – KOMÁN, SZ. – BEJÓ, L. (2014): Investigating the bending properties of hardwood reinforced poplar LVL In: NÉMETH, R. – TEISCHINGER, A. – SCHMITT, U. (szerk.): *Eco-efficient Resource Wood with special focus on hardwoods*, Nyugat-magyarországi Egyetem, pp. 67-68.
- WIKIMEDIA (2020): *Lucfenyő*. <[HTTPS://UPLOAD.WIKIMEDIA.ORG/WIKIPEDIA/COMMONS/THUMB/8/82/PICEA_ABIES_-_K%C3%B6hler%20%93s_MEDIZINAL-PFLANZEN-105.JPG/260PX-PICEA_ABIES_-_K%C3%B6hler%20%93s_MEDIZINAL-PFLANZEN-105.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/82/Picea_abies_-_K%C3%B6hler%20%93s_Medizinal-Pflanzen-105.jpg/260px-Picea_abies_-_K%C3%B6hler%20%93s_Medizinal-Pflanzen-105.jpg)> Megtekintve: 2016.11.22.
- WIKIPEDIA (2016a): *Császárfa*. <[HTTPS://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CS%C3%A1SZ%C3%A1RFA](https://hu.wikipedia.org/wiki/Cs%C3%A1sz%C3%A1rfa)> Megtekintve: 2016.11.22.
- WIKIPEDIA (2016b): *Fehér nyár*. <[HTTPS://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FEH%C3%A9R_NY%C3%A1R](https://hu.wikipedia.org/wiki/Feh%C3%A9r_Ny%C3%A1r)> Megtekintve: 2016.11.22.
- WIKIPEDIA (2016c): *Lucfenyő*. <[HTTPS://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/LUCFENY%C5%91](https://hu.wikipedia.org/wiki/Lucfeny%C5%91)> Megtekintve: 2016.11.22.
- WIKIPEDIA (2020): *Nyárfa*. <[HTTPS://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NY%C3%A1RFA#/MEDIA/F%C3%A1jl:FOUR_POPLARS.JPG](https://hu.wikipedia.org/wiki/Ny%C3%A1rfa#/media/F%C3%A1jl:Four_Poplars.JPG)> Megtekintve: 2016.11.22.

CSÁSZÁRFA KLÓN (IN VITRO 112) SZEG- ÉS CSAVARÁLLÓSÁGÁNAK ÖSSZEVETÉSE LUCFENYŐ ÉS NYÁR FAANYAG TULAJDONSÁGAIVAL – 2. RÉSZ

SZÁNTÓ PÉTER ISTVÁN, KUNGL ÁDÁM, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

A császárfafa (*Paulownia tomentosa*) egy ígéretes fafaj a klímaváltozás idején. Cikksorozatunk első részében részletesen bemutatunk a császárfával kapcsolatos ismeretanyagot, míg jelen rész a szeg- és csavarállósági vizsgálatokkal és az elvégzett mérések eredményeivel foglalkozik. Viszonyítási alapként nyárfafa és lucfenyő faanyagot használtunk.

Anyagok és módszerek

A szeg- és csavarállóság vizsgálatokhoz szeretnénk megmérni, hogy faanyagba behajtott, beütött csavar vagy szeg kihúzásához mekkora erő kifejtésre van szükségünk, mekkora a faanyag fajlagos ellenállása (F_{sz}). Ezt a maximális kihúzóerőt (F_k) és a beütési hossz (l) hányadosaként kapjuk meg (MOLNÁR 2004) (1. egyenlet).

$$F_{sz} = \frac{F_k}{l} \quad (1)$$

A mérés rengeteg tényezőtől függhet, úgy mint:

- fafaj,
- nedvességtartalom,
- egészségi állapot,
- anatómiai irányok,
- stb.

A három választott fafajból 20-20 darab próbatestet készítettünk az „MSZ 12849:1980” szabvány szerint. 50x50 milliméteres keresztmetszeti mérettel és 150 milliméteres hosszúsággal. Ezekbe a felületre merőlegesen húr- és sugárirányban 2-2 szeget/csavart ütöttünk, egyenlő távolságokra. A szeg beütési mélysége 30 mm, a csavar behajtási mélysége 20 mm (1. ábra).



1. ábra Előkészített próbatestek

A felhasznált segédeszközök méretei:

Huzalszeg:

- átmérő: 2 mm
- hosszúság: 50 mm.

Fémcsavar:

- átmérő: 4 mm
- hosszúság: 50 mm.

Mindkét mérés során a beütéstől számított 2 órán belül kezdtük meg a szegek/csavarok kihúzását. A próbatesteket a maximális erő eléréséig terheltük. Viszonyítási alapnak az 1. táblázat tartalmazza különböző faalapú anyagok mérési értékeit

1. táblázat Faalapú anyagok szeg- és csavarállósága (forrás: MOLNÁR 2004)

Anyag	Szegállóság (N/mm)		Csavarállóság (N/mm)	
	Párh.	Meről.	Párh.	Meről.
Forgácslap (600 kg/m ³)	0,8-1,5	1,2-2,0	-	-
Fenyők (500 kg/m ³)	1,5-2,2	2,5-4,0	-	-
Forgácslap (650-750 kg/m ³)	-	-	35-60	50-80
MDF lemez (730-780 kg/m ³)	-	-	40-70	55-85

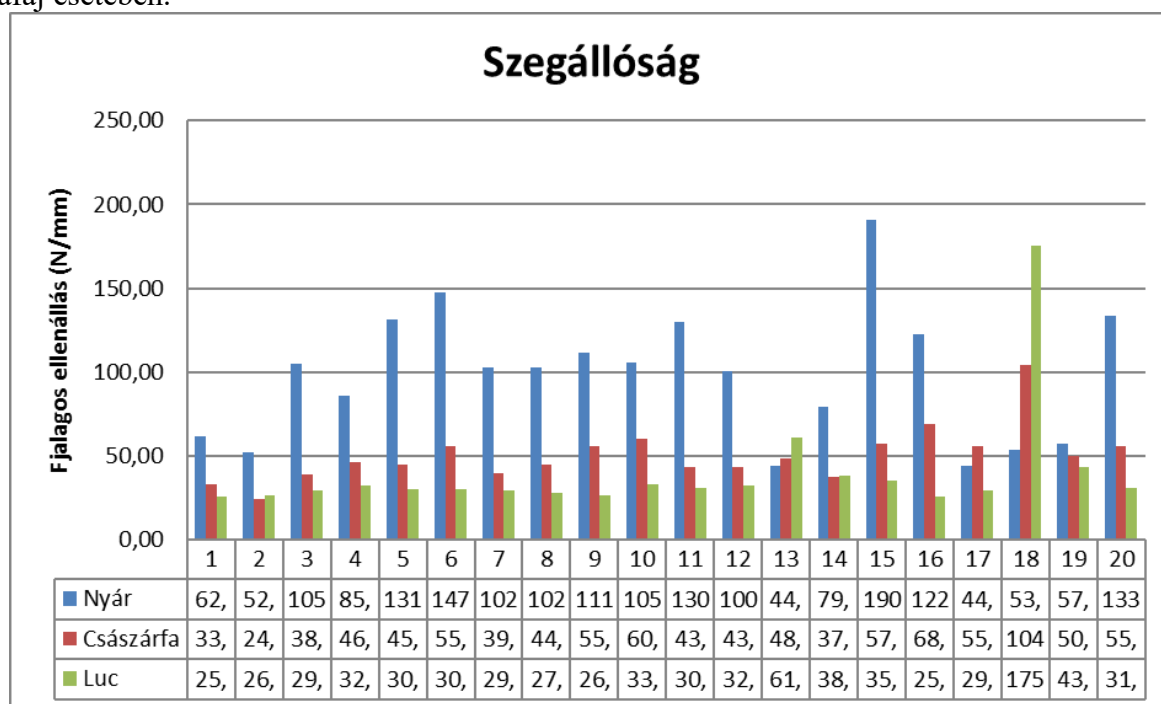
A szegállóság mérésének végeztével megismételtük a mérést, viszont a behajtás előtt előfűrtük a csavarok helyeit. A méréshez egy Heckert FPZ 100/1-es mechanikai vizsgálógépet használtunk (2. ábra).



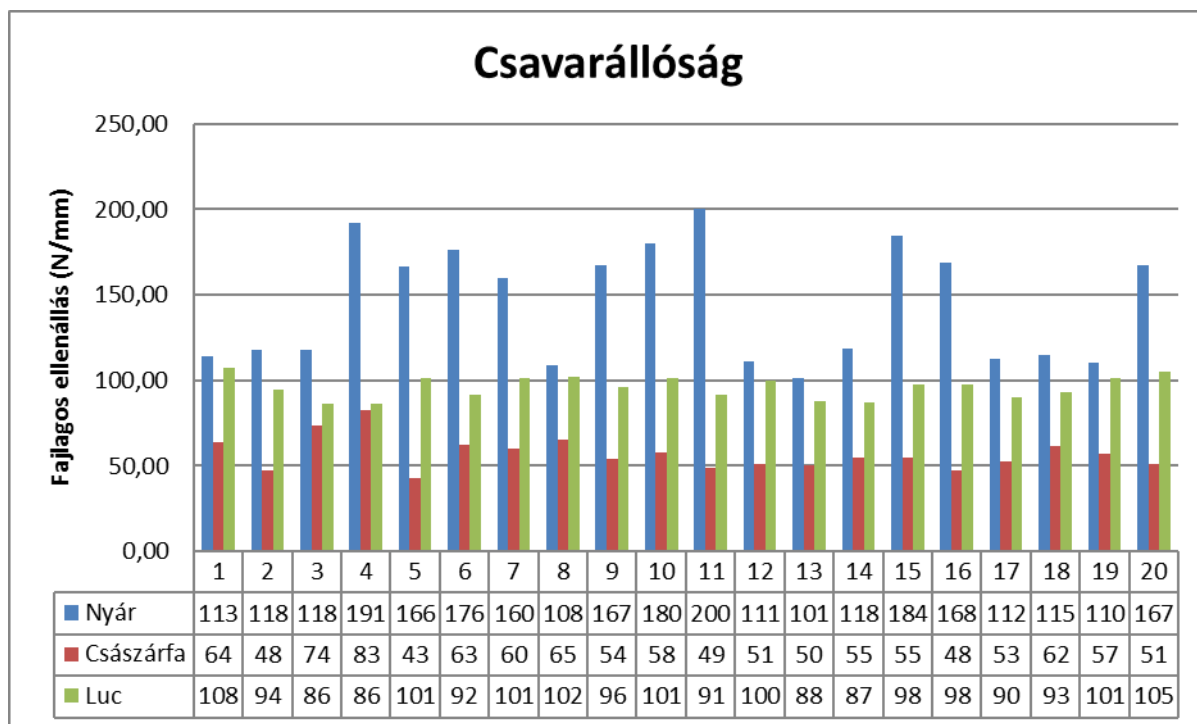
2. ábra Heckert FPZ 100/1-es anyagvizsgáló gép

Eredmények és értékelés

Az eredményeket próbatestenként a 3. és 4. ábrák oszlopdiagramjai szemléltetik minhárom fafaj esetében.



3. ábra Szegállósági értékek



4. ábra Csavarállósági értékek

A mért adatok alapján kijelenthetjük, hogy a három faj közül a nyár próbatestek bizonyultak a legellenállóbbnak. A császárfafa pedig nem ért el olyan szilárdsági értékeket, mint azt oly sokan várják tőle (2. és 3. táblázat). Próbáltunk kis sűrűségű fajokat választani mellé a mérések során, de nem igazán tartotta velük a lépést. Ennek tükrében kíváncsian várjuk a további méréseket és eredményeiket.

Csavarállóság mérése során a lucfenyőből készült próbatesteknél az előfúrás ellenére kisebb berepedéseket észleltük a csavar behajtása után, így ez valamilyen szinten rontotta a mérési eredményeinket.

Ezeknél a vizsgálatoknál is megfigyelhető, hogy az alacsonyabb sűrűséggel rendelkező fafajok általában kisebb szilárdsági jellemzőkkel rendelkeznek. Korábbi vizsgálatok alapján a császárfafa (KOMÁN ÉS TSAI. 2016, 2017; KOMÁN – FEHÉR 2018, 2019, 2020) alacsonyabb sűrűséggel rendelkezik, mint a nyár (MOLNÁR – KOMÁN 2006; MOLNÁR ÉS TSAI. 2006; KOMÁN 2013, 2017, 2018; BENKE ÉS TSAI. 2014; KOMÁN ÉS TSAI. 2013, 2014; VILPPONEN ÉS TSAI. 2014; GRIGOREV ÉS TSAI. 2016; KOMÁN – VARGA 2019, VARGA – KOMÁN 2020).

2. táblázat Szegállósági vizsgálati eredmények szélsőértékei
Szegállóság mérése

Fafaj	Minimum érték (N/mm)	Maximum érték (N/mm)
Nyár	44,17	190,83
Lucfenyő	25,83	175
Császárfafa	24,17	104,58

3. táblázat Csavarállósági vizsgálati eredmények szélsőértékei
Csavarállóság

Fafaj	Minimum érték (N/mm)	Maximum érték (N/mm)
Nyár	101,25	200
Lucfenyő	86,25	107,5
Császárfa	42,5	82,5

Összefoglalás

A császárfa szeg- és csavarállósága került összehasonlításra a lucfenyő és a nyár faanyagok szeg- és csavarállóságával. Az első rész bemutatta a vizsgálatba vont fafajokat, különös tekintettel a császárfával kapcsolatos tudnivalókra. A cikksorozat jelen, befejező része a vizsgálati módszerek ismertetésén túl a szeg- és csavarállósági eredményeket is elemzi. Következtetésképpen levonható, hogy a császárfa szeg- és csavarállósága jelentősen elmarad a hasonlóan alacsony sűrűségű és szintén lombos nyárfától éppúgy, mint a lucfenyőétől.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BENKE, A. – KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. – BOROVICS, A. – RÉDEI, K. – FÜHRER, E. (2014): Investigation of carbon sequestration on different fast growing tree species. In: NÉMETH, R. – TEISCHINGER, A. – SCHMITT, U. (szerk.): Eco-efficient Resource Wood with special focus on hardwoods, Nyugat-magyarországi Egyetem, pp. 11-12.
- GRIGOREV, I. – VÁGVÖLGYI, A. – FEHÉR, S. – HORVÁTH, B. – KOMÁN, SZ. – KOVÁCS, G. – SZABÓ, L. – CZUPY, I. – DANILOV, D. – GRIGOREVA, O. (2016): Выращивание и эксплуатация лесных плантаций, Sopron, Magyarország, Nyugat-magyarországi Egyetem.
- KOMÁN, SZ. (2013): Nemesnyár-fajták korszerű ipari és energetikai hasznosítását befolyásoló fa-anatómiai és fizikai jellemzők. Nyugat-magyarországi Egyetem, Cziráki József Faanyagtudomány- és Technológiák Doktori Iskola, doktori (PhD) disszertáció.
- KOMÁN, SZ. (2017): A nedvességtartalom hatása a fűtőértékre, akác és nyár energetikai ültetvények esetén In: CSIHA, I. (szerk.) Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap, Tudományos Eredmények a Gyakorlatban, Kecskemét, Magyarország, Alföldi Erdőkért Egyesület, pp. 163-168.
- KOMÁN, SZ. (2018): Energy-related Characteristics of Poplars and Black Locust. BioResources 13: 4323-4331.
- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. (2018): Wood properties of *Paulownia Clone in vitro 112*. In: NÉMETH, R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (eds.) 8th Hardwood conference - with special focus on “new aspects of hardwood utilization -from science to technology” Sopron, Soproni Egyetem Kiadó, pp. 18-19.

- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. (2019): *Paulownia clone in vitro 112* faanyagának tulajdonságai. In: CSIHA, I. – CSIHA, S. – NAGY, A. (szerk.) Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap, Tudományos eredmények a gyakorlatban, Kecskemét, Alföldi Erdőkért Egyesület, pp. 215-218.
- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. (2020): Physical and mechanical properties of *Paulownia clone in vitro 112*. European Journal of wood and wood products, pp. 1-3.
- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. – ÁBRAHÁM, J. – TASCHNER, R. (2013): Effect of knots on the bending strength and the modulus of elasticity of wood. Wood Research 58(4): 617-626.
- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. – BENKE, A. – BOROVICS, A. (2014): Variability of the calorific value of hybrid poplars in relation with habitation. In: NÉMETH, R. – TEISCHINGER, A. – SCHMITT, U. (szerk.): Eco-efficient Resource Wood with special focus on hardwoods, Nyugat-magyarországi Egyetem, pp. 19-20.
- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. – VITYI, A. (2016): Wood properties of Hungarian cultivated Paulownia wood (*Paulownia tomentosa*) pp. 91-92. In: TEISCHINGER, A. – NÉMETH, R. – RADEMACHER, P. – BAK, M. – FODOR, F. (eds.) Eco-efficient Resource Wood with Special Focus on Hardwoods Sopron, University of West Hungary Press, p. 120
- KOMÁN, SZ. – FEHÉR, S. – VITYI, A. (2017) Physical and mechanical properties of paulownia tomentosa wood planted in hungaria. Wood Research 62(2):335-340.
- KOMÁN, SZ. – VARGA, D. (2019): Nyártermesztés Magyarországon In: KIRÁLY, G. – FACSKÓ, F. (szerk.) Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia, Sopron, Magyarország, Soproni Egyetem Kiadó, pp. 122-127.
- MOLNÁR, S. (2004): Faanyagismeret. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
- MOLNÁR, S. – KOMÁN, SZ. (2006): A nyárfajták faminőségi és fatechnológiai tulajdonságai és felhasználásuk. In: TÓTH, B. (szerk.): Nemesnyár-fajták ismertetője, Agroinform Kiadó, Budapest, pp. 83-90.
- MOLNÁR, S. – FEHÉR, S. – KOMÁN, SZ. (2006): Nyárfajták összehasonlító faanyagjellemzői az ipari felhasználás tükrében In: SZULCSÁN, G. (szerk.) Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap, Tudományos Eredmények a Gyakorlatban, Szeged, Magyarország, Alföldi Erdőkért Egyesület, pp. 101-109.
- VARGA, D. - KOMÁN, SZ. (2020): Nyárak ceruzaipari felhasználhatósága In: KOMÁN, SZ. (szerk.) Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban Sopron, Soproni Egyetem Kiadó, pp. 4-11.
- VILPPONEN, E. – KOMÁN, SZ. – BEJÓ, L. (2014): Investigating the bending properties of hardwood reinforced poplar LVL In: NÉMETH, R. – TEISCHINGER, A. – SCHMITT, U. (szerk.): Eco-efficient Resource Wood with special focus on hardwoods, Nyugat-magyarországi Egyetem, pp. 67-68.

ROSTIRÁNYBAN TÖMÖRÍTETT FAANYAG DIMENZIÓSTABILITÁSÁNAK JAVÍTÁSA TEJSAV SEGÍTSÉGÉVEL

BÁDER MÁTYÁS¹

¹Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet.
9400 Sopron, Bajcsy-Zs.u. 4.

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

Rostirányú tömörítéshez a magasabb sűrűségű lombos fafajok alkalmasak. Például a bükk, a tölgy, a kőris, a szil, a juhar, a cseresznye és a dió az általánosan használt fajok (BUCHTER ÉS TSAI. 1993). A fa tömörítése és hajlítása egyaránt kiváló minőségű alapanyagot igényel. A legalkalmasabbak az egyenes növéssű, csomómentes, keskeny évgyűrűs faanyagok (BÁDER – NÉMETH 2017A). A rostiránynak párhuzamosnak kell lennie a munkadarab széleivel, maximálisan 7° szálkifutással (BUCHTER ÉS TSAI. 1993). A geszt és a szíjács aránya, valamint az évgyűrűk elhelyezkedése nem befolyásolja a tömörítés minőségét (BÁDER – NÉMETH 2017A). Buchter és társai (1993) szerint a tömörítéshez legalább 16% nedvességtartalmú (*MC*) nem szárított faanyag szükséges. Ha a faanyag túl száraz, a gőzölés során az *MC* megnő, és a minták dagadnak és vetemednek, így nem lesznek alkalmasak a modifikációs folyamathoz (BUCHTER ÉS TSAI. 1993, BÁDER – NÉMETH 2016).

A faanyagot rostlágítást után nyomhatjuk össze (ANSSARY 2006). A hő és a nedvesség hatására a fa hemicellulóz-cellulóz és hemicellulóz-lignin kötése felbomlanak. A gyakorlatban általában 100 °C-os telített gőzt alkalmaznak légköri nyomáson, hogy elkerüljék a száradást a faanyag rostirányú összenyomása előtti melegítése során (SANDBERG – NAVI 2007). A plasztifikálási időnek elegendőnek kell lennie az anyag teljes keresztmetszetének felmelegedésére, amely körülbelül 2 perc/mm vastagsággal számolható (STEVENS – TURNER 1948). Az összenyomás során legalább 80 °C hőmérsékletre van szükség.

A préselési fázis során a mintát minden oldalról meg kell támasztani annak oldalirányú kihajlásának megakadályozása érdekében (BLANKENSTEIN 1956). Az ideális préselés során a hossz mentén az egyes szakaszoknál ugyanolyan mértékű a deformáció. Nagyobb tömörítési aránynál kisebb az eltérés a minta hossza mentén, és a faanyag meghibásodása nem kezdődik meg a leggyengébb szakaszon (IVÁNOVICS 2012). A tömörítési arány általában 10-30% a minta eredeti hosszához képest (BUCHTER ÉS TSAI. 1993). A lágított fa tömörítési aránya leginkább a fafajtól és a végtermék követelményeitől függ (THOMASSEN ÉS TSAI. 1990).

Anyagok és módszerek

A kísérletekben bükk (*Fagus sylvatica* L.) fafajt használtunk, csoportonként összesen 20 mintát. A minták azonos rönk geszt részéből származtak. A tömörítendő mintákat első lépésben 20 × 20 × 200 mm³ méretre (radiális × tangenciális × rostirány) fűrészeltük, ügyelve a fa három fő anatómiai irányára. Három csoport alakult ki mindkét faj esetében. Az első csoport a kezeletlen mintákat, a második a gőzölt mintákat tartalmazta (100 °C-os telített gőz légköri nyomáson egy órán át). A harmadik a kezelt csoport volt, amelyet gőzölésnek, eredeti hosszúsághoz viszonyított 20%-os tömörítésnek tettünk ki 15 m/(mh) relatív tömörítési sebességgel és 1 perc fixálással, Báder és Németh (2018) leírása szerint. Az előkészítés után az összes minta *MC*-je rosttelítettség feletti volt. A zsugorodási-dagadási vizsgálatokhoz 12x12x20 mm³ méretű kis mintákat készítettünk az eredeti mintákból körfűrészszel, ügyelve a kiszáradás elkerülésére, és arra, hogy minden felületet frissen fűrészelt legyen.

Az egyes mintáknak mindhárom anatómiai irányú méretét megmértük éppúgy, mint a tömegét. A mintákat 103 ± 2 °C végső hőmérsékleten szárítottuk, fokozatosan emelve a hőmérsékletet a repedések elkerülése érdekében. A szárított minták méretét és tömegét ismét megmértük, majd 20 °C-on és 65% relatív páratartalom mellett kondicionáltuk klímakamrában. Ezt követően a méret és a tömeg mérését megismételtük a klimatizált minták felhasználásával. Ezután a mintákat telített állapotban teszteltük desztillált vízben történő áztatás után, majd ismét 0% MC-re szárítottunk. A következő eszközöket használtuk:

- Precisa XT 1220M-FR ezredgramm pontosságú mérleg (Precisa Instruments AG., Svájc)
- Memmert 100-800 típusú szárítószekrény (Memmert GmbH., Németország)
- Binder KBF-115 klímaszekrény (Binder GmbH., Németország).

A nettó száraz tömeghez m_0 [g] viszonyított MC kiszámítható az ISO 13061-1 (2014) szabvány szerint (1. képlet).

$$MC = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad (1)$$

ahol m_n [g] a nedves faanyag tömege. A radiális (α_r), tangenciális (α_t) és rostirányú (α_l) dagadási együtthatót, a térfogati dagadást (α_v), a radiális (β_r), tangenciális (β_t), rostirányú (β_l) zsugorodási együtthatót és a térfogati zsugorodást (β_v) az ISO 13061 szabványcsomagban leírtak szerint számítottuk. A dagadás-csökkentési hatékonyságot (ASE_α) és a zsugorodás-csökkentési hatékonyságot (ASE_β) külön számítottuk a három anatómiai irányra és a térfogatra a következő egyenletek felhasználásával (2. képlet):

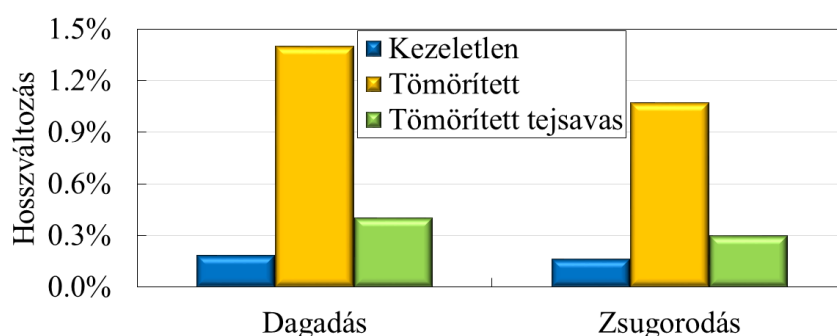
$$ASE_\alpha = \frac{\alpha_{ut} - \alpha_{tr}}{\alpha_{ut}} \cdot 100; ASE_\beta = \frac{\beta_{ut} - \beta_{tr}}{\beta_{ut}} \cdot 100 \quad (2)$$

ahol α_{ut} , β_{ut} [%] rendre a kezeletlen faanyag dagadási együtthatója és zsugorodási együtthatója, valamint α_{tr} , β_{tr} [%] rendre a kezelt faanyag dagadási együtthatója és zsugorodási együtthatója.

A tejsav (lactic acid, LA) alkalmazása előtt a minták impregnálásához fontos lépés a monomer oldat elkészítése. A felhasznált L(+)-LA monomer 90% -os vizes oldat volt, amelyet az Acros Organics bv. (Belgium) gyártott. Ezt az oldatot forralással lehet dehidratálni. A dehidratálást erős vákuumban, fűtött mágneses keverővel végezhetjük (BÁDER – NÉMETH 2017B). A folyamat körülbelül 90 percet vesz igénybe, amelyet a tiszta L(+)-LA monomerek oligomerizálása követ, szintén fűtött mágneses keverővel, vákuumban kezelve több lépésben, több mint 4 óra alatt. Így ez egy lassú folyamat, sok lépéssel. Ez az egész folyamat helyettesíthető mikrohullámú energia használatával egy sokkal gyorsabb lépésben. Az inverter technológiával felszerelt háztartási mikrohullámú sütő segítségével a folyamathoz felhasznált energia pontosan beállítható. 500 ml L(+)-LA monomer oldatot 200 W mikrohullámú energiával kezelünk több 5 perces lépésben. Ezen melegítési lépések között az oldatot manuálisan kevertük, és ezeket a lépéseket addig ismétljük, amíg a kezelt tejsav mennyisége elérte a 400 ml-t. Ebben az állapotban az oldat monomereket és oligomereket (OLA) egyaránt tartalmazott.

Eredmények és értékelés

A faanyag OLA-val történő kezelése és *in situ* polimerizációja a faanyagok impregnálása után nagy ASE-t eredményezett a kezeletlen faanyagok esetében. Mivel ennek a cikknek az a célja, hogy bemutassa az LA-kezelés hatásait a tömörített faanyag dimenzióstabilitására, csak ezeket az eredményeket mutatjuk be. A kezelés eredményeként a bükk minták oldalirányú méretváltozásainak maximális értéke az eredeti zsugorodás és dagadás kevesebb, mint fele lett. De az igazán érdekes kérdés a tömörített faanyag zsugorodása és dagadása annak rostirányában, mert ez okozza a legtöbb problémát a rostirányban összenyomott faanyag használatakor. A tömörítéssel meggyúrt sejtfalak igyekeznek kiegyenesedni nedvességnövekedés hatására, az eredeti állapotukat közelítve a faanyagban természetesen jelenlévő memória-hatásnak köszönhetően. Ennek eredményeként a rostirányú dagadási és zsugorodási értékek közel nagyságrendileg változnak, ami a tömörített fa megbízhatatlanságát eredményezi változó nedvességi körülmények között (1. ábra).



1. ábra A bükk rostirányú dagadási és zsugorodási vizsgálatainak eredményei

Figyelembe véve a vizsgálat eredményeit nyilvánvaló, hogy a bükk faanyag dagadása és zsugorodása az LA kezelés hatására nagymértékben csökken. A tejsavval kezelt tömörített faanyag dagadása és a zsugorodása ugyan nem éri el a kezeletlen minták természetesen alacsony értékeit, de mégis erősen csökken a tejsavas modifikáció következtében.

Hatékony és környezetbarát megoldást kellett találni a hosszirányban tömörített faanyag ASE nagymértékű javítására, és a PLA kezelés jó választás a bükk és más hasonló, könnyen impregnálható fafajok számára. Az eredmények azt is megmutatták, hogy az LA oldat mikrohullámokkal történő előkezelése sok időt takarít meg a folyamat során. A mikrohullámmal előkezelt LA alkalmazásával végzett faanyag-modifikáció eredményei nagyon hasonlítanak a hagyományos főzéses technológiával előkezelt LA eredményeihez. Megállapítható, hogy a mikrohullámú energiaátvitel alkalmazása az LA előkezelésére előnyös és ajánlott. Természetesen az LA monomerek mikrohullámú kezeléséhez további vizsgálatokra van szükség a végső optimális beállítások eléréséhez.

Összefoglalás

Mind a vonalmenti, mind a térfogati dagadás és zsugorodás növekszik a faanyagok rostirányú tömörítéses kezelése után. A méretváltozások csökkentése érdekében további faanyag-modifikációra van szükség, hogy a tömörített faanyagot többféle módon lehessen felhasználni. A tejsavas kezelés a vízfelvételi képesség csökkenése révén nagyon pozitív hatással van a faanyag méretváltozásaira.

Köszönetnyilvánítás

A munka az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-3-III kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült (pályázati azonosító: ÚNKP-19-3-III-SOE-15).



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL



Új Nemzeti
Kiválóság Program

Irodalomjegyzék

- ANSSARY, E.A. (2006): An approach to support the design process considering technological possibilities. Doktori disszertáció. University of Duisburg-Essen, Duisburg-Essen, Németország, 207 p.
- BÁDER, M. – NÉMETH, R. (2016): The solid wood crushing's conditions. In: Proceedings of the Hardwood Conference 2016 "Eco-Efficient Resource Wood with Special Focus on Hardwoods". (Eds.: TEISCHINGER, A. – NÉMETH R. – RADEMACHER P. – BAK M. – FODOR F.) 120. University of West Hungary Press, Sopron.
- BÁDER, M. – NÉMETH, R. (2017A): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of fixation conditions. *Pro Ligno*. 13(4):63–70.
- BÁDER, M. – NÉMETH, R. (2017B): Lactic-acid treatment of longitudinally compressed wood. *Gradus*. 4(1):219–226.
- BÁDER, M. – NÉMETH, R. (2018): The effect of the rate of longitudinal compression on selected wood properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*. 14(1):83–92. DOI:10.2478/aslh-2018-0005
- BLANKENSTEIN, C. (1956): *Woodtechnical Pocketbook*. Carl Hanser Verlag, München, Németország, 931 p.
- BUCHTER, J. – ADELHOEJ, J. – LJOERRING, J. – HANSEN, O. (1993): *Introducing compressed wood*. Danish Technological Institute, Taastrup, Dánia, 32 p.
- IVÁNOVICS, G. (2012): *Deformation process of compressed wood*. Kézirat. Kecskeméti Főiskola, Magyarország, 6 p.
- SANDBERG, D. – NAVI, P. (2007): *Introduction to thermo-hydro-mechanical (THM) wood processing*. School of Technology and Design, Växjö University, Svédország, 167 p.
- STEVENS, W.C. – TURNER, N. (1948): *Solid and laminated wood bending*. His Majesty's Stationery Office, London, UK, 71 p.
- THOMASSEN, T. – LJORRING, J. – HANSEN, O. (1990): *A method and apparatus for compressing a wood sample*. World Intellectual Property Organization, szabadalmi szám WO91/02637, 18 p.

A JURTA SZERKEZETI KIALAKÍTÁSA – 1. RÉSZ

LELKES DÉNES, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

E munka témája a jurta vázszerkezetének felépülése, bemutatása. Célunk a dolgozattal nem más, mint ismertetni a jurta egyedülállóságát, nagyszerűségét, egyszerűségét, hasznosságát. Azért tartjuk fontosnak a tulajdonságok bemutatását, mert sokan felejtik el, hogy valahol a jurta vázszerkezete nagyon nagy befolyást tett a későbbi korokra és ez volt a magyar építészet legelső mérföldköve. Sőt, meglepő tény az is, hogy a mai napig vannak olyan keleti népek, akiknél teljes jurta falvak alakultak ki.

A jurta nem más, mint egy kör alapú fa vázszerkezettel rendelkező nemez sátor, amelyben a hunok, mongolok és más keleti népek éltek és élnek. A jurta felépítése nem bonyolult, ám készítéséhez nagy pontosságra van szükség. Első lépésként el kell döntenünk, hogy milyen faanyagot is választanánk. Célszerű olyan faanyagot választani, ami a közelben lévő flórában (pl: Kárpát-medence) nagyobb mennyiségben fellelhető, gyorsan nő, jó hajlítószilárdsággal rendelkezik, nem túl nehéz. Nos, a mi flóránkban a hárs erre a legalkalmasabb. Tekintve, hogy épületefaként hasznosítanánk, jók a tulajdonságai, ugyanis könnyű, viszonylag rugalmas fa, megfelelő szárítást követően alig vetemedik, nem reped és könnyen megmunkálható.

Anyagok és módszerek

A jurta vázszerkezetét nem túl bonyolult alkotóelemek képzik, ezek nem mások, mint egy kifelé nyíló ajtó, 5 darab kerege, 81-82 darab dorong, 2 darab tartóoszlop és 1 darab tündök (1. ábra). A kerege tulajdonképpen nem más, mint a jurta oldalfalszerkezetét képző rácsos elem, amely különböző hosszúságú, azonos keresztmetszetű lécekből tevődik össze. Ezeket a léceket børszegecsekkel illesztik egymáshoz, ennek köszönhetően lesz a kerege széthúzható, illetve összecsuksútható, ezt a 2. ábra kitűnően mutatja. A kerege nyitott állapotban könnyedén hajlítható köszönhetően a børszegecsek rugalmasságának és a faanyag hajlítószilárdságának. A børszegecsekkel történő összeillesztés a 3. ábrán látható.

A kerege rácsos szerkezete a teherhordás miatt is fontos, hiszen ez vezeti a terheket a földhöz. Nem utolsó szempont az se, hogy esztétikailag is növeli a jurta belsejének szépségét. Rendszerint díszítették belülről, mikor már állt az egész jurta, állati prémekkel, szőnyegekkel, sőt esős időben a ruhákat is könnyedén fellógatták rá. A keregék egymáshoz, illetve az ajtóhoz való illesztése kötelekkel történik, amelyek gyakorta lószőrből készültek/készülnek.



1. ábra A jurta vázszerkezete állítás közben



2. ábra A kerege zárt, illetve nyitott állapotban (forrás: WIXSTATIC 2016A)



3. ábra A kerege alkotóléceinek összeillesztése bőrszegecsekkel (forrás: JURTA 2016)

A dorongok adnak összeköttetést a keregék és a tündök között, igazából ezek képzik a tetősíkot. A dorongok hosszú egyenes, vagy a keregével kapcsolódó végén hajlított rudak egyik végükön egy kis madzaggal, kivéve azok, amelyek az ajtóhoz kapcsolódnak, azokon nincs madzag. Ezek a végkialakítások függnek a jurta típusától, hogy mongol (4. ábra), vagy hun (5. ábra) jurtáról van-e szó. Mongol jurta esetén egyenes, míg a hun jurta esetén hajlított dorongokkal találkozhatunk. A tündökhöz kapcsolódó végük lehet kör, illetve négyzet keresztmetszetű, ez attól függ, hogy a tündökben milyen csapfészkek vannak vésvé/fúrva, ugyanis azon a végen a dorong csapként szolgál.



4. ábra A mongol jurtára jellemző egyenes végű dorongok (forrás: WIXSTATIC 2016B)



5. ábra A hun jurtára jellemző hajlított végű dorongok (forrás: LOVASIJASZAT 2016)

A dorongok a keregéhez úgy kapcsolódnak, hogy mikor a kerege már nyitott állapotban van, a tetejükön és aljaikon is egyaránt „v” alakú fészkek képződnek. A tetejükön lévő fészkekbe helyezük a dorongokat, majd a dorong végén lévő kis madzaggal rögzítjük a keregéhez. Ez a 6. ábrán jól látható.



6. ábra A dorongok és a kerege összeillesztése (forrás: MESKA 2016)

Az oszlop segítségével válik a jurta állításakor, egészen addig, amíg az összes dorong a helyére nem kerül (7. ábra), onnantól számunkra elhanyagolható. Teszteltük, hogy a jurta akkor is áll, ha nem tesszük bele az oszlopokat. Így ha az oszlopokat bent hagyjuk, leginkább esztétikai szerep jut neki (8. ábra). A legtöbb teherhordási szerepet ugyanis a keregek kapják.



7. ábra Az oszlopok szerepe állítás közben



8. ábra Az oszlopok esztétikai szerepe (forrás: 5MP 2016)

A tündök, a sokak által füstnyílásként, vagy kerékabroncsként emlegetett tetőelem, amelynek szerepe valóban a füst kieresztése volt. Ez az alkotóelem kör alakú, az alkotója mentén 81-82 darab vésett, vagy fűrt csapfészekkel rendelkezik, amelyekbe a dorongok illeszkednek csapként. Ez a kapcsolat a 9. ábrán látható. A tündök merevítéseként általában áthidalókat helyeznek el, ennek is van több fajtája, lényeges esztétikai szerepet kap. Szokás volt a tündök közepéről lelógatni valamilyen nagyobb súlyt, ami biztosította a jurta stabilitását orkános, szeles időkben.



9. ábra A tündök csapfészkeinek és a dorongok csatlakozása (forrás: VASIHELYTORTENET 2016)

Az ajtó rendszerint kifelé nyíló, a kerete a kerege léceinek vastagsága szerint aljazott. Nagy általánosságban egyszárnyas ajtóról beszélhetünk, de előfordulnak kétszárnyas ajtók is. Az ajtó is fontos része a vázszerkezetnek, ezzel lesz teljes a keregék által alkotott kör. Az ajtó tetején 5-6 darab dorongnak van vésvé csapfészek. A kapcsolatot a 10. ábra mutatja. Az ajtó összeköttetésben van a tündökkel mind a dorongok által, mind egy pozícionáló kötéllel, amelynek állításkor van fontos szerepe.



10. ábra Az ajtó, a kerege és a dorongok kapcsolata (forrás: PINIMG 2016)

Összefoglalás

A jurta a keleti, vándorló életmódra berendezkedett népek hagyományos lakóhelye. Ősrégi és óriási tradíciókkal rendelkezik, ebből adódóan a céljának megfelelően a lehető legtökéletesebbé vált az évezredek alatt. E cikkben bemutattuk az alkotóelemeit, míg a következő cikkünk fogja taglálni ezek összeállítását és a jurták felhasználását és további fejlesztési lehetőségeit.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- 5MP.EU (2016): Az oszlopok esztétikai szerepe.
<[HTTP://WWW.5MP.EU/HONLAPKEPEK/NAGYJI/SNX9ZYP4YQ/NAGY/JURTA1.JPG](http://www.5mp.eu/honlapkepek/nagyji/snx9zyp4yq/nagy/jurta1.jpg)>
Megtekintve: 2016.11.25.
- JURTA.NET (2016): A kerege alkotóléceinek összeillesztése borszegeccsekkel.
<[HTTP://WWW.JURTA.NET/KEREGE2.JPG](http://www.jurta.net/kerege2.jpg)> Megtekintve: 2016.11.25.
> Megtekintve: 2016.11.25.
- LOVASIJASZAT.HU (2016): Hun jurtára jellemző hajlított végű dorongok (teljes vázszerkezet).
<[HTTP://WWW.LOVASIJASZAT.HU/USERSPACE/FELSZERELESEK/JURTA/6M_1_K.JPG](http://www.lovasijaszat.hu/userspace/felszeresek/jurta/6m_1_k.jpg)>
Megtekintve: 2016.11.25.
- MESKA.HU (2016): A dorongok és a kerege összeillesztése.
<[HTTP://WWW.MESKA.HU/IMG/PRODUCT/NORMAL/M/A/MAGYARBETYAR_PRODUCT_14621_101115220930_4.JPG](http://www.meska.hu/img/product/normal/m/a/magyarbetyar_product_14621_101115220930_4.jpg)> Megtekintve: 2016.11.25.
- PINIMG.COM (2016): Az ajtó, a kerege és a dorongok kapcsolata.
[HTTPS://I.PINIMG.COM/236X/A6/A3/F5/A6A3F503282E90E1FD27C7FD3E3E2E1A.JPG](https://i.pinimg.com/236x/a6/a3/f5/a6a3f503282e90e1fd27c7fd3e3e2e1a.jpg)>
Megtekintve: 2016.11.25.
- VASIHELYTORTENET.HU (2016): A tündök csapfészkeinek és a dorongok csatlakozása.
<[HTTP://VASIHELYTORTENET.HU/IMAGES/VMB2645.JPG](http://vasihelytortenet.hu/images/vmb2645.jpg)> Megtekintve: 2016.11.25.
- WIXSTATIC.COM (2016A): A kerege zárt, illetve nyitott állapotban.
<[HTTP://STATIC.WIXSTATIC.COM/MEDIA/19C70A91BDA99227E3A3FD4B4B1761B6.WIX_MP_256](http://static.wixstatic.com/media/19c70a91bda99227e3a3fd4b4b1761b6.wix_mp_256)> Megtekintve: 2016.11.25.
- WIXSTATIC.COM (2016B): Mongol jurtára jellemző egyenes végű dorongok.
<[HTTP://STATIC.WIXSTATIC.COM/MEDIA/55BE9DCDED3EB8DDC3835AE17BF52F13.WIX_MP_256](http://static.wixstatic.com/media/55be9dced3eb8ddc3835ae17bf52f13.wix_mp_256)>

A JURTA SZERKEZETI KIALAKÍTÁSA – 2. RÉSZ

LELKES DÉNES, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

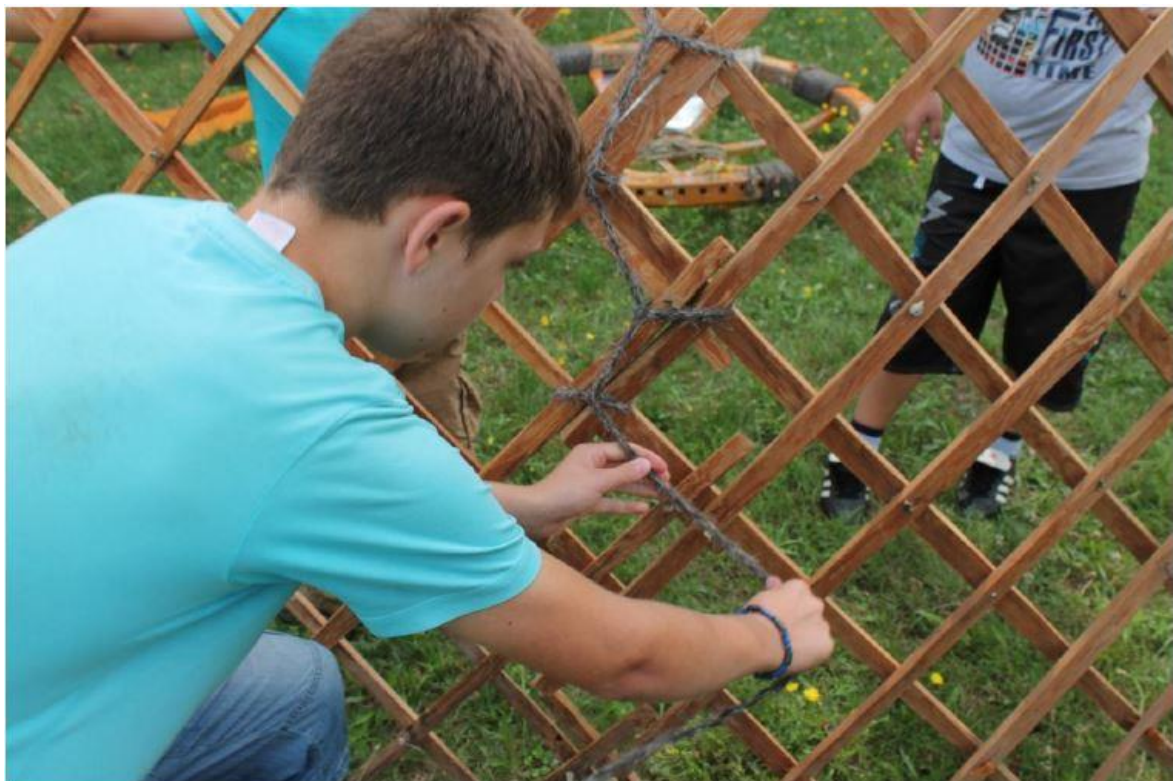
bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

A jurta a keleti, vándorló életmódra berendezkedett népek hagyományos lakóhelye. Ősrégi és óriási tradíciókkal rendelkezik, ebből adódóan a céljának megfelelően a lehető legtökéletesebbé vált az évezredek alatt. A cikksorozat első részében bemutattuk a jurta vázszerkezetét alkotó elemeket: kifelé nyíló ajtó, 5 darab kerege, 81-82 darab dorong, 2 darab tartóoszlop és 1 darab tündök. A kerege a jurta oldalfalszerkezetét képző rácsos elem, a tündök a sokak által füstnyílásként, vagy kerékabroncsként emlegetett kör alakú tetőelem. A dorongok adnak összeköttetést a keregek és a tündök között.

Anyagok és módszerek

A jurta állításának alapfeltétele, hogy keresnünk, találnunk kell egy sík területet. Nyilvánvalóan a jurta alapterülete határozza meg a keresendő sík terület nagyságát. A terület kiválasztását követően az állítást a keregek egymáshoz illesztésével kezdjük, majd a csatlakozásokat kötelekkel biztosítjuk (11. ábra).



11. ábra A keregek egymáshoz illesztve és kötéllal való rögzítése

Ha mind az öt kerege áll, akkor az ajtót is a helyére tudjuk tenni. A kerege az ajtóval is kötelekkel kapcsolódik az aljazott résznél. Ezek után a tündököt és a két oszlopot rögzítjük egymáshoz kötéllel, felállítjuk és a tündökön lévő kötelekkel és 8 dorong segítségével pozícionáljuk a tündök helyét (12. ábra).



12. ábra A tündök kötelekkel, illetve dorongokkal való pozícionálása (forrás: ETNOCENTER 2016)

Mikor a helyére került az első 8 dorong, egy kötelet (úgynevezett lélek kötelet) az ajtón megcsomózva, a keregek rácsain átbújtatgatva feszítünk meg, ezzel is elősegítve kör alak megőrzését és a többi dorong elkövetkezendő helyre rakását.

Következik a többi dorong berakása, ez egy hosszabb ideig tartó munkafolyamat. A 13. ábrán látható a kész vázszerkezet, ám az oszlopok ki vannak szedve. E kép bizonyítja a fentiekben leírt állítást, miszerint az oszlopok elhanyagolhatóak.



13. ábra A vázszerkezet teljesen (forrás: GYEPUFARKASAI 2016)

A vázszerkezet állításához nagyjából 2–2,5 órára van szükség, ha azt három ember csinálja. Érdekes dolog, de tapasztaltam, hogy minél több ember állít jurtat, annál hosszabb ideig tart. A vázszerkezet bontási ideje az állítási idő töredéke. Ha feltételezzük, hogy ugyanaz a három ember bontja a jurtat, akkor körülbelül fél óra alatt lebontható a szerkezet. A kész vázra borításként összesen 4 réteg kerül. Az első réteg egy fehér vászon, amely a dorongokon terül el felvéve az általuk képzett tetősík formáját. A második réteg a nemez borítás, ez összesen áll két darab tető nemezből és 4 darab oldal nemezből, ez a réteg biztosítja a jurta hőszigetelését. A harmadik réteg egy vízhatlan réteg, ez lehet egy ponyva, vagy akármilyen vízlepergető anyagból készült takaróréteg. Az utolsó réteg egy külső borító, amely általában fehér, ennek fényvisszaverő, illetve esztétikai szerepe van, hiszen ezt a réteget gyakran hímezik. Van egy ötödik réteg, a tündöktakaró, ezt csak esős időben rakjuk fel. Nevéből adódik a funkciója, ez is vízhatlan anyagból készül. Ezzel a jurta el is készült, beköltözhető (14. ábra).

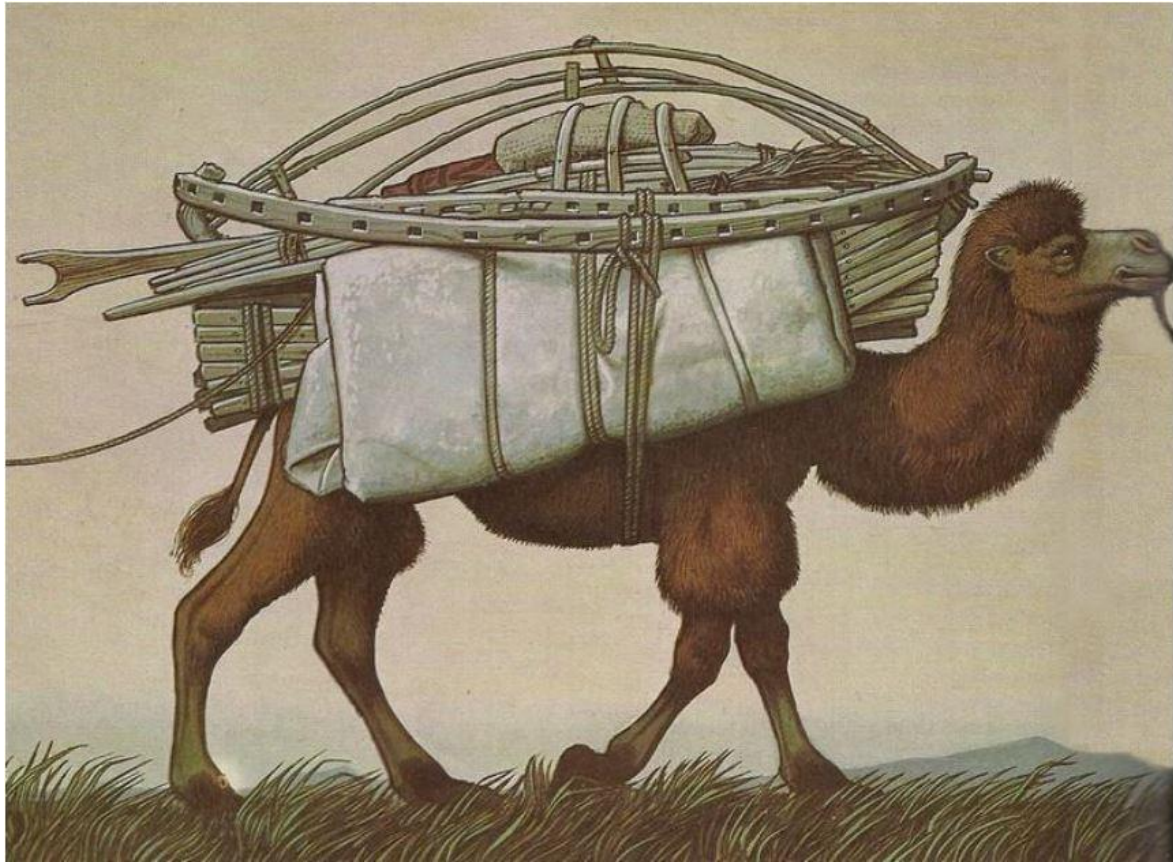


14. ábra Jurta gyermektáboroztatáskor

A jurta méretét átmérővel jellemezhetjük. A legkisebb jurta, amit gyártanak 370–400 cm átmérőjű. Az átlagos méretű jurtának átmérője 570–600 cm. Ezeknél léteznek nagyobbak is, de nem gyakoriak. Szerkezetük egyszerűségéhez képest egészen nagy teherbírásra képesek. Kevesen tudják, de a jurta szerkezetéből alakult ki a veremházak szerkezete és ezt követték a bonyolultabb, komplexebb szerkezetek.

Eredmények és értékelés

A jurtáknak egyaránt vannak előnyei és hátrányai is. Talán a legelső és legnagyobb előnye a mobilitása, viszonylag gyors felállítása és lebontása. Tekintve őseink nomád életmódját, gondolok itt a honfoglalás kori magyarok életmódjára, viszonylag sokat és gyorsan kellett költözniük, utazniuk, ehhez elengedhetetlen volt ez a tulajdonság. Mivel a jurta nem egy tömör szerkezet és kis helyen elfér, a szállítása sem okozott semmilyen gondot. A szállítást ökrökkel, tevékkel, lovakkal, szekerekkel oldották meg, ezt a 15. ábra mutatja.



15. ábra A jurta egykori szállítása (forrás: NYERS 2016)

Napjainkban például egy kisebb utánfutóra két teljes jurtát rá lehet pakolni, szóval nem beszélhetünk megmozdíthatatlan súlyokról és hatalmas térfogatokról. A második legfontosabb előnye, hogyha az egyik elem tönkremenne, esetleg gombásodik, vagy megreped, eltörik, egyszerűen lehet pótolni, cserélni. Egy dorong kicserélése sohasem okozott gondot, vagy ha a keregében a bőrszegecseket újra kellett fűzni, akkor az asszonyok pár óra alatt ki tudták javítani a hibákat.

Előnyei közé tartozik nem utolsó sorban az, hogy az akkori emberek igényeit teljes mértékben kielégítette, mint otthon. Egy népesebb család is kényelmesen elfért benne, hiszen jóformán csak alvásra/pihenésre használták a jurtákat. A nemez kiválóan hőszigetelt, nyáron kellemes hűs levegő volt bent, míg télen tartotta a meleget. Nem ázott be, hacsak nem volt sérült a vízhatlan réteg. Egészen kellemes idillikus otthonérzetet ad a mai embereknek is (16. ábra).



16. ábra Az idillikus otthonérzet (forrás: BLOG 2016)

Ha a jurta hátrányairól beszélünk, elsődlegesen a tűzveszélyességet említhetjük, ugyanis minden, ami alkotja, csupa éghető dolog. A váz teljes egészében fából és kötelekből (amely állati szőrből, vagy kenderből készült) áll, a nemez megintcsak tömör állati szőr, tömörített gyapjú, és a maradék fedőrétegek, a ponyvák, vásznak is mind éghetőek. Tehát tűbiztonsági szempontból közel sem ideális.

Hátrányként említeném az alkotóelemek sérülékenységet is. A jurta nehezen szellőzik, belsejében viszonylag nagy a páratartalom, ebből kifolyólag az elemek könnyedén gombásodhatnak. A kerege lécei általában a legsérülékenyebbek, könnyen eltörhet, ha rossz irányba fessegetik, vagy éppenséggel ugrálnak rajta, például gyermektáborokban. Manapság ezeket a hátrányokat egyszerűen meg lehet előzni, illetve kezelni. A vázszerkezet faanyaga, ha megfelelő szerrel van kezelve, vagy megfelelő eljárással, akkor a gombásodás veszélye megszűnik. A kerege léceinek törékenységének csökkentése megfelelő fafajok alkalmazásával, esetleg szénszálas megerősítéssel lehetséges. A szellőztetési problémák megoldása kicsit nehezebb, de nem megoldhatatlan, ehhez a fedőréteget kicsit meg kell bontanunk és a nemezt felhajtani, kb. 30-40 cm magasan.

Innovatív elképzelések

A jurta egyszerűsége tekintettel számos fejlesztési lehetőségünk adódik, amelyek még otthonosabbá, még lakhatóbbá teszik azt. Például képzeljünk csak bele, hogy milyen lenne egy emeletes jurta (17. ábra). Ugyan az elkészítése nem nehéz, de nagy mérnöki pontosságot igényel.



17. ábra Többszintes jurta (forrás: WIKIMEDIA 2016)

Bár napjainkban a nomád életmód nem jellemző, de a szerkezet mobilis tulajdonságát célszerű megőrizni. Lehet a jurtának egy deszkából készült padlózatot csinálni, amit feltételezhetően anno magukkal tudtak vinni. Ez a padlózat, vagy alapzat legyen nagyobb átmérőjű, mint a jurta. A padlózat esetleg elősegítheti, vagy pótolhatja a sík területet, ahova a jurtát lehet állítani. Többszintes jurtánál a padlózat emeletként is szolgálhat, és annak már csak a fantázia és a statika szabhat határt, hogy miként szeretnénk alakítani.

Feltételezzük azt, hogy jurtában élünk. Biztos vagyok, hogy mindenki hozzá akarna építeni esetleg egy kis konyhakertet, vagy egy teraszt. Semmi gond, ez teljesen megoldható. Ha abból indulunk ki, hogy a jurta rendelkezik padlózattal, akkor igazándiból a padlózatot akármerre elnyújthatjuk. Így létrejön egy számunkra kedvező külső perem, amivel azt kezdünk, amihez csak kedvünk van.

Mivel eléggé anyagi világban élünk, elkerülhetetlen szót ejteni a jurta költségeiről. Egy jurta ára Mongóliából szállítással együtt nem egészen fél millió forint volt 2016-ban. Ez az ár tartalmazza a vázszerkezetet és az összes külső borítást. Mennyi adósságot lehetne megspórolni magunknak, ha kicsit engednénk az elvárásainkból. Persze általában azt mondják az emberek, hogy egy ősember vagyok, mert azt mondom, gazdaságosabb lenne jurtában élni. De sajnos manapság az újonnan épült házak 40-50 millió forintba kerülnek. Kérdés, hogy ez hány jurta árának felel meg? Ha egy kicsit utána számolunk, akkor bizony rájövünk, közel száz normál méretű jurtát tudnánk vásárolni ezért az összegért.

Tételezzük fel, hogy vettünk egy nagyobb jurtát, amely hozzávetőleg 2 millió forint. Az, hogy kössünk bele vizet és áramot nem okoz kihívást, ha van alapozásunk. Miután ezek megvannak, kényünkre-kedvünkre alakíthatjuk lakókörnyezetünket. Még mindig sokkalta olcsóbban

megúsztuk, mint egy új házzal. A mai technológiák teljes mértékben képesek kellemes lakhatóságot adni egy jurtának.

Összefoglalás

A leggyakoribb probléma a sík terep keresése. Három ember órák alatt képes egy teljes lakot felállítani. A jurta magában egy építészeti remekmű, egy csoda, amely a magyar építészet egyik mérföldköve és alappillére. Rengeteg lehetőség és fantázia van a jurtákban. Tekintve egyszerű felépítését sok mindennel lehetne bővíteni, kerttel, terrasszal, dohányzóval, ennek is csak a fantázia szabhat határt. Extrémebb, esetleg emeletes jurtánál készíthető erkély is. A jurták modernizálása sem lehetetlen, csak kellő szakértelem és mérnöki problémamegoldó készség szükséges hozzá.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BLOG.HU (2016): Az idillikus otthonérzet.
<[HTTP://M.CDN.BLOG.HU/AL/ALITRAVELING/IMAGE/IMG_2127.JPG](http://m.cdn.blog.hu/al/alitraveling/image/img_2127.jpg)> Megtekintve: 2016.11.25.
- ETNOCENTER.HU (2016): A tündök kötelekkel, illetve dorongokkal való pozícionálása.
<[HTTP://WWW.ETNOCENTER.HU/IMAGES/JURTA/JURTA03.JPG](http://www.etnocenter.hu/images/jurta/jurta03.jpg)> Megtekintve: 2016.11.25.
- GYEPUFARKASAI (2016): A vázszerkezet kompletten.
<[HTTP://USERS.ATW.HU/GYEPUFARKASAI/KEPEK/JURTA_RACSOS_KICSI.JPG](http://users.atw.hu/gyepufarkasai/kepek/jurta_racsos_kicsi.jpg)> Megtekintve: 2016.11.25.
- NYERS Cs. (2016): A jurta egykori szállítása.
<[HTTP://USERS.ATW.HU/NYERSCSABA/JURTA/MONGOL04.JPG](http://users.atw.hu/nyerscsaba/jurta/mongol04.jpg)> Megtekintve: 2016.11.25.
- WIKIMEDIA.ORG (2016): Több szintes jurta.
<[HTTPS://UPLOAD.WIKIMEDIA.ORG/WIKIPEDIA/COMMONS/8/85/YURT_IN_OSH.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Yurt_in_osh.jpg)>
Megtekintve: 2016.11.25.

FAANYAGOK HIGROSKÓPOSSÁGÁNAK CSÖKKENTÉSE NANORÉSZECSKÉKKEL – 1. RÉSZ: TELÍTÉSI HATÉKONYSÁG

MOLNÁR FERENC, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

A nanorészecskék a faanyag tulajdonságait javító alkalmazása ma még alig ismert. Ezzel szemben ezeknek a nanorészecskéknek a kedvező tulajdonságainak köszönhetően már régóta elterjedtek, használatosak az ipar egyes ágazataiban. Például a polimerek tulajdonságait már jelentős mértékben javították. A tervezett kutatás egyedisége olyan új nano-anyagok vizsgálatba vonása, melyek faipari alkalmazhatóságát eddig még nem vizsgálták. A tervezett kezelés várhatóan meghosszabbítja a fából készült termékek élettartamát.

A titanát nanocsövek és nanoszálak hidrofób tulajdonságát felhasználva lehetőség nyílik „hidrofób faanyagok” előállítására. Az így modifikált faanyagra a környezeti paraméterek változása, hőmérséklet és páratartalom, kisebb hatással jelentkezik, azaz a faanyag zsugorodása, vagy dagadása is kisebb mértékű lesz, amely végeredményben a dimenzióstabilitás növekedését fogja eredményezni. A nano-anyagokkal történő dimenzióstabilitás kialakítása a faanyagoknál, a korábbi módszerekkel szemben azzal az igen kedvező tulajdonsággal rendelkezik, hogy a modifikálás nem okozza a faanyag egyéb fizikai tulajdonságainak romlását. A zsugorodási anizotrópia mérséklésére elterjedtek a hőkezelések, amelyek valóban eredményeznek bizonyos fokú dimenzióstabilitást, de a kezelés paramétereitől függően jelentős szilárdság és rugalmasság csökkenést okoznak. Ennek megfelelően ezek a modifikált faanyagok többnyire csak felületburkolásra alkalmasak, teherviselő szerkezetként nem.



1. ábra Titanát nanocső (forrás: NANOBAKT 2020a)

A titán-dioxid kedvező tulajdonságainak köszönhetően már régóta elterjedten használatos az ipar egyes ágazataiban. A nanotechnológia alkalmazásával előállított titanát nanocsövek (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**) ezen kedvező tulajdonságai mellett a nanostruktúrából adódó szerteágazó lehetőségeket is hordozzák.

A nanotechnológiában jól ismert, hidrotermális átkristályosítással előállított nanocsövek méretei a következők: az átmérője egy hajszál vastagságának ezredrésze, hosszuk pedig egy baktérium tizedrészére. Számokban ezek a csöves morfológiával rendelkező szerkezetek átlagos átmérője 5–8 nm, hosszuk pedig 100–500 nm. Ezek az adatok az előállítási

paramétereiktől függenek. Ezek a nanorészecskék, apró csövecskék nem zártak, inkább egy néhány atomi rétegből álló felcsavart szőnyegre hasonlíthatjuk. A réteges struktúra létrejöttét a felcsavarodásnak köszönhetjük. Ezek a “nanoszőnyegek” átlagosan 4-5 réteg vastagságúak.

A sajátos ioncserélő tulajdonságok kihasználásával a nanocsövek speciális átalakítása is lehetséges, melynek következtében új felhasználási területeket nyithatunk meg. A szerves molekulákon alapuló módosításokkal úgynevezett szuperhidrofób anyagok hozhatók létre. Ezek a szuperhidrofób anyagok hasonlóan működnek, mint a lótuszvirágok levelei. A lótuszvirágok ezt a tulajdonságukat kihasználva tisztítják leveleiket. A lótuszvirág levélre felkerülő vízcseppek összeszedik a megtapadt piszokszemcséket, miközben leperlegnek annak felszínről.

A kémiai szerkezetéből adódóan kedvező fényvisszaverő tulajdonság és fehér szín, illetve az egy dimenziós kialakításnak köszönhető kiváló fedőképesség következtében minőségi festékeket hozhatók létre. Az előbb említett speciális módosítással szuperhidrofób, azaz víz- és piszok lepergető anyagok, felszínek alakíthatók ki. A beázások esélyének csökkenése mellett az újra festések közötti időtartam is növekszik. A hidrofób hatású nanocsövek a műanyagokban történő könnyebb eloszlást is segítik. A hidrofób titanát nanorészecskékkel kezelt műanyagok tulajdonságai jelentős javulása is bekövetkezik. A szintetizált és a lótusz effektussal rendelkező titanát nanoszerkezetek lehetőséget adnak a különböző szerkezetű műanyagokba történő megfelelő nanoszerkezet kiválasztásához a minél jobb bedolgozás érdekében.

A titanát nanocsövekhez hasonlóan a nanotechnológia használatával létrehozott titanát nanoszálak az ipar számos területén elterjedt titán-dioxid kiváló tulajdonságai mellett a nanostruktúrából adódó szerteágazó lehetőségeket is adnak (2. ábra). Előállításuk egy módosított hidrotermális átkristályosítással történik. Az így előállított titanát nanoszálak nagyobbak, mint a titanát nanocsövek, nem teljesen ridegek, enyhén hajlékonyak. Ezek a nanoszálak 50–100 nanométer szélesek, valamint 1–10 mikrométer hosszúságúak. A réteges szerkezet szintén megjelenik akár csak a nanocsöveknél. Átlagosan 50–100 db réteg kapcsolódik össze. A rétegek közötti távolság a nanocsövekhez hasonlóan nagyon kicsi, körülbelül 0,7 nm, mely strukturális adottság további lehetőségeket rejt. A sajátos anyagi felépítés, apró méret, az ebből adódó viszonylagosan nagy fajlagos felület és az egydimenziós struktúra miatt töltő anyagként történő használatával létrehozhatunk speciális műanyag kompozitokat.

Számos titanát nanoszerkezet – műanyag (például nagysűrűségű polietilén, polisztirol, termoplasztikus poliuretán, epoxi-gyanták) – nanokompozit esetében a tulajdonságokat javítja. A szakító- és húzószilárdság, kopásállóság és Young modulusz növekedését eredményezik a titanát nanoszerkezetek. Ezek a nanoszálak a mechanikai tulajdonságok mellett égésgátló és antisztatikus hatással is rendelkeznek.



2. ábra Titanát nanoszál (forrás: NANOBAKT 2020b)

A sajátos ioncserélő tulajdonságok kihasználásával a nanocsövek speciális átalakításához hasonlóan a nanoszálak módosítása is lehetséges, melynek következtében új felhasználási területeket nyithatunk meg. Hasonló módosításokkal úgynevezett szuperhidrofób anyagok hozhatók létre.

A kutatás várható eredménye a dimenzióstabilitás javítása a nanovegyületekkel végzett telítés hatására. Mivel a fa-víz kapcsolatok alapvető fontosságúak minden felhasználási területen, a kutatás várható pozitív eredményei hasznos információval szolgálnak a faanyagok felhasználási területének bővíthetőségére vonatkozóan. Olyan méretstabil faanyagok hozhatók létre, amelyek nem hordoznak negatív tulajdonságokat a kiemelkedő dimenzióstabilitás „áraként”.

Anyagok és módszerek

A vizsgálatot három fafajon, lucfenyőn, erdeifenyőn és bükkön végeztük el. Első körben elkészítettük a próbatesteket. A zsugorodás-dagadás vizsgálatra fafajokként 100 db 20x20x30 mm-es álló évgyűrűs próbatesteket készítettünk. Az egyensúlyi fanedvesség mérésére fafajokként 30 db szintén 20x20x30 mm-es próbatest készült. A páradiffúzió vizsgálatra fafajokként 15-15 db álló és fekvő évgyűrűs, összesen 30 db 90 mm átmérőjű, 10 mm vastagságú próbatest került kialakításra. A vízfelvétel vizsgálatára a próbatestek 50x50x15 mm-esek, fafajokként 25-25 db álló és fekvőévgyűrűs, összesen 50 készült el.

A fentebb felsorolt próbatesteket vizsgálatokként 5 egyenlő részre osztottuk. A szétosztott mintákat sorszámokkal láttuk el, a későbbi azonosítás és a visszamérések érdekében. Azokat a mintatesteket, amiket a nanorészecskékkel telítünk a telítés előtt lemértük és feljegyeztük.

Telítettünk egyrészt a hidrofób titanát nanocső 10 és 20%-os koncentrációjával, másrészt a hidrofób titanát nanoszál ugyancsak 10 és 20%-os koncentrációjával. Így négy edénybe pakoltuk a szétosztott mintákat, lesúlyoztuk, majd az edényeket feltöltöttük a nanorészecskékkel, úgy, hogy ellepje a faanyagot.

Az így telítésre elkészült faanyagot vákuum szárítóba helyeztük 1 órára. Az 1 óra elteltével a faanyagot kivettük a szárítóból, de a folyadékban hagytuk még 1 órára. A szárító kamrából kivéve a mintákat azt tapasztaltuk, hogy a nanorészecskék kiüledtek a faanyag felületére (3. ábra).



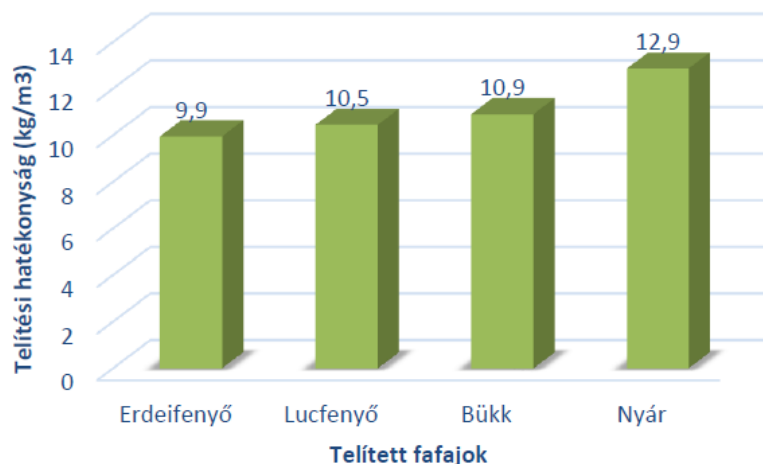
3. ábra A nanorészcsek kiülepedtek a próbatestekre

Miután letelt az 1 óra az edényekből a próbatesteket kivettük az edényekből és megtisztítottuk a felületre kiülepedett nanorészcsektől. Majd a próbatesteknek egyesével lemértük a tömegét. Az előre lemért tömeget és a telített tömeget összehasonlítva megállapítottuk a telítési hatékonyságot.

Eredmények és értékelés

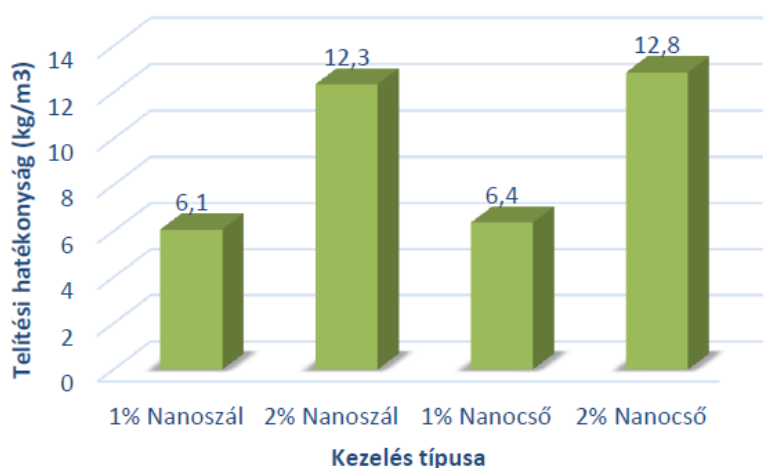
A telítés előtt valamennyi telíteni kívánt próbatestet sorszámmal láttuk el és lemértük a tömegét. A telítés után az összes minta tömegét ismét lemértük. A két tömeg különbségét kiszámoltuk (Δm). Ekkor megkapjuk a felvett szuszpenzió mennyiségét, de ebben benne van a hordozóanyag is, a folyadék. Számunkra a meghatározó, hogy mennyi a felvett tiszta hatóanyag mennyisége (g). Ehhez ismerjük a koncentrációt, ami tömegszázalékban van megadva. Esetünkben ez 1% és 2% volt, vagyis Δm -nek 1%-a, vagy 2%-a a valós hatóanyagfelvétel. Ez még azonban csak a felvett hatóanyag tömege, nem fajlagos érték. Ahhoz, hogy összehasonlítható legyen a különböző méretű próbatestek között, fajlagos értéket kell számolnunk. Az imént kapott tömeget osztjuk 1000-rel, a mértékegységátváltás miatt (g-ból kg-ot kapunk), majd a kapott értéket szorozzuk az adott próbatest térfogatával (m^3). Így megkapjuk a telítési hatékonyságot kg/m^3 -ben.

A telítési hatékonyság alakulása a két nanorészcseke és az 1%-os, vagy 2%-os koncentráció során nagyságrendileg megegyező eredményeket hozott. Ezeket az eredményeket a 2%-os koncentrációjú nanocső esetén szemléltetem (4. ábra) Jól látható, hogy a nyárból készült próbatesteken a legsikeresebb a telítés, $12,9 kg/m^3$. Előzetesen is ezt vártuk, hiszen a vizsgált faanyagok közül a nyár telíthető a leginkább. A többi fafaj értékei sem maradnak el jelentősen a nyáretől, így sikeresnek mondható a telítés.



4. ábra Telítési hatékonyság alakulása zsugorodás-dagadás próbatesteken 2%-os nanocső esetén

A telítési hatékonyság vizsgálata a legjobb eredményeket hozó nyár faanyag esetén a két-két szuszpenzió 1%-os és 2%-os koncentrációja között a következőképpen alakult (5. ábra). Akár a hidrofób titanát nanoszál, akár a hidrofób titanát nanocsövet vizsgáljuk, mindkét esetben, ha a koncentrációt 1%-ról 2%-ra emeljük, arányosan a telítési hatékonyság is a duplájára nő. Valamennyi próbatest hasonló eredményeket hozott.



5. ábra Telítési hatékonyság zsugorodás-dagadás próbatesteken nyár esetén

Összefoglalás

Három fajtán, lucfenyőn, erdeifenyőn és bükkön végeztünk telítési módosítást. Egyrészt titanát nanocső 10%-os és 20%-os koncentrációjú oldatával, másrészt titanát nanoszál ugyancsak 10%-os és 20%-os koncentrációjával telítettünk. A telítési hatékonyság-vizsgálata alapján minden művelet jól sikerült.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

NANOBAKT (2020a): Titanát nanocső <[HTTP://NANOBAKT.HU/TITANAT-NANOCZO/](http://NANOBAKT.HU/TITANAT-NANOCZO/)> Megtekintve: 2020.09.01.

NANOBAKT (2020b): Titanát nanoszál <[HTTP://NANOBAKT.HU/TITANAT-NANOSZAL/](http://NANOBAKT.HU/TITANAT-NANOSZAL/)> Megtekintve: 2020.09.01.

FAANYAGOK HIGROSKÓPOSSÁGÁNAK CSÖKKENTÉSE NANORÉSZECSKÉKKEL – 2. RÉSZ: ZSUGORODÁS

MOLNÁR FERENC, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

Cikksorozatunk első részében bemutattuk a titanát nanorészecskék általános jellemzőit, majd meghatároztuk vizsgált fafajaink (lucfenyő, erdeifenyő, bükk és fehér nyár) titanát nanocsővel illetve titanát nanoszállal való telítésének hatékonyságát. Ebben a cikkben a módosítás hatását vizsgáltuk a fafajok zsugorodási értékeire vonatkozóan.

Anyagok és módszerek

A mintákat szobahőmérsékleten hagytuk 24 órára, majd behelyeztük szárítóba 55 °C-ra addig, amíg körülbelül eléri a légszáraz nedvességtartalmi értéket (1. ábra).



1. ábra A próbatestek szárítása

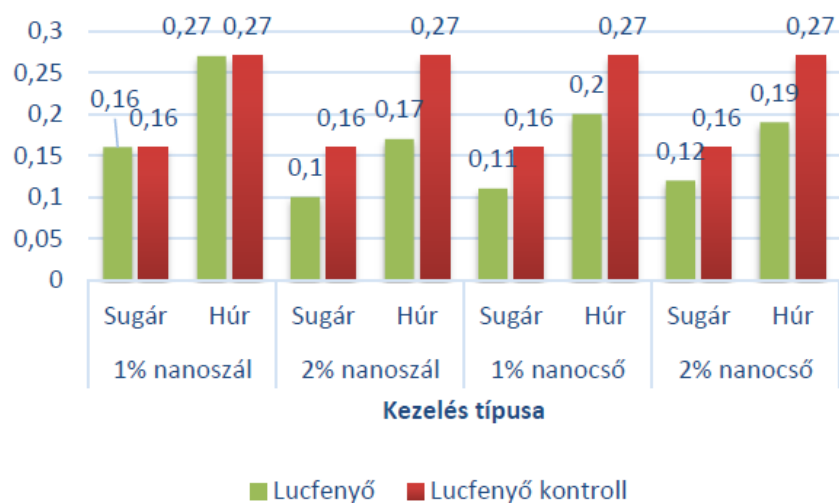
A zsugorodás-dagadás vizsgálatára legyártott próbatesteket szárítóba helyeztük 105 °C-ra amíg el nem érte az abszolút száraz nedvességtartalmi értéket. Miután leszáradtak, zsugorodás-dagadás próbatestek visszamértük egyesével a tömeget és a sugár- és húr irányú méreteket. Így megkaptuk az abszolút száraz adatokat a mintákról. Ezeket az értékeket összehasonlítva a kontroll faanyagok értékeivel számoltuk a zsugorodási együtthatókat.

Eredmények és értékelés

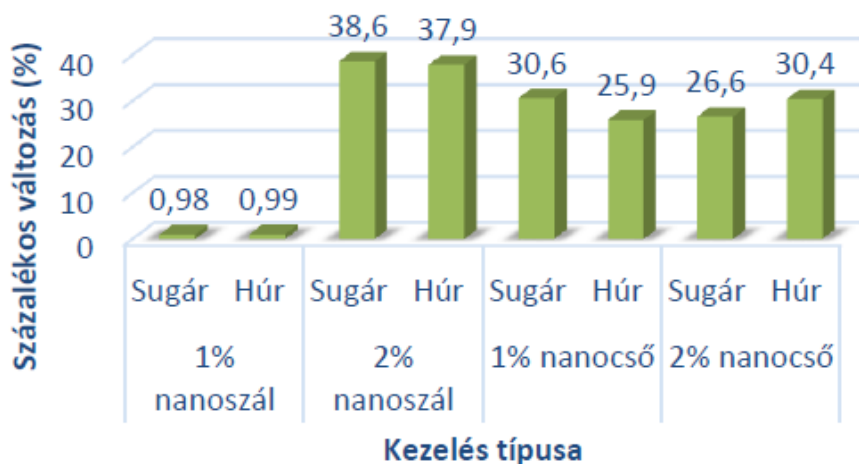
Lucfenyő esetén a zsugorodási együtthatók kisebb-nagyobb mértékű csökkenést mutatnak. 1%-os hidrofób titanát nanoszál esetén a kezelt faanyag értékei minimálisan csökkentek. A koncentrációt emelve, jelentősen csökkentek a zsugorodási értékek a kontroll faanyagéhoz képest. Sugárirányú zsugorodási érték 0,10-re csökkent, míg a húr irányú 0,17-re. Hidrofób titanát nanocsővel kezelt faanyag zsugorodási értékei is csökkentek. 1%-os koncentráció során

a sugárirányú érték 0,11, a húrirányú pedig 0,20; 2%-ra emelve a koncentrációt, tovább csökkennek az értékek, sugárirányban 0,12, húrirányban 0,19 a zsugorodási együttható (2. ábra).

A zsugorodási együtthatók értékeinek csökkenését százalékban is szemléltetem, így még inkább kimutathatók az eredmények. 1%-os hidrofób titanát nanoszál esetén a kezelt faanyag sugárirányú zsugorodási értéke 0,98%-kal, húrirányú zsugorodási értéke 0,99%-kal csökkent. A koncentrációt emelve, jelentősen csökkennek a zsugorodási értékek a kontroll faanyagéhoz képest. Sugárirányú zsugorodási érték 38,6%-kal, míg a húrirányú 37,9%-kal csökkent. Hidrofób titanát nanocső 1%-os koncentrációja során a sugárirányú érték 30,6%-kal a húrirányú pedig 25,9%-kal csökkent. 2%-ra emelve a koncentrációt, sugárirányban 26,6%-kal, húrirányban pedig 30,4%-kal csökkennek (3. ábra).



2. ábra Lucfenyő esetén a kezelés okozta zsugorodási együtthatók értékének változása

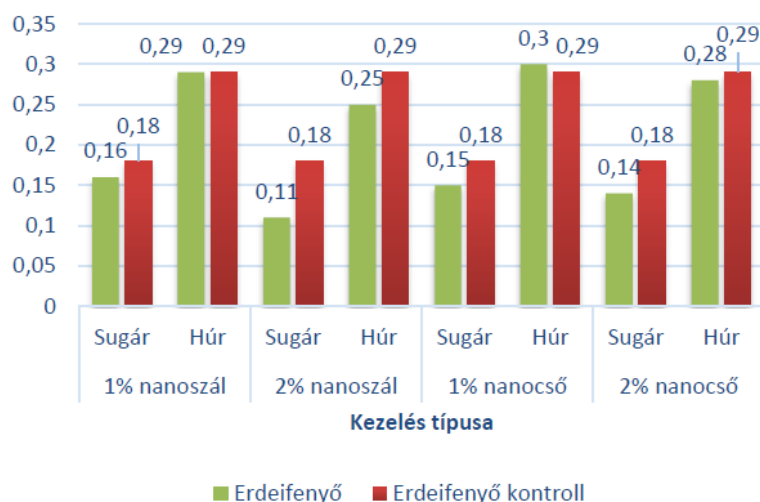


3. ábra Lucfenyő esetén a kezelés okozta zsugorodási együtthatók értékének százalékos változása

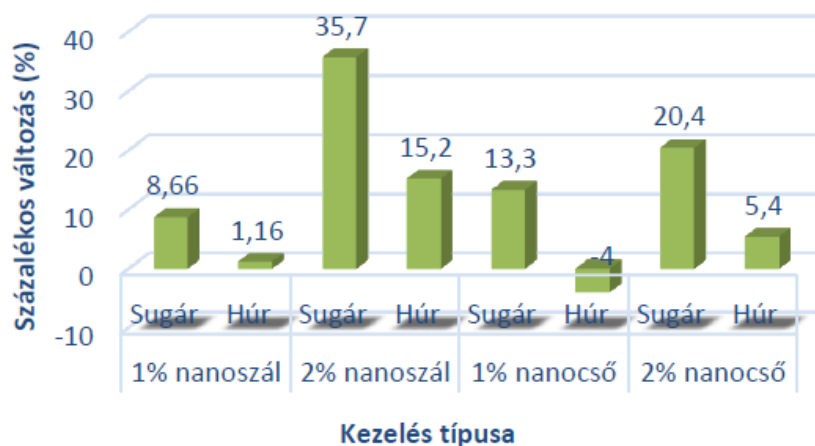
Összegezve: lucfenyő esetén a kezelés okozta zsugorodási együtthatóinak értékei jelentős mértékben csökkentek. Akár 30–40%-os javulásról beszélhetünk, ami igen szép eredmény.

Erdeifenyő esetén is a zsugorodási együtthatók csökkenéséről beszélhetünk, egy esetben kis mértékben nőtt az érték. 1%-os hidrofób titanát nanoszál esetén a kezelt faanyag értékei sugárirányban 0,18-ról 0,16-ra csökkent, míg húrirányban 0,29-ről kis mértékben javult 0,29-re. A koncentrációt emelve, tovább csökkentek a zsugorodási értékek a kontroll faanyagéhoz képest. Sugárirányú zsugorodási érték 0,11-re csökkent míg a húrirányú 0,25-re. Abban az esetben, ha hidrofób titanát nanocsővel kezeljük a faanyagot 1%-os koncentráció során a sugárirányú érték 0,15-re csökkent, a húrirányú pedig 0,30-ra növekedett. 2%-ra emelve a koncentrációt, csökkennek az értékek, sugárirányban 0,14, húrirányban 0,29 a zsugorodási együttható értéke (4. ábra).

A zsugorodási együtthatók értékeinek csökkenését %-os formában is láthatjuk. 1%-os hidrofób titanát nanoszál esetén a kezelt faanyag sugárirányú zsugorodási értéke 8,66%-kal, míg húrirányú zsugorodási értéke 1,16%-kal csökkent. A koncentrációt emelve, jelentősen csökkennek a zsugorodási értékek a kontroll faanyagéhoz képest. Sugárirányú zsugorodási érték 35,7%-kal, míg a húrirányú 15,2%-kal csökkent. Hidrofób titanát nanocső 1%-os koncentrációjával kezeljük a sugárirányú érték 13,3%-kal csökkent, a húrirányú pedig 4,0%-kal nőtt. 2%-ra emelve a koncentrációt, sugárirányban 20,4%-kal, húrirányban pedig 5,4%-kal csökkennek az értékek (5. ábra).



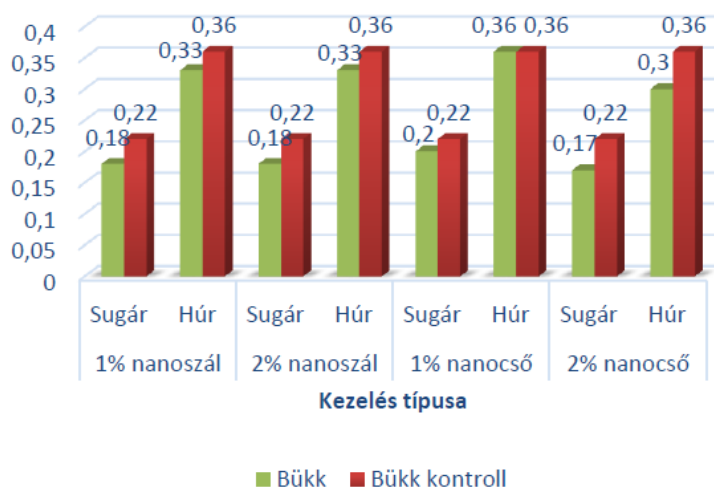
4. ábra Erdeifenyő esetén a kezelés okozta zsugorodási együtthatók értékének változása



5. ábra Erdefenyő esetén a kezelés okozta zsugorodási együtthatók értékének százalékos változása

Összegezve elmondható erdefenyő esetén mindkét nanorészecskével való kezelésre, hogy az 1%-os koncentráció során kis mértékben csökkentek vagy nem változtak a zsugorodási együtthatók, de ha emeljük a koncentrációt 2%-ra akkor jelentős akár 20–36%-os javulásról beszélhetünk.

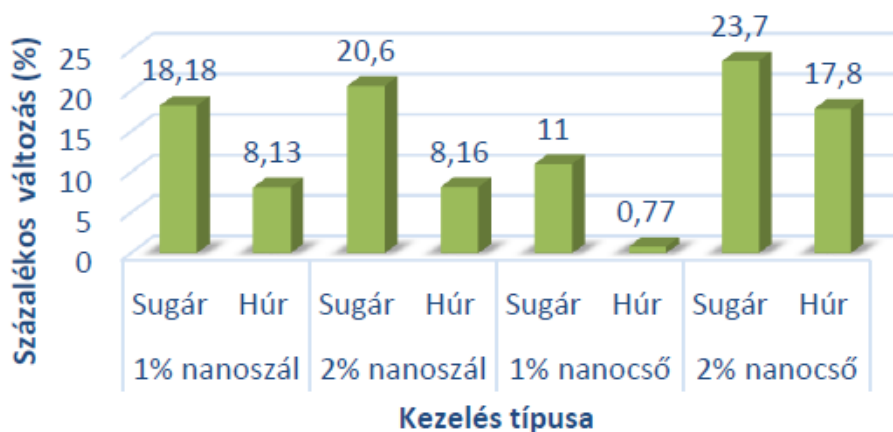
Bükk esetén minden esetben a zsugorodási együtthatók kisebb-nagyobb mértékű csökkenéséről beszélhetünk. 1%-os hidrofób titanát nanoszál esetén a kezelt faanyag sugárirányban 0,18, míg a kezeletlené 0,22, húrirányú zsugorodási értéke 0,36-ról 0,33-ra javult. A koncentrációt emelve, a zsugorodási értékek a kontroll faanyaghoz viszonyítva sugárirányú zsugorodási érték esetén 0,18-ra csökkent, míg a húrirány esetén 0,33-ra. Ugyan ez hidrofób titanát nanocsővel kezelt faanyag esetén a következőképpen alakul: 1%-os koncentráció során a sugárirányú érték 0,20, a húrirányú pedig 0,36. 2%-osra emelve a koncentrációt, tovább csökkennek az értékek, sugárirányban 0,17, húrirányban 0,30 a zsugorodási együttható értéke (6. ábra).



6. ábra Bükk esetén a kezelés okozta zsugorodási együtthatók értékének változása

Bükk faj esetén is láthatjuk a zsugorodási együtthatók értékeinek változását %-os formában is. 1%-os hidrofób titanát nanoszál esetén a kezelt faanyag sugárirányú zsugorodási értéke

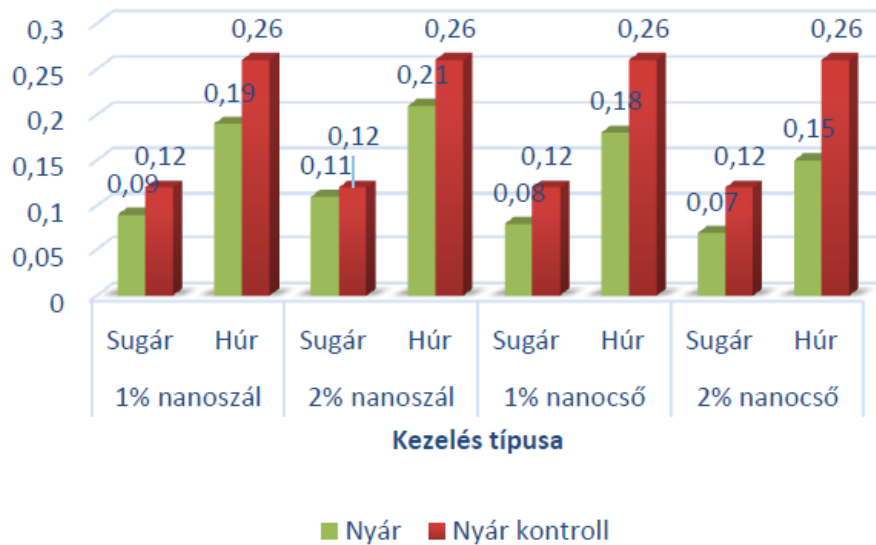
18,18%-kal csökkent, húrirányú zsugorodási értéke pedig 8,13%-kal. A koncentrációt emelve sugárirányú zsugorodási érték 20,6%-kal, míg a húrirányú érték 8,16%-kal csökkent. Hidrofób titanát nanocsővel kezelt próbatetek 1%-os koncentráció során sugárirányban 11,0%-kal húrirányban pedig 0,77%-kal csökkent. 2%-ra emelve a koncentrációt, az értékek jelentősen sugárirányban 23,7%-kal, húrirányban pedig 17,8%-kal csökkennek (7. ábra).



7. ábra Bükk esetén a kezelés okozta zsugorodási együtthatók értékének százalékos változása

Összegezve elmondható akár csak az erdeifenyő esetén, hogy mindkét nanorészecskével való kezelés során az 1%-os koncentrációnál kisebb mértékben csökkennek a zsugorodási együtthatók értékei, de ha emeljük a koncentrációt 2%-ra akkor jelentős akár 20–24%-os javulásról is beszélhetünk.

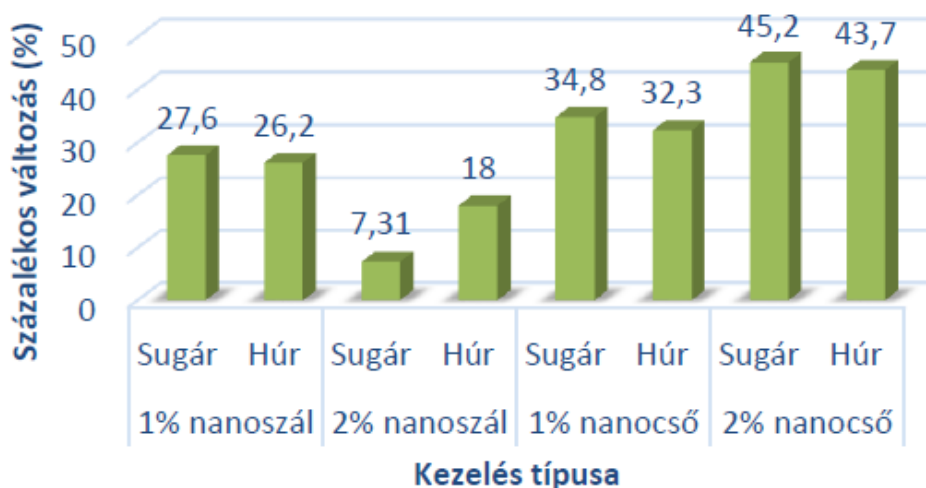
A nyár esetén a legjelentősebb a zsugorodási együtthatók értékének csökkenése. Ez összefüggésbe hozható azzal, hogy a nyárnál volt a legmagasabb a telítési hatékonyság is. 1%-os hidrofób titanát nanoszál esetén, sugárirányban 0,12-ről 0,9-re, húrirányú zsugorodási értéke 0,26-ről 0,19-re csökkent. A koncentrációt emelve, szintén csökkennek a zsugorodási értékek sugárirányú zsugorodási érték 0,11, míg a húrirányú 0,21. Hidrofób titanát nanocsővel kezelt faanyag értékei 1%-os koncentráció során sugárirányban 0,08-ra, a húrirányban pedig 0,18-ra csökkent. 2%-ra emelve a koncentrációt, tovább csökkennek az értékek, sugárirányban 0,07-re, húrirányban pedig 0,15-re csökkent a zsugorodási együttható értéke (8. ábra).



8. ábra Nyárfa esetén a kezelés okozta zsugorodási együtthatók értékének változása

A zsugorodási együtthatók értékeinek csökkenését %-os számokban is szemléltetve 1%-os hidrofób titanát nanoszál esetén a kezelt faanyag sugárirányú zsugorodási értéke 27,6%-kal csökkent, húrirányú zsugorodási értéke pedig 26,2%-kal. A koncentrációt emelve, szintén csökkennek a zsugorodási értékek a kontroll faanyagéhoz képest. Sugárirányú zsugorodási érték 7,3%-kal, míg a húrirányú 18%-kal csökkent. Hidrofób titanát nanocsővel kezelt faanyag zsugorodási értékei is csökkentek. 1%-os koncentráció során a sugárirányú érték 34,8%-kal a húrirányú pedig 32,3%-kal csökken. 2%-osra emelve a koncentrációt, az értékek sugárirányban 45,2%-kal, húrirányban pedig 43,7%-kal csökkennek (9. ábra).

Összegezve: nyár esetén bármely nanorészecskével, annak bármely koncentrációjával kezeltük a próbatesteket minden esetben jelentős mértékben csökkentek a zsugorodási együtthatók értékei. Ennek a csökkenésnek a mértéke eléri a 45%-ot is, ami nagyon jelentős eredmény.



9. ábra Nyárfa esetén a kezelés okozta zsugorodási együtthatók értékének százalékos változása

Összefoglalás

Nanorészecskéekkel való módosítás hatására lucfenyő esetén jelentős mértékben csökkentek a zsugorodási együtthatók, akár 30–40%-os javulásról is beszélhetünk. Erdeifenyő esetén az 1%-os koncentráció során kis mértékben csökkentek vagy nem változtak a zsugorodási együtthatók, de ha emeljük a koncentrációt 2%-ra, akkor jelentős akár 20–36%-os javulásról beszélhetünk. Bükk esetén az 1%-os koncentrációnál kisebb mértékben csökkennek a zsugorodási együtthatók értékei, de ha emeljük a koncentrációt 2%-ra, akkor jelentős, akár 20–24%-os javulásról is beszélhetünk. Nyár esetén jelentős mértékben csökkentek a zsugorodási együtthatók értékei, mértéke eléri a 45%-ot is, ami kiemelkedő eredmény.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

FAANYAGOK HIGROSZKÓPOSSÁGÁNAK CSÖKKENTÉSE NANORÉSZECSKÉKKEL – 3. RÉSZ: DAGADÁS

MOLNÁR FERENC, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

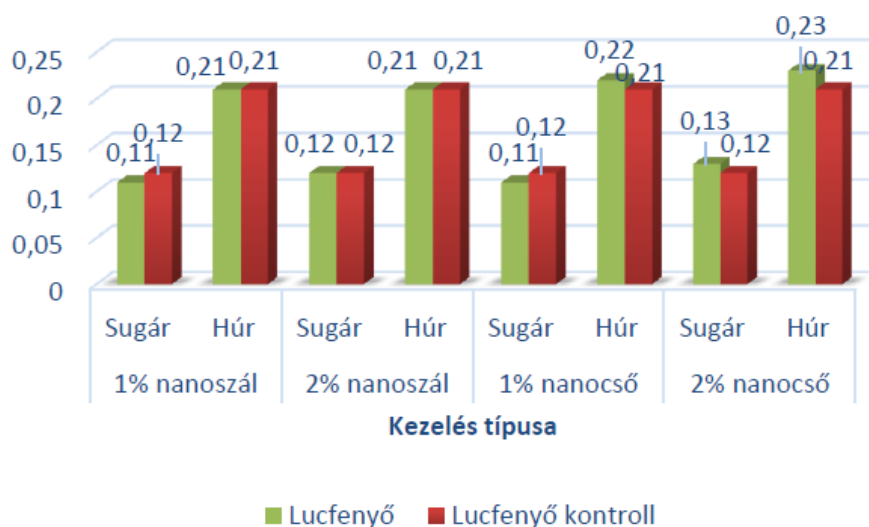
Bevezetés

Cikksorozatunk korábbi részeiben bemutattuk a titanát nanorészecskék általános jellemzőit, majd meghatároztuk vizsgált fafajaink (lucfenyő, erdeifenyő, bükk és fehér nyár) titanát nanocsővel illetve titanát nanoszállal való telítésének hatékonyságát, illetve hatását a zsugorodási értékekre. Ebben a cikkben a módosítás hatását vizsgáltuk a fafajok dagadási értékeire vonatkozóan.

Anyagok és módszerek

Az abszolút száraz zsugorodási-dagadási próbatesteket vízbe helyeztük egy hétig. Az egy hét letelte után a próbatestek tömegét és sugár- és húrirányú méreteit mértük. A kontroll faanyagéval összehasonlítva kapjuk meg a dagadási értékek változását.

Eredmények és értékelés

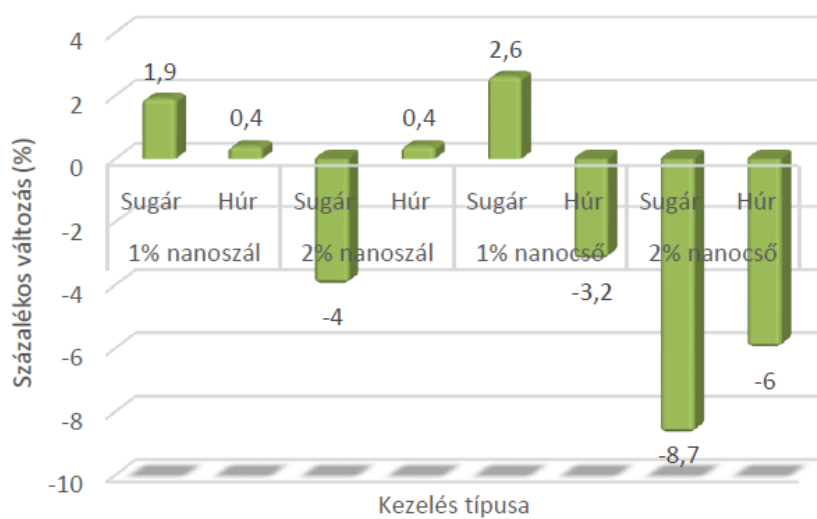


1. ábra Lucfenyő esetén a kezelés okozta dagadási együtthatók értékének változása

Lucfenyő esetén a dagadási együtthatók értékei kis változásokat hoztak. 1%-os töménységű hidrofób titanát nanoszál esetén a kezelt faanyag értékei minimálisan csökkentek. Sugárirányú dagadási együttható értéke 0,12-ről 0,11-re csökkent, húrirányú értéke jelentősen nem változott 0,21 maradt. A koncentrációt emelve, az értékek nem változtak jelentősen. Sugárirányú dagadási érték 0,12, míg a húrirányú 0,21. 1%-os hidrofób titanát nanocsővel kezelt faanyag dagadási értékei sugárirányban az 1%-os nanoszálhoz hasonlóan 0,12-ről 0,11-re csökkent,

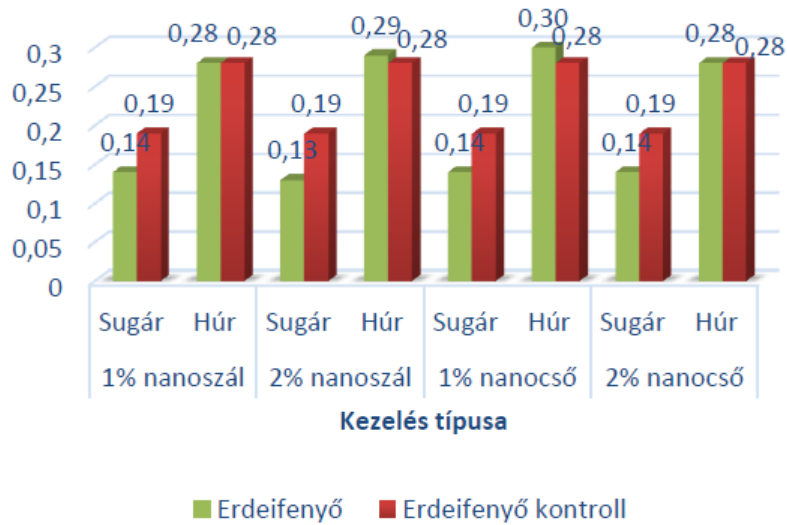
húrirányban 0,21-ről 0,22-re emelkedett. Ebben az esetben a koncentráció emelésével a dagadási együtthatók kisebb mértékben emelkedtek, sugárirányban 0,13-ra, húrirányban pedig 0,23-ra (1. ábra).

A dagadási együtthatók kis mértékű változása százalékos formában is jól kimutatható. 1%-os hidrofób titanát nanoszállal kezelt faanyag sugárirányú értéke 1,9%-kal, míg húrirányú értéke 0,4%-kal csökkent. Emelve 2%-ra a koncentrációt nem változnak jelentősen az értékek, sugárirányban 4%-kal emelkedett, húrirányban 0,4%-kal csökkent. Hidrofób titanát nanocsővel kezelt faanyag esetén szintén nem jelentős a változás. 1%-os koncentráció esetén sugárirányban 2,5%-os javulásról, míg húrirányban 3,2%-kal rosszabb eredményt kapunk. 2%-os koncentráció esetén sugárirányban 8,7%-kal, húrirányban 6%-kal emelkedtek az értékek (2. ábra).



2. ábra Lucfenyő esetén a kezelés okozta dagadási együtthatók értékének százalékos változása

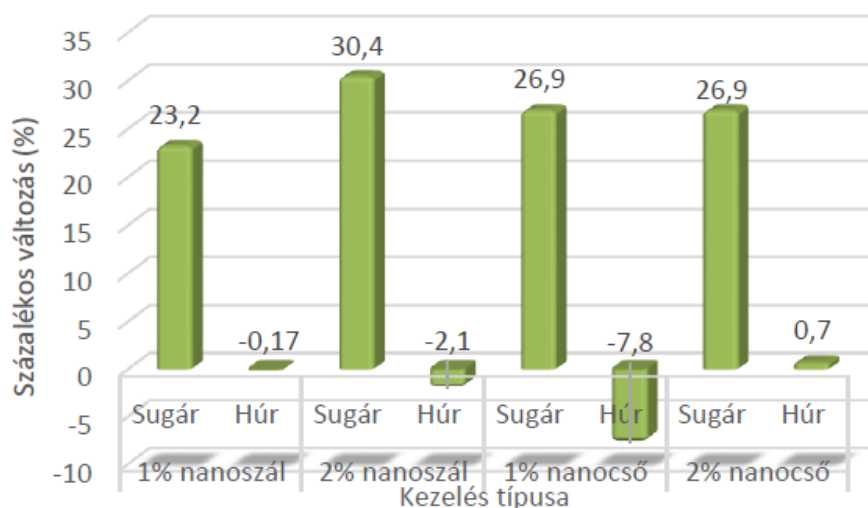
Összegezve: lucfenyő esetén mind sugárirányban, mind húrirányban nagyrészt 5% alatti a változások mértéke. Ez azt jelenti, hogy nem szignifikánsak az értékek, azaz nem változtak a dagadási együtthatók.



3. ábra Erdefenyő esetén a kezelés okozta dagadási együtthatók értékének változása

Erdefenyő esetén, ha hidrofób titanát nanoszállal kezeljük a faanyagot 1%-os koncentrációnál sugárirányban 0,19-ről 0,14-re, húr irányban 0,28-ról 0,28-ra, 2%-os koncentrációnál sugárirányban 0,13-ra, húr irányban 0,29-re változtak a dagadási együtthatók értékei. Hidrofób titanát nanocsővel való kezelés során 1%-os koncentrációnál sugárirányban 0,14-re, húr irányban 0,30-ra, 2%-ra emelve a szuszpenziót sugárirányban változatlanul 0,14-re, húr irányban 0,28-ra változott az erdefenyő dagadási együtthatóinak értéke (3. ábra).

Az erdefenyő kezelés okozta dagadási együtthatóinak százalékos változása 1%-os hidrofób titanát nanoszállal való kezelés során sugárirányban 23,2%-kal csökkent, húr irányban 0,17%-kal növekedett. 2%-ra emelve a koncentrációt sugárirányban 30,4%-ot csökkent, húr irányban 2,1%-kal növekedett. Hidrofób titanát nanocsővel való kezelés esetén 1%-os szuszpenziónál sugárirányban 26,9%-os csökkenés, húr irányban 7,8%-os növekedést láthatunk. 2%-ra emelve a koncentrációt sugárirányban szintén 26,9%-os csökkenésről, míg húr irányban 0,7%-os növekedésről beszélhetünk (4. ábra).

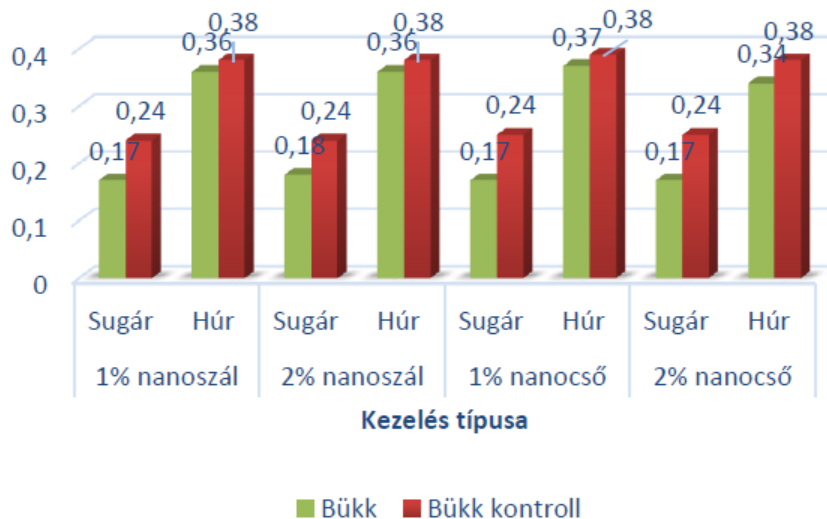


4. ábra Erdeifenyő esetén a kezelés okozta dagadási együtthatók értékének változása

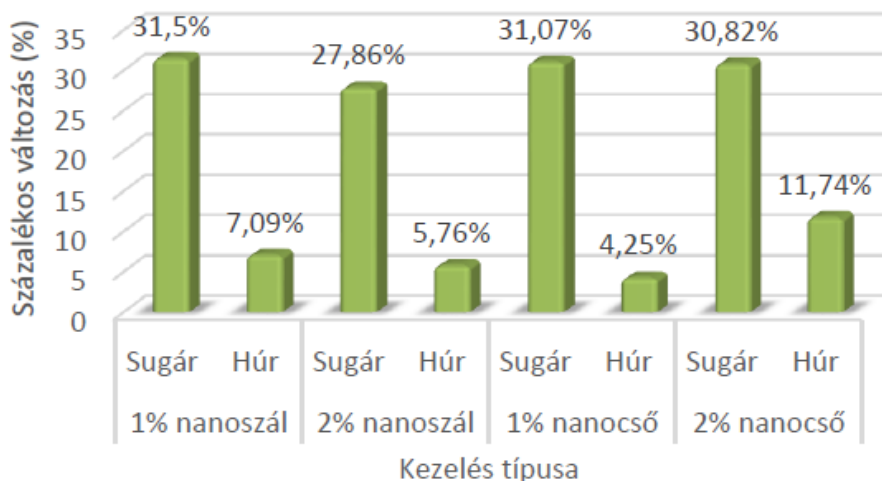
Összegezve: a kezelés hatására sugárirányú próbatestek esetén igen jelentős 20–30%-kal csökkentek a dagadási együtthatók. Húrirányú próbatestek esetén 0–8%-os növekedés pedig nem szignifikáns, azaz ebben az esetben nem változtak a dagadási értékei a faanyagnak.

Bükk esetén a hidrofób titanát nanoszállal való kezelés során 1%-os koncentrációnál sugárirányban 0,24-ről 0,17-re, húrirányban 0,38-ről 0,36-ra, 2%-os koncentrációnál sugárirányban 0,18-ra, húrirányban 0,36-re változtak a bükk faanyag dagadási együtthatóinak értékei. Hidrofób titanát nanocsővel való kezelés esetén 1%-os szuszpenziónál sugárirányban 0,17-re, húrirányban 0,37-re változtak az értékek. 2%-ra emelve a szuszpenzió töménységét sugárirányban szintén 0,17-re, húrirányban 0,34-ra változott a dagadási együtthatók értéke (5. ábra).

A fent említett változások százalékos formában a következők: Hidrofób titanát nanoszállal való kezelés során 1%-os koncentrációnál sugárirányban 31,5%-kal, húrirányban 7,09%-kal csökkent. 2%-ra emelve a koncentrációt sugárirányban 27,86%-kal, húrirányban 5,76%-kal csökkent. Hidrofób titanát nanocső esetén 1%-os szuszpenziónál sugárirányban 31,07%-os, húrirányban 4,25%-os a csökkenés mértéke. 2%-ra emelve a szuszpenzió koncentrációját sugárirányban 30,82%-os, húrirányban 11,74%-os csökkenésről beszélhetünk (6. ábra).



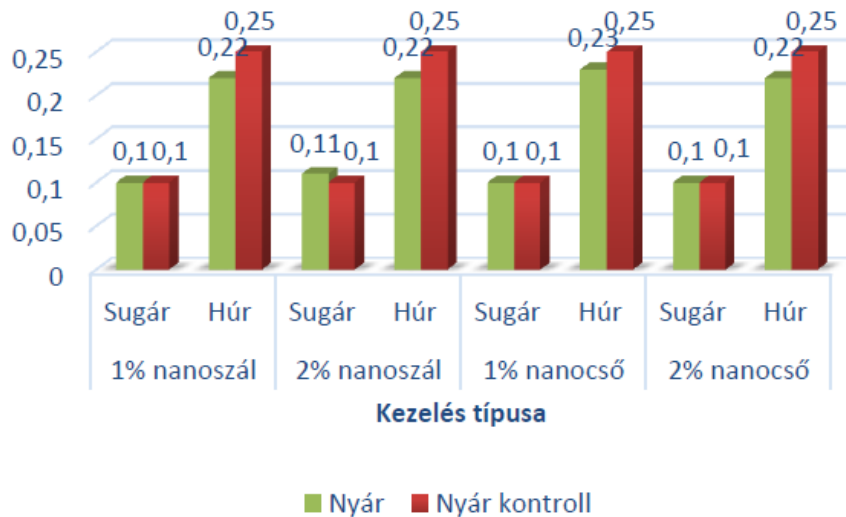
5. ábra Bükk esetén a kezelés okozta dagadási együtthatók értékének változása



6. ábra Bükk esetén a kezelés okozta dagadási együtthatók értékének százalékos változása

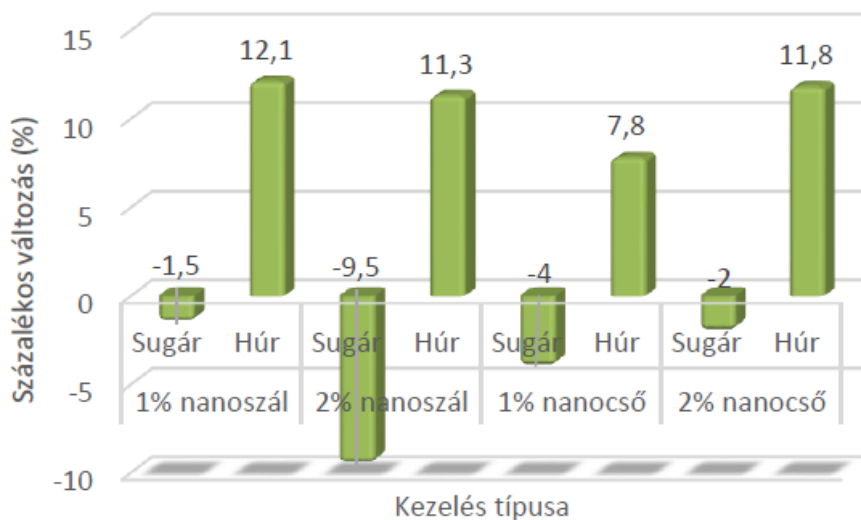
Összegezve: a kezelés hatására ugyanúgy, mint erdeifenyő próbatestek esetén a sugárirányú próbatestek esetén jelentős akár 30–32%-ot javultak a dagadási együtthatók értékei. Húrirányú próbatestek esetén a 4–12%-os változás kis mértékű javulást mutat a kontroll faanyaghoz képest.

A nyár fafajnál való kezelése során, ha hidrofób titanát nanoszállal kezeljük a faanyagot 1%-os koncentrációnál sugárirányban 0,10-ről 0,10-re, azaz nem változott, húrirányban 0,25-ről 0,22-re csökkent. 2%-os koncentrációnál sugárirányban 0,11-re, húrirányban 0,22-re változtak a dagadási értékek. 1%-os hidrofób titanát nanocsővel való kezelés során sugárirányban szintén 0,10 az érték, húrirányban 0,23-ra csökkent. 2%-ra emelve a szuszpenzió töménységét sugárirányban változatlanul 0,10 a dagadási együttható, húrirányban 0,22-re csökkent (7. ábra).



7. ábra Nyár esetén a kezelés okozta dagadási együtthatók értékének változása

Nyár esetén a kezelés okozta dagadási együtthatók százalékos változása, ha 1%-os hidrofób titanát nanoszálal kezelünk sugárirányban 1,5%-kal nő, húrirányban 12,1%-kal csökken. 2%-ra emelve a koncentrációt sugárirányban 9,5%-ot nő, húrirányban 11,3%-kal csökken. Hidrofób titanát nanocsővel való kezelés során 1%-os koncentrációnál sugárirányban 4%-os növekedés, húrirányban 7,8%-os csökkenés figyelhető meg. 2%-ra emelve a koncentrációt sugárirányban 2%-os növekedést, míg húrirányban 11,8%-os csökkenésről beszélhetünk (8. ábra).



8. ábra Nyár esetén a kezelés okozta dagadási együtthatók értékének százalékos változása

Összegezve: a kezelés hatására az erdeifenyővel és a bükkal ellentétben nem a sugárirányú próbatestek esetén van jelentős csökkenés a dagadási együtthatók között, hanem a húrirányban. Húrirányú próbatestek esetén 8–12%-os csökkenést láthatunk, míg a sugárirányú próbatestek

esetén a nagyrészt 1–4%-os növekedés nem szignifikáns, azaz ebben az esetben nem változtak a dagadási értékei a faanyagoknak.

Összefoglalás

A kezelés hatására lucfenyő esetén mind sugárirányban, mind húrirányban nagyrészt 5% alatti a változások mértéke, vagyis nem változtak a dagadási együtthatók értékei szignifikánsan. Erdeifenyő esetén sugárirányban igen jelentős 20–30%-kal csökkentek a dagadási együtthatók, míg húrirányú próbatestek esetén csak 0–8%-os növekedés tapasztalható. Bükk esetében sugárirányban jelentős akár 30–32%-ot javultak a dagadási együtthatók értékei, míg húrirányú próbatestek esetén csak 4–12%-os változás, kis mértékű javulást mutat a kontroll faanyaghoz képest. Nyárfánál nem a sugárirányú próbatestek esetén van jelentős csökkenés a dagadási együtthatók között, hanem a húrirányban. Húrirányú próbatestek esetén 8–12%-os csökkenést láthatunk, míg a sugárirányú próbatestek esetén a nagyrészt 1–4%-os növekedés nem szignifikáns.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

FAANYAGOK HIGROSKÓPOSSÁGÁNAK CSÖKKENTÉSE NANORÉSZECSKÉKKEL – 4. RÉSZ: EGYENSÚLYI FANEDVESSÉG

MOLNÁR FERENC, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

Cikksorozatunk korábbi részeiben bemutattuk a titanát nanorészecskék általános jellemzőit, majd meghatároztuk vizsgált fafajaink (lucfenyő, erdeifenyő, bükk és fehér nyár) titanát nanocsővel illetve titanát nanoszállal való telítésének hatékonyságát, illetve hatását a zsugorodási-dagadási értékekre. Ebben a cikkben a módosítás hatását vizsgáltuk a fafajok egyensúlyi fanedvességére vonatkozóan.

Anyagok és módszerek

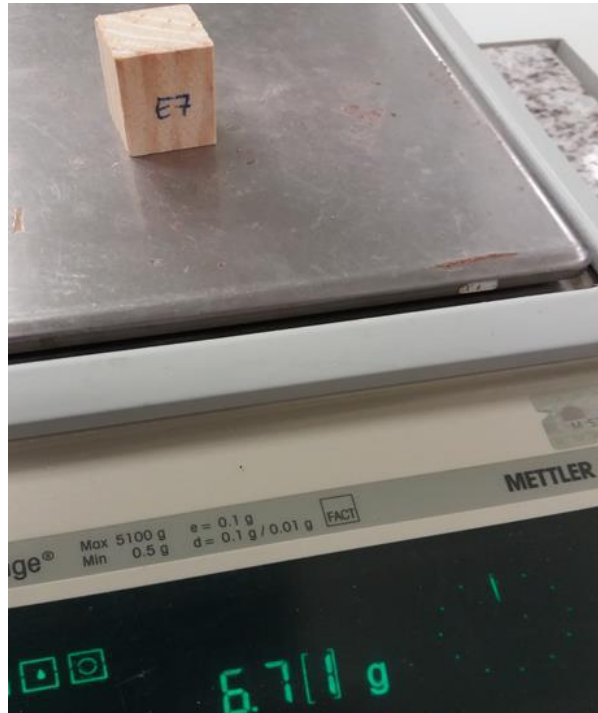
Az egyensúlyi fanedvesség vizsgálatára legyártott próbatesteket szárítóba helyeztük 105°C-ra, amíg el nem érte az abszolút száraz nedvességtartalmi értéket. Miután leszáradtak, visszamértük egyesével a tömeget (1. ábra).



1. ábra A próbatestek szárítása

Az egyensúlyi fanedvesség próbatesteit klíma kamrába helyeztük. A klíma kamrában 20 °C és 65%-os relatív páratartalom van. Megvártuk, amíg az egyensúlyi fanedvesség biztosan beáll, ez jelen esetben 3 hónapig tartott. Ezután ismét lemértük a próbatestek tömegét, a mért tömegekből nettó nedvesség tartalmat számítottunk (2. ábra).

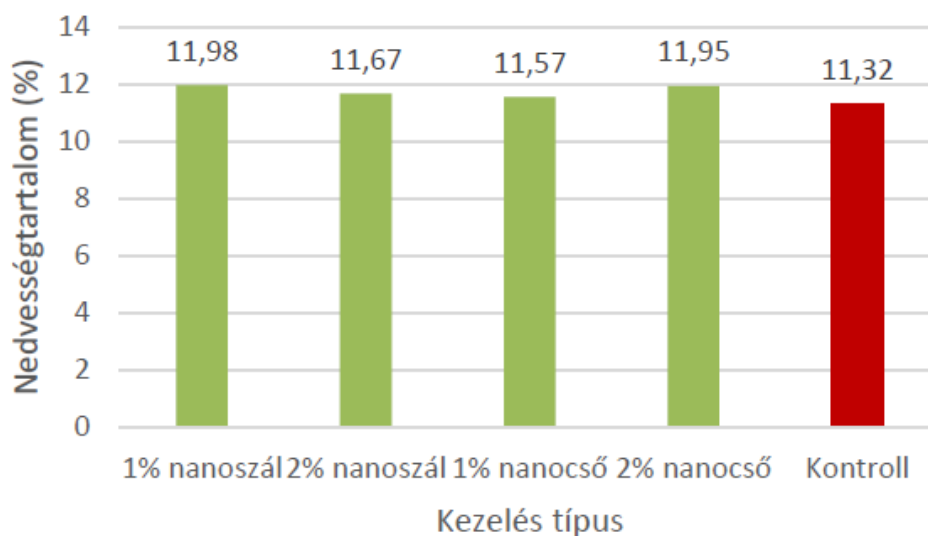
Az így kapott értékeket összehasonlítva kapjuk meg az egyensúlyi fanedvesség változását az egyes kezelés típusok és a kontroll faanyagéhoz képest.



2. ábra Egyensúlyi fanedvesség vizsgálatára legyártott próbatest tömegének mérése laboratóriumi mérlegen

Eredmények és értékelés

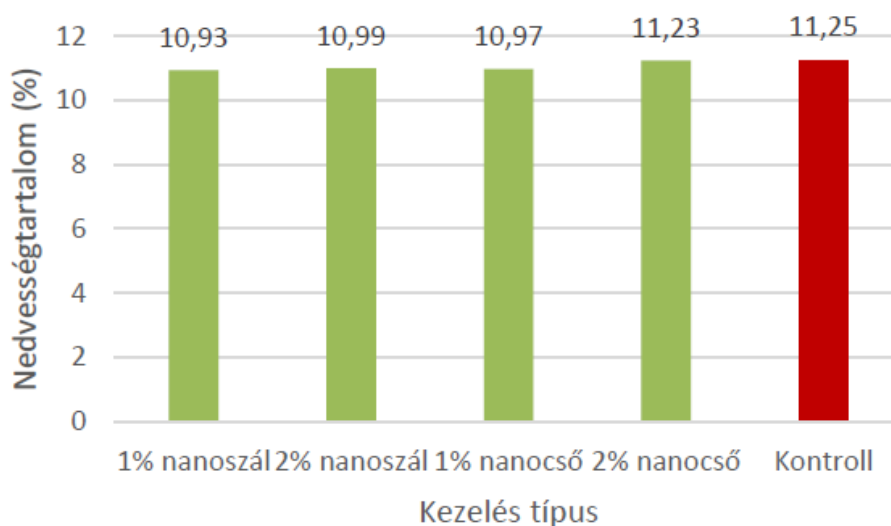
Az egyensúlyi fanedvességi értékek lucfenyő esetén az egyes kezeléstípusok alapján a következőképpen alakulnak: a kontroll próbatest esetén a mért nedvesség tartalmi érték 11,32%. Hidrofób titanát nanoszállal kezelt faanyagok esetén 1%-os koncentráció esetén 11,98%, míg 2%-os szuszpenziónál 11,67%. Ha hidrofób titanát nanocső 1%-os koncentrációjával kezeljük a faanyagot 11,57% a nedvességtartalmi érték, 2%-os koncentráció esetén 11,95% (3. ábra).



3. ábra Egyensúlyi fanedvesség alakulása lucfenyő esetén

Ezek a változások legfeljebb 5%-os változást jelentenek, azaz elmondható, hogy a kezelés hatására nem változott meg a faanyag egyensúlyi fanedvessége.

Erdeifenyő mérése során az egyensúlyi fanedvesség a kontroll próbatestnél 11,25%. Amennyiben 1%-os hidrofób titanát nanoszállal kezeljük a faanyagot, a mért nedvesség tartalmi érték 10,93%, ha 2%-os a koncentráció 10,99%. Hidrofób titanát nanocsővel kezelt faanyagok esetén 1%-os koncentráció esetén 10,97%, míg 2%-os szuszpenziónál 11,23% (4. ábra).

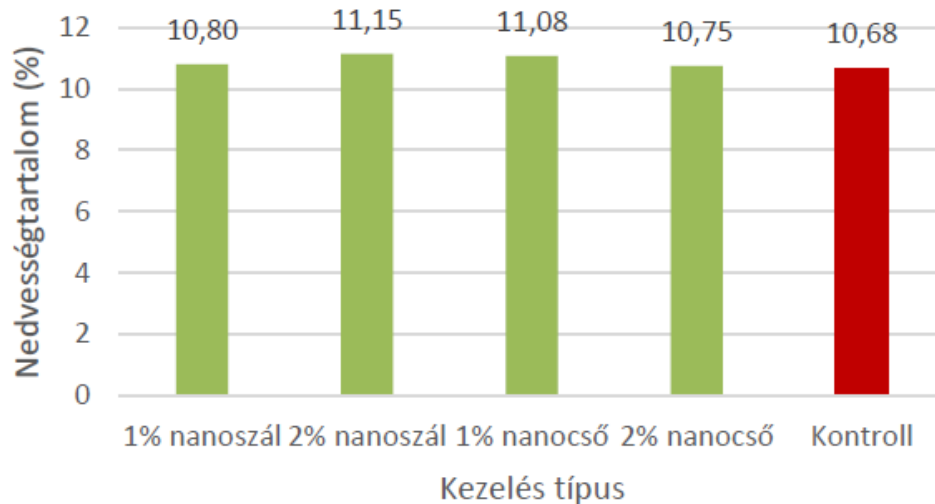


4. ábra Egyensúlyi fanedvesség alakulása erdeifenyő esetén

Az értékeket megvizsgálva láthatjuk, hogy ugyanúgy, mint lucfenyő esetén erdeifenyő vizsgálata során sem jelentős a változás egyik kezelés alkalmával sem (a kontroll faanyagéhoz

viszonyítva maximális eltérés 3%). Tehát ebben az esetben sem változik az egyensúlyi fanedvesség.

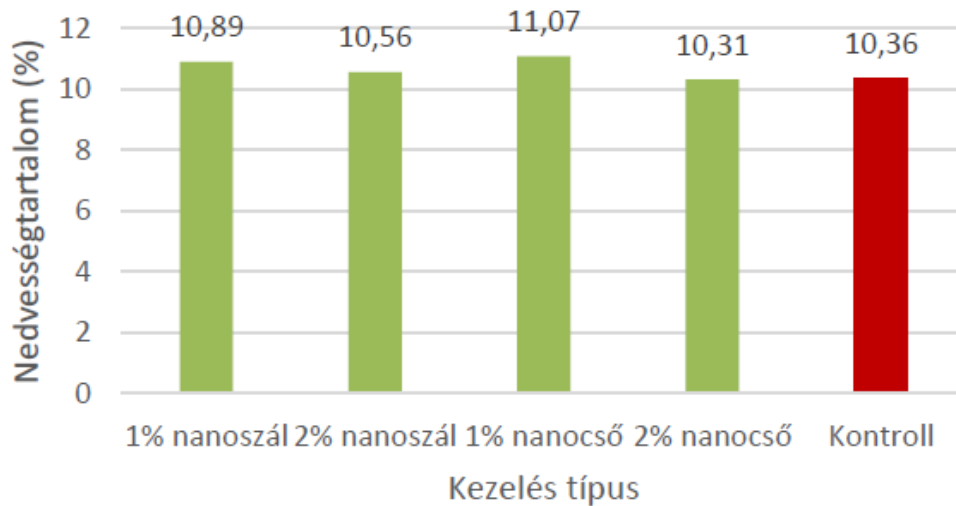
Az egyensúlyi fanedvesség bükk esetén következőképpen alakul: a kontroll próbatest esetén 10,68% a nedvességtartalom. Ha hidrofób titanát nanoszállal kezeljük a faanyagok 1%-os koncentráció esetén 10,80%, míg 2%-nál 11,15%. Hidrofób titanát nanocső esetén 1%-os koncentrációnál 11,08% a nedvességtartalmi érték, 2%-nál esetén 10,75% (5. ábra).



5. ábra Egyensúlyi fanedvesség alakulása bükk esetén

Vizsgálva az értékeket, a lucfenyő és az erdeifenyő nedvesség tartalmi értékeihez hasonlóan jelentős mértékbe nem változnak bükk esetén sem. A maximális változás a kontroll faanyaghoz képest 4%, azaz nem változik az egyensúlyi fanedvesség.

A nyár próbatestek mérése során az egyensúlyi fanedvesség a kontroll mintánál 10,36%. Hogyha 1%-os hidrofób titanát nanoszállal kezeljük a faanyagot 10,89%, ha 2%-os a koncentráció 10,56%, a mért nedvesség tartalmi érték. Hidrofób titanát nanocsővel kezelt faanyagok esetén 1%-os szuszpenzió esetén 11,07%, míg 2%-os szuszpenziónál 10,31% a nedvességtartalom (6. ábra).



6. ábra Egyensúlyi fanedvesség alakulása nyár esetén

Nyár esetén is elmondhatjuk akárcsak a többi vizsgált fafajnál a változás nem haladja meg az 5%-ot a kontroll próbatestekhez képest, tehát a kezelésnek nem következménye az egyensúlyi fanedvesség változása.

Összefoglalás

A megnövekedett dimenzióstabilitást ellenére az egyensúlyi fanedvesség esetén nem beszélhetünk jelentős változásról, ami pozitívumént fogható fel, hiszen a faanyag esetében a páraáteresztés egy pozitív tulajdonság.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

FAANYAGOK HIGROSKÓPOSSÁGÁNAK CSÖKKENTÉSE NANORÉSZECSKÉKKEL – 5. RÉSZ: PÁRADIFFÚZIÓ

MOLNÁR FERENC, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

Cikksorozatunk korábbi részeiben bemutattuk a titanát nanorészecskék általános jellemzőit, majd meghatároztuk vizsgált fafajaink (lucfenyő, erdeifenyő, bükk és fehér nyár) titanát nanocsővel illetve titanát nanoszállal való telítésének hatékonyságát, illetve hatását a zsugorodási-dagadási értékekre és az egyensúlyi nedvességtartalomra. Ebben a cikkben a módosítás hatását vizsgáltuk a fafajok páradiffúziós értékeire vonatkozóan.

Anyagok és módszerek

A mintákat szobahőmérsékleten hagytuk 24 órára, majd behelyeztük szárítószekrénybe 55 °C-ra addig, amíg körülbelül eléri a légszáraz nedvességtartalmi értéket (1. ábra).



1. ábra A próbatestek szárítása

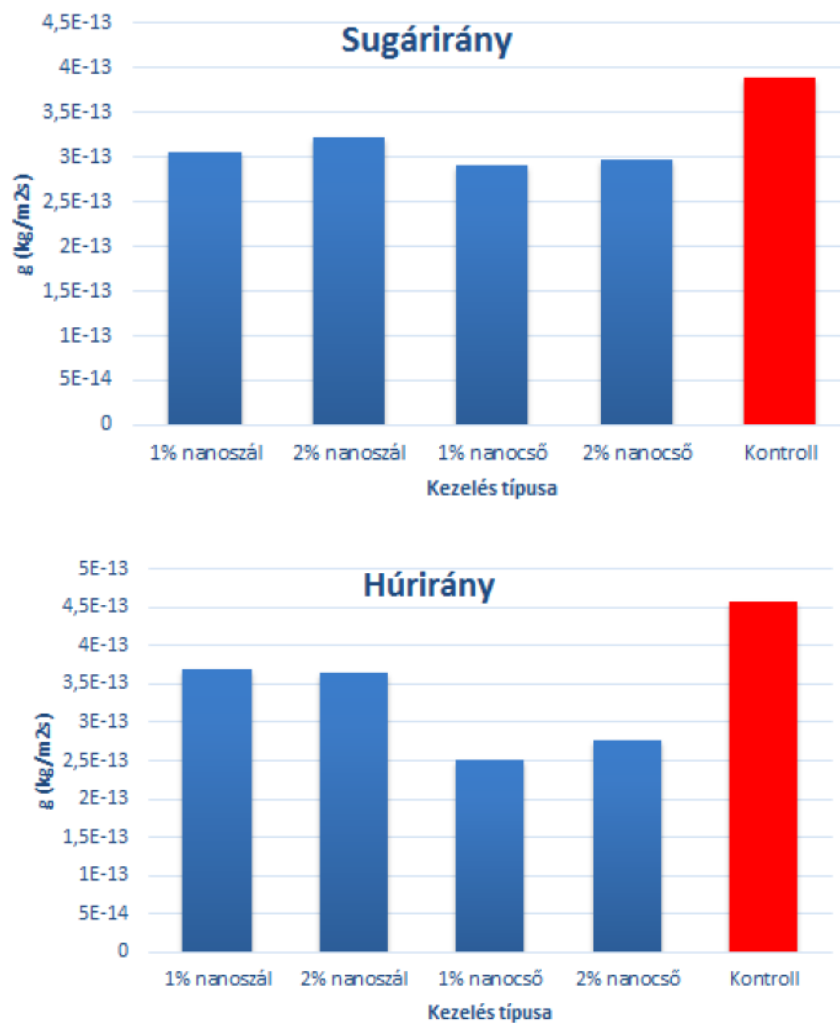
A páradiffúzió vizsgálathoz egy nedvszívó közeget kellett kialakítanunk. Ez esetünkben úgy alakult, hogy virágedényekbe kalcium-kloridot helyeztünk (2. ábra). Az edényeket a megfelelő méretben kialakított próbatestekkel lezártuk. Azért, hogy a mérések pontosak legyenek, a légrések elkerülése végett tömítőanyaggal (szilikonnal) láttuk el a két érintkező felületet. Az így elkészült minták tömegét lemértük, majd ezt 24 óránként 6-szor megismételtük. Az így kapott tömeg értékekből a szükséges számolások után $\text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$ -ban hasonlíthatjuk össze a kezelt próbatestek értékeit a kezeletlenével.



2. ábra Nedvszívó közeg létrehozása a páradiffúziós vizsgálatokhoz

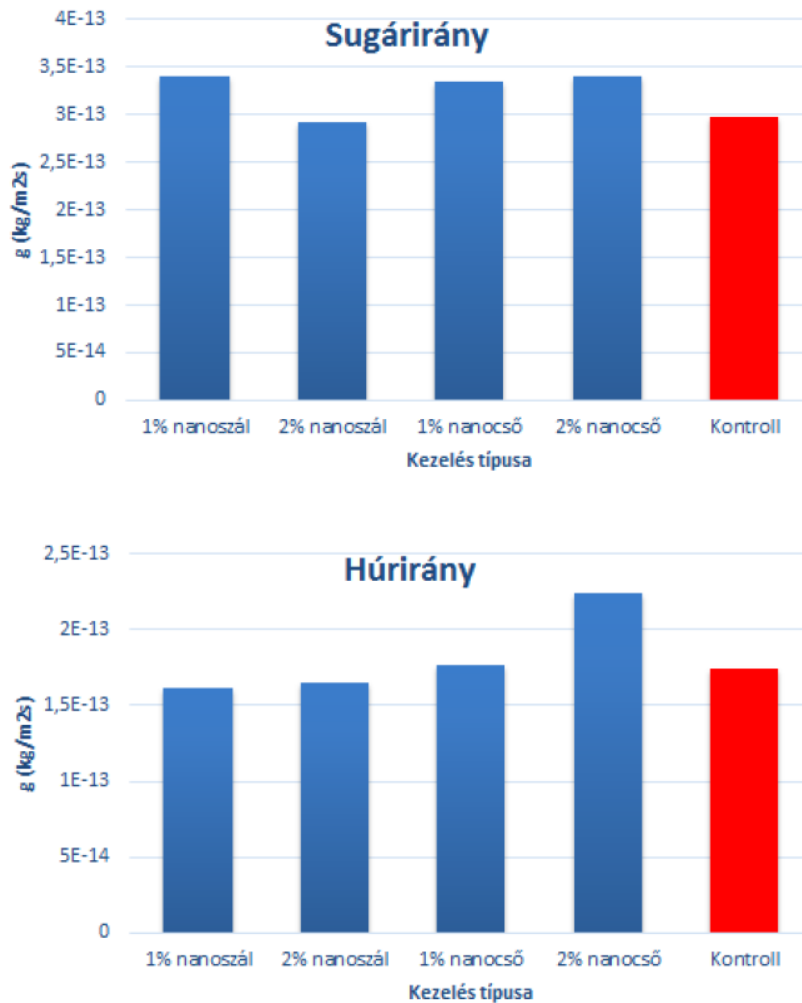
Eredmények és értékelés

A fajlagos páraáteresztő képességet lucfenyő esetén vizsgálva azt mondhatjuk, hogy sugárirányban és húrirányban is csökken. A kontroll faanyagon összehasonlítva a húr- és sugárirányú próbatesteket láthatjuk, hogy a két irányban körülbelül megegyezik a páraáteresztő képessége a lucfenyőnek. A kezelés hatására a sugárirányú próbatestek esetén bármely nanorészecskével és annak bármely koncentrációjával kezeljük az értékek körülbelül 20–25%-ot csökkennek. Húrirányban hidrofób titanát nanoszál esetén 1%-os és 2%-os koncentráció esetén 20%-ot, míg hidrofób titanát nanocső 1%-os 2%-os koncentrációjánál 40–45% körüli a csökkenés mértéke (3. ábra).



3. ábra Lucfenyő esetén a fajlagos páraáteresztő képesség alakulása sugár- és húrirányban

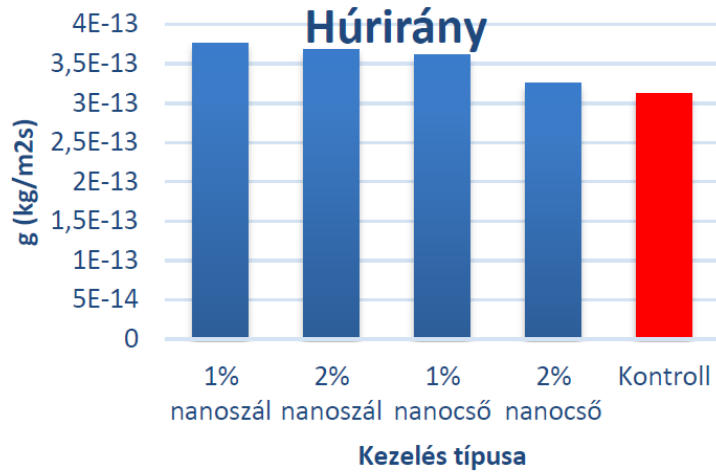
Erdeifenyő próbatestein vizsgálva a páradiffúziót, azt mondhatjuk, hogy az értékek jelentős mértékben nem változtak. A diagrammról leolvashatjuk, hogy az erdeifenyőnek sugárirányban jóval magasabb a páraáteresztő képessége, mint húrirányban. A kezelés hatékonyságát vizsgálva láthatjuk sugár- és húrirányban is 10% körüli a változás mértéke, néhol magasabbak az értékek néhol alacsonyabbak, összességében elmondható, hogy a kezelés nem befolyásolja a faanyag fajlagos páraáteresztő képességét (4. ábra).



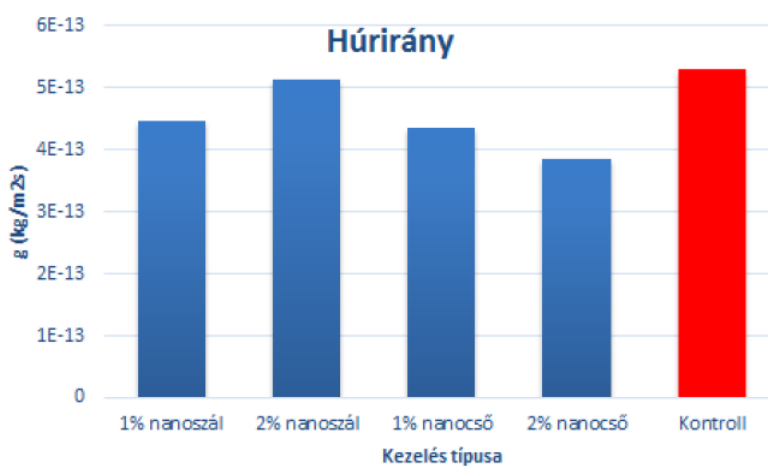
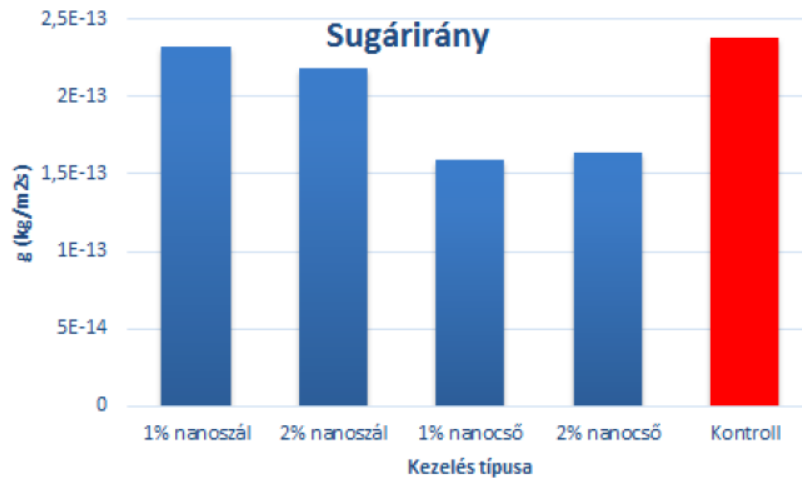
4. ábra Erdefenyő esetén a fajlagos páraáteresztő képesség alakulása sugár- és húrirányban

Bükk vizsgálata során hiányzó alapanyagból fakadóan csak húrirányú próbatesteken vizsgáltuk a páraáteresztő képességet. Láthatjuk az ábrán, hogy kis mértékben növekedtek a páradiffúzió adatok, de ezek maximum 10%-os változást jelentenek (5. ábra). A bükről tehát ez alapján elmondható ugyancsak az erdefenyőnél, hogy a kezelés hatására nem változott nagy mértékben a páraáteresztő képessége a faanyagnak. Úgy fogalmaznék, hogy szerencsére, hiszen faanyag esetén ez a képesség, tulajdonság pozitívként szerepel.

Ha a páradiffúziót nyár faanyagból készített próbatesteken vizsgáljuk, láthatjuk, hogy a lucfenyőhöz hasonlóan csökkent a páraáteresztő képessége. Leolvashatjuk, hogy a nyárnak húrirányban jóval magasabb a páraáteresztő képessége, mint sugárirányban. Sugárirány esetén nanoszál 1%-os és 2%-os koncentrációja során nincs jelentős változás, nanocső esetén viszont 1%-os és 2%-os szuszpenzió esetén is 30% körüli az értékek csökkenése. Húrirányban mindkét nanorészecskével való kezelés során a 15–20%-os csökkenés történik meg (6. ábra). Összességében elmondható, hogy a kezelés hatására kiemelkedő változás nem következik be a faanyag páraáteresztő képességében, mint korábban említettem ez pozitív eredménynek tekinthető.



5. ábra Bükk esetén a fajlagos páraáteresztő képesség alakulása húrirányban



6. ábra Nyár esetén a fajlagos páraáteresztő képesség alakulása sugár- és húrirányban

Összefoglalás

A fajlagos páraáteresztő képességet lucfenyő esetén vizsgálva azt mondhatjuk, hogy sugárirányban és hűrirányban is csökken. Sugárirányban körülbelül 20–25%-ot csökkennek az értékek, hűrirányban 20–45% körüli a csökkenés mértéke. Erdeifenyő illetve bükk próbatesteken vizsgálva a páradiffúziót, azt mondhatjuk, hogy az értékek jelentős mértékben nem változtak. Nyár esetében csökkent a páraáteresztő képesség. Sugárirány esetén nanoszál 1%-os és 2%-os koncentrációja során nincs jelentős változás, nanocső esetén viszont 1%-os és 2%-os szuszpenzió esetén is 30% körüli az értékek csökkenése. Hűrirányban mindkét nanorészecskével való kezelés során a 15–20%-os csökkenés történik meg.

Összességében elmondható, hogy a kezelés hatására kiemelkedő változás nem következik be a faanyag páraáteresztő képességében, ez pozitív eredménynek tekinthető.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

FAANYAGOK HIGROSZKÓPOSSÁGÁNAK CSÖKKENTÉSE NANORÉSZECSKÉKKEL – 6. RÉSZ: VÍZFELVÉTEL

MOLNÁR FERENC, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-soporn.hu

Bevezetés

Cikksorozatunk korábbi részeiben bemutattuk a titanát nanorészecskék általános jellemzőit, majd meghatároztuk vizsgált fafajaink (lucfenyő, erdeifenyő, bükk és fehér nyár) titanát nanocsővel illetve titanát nanoszállal való telítésének hatékonyságát, illetve hatását a zsugorodási-dagadási értékekre, az egyensúlyi nedvességtartalomra, és a páraáteresztő képességre. Ebben a cikkben a módosítás hatását vizsgáltuk a fafajok vízfelvételére vonatkozóan.

Anyagok és módszerek

A vízfelvétel vizsgálat esetén a korábban kialakított próbatestek egy lapját kivéve tömítőanyaggal (szilikonnal) lezártuk, különösen ügyelve az élekre.

Az így elkészült minták tömegét lemérjük, majd a szabadon hagyott lappal lefelé az előkészített desztillált vízzel feltöltött edényekbe helyeztük (1. ábra).

A próbatestek tömegét meghatározott időközönként visszamérjük (2, 4, 8, 24, 48 és 72 óránként), az így kapott tömegértékekből a szükséges számítások után g/m^2 -ben lehet összehasonlítani a kezeletlen és az egyes kezelt próbatestek értékeit.



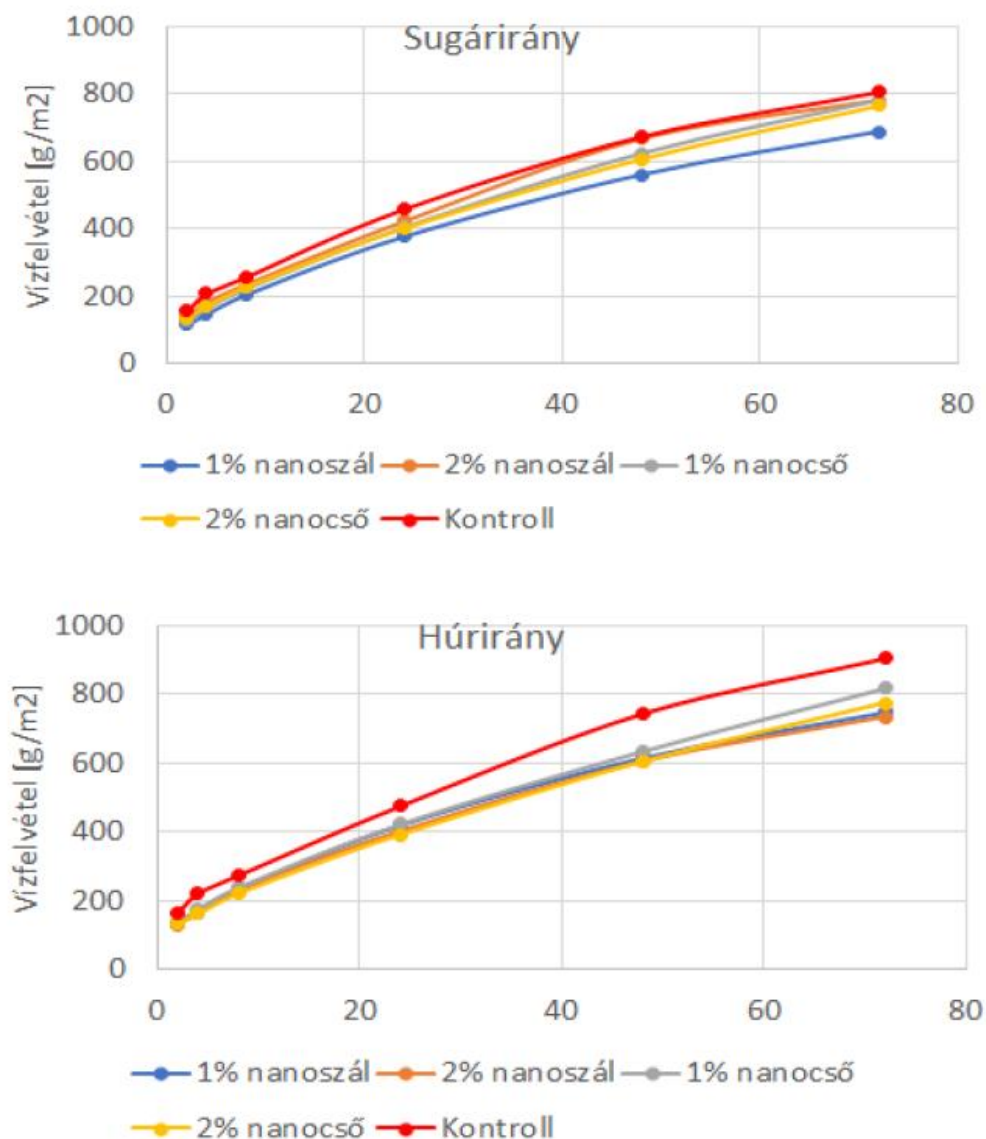
1. ábra Vízfelvétel próbatestek előkészítése a vizsgálathoz

Eredmények és értékelés

A vízfelvétel vizsgálata során lucfenyőnél akárcsak a páradiffúzó során csökkennek az értékek. Megfigyelhetjük a kontroll minták esetében, hogy húrirányú próbatesteknél jelentősebb a vízfelvétel 72 óra után 906 g/m^2 , mint sugárirányban, ahol ugyanez az érték 807 g/m^2 .

Ezzel összefüggésben a sugárirányú értékek kisebb mértékben csökkentek, itt 8–10%-os javulásról beszélhetünk. Húrirányú értékek esetében a kezelt faanyagok értékei akár 15–20%-ot is javulnak a kontroll próbatestekéhez képest (2. ábra).

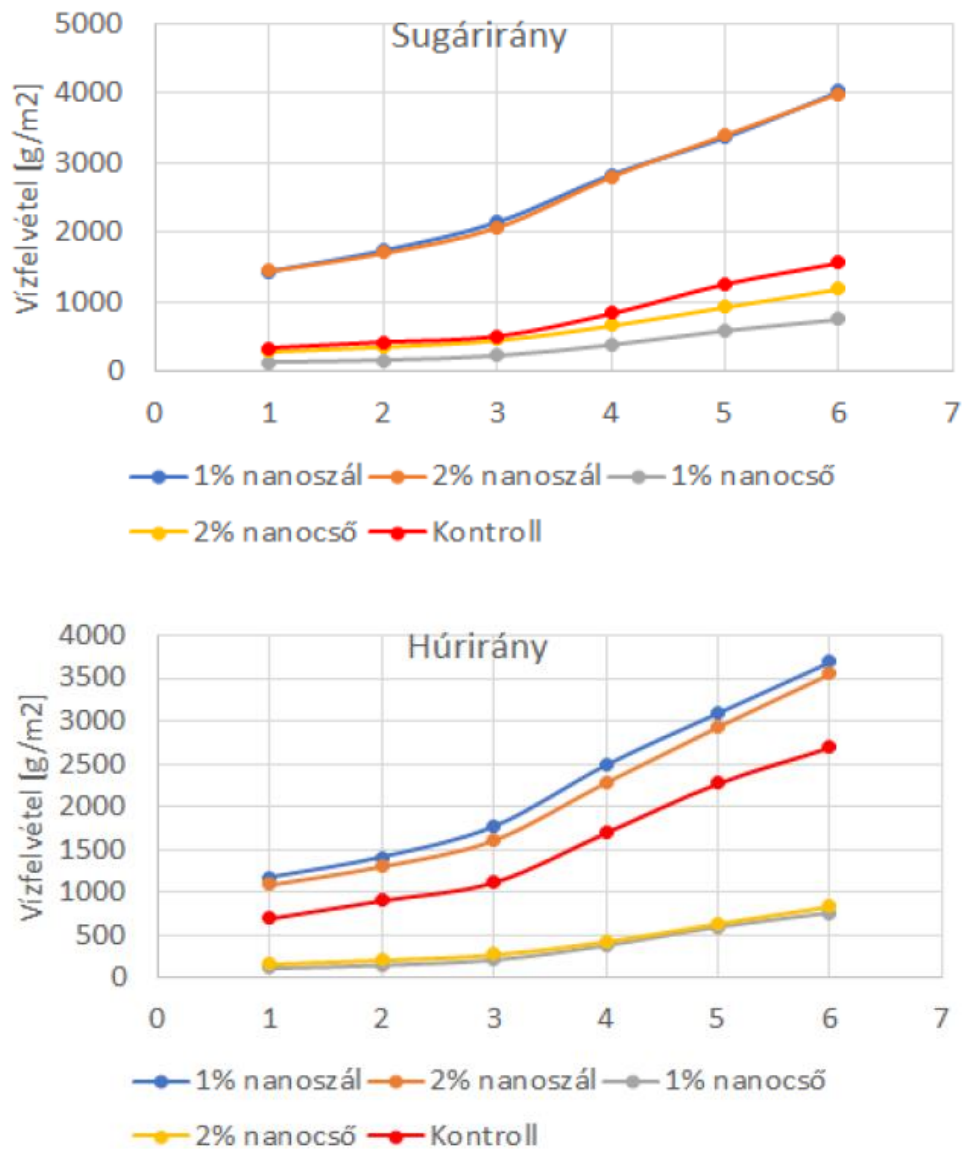
Összegezve elmondható, hogy ebben az esetben a kezelés sikeres volt, viszonylag nagy százalékban javultak az egy kezelt próbatestek vízfelvétel értékei a kezeletlenéhez képest.



2. ábra Lucfenyő esetén a vízfelvétel alakulása sugár- és húrirányban

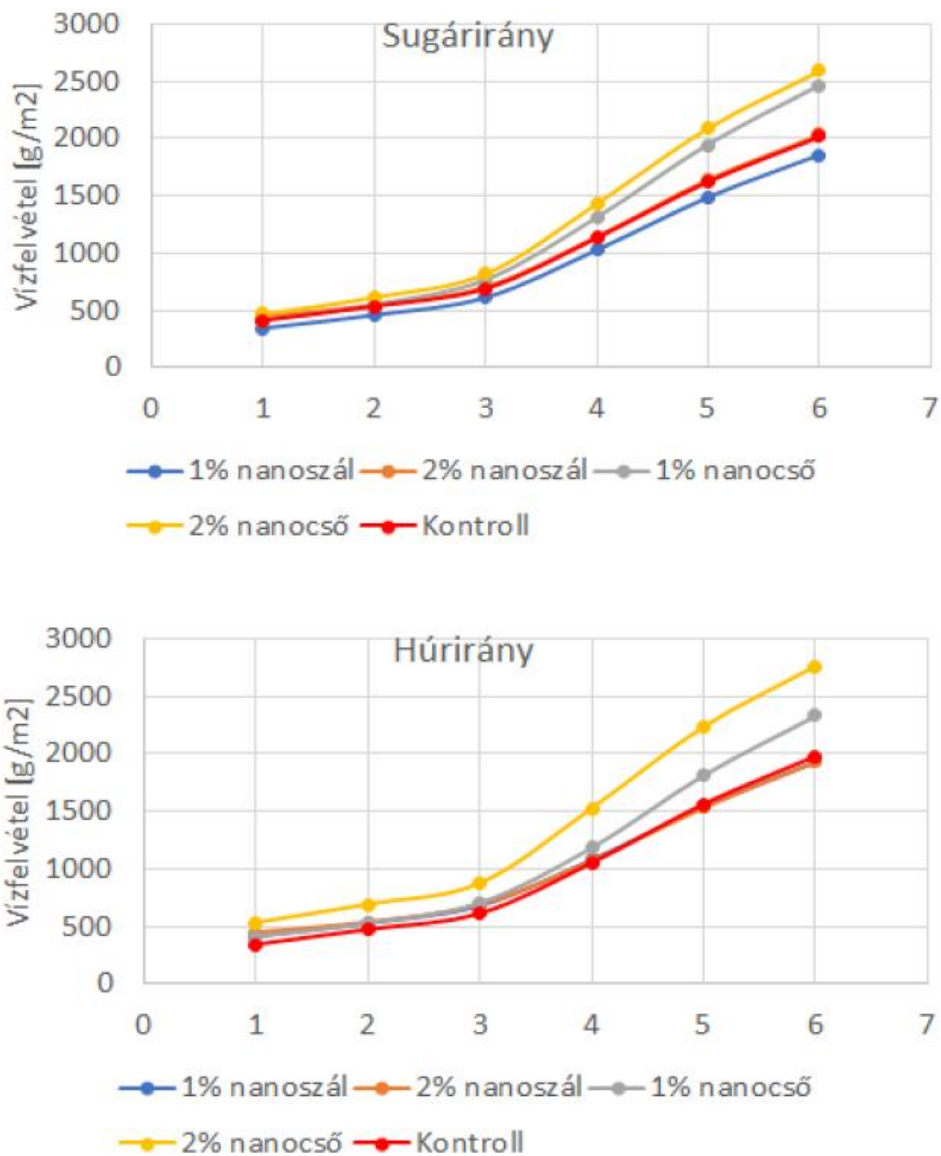
Erdeifenyő esetén, ha a kontroll faanyagot tekintjük húrirányú próbatesteknél jóval jelentősebb a vízfelvétel 72 óra után 2700 g/m^2 , mint sugárirányban, ahol ugyanez az érték 1578 g/m^2 .

Láthatjuk, hogyha hidrofób titanát nanoszállal kezeljük a faanyagot a vízfelvétel nagy mértékben megnő sugárirányban 150%-os változás, míg húrirányban 30–35%-os, ezzel szemben ha hidrofób titanát nanocsővel kezeljük, akkor igen nagy mértékben csökkennek az értékek sugárirányban akár 50%-os javulásról, húrirányban pedig már akár 72%-os csökkenésről beszélhetünk (3. ábra).



3. ábra Erdefenyő esetén a vízfelvétel alakulása sugár- és húrirányban

Bükk próbatestek vizsgálata során, ha a kontroll faanyagot vizsgáljuk húrirányú próbatestek esetén a vízfelvétel 72 óra után 1975 g/m², míg sugárirányban, ez az érték 2023 g/m². Erdefenyővel ellentétben láthatjuk, hogyha hidrofób titanát nanoszállal kezeljük a faanyagot a vízfelvétel kis mértékben csökken sugárirányban 8%-os a változás, míg húrirányban 1–2%-os, ezzel szemben ha hidrofób titanát nanocsővel kezeljük akkor nagyobb mértékben nőnek az értékek sugárirányban 20–30%-os emelkedésről, húrirányban pedig már akár 40%-os növekedésről beszélhetünk (4. ábra).

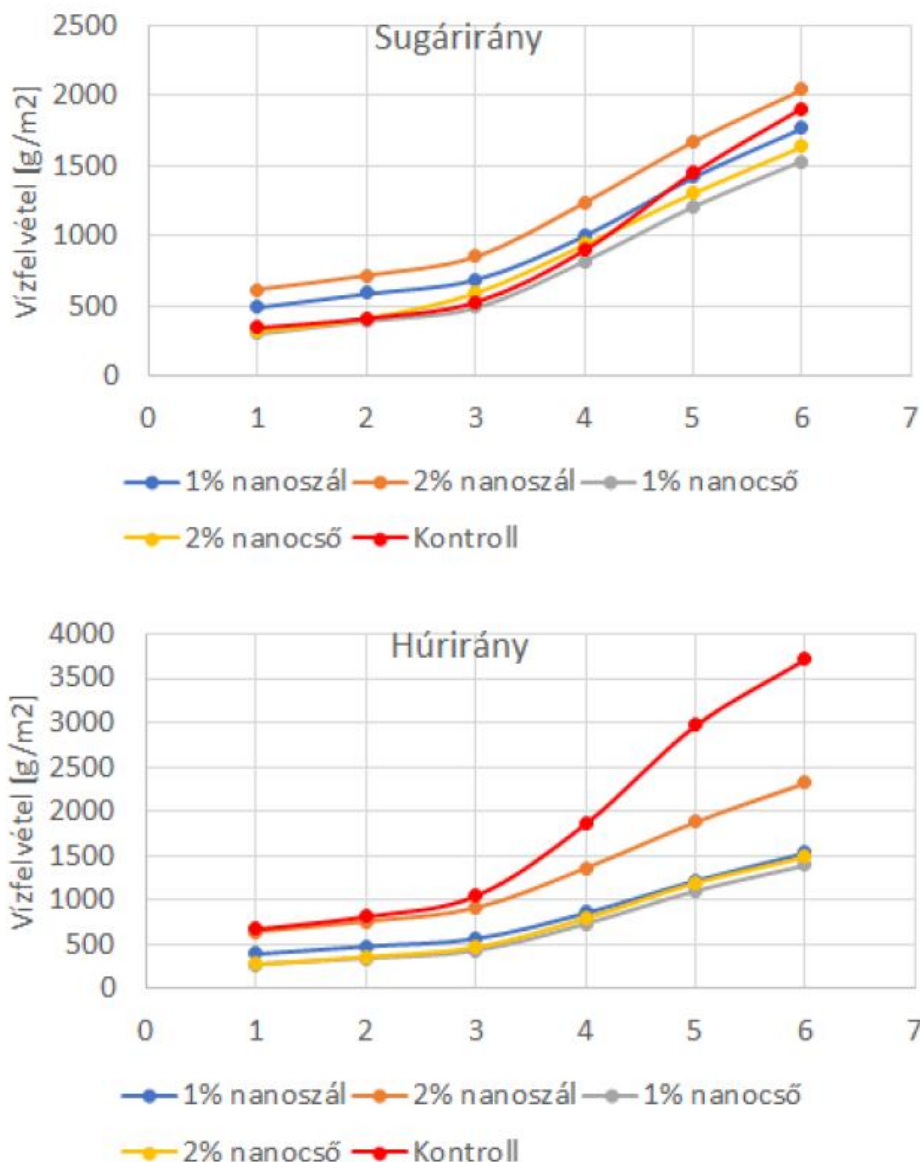


4. ábra Bükk esetén a vízfelvétel alakulása sugár- és húrirányban

Nyár faanyagánál a vízfelvétel vizsgálat során kontroll próbatesteket vizsgálva a húrirányú próbatestek esetén a vízfelvétel 72 óra után igen magas 3715 g/m^2 , míg sugárirányban ez az érték csupán 1910 g/m^2 .

Sugárirányban való kezelés eredményéről elmondható, hogy kis mértékben változott a vízfelvétel, 10–20%-ot. Ezzel szemben húrirányú próbatestek esetén igen jelentős csökkenésről számolhatunk be, akár 60%-ot meghaladó a javulás mértéke.

Összességében elmondható, hogy nyár esetén eredményes volt a kezelés, kifejezetten húrirányban, ebben az esetben minden kezeléstípus igen jó eredményt hozott (5. ábra).



5. ábra Nyár esetén a vízfelvétel alakulása sugár- és húrirányban

Összefoglalás

A vízfelvétel vizsgálata során lucfenyőnél a sugárirányú értékek 8–10%-os, a húrirányú értékek 15–20%-os javulást mutattak a kezeletlenhez képest. Erdeifenyő esetén, ha hidrofób titanát nanoszállal kezeljük a faanyagot, a vízfelvétel nagy mértékben megnő sugárirányban, 150%-os a változás, míg húrirányban 30–35%-os, ezzel szemben ha hidrofób titanát nanocsővel kezeljük, akkor igen nagy mértékben csökkennek az értékek sugárirányban akár 50%-os javulásról, húrirányban pedig már akár 72%-os csökkenésről beszélhetünk. Bükk próbatestek vizsgálata során, ha hidrofób titanát nanoszállal kezeljük a faanyagot, a vízfelvétel kis mértékben csökken sugárirányban, 8%-os a változás, míg húrirányban 1–2%-os, ezzel szemben ha hidrofób titanát nanocsővel kezeljük, akkor nagyobb mértékben nőnek az értékek sugárirányban 20–30%-os emelkedésről, húrirányban pedig már akár 40%-os növekedésről beszélhetünk. Nyár faanyagánál, sugárirányban kis mértékben változott a vízfelvétel, 10–20%-ot, ezzel szemben

húrirányú próbatestek esetén igen jelentős csökkenésről számolhatunk be, akár 60%-ot meghaladó a javulás mértéke.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

FAANYAGOK HIGROSKÓPOSSÁGÁNAK CSÖKKENTÉSE NANORÉSZECSEKKEKEL – 7. RÉSZ: SZÍN- ÉS SZILÁRDSÁGVÁLTOZÁS

MOLNÁR FERENC, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

Cikksorozatunk korábbi részeiben bemutattuk a titanát nanorészecskék általános jellemzőit, majd meghatároztuk vizsgált fafajaink (lucfenyő, erdeifenyő, bükk és fehér nyár) titanát nanocsővel illetve titanát nanoszállal való telítésének hatékonyságát, illetve hatását a zsugorodási-dagadási értékekre, az egyensúlyi nedvességtartalomra, a páraáteresztő képességre és vízfelvételre. Ebben a cikkben a módosítás hatását vizsgáltuk a fafajok színváltozására, nyomószilárdságára és keménységére vonatkozóan.

Anyagok és módszerek

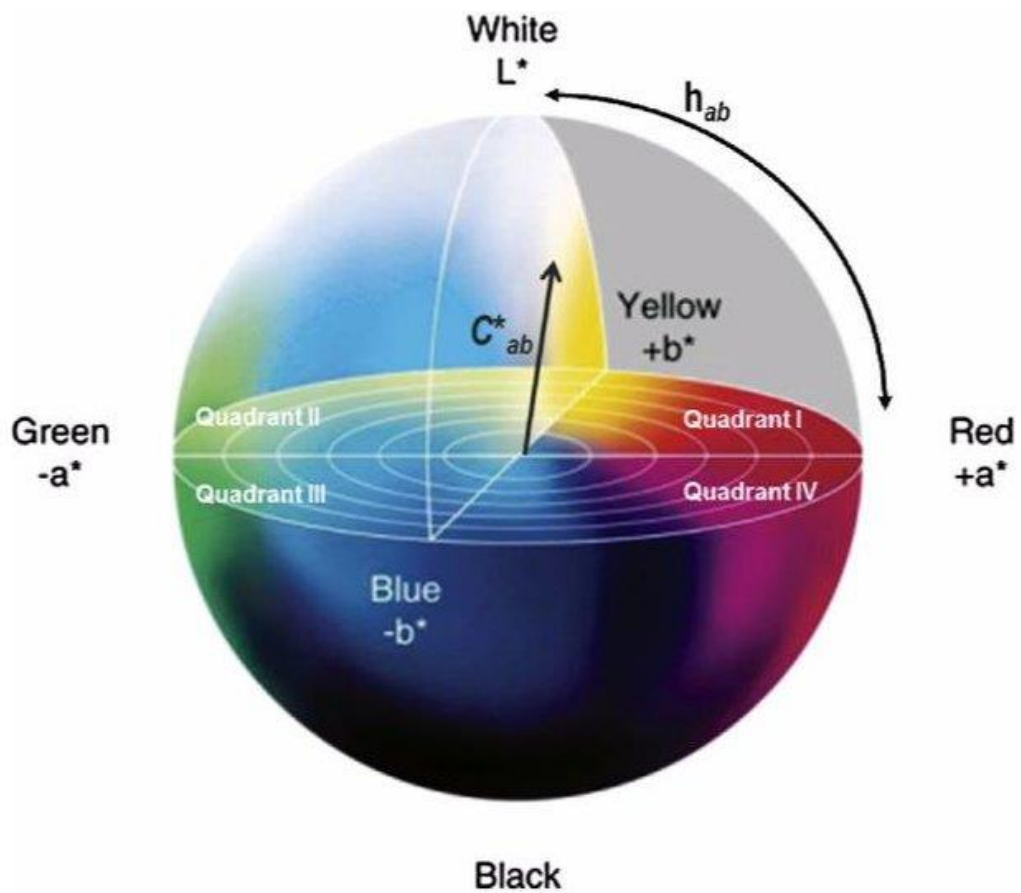
A kezelés előtt és kezelés után is vizsgáltuk a faanyag színét. A színvizsgálat során Konica Minolta CM 2500D színmérő készüléket használtunk (8. ábra), amely CIE Lab rendszerben határozta meg az egyes paramétereket (L^* világosság, a^* vörös színezet, b^* sárga színezet), amelyekből meghatároztuk a teljes színinger különbséget (ΔE^*) (2. ábra).

A fa-víz kapcsolatokon alapuló vizsgálatok után végeztünk még annak igazolására, hogy a kezelés nem befolyásolja a faanyagok szilárdsági értékeit egy nyomószilárdság és egy Brinell-Mörath keménységmérő vizsgálatot.

A nyomószilárdságot az MSZ 6786-8:1977, a keménységet az MSZ EN 1534:2000 szerint végeztük el. Mindkét vizsgálatot univerzális anyagvizsgáló géppel végeztük el. A kezelt és a kezeletlen próbatesteken mért értékeket összehasonlítva kapjuk meg a szilárdsági értékek változását.



8. ábra Konica Minolta CM 2500D színmérő készülék

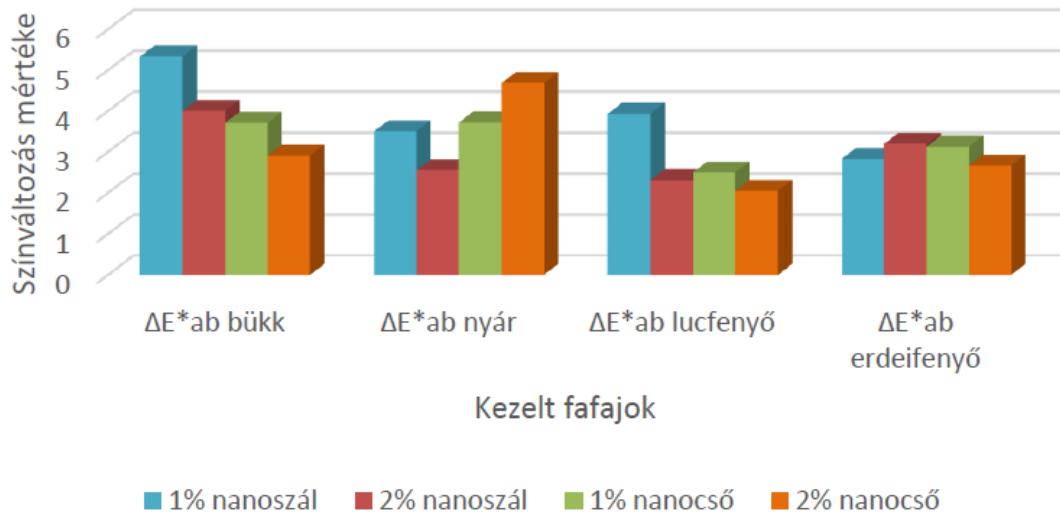


2. ábra CIELAB színtér (forrás: FEHIR 2016)

Eredmények és értékelés

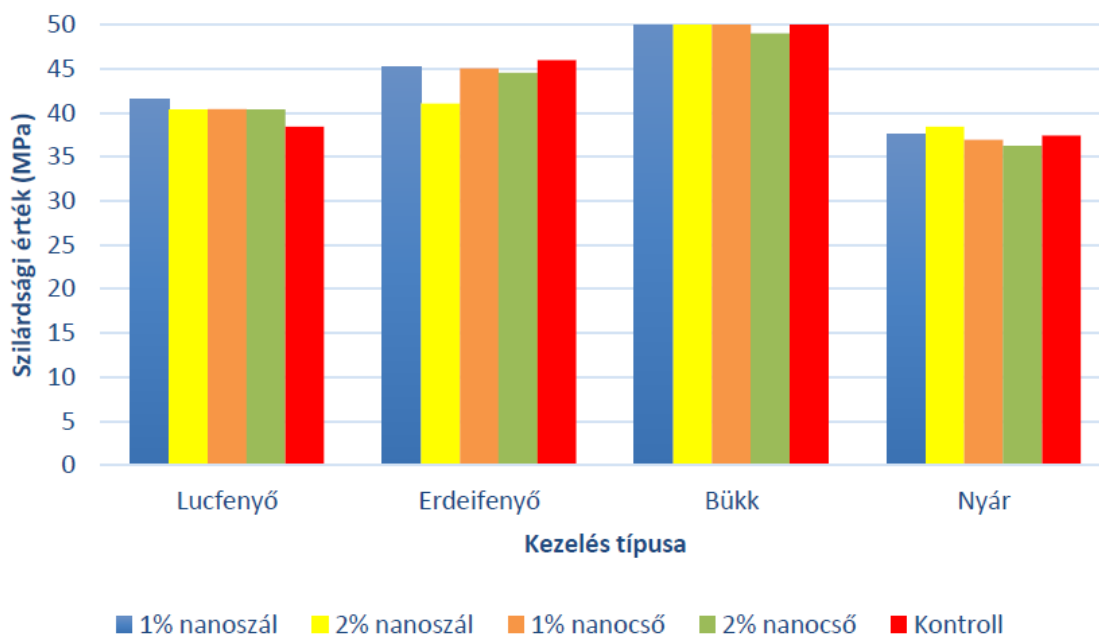
A színmérési eredményei kimutatták, hogy az egyes paraméterek között nem volt jelentős eltérés az egyes fafajoknál a különböző kezelések hatására.

A teljes színinger különbség mértéke 3 és 5 között szerepel, ami azt jelenti, hogy a kezelés okozta színváltozás a jól látható kategóriába sorolható (3. ábra).



3. ábra Teljes színváltozás mértéke az egyes fafajok, kezelt nanorészecskék és az egyes koncentrációk szerint

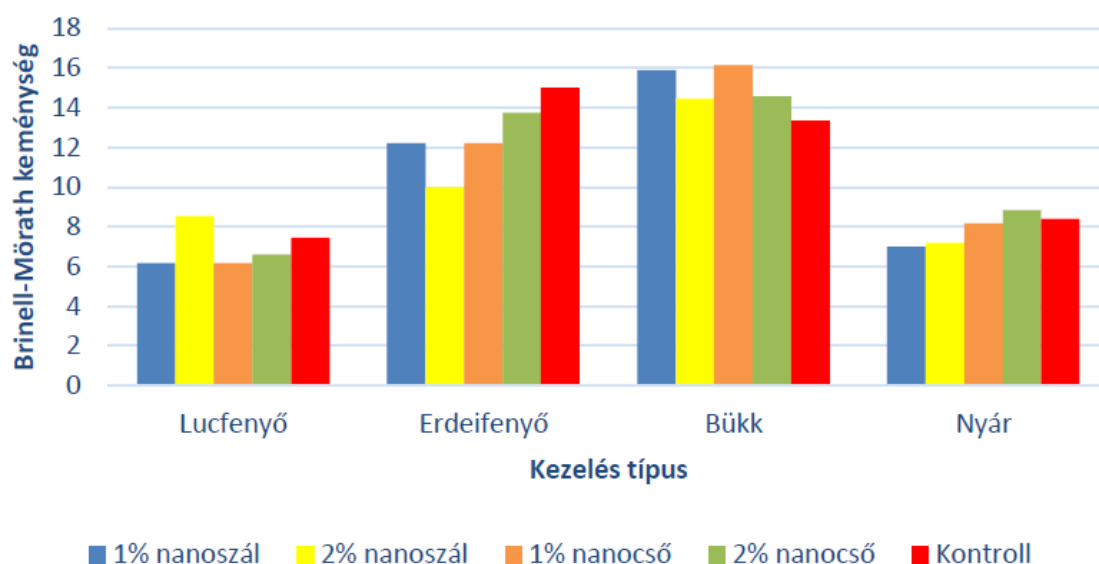
A nyomószilárdsági eredmények alapján kimutattuk, hogy a kezelés szignifikánsan nem befolyásolja a faanyag ezen tulajdonságát (4. ábra). A diagram alapján láthatjuk, hogy maximum 15%-os eltérés mutatkozik a kezeletlenhez képest, illetve nem mutatkozik szignifikáns eltérés a különböző kezelések, koncentrációk között sem.



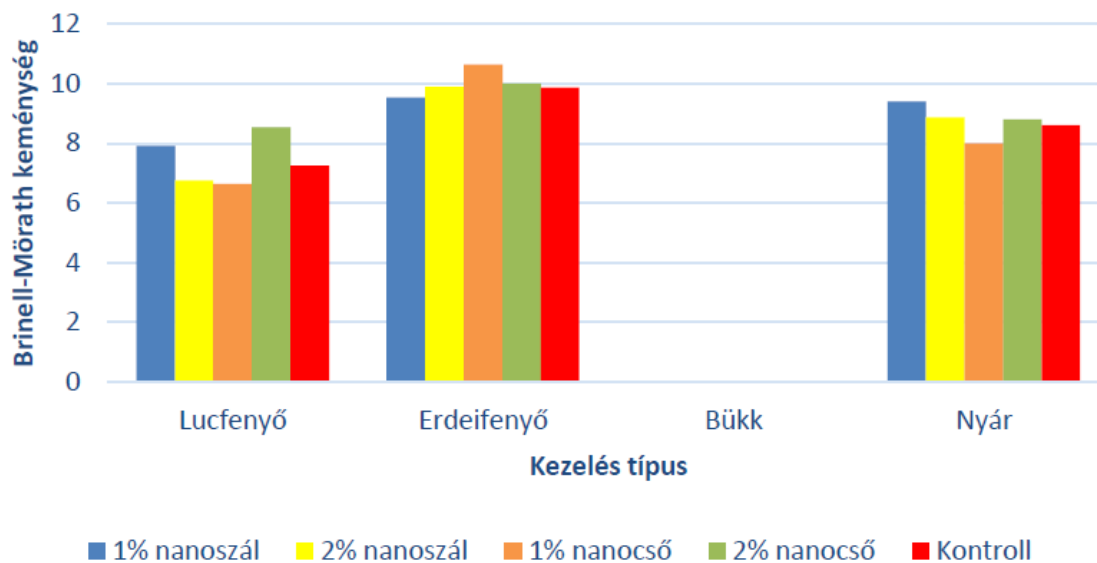
4. ábra A nyomószilárdság változása az egyes fafajok, kezelt nanorészecskék és az egyes koncentrációk szerint

A Brinell–Mörath-vizsgálatok kimutatták, hogy a kezelés szignifikánsan nem befolyásolja a faanyag ezen tulajdonságát, sem sugár-, sem húrirányban (5. és 6. ábra).

Bükk vizsgálata során hiányzó alapanyagból fakadóan csak húrirányú próbatesteken vizsgáltuk a keménységet.



5. ábra Brinell–Mörath keménység változása húrirányú próbatestek esetén az egyes fafajok, kezelt nanorészecskék és az egyes koncentrációk szerint



6. ábra Brinell–Möörath keménység változása sugárirányú próbatestek esetén az egyes fafajok, kezelt nanorészecskék és az egyes koncentrációk szerint

Összefoglalás

Összegezve az eddigi vizsgálatokat, a legjelentősebb eredmény a zsugorodás és dagadás vizsgálatban értünk el. A dagadási együtthatók esetében akár 30% feletti a javulás, emellett a zsugorodási együtthatók csökkenése elérheti akár a 45%-ot is. A vízfelvétel vizsgálat is szép eredményeket hozott kedvező esetben akár 60–70%-ot is meghaladó csökkenésről számolhatunk be. A páraáteresztő-képesség, valamint az egyensúlyi fanedvesség esetén nem beszélhetünk jelentős változásról, ami pozitívumként fogható fel, hiszen a faanyag esetében a páraáteresztés egy pozitív tulajdonság. Annak bizonyítására miszerint a kezelés nem okozza a faanyag szilárdsági értékeit végeztünk nyomószilárdság és Brinell–Möörath keménység mérést. A vizsgálatok a várt eredményt hozták, mely szerint a kezelés nem befolyásolja ezeket a tulajdonságokat.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

FEHIR A. (2016): Taphonomy’s Rainbow: The Introduction and Application of Chromophoric Variance Analysis. Diplomamunka, University of Sheffield, 101 p.

A HORIZONT 2020 ÁLTAL TÁMOGATOTT AGRÁRERDÉSZETI PROJEKTEK – 1. RÉSZ

NOVOTNI ADRIENN

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Innovációs Központ

novadrienn@gmail.com

Bevezetés

Az agrárerdészet kiemelt szerepet tölthet be a hatékony mezőgazdasági termelés és a fenntarthatóság szintézisének megteremtésében, s ennek fontosságát egyre több nemzetközi szervezet ismeri fel. Az agrárerdészet támogatása az Európai Unió támogatáspolitikájában is megjelent, a közös agrárpolitika (CAP) 2001 óta az agrárerdészeti termelést prioritásként kezeli. Az agrárerdészet támogatása máig a közös agrárpolitika fontos eleme. Kérdéses azonban, hogy az agrárerdészet fontossága a tudományos, kutatás-fejlesztési projektek támogatásában is hangsúlyos elemnek tekinthető-e. Ez a tanulmány leginkább arra keresi a választ, hogy az agrárerdészeti projektek milyen súlyt képviselnek és milyen fő strukturális jellemzőkkel írhatók le a Horizont 2020 program 2013–2020-as támogatási időszakában.

Anyagok és módszerek

Első lépésben megtörtént a CORDIS-ból letölthető hatalmas (rekordok tízezreit, kapcsolódó dokumentumok százezreit tartalmazó), az adatbázis-kezelési elveket nem minden esetben követő adatállomány (CORDIS 2020) kezelhető relációs adatbázissá alakítása. Az adatbázisból lehetőség nyílik az összes Horizont 2020-projekt adatainak vizsgálatára a 2020. szeptember 30-i állapotok szerint. Az adatbázis a későbbi kutatásokhoz folyamatosan frissítendő az utolsó projektzárásig. Az agrárerdészeti projektek előszűrése több tucat keresőszó-kombináció segítségével történt, majd a kiszűrt állományt egyenként tartalomvizsgálatnak lett alávetve. Ezután a támogatott projektek elemzése következett statisztikai módszerekkel.

Eredmények és értékelés

Nincs egyértelműen megfelelő viszonyítási alapunk annak eldöntésére, hogy a Horizont 2020 programon belül hány projekttől és összesítve mekkora támogatási összegtől tekinthetjük az agrárerdészetet megfelelően, vagy kiemelten támogatottnak. Talán jó viszonyítási pont lehet, hogy a mezőgazdaság kb. 1,1%-át adja az Európai Unió GDP-jének (EUROSTAT 2019). Az agrárerdészet súlyáról a mezőgazdaságon belül nincs megbízható adat, de az agrárerdészet még a kevésbé „iparosított” mezőgazdasági rendszereken belül is alárendelt szereppel bírhat.

A 30 084 darab Horizont 2020-projektből 24 db (0,08%) kapcsolódik az agrárerdészethez. A keretprogramban eddig megítélt – s már nem nagyon változó – 55,2 milliárd euró támogatásból 90,7 millió euró esik az agrárerdészeti projektekre (0,16%). Az agrárerdészet fontossága az Európai Unió K+F politikájában tehát nem játszik központi szerepet, de ha a kapott értékeket összehasonlítjuk a mezőgazdasági projektek hasonló értékeivel, a kép már sokkal kedvezőbb. A Horizont 2020 keretprogram 332 mezőgazdasági projektje (az összes projekt 1,1%-a, pontosan annyi, mint a mezőgazdaság részaránya a GDP-n belül) mintegy 723,9 millió euró értékben támogatott (tehát az összes projekttámogatás 1,31%-val). Az agrárerdészeti projektek száma a mezőgazdasági projekteken belül 7,23%-ot, a támogatási összegük pedig 12,53%-ot

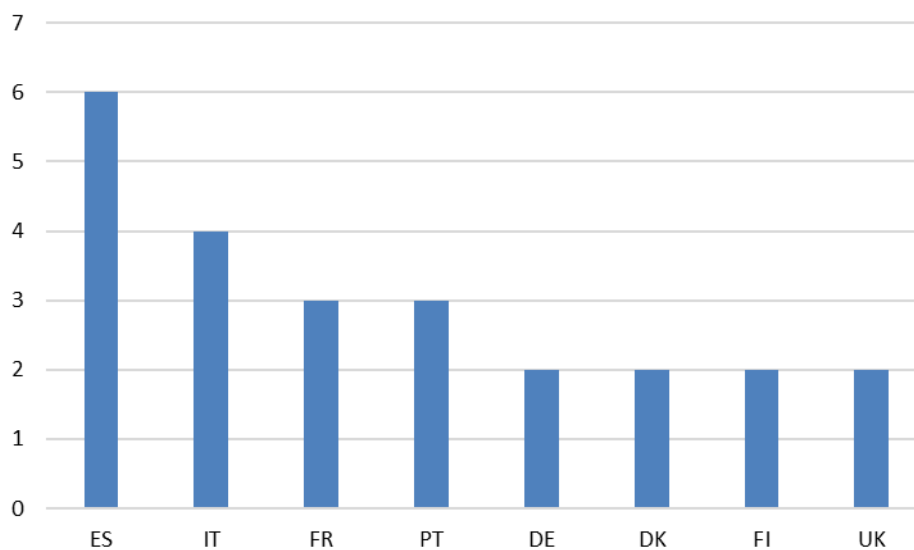
tett ki. Ezek jóval magasabb arányoknak tűnnek, mint azt az agrárerdészet jelenlegi súlya indokolná, így kijelenthetjük, hogy az agrárerdészet pillanatnyi gazdasági szerepéhez képest hangsúlyos elemként jelent meg a Horizont 2020-ban.

Az egyes országok agrárerdészeti projekteken játszott szerepét öt mérőszámmal, ill. a közöttük lévő kapcsolattal jellemeztük:

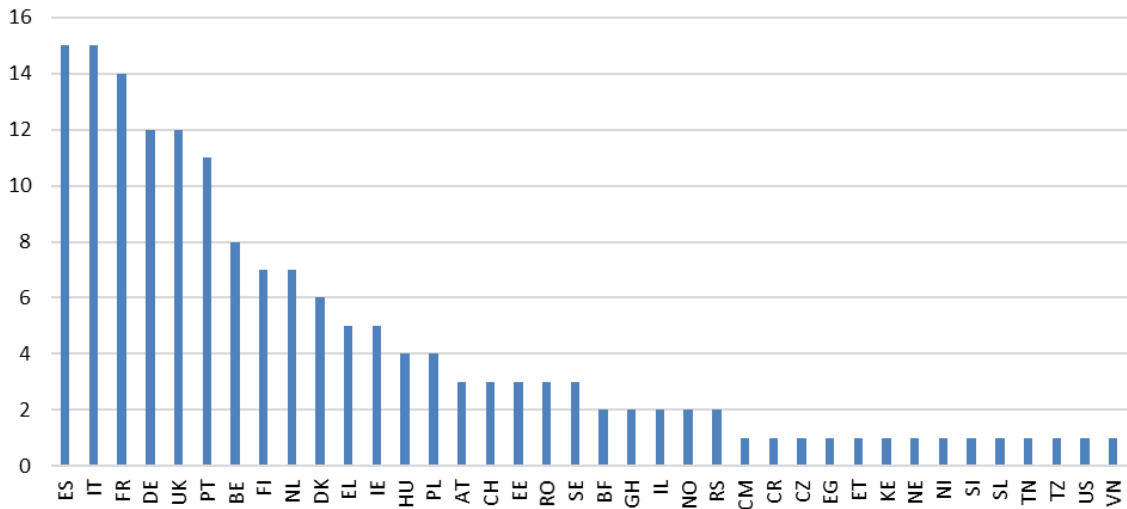
1. Az egyes országokhoz tartozó cégek és intézmények hány projektben töltötték be projektkoordinátori szerepkört.
2. Az egyes országokhoz tartozó cégekhez és intézményekhez hány projektrésztvétel kapcsolódik.
3. Önállóan nem, de az ismérvek közötti kapcsolat vizsgálatánál fontos tényezőként elemeztük az egyes országok 2013–2018 közötti mezőgazdasági termelésének átlagát a 2014–2016 közötti konstans dollárán (FAOSTAT 2020).
4. Számított, a valódihoz közelítő mutatóként megbecsültük az országokénti projekttámogatást.
5. Szintén számított, a valódihoz közelítő mutatóként kiszámítottuk a projektrésztvételekre jutó átlagos támogatást az egyes országokban.

A két utolsó, számított mutatóknál a projektenkénti közösségi hozzájárulás és a projektrésztvevők száma volt a számítás alapja. Ebből számoltunk projektrésztvevőnkénti átlagtámogatást, majd ebből becsültünk országokénti projekttámogatást, illetve projektrésztvételekre jutó átlagos támogatást az egyes országokban. A végeredmény valamelyest eltér a valós értékektől, hiszen a projekteken megítélt támogatás nem egyenlő az egyes résztvevők között. Azonban különböző okokból ezt jó közelítő értéknek ítéltük meg.

Az 1. és a 2. ábra szerinti sorrend első három helyezettje mindkét esetben Spanyolország, Olaszország és Franciaország. A projektkoordinátorok között magyarországi intézmény vagy cég nem volt, igaz, a projekteken résztvevő 38 országból csak 8 adott koordinátort. A projektrésztvételek alapján Magyarország Lengyelországgal holtversenyben a 13.

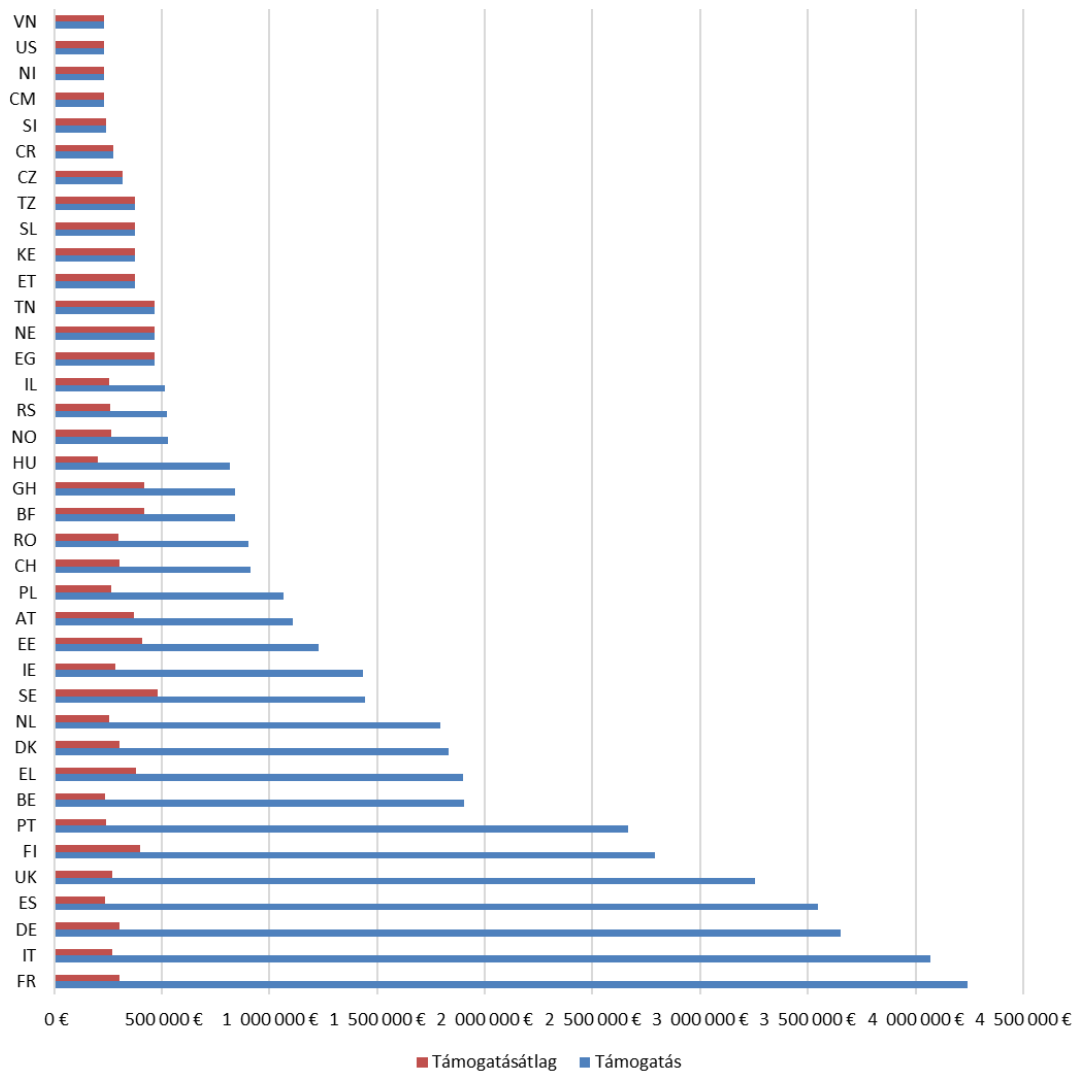


1. ábra A koordinátorok országokénti megoszlása az agrárerdészeti projekteken



2. ábra A projektrésztvevők országonkénti megoszlása az agrárerdészeti projektekben

Pénzügyi szempontból az agrárerdészeti projekt támogatások legnagyobb kedvezményezettje Franciaország, Olaszország és Németország (3. ábra).



3. ábra Becsült projekt támogatások

Az előző két kategóriában vezető spanyolok tehát projektenként átlagosan alacsonyabb támogatást kapnak a becslt adatok alapján.

Az öt ismerv közötti kapcsolatot Spearman-féle rangkorrelációs együtthatókkal jellemeztük (REIDMACHER – MOLNÁR 2000).

Az 1. táblázat adatai alapján (nem meglepő módon) a legszorosabb rangkorreláció az országonkénti projekt támogatás és projektrészvételek száma között mutatkozott (0,96). A legtöbb informativitással azonban az egy projektrészvételre jutó átlagos támogatás az egyes országokban és a többi ismerv közötti semleges körüli érték bír.

Ezt az összefüggést azonban érdemes óvatosan kezelni, mivel a résztvevő országok egy része EU-n kívüli, ill. a támogatások fajlagos mutatóit becsülni voltunk kénytelenek (a projektenkénti valós elosztás trendszerűen eltérhet az „igazságostól”), illetve a támogatások megítélésénél, illetve a projektrészvevők közötti „elosztás” során számos rejtett döntési tényező is felmerülhet.

1. táblázat Spearman-féle rangkorrelációs együttható az egyes ismérvek között (minden résztvevő)

ISMÉRVEK	Projektkoordinátori szerepkörök száma	Projektrészvételek száma	Mezőgazdasági termelés átlaga (2013–2018)	Országonkénti projekt támogatás	Egy projektrészvételre jutó átlagos támogatás az egyes országokban
Projektkoordinátori szerepkörök száma	1	0,71	0,37	0,70	-0,11
Projektrészvételek száma	0,71	1	0,30	0,96	-0,15
Mezőgazdasági termelés átlaga (2013–2018)	0,37	0,30	1	0,25	-0,19
Országonkénti projekt támogatás	0,70	0,96	0,25	1	0,12
Egy projektrészvételre jutó átlagos támogatás az egyes országokban	-0,11	-0,15	-0,19	0,12	1

Ha a rangkorrelációs együtthatókat kizárólag az EU-országokra számítjuk ki, némileg más eredményt kapunk.

A 2. táblázatban látható, hogy a mezőgazdasági termelés itt már közepes rangkorrelációt mutat a projekt koordinátori szerepkörök számával és az országonkénti projekt támogatással, és meglehetősen erős korrelál a projektrészvételek számával. Az egy projektrészvételre jutó átlagos támogatás az egyes országokban az összes többi mutatóval negatív vagy semleges korrelációban van.

2. táblázat Spearman-féle rangkorrelációs együttható az egyes ismérvek között (EU-országok)

ISMÉRVEK	Projektkoordinátori szerepkörök száma	Projektreszvételek száma	Mezőgazdasági termelés átlaga (2013–2018)	Országokénti projekt támogatás	Egy projektreszvételeire jutó átlagos támogatás az egyes országokban
Projektkoordinátori szerepkörök száma	1	0,83	0,51	0,82	-0,15
Projektreszvételek száma	0,83	1	0,71	0,93	-0,33
Mezőgazdasági termelés átlaga (2013–2018)	0,51	0,71	1	0,58	-0,34
Országokénti projekt támogatás	0,82	0,93	0,58	1	0,01
Egy projektreszvételeire jutó átlagos támogatás az egyes országokban	-0,15	-0,33	-0,34	0,01	1

Tehát az elnyert projektreszvételek alapján a legnagyobb mezőgazdasági kibocsátással bíró országok érvényesítették előnyeiket, viszont a fajlagos projekt támogatás alapján már nem feltétlenül, vagy a fajlagos mutatóra vonatkozó becslésünk volt pontatlan. A kérdés tisztázása további kutatásokat igényel.

Összefoglalás

Az agrárerdészeti projektek az ágazat kis súlyához képest meglehetősen nagy jelentőségűek a Horizont 2020 keretprogramban. Annak ellenére, hogy a nagy mezőgazdasági kibocsátással rendelkező európai országok dominanciája pl. a projektreszvételek alapján jelentős, egyes tényezők alapján úgy véljük, hogy a nyolcvanas évekbeli csúcshoz képest jóval alacsonyabb mezőgazdasági termelési értéket felmutató Magyarországnak az eddigi projektadatok alapján van keresnivalója a területen. Természetesen a kérdés további, alapos vizsgálatokat igényel.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- CORDIS (2020): CORDIS - EU Research Results. <<https://cordis.europa.eu/projects/en>> Megtekintve: 2020. október 10.
- EUROSTAT (2019): Performance of the agricultural sector. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Performance_of_the_agricultural_sector> Megtekintve: 2020. október 24.
- FAOSTAT (2020): Value of Agricultural Production. <<http://www.fao.org/forestry/sustainable-wood/en/>> Megtekintve: 2020. október 16.
- REIDMACHER H.P. – MOLNÁR I. (2000). Excel közgazdászoknak: Gazdasági feladatok megoldása. Aula, Budapest.

A HORIZONT 2020 ÁLTAL TÁMOGATOTT AGRÁRERDÉSZETI PROJEKTEK – 2. RÉSZ

NOVOTNI ADRIENN

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Innovációs Központ

novadrienn@gmail.com

Bevezetés

A tanulmány elsősorban arra keresi a választ, hogy a Horizont 2020 program által a 2013–2020 közötti időszakban támogatott agrárerdészeti projektek esetében a létezhetnek-e rejtett döntési szabályok a támogatások megítélése, esetleg a projektrésztvevők kiválasztása során. A probléma jelentős részben teoretikus, ezért nem elsősorban a kérdésre adott válaszra, hanem a projektek központi aktoraival kapcsolatos információkra vagyunk kíváncsiak, a szokásos statisztikai apparátustól eltérő módszert használva. Emellett röviden a projekt egyes hatékonysági kérdéseire is kitérünk. A cikk szervesen illeszkedik a cikksorozat első részéhez.

Anyagok és módszerek

A cikk első része a *Doctus* szakértői rendszer segítségével (BME – Human Excellence Kft.) a támogatások megítélésének rejtett döntési mechanizmusainak feltárására, a második része egyszerű statisztikai eszközökkel a projektek projektkimenetekkel mért hatékonyságára koncentrálnak. A jelen publikáció is egy projekten belüli pályázat segítségével jöhetett létre, az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kiterjesztési lehetőség”) projekt keretein belül. Az említett projekt a különböző agrárerdészeti rendszerek elemzésével és fejlesztésével foglalkozik, többek között a megtermelt faanyagokra is figyelmet fordít. A faanyagokkal, azok tulajdonságaival és a legkülönbözőbb faanyagmodifikációs módszerekkel kapcsolatban a Soproni Egyetemen számos kutatás folyt és folyik, melyekre jó példát kínál a következő néhány publikáció: BÁDER (2015a, 2015b); BÁDER ÉS TSAI. (2015, 2018, 2019, 2020); BÁDER – NÉMETH (2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019, 2020); BÁDER – ROUSEK (2018); BAK – NÉMETH (2012, 2018); BAK ÉS TSAI. (2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2020); FODOR ÉS TSAI. (2018a és 2018b); KOMÁN ÉS TSAI. (2019, 2020); KÖBÖLKUTI ÉS TSAI. (2019, 2020); NÉMETH (2020); NÉMETH – BÁDER (2020); NÉMETH ÉS TSAI. (2019); RADEMACHER ÉS TSAI. (2017a, 2017b); VÖRÖS – NÉMETH (2020); VÖRÖS ÉS TSAI. (2019).

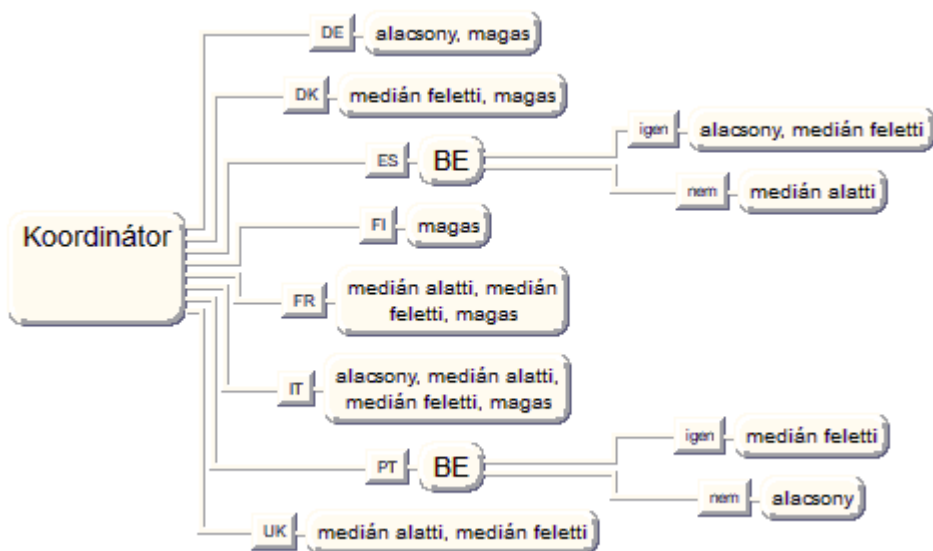
Eredmények és értékelés

A kutatás során tehát először a *Doctus* szakértői rendszer segítségével a támogatási döntések mögött húzódó rejtett (ha...akkor) döntési szabályok után kutattunk. Az adatok CORDIS adatbázisából származnak, előkészítésük az 1. részben vázolt módon történt. Főleg arra kerestük a választ, hogy van-e összefüggés a projektenként elnyert résztvevőnkénti támogatás (mint döntési változó), a projektkoordinátor országa és a projektrésztvevők országokénti megoszlása között. A döntési probléma természetesen erősen teoretikus, hiszen a pályázatok benyújtásakor a pályázott összeg már ismert, viszont úgy véljük, hogy bizonyos részinformációk ebből a modelltől is kinyerhetők. Leginkább a központi „szereplők” kilétére (országára) voltunk kíváncsiak (1. ábra). A döntési probléma értelmezhető a „Milyen összegre

pályázzunk?” kérdésként is, melynek szintén vannak korlátai. A döntési modell attribútumait az 1. táblázat mutatja.

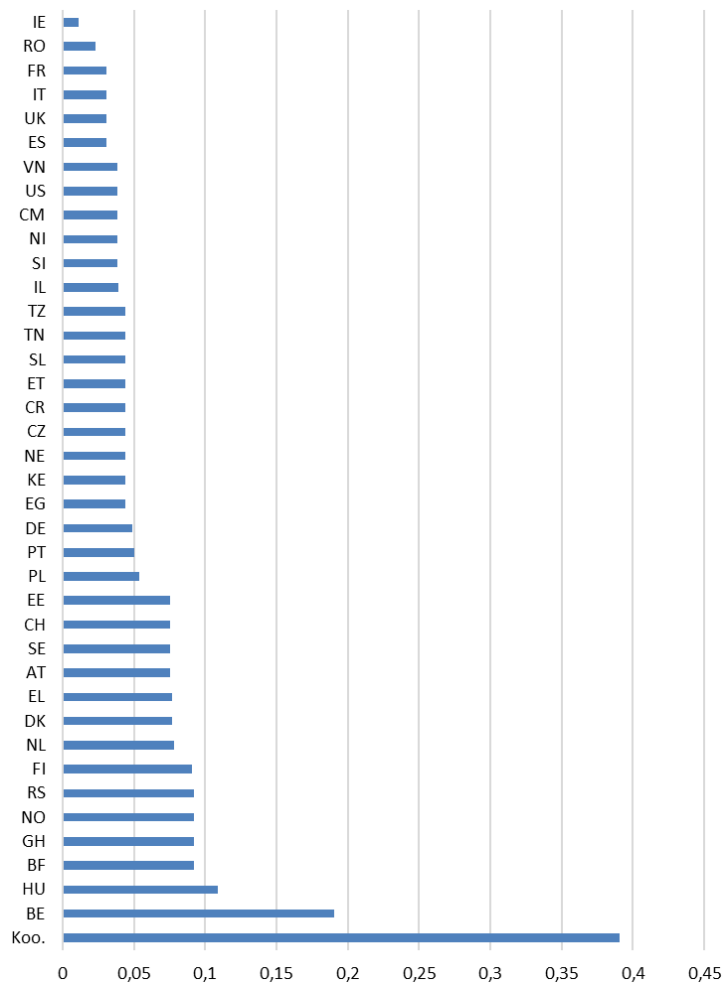
1. táblázat A döntési modell attribútumai

Név	Érték	Döntési változó	Értékrendezés
Támogatás	alacsony, medián alatti, medián feletti, magas	igen	növekvő
Koordinátor	Érték 1...8: DE...UK	nem	semleges
AT...VN (38 résztvevő)	igen/nem	nem	semleges



1. ábra A modell esetalapú gráfja

A vizuálisan kirajzolódó gráf azonban gyakran nem nyújt elég információt, érdemes a Doctus által előállított informativitási mutatót is elemezni (2. ábra).



2. ábra Az informativitás értékei

A tulajdonságok rendteremtő képességét, erősségét az informativitással (entrópianyereséggel) fejezzük ki. Általában a magas informativitási mutatóval rendelkező attribútumok jelentős mértékben meghatározzák a gráf szerkezetét (BARACSKAI – VARJÚ 2004).

A három legnagyobb informativitással rendelkező attribútum a koordinátor kiléte (0,3904), a belga projektpartner részvétele (0,1905), illetve a magyar projektpartner részvétele (0,1091). A Doctus finomhangolás után sem adott magyarázatot a magyar projektpartner szerepére. Ezért ennek tisztázása konkrét, csak a magyar projektpartnerre vonatkozó kapcsolatkutató igényel, amely meghaladja e tanulmány kereteit. Előzetes kutatásaink szerint a magyar projektrészvétel nem téríti el az átlagos támogatást sem negatív, sem pozitív irányba, így a gráf struktúráját határozza meg az átlagosnál nagyobb mértékben.

Meglepőnek tűnhet pl. a francia projektrészvétel alacsony informativitási mutatója (0,031). Ez valószínűleg arra vezethető vissza, hogy a francia projektkoordinátorok és projektrészvevők részvételi mintázata hasonló, így a résztvevők már érdemben alig befolyásolták a gráf szerkezetét.

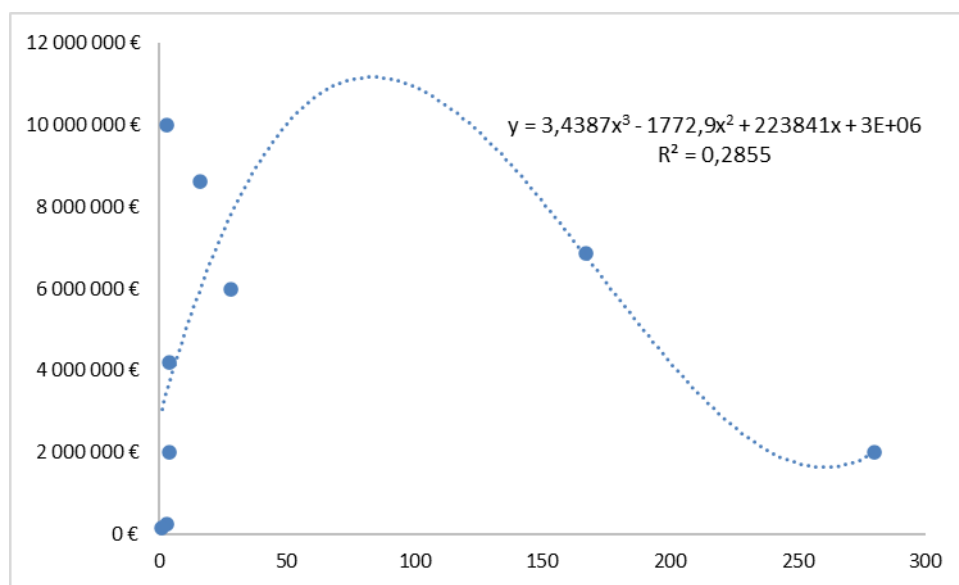
A dolgozat harmadik részében röviden ki szeretnénk térni a projektek hatékonyságára. Formailag a projekteredmények fajlagosan igen magas közösségi hozzájárulással járnak, azonban ez nem pusztán az agárerészeti projektek sajátossága. Tény, hogy egyes projektekben igen drágán állítanak elő kevés projekteredményt (*deliverables*) és publikációt, miközben más projektek alacsony költség mellett hoznak létre jóval több outputot.

A projekteredmények és a publikációk „értéke” csak nagyon alapos szakmai vizsgálat után dönthető el. A projekteredmények ráadásul egy információs honlaptól egy prototípusig vagy

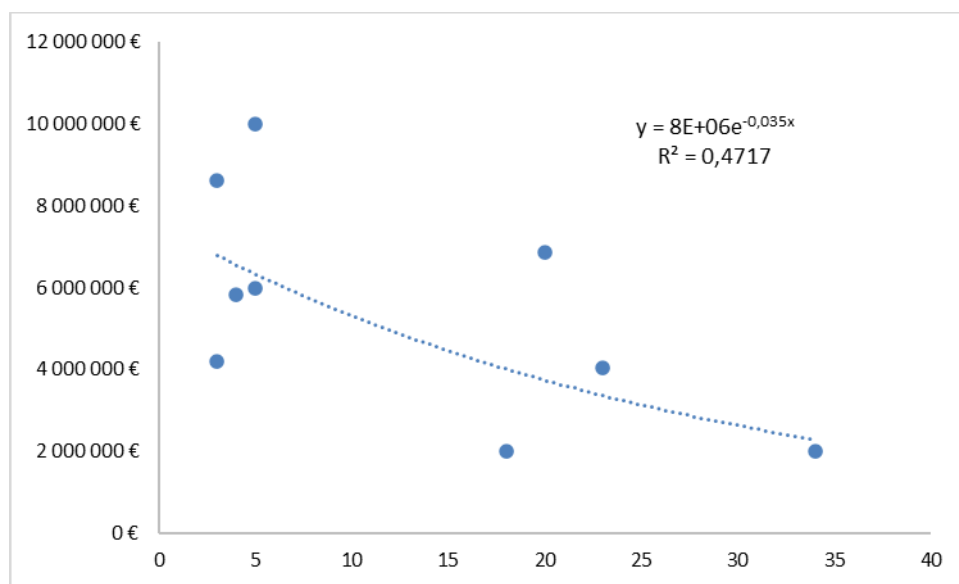
egy teljesen új termelési eljárásig terjedhetnek, tehát lényegében összehasonlíthatatlanok. Arról sem szabad megfeledkeznünk, hogy az outputok száma a szóban forgó támogatási időszakban még nem végleges.

A 3–4. ábra alapján gyenge-közepes összefüggés van a projekt költségvetése és az outputok között. Az alacsony költségvetésű projektekben általában inkább nagyon kevés, vagy nagyon sok publikáció született, de a statisztikai összefüggés nem meggyőző.

Hasonlóképpen, csak nagyon óvatosan jelenthetjük ki a 4. ábra második feléről leolvasható összefüggést, miszerint a magas költségvetésű projektekben darabszámra kevesebb projekteredmény született.



3. ábra Agráreredészeti publikációk száma és a projektre jutó támogatás



4. ábra Agráreredészeti projekteredmények száma és a projektre jutó támogatás

Összefoglalás

Úgy tűnik, hogy a magyar kutatóknak a szakmai szempontok mellett leginkább arra kell törekedniük az agráreredészeti pályázati tevékenység során, hogy valamelyik – megfelelően

kiválasztott – nagy mezőgazdasági kibocsátással rendelkező országhoz tartozó intézmény vagy cég koordinátori szerepköre mellett vegyenek részt agrárerdészethez kapcsolódó nemzetközi kutatásokban. Természetesen a kérdés további, alapos vizsgálatokat igényel.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával. A Doctus szakértői rendszer ingyenes használatának engedélyezéséért köszönet illeti Dr. Baracska Zoltán egyetemi tanárt (Széchenyi István Egyetem).

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYSES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383–398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018*, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) *Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification*, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8TH*

- HARDWOOD CONFERENCE - WITH SPECIAL FOCUS ON "NEW ASPECTS OF HARDWOOD UTILIZATION -FROM SCIENCE TO TECHNOLOGY", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2019): Moisture-dependent mechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(6): 1009-1019
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – BÖRCSÖK Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018a): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2018b) Wood modification in Hungary. In: GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood modification in Europe: processes, products, applications*, University of Florence, Firenze, Italy, pp. 35-36
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications*, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- BAK M. – NÉMETH R. – TAKÁCS D. – BÁDER M. (2020): Possibilities of using nanotechnology in wood colour protection. In: KOPONICSNÉ GYÖRKE D. – BARNÁ R. (szerk.) *Proceedings of the International Conference on Sustainable Economy and Agriculture*, Kaposvár University, Faculty of Economic Science, Kaposvár, Magyarország, pp. 31-37
- BARACSKAI Z. - VARJÚ V. (2004): Doctus Documentation. <<http://www.doctus.hu/hus/printable.pdf>> Megtekintve: 2020. október 6.
- CORDIS (2020): CORDIS - EU Research Results. <<https://cordis.europa.eu/projects/en>> Megtekintve: 2020. október 10.
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) *Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 118-122
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 32-52
- KÖBÖLKUTI Z.A. – CSEKE K. – BENKE A. – BÁDER M. – BOROVICS A. – NÉMETH R. (2019): Allelic variation in candidate genes associated with wood properties of cultivated poplars (*Populus*). *Biologica Futura* 2019(70): 1-9
- KÖBÖLKUTI Z.A. – CSEKE K. – BENKE A. – BÁDER M. – BOROVICS A. – NÉMETH R. (2020): Termesztett nyárok faanyagotani tulajdonságainak anatómiai, mechanikai, genetikai és epigenetikai összehasonlító vizsgálata. In: BÓNA L. – KARSAI I. – MATUZ J. – PAUK J. – POLGÁR ZS. – VEISZ O.

- (szerk.) XXVI. Növénynevelési Tudományos Napok: Összefoglaló kötet, MTA Agrártudományok Osztálya Növénynevelési Tudományos Bizottság, Magyar Növénynevelítők Egyesülete, Szeged, Magyarország, p. 50
- MOLNÁR S. (2004): Faanyagismeret, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 12-16
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millennium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millennium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. *Gradus* 6(3): 75-81

HÁRS FAANYAG FIZIKAI-MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI – 1. RÉSZ

SCHANTL ISTVÁN

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

sopronikutatasok@gmail.com

Bevezetés

A hársak (*Tilia*) nemzetségének 30 faja ismert az egész északi féltekén. Hazánkban 3 őshonos fajuk van: kislevelű hárs (*Tilia cordata* MILL.), nagylevelű hárs (*Tilia platyphyllos* SCOP.) és az ezüst hárs (*Tilia argentea*). A domb- és hegyvidék fái, kedvelik az üde termőhelyeket. Az alföldi erdőkben csak ritkán fordulnak elő. A három hárs fája makroszkopikusan nem különíthető el. Gyakorlatilag azonos tulajdonságúak. Erdészeti szempontból elegyítés céljából az árnyékot is jól tűrő kislevelű hársak, a dél-dunántúli megyékben (Somogy, Baranya) a kiváló növekedésű ezüsthársnak tulajdonítanak nagyobb jelentőséget. A kedvező ipari felhasználási lehetőségeket is figyelembe véve indokolt lenne a hársak fokozottabb telepítése.

Színes geszt nélküli, fájuk gyengén vöröslő fehér színű. Idősebb korban az álgesztesedés gyakori. Érzékenyek a mechanikai sérülésekre (pl.: szarvashántás). Az évgyűrű határ fehér, sárgás színű vonal jelzi. Bélsugaraik nagyítóval jól láthatók. Faanyaguk hasonlít a nyírfáéhoz, de annál könnyebb. Szórtlikacsú fafaj, finom edényei egyenletes eloszlásban figyelhetők meg az évgyűrűn belül. Nem figyelhető meg azonban túliszesedés. Vékony farostjaik (libriformrostok, rosttarcheidák) nagy mennyiségűek (75%). Kérgük a fiatal törzsön sima és zöldesbarna paraszemölcsökkel, később hálószerűen repedezik (1. ábra). A kéreg keresztmetszetére jellemző a vastag háncsrész és a háncskötegek hosszúkás háromszög, lán nyelv formája. Ez a jellegzetesség valamennyi hársfafajtára tipikus.



1. ábra Fiatal hársfa (forrás: ARBOR 2020)

A hársak alacsony keménységű és sűrűségű, de jól alakítható és viszonylag szilárd faanyaggal rendelkeznek. A hársak fája a külsőtéri fizikai kitéettségekkel és a biotikus károsítókkal szemben kevésbé ellenálló. Megjegyzendő azonban, hogy a szakrális művészetben 900–1000 éves hársból készült szobrok és kegytárgyak is fellelhetők.

A hársak mechanikai megmunkálása igen könnyű, kedvező. A rostok irányától függetlenül minden irányban jól faragható. Gyorsan száríthatók, de gőzöléskor könnyen színeződnek. Készítenek belőlük furnért, rétegelt lemezt. Bútorgyártásra is szívesen alkalmazzák. Jól felhasználhatók fadarabokra, mérő- és rajzasztal, rajztábla készítésére. Alkalmaskak öntőminta, játék orgona építésére. Fontos ceruzafa. Természetesen felhasználhatók farost- és forgácslemezek gyártására. A papíriparban fagyapotként alkalmazhatók. Fiatal veszőkből kosarakat fonnak. Szenesített fája kiváló rajzszén. Makroszkópos jellemzők:

- Kislevelű hárs: nagy termetű fa (30 m), törzse egyenes, nyúlánk, hengeres, idős korban gyakran dudoros, kérge sokáig sima, sötétszürke, később hálózatosan repedezett, széles cserepekkkel, koronája többnyire szabálytalan, ágai elálló, az alsók csüngők. Vesszeje zöldes- vagy vörösesbarna, fénylő, kopasz, kerekded paraszemölcssei feketések; rügyei vörösesbarnák, a külső rügypikkely a rügy félmagasságánál nagyobb, szártól elálló, tojásdadok, kissé összenyomottak. Levelei változatos méretűek, váltakozó állásúak, kerekdedek, kissé részaránytalanok, általában hirtelen kihegyesedők, 4–7 cm hosszúak, vastagabbak, kopaszak, felül sötétzöldek, fonákjuk kékeszöld, az érzugokban rozsdavörös szakállal és nem kiemelkedő, hálózatosan szétágazó harmadrendű erekkel. A levél széle finoman főrészes. Virágai murvalevéllel 1/3-1/4 részben összenőtt levélhónalji álnyírokban nyílnak, melyek 5–11 virágúak, sárgásfehérek, porzói olyan hosszúak, mint a szirmok. Makkocskák termése 5–7 mm hosszú, rozsdabarna, molyhos, vékony falú, ujjal összenyomható, legfeljebb gyengén bordázott.
- Nagylevelű hárs: nagy termetű fa (30 m). Törzse egyenes, nyúlánk, hengeres, kérge sokáig sima, sötétszürke, idős korban durván repedezett, koronája szabálytalan, felső ágai fölfelé irányuló, a középsők elálló, az alsók csüngők. Vesszeje zöldesbarna vagy vörösesbarna, fénylő, a csúcsi részen rendszerint szőrös, paraszemölcssei barnák; rügyei zöldes- vagy vörösesbarnák, a külső rügypikkely a rügy félmagasságánál nem nagyobb és bordás, tojásdadok, szártól elálló. Levelei változatosak, váltakozó állásúak, széles tojásdadok, 7–12 cm hosszúak, vastag levéllemezők, hegyesen fogazottak, alul-felül fénylő zöldek, szőrösök, az érzugokban fehér vagy ritkábban halványbarna szakállal és kiemelkedő és párhuzamos harmadrendű erekkel. Virágai murvalevéllel félig összenőtt levélhónalji álnyírokban nyílnak, melyek 2-7/3 tagúak, zöldessárgák, porzói hosszabbak a szirmoknál. Makkocskák termése 7–10 mm hosszú, ötbordájú, szürkésbarna, molyhos, vastag falú.
- Ezüst hárs: nagy termetű fa (35 m), törzse egyenes, hengeres, kérge sokáig sima, sötétszürke, később sekélyen és hosszant repedezett, koronája boltozatos, ágai fölfelé irányuló. Vesszeje szürkészöld vagy zöldesbarna, csillagszőröktől sűrűn és szürkén molyhos, később vöröses barnák; rügyei kisebbek, tojásdadok, molyhosak, a két külső rügypikkely közel egyforma hosszúságú. Levelei váltakozó állásúak, kerekdedek vagy széles tojásdadok, leggyakrabban szíves vállúak, enyhén aszimmetrikusak lehetnek, 7–12 cm hosszúak, felül kopaszodók, mélyzöldek, fonákjuk ezüstszürkén csillagszőrös. A levél csúcsa röviden kihegyezett, széle hegyesen, szálkásan főrészes. Virágai murvalevéllel félig összenőtt levélhónalji álnyírokban nyílnak, melyek 6–10 tagúak, sárgák, porzói rövidebbek a szirmoknál. Makkocskák termése 6–8 mm hosszú, szürke, molyhos és aprón bibircses, vastag falú (BÖRCSÖK 2010, MOLNÁR 2004, TÓTH ÉS TSAI. 2007).

A faanyagok tulajdonságai nagyon sokfélék lehetnek fafajtától, a fa termőhelyétől, időjárási viszonyoktól, az állományban való elhelyezkedéstől és még számos körülménytől függően.

Vannak értékesebb és kevésbé értékes fafajok. Utóbbiakon különböző faanyag-modifikációkat elvégezve szélesíthető a felhasználási körük. Ezekből adnak ízelítőt a következő publikációk: BÁDER (2015a, 2015b), BÁDER – NÉMETH (2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2020), BÁDER – ROUSEK (2018), BÁDER ÉS TSAI. (2015, 2018a, 2018b, 2019, 2020), BAK – NÉMETH (2012, 2018), BAK ÉS TSAI. (2018, 2019a, 2019b), FODOR ÉS TSAI. (2018a, 2018b), KOMÁN ÉS TSAI. (2019, 2020), NÉMETH (2020), NÉMETH – BÁDER (2020), NÉMETH ÉS TSAI. (2014, 2019), RADEMACHER ÉS TSAI. (2017a), RADEMACHER ÉS TSAI. (2017b), VÖRÖS – NÉMETH (2020), VÖRÖS ÉS TSAI. (2019). Sok publikációban a fizikai-mechanikai tulajdonságok is megjelennek éppúgy, mint a számszerű tulajdonságok meghatározásához alkalmazott képletek.

Fizikai jellemzők:

Sűrűség:

- r_0 : 320-490-560 kg/m³
- r_{12} : 350-530-600kg/m³
- r_{nedv} : 580-880kg/m³

Pórustérfogat: 68%

Zsugorodás:

- Húr: 9,1-10,7%
- Sugár: 5,5-6,6%
- Rost: 0,2-0,3%

Szilárdság a rostokkal párhuzamosan:

- Nyomó 26,0-52,0-78,0 MPa
- Hajlító 46,0-106,0-147,0 MPa
- Húzó 73,0-85,0-145,0 MPa
- Nyíró 4,0-4,5-6,0 MPa
- Ütő-hajlító 4,8-13,0 J/cm²
- Hasító 0,7-1,2 MPa

Anyagok és módszerek

A nyomószilárdság vizsgálatot 20x20x30 mm méretű hárs próbatesteken végeztük. A próbatestekről az adatokat még a mérés előtt felvettük. A felvett adatok a méret és a nedves tömeg. A tömeget 0,001g pontossággal és a méretet 0,01mm pontossággal mértük le. A vizsgálandó próbatesteket az anyagvizsgáló gép nyomópofáin középre helyeztük, hogy a nyomóerő a próbatest súlyvonalában működjön. Az anyagvizsgáló gép nyomókarjaihoz a nyomópofák gömbcsuklókkal illeszkedtek, ezzel el lehet kerülni azt, hogy ha az anyag nem párhuzamosan, van vágva és a nyomópofa az egyik felületet jobban terheli, mint a másikat. A mérés során 10 db próbatestet használtunk, amit rosttal párhuzamosan terhelünk. A rostra párhuzamos irányú terhelésnek nagy jelentősége van, hiszen a nyomószilárdsága egy fának a rostokkal párhuzamosan a legnagyobb, míg rostokra merőlegesen a legkisebb (2. ábra). Ezt követően a faanyagokat kiszárítjuk, és újra lemérjük a tömegét.



2. ábra Nyomóvizsgálat

A faanyag nyomószilárdságát befolyásoló tényezők:

- Szöveti szerkezet: minél tömöttebb egy fa annál nagyobb a nyomó szilárdsága.
- Nedvességtartalom: a nedvességtartalom emelkedésével a nyomószilárdság lineárisan csökken. A rosttelítettségi pont elérése után a szilárdság csökkenés gyakorlatilag megszűnik.
- Gyantatartalom: a gyantatartalom előnytelen a felhasználás szempontjából, mivel csak a faanyag térfogatsúlyát növeli, a nyomószilárdságát nem.
- Gombásodás: a sejtfal építőelemeit-enzimeket bontó gombabetegségek csökkentik a fák nyomószilárdságát.
- Sűrűség: a fa sűrűségének növekedésével arányosan növekszik a nyomószilárdság értéke is.
- Hőmérséklet: a hőmérséklet emelkedésével a fa nyomószilárdsága közel egyenes arányban csökken. Nedves fa esetén a hőmérséklet hatása még jobban érvényesül.
- Erőhatás iránya: a nyomószilárdság értéke a rostokkal párhuzamos irányban a legnagyobb, míg rostokra merőleges irányban a legkisebb. Minél nagyobb a rostok és a nyomóerő által bezárt szög, annál kisebb a nyomószilárdság értéke.

A nyomószilárdság kiszámításához használt képlet alább látható (1).

$$\sigma_{nyomó} = \frac{F_{max}}{A}; [\text{MPa}] \quad (1)$$

ahol $\sigma_{nyomó}$ a nyomószilárdság, F_{max} [N] a legnagyobb terhelőerő és A [mm²] a próbatest keresztmetszete (3. ábra).



3. ábra Tolómérő (forrás: TECHNIK 2020)

A szilárdságok légszáraz állapotra történő átszámítása ($\sigma_{12\%}$) a (2) képletben látható.

$$\sigma_{12\%} = \sigma \cdot [1 + \alpha \cdot (u - 12)]; [\text{MPa}] \quad (2)$$

ahol σ [MPa] a nyomószilárdság u [%] a próbatest tényleges nettó nedvességtartalma a vizsgálatkor, α az átszámítási tényező (MOLNÁR 2004).

Összefoglalás

A hársak sokrétűen felhasználhatók, érdemes a kutatásukkal mélyebben foglalkozni. Ennek megfelelően e tanulmány a hárs faanyagok legkülönbözőbb tulajdonságait vizsgálja. A bevezető részben a hársak alapvető, már ismert tulajdonságaival ismerkedtünk meg, majd a vizsgálatok leírásai közül a nyomószilárdsággal folytattuk. Terjedelmi korlátok miatt a felhasznált anyagok, műszerek és módszerek ismertetése a következő részben kap helyet.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

ARBOR NURSERY LTD (2020): Glenleven Linden.

<[HTTPS://ARBORNURSERY.CA/PRODUCT/GLENLEVEN-LINDEN/](https://arbornursery.ca/product/glenleven-linden/)> Megtekintve: 2020.11.04.

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018a): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383–398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018*, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) *Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification*, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018b): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with Special Focus on "New Aspects of Hardwood Utilization – from Science to Technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – BÖRCsök Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413

- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications*, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- BÖRCSÖK Z. (2010): Erdő- és fagazdálkodás. Oktatási segédlet, NYME, FMK, Faanyagtudományi Intézet, Sopron
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) *Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország*, pp. 118-122
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország*, pp. 32-52
- MOLNÁR S. (2004): *Faanyagismeret, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest*
- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország*, pp. 12-16
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) *Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium"*, 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) *Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium"*, 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478
- TECHNIK 2007 KFT (2020): DIGITÁLIS TOLÓMÉRŐ. <[HTTPS://WWW.SZERSZAMTECHNIK.HU/TERMEKEK.PHP?CATEGORY=TOLOMERO](https://www.szerszamtechnik.hu/termekek.php?category=tolomero)> Megtekintve: 2020.11.04.
- TÓTH B. – MOLNÁR S. – FEHÉR S. (2007): Az energetikai faültetvény létesítésének és hasznosításának összefüggései. II. Ökoenergetikai és X. Biomassza Konferencia, Sopron, 2007.02.28.-03.01. <[HTTP://EMK.NYME.HU/UPLOADS/MEDIA/T_TH_-_MOLN_R_-_FEH_R.PDF](http://emk.nyme.hu/uploads/media/T_TH_-_MOLN_R_-_FEH_R.PDF)>
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8

VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. *Gradus* 6(3): 75-81

HÁRS FAANYAG FIZIKAI-MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI – 2. RÉSZ

SCHANTL ISTVÁN

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

sopronikutatasok@gmail.com

Anyagok és módszerek

A faanyagnak a gyors lökészerű erőhatásokkal szembeni ellenállását nevezzük ütő-hajlító szilárdságnak. Ez a mérés dinamikus, mivel a faanyagot rövid ideig hatalmas erővel terheljük. Az ütő és hajlítószilárdsággal a faanyagok rugalmasságát vagy ridegségét állapítjuk meg, a megállapítás a mért adatokból és a törés képből lehet következtetni, hogy milyen a fa tulajdonsága. A mérésnél első lépésnél megmértük a fatest méreteit 0,01 mm pontossággal és a tömegét 0,001 g pontossággal. A próbatesteknek 20x20x300 mm méretűeknek kell lenniük. A vizsgálathoz a Charpy-féle ütőművet használtuk (1. ábra). A mérni kívánt anyagot a gép befogó részébe helyeztük.



1. ábra Charpy-inga

A gép befogószerkezeténél a faanyag felfekvése 240 mm, a szabad felfekvése pedig 210 mm. A munkát végző kalapácsot a kiinduló helyzetbe állítjuk és a mérő mutatót nullázzuk. Miután ez megtörtént, a kalapácsot elengedjük és az a próbatestet eltöri. A törés pillanatában a mutató megáll és mi ezt az adatot fel tudjuk jegyezni. A kettőtört anyagon megfigyelhető a töréskép,

amiből látszik, hogy rugalmas vagy rideg fával dolgozunk. A méréshez 10 db próbatestet használtunk. A hársfa normál szilárdságú fának bizonyult. A mérésnél használt képlet (1):

$$a = \frac{W}{A}; [\text{J}/\text{cm}^2] \quad (1)$$

ahol a a fajlagos ütéshajlító munka [J/cm^2], W a töréshez felhasznált ütmunka [J] és A a próbatest keresztmetszete [cm^2] (MOLNÁR 2004).

Húzószilárdságon a fának a rostok irányában, vagy a rostokra merőleges irányában való húzással szemben kifejtett ellenállását értjük. Mi a rostokkal párhuzamos irányú szakítószilárdsággal dolgoztunk. A vizsgálathoz 10 db, az előírásnak megfelelően kikönyített fát használtunk. A próbatesteket ki kell könnyíteni, mert a fahúzó szilárdsága a legnagyobb és így nagyon nehéz lenne szétszakítani, másrészt pedig a nyomás vizsgáló gép befogó pofái miatt kell a kikönyítés. A mérés megkezdése előtt a próbatestek méreteit 0,01 mm-es, a tömegüket pedig 0,001 g pontossággal megmértük. A próbatestünk eredeti mérete 20x14x300 mm, a kikönyítésnél pedig a keresztmetszet 10x4 mm. A lemért próbatesteket beraktuk a vizsgáló gépbe (2. ábra) és elindítottuk a mérést. A rögzített adatok a próbatest szétszakadásakor a gép kiírta a legnagyobb húzóerőt, és ezekből az adatokból tudunk számolni. A vizsgálat végén a próbatesteket visszatettük a szárítókamrába és súlyállandóságig szárítottuk.



2. ábra Húzóvizsgálat

A fa húzószilárdságát befolyásoló tényezők:

- A szöveti szerkezet: Minél tömöttebb egy fa szerkezete, annál nagyobb a húzószilárdsága. A tömötség azonban az évgűrűn belül is változik, ebből következik,

hogy a tömöttebb kései pászta húzószilárdsága nagyobb, mint a lazább szerkezetű korai pásztaé.

- A nedvességtartalom: Az eddigi vizsgálatok szerint 8–25%-os nedvességtartalmi határok között minden 1%-os nettó nedvességtartalom növekedésnek vagy csökkenésnek 3%-os húzószilárdság csökkenés illetve emelkedés felel meg.
- A gyantatartalom: A gyantatartalom növeli a húzószilárdság értékét, de a sok gyanta, különösen a kemény gyanta, rideggé teszi a fát
- A gombásodás: A sejtfalat bontó gombák károsítása csökkenti a fák húzószilárdságát.
- A sűrűség: A fa sűrűségének növekedésével növekszik a húzószilárdság értéke.

A mérésekhez használt képlet (2):

$$\sigma_{húz} = \frac{F_{max}}{A}; [\text{MPa}] \quad (2)$$

ahol $\sigma_{húz}$ a húzószilárdság, F_{max} [N] a legnagyobb központos húzóerő és A a húzásra igénybevett keresztmetszet (MOLNÁR 2004).

Hajlítószilárdságon a fának a rostok irányában, vagy a rostokra merőleges irányában való összenyomással szemben kifejtett ellenállását értjük. A vizsgálathoz a szabvány szerinti próbatesteket alkalmaztuk, amiket 0,01 mm és 0,001 g pontossággal megmértünk. A próbatestek méretei 20x20x300 mm. A vizsgálatot egyponos terheléssel végeztük, a próbadarabok két acélhenger alátétre támaszkodtak fel (alátámasztás hosszúsága: 240 mm), amelyek egymástól mért távolsága a keresztmetszeti él 12-szerese (3. ábra).



3. ábra Hajlítóvizsgálat

A mérésnél használt képlet (3):

$$\sigma_{hajlító} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F_{max} \cdot l}{a \cdot b^2}; [\text{MPa}] \quad (3)$$

ahol $\sigma_{hajlító}$ a hajlítószilárdság, F_{max} [N] a legnagyobb terhelőerő, a a próbatest szélességi mérete [mm], b a próbatest vastagsági mérete [mm] és l az alátámasztás hosszúsági mérete [mm]. A rugalmassági modulus (E) a következőképpen számítható (4):

$$E = \frac{l^3}{4 \cdot b \cdot h^3} \cdot \frac{\Delta F}{\Delta y}; [\text{MPa}] \quad (4)$$

ahol b a próbatest szélessége [mm], l az alátámasztás távolsága [mm], h a próbatest vastagsága [mm] és ΔY a ΔF terhelőerő okozta behajlás [mm] (MOLNÁR 2004). A következőkben felsoroltak közül számos publikációban a fizikai-mechanikai tulajdonságok is megjelennek éppúgy, mint a számszerű tulajdonságok meghatározásához alkalmazott képletek, valamint a legkülönbözőbb faanyag-modifikációk leírása: BÁDER (2015a, 2015b), BÁDER – NÉMETH (2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2020), BÁDER – ROUSEK (2018), BÁDER ÉS TSAI. (2015, 2018a, 2018b, 2019, 2020), BAK – NÉMETH (2012, 2018), BAK ÉS TSAI. (2018, 2019a, 2019b), FODOR ÉS TSAI. (2018a, 2018b), KOMÁN ÉS TSAI. (2019, 2020), NÉMETH (2020), NÉMETH – BÁDER (2020), NÉMETH ÉS TSAI. (2014, 2019), RADEMACHER ÉS TSAI. (2017a), RADEMACHER ÉS TSAI. (2017b), VÖRÖS – NÉMETH (2020), VÖRÖS ÉS TSAI. (2019).

Tiszta nyírás a faszervezeteknél igen ritkán fordul elő, a nyíró feszültségek rendszeren más feszültségekkel együtt jönnek létre így gyakran megtalálhatóak különböző fakötésekben és a ragasztott faszervezetek ragasztórétegeiben.

A vizsgálathoz a szabvány szerinti próbatesteket alkalmaztuk: 10 db aszimmetrikus egyszeres felületen nyírt T alakú próbatestet, amiket 0,01 mm és 0,001 g pontossággal megmértünk. A nyírt felület egy 20x30 mm-es területű téglalap. A próbatestek méretei 20x30x50 mm, aminek az egyik végéből 10x12x20 mm hiányzik, a másik végéből 10x10x20 mm hiányzik azért, hogy, elkerüljük az esetleges beszakadást. A vizsgálatot külön anyagbefogó segítségével végezzük, ami lehetővé teszi a nyíró feszültség létrejöttét. A mérésnél használt képlet (5):

$$\tau = \frac{F_{max}}{A}; [\text{MPa}] \quad (5)$$

ahol τ a nyírószilárdság, F_{max} a legnagyobb terhelőerő és A a nyírásra igénybevett sík terület. A sűrűség (ρ) számítása a (6) képletben látható:

$$\rho = \frac{m}{V}; [\text{g/cm}^3] \quad (6)$$

ahol m a minta tömege és V a próbatest térfogata. A nettó száraz tömeghez m_0 [g] viszonyított nedvességtartalom (MC) kiszámítható az ISO 13061-1 (2014) szabvány szerint (7).

$$MC = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad (7)$$

ahol m_n [g] a nedves faanyag tömege (MOLNÁR 2004). A szárítás 103 ± 2 °C hőmérsékleten, szárítószekrényben történt (4. ábra).

1. táblázat α -értékek a különböző szilárdsági vizsgálatok esetében (forrás: MOLNÁR 2004)

Nyomószilárdság	$\alpha=0,04$
Húzószilárdság	$\alpha=0,03$
Nyírószilárdság	$\alpha=0,03$
Hajlítószilárdság	$\alpha=0,04$
Ütő-hajlító szilárdság	$\alpha=0,025$



4. ábra Szárítószekrény

Összefoglalás

A hársak sokrétűen felhasználhatók, érdemes a kutatásukkal mélyebben foglalkozni. Ennek megfelelően e tanulmány a hárs faanyagok legkülönbözőbb tulajdonságait vizsgálja. A bevezető részben a hársak alapvető, már ismert tulajdonságaival ismerkedtünk meg, majd a vizsgálatok leírásai közül a nyomószilárdsággal folytattuk. A felhasznált anyagok, műszerek és módszerek ismertetése e részben kapott helyet: ütő-hajlító vizsgálat, húzószilárdság, hajlítószilárdság, nyírószilárdság.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitorési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYSES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018a): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383-398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018*, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) *Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification*, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505*, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018b): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with Special Focus on "New Aspects of Hardwood Utilization – from Science to Technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) *8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology"*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47

- BAK M. – BÖRCsök Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications*, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) *Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország*, pp. 118-122
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország*, pp. 32-52
- MOLNÁR S. (2004): *Faanyagismeret, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest*
- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország*, pp. 12-16
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) *Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millennium"*, 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) *Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millennium"*, 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. *Gradus* 6(3): 75-81

HÁRS FAANYAG FIZIKAI-MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI – 3. RÉSZ

SCHANTL ISTVÁN

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

sopronikutatasok@gmail.com

Anyagok és módszerek

A zsugorodás-dagadás vizsgálatnál használt hársfa próbatestek méretei: 30x20x20 mm (rost, sugár, húr irányok). A méréshez 10 db próbatestet használunk (1. ábra).



1. ábra Zsugorodás-dagadás mintatestek

A tolómérőnek és a digitális mérlegnek a pontossága $\pm 0,01$, a szárítószekrényben csak minimális hőmérsékletingadozás lehet, ami 103 ± 2 °C. A próbatesteknek első mérés alkalmával a laboratóriumi klímán mérjük a méreteit és a tömegét, majd kiszámoljuk a sűrűséget a közel 12%-os nedvességtartalommal (2. ábra). Ezek után a testeket szárítószekrénybe rakjuk egy teljes héten keresztül és 103 °C-on tömegállandóságig szárítjuk. Onnan kivéve exszikkátorba helyezük a lehűlés idejére, hogy ne vegyen fel nedvességtartalmat a levegőből (3. ábra). Majd lemérjük méreteit és a tömegét, utána vízben áztatjuk egy hetet és megkapjuk az abszolút nedves faanyagot, aminek színe megváltozik, mivel a vízzel oldható extrakt anyagok kioldódnak. Ezeket ismét elvégezzük a méréseket, ha végeztünk ismét szárítószekrénybe helyezük és tömegállandóságig szárítjuk egy hét alatt, és ismét mérünk. Amikor megvannak, az adatok már tudunk számolni nedvesség tartalmat, sűrűséget, zsugorodási, dagadási és anizotrópiai együtthatókat (1. táblázat).

1. táblázat A klímparaméterek összefoglalása

Jelölés	Klíma jellemzése		Klimatizálás időtartama	Megjegyzés
n	Laboratóriumi aktuális klíma (első)		--	~12%-os fa nedvesség tartalom
0	Abszolút száraz (első)		103 °C / tömegállandóságig / 7 nap	A fából az összes vizet kivontuk
max	Abszolút nedves (vízben áztatott)		7 nap	A minták színe megváltozott



2. ábra Klímaszekrény

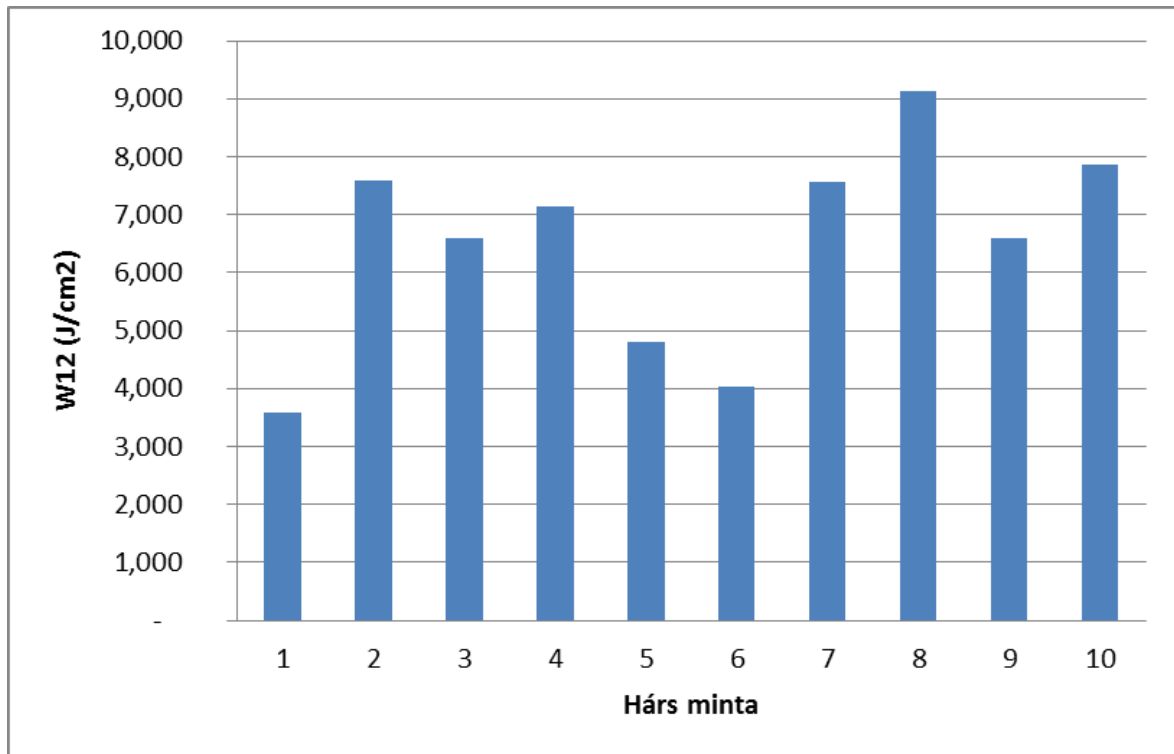


3. ábra Exszikkátor (forrás: KEFO 2020)

A faanyagok változékonyságának és a különböző modifikálási lehetőségeknek kiváló példáit adják a következő publikációk: BÁDER (2015a, 2015b), BÁDER – NÉMETH (2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2020), BÁDER – ROUSEK (2018), BÁDER ÉS TSAI. (2015, 2018a, 2018b, 2019, 2020), BAK – NÉMETH (2012, 2018), BAK ÉS TSAI. (2018, 2019a, 2019b), FODOR ÉS TSAI. (2018a, 2018b), KOMÁN ÉS TSAI. (2019, 2020), NÉMETH (2020), NÉMETH – BÁDER (2020), NÉMETH ÉS TSAI. (2014, 2019), RADEMACHER ÉS TSAI. (2017a), RADEMACHER ÉS TSAI. (2017b), VÖRÖS – NÉMETH (2020), VÖRÖS ÉS TSAI. (2019).

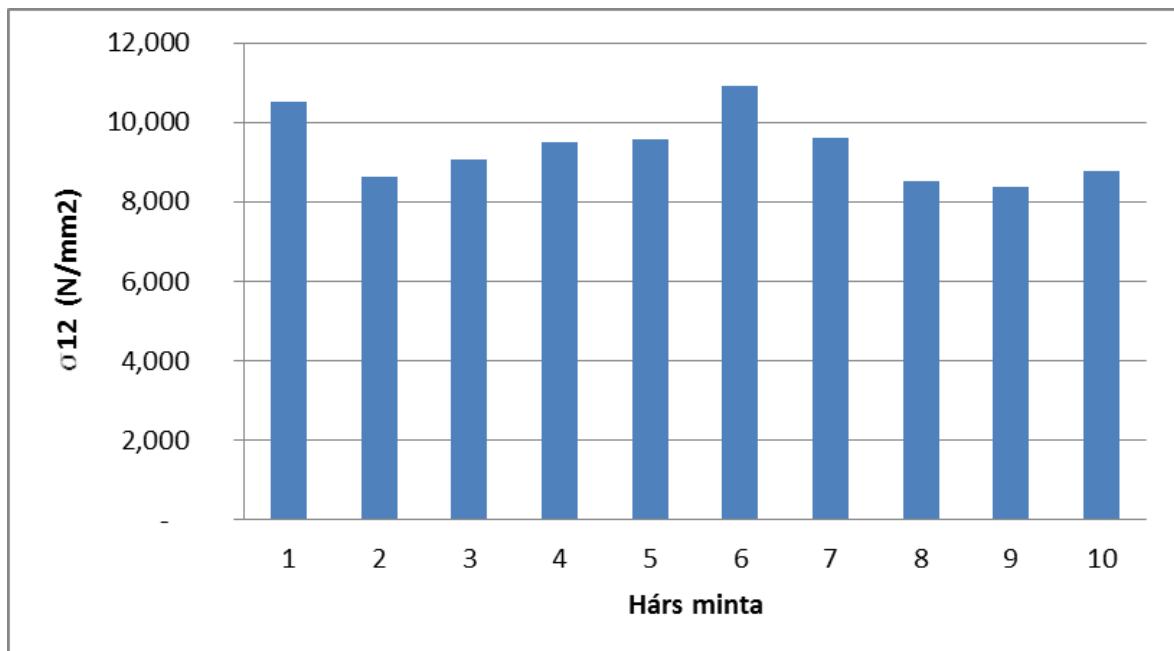
Eredmények és értékelés

Az ütéshajlító vizsgálat szilárdsági értékei többségében a 6 J/cm^2 feletti értékek (4. ábra). Az átlaguk az irodalmi értékektől nem tér el (BÖRCSÖK 2010, MOLNÁR 2004).



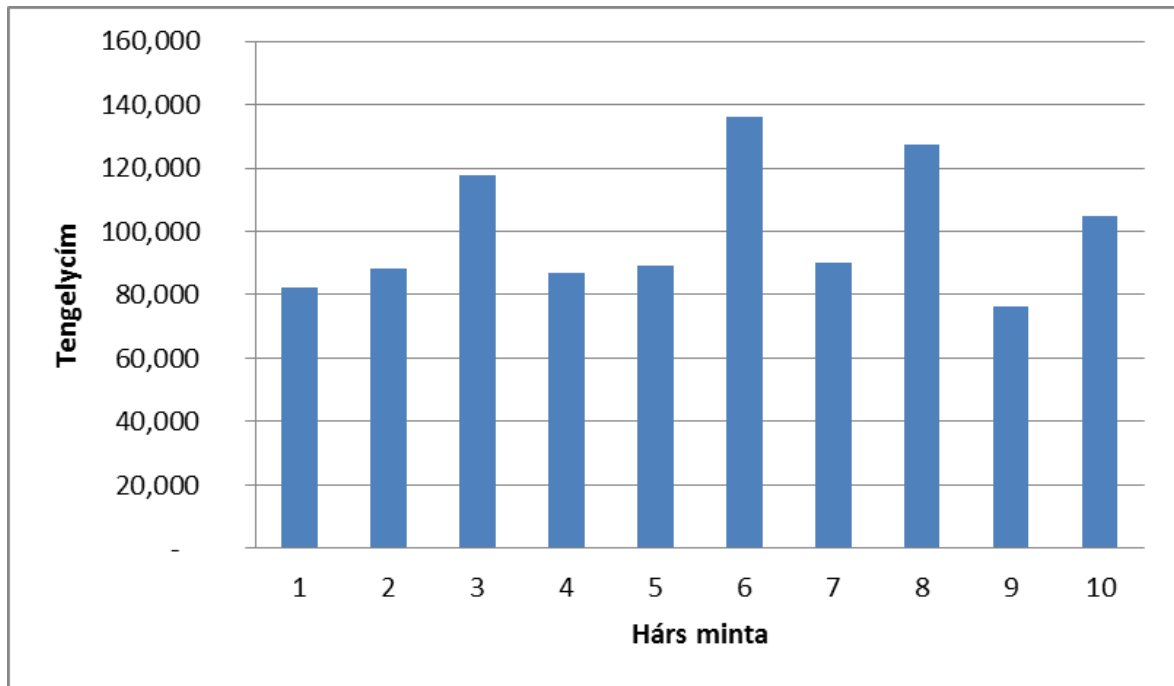
4. ábra Ütő-hajlító szilárdsági vizsgálat eredményei

Közel azonos értékű a minták nyírószilárdsága, bár az irodalmi átlagtól valamivel magasabb (5. ábra).



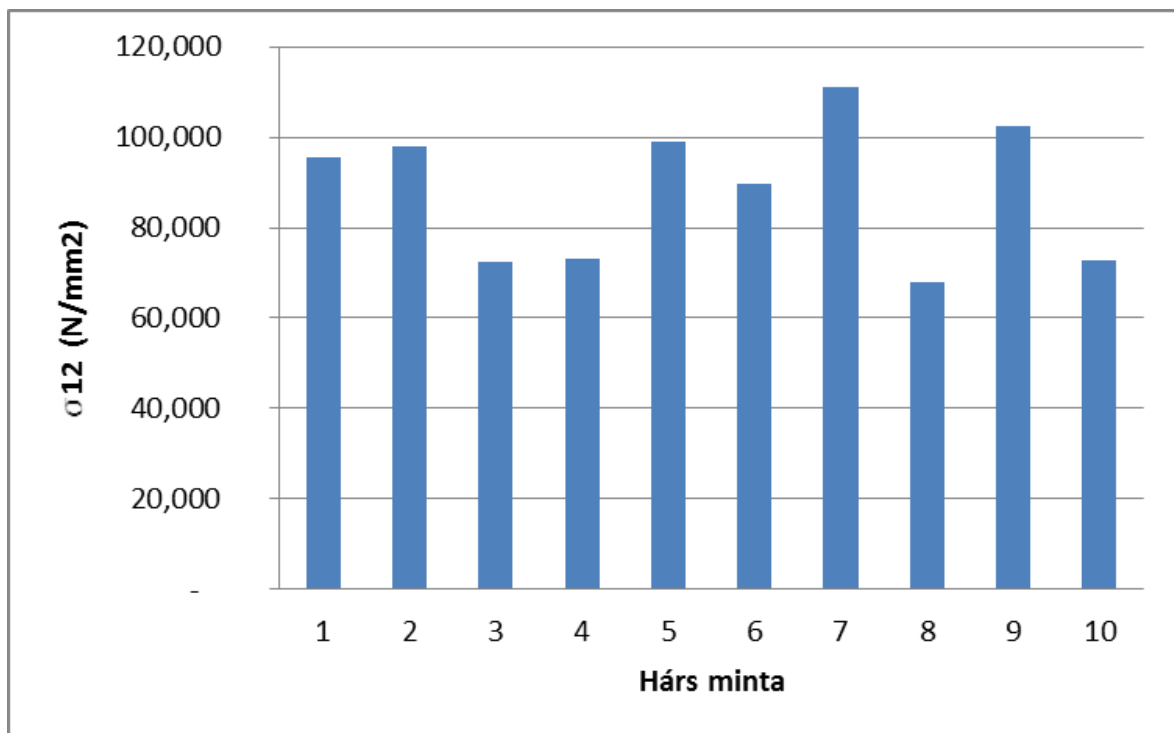
5. ábra Nyírószilárdsági vizsgálat eredményei

A húzószilárdság értékei is közel azonosak, néhány minta kiugró szilárdsági értéket mutatott (6. ábra), átlaguk az irodalmi átlagtól nem tér el.



6. ábra Húzószilárdsági vizsgálat eredményei

A hajlítószilárdság értékei meglehetősen változóak, miközben néhány minta alacsonyabb szilárdsági értéket mutatott (7. ábra), az irodalmi átlaggal szintén korrelál.



7. ábra Hajlítószilárdsági vizsgálat eredményei

Összefoglalás

A hársak sokrétűen felhasználhatók, érdemes a kutatásukkal mélyebben foglalkozni. Ennek megfelelően e tanulmány a hárs faanyagok legkülönbözőbb tulajdonságait vizsgálja. A bevezető részben a hársak alapvető, már ismert tulajdonságaival ismerkedtünk meg, majd a felhasznált anyagok, műszerek és módszerek ismertetésével folytattuk: nyomószilárdság, ütő-hajlító vizsgálat, húzószilárdság, hajlítószilárdság, nyírószilárdság, zsugorodás-dagadás. Az eredmények közül az ütő-hajlító vizsgálat, a nyírószilárdság, a húzószilárdság és a hajlítószilárdság kapott helyet e cikkben. Mindegyik alapján elmondható, hogy a vizsgált hazai hárs megfelel a szakirodalmi értékeknek.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018a): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383–398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood*

- Science and Technology 2018, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018b): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with Special Focus on "New Aspects of Hardwood Utilization – from Science to Technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – BÖRCSÖK Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications*, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- BÖRCSÖK Z. (2010): Erdő- és fagazdálkodás. Oktatási segédlet, NYME, FMK, Faanyagtudományi Intézet, Sopron
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) *Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország*, pp. 118-122
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország*, pp. 32-52
- MOLNÁR S. (2004): *Faanyagismeret, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest*
- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország*, pp. 12-16
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25

- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. Gradus 6(3): 75-81

HÁRS FAANYAG FIZIKAI-MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI – 4. RÉSZ

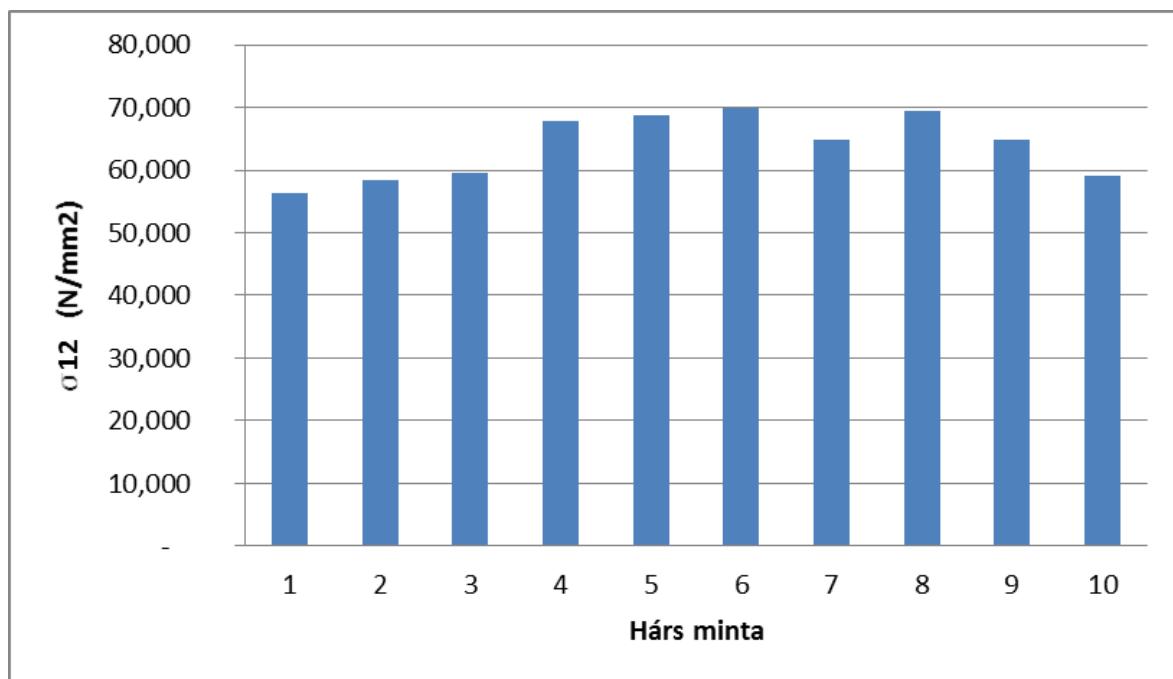
SCHANTL ISTVÁN

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

sopronikutatasok@gmail.com

Eredmények és értékelés

A cikksorozat előző részét folytatva, nyomószilárdság szempontjából a vizsgált hárs faanyag eredményei viszonylag szűk határok között mozognak (1. ábra), egyúttal megfelelnek a szakirodalmi átlagoknak.



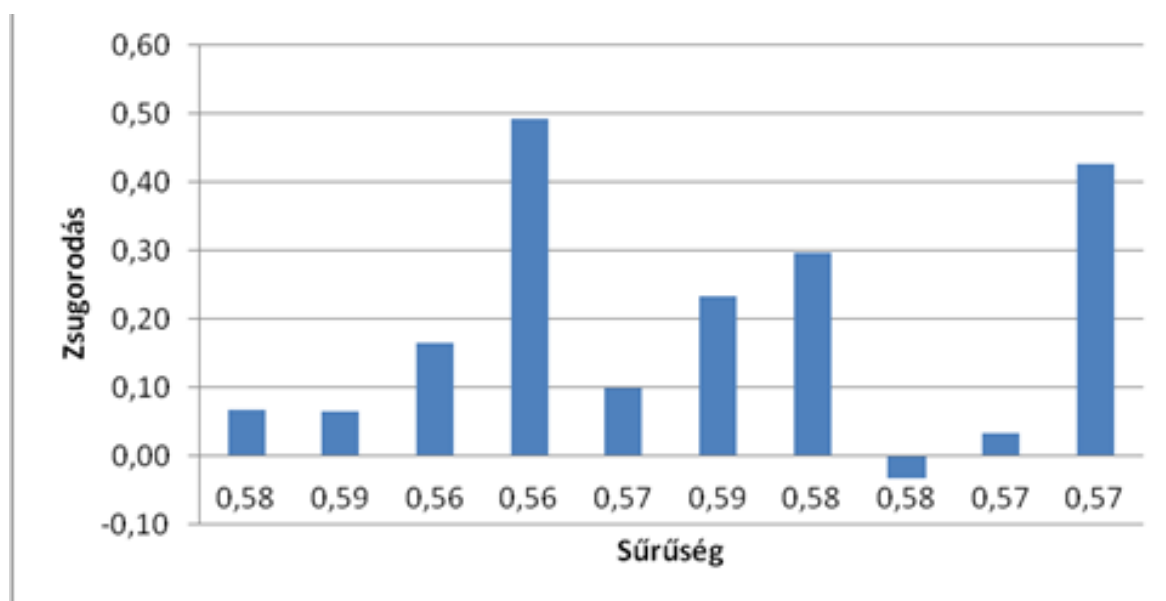
1. ábra Nyomószilárdsági vizsgálat eredményei

Összességében a hárs mintáink szilárdsági mutatói közel azonosak, az irodalmi átlagokkal jól korrelálnak (1. táblázat).

1. táblázat Szilárdsági eredmények összehasonlítása a szakirodalmi értékekkel (forrás: BÖRCSÖK 2010, MOLNÁR 2004)

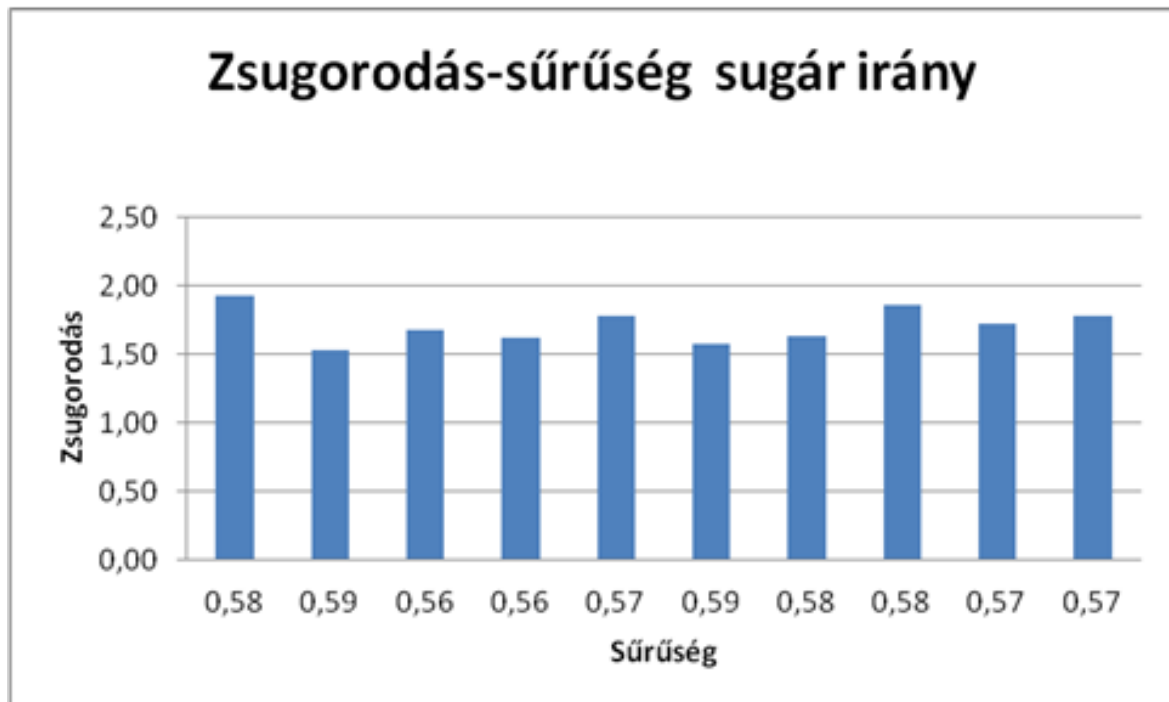
Jellemző / mértékegység	Saját mérés értéke	Szakirodalmi adat	Megjegyzés
Húzószilárdság (MPa)	76,3 - 99,9 - 136	23 – 85 - 145	jó minőségű hárs mintát vizsgáltunk
Nyomószilárdság (MPa)	56,4 - 63,9 - 69,9	26 - 52- 78	közepes minőségű hárs mintát vizsgáltunk
Ütő-hajlító szilárdság (J/cm ²)	3,6 - 6,5 - 9,1	4,8 - 13	közepes minőségű hárs mintát vizsgáltunk
Hajlítószilárdság (MPa)	67,8 - 88,2 - 111,2	46 - 106 - 47	közepes minőségű hárs mintát vizsgáltunk
Nyírószilárdság (MPa)	8,4 - 9,4 - 11	4 - 4,5 - 6	kiváló minőségű hárs mintát vizsgáltunk

A következőkben bemutatásra kerülő sűrűségi- és zsugorodási képességek éppúgy, mint ezek változtatása, vagy egyéb modifikációs eljárások az alábbi publikációkban is megjelennek: BÁDER (2015a, 2015b), BÁDER – NÉMETH (2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2020), BÁDER – ROUSEK (2018), BÁDER ÉS TSAI. (2015, 2018a, 2018b, 2019, 2020), BAK – NÉMETH (2012, 2018), BAK ÉS TSAI. (2018, 2019a, 2019b), FODOR ÉS TSAI. (2018a, 2018b), KOMÁN ÉS TSAI. (2019, 2020), NÉMETH (2020), NÉMETH – BÁDER (2020), NÉMETH ÉS TSAI. (2014, 2019), RADEMACHER ÉS TSAI. (2017a), RADEMACHER ÉS TSAI. (2017b), VÖRÖS – NÉMETH (2020), VÖRÖS ÉS TSAI. (2019). A 2. ábra sűrűségi adataiból világosan levonhatjuk a következtetést, hogy a hársfa sűrűsége nagymértékben eltér a szakirodalmi adatoktól. A vizsgált mintadarabok közül mind a 10 darab különböző mértékben megrepedt a vizsgálatok folyamán, ezért a továbbiakban ez mérési pontatlansághoz vezetett. A szélsőséges körülmények és klímaviszonyok hatására a mintadarabok mechanikai tulajdonságai jelentősen megváltoztak. A telítés során a faanyag a vízben oldódó extraktanyagok hatására elszíneződött. Rostirányban látható, hogy a nagyobb sűrűségű minta zsugorodása kisebb. A negatív zsugorodási érték mérés pontatlanságból származik.



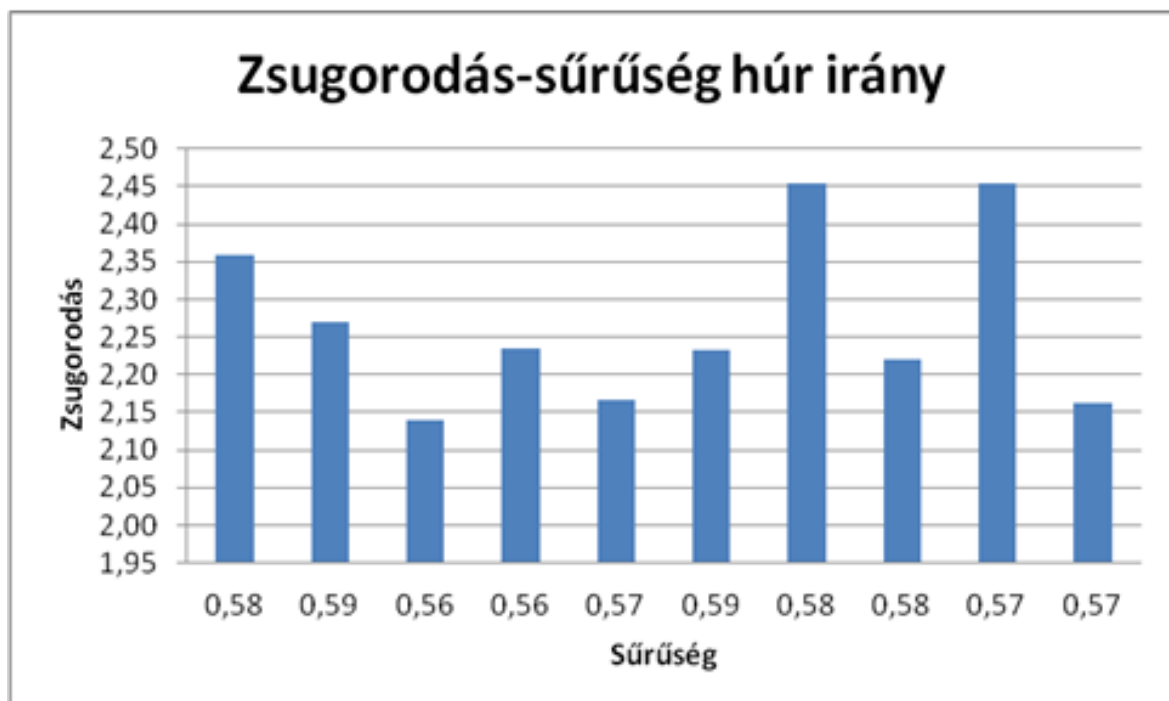
2. ábra Minták zsugorodásának és sűrűségének kapcsolata rostirányban

A 3. ábrán látható, hogy közel azonos a zsugorodása a mintáknak sugárirányban.



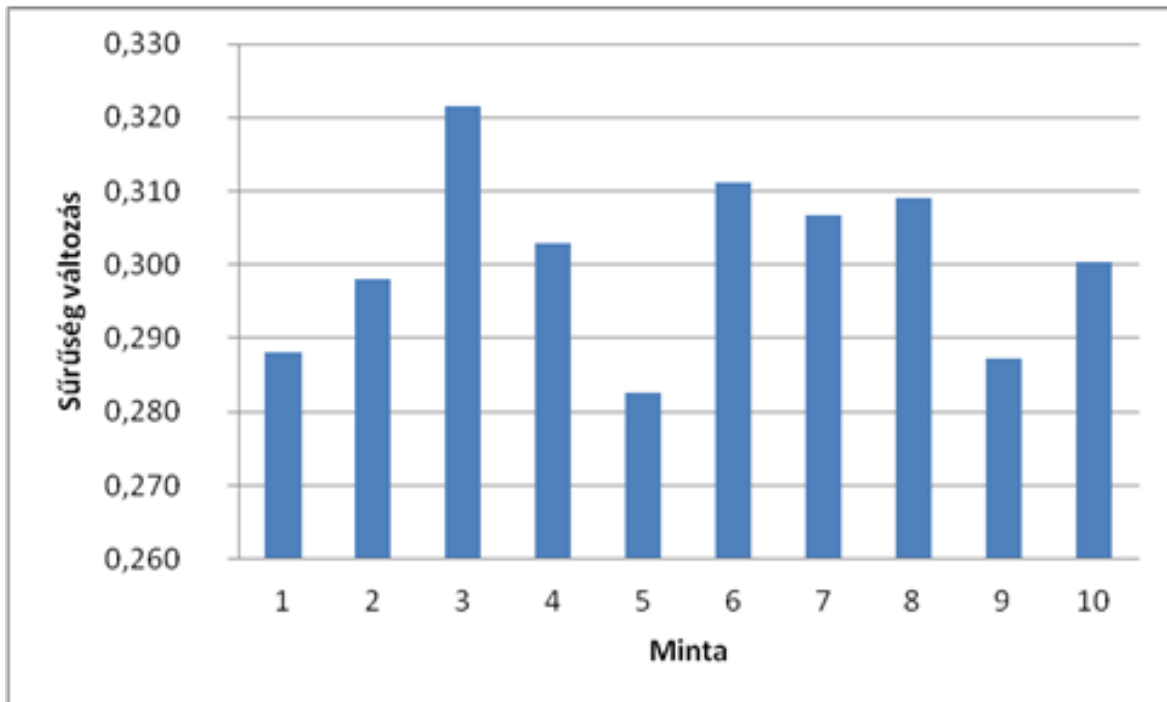
3. ábra Minták zsugorodásának és sűrűségének kapcsolata sugárirányban

A legnagyobb zsugorodást húrirányban tapasztalunk (4. ábra). Nagyban eltér a minták zsugorodása a megegyező sűrűségek ellenére is.

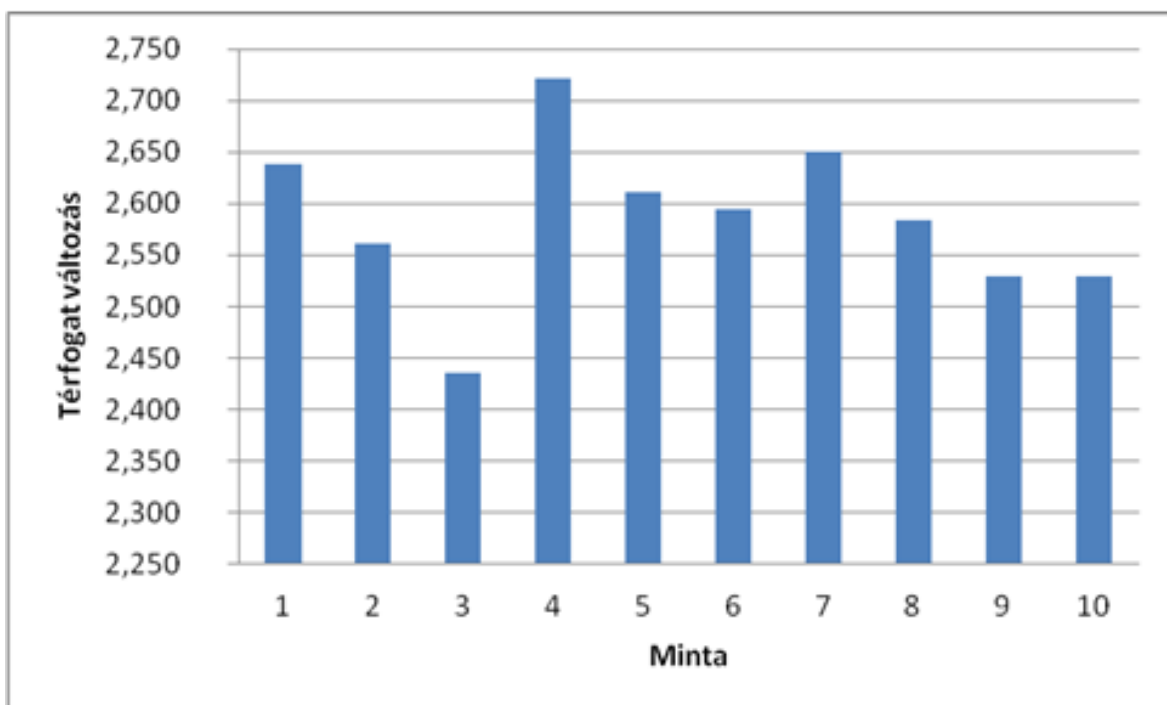


4. ábra Minták zsugorodásának és sűrűségének kapcsolata húrirányban

A mintákat összehasonlítva az áztatás hatására bekövetkező sűrűségváltozás jelentősen eltér (5. ábra). A minták térfogatváltozása lényegesen egyenletesebb (6. ábra).

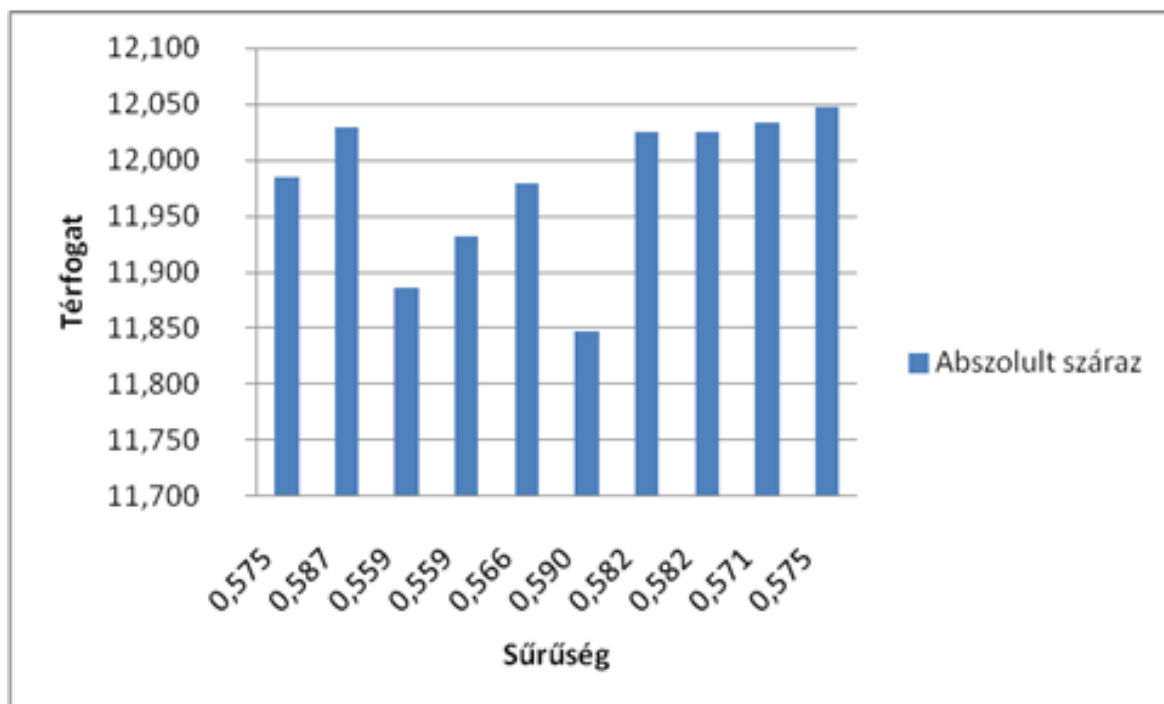


5. ábra A minták sűrűsége



6. ábra Minták térfogatváltozása

Közel azonos térfogat mellett a minták abszolút száraz sűrűsége jelentősen eltéréseket mutat (7. ábra). Ez annak az eredménye, hogy a mintaelőkészítés nem volt megfelelően alapos, bár a zsugorodási vizsgálatokat ez nem befolyásolhatta jelentősen.



7. ábra Minták térfogatának és sűrűségének kapcsolata

A 2. táblázatban számszerűsítve láthatók az előzőekben diagramokon közölt mintaadatok átlagértékei.

2. táblázat *Eredmények összehasonlítása a szakirodalmi értékekkel (forrás: BÖRCŐK 2010, MOLNÁR 2004)*

Jellemző / mértékegység	Saját mérés értéke	Szakirodalmi adat	Eltérés %-os mértéke
ρ_0 [g/cm ³]	0,575	0,46	-11,83%
ρ_{12} [g/cm ³]	0,832	0,49	-69,79%
ZS _{s, 0-max}	7,84%	6,05	-29,58%
ZS _{h, 0-max}	12,03%	9,90	-21,51%
ZS _{v, 0-max}	21,58%	15,95	-35,29%

Összefoglalás

A hársak sokrétűen felhasználhatók, érdemes a kutatásukkal mélyebben foglalkozni. Ennek megfelelően e tanulmány a hárs faanyagok legkülönbözőbb tulajdonságait vizsgálja. A bevezető részben a hársak alapvető, már ismert tulajdonságaival ismerkedtünk meg, majd a felhasznált anyagok, műszerek és módszerek ismertetésével folytattuk: nyomószilárdság, ütő-hajlító vizsgálat, húzószilárdság, hajlítószilárdság, nyírószilárdság, zsugorodás-dagadás. Az eredmények közül az ütő-hajlító vizsgálat, a nyírószilárdság, a húzószilárdság és a hajlítószilárdság kapott helyet, majd e cikkben a nyomószilárdság, a sűrűség és a zsugorodási értékek a három fő anatómiai irányban. Míg a szilárdsági értékek a szakirodalmi adatoknak

megfeleltek, a vizsgálatba bevont hazai hárs sűrűsége és zsugorodási értékei jelentős eltérést mutattak a szakirodalmi értékektől.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárérdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018a): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383–398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018*, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) *Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification*, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505*, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7

- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018b): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with Special Focus on "New Aspects of Hardwood Utilization – from Science to Technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – BÖRCÖK Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications*, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- BÖRCÖK Z. (2010): Erdő- és fagazdálkodás. Oktatási segédlet, NYME, FMK, Faanyagtudományi Intézet, Sopron
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) *Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 118-122
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 32-52
- MOLNÁR S. (2004): *Faanyagismeret*, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 12-16
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) *Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millennium"*, 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification

- modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. *Gradus* 6(3): 75-81

FAANYAGOK SZÍNÁLLÓSÁGÁNAK NÖVELÉSE NANORÉSZECSKÉKKEL – 1. RÉSZ

TAKÁCS DÁVID, DEMJÉN ANDREA, SZÉCSI ÁRON, TÓTH MIHÁLY ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

sopronikutatasok@gmail.com

Bevezetés

A fa színe az egyik fő esztétikai elemnek mondható. Egy átlagembernek legalábbis ez lesz az egyik fő szempont a termékválasztásnál. Ha már kiválasztott egy adott színt, azt szeretné sokáig élvezni (VERES 2008). Így fontosnak mondható az, hogy a faanyag színállóságát növeljük. Ez a kutatásunk célja. Hogy megtaláljuk ennek a módját, a sokféle faanyagmodifikációs eljárásához képest egy kicsit futurisztikusan hangzó módszert alkalmazunk a faanyagok tulajdonságának változtatásához (BÁDER 2015a, 2015b; BÁDER – NÉMETH 2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2020; BÁDER – ROUSEK 2018; BÁDER ÉS TSAI. 2015, 2018a, 2018b, 2019, 2020; BAK – NÉMETH 2012, 2018; BAK ÉS TSAI. 2018, 2019a, 2019b; FEHÉR ÉS TSAI. 2014; FODOR ÉS TSAI. 2018a, 2018b; KOMÁN ÉS TSAI. 2019, 2020; NÉMETH 2020; NÉMETH – BÁDER 2020; NÉMETH ÉS TSAI. 2014, 2019; RADEMACHER ÉS TSAI. 2017a; RADEMACHER ÉS TSAI. 2017b; VÖRÖS – NÉMETH 2020; VÖRÖS ÉS TSAI. 2019). Erdeifenyő és bükk faanyagot kezelünk nanorészecskékkel. A faanyagokat telítjük különböző hordozó anyagokkal, amikben adott koncentrációban vannak jelen a részecskék. Hordozó anyagnak desztillált vizet, lenolajat és méhviaszt használunk. A nanorészecskék pedig titán-dioxid és az ebből készült titanát nanocsövek és titanát nanoszál lesznek.

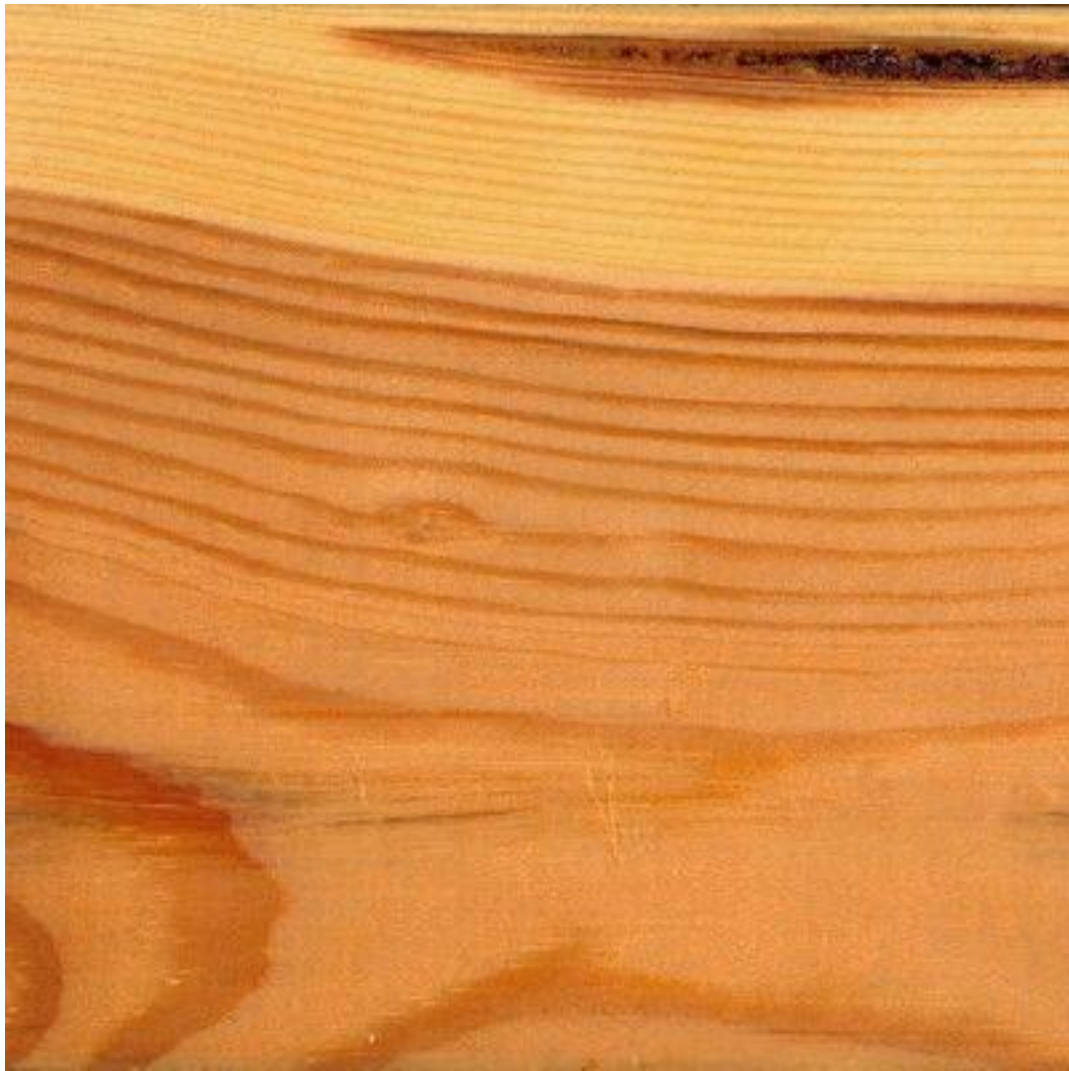
Bükk (*Fagus sylvatica*): a bükkök a Kelet-európai-síkság és a legészakibb részek kivételével egész Európában előfordulnak. Európában elsősorban a közönséges bükknek kiemelkedő a faipari jelentősége. A magyar középhegységekben 600 méter körül és fölött erdőalkotó. A bükk a domb- és hegyvidék fája. Hazánkban az Északi-középhegységbe, a Mecsekben, Zalában, Zselicségben, a Bakonyban, a Kőszegi- és Soproni-hegységben alkot állományokat.

Egyenes törzsű fa, mely akár a 35–40 méteres magasságot is elérheti. Véghasználati kora 100–120 év. Kérge sima, vékony hamuszürke színű. Fája világos színű az egészséges geszt és szíjács nem különül el egymástól, viszont idősebb korban hajlamos álgesztesedésre. Az évgyűrűk határozottan elkülönülnek, bélsugarai húr- és sugármetszeten is erőteljesen látszanak. Tiliszesedés és gesztesítő anyagok berakódása csak a mechanikailag sérült, illetve álgeszttel rendelkező fánál figyelhető meg, ebből következik, hogy jól telíthető. Kiváló keménységi és szilárdsági képességgel rendelkezik, ami a nagy sejtfalvastagsággal áll kapcsolatban. Legfontosabb fahibája az álgesztesedés. Idősebb törzsek esetében ez rendkívül gyakori. Az egészséges álgeszttel rendelkező bükköt vörös bükknek is nevezik. Viszont ha már gombakárosodás is fellép, mint például a csillagos álgeszt esetében, akkor iparilag nem hasznosítható a faanyag. Fontos a göcsösség megfigyelése a hengeres fa esetében (kínai bajusz), de említhetjük még a sudarlósságot, fagylécet, külpontosságot és a különböző repedéseket is. A lábon álló fáknál különösen kiemelt hiba a héjazás, ez külső mechanikai sérülésből ered, ami lehet akár vadkár vagy a kitermelés során véletlenül keletkezett sérülés. Egyik legsokoldalúbban felhasználható fafaj, a bútoriparban a legkeresettebb (1. ábra). Felhasználják furnér, rétegelt lemez és tömörfa elemekhez egyaránt. A talpfagyártásban kiemelkedő szerepe van (BÖRCSÖK 2010).



1. ábra Bükk faanyag (forrás: WIKIPEDIA 2020b)

Erdeifenyő (*Pinus silvestris L.*): Euráziában elterjedt fafaj. Kiválóan tűri a nagy szárazságot, a sok csapadékot, a forró meleget és a téli fagyokat. Így megtalálható az Északi-sarkkörtől a Földközi-tengerig, a síkvidéki homoktájaktól a középhegységekig. Magyarországon őshonos fafaj. A legfontosabb és legelterjedtebb hazai fenyőféle, az erdőterületek kb. 9%-át foglalja el. Kérge cserepes rétegelt, vörösbarna színű, a rétegei szürke kéregrésszel válnak el egymástól. Színes gesztű fafaj. Vágásérettségi korban a szijács 1/3, a geszt 2/3 részt tesz ki a törzsátmérőből. A szijács sárgásfehér, gesztje vörösbarna. Az évgyűrűben a korai és a késői pászta éles határvonalú. A késői pászta az évgyűrűnek 30%-át alkotja. Magas gyantatartalmú fafaj, hossz-gyantajáratai nagy átmérőjűek. Gyantatáskák kialakulására és elgyantásodásra is hajlamos. Gyakori hibája az erősen göcsös fatest és a vaseresség. Alacsony sűrűségű puhafa, légszáraz sűrűsége 510 kg/m^3 . Szilárdsága magas (kivétel a síkvidéki egyedek). A magas gyantatartalma növeli a sűrűséget és a szilárdságot, de rideggé és nehezen megmunkálhatóvá teszi a faanyagot. Közepesen tartós fafaj. Az élő fát a gyökérrontó tapló és a gyűrűs tölcsérgomba károsíthatja. A kitermelt faanyag kékülésre hajlamos, ezért célszerű télen kitermelni. A cincérfélék megtámadhatják a faanyagot. A bútortermelés és épületasztalos-ipar, a belsőépítészet szívesen alkalmazza: bútortermelés, ajtó, ablak, lambéria, hajópadló, lépcső készül belőle (2. ábra). Szilárdsága és tartóssága miatt az építészetben is felhasználható: faházgyártás, egyéb tartószerkezetek. Alkalmazzák még parkok, kertek, játszótérek építésénél is (BÖRCSÖK 2010).



2. ábra Erdeifenyő faanyag (forrás: WIKIPEDIA 2020a)

A felhasznált nanorészecskék ismertetése:

Titán-dioxid - TiO_2 : a mikronizált titán-dioxid a legelterjedtebben alkalmazott fehér pigment, erős fényszórásának és magas törésmutatójának ($n = 2,4$), valamint nagy stabilitásának köszönhetően (3. ábra). Használják festékekben, különböző bevonatokban, műanyagokban, élelmiszerekben (E171), fogkrémekben, kozmetikai és bőrápoló termékekben, valamint naptejekben (mint fizikai fényvédő filter). A titán-dioxid (legfőképp az anatáz módosulata) UV fény hatására fotokatalitikus tulajdonsággal rendelkezik, így festékekhez, cementhez, burkolóelemekhez adagolva vagy azokon bevonatot képezve (valamint ablakon, hajófenéken) azokat sterilizálja, szagtalanítja. Külső épületi elemeknél alkalmazva a titán-dioxid nagymértékben csökkentheti a levegő szennyeződéseit, mint a VOC és NO_x (CSUTAK 2020).



3. ábra Titán-dioxid oldat

Titanát nanocsövek - TNT: titán-dioxidból állítják elő, hidrotermális átkristályosítással. Átlagos átmérője 5–8 nm, míg hosszuk 100–500 nm is lehet az előállítási paramétereiktől függően. A csövek struktúráját tekintve rétegesek, feltekeredettek (NANOBAKT 2020a, 4. ábra).



4. ábra Titán-dioxid nanocső (forrás: NANOBAKT 2020a)

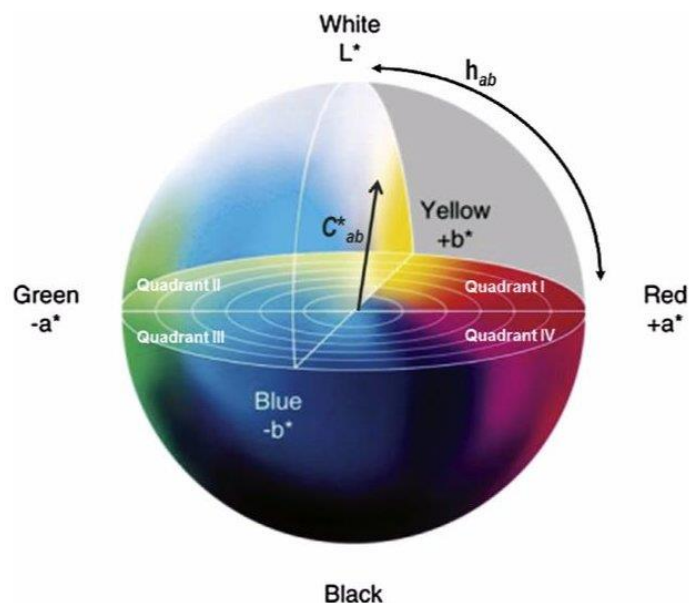
Titanát nanoszál - TNW: hasonlóan a nanocsövekhez, a nanoszálakat is TiO_2 -ból állítják elő, egy módosított hidrotermális átkristályosítással. 50–100 nanométer szélesek, illetve 1-10 mikrométer hosszúságúak (NANOBAKT 2020b, 5. ábra).



5. ábra Titán-dioxid nanoszál (forrás: NANOBAKT 2020b)

A felhasznált hordozóanyagok desztillált víz, lenolaj (zsíros, világos barnás színű, száradékony olaj) és méhviasz voltak.

A színmérés a CIE (Commission Internationale de l'Eclairage - Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság) egységesített színrendszere által történik. A CIELab színinger-mérő rendszere egy háromdimenziós koordináta-rendszerben ábrázolható. A koordináta-rendszerben a tengelyre a következő kiosztás érvényes: az L^* -gal jelölt függőleges tengely, a világosságot mutatja (pozitív irányban világos, negatív irányban sötét); az a^* -gal jelölt tengely, a piros- (pozitív irány) vagy zöldtartalmat (negatív irány); a b^* -gal jelölt tengely, a sárga- (pozitív irány) vagy kéktartalmat (negatív irány) jelöli (6. ábra).



6. ábra CIELAB koordináta-rendszer (forrás: FEHIR 2016)

A színváltozás mérésekor színinger-különbséget (ΔE^*) kell számolni. Ennek a képlete az 1. egyenletben látható. Az eredmények besorolhatók egy 5-fokozatú osztályzás szerint (1. táblázat).

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{L^{*2} + a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

1. táblázat Összefüggés a színészlelési és színinger-különbség között (forrás: MOLNÁR 2004)

ΔE_{ab}^*	Szemmel észlelve a különbség
0... 0,5	nem észrevehető
0,5... 1,5	alig észrevehető
1,5... 3,0	észrevehető
3,0... 6,0	jól látható
6,0...12,0	nagy

Összefoglalás

Fontos, hogy a faanyag színállóságát növeljük. Erdeifenyő és bükk faanyagot kezeltünk nanorészecskékkel. A faanyagokat telítettük különböző hordozó anyagokkal, amikben adott koncentrációban vannak jelen a részecskék. Hordozó anyagnak desztillált vizet, lenolajat és méhviaszt használunk. A nanorészecskék pedig titán-dioxid és az ebből készült titanát nanocsövek és titanát nanoszál lesznek. E bevezető részben bemutatásra kerültek a felhasznált anyagok és a színmérés elmélete. A cikksorozat második részében a havi rendszerességű színmérések eredményeit mutatjuk be.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018a): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383–398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018*, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43

- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018b): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with Special Focus on "New Aspects of Hardwood Utilization – from Science to Technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – BÖRCSÖK Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- BÖRCSÖK Z. (2010): Erdő- és fagazdálkodás. NYME-FMK Faanyagtudományi Intézet, Sopron
- CSUTAK R. (2020): Titán-dioxid nanorészecskék (<100 nm) <[HTTP://ENFO.AGT.BME.HU/DRUPAL/KEPTAR/11582](http://ENFO.AGT.BME.HU/DRUPAL/KEPTAR/11582)> Megtekintve: 2020.09.01.
- FEHÉR S. – KOMÁN SZ. – BÖRCSÖK Z. – TASCHNER R. (2014): Modification of hardwood veneers by heat treatment for enhanced colors. *Bioresources* 9(2): 3456-3465
- FEHIR A. (2016): Taphonomy's Rainbow: The Introduction and Application of Chromophoric Variance Analysis. Diplomamunka, University of Sheffield, 101 p.
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 118-122
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 32-52
- MOLNÁR S. (2004): Faanyagismeret, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- NANOBAKT (2020a): Titanát nanocső <[HTTP://NANOBAKT.HU/TITANAT-NANOCSO/](http://NANOBAKT.HU/TITANAT-NANOCSO/)> Megtekintve: 2020.09.01.
- NANOBAKT (2020b): Titanát nanoszál <[HTTP://NANOBAKT.HU/TITANAT-NANOSZAL/](http://NANOBAKT.HU/TITANAT-NANOSZAL/)> Megtekintve: 2020.09.01.
- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 12-16

- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478
- VERES R. (2008): *Faipari anyag- és gyártásismeret*. Szega-Books, Pécs
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. *Gradus* 6(3): 75-81
- WIKIPEDIA (2020a): Borovi. <[HTTPS://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BOROVI](https://hu.wikipedia.org/wiki/Borovi)> Megtekintve: 2020.09.01.
- WIKIPEDIA (2020b): Bükk (faanyag).
<[HTTPS://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/B%C3%BCKK_\(FAANYAG\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/B%C3%BCKK_(FAANYAG))> Megtekintve: 2020.09.01.

FAANYAGOK SZÍNÁLLÓSÁGÁNAK NÖVELÉSE NANORÉSZECSKÉKKEL – 2. RÉSZ

TAKÁCS DÁVID, NOVÁK DOMINIK, CZICZER MAXIMILIÁN, SZAUER MIKLÓS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

sopronikutatasok@gmail.com

Bevezetés

A faanyagok színállóságának növelése egy fontos szegmense a faanyagmodifikációk és a faanyagvizsgálatok kiterjedt területének (BÁDER 2015a, 2015b; BÁDER – NÉMETH 2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019a, 2019b, 2020; BÁDER – ROUSEK 2018; BÁDER ÉS TSAI. 2015, 2018a, 2018b, 2019, 2020; BAK – NÉMETH 2012, 2018; BAK ÉS TSAI. 2018, 2019a, 2019b; FEHÉR ÉS TSAI. 2014; FODOR ÉS TSAI. 2018a, 2018b; KOMÁN ÉS TSAI. 2019, 2020; NÉMETH 2020; NÉMETH – BÁDER 2020; NÉMETH ÉS TSAI. 2014, 2019; RADEMACHER ÉS TSAI. 2017a; RADEMACHER ÉS TSAI. 2017b; VÖRÖS – NÉMETH 2020; VÖRÖS ÉS TSAI. 2019). Erdeifenyő és bükk faanyagot kezelünk nanorészecskékkel. A faanyag színállóságának növeléséhez erdeifenyő és bükk faanyagot kezeltünk titán-dioxid, titánát nanocsövek és titánát nanoszál részecskékkel (CSUTAK 2020). A faanyagokat különböző hordozó anyagokkal telítettük (desztillált víz, lenolaj és méhviasz), amikben adott koncentrációban vannak jelen a részecskék. A bevezető részben bemutatásra kerültek a felhasznált anyagok és a színmérés elmélete, itt folytatódik a kísérleti módszerek részletezése.

Anyagok és módszerek

A mintatestek erdeifenyő és bükk alapanyagból készültek, fafajonként 135 darab. Ezek a mintatestek telítve lettek a nanorészecskéket különböző koncentrációban tartalmazó hordozó anyagokkal (1. ábra és 1. táblázat).



1. ábra Telítésre előkészített mintacsoportok

1. táblázat A mintatestek kezelésének kiosztása

Sorsz.	Nanorészecske					Konc.	Hordozó		
	TiO ₂	ZnO	TiO ₂ +ZnO	Fe I.	Fe II.	C _{nano} (m/m%)	desztvíz	lenolaj	méhviasz
1-5	---	---	---			0	X		
6-10	X					0,5	X		
11-15	X					1	X		
16-20		X				0,5	X		
21-25		X				1	X		
26-30			X			0,5	X		
31-35			X			1	X		
36-40	---	---	---			0		X	
41-45	X					0,5		X	
46-50	X					1		X	
51-55		X				0,5		X	
56-60		X				1		X	
61-65			X			0,5		X	
66-70			X			1		X	
71-75	---	---	---			0			X
76-80	X					0,5			X
81-85	X					1			X
86-90	TNT					1	X		
91-95	TNT					2	X		
96-100	TNW					1	X		
101-105	TNW					2	X		
106-110				X		1	X		
111-115				X		2	X		
116-120					X	1	X		
121-125					X	2	X		
126-130				X		5	X		
131-135					X	5	X		

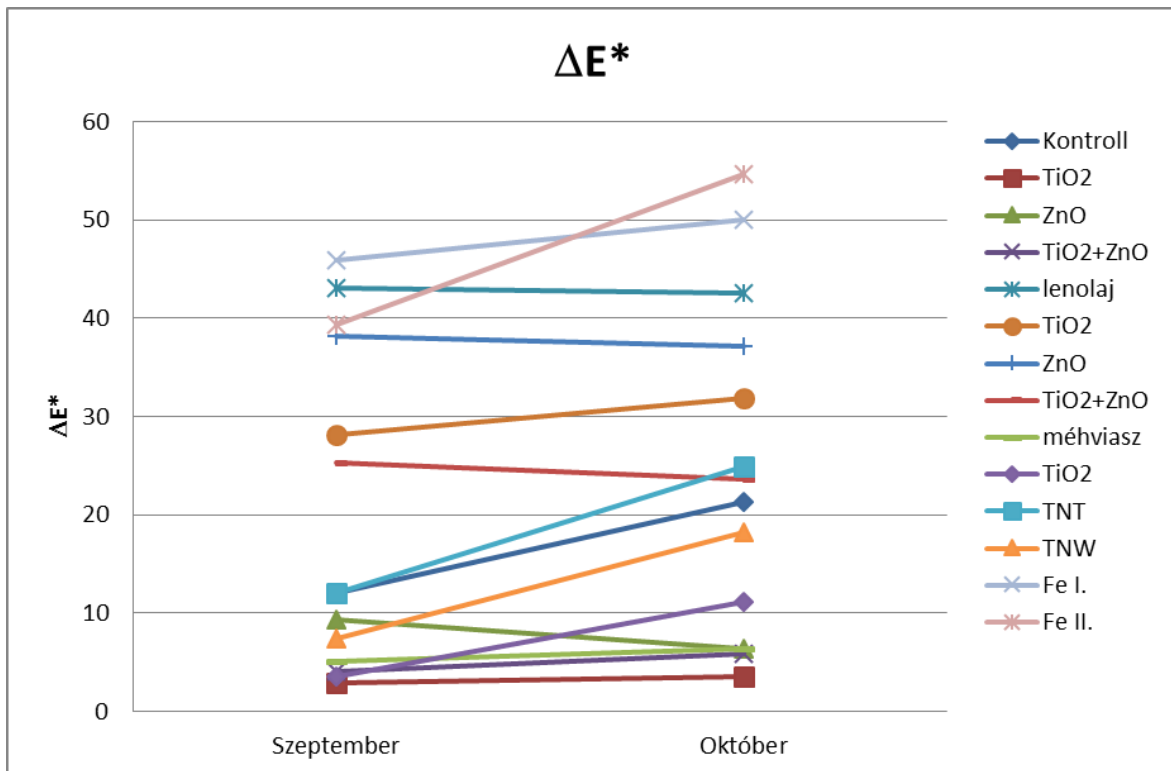
Ezt követően minden mintatest – felületkezelés szempontjából – ketté lett választva. Így minden darab egy lapjának az egyik fele (bal) csak telítve van, a másik fele (jobb) pedig lakkozást kapott. Minden egyes kezelés után a színmérés el lett végezve. Ezután kültéri tartóegységben lettek elhelyezve. Ezzel megkezdődött a kültéri kitettségi vizsgálat. A mintatesteken havonta kellett elvégezni a színmérést, azért, hogy nyomon lehessen követni a színváltozás mértékét (2. ábra).



2. ábra Kétfunkciós mintatestek (fent) és kültéri kitettségi vizsgálat (lent)

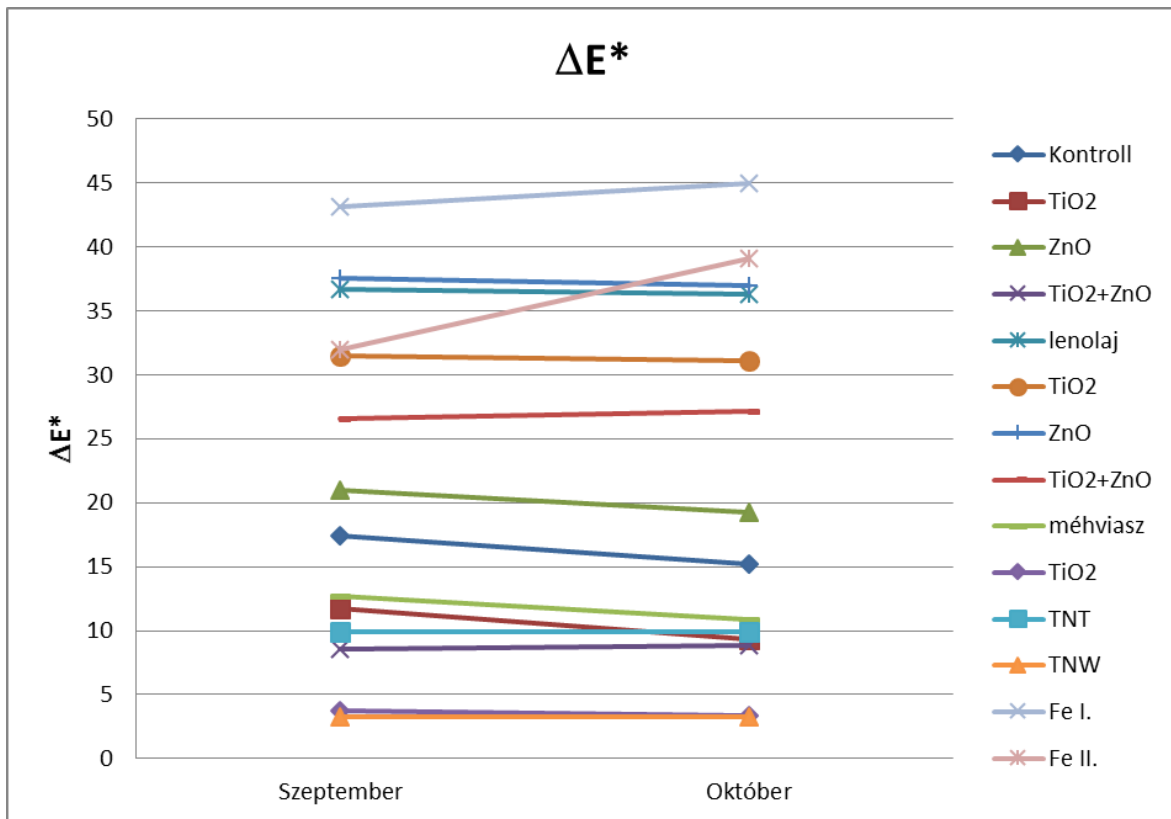
Eredmények és értékelés

A mért értékeket a 3–6. ábrán lehet látni. Először a bükk lakkozatlan mintákat mutatjuk be, az adatok nanorészecskék és hordozójuk szerint lettek bontva (9. ábra).



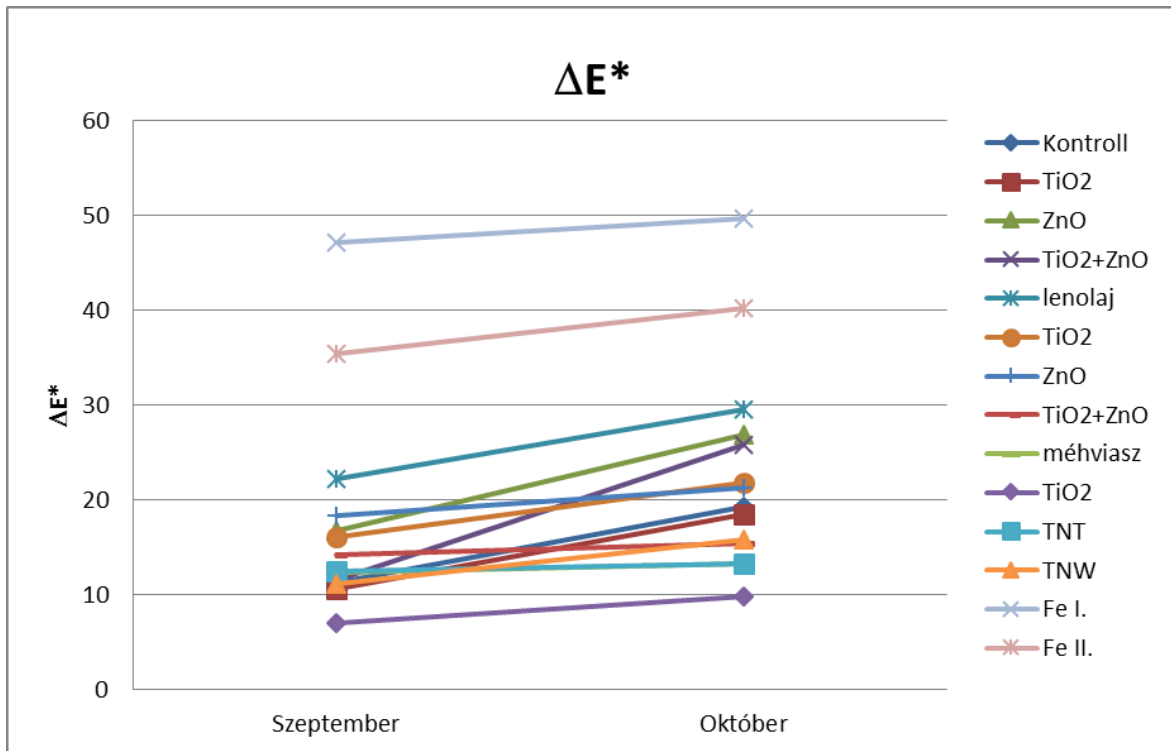
3. ábra Bükk lakkozatlan minták, hónapokra osztva

A 4. ábra a bükk lakkozott minták eredményeit mutatja, az adatok nanorészecskék és hordozójuk szerint bontva.



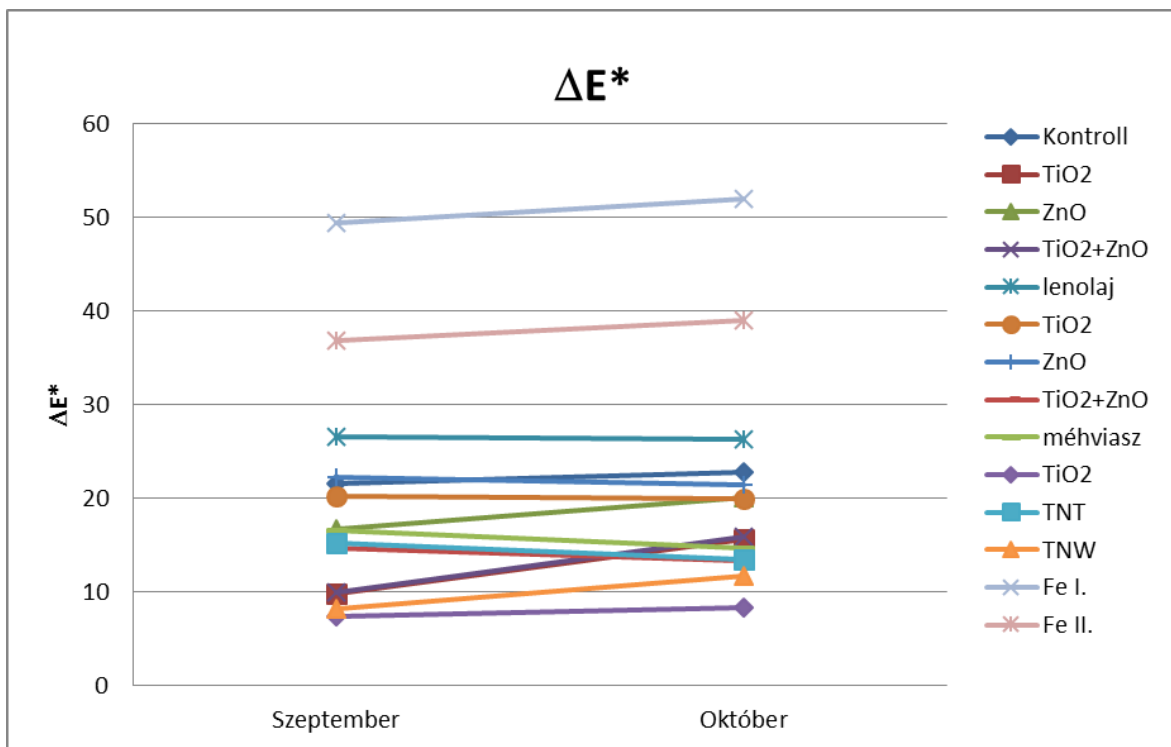
4. ábra Bükk lakkozott minták, hónapokra osztva

Az 5. ábra az erdeifenyő lakkozatlan minták eredményeit mutatja, az adatok nanorészecskék és hordozójuk szerint bontva.



5. ábra Erdeifenyő lakkozatlan minták, hónapokra osztva

A 6. ábra erdeifenyő lakkozott minták eredményeit mutatja, az adatok nanorészecskék és hordozójuk szerint bontva.



6. ábra Erdeifenyő lakkozott minták, hónapokra osztva

A 3–6. ábrákon látható eredményekről elmondható, hogy lényeges hatással voltak a kezelések a faanyagok színtartósságára. Azonban a két hónapos kitettségi ciklus túl rövidnek bizonyult messzemenő és pontos következtetések levonásához.

Összefoglalás

A faanyag színállóságának növelésére erdeifenyő és bükk faanyagokat telítettük különböző hordozó anyagokkal, amikben adott koncentrációban vannak jelen nanorészecskék (titán-dioxid és az ebből készült titanát nanocsövek és titanát nanoszál). Az előző részben bemutatásra kerültek a felhasznált anyagok és a színmérés elmélete. A cikksorozat jelen részében a havi rendszerességű színmérések eredményeit mutattuk be. A két hónapnyi kitettség által okozott színváltozásból sajnos nem lehet szignifikáns eredményeket kalkulálni, így következtetéseket levonni, hosszabb vizsgálati ciklusok végrehajtása szükséges.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYSES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018a): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383–398

- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology 2018, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – NÉMETH R. – VÖRÖS Á. (2018b): Changes in hardness as a result of longitudinal wood compression. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with Special Focus on "New Aspects of Hardwood Utilization – from Science to Technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 103-104.
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – BÖRCSÖK Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) *Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications*, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- CSUTAK R. (2020): Titán-dioxid nanorészecskék (<100 nm) <[HTTP://ENFO.AGT.BME.HU/DRUPAL/KEPTAR/11582](http://enfo.agt.bme.hu/drupal/keptar/11582)> Megtekintve: 2020.09.01.
- FEHÉR S. – KOMÁN SZ. – BÖRCSÖK Z. – TASCHNER R. (2014): Modification of hardwood veneers by heat treatment for enhanced colors. *Bioresources* 9(2): 3456-3465
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) *Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 118-122
- KOMÁN SZ. – VÖRÖS Á. – BÁDER M. (2020): Faanyagok keménysége. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 32-52
- MOLNÁR S. (2004): *Faanyagismeret*, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) *Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban*, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 12-16
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8

- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) *Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium"*, 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) *Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium"*, 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. (2020): The history of wood hardness tests. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- VÖRÖS Á. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019): The effect of different moisture contents on selected mechanical properties of wood. *Gradus* 6(3): 75-81

BOTANIKUS KERT TANÖSVÉNYEINEK DIGITALIZÁLÁSA, A FAFAJOK MORFOLÓGIAI ÉS FIZIKAI TULAJDONSÁGAINAK FELDOLGOZÁSA – 1. RÉSZ

UBRANKOVICS PÉTER, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS, KOMÁN SZABOLCS

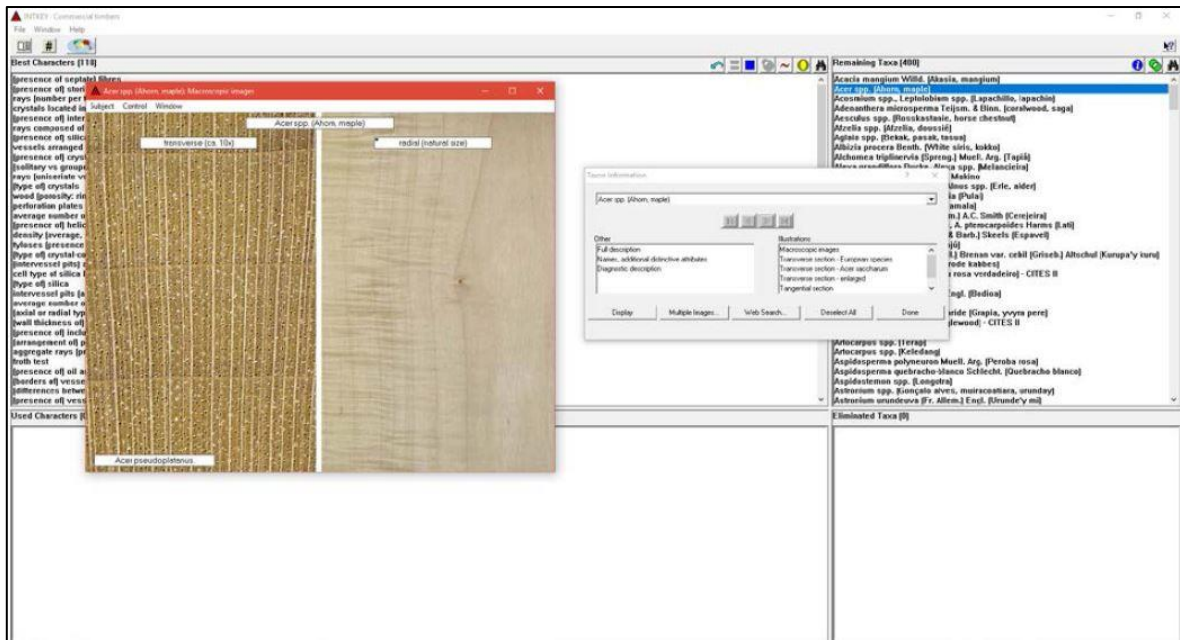
Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

A DELTA formátum (DEscription Language for TAXonomy) egy rendszerezésre szolgáló leíró nyelv, amely egy gyors és hatékony rögzítést teszi lehetővé a rendszertani leírások rögzítésének a későbbi számítógépes feldolgozáshoz. Ez a módszer elfogadott a Biodiverzitási Információs Standard-ek szervezete által (Biodiversity Information Standards). A DELTA rendszer egy beépített programcsalád, ami a DELTA formátumon alapul. A szolgáltatásai lehetővé teszik a leírások és kulcsszavak generálását, valamint betűszedését. Mindezen felül alkalmas az összes DELTA adat konvertálására egyéb rendszerező programok számára, vagy Intkey csomagok készítésére interaktív azonosításhoz és információ kinyeréshez. Ez a rendszer a CSIRO Rovartani tanszékének fejlesztésében készült 1971 és 2000 között. Világszerte használják különböző vírusok, korallak, halak, gombák, növények, fák, rákok és egyéb organizmusok beazonosítására és rendszerezésére. A DELTA programjai ingyenesek a nem-kereskedelmi felhasználók számára (DALLWITZ 2019). A DELTA rendszer képes magas minőségű nyomtatott leírások készítésére. A hozzá tartozó adatok szövegének semmilyen mennyiségbeli megkötése nincs, így az egyes leírások annyi pontosítást és részletet tartalmazhatnak, amennyi szükséges. A gyakran előforduló jellegzetességeket ki lehet hagyni a leírásból, mert azokat a későbbiekben elő lehet hívni az adatbázisból és belőlük végtelen számú kombináció, mondat, vagy bekezdés generálható. A legfontosabb, vagy a beazonosításhoz kulcsfontosságú jellemzők kiemelhetők a teljes leírásban, vagy akár ezekből a legfontosabb jellemzőkből egy külön, rövid leírás is generálható. A leírások teljességgel és könnyen betűszedhetők, kézi szerkesztés igénye nélkül. Ezen tulajdonságok kiválóan szemléltethetők a „The Grass Genera of the World” című könyvvel, amely teljes egészében a DELTA adatbázisából lett automatikusan generálva. Megközelítőleg 800 faj leírását tartalmazza több mint 500 jellemzővel.

A Key program szokványos azonosító kulcsokat generál (1. ábra). Ezen kulcsokhoz választott jellemző megadása után a program meghatározza, hogy az adott jellemzők mennyire osztják meg a maradék fajokat az adott rendszerben és ezt az információt egy szubjektívan meghatározott súlyhoz hasonlítja, amely eldönti, hogy az adott jellemző mennyire megbízhatóan könnyíti meg az adott faj beazonosítását. A kulcsok testre szabhatók a súlyok állításával, a kulcsok faji és jellemzői alkategóriákhoz való korlátozásával, vagy a kulcsgenerálás egyes paraméteres értékeinek állítása által. A kulcsokat lehet például egyes országokhoz, vagy klímaövezetekhez generálni, ahol csak a vegetatív, virágzási, vagy gyümölcsérési jellemzőket vesszük figyelembe, különös tekintettel a fő jellemzőkre. De akár azt is beállíthatjuk, hogy egyes fafajok felé jobban tendáljon a program. A DELTA adatai könnyen konvertálhatók törzsfajlódást elemző programok fájlformátumaiba is (pl.: Paup, Hennig86, MacClade).



1. ábra A DELTA system Intkey5 kezelőfelülete

A 2–6. ábrák bemutatják, milyen adatbázist sikerült generálnunk a példaként kiválasztott erdeifenyő fafajról.

Erdei fenyő (Pinus sylvestris)

Tudományos, kereskedelmi és helyi elnevezései:

- Gemeine Kiefer, Föhre, Forle, Nordische Kiefer, Polnische Kiefer (DE);
- Scots pine, redwood, deal (GB)
- Pin commun (FR)
- Pino silvestre (IT, ES)
- Borovi (HU)

Az európai kereskedelmi erdők által használt nevezéktani száma: *EN 13556: PNSY*.

Elterjedés:

Európában elterjedt fafaj, egészen Kis-Ázsiáig és Szibéria észak-nyugati részéig felnyúlóan.

Az élőfa jellemzői:

A középestől nagyig terjedő egyedek magassága 10 és 30 méter között található, ritkán a 40 métert is eléri. A törzs ágiszta szakasza átlagosan a magasság feléig tart. Az átmérő nem szokta meghaladni a 60 centimétert (az északi területeken a 40-et sem). Törzsük egyenesek és többnyire kör alakúak. Nyitott állásban az egyedek gyakran görbe növéseük és csavart szállefutásúak.

Tracheidák:

A tracheidák gödörkézettsége egysoros, vagy ritkán kétsoros (ilyen esetben áttörések vehetők észre). A tracheidák átlagos hosszúságúak (3400–5200) µm. A késői pásztában a tracheidák vékony falúak.

Egyedi gödörke jellemzők:

Tóruszok jól kivehetők, a korai pásztában kör, a későiben pedig konvex lencse alakúak.

Évgűrűk, szín, szövetszerkezet:

Az évgűrűhatárok jól kivehetők a tavaszi és az őszi pászta hangsúlyos szinkülönbsége által.

A pászták közti átmenet fokozatos és hirtelen is lehet.

2. ábra A DELTA system Intkey5 szoftverből generált fafajismertető 1. oldala

A geszt sárgás- vagy vörösesbarna:

A levegőn hamar oxidálódik, amitől sötétebb lesz.

A szijács jól elkülöníthető a gesztől:

Aránya az egyed korától és növekedési idejétől függ. Általánosítva 1/3-a a fatestnek. Krémszínű, idővel sárgásfehér. A késői pászta: jellegzetes megjelenést kölcsönöznek az erdei fenyő számára, ami sugármetszeten vékony csikokként, húrmetszeten pedig elnyújtott ívekként rajzolódnak ki. Ezek a jellemzők a sűrű növesű egyedek esetében nem látszanak.

Az illata jellegzetes és aromás (gyantás) frissen, ami szárítást követően már nem kivehető.

Bélsugarak, parenchimák:

A bélsugarak egysorosak és átlagosan 190-380 µm magasak. A közepes méretű bélsugarak 8-16 sejt magasak. Az orsó alakú bélsugársejtek átlagos magassága 275-495 µm. A bélsugársejtek keresztmetszete többnyire kör, vagy sokszög alakú.

Hosszparenchimák ritkán, de jelen vannak, mint járulékos sejtek a gyantajaratok formálódása során. A harántirányú zárófalak különösléppen vastagok.

Bélsugártracheidák jelenléte. Faluk csaposan vastagodott. A bélsugárparenchima zárófala valamint a vízszintes falak egyaránt simák. A kereszteződési mezőben ablakos gödörkék találhatóak, rendszerint 1-2 db/mező.

Gyantajaratok:

Közepesen sok mind hossz, mind sugárirányban. Gyantatáskák kisméretűek és gyakoriak. A hosszirányú gyantajaratok esetenként, rövid tangenciális csoportokban találhatóak meg. Ritkán szabadszemmel is láthatók, de a legtöbb esetben nagyító használatával fedezhetők csak fel. Sugár és húrmetszeten vékony vonalakként jelennek meg amennyiben ezt a szivárgó gyanta lehetővé teszi.

Hosszirányú sejtközi (gyanta) járatok jelen vannak. A sérülésekből adódó sejtközi elgyantásodás ritkán előfordul, de nem észlelhető szabad szemmel.

3. ábra A DELTA system Intkey5 szoftverből generált fajajismertető 2. oldala

Kémiai tulajdonságok:

A faanyag felülete extrém esetekben olajos (különösen gyantás egyedeknél). A belőle készített vizes kivonat színe sárgás és nem fluoreszkáló. Alkoholos kivonata nem fluoreszkál és sárga vagy ságrásbarna színű. Részlegesen ég csak hamuvá; a hátra maradt hamu színe a világosszürkétől majdnem feketéig terjed.

Fizikai tulajdonságok:

- Sűrűség: $0.51-0.55 \text{ g/cm}^3$
- Húrirányú zsugorodása/dagadása: 4.5%
- Sugárirányú zsugorodása/dagadása: 3%
- Zsugorodási/dagadási együttható
 - Húrirányú: $0.25-0.36[\%/^\circ\text{C}]$
 - Sugárirányú: $0.15-0.19[\%/^\circ\text{C}]$

Nedvességfelvétele a geszt esetében közepesen gyors, míg a szijács esetében gyors.

Dimenzióstabilitása a közepes.

Mechanikai tulajdonságok:

- Rugalmassági modulus: $10800-13000 \text{ N/mm}^2$
- Hajlítószilárdság: $(59-79-100 \text{ N/mm}^2$
- Szakítószilárdság: $99-105 \text{ N/mm}^2$
- Nyomószilárdság: $33-49-59 \text{ N/mm}^2$
- Nyírószilárdság: $7.2-10-11.2 \text{ N/mm}^2$
- Keményesség (BRINELL): $20-30 \text{ N/mm}^2$
- Ütőhajlító szilárdság: $40-70 \text{ kJ/m}^2$

4. ábra A DELTA system Intkey5 szoftverből generált fafajismertető 3. oldala

Természetes tartósság és megmunkálhatóság:

Természetes tartóssága 3-4. osztály közé tehető.

Ragaszthatóságának nehézsége egyenesen arányosan nő a gyantatartalommal. A hibamentes anyag könnyen megmunkálható. A nagy és kieső göcsök gyakoriak.

A csavarok előfűrés igénye nélkül, könnyen behajthatók. Könnyen szegelhető. A könnyen gyantásodó szerszámok hamar a felületi minőség romlásához vezetnek.

Könnyen kérgezhető és hasítható. Szárítása jó minőségben és gyorsan kivitelezhető. Kékülésre hajlamos ezért a döntést követően hamar el kell kezdeni a feldolgozást.

Felületkezelése (a már említett extrém gyantás eseteket leszámítva) könnyen kivitelezhető.

Kültéri felhasználásra javallott a lazúrok, pigmentált festékek, olajok/műgyanták, vagy alkid alapú termékek alkalmazása a felületkezelés során. Az alacsony tartósságú szíjácsot még felületkezelés előtt kezelni kell.

Beltéri alkalmazás esetén enyhén pigmentált olajok, waxok, lakkok, stb. alkalmazása javallott. Vassal nem lép oxidatív reakcióba.

Felhasználás:

Kültéren és beltéren egyaránt elterjedt. Gyakran alkalmazzák teherviselő elemek kialakításához. Készül belőle furnér, lambéria, ajtó, ablak, rétegelt lemez és beltéri bútor. Esetenként fagyapotgyártás, forgácsológyártás és papírgyártás alapanyaga.

Kültéren csak hármaskitetségi osztály alatt alkalmazható, olyan esetekben, ahol nem érintkezik talajjal.

Egyéb információ:

A megmunkálása során felszabaduló gyanta allergiás reakciót válthat ki az arra érzékenyekben a bőrrel érintkezve.

5. ábra A DELTA system Intkey5 szoftverből generált fajajismertető 4. oldala

BOTANIKUS KERT TANÖSVÉNYEINEK DIGITALIZÁLÁSA, A FAFAJOK MORFOLÓGIAI ÉS FIZIKAI TULAJDONSÁGAINAK FELDOLGOZÁSA – 2. RÉSZ

UBRANKOVICS PÉTER, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS, KOMÁN SZABOLCS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

A DELTA adatbázis és a hozzá kapcsolódó szoftver bemutatása megtörtént a cikksorozat első részében. E részben a további teendőkkel fogunk foglalkozni, hogy végül egy térképes online applikáció jöhessen létre, ami iparilag lényeges fafajokról részletes információkkal szolgál.

Anyagok és módszerek

Az elsődleges célkitűzés kb. harminc, az iparban gyakran előforduló fafaj leírásának elkészítése (1. táblázat). Ez a mennyiség a későbbiekben a már bejáratott rendszer szerint (terjedelem, formai követelmények, tartalom, stb.) bővíthető. A leírások alapjául több forrás is szóba jött, de a legjobbnak mégis azt láttuk, hogyha a SOE-SKK Faanyagtudományi Intézetének felhasználására bocsátott DELTA adatbázisaira hagyatkozunk.

1. táblázat A kitűzött fafajok listája. Megjegyzés: a vastag betűvel szedett fafajok nem találhatóak meg a DELTA adatbázisban

Fafaj	Botanikai név
Tiszafa	Taxus baccata
Jegenyefenyő	Abies alba
Lucfenyő	Picea abies
Vörösfenyő	Larix decidua
Duglászfenyő	Pseudotsuga menziesii
Erdeifenyő	Pinus sylvestris
Feketefenyő	Pinus nigra
Simafenyő	Pinus strobus
Tölgyek	Quercus spp.
Csertölgy	Quercu scerris
Vöröstölgy	Quercus rubra
Juharlevelű platán	Platanus×hybrida / Platanus spp.
Vadkörte	Pyrus pyraeaster / Pyrus communis
Barkóca-berke nye	Sorbu storminalis
Madárcseresznye	Cerasus avium
Akác	Robinia pseudoacacia

Bálványfa	Ailanthus altissima
Juharok	Acer spp.
Vadgesztenye	Aesculus hippocastanum
Hársok	Tilia spp.
Kőrisek	Fraxinus spp
Eper	Morus alba
Szilek	Ulmus spp.
Gyertyán	Carpinus betulus
Bibircsesnyír	Betula pendula
Mézgáséger	Alnus glutinosa
Bükk	Fagus sylvatica
Szelídgesztenye	Castanea sativa
Közönséges dió	Juglans regia
Feketedió	Juglans nigra / Juglans australis
Nyarak	Populus spp.
Fehérfűz	Salix alba
Lepényfa	Gleditsia triacanthos

A leírásokat a lehetőségekhez híven a legteljeskörűbben készítjük el, majd a későbbiek folyamán pedig kiderül, hogy mekkora része kerül ennek felhasználásra. Az adatbázisokban megtalálható angol nyelvű leírások első sorban szakmabelieknek készültek, így fogalmazásuk sokszor egyszavas, lényegre törő és felsorolás jellegű. Ezt mindenképpen célszerű volna elkerülni a fordítás folyamán. Ez sok esetben azt eredményezi, hogy a szöveg lefordításának ideje a többszörösét is igénybe veheti (1. ábra), de végeredményben sokkal olvasóbarátabb lesz az egész.

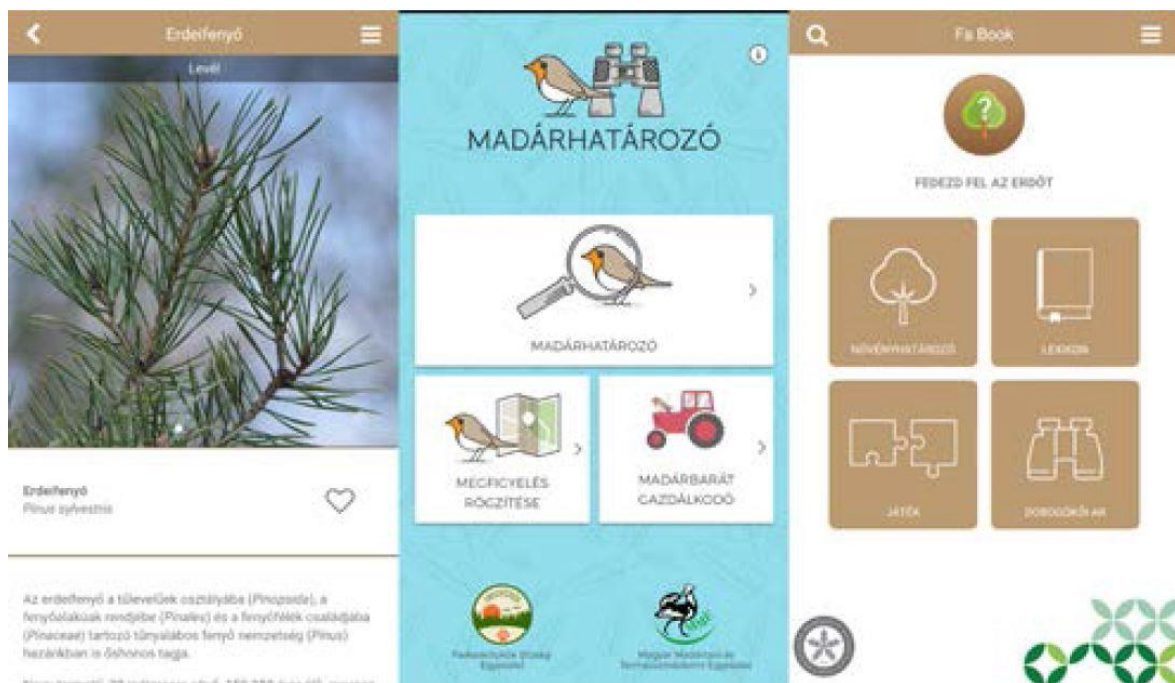


1. ábra Internetes szótárprogram (forrás: MAGYAR-ANGOL 2020)

A mintaleírás elkészítése során nyilvánvalóvá vált, hogy az egész procedúrát gördülékenyebbé tenné, ha egy szószedetet készítenénk. A szószedetet a későbbiek folyamán nem csak a szótározás megkönnyítésére lehetne alkalmazni, hanem a lektorálás folyamán is igénybe lehetne venni.

A képek készítését illetően a jelenlegi terv szerint több csoportra osztva készülnének el a képek. Élőfára (ezen belül a fatestről és a hajtásokról), valamint mikroszkópos és makroszkópos mintákra lenne felosztva. Ezek a csoportok 3-4 képet tartalmaznának a fő jellemzők megörökítésével. Elképzelhető, hogy több egyed lefotózására is lesz lehetőségünk fafajonként, amennyiben a rendelkezésre álló idő engedi. Ez lehetővé tenné, hogy tervezett térképen/mobilapplikáción egyből össze lehessen hasonlítani az egyedeket, illetve csökkentené annak az esélyét, hogy a jelenlegi, vagy jövőbeli állománytisztogatás után egyből szükség legyen a minta pótlására a Soproni Egyetem botanikus kertjében.

A munka célja, hogy az egyetemi hallgatók könnyebben megtalálják az egyes fafajokat a botanikus kertben, ezzel is segítve tanulásukat. A látogatók számára interaktívabb és teljesebb tájékoztatást adna. A jövőbeli lehetőségek között szerepel egy telefonos alkalmazás fejlesztése. Ez az alkalmazás, hasonlóan a Fa Bookhoz és a Madárhatározóhoz (2. és 3. ábra), rendelkezne a fafajok beazonosításhoz szükséges leírással, valamint illusztráló képekkel. Az interaktív játékok lehetősége is felmerült, hiszen általuk a tanulás szórakoztatóan és könnyen elérhető, valamint fiatalabb korosztályok számára is megnyitná a teret a faipar világába.

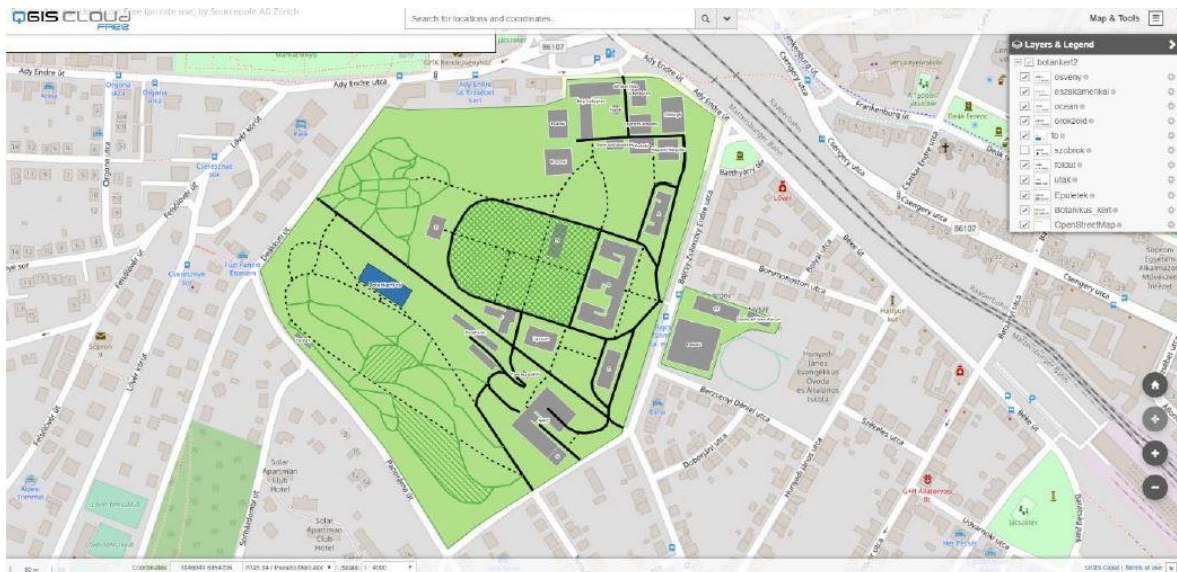


2. ábra Fa Book és Madárhatározó alkalmazások (forrás: MADÁRHATÁROZÓ 2020)



3. ábra Madárhatározó keresési-választási lehetőségei (forrás: MADÁRHATÁROZÓ 2020)

A későbbiekben hozzánk kapcsolódó térképet Görcsös Dániel, a Soproni Egyetem gazdaság-informatikus hallgatója készítette (4. ábra). Ehhez a térképhez fogunk első körben a leírásokkal hozzájárulni, illetve egyéb felhasználási lehetőségeivel kapcsolatban még zajlanak a tervezések. Jelenlegi formájában szűrőkkel állíthatók a különböző rétegek, mint pl.: a szobrok, épületek, utak, ösvények, örökzöldek, vagy észak-amerikai fajok (5. ábra). Felmerült további szűrők ötlete a részünkről, melyekkel le lehetne szűkíteni a megmaradt állományban való navigálás időszükségletét (például lombosok, fenyőfélék, gyűrűlikacsúak, szórt likacsúak, stb.). Amennyiben lehetőség nyílna rá, a térkép szűrői között akár faj-jellemzők alapján indíthatna a felhasználó keresést, ami kiadná a lehetséges fajok listáját és fellelhetőségét az adott területen belül.



4. ábra Görcsös Dániel online térképének kezelőfelülete (forrás: GÖRCSÖS 2019)

- osveny
- eszakerikai
- ocean
- orokzold
- to
- szobrok
- foldut
- utak
- Epuletek
- Botanikus_kert

5. ábra Görcsös Dániel online térképének szűrői (forrás: GÖRCSÖS 2019)

Összefoglalás

A publikáció célja bemutatni, hogy meglévő tudásanyagok segítségével, újításokat hozzáfűzve hogyan lehet egy új rendszert készíteni, amely a Soproni Egyetem botanikus kertjének ipari szempontból legfontosabb fajait hivatott bemutatni. Ehhez az alapot a DELTA rendszer biztosítja, amelyből elérhető számos faj mindenre kiterjedő, részletes leírása. Ezen adathalmaznak a felhasználása és összefűzése megtörténik egy online használható, térképpel kapcsolt oktató és információs applikációval. A cikkben ennek részleteit vázoltuk.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- GÖRCSÖS D. (2019): Botanikus kert. <[HTTPS://QGISCLOUD.COM/GORCSOSD/BOTANKERT2/](https://qgiscloud.com/gorcsosd/botankert2/)>
Megtekintve: 2019.04.28.
- MADÁRHATÁROZÓ (2020): Telefonos határozó <[HTTPS://WWW.MME.HU/MADARHATAROZO-MOBILTELEFONOS-ALKALMAZAS-0](https://www.mme.hu/madarhatarozo-mobiltelefonos-alkalmazas-0)> Megtekintve: 2020.09.03.
- MAGYAR-ANGOL (2020): Szótár. <[HTTPS://ANGOL-MAGYAR-SZOTAR.HU/#](https://angol-magyar-szotar.hu/#)> Megtekintve: 2020.09.03.

NEDVESSÉGFELVÉTEL VIZSGÁLATA MÉHVIASSZOS ÉS PARAFFINOS TELÍTÉS UTÁN PANNÓNIA NYÁR ESETÉN

VÖRÖS ÁGNES, ESŐ ISTVÁN, HORVÁTH DÉNES

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

sopronikutatasok@gmail.com

Bevezetés

Külső térbe tervezett bútorok, szerkezetek esetében fafajválasztás szempontjából a tartósság döntő tényező – hiszen ki szeretne évente új padot, esetleg faházat venni? Az időjárási tényezők közül a nap és a csapadék (víz) nagy hatással lehetnek a különböző, külső térben tárolt használati tárgyak, eszközök élettartamára, akár közvetett módon is: megfelelő körülmények biztosításával ugyanis csakhamar megjelennek a gombatelepek és/vagy a rovarkárosítók is. Mindkét károsító pionír, nehezen kezelhető, ha egyszer már elkezdett szaporodni, ezért játszik kiemelkedően fontos szerepet a megelőzés. A faanyagválasztás esetében azonban a gyakorlatban megjelenik még egy fontos tényező: az alapanyagköltség. A magas szilárdságú, kedvező tulajdonságokkal rendelkező anyagok ára többszöröse is lehet a gyorsan növvő, ám kevésbé jó tulajdonságú nyárénak. A faanyagoknak számos különleges tulajdonsága van és a különböző faanyag-modifikációs módszerekkel sokféle tulajdonságot lehet javítani, jellemzően más tulajdonságok rovására (BÁDER 2015a, 2015b; BÁDER ÉS TSAI. 2015, 2018, 2019, 2020; BÁDER – NÉMETH 2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2019, 2020; BÁDER – ROUSEK 2018; BAK – NÉMETH 2012, 2018; BAK ÉS TSAI. 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2020; FODOR ÉS TSAI. 2018a, 2018b; KOMÁN ÉS TSAI. 2019; KÖBÖLKUTI ÉS TSAI. 2019, 2020; NÉMETH 2020; NÉMETH – BÁDER 2020; NÉMETH ÉS TSAI. 2019; RADEMACHER ÉS TSAI. 2017a, 2017b). Szerencsére ismerünk olyan módszereket, melyeknek segítségével a különböző tulajdonságok javíthatók, tartósság esetében ilyen lehet a telítés, impregnálás, mely ellenállóbbá teszi az anyagot a környezeti hatások közül a vízzel, ezáltal a különböző rovar- és gombakárosítókkal szemben is.

A vizsgálataink alapját képező mérések során a Pannónia nyárból készült próbatesteket paraffinnal és méhviasszal kezeltük. E telítéssel eljárástól azt várjuk, hogy az említett, kezelt faanyag a nedvességet lassabban és kisebb mértékben fogja felvenni, mint a kezeletlen nyár. A cél tehát a nedvességváltozás intenzitásának csökkentése. E két anyag felhasználása akár ipari szinten, tömegtermelésben is elterjedhetne, mint környezetkímélő, tartósságnövelő eljárás.

Anyagok és módszerek

Ami a vizsgálati anyagokat illeti, méhviasszal, paraffinnal és Pannónia nyár (*P. x euramericana Pannonia*) fafajjal dolgoztunk. A mérések során a nedvesség felvételének ütemét vizsgáltuk, első körben 95% pára mellett, majd egy másik csoportnál vizes áztatásban. E vizsgálatokhoz először meg kellett teremtenünk az ideális körülményeket, feltételeket. Miután megtörtént a próbatestek azonos méretre vágása, két nagy csoportot képeztünk belőlük – méhviasszos csoport és paraffinos csoport – ügyelve természetesen arra, hogy mindkét csoportba lehetőség szerint hibátlan faanyag kerüljön. Amennyiben ez nem sikerült, ez úgy történt, hogy azonos hibaarányt teremtünk a két csoportban. 3-3 alcsoportot alakítottunk ki: kontroll, méhviasszal/paraffinnal telített és méhviasszos/paraffinos telítés után vákuumozott csoportot, ezeknek megfelelően – a későbbi azonosíthatóság végett – az egyes próbatesteket a megfelelő betűvel és sorszámmal láttuk el.

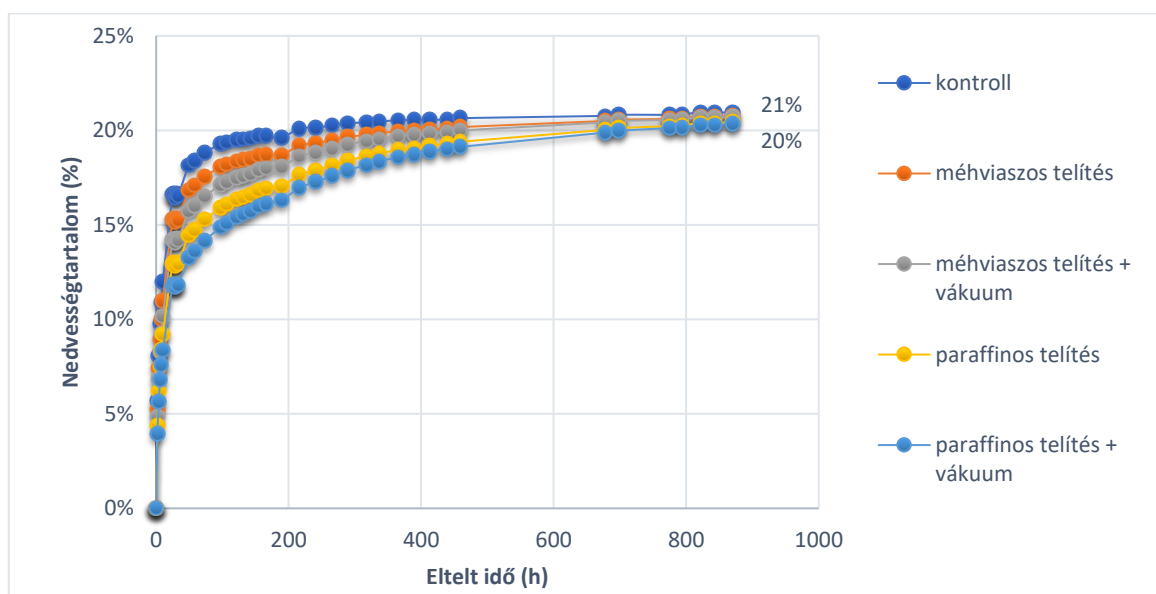
Ezután szárítószekrénybe kerültek, ahol elérték a kívánt, 0%-os, abszolút száraz nedvességtartalmat. Ezt követte az első tömegmérés, melynek eredményére a későbbiekben m0-ként fogunk utalni. A kontrollcsoport kivételével, mely visszakerült a szárítószekrénybe, a maradék 2-2 csoportot telítettük. Mindkét anyagról, a méhviaszról és a paraffinról is elmondható, hogy szobahőmérsékleten szilárdak, így ezeket előzetesen fel kellett melegítenünk, majd miután a próbatetek a telítő edényekbe kerültek, továbbra is megfelelő hőmérsékleten – esetünkben ez 100 °C-on kellett azokat tartanunk. Maga a telítés művelete 1 napig tartott, ezután a próbatetek már nem vettek fel többet az adott telítő anyagokból.

A vákuumtelítésre szánt próbateteket egymástól elkülönítve vákuumszekrénybe helyeztük, atmoszférikus nyomásról 6–10 mBar-ra csökkentettük a nyomást közvetlen környezetükben. A műveletet több alkalommal is megismételtük, ameddig láttunk légbuborékokat gyöngyözni. Ezután újbóli tömegmérést eszközöltünk. Meg kell jegyezni, hogy általában (ipari körülmények között) nagy nyomást szoktak alkalmazni, nem vákuumot. Mivel e technológiánál a nyomáskülönbség a fő tényező, nem pedig magának a nyomásnak az értéke, eszközhiány miatt döntöttünk a vákuumos kezelés mellett. Az így telítődött próbateteket ezután kivettük a telítő edényekből, tömegüket, miután megtisztítottuk a felesleges, rászáradt méhviasztól, paraffintól – hogy minél pontosabb eredményt kapjunk – újra megmértük.

Eredmények és értékelés

- *Klímasekrényes vizsgálat*

A 95% páratartalomba helyezett próbateteknek az első 1000 órában elért eredményeit az 1. ábra mutatja. A diagrammon megfigyelhető több helyen törés az egyes görbék ívében. Ezek a klímasekrény hibás működéséből erednek, csökkentve ezzel a mérés pontosságát. Mint azonban látható, amennyiben e töréseket „kivágnánk”, nem mutatkozna drasztikus eltérés, a kezelt próbatetek közel azonos mértékben vennék fel a nedvességet.



1. ábra Nedvességfelvétel változása az idő függvényében

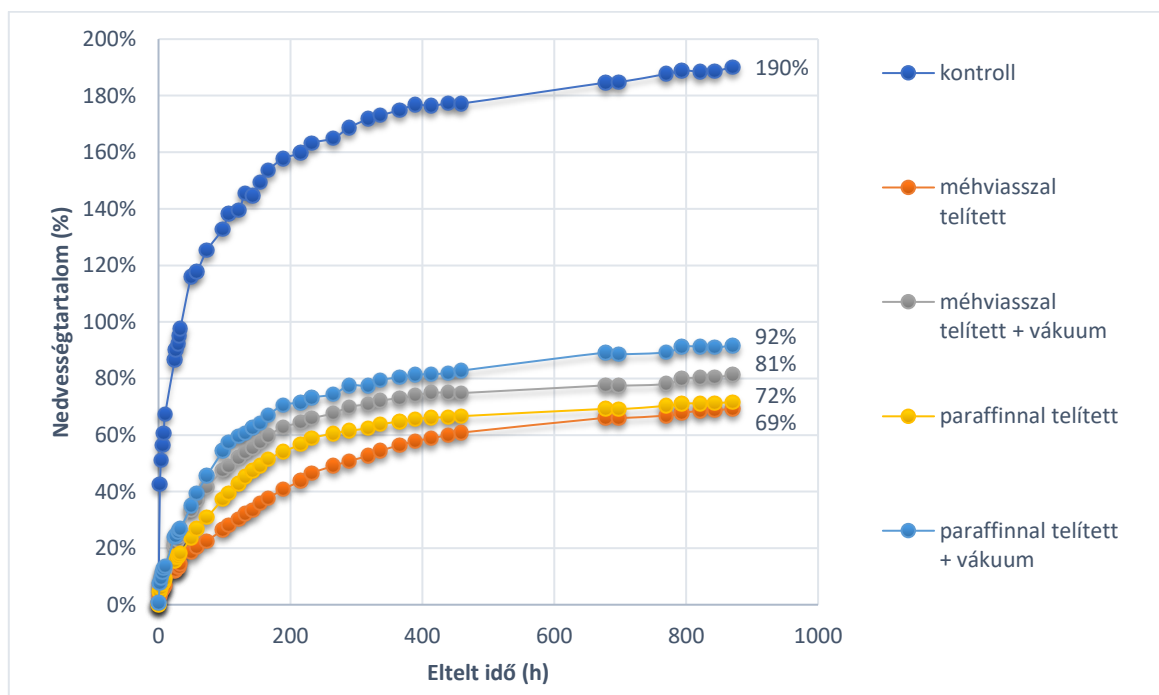
A különböző csoportok jól elkülönülnek egymástól, habár a végső részben függetlenül a kezelési módtól, a nedvességfelvétel minden csoportban beállt 20, illetve 21%-ra, amely után exszikkátorban meghatároztuk a rosttelítettség határt (22%). Végül jól látszik, hogy a vártnak

megfelelően a telítés nem befolyásolta a felvehető kötött víz mennyiségét, de a kezelések megváltoztatták a nedvességfelvétel intenzitását.

A legtöbb nedvességet, legintenzívebben a kontroll vette fel, görbéje jól elkülönül a többi csoporttól. Hasonló tendenciát mutat a többi csoport nedvességfelvétele is, de intenzitásukban kisebb üteműek. Összességében megállapítható, hogy a méhviaszos csoportok gyorsabb ütemű nedvességfelvétel mutatott, mint a paraffinosok, továbbá az utólag vákuumkezelt lassabb ütemben vették fel a nedvességet, mint a csak telítettek. Ennek több oka is lehet, az egyik ilyen lehetséges ok, hogy a méhviasz illetve a paraffin telítéséhez hőközlés szükséges, amelynek hatására megváltozik a halmazállapotuk. Amikor megszilárdulnak, a csak telítettek esetében nagy valószínűséggel jobban elválnak a sejtfaltól, mint amikor további vákuumkezelésnek tesszük ki őket, hiszen abban az esetben az anyagok jobban odatapadtak a sejtfalhoz. Ahogy véget ért a vákuumkezelés, és kikerültek szobahőmérsékletre, e telítő anyagok el kezdtek hűlni, térfogatuk ezzel egyidejűleg csökkent. A faanyag viszont a későbbi vizsgálatok során, ahogy nedvességet vett fel, dagadt, ezzel is felerősítve a folyamat hatásait.

- *Áztatásos vizsgálat*

Mint az a 2. ábráról leolvasható, a kezeletlen kontrollcsoport sokkal gyorsabb ütemben és nagyobb mennyiségű nedvességet volt képes felvenni, mint bármely más, kezelt csoport. Ennek az az oka, hogy míg a kezelt csoportokban a telítő anyagok kitöltötték a sejtüregek nagy részét, a kontroll esetében ilyesmi nem történt, a sejtüregekben lévő szabad helyet a vizsgálat során teljességében a felvett víz töltötte ki. A nedvességfelvételeket mutató görbék az 50. óra elteltével minden csoportnál szépen elkülönülnek egymástól, a már kezdetben is jelentős különbség 900 óra elteltével még tovább növekedett.

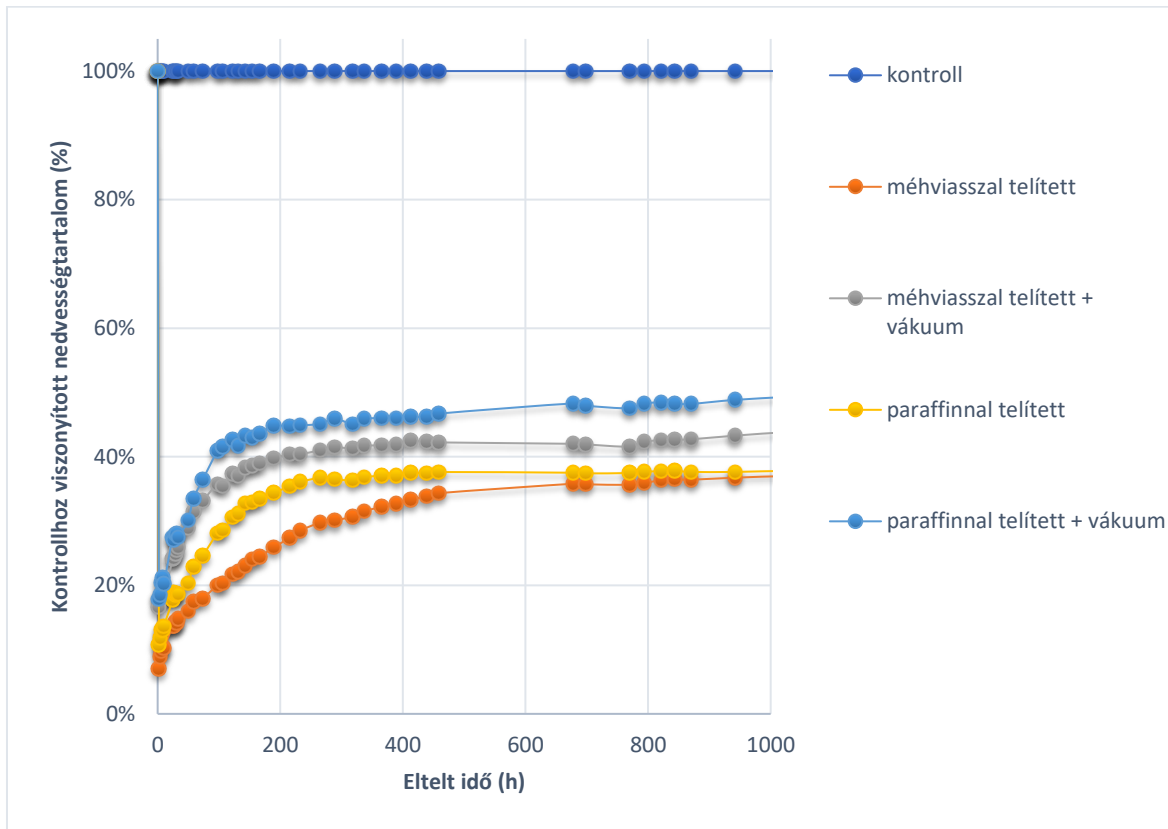


2. ábra A nedvességfelvétel változása az idő függvényében

A vizsgálat szerint a legjobb eredményei a méhviasszal kezelt, nem vákuumozott próbatesteknek lettek, ezek vették fel a legtöbb idő alatt a legkevesebb mennyiségű vizet, hozzávetőlegesen 69%-ot. Ezt követi átlagosan 72% nedvességfelvétellel, némileg gyorsabb ütemű felvétel mellett az ugyancsak vákuumkezeletlen, paraffinos csoport. A vákuumkezelt próbatestek több nedvességet tudtak felvenni, ebben az esetben is a méhviasszal telített

próbatetek nedvességfelvétele bizonyult sikeresebbnek (81%), a paraffinnal kezelt próbateteké 92% volt.

A kontrollcsoport óriási mennyiségű nedvességet vett fel 900 óra alatt, 190%-ot. Ez az eredmény közel a háromszorosa a legjobban teljesített, méhviasszal kezelt csoport eredményeinek és megközelítőleg kétszerese a kezelt csoportok közül leggyengébb eredményeket mutató vákuumkezelt, paraffinnal telített csoporténak.



3. ábra A kontrollcsoporthoz viszonyított nedvességtartalom változása az idő függvényében

Összefoglalás

A mérések első felében, melyben 95% páratartalom mellett 1000 órán át klímasekrényben vizsgáltuk a próbatetek nedvességfelvételét, azt tapasztaltuk, hogy a legtöbb nedvességet, legintenzívebben a kontroll vette fel, a felvételt mutató görbe jól elkülönült a többi csoportétól. Hasonló tendenciát mutatott a többi csoport nedvességfelvétele is, de azok intenzitásukban kisebb üteműek voltak. Összességében megállapítható volt, hogy mindegyik csoport felvette ugyanazt a nedvességmennyiséget, a köztük lévő különbséget az intenzitás adta: a méhviaszos csoportok gyorsabb ütemű nedvességfelvétel mutattak, mint a paraffinosok, továbbá az utólag vákuumkezelték lassabb ütemben vették fel a nedvességet, mint a csak telítettek.

A mérés második felében, melyben a próbateteket nem klímasekrénybe, hanem áztató edénybe helyeztük, a kezeletlen kontrollcsoport sokkal gyorsabb ütemben és nagyobb mennyiségű nedvességet volt képes felvenni, mint bármely más, kezelt csoport. Ennek az az oka, hogy míg a kezelt csoportokban a telítő anyagok kitöltötték a sejttöregek nagy részét, a kontroll esetében ilyesmi nem történt, a sejttöregekben lévő szabad helyet a vizsgálat során teljességében a felvett víz töltötte ki. A méhviaszos és a paraffinos csoportok görbéi tehát először szétnyílnak, majd összezárnak, végül a következő eredmények születtek: a kontroll

204%, a méhviasszal kezelt 81%, az utóvákuumozott méhviaszos 105%, a paraffinos 79%, a paraffinnal telített, vákuumkezelt csoport 110% nedvességet vett fel. Amennyiben az eredményeket a kontrollhoz hasonlítjuk, jól látható, hogy a pusztán méhviaszos telítés 60%-os, a méhviaszos telítés melletti vákuumkezelés már 48%-os javulást eredményez a nedvességfelvételben. Csupán paraffinos kezelés hatására ez az érték a kontrollhoz képest 61%-ot, további vákuumozás hatására pedig 46%-ot javul.

A kapott eredmények alapján a későbbi felhasználást tekintve a méhviasszal való telítést a hosszú távon, állandó nedvességnek kitett, áztatandó faanyagból készült alkatrészek, eszközök védelmére javasoljuk, a paraffin felhasználást pedig abban az esetben, ha a levegőből való nedvességfelvétel ütemét lassítani kívánjuk.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar*, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. *Faipar*, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – BAK M. – NÉMETH R. – RADIM R. – HORNICEK S. – DÖMÉNY J. – KLÍMEK P. – RADEMACHER P. – KUDELA J. – SANDBERG D. – NEYES B. – KUTNAR A. – WIMMER R. – PFRIEM A. (2018): Wood densification processing for newly engineered materials. In: Barbu M.C. – Petutschnigg A. – Tudor E.M (szerk.) *Proceeding of the 5th Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries 2018*, 20-21.09.2018, Technische Universität München, Freising, Németország, pp. 255-263
- BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. *Faipar*, 63(1): 10-20. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017a): Hygroscopicity of Longitudinally Compressed Wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 13(2): 135-144. DOI: 10.1515/aslh-2017-0010
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017b): Mechanical characterisation of accordionised wood, effect of relaxation conditions. *Pro Ligno* 13(4): 63-70
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017c): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész. *Gradus* 4(2): 403-411
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017d): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész. *Gradus* 4(2): 412-418
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2017e): A faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 3. rész. *Gradus* 4(2): 419-425
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018a): The Effect of the Rate of Longitudinal Compression on Selected Wood Properties. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1): 83-92
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018b): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, 63(3): 383-398
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018c): Production technology and properties of longitudinally compressed wood. In: ŽUPČIĆ I. – ŠPANIĆ N. (szerk.) *Proceedings of the 29th International Conference on Wood*

- Science and Technology 2018, 6-7.12.2018, University of Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, pp. 35-43
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018d): Further treatment option after longitudinal wood compression. In: CREEMERS J. – HOUBEN T. – TJEERDSMA B. – MILITZ H. – JUNGE B. (szerk.) Book of Abstracts of the 9th Conference on Wood Modification, SHR B.V, Arnhem, Hollandia: pp. 7-13
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2019): Moisture-dependent mechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(6): 1009-1019
- BÁDER M. – NÉMETH R. – KONNERTH J. (2019): Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *European Journal of Wood and Wood products*, 77(3): 341-351
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2020): Spring-back of wood after longitudinal compression. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-7
- BÁDER M. – NÉMETH R. – SANDAK J. – SANDAK A. (2020): FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*. DOI: 10.1007/s10570-020-03131-8
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with special focus on "New aspects of hardwood utilization – from science to technology", Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- BAK M. – BÖRCSÖK Z. – NÉMETH R. (2019a): A sajmeggy faanyaga, felhasználása. *Erdészeti Lapok* 154(12): 413-413
- BAK M. – MOLNÁR F. – NÉMETH R. (2018a): Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48-58
- BAK M. – NÉMETH R. (2012): Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *BioResources*, 7(4): 5128-5137
- BAK M. – NÉMETH R. (2018): Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *BioResources* 13(4): 7886-7899
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2018b) Wood modification in Hungary. In: GOLI G. – TODARO L. (szerk.) Wood modification in Europe: processes, products, applications, University of Florence, Firenze, Italy, pp. 35-36
- BAK M. – NÉMETH R. – BÁDER M. (2019b): Wood modification in Hungary. In: JONES D. – SANDBERG D. – GOLI G. – TODARO L. (szerk.) Wood Modification in Europe: A state-of-the-art about processes, products and applications, Firenze University Press, Firenze, Olaszország, pp. 67-68
- BAK M. – NÉMETH R. – TAKÁCS D. – BÁDER M. (2020): Possibilities of using nanotechnology in wood colour protection. In: KOPONICSNÉ GYÖRKE D. – BARNA R. (szerk.) Proceedings of the International Conference on Sustainable Economy and Agriculture, Kaposvár University, Faculty of Economic Science, Kaposvár, Magyarország, pp. 31-37
- FODOR F. – ÁBRAHÁM J. – NÉMETH R. (2018a): Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno* 14(4): 31-38.
- FODOR F. – NÉMETH R. – LANKVELD C. – HOFMANN T. (2018b): Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties. *Wood Material Science and Engineering* 13(5): 271-278.
- KOMÁN SZ. – NÉMETH R. – FEHÉR S. (2019): Paulownia-fajok faanyagának tulajdonságai. In: KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) Konferencia Kiadvány, Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 118-122
- KÖBÖLKUTI Z.A. – CSEKE K. – BENKE A. – BÁDER M. – BOROVIK A. – NÉMETH R. (2019): Allelic variation in candidate genes associated with wood properties of cultivated poplars (*Populus*). *Biologica Futura* 2019(70): 1-9
- KÖBÖLKUTI Z.A. – CSEKE K. – BENKE A. – BÁDER M. – BOROVIK A. – NÉMETH R. (2020): Termesztett nyárek faanyagának tulajdonságainak anatómiai, mechanikai, genetikai és epigenetikai összehasonlító vizsgálata. In: BÓNA L. – KARSAI I. – MATUZ J. – PAUK J. – POLGÁR ZS. – VEISZ O. (szerk.) XXVI. Növénynevelési Tudományos Napok: Összefoglaló kötet, MTA Agrártudományok Osztálya Növénynevelési Tudományos Bizottság, Magyar Növénynevelők Egyesülete, Szeged, Magyarország, p. 50
- MOLNÁR S. (2004): Faanyagismeret, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest

- NÉMETH R. (2020): Paulownia tomentosa (Robust4) faanyagjellemzőinek vizsgálata. In: KOMÁN SZ. (szerk.) Vállalkozások és hallgatói csoportok innovációs együttműködése a faiparban, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 12-16
- NÉMETH R. – BÁDER M. (2020): Relationship between the fixation period and some mechanical properties of pleated wood. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam pp. 1-8
- NÉMETH R. – MOLNÁRNÉ POSCH P. – MOLNÁR S. – BAK M. (2014): Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno* 57(193): 119-134
- NÉMETH R. – BAK M. – ÁBRAHÁM J. – FODOR F. – HORVÁTH N. – BÁDER M. (2019): Wood modification research at the University of Sopron. *Sibirskij Lesnoj Zurnal* 2019(3): 20-25
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – KLIMEK P. – SPRDLIK V. – RADIM R. – CERMAK P. – PFRIEM A. – SANNE M. – MEINLSCHMIDT P. – WIMMER R. – TRISCHLER J. – SANDBERG D. (2017a): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials: Engineered hybrid wood-based products. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 313-324
- RADEMACHER P. – BÁDER M. – NÉMETH R. – RADIM R. – PARIL P. – BAAR J. – HORNICEK S. – DEJMAL A. – DÖMÉNY J. – KUDELA J. – KUTNAR A. – NEYSES B. – SANDBERG D. (2017b): European co-operation in wood research - From native wood to engineered materials Part 2: Densification modification in product development. In: GURAU L. – CAMPEAN M. – ISPAS M. (szerk.) Proceedings of the 11th edition of the International Conference "Wood Science and Engineering in the third Millenium", 2-4.11.2017, Transilvania University of Brasov, Románia, pp. 469-478

NEDVESSÉGFELVÉTEL VIZSGÁLATA PANNÓNIA NYÁR KÜLÖNBÖZŐ ANATÓMIAI IRÁNYAINAK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL MÉHVIASSZOS TELÍTÉS UTÁN

VÖRÖS ÁGNES, NÉMETH RÓBERT

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet

sopronikutatasok@gmail.com

Bevezetés

A tartósság döntő tényező külső térbe tervezett bútorok, szerkezetek esetében fafajválasztás szempontjából. Az időjárási tényezők közül a nap és a csapadék (víz) nagy hatással lehetnek a különböző, külső térben tárolt használati tárgyak, eszközök élettartamára, akár közvetett módon is: megfelelő körülmények biztosításával ugyanis csakhamar megjelennek a gombatelepek és/vagy a rovarkárosítók is. Kiemelkedően fontos szerepet játszik a megelőzés, hiszen mindkét károsító pionír, nehezen kezelhető, ha egyszer már elkezdett szaporodni. A faanyagválasztás esetében azonban a gyakorlatban megjelenik még egy fontos tényező: az alapanyagköltség. A magas szilárdságú, kedvező tulajdonságokkal rendelkező anyagok ára többszöröse is lehet a gyorsan növvő, ám kevésbé jó tulajdonságú nyárénak.

Adott azonban néhány olyan módszer, melyeknek segítségével a különböző tulajdonságok javíthatók, tartósság esetében ilyen lehet a telítés, impregnálás, mely ellenállóbbá teszi az anyagot a környezeti hatások közül a vízzel, ezáltal a különböző rovar- és gombakárosítókkal szemben is. Természetesen számos egyéb faanyag-modifikációs módszer létezik (BÁDER 2015a, BÁDER 2015b, BÁDER – ROUSEK 2018).

A mérések során a Pannónia nyárból készült próbatesteinket méhviasszal kezeltük. E telítési eljárástól azt várjuk, hogy az említett, kezelt faanyag a nedvességet lassabban és kisebb mértékben fogja felvenni, mint a kezeletlen nyár. A cél tehát a nedvességváltozás intenzitásának csökkentése. A sikeres vizsgálati eredmények indokolják, hogy a későbbiekben e két anyag felhasználása akár ipari szinten, tömegtermelésben is elterjedhessen, mint környezetkímélő, tartósságnövelő eljárás.

Anyagok és módszerek

Vizsgálataink során méhviasszal telítettünk Pannónia nyár (*P. x euramericana Pannonia*) fafajt. A méhviasz számos anyagból álló viaszféle, melynek fő összetevői: palmitilsav, palmitoleát, hidroxipalmitát, valamint alkoholok oleinsavval alkotott észterei (hosszú, 30-32 szénatomos molekulák) és egyéb palmitátok (WIKIPEDIA 2020). A méhviaszt a méhek saját testük váladékaikból állítják elő, a lépek építésénél használják (TERMELŐI MAGYAR MÉZ 2020). Igen sokrétűen felhasználható, faipari alkalmazhatósága mellett jelentős, mint lőszervevonat, rágógumi, festék, pecsételés, sajtbevonó, kozmetikumok alapanyaga, stb. (MESELÁNG 2020, WIKIPEDIA 2020).

A Pannónia nyár (*P. x euramericana Pannonia*) mint neve is mutatja hazai nemesítésből származik, Magyarországon kiemelkedő szerepet játszik, elterjedt fafaj. Nyárfához képest magasabb sűrűségi tulajdonságokkal, így kedvezőbb szilárdságtani tulajdonságokkal bír, mely jól hasznosítható pl. bútor- és épületszerkezeti elemek, gyufa-, vagy rétegelt lemez előállításánál (KOMÁN 2012).

Miután megtörtént a próbatestek azonos méretre vágása, csoportokat képeztünk belőlük ügyelve természetesen arra, hogy mindhárom csoportba lehetőség szerint hibátlan faanyag kerüljön: kontroll, méhviasszal telített és méhviasszal telítés után vákuumozott csoport, ezeknek megfelelően – a későbbi azonosíthatóság végett – az egyes próbatesteket a megfelelő betűvel és sorszámmal láttuk el.

Ezután szárítószekrénybe kerültek, ahol elérték a kívánt 0%-os, abszolút száraz nedvességtartalmat. Ezt követte az első tömegmérés, melynek eredményére a későbbiekben m_0 -ként fogunk utalni. A kontrollcsoport kivételével, mely visszakerült a szárítószekrénybe, a maradék 2-2 csoportot telítettük. A méhviasszal elmondható, hogy szobahőmérsékleten szilárd, így előzetesen fel kellett melegítenünk, majd miután a próbatestek a telítő edényekbe kerültek, továbbra is megfelelő hőmérsékleten (esetünkben 100 °C-on) kellett azokat tartanunk. Maga a telítés művelete 1 napig tartott, ezután a próbatestek már nem vettek fel többet az adott telítő anyagokból.

Méréseink során 40x40x5 mm élhosszúságú próbatesteket alkalmaztunk. E méretválasztás célja az volt, hogy minél nagyobb arányú legyen egy adott anatómiai irány az adott próbatesten, és a maradék kettő elhanyagolható méretűvé váljon hozzá képest, ezzel segítve elő a különböző irányok nedvességfelvevő képességének differenciálhatóságát. Hogy mérés közben minél kisebb mértékben vegyenek fel nedvességet a próbatestek a levegőből, illetve hogy a klímasekrény hibáit kiküszöböljük, két, réz-szulfáttal töltött exszikkátorban helyeztük el őket (a réz-szulfát oldat magasabb páratartalmat biztosít).

A próbatestek először szárító szekrénybe kerültek 103 °C-ra. Kialakítottuk belőlük a három csoportot:

- kontroll
- méhviasszal telített I.
- méhviasszal telített II.

Természetesen a csoportokon belül jelöltük az anatómiai irányokat is, így minden egyes nagy csoporton belül 3-3 kisebbet, bütü-, húr- és sugárirányú csoportot képeztünk.

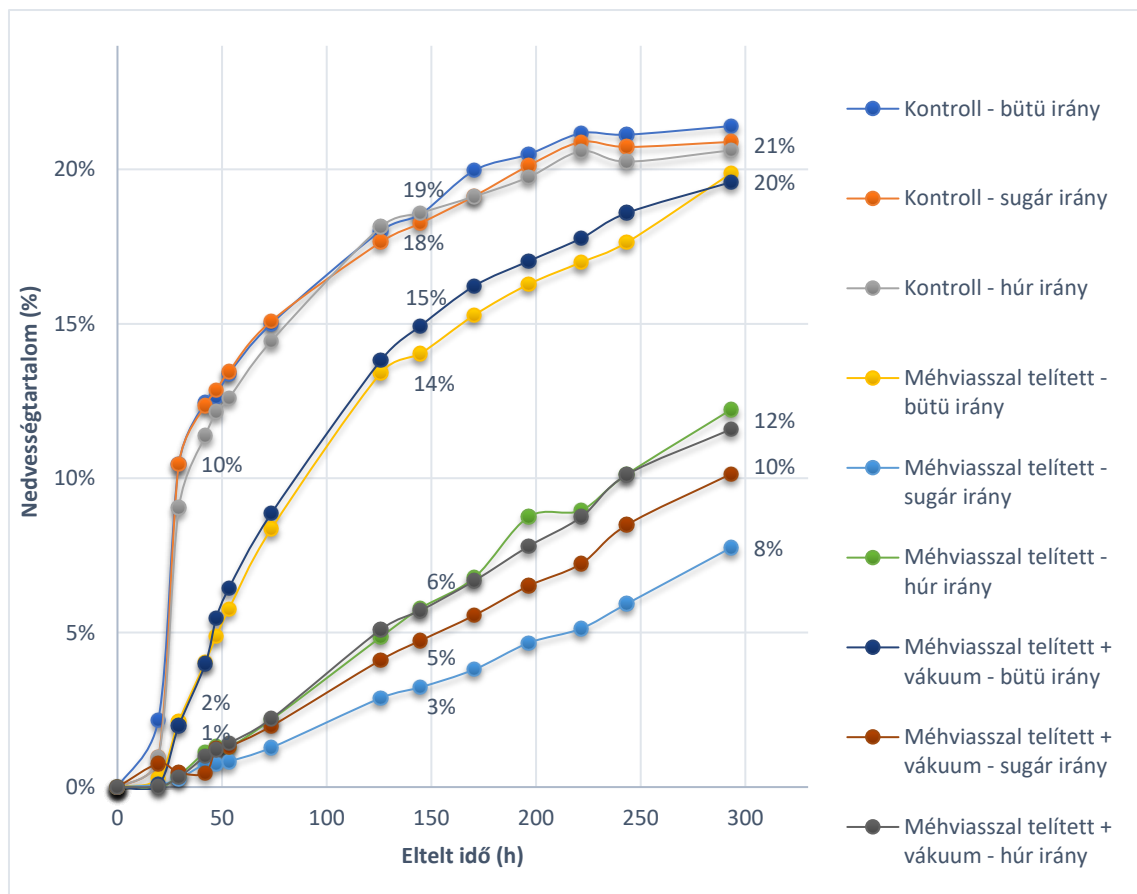
A tömegmérés után (a kontroll kivételével) telítettük a csoportokat 90 °C-on, 10 mBar vákuumban kb. 1 napig. Ezt követően újra megmértük a próbatestek tömegét (I.). A tovább vákuumozandó csoport (II.) visszakerült 10 mBar vákuumra, majd újabb tömegmérést végeztünk. Végül az összes csoport exszikkátorba került további tömegmérésekre.

Eredmények és értékelés

A méhviasszal telített és a kezeletlen próbatestek nedvességfelvételét a különböző anatómiai irányokban az 1. ábra hivatott szemléltetni.

A diagramon a különböző kezelési módok más- más színnel vannak feltüntetve: a kontroll zöld, a méhviasszal kezelt lila, a méhviasszal telített, majd vákuumkezelt csoport sárga színű, a különböző árnyalatok jelölik az anatómiai irányokat.

A kontroll a másik két csoporthoz képest nagyobb mennyiségű vizet volt képes felvenni a környező levegőből ugyanannyi idő alatt. Anatómiai irányokat tekintve e csoporton belül szignifikáns eltérést nem tapasztalhattunk, szinte azonos mértékűnek tekinthetjük azokat, minimális különbséggel a következő csökkenő sorrend állapítható meg: rost-, sugár- és húrirány. Ami a méhviasszal kezelt csoportokat illeti, a nedvességfelvétel mértéke mindenképpen kisebb volt, mint a kontrollnál, továbbá a különböző anatómiai irányok is jobban elváltak egymástól. A vákuumkezelt és a kezeletlen próbatestek esetén is megállapítható a nedvességfelvétel mértéke szerinti a bütü – húr – sugár (csökkenő) irányú sorrend.



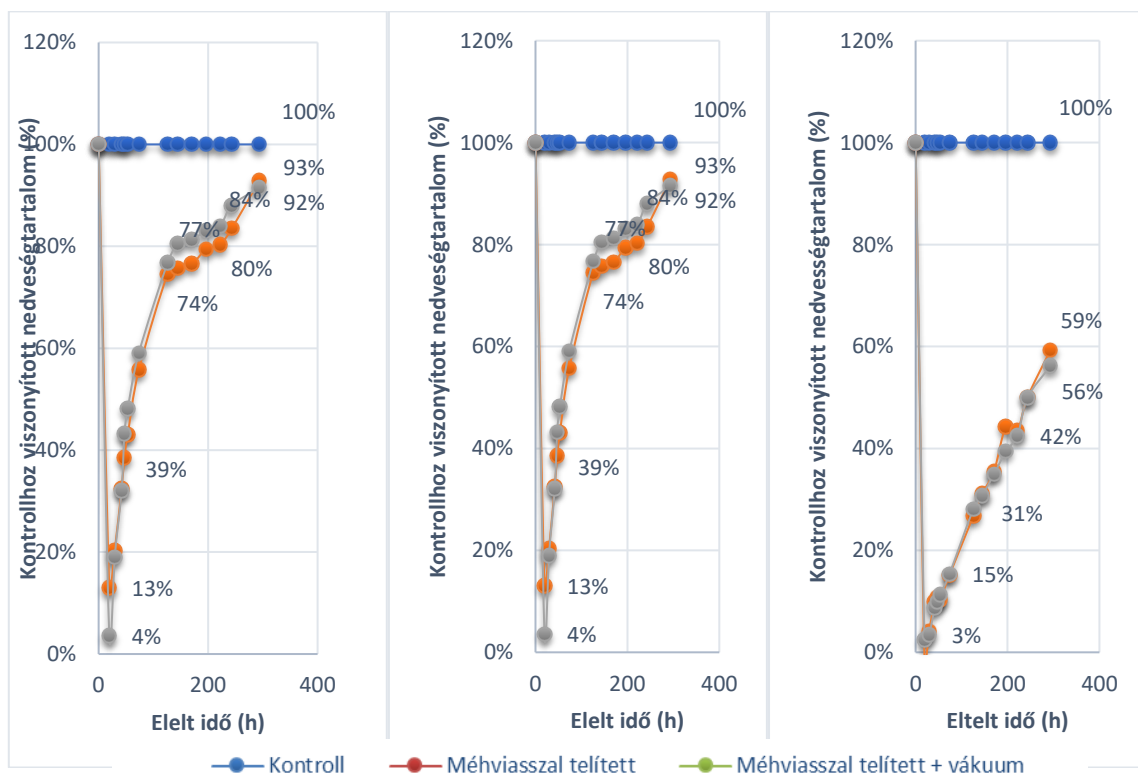
1. ábra A nedvességfelvétel változása az idő és az anatómiai irányok függvényében

Tendenciájukat tekintve a kontrollcsoport próbatestjei 30 óra elteltével már 10% nedvességet vettek fel – összehasonlításképpen ez érték éppen az ötszöröse a méhviasszal kezelt бүтү irányú csoportoknak (2%). A húr- és sugárirányú, kezelt próbatestek ebben az időpontban átlagosan 1% nedvességfelvételt értek el. Érdekes megvizsgálnunk a különböző anatómiai irányokban a nedvességfelvételt további 120 óra elteltével is. Ekkorra a kezelt próbatestek már differenciálódnak irányok és vákuumkezelés szerint is. A kontrollcsoportoknál ez esetben sem tapasztalhatunk nagy eltéréseket: a бүтү- és húr irányú darabok összesen 19%, a sugár irányúak 18% nedvességet vettek fel a vizsgálat első felében. Ezeket követik a méhviasszal telített vákuumkezelte rostirányú (15%), valamint a nem vákuumkezelte бүтү irányú (14%) próbatestek. Alattuk helyezkednek el a kezelt húr irányú próbatestek görbéi 6-6%-os nedvességfelvétellel, e pontban teljesen együtt futnak. Legjobb eredményei a kezelt, sugár irányú csoportoknak lettek: a vákuummal is kezelt próbatestek 5, míg a nem vákuumozottak 3%-kal gyarapodtak. A vizsgálat végén a kontrollcsoport minden irányának nedvességfelvétel értéke 21% körüli volt. Ezt követték 20-20%-kal a méhviasszal telített, бүтү irányú csoportok. Jól elmaradtak nedvességfelvételben a húr irányú próbatestek, ezek csupán 12-12%-ot vettek fel. Ennél 2%-kal kevesebb volt a vízfelvétele a vákuumkezelte, méhviasszal telített sugár irányú csoportnak: 300 óra elteltével 10%. Végül a méhviasszal telített, nem vákuumkezelte próbatestek 8% vízzel gyarapodtak.

A kontrollcsoportéhoz viszonyított nedvességfelvétel a rostirány szerint a következőképpen alakult (2. ábra): mindössze 1 nap elteltével a méhviasszal kezelt, vákuumozott próbatestek 4, a nem vákuumkezeltek 13% nedvességet vettek fel. 2 nap elteltével (50. óra) mindkét kezelt csoport elérte a kontroll 39%-át. 220 óránál a kontrollhoz képest felvett nedvességtartalom a nem vákuumkezelte próbatestek esetén 80%, a vákuumozottaknál 84% volt. Ezt követően a két

görbe elkezd egymáshoz konvergálni, 245 óránál, 88%-nál metszik egymást (mindkettő azonos nedvességmennyiséget vett fel), majd tovább folytatják tendenciájukat, a csak méhviasszal telített a növekvőt, a vákuumkezelt a csökkenőt és pozíciójuk a vizsgálat végére felcserélődik. A kísérlet végén a kontroll viszonyított felvett nedvességtartalmak a következők: vákuummal kezelt próbatestek esetén 92%, nem vákuumozottnál 93%.

A kontrollhoz viszonyított húr irányban bekövetkezett változásokat szemlélteti a nedvességfelvételben. 30 óra elteltével a kezelt próbatestek a kontroll 3%-át vették fel, a vákuumozott és a nem vákuumkezelt csoportok között eltérés egészen a 150. óráig nem mutatkozik, a két görbe eddig a pontig teljesen együtt fut, eléri a kontroll által felvett nedvesség 31%-át. Ekkor a nem vákuumkezelt csoportnál megfigyelhető egy kiugrás, amely a későbbiekben meg is szűnik, ennek nagy valószínűséggel egy mérési hiba lehet az oka. 200 óra elteltével már 42%-nál tartanak, majd a 220. óra környékén szétválnak. A mérés végén 3% a köztük lévő különbség, a vákuumkezelt csoport 56, míg a nem vákuumozott 59%-on áll meg.



2. ábra Méhviasszal kezelt próbatestek kontrollhoz viszonyított nedvességfelvétele az idő függvényében balról jobbra rendre bütű, húr és sugár irányban

A sugár irányú változásokat a 2. ábra jobb oldali grafikonja szemlélteti. Mint látjuk, 1 nap után a kontrolltól való eltérés 97% volt mind a vákuumkezelt, mind a nem vákuumozott és méhviasszal telített sugár irányú próbatestek esetében. Ennél az iránynál a fő eltérést az adja az előzőekhez képest, hogy a kezelt próbatestek nedvességfelvételét mutató görbék egyáltalán nem futnak együtt, hanem már ezen a kezdeti ponton szétválnak és a köztük lévő különbség egészen a 200. óráig nő. 150 óra elteltével a nem vákuumozott csoport átlag 18% nedvességet vett fel, a vákuumozott pedig 30%-ot. A köztük lévő különbség itt még 12% volt. Az ezt követő 50 órában a nem vákuumozott próbatestek további 7% nedvességgel gyarapodtak, ehhez képest kisebb ütemben vették fel azt a vákuumkezelt darabok, mindössze 5%-ot. Ennek az intenzitásváltozásnak a hatására a különbség a nedvességfelvételek között már csak 10% volt, melyet a csoportok a vizsgálat végéig meg is tartottak. A 220. óránál bekövetkezett egy

viSSzaesés. Mivel mindkét csoportnál azonos ennek mértéke, jó eséllyel kizárható a mérési pontatlanság, mint ok. A vizsgálat végén a kontrollhoz viszonyítva a vákuumozott próbatestek 50%-kal, a nem vákuumkezelték pedig 60%-kal mutattak jobb eredményt.

Összefoglalás

Mérésünk során, melyben az anatómiai irányokat is figyelembe vettük, a méhviasszos próbatestek nedvességfelvételének vizsgálatakor a következő eredményeket kaptuk: a kontroll a másik két csoporthoz képest e vizsgálat során is nagyobb mennyiségű vizet volt képes felvenni a környező levegőből ugyanannyi idő alatt. Anatómiai irányokat tekintve e csoporton belül szignifikáns eltérést nem tapasztalhattunk, szinte azonos mértékűnek tekinthetjük azokat, minimális különbséggel a következő csökkenő sorrend állapítható meg: rost-, sugár- és húrirány. Ami a méhviasszal kezelt csoportokat illeti, a nedvességfelvétel mértéke mindenképpen kisebb volt, mint a kontrollnál, továbbá a különböző anatómiai irányok is jobban elváltak egymástól. A vákuumkezelt és a kezeletlen próbatestek esetén is megállapítható a nedvességfelvétel mértéke szerinti бүtű – húr – sugár (csökkenő) irányú sorrend. A kapott eredményeink alapján a későbbi felhasználást tekintve a méhviasszal való telítést a hosszú távon, állandó nedvességnek kitett, áztatandó fából készült alkatrészek, eszközök védelmére javasolnánk.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-3-I kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.



Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015a): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. Faipar, 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. (2015b): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. Faipar, 63(2): 53-65. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53
- BÁDER M. – ROUSEK R. (2018): Combined longitudinal and transversal compression of beech wood. In: NÉMETH R. – TEISCHINGER A. – RADEMACHER P. – BAK M. (szerk.) 8th Hardwood Conference – with special focus on ”New aspects of hardwood utilization – from science to technology”, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország, pp. 46-47
- KOMÁN SZ. (2012): Nemesnyár-fajták korszerű ipari és energetikai hasznosítását befolyásoló faanatómiai és fizikai jellemzők. Doktori disszertáció, Nyugat-magyarországi Egyetem, Faipari Mérnöki Kar, Sopron.
- MESELÁNG (2020): Méhviassz felhasználása – mire jó a természet csodája? <<https://meselang.hu/mehviassz-felhasznalasa/>> Megtekintve: 2020. 10. 28.
- TERMELŐI MAGYAR MÉZ (2020): Méhviassz jellemzői, felhasználása. <<https://termeloimagyarmez.hu/termekeink/mehviassz>> Megtekintve: 2020. 10. 28.

WIKIPEDIA (2020): M hviash. <<https://hu.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9hviash>> Megtekintve: 2020. 10. 28.

II. HIDROLÓGIAI ÉS ERDŐFELTÁRÁSI KUTATÁSOK

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAI A VÍZKÉSZLETEKRE HAZÁNKBAN

CSÁKI PÉTER – KALICZ PÉTER – ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA – GRIBOVSZKI ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

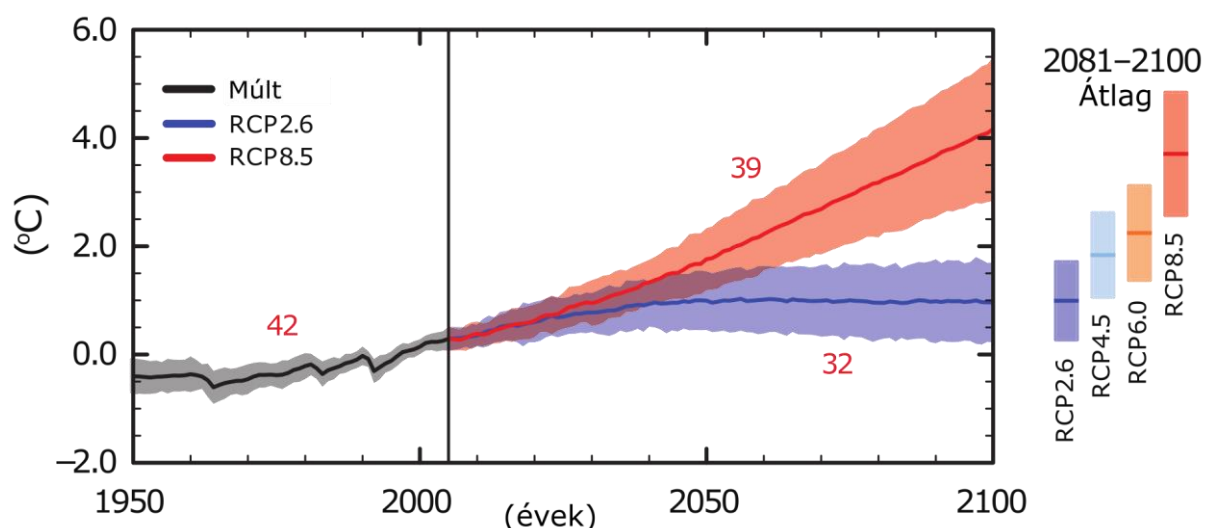
csaki.peter@uni-sopron.hu

Bevezetés

A klímaváltozás várható hatásaira (melyek egy részét már most is tapasztalhatjuk) Magyarországon is fel kell készülnünk. A hatások legerőteljesebben valószínűleg a vízkörforgalom módosulásán keresztül érzékelhetőek majd, ami alkalmazkodási stratégiák kidolgozását teszi szükségessé. Jelen tanulmányban tömören összefoglaljuk a hazánkban várható változásokat.

Hőmérséklet és csapadék

A 20. század során (az 1850–1900 és az 1986–2005 közötti időszakokat összehasonlítva) globálisan nagyjából 0,6 °C-kal emelkedett a felszínközeli átlaghőmérséklet, az utóbbi néhány évre pedig már elérte az 1 °C-ot. A melegedés főleg az utóbbi évtizedekben volt a legintenzívebb, és amennyiben a jelenlegi ütemben folytatódik tovább, 2040 körül már elérjük az 1,5 °C-os emelkedést (IPCC 2018). Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) 5. Értékelő Jelentése (IPCC 2014) alapján a 21. század végére az 1986–2005 közötti időszakhoz képest a legoptimistább klímaforgatókönyv (RCP2.6, RCP: Representative Concentration Pathway) szerint 0,3–1,7 °C (1. ábra), míg a legpesszimistább (RCP8.5) szerint 2,6–4,8 °C a várható globális felszínközeli hőmérséklet emelkedés.



1. ábra A globális átlagos felszínközeli hőmérséklet változása 1950-től a 21. század végéig, klímamodell szimulációk alapján. A változás az 1986–2005 időszakhoz viszonyítva értendő. A becslések időszora és a bizonytalanság mértéke (árnyékolás) kétféle forgatókönyv szerint látható (RCP2.6 - kék és RCP8.5 - piros). Az idősorokon lévő szám a felhasznált modellek számát jelenti. A jobb

szélen a színes függőleges sávok jelölik a 2081–2100 időszakra számított átlagos változást és a hozzá kapcsolódó bizonytalanságokat, az egyes RCP forgatókönyvekre. (IPCC 2014 és URL1 nyomán)

Magyarországon az éghajlat melegebbé és szárazabbá vált a 20. század során, a század végére 0,86 °C volt az átlaghőmérséklet emelkedése (NOVÁKY – BÁLINT 2013). A melegedés az utóbbi 30 évben fokozódott, különösen a nyári időszakokban, amikor az átlagos hőmérséklet-emelkedés szinte elérte a 2 °C-ot (BARTHOLY *et al.* 2011). A meleg és a hideg hőmérsékleti szélsőségek (például a nyári, a hóhullámos, valamint a fagyos napok száma) hosszú távú változásai is a melegedés tényét erősítik (LAKATOS *et al.* 2012). A 21. század végére hazánk átlaghőmérséklete 2–5 °C-kal emelkedhet meg (NOVÁKY – BÁLINT 2013).

A hőmérséklet mellett a klímaváltozás hatással van a csapadéokra is. Bár ezek a hatások kevésbé egyértelműek, mint a hőmérsékletre gyakoroltak, mivel a nagyobb térbeli és időbeli variabilitás elmoshatja a változások trendjét (PONGRÁCZ *et al.* 2014). Az előrejelzések alapján Európa északi részein csapadéknövekedés, míg a déli részein csökkenés várható a 21. században (KJELLSTRÖM *et al.* 2011). Magyarország a kettő között egy átmeneti zónában fekszik, amire nagyon bizonytalanok a csapadék előrejelzések. Az átmeneti zóna nyáron észak felé, míg télen dél felé tolódhat. Előbbi a nyári csapadék mennyiségének csökkenését, míg az utóbbi a téli mennyiség növekedését jelentheti (NOVÁKY – BÁLINT 2013). Ám hazánkban a csapadék éves mennyisége 1901-től kb. 7%-os csökkenő tendenciát mutat, és ez valószínűleg folytatódni is fog. A 21. század első felében az éves csapadékmennyiségben kismértékű, nem jelentős csökkenés várható. Viszont a század végére az éves csökkenés akár a 20%-ot is elérheti (BARTHOLY *et al.* 2011), jelentősen megnőhet a száraz nyarak gyakorisága és szélsőségessége, akár minden második nyár aszályos lehet (GÁLOS 2010). Ezek eredményeképp hazánk ariditási indexének (potenciális párolgás és csapadék aránya) növekedése várható.

Vízgőz és szén-dioxid

Fontos megemlíteni a vízgőz (vízpára) szerepét. Ez a legnagyobb mennyiségben jelen lévő üvegházhatású gáz a légkörben, és a legfontosabb a Föld klímájának a fenntartásában. Az üvegházhatású gázok átengedik a Nap rövidhullámú sugárzásának nagy részét, de elnyelik (és visszatartják) a felszínről visszabocsátott hosszuhullámú, infravörös sugárzást. A légkörben található vízgőz és a többi üvegházhatású gáz nélkül a Föld felszínén a léghőmérséklet jóval a fagyponthoz alulna. Ám a vízpára a globális melegedéssel pozitív visszacsatolásban van. Amennyiben a Föld felszínének és ezáltal a légkörnek a hőmérséklete emelkedik, a légkör több vízgőz felfogására képes. A plusz vízgőz elnyeli az energiát, további melegedést okozva ezzel a troposzférában (BIERKENS *et al.* 2008, SOLOMON *et al.* 2010). (Itt kell megjegyezni, hogy a felhők hatása a klíma alakulására nem egyértelmű, erősíthetik és gyengíthetik is a felmelegedést. Ez függ mind az összetételüktől, mind a felszín feletti elhelyezkedésüktől [SZILÁGYI – JÓZSA 2008], így az egyes Globális Klímamodellek [GCM] is másként kezelik a felhők lehetséges hatásait az előrejelzésekben [TAN *et al.* 2016].)

A vízgőz mellett a szén-dioxid koncentráció változása (növekedése vagy csökkenése) is hatással van a nettó sugárzás alakulására, ám ennek mértéke nagyon bizonytalan. WILD *et al.* (2008) kutatása alapján globális léptékben megnőtt a sugárzás a szárazföldeken az 1986–2000 közötti időszakban. VAUTARD *et al.* (2014) Európára vizsgálta a regionális klímamodellek előrejelzéseket 2 °C-os hőmérséklet-emelkedés esetén. Az eredmények nem mutatnak Magyarországra várható szignifikáns változást sem a rövid, sem a hosszuhullámú mérlegben.

MAJOR *et al.* (2002) azt vizsgálta, hogy milyen hatással van az energiafogyasztás változása a felszín sugárzsforgalmára Magyarországon. Az 1990-es években az 1980-ashoz viszonyítva az ország területén csekély mértékben megnövekedett az éves globálisugárzás. Viszont ebben az időszakban az energiafelhasználás mintegy 20%-kal csökkent, ezen belül a szénfelhasználás a felére esett vissza, ami hatására csökkent a légszennyezés (és ezen belül a szén-dioxid kibocsátás is). Az eredmények alapján a tisztább levegőn keresztül nagyobb a felszínre érkező napsugárzás, ugyanakkor a tisztább légoszlop visszasugárzása jelentősen kisebb. Azóta (a 2000-es és a 2010-es években) hazánk bruttó szén-dioxid kibocsátása a hivatalos adatok szerint (URL2) tovább csökkent, ám csekélyebb mértékben, a jövőbeli alakulása pedig nagyon bizonytalan.

Hidrológiai hatások

Az elmúlt pár évtized klimatikus változásai hatására gyorsult a hidrológiai ciklus (WILD *et al.* 2008, URL3), és ez az előrejelzések alapján tovább fokozódhat. A gyorsulás hatására egyre gyakoribbá válhatnak a hidrológiai szélsőségek (SOMLYÓDI *et al.* 2010). Ez az utóbbi időszakban meg is mutatkozott térségünkben: kevesebb volt a csapadékos napok száma, nőtt az aszályhajlam, valamint a heves csapadékesemények (viharak, esetenként jégesővel, erős széllelkésekkel) és az árvizek száma. A gyakoribb szélsőségek hatással lesznek az emberi egészségre, a környezetre és minden termelő szektorra (URL4).

Mivel magasabb átlaghőmérséklet és kevesebb nyári csapadék várható hazánkban, a párolgás mértéke valószínűleg nőni fog (1. táblázat). Ennek hatására csökkenhet a felszíni lefolyás és a felszín alatti utánpótlódás, aminek következtében kevesebb víz áll majd rendelkezésre az igények kielégítésére, főként az öntözés számára, de veszélybe kerülhet a felszín alatti ivóvízbázisok egy része is (ROTÁRNÉ SZALKAI *et al.* 2016). Jelentős vízkészlet csökkenés várható a felszíni vizek – kiemelten a Balaton (NOVÁKY 2008, CSÁKI *et al.* 2020) – esetében, ebből kifolyólag növekedhet a hőmérsékletük, és romolhat a minőségi állapotuk. Többek között növekedhet a tartózkodási idő és a sótartalom, kedvezőtlenül változhat az oxigén- és a tápanyagháztartás (SOMLYÓDY 2018).

1. táblázat Az átlagos éves hőmérséklet- (*dT*), csapadék- (*dP*), párolgás- (*dET*) és lefolyás (*dR*) előrejelzett változása Magyarországra. Az előrejelzések 12 regionális klímamodell adatainak felhasználásával és az „ α - β éghajlat-lefolyás modell” segítségével készültek (CSÁKI *et al.* 2018). A táblázatban feltüntetett értékek az adott 30 éves időszakok egy múltbeli (referencia) időszakhoz (1981-2010) viszonyított átlagos változását jelentik

Időszak*	dT	dP		dET (mm)		dR (mm)	
	(°C)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
2011–2040	0,9	-2	-0,4	12	2,2	-14	-16,2
2041–2070	2,1	10	1,6	30	5,7	-21	-24,3
2071–2100	3,2	-8	-1,3	38	7,2	-46	-54,2

* A referencia időszakhoz (1981–2010) viszonyítva.

További hatások

GÁLOS – FÜHRER (2018) vizsgálata alapján az átlaghőmérséklet emelkedése és a csapadékmennyiség csökkenése az erdők szempontjából fontos időszakok közül a kritikus hónapokban (július-augusztus) várható a legnagyobb mértékben, de jelentős lehet a fő növekedési periódusban (május-augusztus) is. Amennyiben a vegetációs időszakon belüli csapadék mennyisége a jövőben csökken (a hőmérséklet emelkedése mellett), akkor a 21. század során legalább egy erdészeti klímátípusnyi eltolódás várható. Ennek következménye lehet jelentős mortalitás-növekedés, fafajösszetétel-változás, fanövekedés-csökkenés és drasztikus mértékű üvegházgáz kibocsátás is (MÁTYÁS *et al.* 2018, SOMOGYI 2018). Ezek a hatások az erdőgazdálkodás jövedelmezőségét is nagyban befolyásolják (FÜHRER – MAROSI 2011). Az erdőgazdaság mellett a mezőgazdaságra is jelentős veszélyt jelent a klímaváltozás, amely hidrológiai és klimatológiai szempontból az egyik legsérülékenyebb szektor (SZALAI 2009). Ezért Magyarországon – és más, hasonló adottságú országokban – ahol a klímfüggő agrárágazatok a nemzetgazdaság meghatározó elemei, rendkívül fontos, hogy tisztában legyünk a bekövetkező változások jelen és jövőbeli mértékével (BIDLÓ *et al.* 2014).

Összefoglalás

A klímaváltozás hatásainak modellezésére és elemzésére mindenképpen nagy hangsúlyt kell fektetni, regionális és lokális szinten is. A vízkészletekben bekövetkező változás mértékének becslése különböző időskálákon, mind a mező- és erdőgazdaság, mind a műszaki vízgazdálkodási tevékenység szempontjából fontos feladat. E célra többek között csapadéklefolyás (pl.: SZABÓ 2007), valamint éghajlat-lefolyás (pl.: NOVÁKY 2008, CSÁKI *et al.* 2014) modellek használhatók.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- BARTHOLY, J. – BOZÓ, L. – HASZPRA, L. (Eds.) (2011): Klímaváltozás - 2011: Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. MTA és ELTE, Budapest.
- BIDLÓ, A. – KIRÁLY, A. – MÁTYÁS, CS. (Eds.) (2014): Agrárklíma: az előrevetített klímaváltozás hatáselemzése és az alkalmazkodás lehetőségei az erdészeti- és agrárszektorban. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.
- BIERKENS, M. F. P. – DOLMAN, A. J. – TROCH, P. A. (Eds.) (2008): Climate and the Hydrological Cycle, IAHS Special Publication. International Association of Hydrological Sciences.
- CSÁKI, P. – GYIMÓTHY, K. – KALICZ, P. – SZOLGAY, J. – ZAGYVAI-KISS, K. – GRIBOVSZKI, Z. (2020): Multi-model climatic water balance prediction in the Zala River Basin (Hungary) based on a modified Budyko framework. *J. Hydrol. Hydromech.*, 68, 2020, 2, 200–210. DOI: 10.2478/johh-2020-0016
- CSÁKI, P. – KALICZ, P. – BROLLY, G. B. – CSÓKA, G. – CZIMBER, K. – GRIBOVSZKI, Z. (2014): Hydrological impacts of various land cover types in the context of climate change for Zala County. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 10, 117–131. <https://doi.org/10.2478/aslh-2014-0009>
- CSÁKI, P. – SZINETÁR, M. M. – HERCEG, A. – KALICZ, P. – GRIBOVSZKI, Z. (2018): Climate change impacts on the water balance - case studies in Hungarian watersheds. *Időjárás* 122 (1), 81–99. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2018.1.6>

- FÜHRER, E. – MAROSI, G. – JAGODICS, A. – JUHÁSZ, I. (2011): A klímaváltozás egy lehetséges hatása az erdőgazdálkodásban. *Erdészettudományi Közlemények* 1., 17-28.
- GÁLOS, B. (2010): Analysis of forest-climate interactions, applying the regional climate model REMO. Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 122 p.
- GÁLOS, B. – FÜHRER, E. (2018): A klíma erdészeti célú előrevetítése. *Erdészettudományi Közlemények* 8, 43–55. <https://doi.org/10.17164/EK.2018.003>
- IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K., Meyer, L.A. (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-31.
- IPCC (2018): Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [MASSON-DELMOTTE, V., ZHAI, P., PÖRTNER, H.-O., ROBERTS, D., SKEA, J., SHUKLA, P.R., PIRANI, A., MOUFOUMA-OKIA, W., PÉAN, C., PIDCOCK, R., CONNORS, S., MATTHEWS, J.B.R., CHEN, Y., ZHOU, X., GOMIS, M.I., LONNOY, E., MAYCOCK, T., TIGNOR, M., WATERFIELD, T. (Eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.
- KJELLSTRÖM, E. – NIKULIN, G. – HANSSON, U. – STRANDBERG, G. – ULLERSTIG, A. (2011): 21st century changes in the European climate: uncertainties derived from an ensemble of regional climate model simulations. *Tellus, Dynamic Meteorology and Oceanography* 63, 24–40. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0870.2010.00475.x>
- LAKATOS, M. – SZÉPSZÓ, G. – BIHARI, Z. – KRÜZSELYI, I. – SZABÓ, P. – BARTHOLY, J. – PONGRÁCZ, R. – PIECZKA, I. – TORMA, C. (2012): Éghajlati szélsőségek változásai Magyarországon: közelmúlt és jövő. A magyarországi eredmények összefoglalása az IPCC szélsőséges éghajlati események kockázatáról és kezeléséről szóló Tematikus Jelentéséhez kapcsolódóan.
- MAJOR, GY. – NAGY, Z. – TÓTH, Z. (2002): Az energiafogyasztás csökkenésének hatása a felszín sugárzásforgalmára Magyarországon, in: MAJOR, GY., NAGY, Z., TÓTH, Z. (Eds.), *Magyarországi Éghajlat-Energetikai Tanulmányok*. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, pp. 41-50.
- MÁTYÁS, C. – BERKI, I. – BIDLÓ, A. – CSÓKA, G. – CZIMBER, K. – FÜHRER, E. – GÁLOS, B. – GRIBOVSKZI, Z. – ILLÉS, G. – HIRKA, A. – SOMOGYI, Z. (2018): Sustainability of forest cover under climate change on the temperate-continental xeric limits. *Forests* 9, 489. <https://doi.org/10.3390/f9080489>
- NOVÁKY, B. (2008): Climate change impact on water balance of Lake Balaton. *Water Science & Technology* 58, 1865–1869. <https://doi.org/10.2166/wst.2008.563>
- NOVÁKY, B. – BÁLINT, G. (2013): Shifts and modification of the hydrological regime under climate change in Hungary, in: SINGH, B.R. (Ed.), *Climate Change - Realities, Impacts Over Ice Cap, Sea Level and Risks*. InTech, pp. 163-190. <https://doi.org/10.5772/54768>
- PONGRÁCZ, R. – BARTHOLY, J. – KIS, A. (2014): Estimation of future precipitation conditions for Hungary with special focus on dry periods. *Időjárás* 118, 305-321.
- ROTÁRNÉ SZALKAI, Á. – HOMOLYA, E. – SELMECZI, P. (2016): Ivóvízbázisok klíma-sérülékenysége. *Hidrológiai Közlöny* 96., 21-32.
- SOLOMON, S. – ROSENLOF, K. H. – PORTMANN, R. W. – DANIEL, J. S. – DAVIS, S. M. – SANFORD, T. J. – PLATTNER, G.-K. (2010): Contributions of stratospheric water vapor to decadal changes in the rate of global warming. *Science* 327, 1219–1223. <https://doi.org/10.1126/science.1182488>
- SOMLYÓDI, L. – NOVÁKY, B. – SIMONFFY, Z. (2010): Éghajlatváltozás, szélsőségek és vízgazdálkodás. „Klíma-21” Füzetek (Klímaváltozás – Hatások – Válaszok) 61., 15-32.
- SOMLYÓDY, L. (2018): Felszíni vizek minősége. Modellezés és szabályozás. Typotex Kiadó, Budapest.
- SOMOGYI, Z. (2018): A klímaváltozás miatti fapuszta tovább gyorsíthatja a klímaváltozást. *Erdészettudományi Közlemények* 8, 211–226. <https://doi.org/10.17164/EK.2018.013>

- SZABÓ, J. A. (2007): Decision supporting hydrological model for river basin flood control, in: Peckham, R.J., Jordan, Gy. (Eds.), Digital Terrain Modelling: Development and Applications in a Policy Support Environment. Springer-Verlag, Berlin., pp. 145-182.
- SZALAI, S. (2009): Drought tendencies in Hungary and its impacts on the agricultural production. Cereal Research Communications 37, 501–504.
- SZILÁGYI, J. – JÓZSA, J. (2008): Klímaváltozás és a víz körforgása. Magyar Tudomány, A klíma- és környezetváltozások földtudományi összefüggései. 698.
- TAN, I. – STORELMO, T. – ZELINKA, M. D. (2016): Observational constraints on mixed-phase clouds imply higher climate sensitivity. Science 352, 224–227. <https://doi.org/10.1126/science.aad5300>
- VAUTARD, R. – GOBIET, A. – SOBOLOWSKI, S. – KJELLSTRÖM, E. – STEGEHUIS, A. – WATKISS, P. – MENDELIK, T. – LANDGREN, O. – NIKULIN, G. – TEICHMANN, C. – JACOB, D. (2014): The European climate under a 2 °C global warming. Environmental Research Letters 9. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/034006>
- WILD, M. – GRIESER, J. – SCHÄR, C. (2008): Combined surface solar brightening and increasing greenhouse effect support recent intensification of the global land-based hydrological cycle. Geophysical Research Letters 35. <https://doi.org/10.1029/2008GL034842>
- URL1: IPCC Ötödik Értékelő Jelentés - Éghajlatváltozás 2014 Szintézis Jelentés Döntéshozói Összefoglaló, magyar fordítás (nem hivatalos).
https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/IPCC_jelentes/index.php?id=2260&hir=IPCC_5_er_tekelo_jelentes_donteshozoi_osszefoglaloja
- URL2: Központi Statisztikai Hivatal: Légszennyező anyagok és üvegházhatású gázok kibocsátása (1985–). https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ua002a.html
- URL3: Extrém hidrológiai események - Bajomi Bálint interjúja Szöllősi-Nagy Andrással. Élet és tudomány. 2016/21. http://www.eletestudomany.hu/extrem_hidrologiai_esemenyek
- URL4: Országos Meteorológiai Szolgálat (LÁBÓ ESZTER, ZSEBEHÁZI GABRIELLA, LAKATOS MÓNKA): Az IPCC 1,5 fokos globális hőmérséklet-emelkedést értékelő Tematikus Jelentésének margójára. 2018. október.
https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=2334

TÁVÉRZÉKELÉSEN ALAPULÓ PÁROLGÁS

CSÁKI PÉTER – KALICZ PÉTER – ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA – GRIBOVSKI ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

csaki.peter@uni-sopron.hu

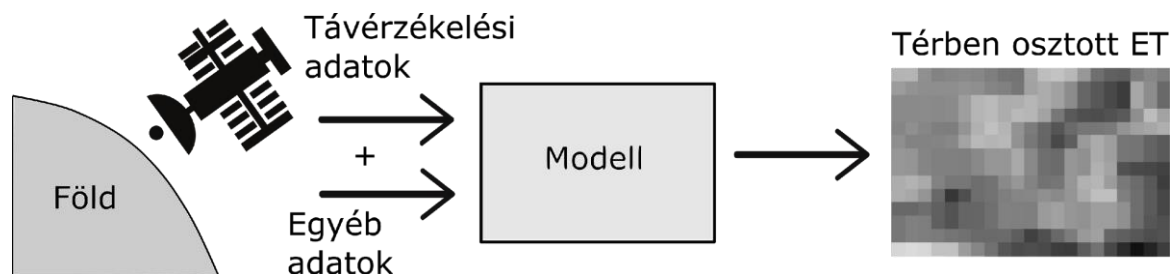
Bevezetés

A párolgás jelentőségét mutatja, hogy többéves időtávot vizsgálva Magyarországon az éves párolgás és az éves csapadék aránya átlagosan 90% körüli, így az éves csapadékösszeg mindössze kb. 10%-a fordítódik a felszíni és felszín alatti vízkészletek utánpótlódására (azaz lefolyásra). Vízháztartási vizsgálatok során elengedhetetlen a párolgás mértékének minél pontosabb meghatározása.

Többféle technika is alkalmazható pontszerű vagy kisebb területek tényleges párolgásának meghatározására (pl.: Bowen-arány módszer, örvény-kovariancia módszer). Vízugyűjtő szinten általában vízmérlegben alapuló módszereket használnak a párolgás becsléséhez. Azonban a hidrológiai modellezés során sokszor cél nagyobb területekre (regionális – kontinentális – globális szinten) adatokat szolgáltatni. A „hagyományos” technikák másik hátránya, hogy nem adnak információt a párolgás térbeli változatosságáról egy adott területen (pl. régió) belül. Ezekhez nyújtanak segítséget az egyre szélesebb körben alkalmazott távérzékelési adatokon alapuló párolgásbecslő módszerek. Az alkalmazásukkal kapható térben osztott párolgásadatok az agrárerdészeti kutatásokban is használhatók vízháztartási vizsgálatokra.

Távérzékelésen alapuló párolgás meghatározási módszerek

A távérzékelés modern eszközeit használva nagy területeken, térben osztottan juthatunk információkhoz, mind a hidrológiai viszonyok, mind a felszínborítás és felszínhasználat tekintetében. Amennyiben a megfigyelések ismétlődőek, az időbeli változások is észlelhetők (SCHMUGGE *et al.* 2002). A távérzékelési adatok jó része ingyenesen elérhető, így az ezeken alapuló párolgásbecslő módszerek (1. ábra) jóval gazdaságosabbak is, mint a „hagyományos” technikák.



1. ábra A távérzékelésen alapuló párolgásbecslés sematikus ábrázolása

Az utóbbi évtizedekben megannyi távérzékelési adatokon alapuló párolgásbecslési módszer látott napvilágot, melyekből jó összefoglaló található például COURAULT *et al.* (2005), GOWDA

et al. (2008) vagy NOURI *et al.* (2013) munkájában. ZHANG *et al.* (2016) a főbb módszerek összefoglalása mellett fejlődéstörténeti áttekintést is ad.

ALLEN *et al.* (2011) a távérzékelésen alapuló módszereket két fő csoportba sorolja: az energiaháztartáson alapuló (fizikai) és a vegetációs indexeken alapuló (empirikus/statisztikai) módszerekbe. Az előbbiek a szenzibilis hőáramlás segítségével, és – általában – terepi mérésekkel kiegészítve modellezik az evapotranszpirációt. Ilyen módszerek például a TSM (Two-Source Model, NORMAN *et al.* 1995), a SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land, BASTIAANSEN *et al.* 1998a,b) vagy a METRIC (Mapping Evapotranspiration at High Resolution with Internalized Calibration, ALLEN *et al.* 2007a,b). A másik csoportba tartozó módszerek a növényzet és a transzpiráció közötti összefüggésre építenek, távérzékelésen alapuló vegetációs indexek (pl.: normalizált vegetációs index - NDVI, levélfelületi index - LAI) segítségével. Ezekről többek között GLENN *et al.* (2010) és ALLEN *et al.* (2011) adnak áttekintést. MU *et al.* (2011) az előző két csoportot (energiához tartáson alapuló, vegetációs indexeken alapuló) kiegészíti egy harmadikkal: egyéb, nem az energiaháztartásra épülő fizikai módszerek. Ide tartoznak – többek között – a Penman-Monteith egyenletre épülő párolgásbecslő eljárások (CLEUGH *et al.* 2007), mint például a MOD16 modell (MODIS Global Evapotranspiration Project, MU *et al.* 2007, 2011). Arra vonatkozóan nincs egyetértés, hogy melyik módszer a legjobb, mivel mindegyiknek megvannak a maga előnyei, hátrányai és korlátai (ZHANG *et al.* 2016).

A különböző távérzékelési szenzorokból származó adatok felhasználhatóságát korlátozza az azok tér- és időbeli felbontása között fennálló fordított arányosság (GOWDA *et al.* 2008). Az 1. táblázat tartalmazza néhány műhold és szenzor NDVI és felszíni hőmérséklet adatait. Látható, hogy például a Landsat 5 és 7 (illetve a 8, 2013 óta) műholdak szenzorjai nagyobb térbeli felbontásban (30-120 m), ám 16 napos visszatérési idő mellett pásztázzák a Föld felszínét. Ezzel szemben a Terra és az Aqua műholdak MODIS szenzorjai egy-két naponta, de kisebb, 250-1000 méteres felbontásban készítenek felvételeket. A Copernicus program keretébe tartozó Sentinel-2 műhold nagyobb felbontású (10-20 m) NDVI adatot szolgáltat 5 napos visszatérési idővel, viszont felszíni hőmérséklet adatok nem állnak rendelkezésre. A Sentinel-3 esetében pedig kisebb felbontású adatok érhetőek el, hosszabb visszatérési idő (27 nap) mellett. Tehát az egyes párolgásbecslő modelleknél meg kell fontolni, hogy melyik műhold adatainak alkalmazása a célravezető.

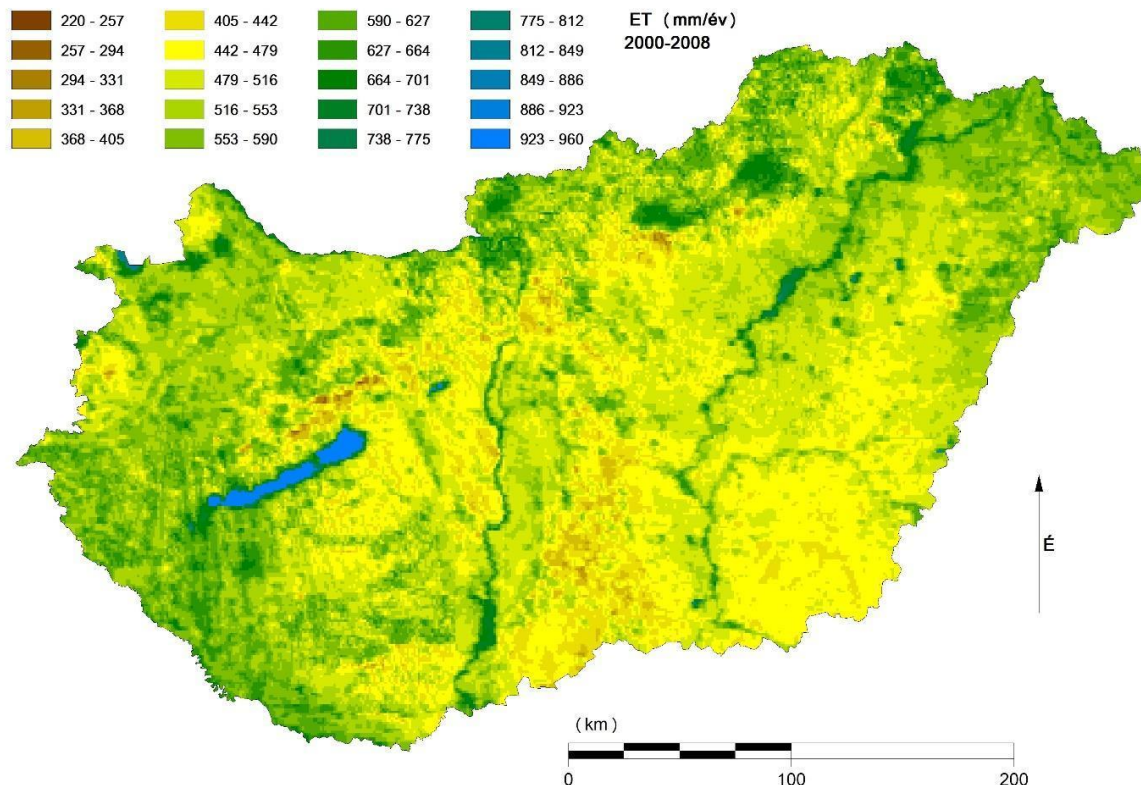
A legtöbb távérzékelési adatokon alapuló párolgásbecslő módszer használatánál problémát okoz a nagyszámú változó az egyenletekben, valamint az, hogy a paraméterek egy részét kalibrálni is szükséges. Ebben nyújthatnak megoldást a kevesebb változót használó, valamint kalibráció-mentes modellek. Ilyen a CREMAP modell (Complementary Relationship-based/Calibration-Free Evapotranspiration Mapping Technique, SZILÁGYI – KOVÁCS 2010), mely MODIS felszíni hőmérséklet adatokon alapul.

1. táblázat Térbeli (pixel) felbontások és visszatérési idő néhány műhold/szenzor esetében (KUSTAS et al. 2003, GOWDA et al. 2008 és LANGE et al. 2017 nyomán; URL1; URL2). NDVI: normalizált vegetációs index, Ts: felszíni hőmérséklet

Műhold/szenzor	Visszatérési idő	NDVI pixel felbontás (m)	T _s pixel felbontás (m)
ASTER	16 nap	15	90
AVHRR	1 nap	1100	1100
GOES	1/4 h - 3 h	4000	4000
LANDSAT 5	16 nap	30	120
LANDSAT 7	16 nap	30	60
MODIS	1-2 nap	250	1000
SENTINEL-2	5 nap	10-20	-
SENTINEL-3	27 nap	500-1000	1000

Térben osztott párolgásadatok Magyarországra

A CREMAP modellel SZILÁGYI – KOVÁCS (2011) előállították Magyarország havi párolgástérképeit a 2000–2008 közötti időszakra, minden év márciusától novemberéig (a párolgás számára lényeges időszakra), 1 km²-es felbontásban. A havi párolgástérképekből előállítottuk az egyes évekre vonatkozó párolgásösszeg-térképeket a 2000–2008-as időszakra. Mivel a CREMAP modellel a téli hónapokra nem történt párolgásbecslés, minden évben 20 mm-t hozzáadtunk az összegekhez. Hazánkban megközelítőleg ennyi a decembertől februárig tartó időszak párolgása (KOVÁCS 2011, URL3). A téli hónapok párolgása nem jelentős, de a kiegészítésre azért volt szükség, hogy teljes éves szinten tudjunk vízháztartási vizsgálatokat végezni. Az éves párolgásösszeg-térképek felhasználásával készítettük el az ország többéves (2000–2008) átlagos párolgásának térképét (2. ábra).



2. ábra Magyarország többéves (2000–2008) átlagos tényleges párolgása

A CREMAP modellt KOVÁCS (2011) validálta örvény-kovariancia állomásokra és vízgyűjtő területekre. A modell párolgásadatait KISFALUDI *et al.* (2015, 2017) összehasonlította a MODIS MOD16 modell (MU *et al.* 2011) párolgásadataival Magyarországra, a 2000–2008-as többéves időszakra. Az értékeket összevetette a KOVÁCS (2011) által a validáláshoz használt örvény-kovariancia állomások és területi vízmérleg által kapott párolgás eredményekkel is. Ezekhez a CREMAP modell közelebbi értékeket adott (átlagos négyzetes hiba gyöke: RMSE=17,2 mm/év), mint a MOD16 (RMSE=34,12 mm/év). Az átlagos párolgáskülönbség a két modell között 19,4 mm/év volt. A MOD16 modell magasabb párolgás értékeket adott a 200 és 500 m-es tengerszint feletti magasságok között, valamint erdők esetében. A többi magasságban (200 m alatt és 500 m felett), valamint a többi felszínborítási kategóriánál a CREMAP adott magasabb értékeket (meg kell jegyezni, hogy a MOD16 a városi területekre és a víztestekre nem ad értéket).

A térben osztott 1 km²-es CREMAP párolgás adatok használhatók például különböző felszínborítások vízháztartásának összehasonlítására (CSÁKI *et al.* 2017). Többek között leskálázással juthatunk nagyobb felbontású adatokhoz (CSÁKI *et al.* 2019), amelyek már alkalmasak erdőállomány szintű elemzésekre. A távérzékelés rohamos fejlődése arra enged következtetni, hogy a jövőben elérhetővé válhatnak nagyobb térbeli felbontású adatok, amelyekkel még részletesebb hidrológiai vizsgálatok is végezhetőek lesznek.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- ALLEN, R. G. – PEREIRA, L. S. – HOWELL, T. A. – JENSEN, M. E. (2011): Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. *Agricultural Water Management*, 98(6), 899-920.
- ALLEN, R.G. – TASUMI, M. – MORSE, A. – TREZZA, R. – WRIGHT, J.L. – BASTIAANSEN, W. – KRAMBER, W. – LORITE, I. – ROBISON, C.W. (2007b): Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC)—Applications. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 133, 395–406. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2007\)133:4\(395\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2007)133:4(395))
- ALLEN, R.G. – TASUMI, M. – TREZZA, R. (2007a): Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC)—Model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 133, 380–394. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2007\)133:4\(380\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2007)133:4(380))
- BASTIAANSEN, W.G.M. – MENENTI, M. – FEDDES, R.A. – HOLTSLAG, A.A.M. (1998a): A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation. *Journal of Hydrology* 212, 198–212. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(98\)00253-4](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00253-4)
- BASTIAANSEN, W.G.M. – PELGRUM, H. – WANG, J. – MA, Y. – MORENO, J.F. – ROERINK, G.J. – WAL, T. VAN DER (1998b): A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 2. Validation. *Journal of Hydrology* 212, 213-229.
- COURAULT, D. – SEGUIN, B. – OLIOSO, A. (2005): Review on estimation of evapotranspiration from remote sensing data: From empirical to numerical modeling approaches. *Irrigation and Drainage Systems* 19, 223–249. <https://doi.org/10.1007/s10795-005-5186-0>
- CSÁKI, P. – CZIMBER, K. – KIRÁLY, G. – KALICZ, P. – ZAGYVAI-KISS, K. A. – GRIBOVSZKI, Z. (2019): NDVI-based Downscaling of the CREMAP Actual Evapotranspiration Maps. *Regional and Business Studies*, 11(1), 39-45., 7 p. DOI: 10.33568/rbs.2403
- CSÁKI, P. – PEIXOTO NETO, A. M. L. – ZAKOTA, T. Z. – CZIMBER, K. – KALICZ, P. – GRIBOVSZKI, Z. (2017): Különböző felszínborítású területek vízháztartása 2000–2008 között, különös tekintettel az erdőkre. In: BIDLÓ, A. – FACSKÓ, F. (eds.) 2017. Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VI. Kari Tudományos Konferencia. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország. 5 p.
- GLENN, E.P. – NAGLER, P.L. – HUETE, A.R. (2010): Vegetation index methods for estimating evapotranspiration by remote sensing. *Surveys in Geophysics* 31, 531–555. <https://doi.org/10.1007/s10712-010-9102-2>
- GOWDA, P.H. – CHAVEZ, J.L. – COLAIZZI, P.D. – EVETT, S.R. – HOWELL, T.A. – TOLK, J.A. (2008): ET mapping for agricultural water management: present status and challenges. *Irrigation Science* 26, 223–237. <https://doi.org/10.1007/s00271-007-0088-6>
- KISFALUDI, B. – CSÁKI, P. – PÉTERFALVI, J. – PRIMUSZ, P. (2017): Seasonal comparison of two spatially distributed evapotranspiration mapping methods. *EGU General Assembly Conference Abstracts* 19, 13497.
- KISFALUDI, B. – CSÁKI, P. – PRIMUSZ, P. – PÉTERFALVI, J. – GRIBOVSZKI, Z. (2015): Comparison of CREMAP and MODIS MOD16 evapotranspiration, in: GRIBOVSZKI, Z.; HLAVČOVÁ, K.; KALICZ, P.; KOHNOVÁ, S.; CARR, G. (Eds.): *HydroCarpath-2015, Catchment Processes in Regional Hydrology : Linking Experiments and Modelling in Carpathian Drainage Basins*. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, Magyarország.
- KOVÁCS, Á. (2011): Tó- és területi párolgás becslésének pontosítása és magyarországi alkalmazásai. PhD értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. Budapest.

- KUSTAS, W.P. – NORMAN, J.M. – ANDERSON, M.C. – FRENCH, A.N. (2003): Estimating subpixel surface temperatures and energy fluxes from the vegetation index–radiometric temperature relationship. *Remote Sensing of Environment* 85, 429–440. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00036-1](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00036-1)
- LANGE, M. – DECHANT, B. – REBMANN, C. – VOHLAND, M. – CUNTZ, M. – DOKTOR, D. (2017): Validating MODIS and Sentinel-2 NDVI Products at a Temperate Deciduous Forest Site Using Two Independent Ground-Based Sensors. *Sensors (Basel)* 17. <https://doi.org/10.3390/s17081855>
- MU, Q. – HEINSCH, F.A. – ZHAO, M. – RUNNING, S.W. (2007): Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data. *Remote Sensing of Environment* 111., 519–536. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.04.015>
- MU, Q. – ZHAO, M. – RUNNING, S.W. (2011): Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. *Remote Sensing of Environment* 115, 1781–1800. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.02.019>
- NORMAN, J.M. – KUSTAS, W.P. – HUMES, K.S. (1995): Source approach for estimating soil and vegetation energy fluxes in observations of directional radiometric surface temperature. *Agricultural and Forest Meteorology* 77, 263–293. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(95\)02265-Y](https://doi.org/10.1016/0168-1923(95)02265-Y)
- NOURI, H. – BEECHAM, S. – KAZEMI, F. – HASSANLI, A.M. – ANDERSON, S. (2013): Remote sensing techniques for predicting evapotranspiration. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 3897–3925. <https://doi.org/10.5194/hessd-10-3897-2013>
- SCHMUGGE, T.J. – KUSTAS, W.P. – RITCHIE, J.C. – JACKSON, T.J. – RANGO, A. (2002): Remote sensing in hydrology. *Advances in Water Resources* 25, 1367–1385.
- SZILÁGYI, J. – KOVÁCS, Á. (2010): Complementary-relationship-based evapotranspiration mapping (cremap) technique for Hungary. *Periodica Polytechnica Civil Engineering* 54, 95-100. <https://doi.org/10.3311/pp.ci.2010-2.04>
- SZILÁGYI, J. – KOVÁCS, Á. (2011): A calibration-free evapotranspiration mapping technique for spatially-distributed regional-scale hydrologic modeling. *J. Hydrol. Hydromech.*, 59, 2011, 2, 118–130.
- ZHANG, K. – KIMBALL, J.S. – RUNNING, S.W. (2016): A review of remote sensing based actual evapotranspiration estimation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 3, 834–853. <https://doi.org/10.1002/wat2.1168>

URL1: Sentinel-2 "Level-2" termékek összefoglaló adatlapja.

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/processing-levels/level-2>

URL2: Sentinel-3 "SLSTR" termékek összefoglaló adatlapja.

<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/missions-and-measurements/slstr/>

URL3: WATCH (WATER and Global CHange) - becsült havi párolgásértékek a Duna vízgyűjtőjére.

<http://www.waterandclimatechange.eu/evaporation/danube-river-basin-evaporation-in-average-year>

A HIDROLÓGIAI JELLEMZŐKBEN TAPASZTALHATÓ NAPI INGADOZÁS TÍPUSAI

GRIBOVSZKI ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

gribovszki.zoltan@uni-sopron.hu

Bevezetés

A hidrológiai jellemzőkben (pl. talajnedvesség, talajvízszint, vízhozam) észlelhető napi ingadozás kevéssé vizsgált jelenség, bár számos fontos információ forrása lehet. A fluktuáció okai sokfélék lehetnek: a fagyás-olvadás hatásai mellett, a trópusokon naponta rendszeresen megjelenő csapadékok, a vízfolyás medrének hőmérséklet hatására jelentkező hidraulikus vezetőképesség változása éppúgy az ilyen periodikus változás oka lehet, mint a vegetáció napi ciklusú vízfelvétele. A jelenség vizsgálata és a belőle nyerhető információk fontosak az agrárerdészeti területek vizsgálatánál is, mivel a növényállományok vízzel kapcsolatos működésére szolgáltatnak adatokat. A tanulmány áttekinti azokat a legjelentősebb mechanizmusokat, amelyek befolyásolják a talajnedvesség, a felszínközeli talajvízjárás és az alapvízhozam napi ciklusú változását.

A napi ingadozás általános jellemzés

A talajnedvesség, a talajvíz és a lefolyás időbeli változatosságában hosszú- (többéves vagy éven belüli változékonyság) és rövid periódusidejű (pl. napi ciklus) változásokat különböztethetünk meg. Az éves periódusú változásnál az ökoszisztéma évszakos ökológiai ritmusáról beszélnek. Míg az évszakos változások jellemzőinek vizsgálatával a különböző szakkönyvek sora foglalkozik, és a hidrológiai szakkönyvekben is hosszasan taglalják ezt a jelenséget, addig a talajnedvesség, a talajvízjárás és az alapvízhozam rövid periódusidejű (pl. napi) lefolyásjellemzőiről irodalmat a szakkönyvekben alig találunk.

Példaként BAUMGARTNER–LIEBSCHNER (1990) csak egy rövid bekezdést szentel a kérdésnek, ahol a jelenséget a levegő-hőmérséklet változásával magyarázza. Ez a megfigyelés a Harz-hegységbeni kísérleti terület eredményeihez kapcsolódik (DELFS et al. 1958). HEWLETT (1982) „Principles of Forest Hydrology” című munkájában említi a jelenséget egy bekezdés erejéig és okának már az evapotranszpirációt (ET) adja meg. LEE (1980) „Forest Hydrology” című tankönyvében említi a talajvízben jelentkező szignált, és a WHITE (1932) módszert be is mutatja, de részletesebben nem elemzi a problémát. Az evapotranszpiráció talajvízre gyakorolt hatásának tárgyalásánál DINGMAN (2002) elemzi a napi ritmusú talajvízszint-változást, és leírja a WHITE-féle eljárást, mint az evapotranszpiráció meghatározásnak egy módszerét a felszínközeli talajvízű területeken. A témával igen részletekbe menően foglalkozott PÖRTGE (1996), aki a rövid periódusú változások közül szintén a napi periódusidejű lefolyásváltozást vizsgálta behatóbban. A hazai szakkönyvek közül V. NAGY (1965) és JUHÁSZ (2002) említi a talajvíz napi ciklusú járását, mindketten UBELL (1960) a VITUKI kecskeméti kísérleti telepén végzett méréseire hivatkoznak. Az ingadozást a talajhőmérséklet napon belüli hullámzásához kapcsolják, és okának kizárólag a talajlevegő abszolút páratartalmában, a párolgás és kicsapódás folyamatai miatt, bekövetkező változásokat tekintik. A talajvízszintekben jelentkező napi ciklusú változás megjelenését előbbi szerzők a vegetációs időszakhoz kötik és csak a felszínközeli talajvizeknél veszik jellemzőnek. Más hazai szakkönyvekben (pl. NÉMETH

1954; SZESZTAY 1972; ZSUFFA 1996; STELCZER 2000) nem is találtunk említést a jelenségről. A szakcikkek esetében, különösen napjaink irodalmát áttekintve más a helyzet. A közelmúltban már egyre több cikk jelenik meg, melyek a hidrológiai jellemzőkben bekövetkező napi ciklusú változás alapján igyekeznek magyarázni és számszerűsíteni bizonyos vízháztartási jellemzőket. Magyarországi viszonylatban GRIBOVSKI et al. (2009) és GRIBOVSKI et al. (2010a) tekintette át a hidrológiai jellemzőkben kimutatható napi hullámzás jellegzetességeit, okait és az ennek alapján nyerhető vízgazdálkodás számára fontos információkat.

A lefolyásban jelentkező napi periódusú ingadozás PÖRTGE (1996) szerint csak kisvízgyűjtőkön (kb. 40 km² nagyságig) kisvízi időszakban tapasztalható, és csak a rajzoló vízmércével rendelkező állomásokon mérhető értékelhető formában. A jelenség ritkábban magában a vízfolyás medrében vizuálisan is felismerhető. LUNDQUIST és CAYAN (2002) vizsgálatai szerint azonban a napi periódusú hullámzás több ezer km²-es vízgyűjtő nagyságnál is tapasztalható. A napi periódusidejű hullámzás nagyobb vízgyűjtők lefolyásában való megjelenését igazolják TROXELL (1936) és MEYBOOM (1965) korábbi vizsgálatai is, ahol a jelenséget 40 km²-nél jóval nagyobb vízgyűjtőkön elemezték.

A tény, hogy a napi periódusú talajnedvesség-, és talajvízjárásnak valamint vízhozam ingadozásnak a korábbi tudományos irodalomban csak igen kevés figyelmet szenteltek, azon alapulhatott, hogy az általa képviselt mennyiségi változás vízgazdálkodási szempontból alárendelt jelentőségűnek ítélt. Ehhez járult még az a tényező, hogy e jelenség sokszor egyszerűen ismeretlen volt a mérést végző számára. Közvetlenül a mederben sokszor alig felismerhető a napi ciklusú vízszintváltozás, a rajzoló nélküli vízmércéken és a régi típusú, nem megfelelő érzékenységgű rajzolókon pedig ritkán kimutatható. A kimutathatóság korlátját jelentette a hidrológiai gyakorlatban a lefolyási adatok gyűjtésénél alkalmazott napi vagy a talajnedvesség és talajvízszintek észlelésénél használt heti egyszeri észlelés, amellyel lehetetlen érzékelni ezeket a napi ciklusidejű változásokat.

A jelenlegi korszerű digitális adatgyűjtő eszközök robbanásszerű fejlődésével egyre több lehetőség adódik nagy frekvenciás adatgyűjtésre, amely rengeteg új információt szolgáltat a napi periódusú hullámzásról.

A napi ciklusú hullámzásból levonható információk nemcsak a vízkészletek és az azokból történő vízfelhasználás pontos számszerűsítésére, az adott terület, ill. víztartó hidrológiai jellemzőinek becslésére alkalmasak, hanem nagyon jó diagnosztikai mutatói a klímaváltozásnak is. A napi hullámzásból nyerhető információk kiegészítői lehetnek a pontszerű hőmérséklet és csapadékméréseknek, amelyek a felső vízgyűjtőkön sokszor ritkák, általában nem egy egész vízgyűjtő integrált hatását mutatják és kevésbé befolyásoltak a vízgyűjtő biológiai jellemzői által (pl. növényállományok). Az integrátor hatás és a biológiai jellemzőkkel való szoros kapcsolat a talajnedvességben, a talajvízjárásban és alapvízhozamokban tapasztalható napi ciklusú hullámzást a klímaváltozás komplex hatásainak igen jó indikátorává teszi.

A legtöbb esetben a hidrológiai jellemzőkben tapasztalható napi ciklusú változás fő indukáló faktorainak a napsugárzást és a hőmérsékletet tekintjük. Ezek szabályozzák a napi ciklusú vízfelvételt és vízleadást, a csapadék, az evapotranszpiráció, az infiltráció és a hóolvadás vagy egyszerűen a hőmérséklet napon belüli fagypontra alatti és fölötti változása révén. Egyes folyamatok (pl. hóolvadás) a vízfolyásokban vagy a felszínközeli talajnedvességben közvetlenül és szinte azonnal érzékelhetőek, míg a talajvíznél kisebb a jelentőségük, ill. bizonyos késleltetéssel jelentkeznek.

Bár a napi ciklus megjelenése lehet valamilyen vízgazdálkodási tevékenység eredménye is, különösen kifejezett pl. a vízerőművek környezetében, jelen munka azonban elsősorban a napi ritmusú hullámzás természetes megjelenési formáival foglalkozik. A természetes hatásokra jelentkező napi fluktuáció folyamatának értelmezése segít annak megértésében is, hogyan

történik a vízkészletek utánpótlódása egy talajnedvesség profil, egy talajvíztest vagy egy vízfolyás esetében, és milyen formában számíthatunk a veszteségekre. Ezek az információk a hosszabb távú vízhozam-növekedések és csökkenések értelmezését könnyíthetik meg, és jól felhasználhatók vízgazdálkodási kérdések eldöntésében is.

A napi ingadozás típusai

Tekintsük át azokat a mechanizmusokat, amelyek befolyásolják a talajnedvesség, a felszínközeli talajvízjárás és az alapvízhozam napi ciklusú változását.

Influens vízfolyás infiltrációs vesztesége

Ez a jelenség csak a felszíni vízfolyásoknál érzékelhető. A víz viszkozitása és a hidraulikus vezetőképesség egyaránt hőmérsékletfüggő, így az influens (talajvízbe bepótló) vízfolyások, vagy influens vízfolyásszakaszok medren keresztüli elszivárgásban jelentkező vízvesztés függ a vízfolyás hőmérsékletétől (LUNDQUIST és CAYAN 2002). Azokon a szakaszokon, ahol a vízfolyás vize bepótol a talajvízkészletbe, a legnagyobb vízvesztés a legnagyobb vízhőmérsékletnél következik be. A napi fluktuáció a patak hőmérsékletében a legnagyobb, amikor

- a patak vízhozama alacsony és/vagy nagy a vízfelszín-vízhozam arány, illetve
- a patak vize nagy hőforgalomnak van kitéve a napon belüli hőmérsékleti és sugárzási fluxusok változásai következtében (LUNDQUIST és CAYAN 2002).

A vízfolyások infiltrációs veszteségből származó, napi ciklusú vízjárása hasonló aszimmetriát mutat, mint az evapotranspirációs típusé, hirtelen csökkenéssel és fokozatos emelkedéssel az egyes napokon.

Rendszeresen megjelenő napi csapadék okozta ingadozás

Egyes klímazonákban, például a trópusokon, az egyenlítő környékén, a szisztematikusan dél körül, kora délután megjelenő napi csapadék árhullámokat indít el a vízfolyásokon, amely árhullámok az összegyülekezéstől függően karakterisztikus napi jelleget kölcsönöznek a vízfolyások vízjárásának (WAIN 1994). Mivel ez a típus klímafüggő, a mérsékeltövi klímazonában nem jellemző.

A hóolvadás és a fagyás-olvadás indukálta napi ingadozás

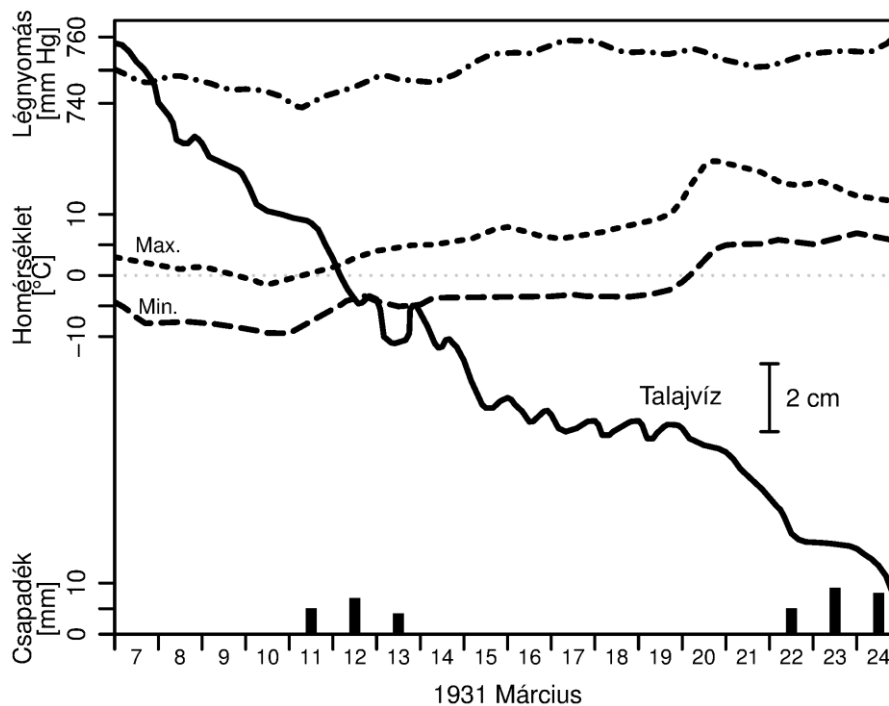
A hóolvadás és a fagyás-olvadás okozta napi periódusú hullámozás azokon a fagyos napokon jelenik meg, ahol a hőmérsékleti amplitúdó 10 °C körüli és a maximális hőmérséklet fagypont fölé emelkedik. A talajvízállás és a lefolyás menete ebben az esetben a levegőhőmérséklet menetével korrelál, tehát általában egy hajnali, reggeli minimummal és egy kora délutáni maximummal jellemezhető.

Ez a főként hőmérséklet által vezérelt típus azokon a területeken és időszakokban a legjellemzőbb, ahol a téli hótakaró olvadása jelentős változásokat okoz a vízfolyások vízhozamában, ill. a felszínközeli talajvízszintekben. A hóolvadás kis vízgyűjtőkön való tanulmányozása során egy aszimmetrikus napi ritmus megjelenése tapasztalható a vízfolyások hozamában. A napi ritmus jellemzője az éles emelkedés és a fokozatos csökkenés (LUNDQUIST-CAYAN 2002).

Hómentes területeken vagy időszakokban is előidézi a fagyás-olvadás jelensége (1. ábra) egy hasonló napi ritmust. Már BOUYOUCOS (1915) följegyezte, hogy a talajnedvesség páraalakban a meleg helyről a hidegebb és szárazabb hely felé mozog. Ez a jól ismert termoozmózis jelensége (KÉZDY 1977). A talajfelszín közelében jelentkező talajfagy hatására egy másik jelenség, a kapilláris vízmozgás megindulása is tapasztalható, amint ezt a mérnöki gyakorlat

már régen ismeri (CODUTO 1999). A kapillárisan utánpótlódó víz a felszín közelében megfagyva növeli az ott kialakult jégencsék méretét (KÉZDY 1977).

A felszínközeli talajfagy kihatása általában 1–2 m. A folyamatos állandó fagyhatásra nem tapasztalható a napi ritmusú hullámszint csak a talajvízszint folyamatos süllyedése és ugyanez detektálható a vízfolyások alapvízhozamában is. A periodikusan változó szívóerő és a vele kapcsolatban megjelenő napi ritmus akkor jelentkezik, ha mind a fagypont feletti, mind az az alatti hőmérséklet egyaránt előfordul a nap során (EIMERN 1950) (1. ábra). A jelenséget először PÖRTGE írta le részletesen és magyarázta az előbbieket szerint az okait (PÖRTGE 1996).

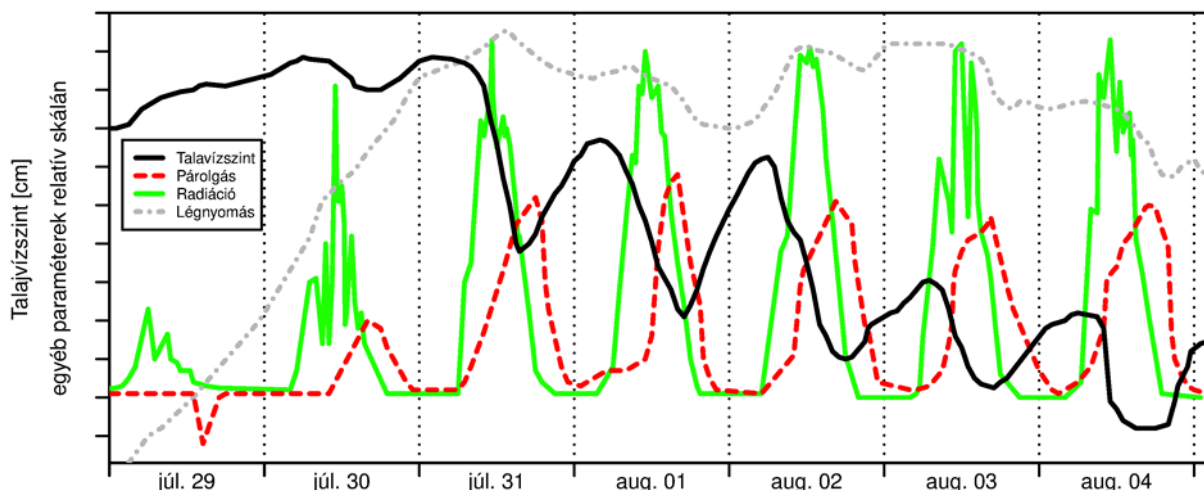


1. ábra A téli típus megjelenése a talajvízjárásban a légnyomással, a csapadékkal és a hőmérséklettel összehasonlítva az 1931 március 7.-e és 24.-e közötti időszakban Rheinkampnál (Niederrhein) (EIMERN 1950 nyomán)

Evapotranszpiráció, mint a napi ingadozás kiváltó oka

A párolgási típus egy reggeli, kora délelőtti maximális és egy délutáni, esti minimális talajnedvesség, talajvízállás és lefolyásértékkel jellemezhető. Ennél a típusnál általában világos összefüggés mutatható ki a hidrológiai jellemzők napi ritmusa és a relatív légnedvesség napi menete között, ami döntő mértékben a besugárzástól függ. Azonban a jelenség nem közvetlenül a sugárzással és a relatív légnedvességgel, hanem a sugárzás, a légnedvesség és egyéb meteorológiai paraméterek által vezérelt evapotranszpirációval (erdővel borított területen főként a transzspirációval) hozható összefüggésbe (2. ábra). Az összefüggés alapja, hogy a növények a gyökereikön keresztül nyerik a vízutánpótlásukat a talaj vízkészletéből.

A vízfolyás menti talajvízszintekben és talajnedvességben valamint a vízfolyások alapvízhozamában az evapotranszpiráció hatására megjelenő napi hullámszint leírásával, okainak vizsgálatával számos kutatás foglalkozott. Már kevesebb irodalomban találunk kidolgozott módszereket a vízfogyasztás (evapotranszpiráció) számítására a karakterisztikus szignál alapján (WHITE 1932, MEYBOOM 1965, REIGNER 1966, BAUER et al. 2004, ENGEL et al. 2005, NACHABE et al. 2005, SCHILLING 2007, GRIBOVSZKI et al. 2008, LOHEIDE 2008, KIRCHNER 2009, SOYLU et al. 2012, GRIBOVSZKI et al. 2010b, GRIBOVSZKI 2014, SZÉLES et al. 2018).



2. ábra A talajvízszint napi periódusú süllyedése összevetve az evaporációval, a sugárzással és a légnomással a darmstadti botanikus kertben (KAUSCH 1957 nyomán)

Az evapotranszpiráció indukálta típus vizsgálata olyan részletes, hogy hosszabb tanulmányok is foglalkoznak vele. A jelenség tanulmányozása a közelmúltban jelentősen kiterjedt és a belőle számítható növényi vízfelvétel egyre inkább elfogadottá válik.

Egyéb napi periodicitást okozó hatások

A természetes folyamatok mellett az antropogén hatások is eredményezhetik a talajvízállás változását a napi periódusnak megfelelő léptékben. Így hasonló jelenséget figyelt meg BOUSEK (1933) a vízművek szivattyúzási teljesítményének változása következtében Magyarországon. Napjainkhoz közelebbi példaként MORGENSCHWEIS (1995) vízkivétellel összefüggő napi periódusváltozás vizsgálatait említhetjük meg. Hasonló jelenséget idéz elő a vízerőművek csúcsrajáratása a Dráva folyón, akár méteres napi vízszintingadozást okozva.

A talajvízkivétel okozta mesterséges vízszintingadozások sokkal nagyobbak (lokálisan több méteresekek) is lehetnek, mint a természetes hatások okozta napi hullámozás (az ET okozta napi ingadozás a GRIBOVSKI et al. (2008) által vizsgált területen maximum 20 cm volt a legforróbb nyári napokon). Az előbbieket szerint a mesterséges hatások képesek elmaszkolni a természetes hatások okozta napi ingadozást, ha azonos területen és időszakban jelentkeznek.

A 24-órás periódustól eltérő rövid tartamú változások (pl. 12 órás periodicitás) okai általában a hasonló periódusidejű árapály jelenségekre utalnak (SENITZ 2001), de ez elsősorban a mélyebb talajvízszintekben, rétegvizekben tapasztalható.

Összefoglalás

A hidrológiai jellemzőkben tapasztalható napi ciklusú változás fő indukáló faktorainak általában a napsugárzást és a hőmérsékletet tekintjük. Ezek szabályozzák a hidrológiai ciklust napi szinten is a csapadék, az evapotranszpiráció, az infiltráció és a hóolvadás vagy a hőmérséklet napon belüli fagypont alatti és fölötti változása révén. Bár a napi ciklus megjelenése lehet valamilyen vízgazdálkodási tevékenység eredménye is, különösen kifejezett pl. a vízerőművek környezetében, jelen munka azonban elsősorban a napi ritmusú hullámozás természetes megjelenési formáit tekintette át.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- BAUER, P. – THABENG, G. – STAUFFER, F. – KINZELBACH, W. (2004): Estimation of the evapotranspiration rate from diurnal groundwater level fluctuations in the Okavango Delta, Botswana. *Journal of Hydrology*, 288(3-4):344–355
- BAUMGARTNER, A. – LIEBSCHNER, H. J. (1990): *Allgemeine Hydrologie, Quantitative Hydrologie*. Gebrüder Borntraeger, ISBN 3-443-30001-4
- BOUSEK, R. (1933): Das tägliche periodische steigen und fallen des grundwasserspiegels. *Die Wasserwirtschaft*, 31:427–429
- BOUYOUCOS, G. J. (1915): Effect of temperature on movement of water vapor and capillary moisture in soils. *Journal of Agricultural Research* 5, 141–172.
- CODUTO, D. P. (1999): *Geotechnical Engineering: Principles and Practices*. Prentice Hall, ISBN 0-13-576380-0.
- DELFS, J. – FRIEDRICH, W. – KIESEKAMP, H. – WAGENHOFF, A. (1958): Der einfluß des waldes und des kahlschlages auf den abflußvorgang, den wasserhaushalt und den bodenabtrag. *Mitt. A. d. Nieders. Landes-forstverwaltung, Aus dem Walde*, 3:223
- DINGMAN, S. L. (2002): *Physical Hydrology*. Prentice Hall, 2002. ISBN 0-13-099695-5
- EIMERN, J. VAN (1950): Beobachtungen und bemerkungen zur wasserbewegung im boden und zur frosthebung des bodens. *Z. Acker- u. Pflanzenbau*, 108:375–383.
- ENGEL, V. – JOBBAGY, E. G. – STIEGLITZ, M. – WILLIAMS, M. – JACKSON, R. B. (2005): The hydrological consequences of eucalyptus afforestation in the argentine pampas. *Water Resources Research*, 41: doi:10.4101/11029/12004WR003761
- GRIBOVSKI Z. – KALICZ P. – SZILÁGYI JÓZSEF – KUČSARA MIHÁLY (2008): Riparian zone evapotranspiration estimation from diurnal groundwater level fluctuations. *Journal of Hydrology*, 349: doi:10.1016/j.jhydrol.2007.10.049, 6–17
- GRIBOVSKI, Z. – KALICZ, P. – SZILÁGYI J. (2009): Napi periódusú változás a hidrológiai jellemzőkben. *Hidrológiai Közöny*, Vol 89, 2, 2009. március-április., p. 23-37.
- GRIBOVSKI, Z. – SZILÁGYI, J. – KALICZ, P. (2010a): Diurnal fluctuations in shallow groundwater levels and in streamflow rates and their interpretation - a review. *Journal of Hydrology* (385), 371–383, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.02.001>
- GRIBOVSKI, Z. – KALICZ, P. – SZILÁGYI J. (2010b): Talajvíz evapotranszspiráció számítása a vízhozamok napi periódusú ingadozása alapján, *Hidrológiai Közöny*, Vol 90, 5, 19-28.
- GRIBOVSKI, Z. (2014): Diurnal Method for Evapotranspiration Estimation from Soil Moisture Profile *Acta Silv. Lign. Hung.*, Vol. 10, Nr. 1 67–75 . doi: 10.2478/aslh-2014-0005
- HEWLETT, J. D. (1982): *Principles of Forest Hydrology*. University of Georgia Press, ISBN 0-8203-0608-8.
- JUHÁSZ, J. (2002): *Hidrogeológia*. Akadémiai kiadó, ISBN 963-05-7891-3
- KÉZDY, Á. (1977): *Talajmechanika*. Tankönyvkiadó, ISBN 963-17-0828-4.
- KIRCHNER, J. W. (2009): Catchments as simple dynamical systems: Catchment characterization, rainfall-runoff modeling, and doing hydrology backward, *Water Resour. Res.*, 45, W02429, doi:10.1029/2008WR006912
- LEE, R. (1980): *Forest hydrology*. Columbia University Press, 1980. ISBN 0-231-04718-5
- LUNDQUIST, J. D. – CAYAN, D. R. (2002): Seasonal and spatial patterns in diurnal cycles in streamflow in the western united states. *Journal of Hydrometeorology*, 3(October): 591–1603
- MEYBOOM, P. (1965): Three observations on streamflow depletion by phreatophytes. *Journal of Hydrology*, 2:248–261
- MORGENSCHWEIS, G. (1995): Kurzzeitige vorhersage der wasserentnahme aus einem flussgebiet. Vortragsmanuskript zur 8. Wiss. Tagung Hydrologie und wasserwirtschaft zum Thema "Verfügbarkeit von Wasser" vom 22./23. März 1995 in Bochum, 16 Seite

- NACHABE, M. – SHAH, N. – ROSS, M. – WOMACKA, J. (2005): Evapotranspiration of two vegetation covers in a shallow water table environment. *Soil Science Society of America Journal*, 69:492–499
- NÉMETH, E. (1954): Hidrológia és hidrometria. Tankönyvkiadó
- PÖRTGE, K. H. (1996): Tagesperiodische Schwankungen des Abflusses in kleinen Einzugsgebieten als Ausdruck komplexer Wasser- und Stoffflüsse. Verlag Erich Goltze GmbH KG, ISBN 3-88452-103-9.
- REIGNER, I. C. (1966): A method for estimating streamflow loss by evapotranspiration from the riparian zone. *Forest Science*, 12(2):130–139
- SCHILLING, K. E. (2007): Water table fluctuations under three riparian land covers, Iowa (USA). *Hydrological Processes*, 21:doi:10.1002/hyp6393., 2415–2424F
- SENITZ, S. (2001): Untersuchung und Anwendung kurzperiodischer Schwankungen des Grundwasserspiegels in Thüringen. *Grundwasser*, 4:163–173
- SOYLU, M. E. – LENTERS, J. D. – ISTANBULLUOGLU, E. – LOHEIDE, S. P. (2012): On evapotranspiration and shallow groundwater fluctuations: A Fourier-based improvement to the White method, *Water Resour. Res.*, 48, W06506, doi:10.1029/2011WR010964
- STELCZER, K. (2000): A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai. ELTE Eötvös kiadó, ISBN 963-463-249-1
- SZESZTAY, K. (1972): Hidrológia. Tankönyvkiadó
- SZÉLES, B. – BROER, M. – PARAJKA, J. – HOGAN, P. – EDER, A. – STRAUSS, P. – BLÖSCHL, G. (2018): Separation of scales in transpiration effects on low flows: A spatial analysis in the Hydrological Open Air Laboratory. *Water Resources Research*, 54, 6168–6188. <https://doi.org/10.1029/2017WR022037>
- TROXELL, H. C. (1936): The diurnal fluctuation in the ground-water and flow of the Santa Anna river and its meaning. *Transactions, American Geophysical Union*, 17 (4):496–504
- UBELL, K. (1960): A talajvízállás előrejelzése. Technical report, VITUKI
- V. NAGY, I. (1965): Hidrológia. Tankönyvkiadó
- WAIN, A. S. (1994): Diurnal river flow variations and development planning in the tropics. *The Geographical Journal*, 160(3):295–306
- WHITE, W. N. (1932): Method of estimating groundwater supplies based on discharge by plants and evaporation from soil - results of investigation in Escalante valley. Technical report, Utah - U.S. Geological Survey. Water Supply Paper 659-A
- ZSUFFA, I. (1996): Műszaki Hidrológia I-IV. kötet. Műegyetemi Kiadó, ISBN 963-420-493-7

A FELSZÍNBORÍTÁS HATÁSA A JÖVŐBENI VÍZMÉRLEGRE EGY ERDŐS TERÜLET PÉLDÁJÁN

HERCEG ANDRÁS – KALICZ PÉTER – PRIMUSZ PÉTER – GRIBOVSZKI ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

herceg.andras@uni-sopron.hu

Bevezetés

Európában és így a Kárpát-medencében is a jelenleg zajló klímaváltozás minden évszakra kiterjedő, jelentős felmelegedéssel és szárazodással jellemezhető (CHRISTENSEN *et al.* 2007; JACOB *et al.* 2008; LINDEN VAN DER – MITCHELL 2009). A melegedés konkrétan 2–5 °C-ot jelent, a felhasznált klímamodelltől és kibocsátási forgatókönyvtől függően (NOVÁKY – BÁLINT 2013; PONGRÁCZ *et al.* 2011).

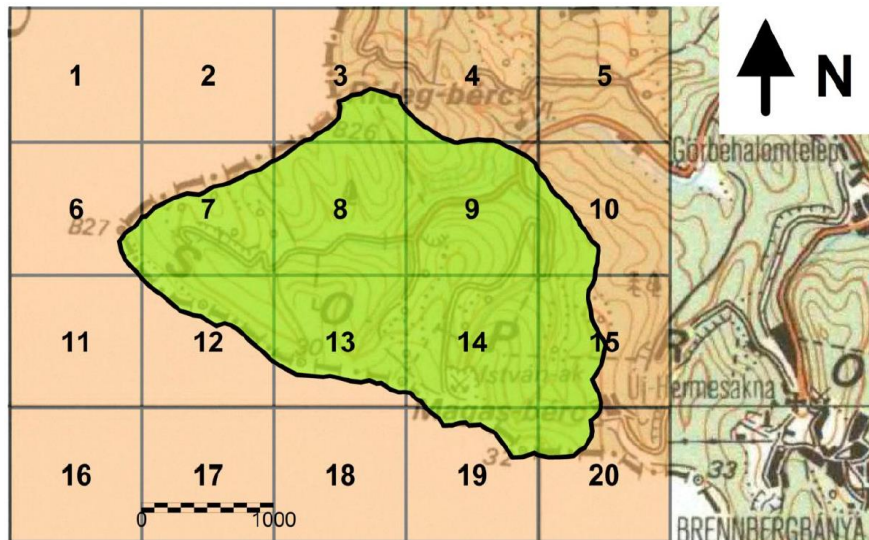
A klímaváltozásnak a legjelentősebb hatással a vízkörforgalomra van, a csapadék mintázatok és az evapotranszpirációs folyamatok megváltoztatása révén (PONGRÁCZ *et al.* 2014; SUN *et al.* 2011). A Kárpát-medencére az előrejelzések téli csapadéknövekedést, és nyári csökkenést prognosztizálnak (GÁLOS *et al.* 2015; NOVÁKY – BÁLINT 2013). A csapadék mennyiségében és eloszlásában feltételezett változások, az egyre emelkedő hőmérséklettel a növényzet magasabb vízfogyasztását indukálhatják, amely a talajnedvességben, talajvízben és végső soron a vízkörforgalomban bekövetkező változást eredményezheti. Ennélfogva tehát a klímaváltozás a vízmérleg egyenlet struktúrájának változását idézheti elő (KEVE – NOVÁKY 2010).

A Kárpát-medencében a csapadék 90%-a elpárolog, míg a fennmaradó 10% lefolyást képez. (KOVÁCS 2011), tehát a párolgás számszerűsítése, a vízmérleg modellezés szükséges feladat.

Egyes kutatások (GRANIER *et al.* 1999; REMROVÁ – ČÍSLEŘOVÁ 2010; LUTZ *et al.* 2010; KEABLES – MEHTA 2010) vízmérleg-modell hatásanalízisének eredményei rámutatnak, hogy a párolgás a jövőben valószínűleg nő, míg a talajvíztartalom csökken, a feltételezhetően növekvő hőmérséklet és a csökkenő csapadék miatt. Mindez vízhiányhoz vezethet a 21. század végére, bár a hatások régióként eltérőek, ami további regionális kutatások elvégzését indokolja.

Jelen cikk célja egy erdős felszínborítású kísérleti kisvízgyűjtő vízmérlegmodellének létrehozása, majd a kalibrált és validált modellt felhasználva a klímaváltozás 21. századi hatásainak feltérképezése.

Kutatási terület



1. ábra A kutatási terület

A kutatási terület egy közel 100%-ban erdős felszínborítású kísérleti kisvízgyűjtő, az Alpok keleti lábánál, közel Sopron városhoz.

A klíma szubalpin. Az éves átlaghőmérséklet 8,5 °C, míg az éves csapadék 700–750 mm. A legszárazabb évszak az ősz, míg a legnedvesebb a késő tavasz és a koranyár (DÖVÉNYI 2010). A vízgyűjtő geológiai alapja folyami üledék, amely a kristályos kőzeten öt rétegben rakódott le a harmadidőszakban (Miocén). A finomabb szemcséjű réteg a völgytalpban jelenik meg, amely egyúttal jó víztartó (KISHÁZI-IVANCSICS 1985). A fizikai talajfeleség agyag.

Az uralkodó fafajok a vízgyűjtőn a lucfenyő (*Picea Abies*) és a bükk (*Fagus sylvatica*) az északi lejtőkön, valamint kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) és bükk a déli lejtőkön.

A vizsgálati periódus 2000.01 – 2008.12. közötti (AgrárKlíma.2 projekt).

A Thornthwaite-típusú hidrológiai modell leírása

A Thornthwaite típusú vízmérlegmodell egy 1D-s rendszert jelent, amely csak a vertikális fluxust veszi figyelembe. A modell bemenetét a havi csapadék (P_M) [mm] és a havi hőmérséklet (T_M) [°C] jelenti (DINGMAN 2002).

A kutatás során a módosított Thornthwaite modellt (DINGMAN 2002) továbbfejlesztettük, és az került felhasználásra, ehhez az „R” statisztikai szoftvert használtuk (R CORE TEAM 2012).

A modellezés első lépése a potenciális párolgás (PET) meghatározása volt, ehhez egy hőmérséklet alapú modellt használtunk HAMON (1963) nyomán.

$$PET_H = 29.8 \cdot D \frac{e_m^*}{T_M + 273.2} \quad (1)$$

$$e_m^* = 0.611 \cdot \exp\left(\frac{17.3 \cdot T_M}{T_M + 237.3}\right) \quad (2)$$

Ahol: D: naphossz (óra); T_M : havi átlagos középhőmérséklet [°C]; e_m^* : telítési párányomás [kPa].

A modellezés következő lépése egy feltétel:

Ha:

$$P_M \geq PET_M \quad (3)$$

akkor

$$ET_M = PET_M \quad (4)$$

$$SOIL_M = \min\{(P_M - ET_M) + SOIL_{M-1}, SOIL_{MAX}\} \quad (5)$$

Ahol:

PET_M a kalibrált havi potenciális párolgás [mm], meghatározása a kalibráció része, így azt az ezzel foglalkozó alfejezetben tárgyaljuk. ET_M : havi átlagos aktuális párolgás, és $SOIL_M$ [mm] a havi talajnedvesség. $SOIL_M$ a vegetáció számára talajnedvesség mennyiségét reprezentálja (nem a teljes talajnedvességet).

Az ET_M és a $SOIL_M$ képezi ezen tanulmány kimeneti (eredmény) paramétereit.

A modellezés során az első $SOIL_{M-1}$ érték a lehetséges maximumra vagyis $SOIL_{MAX}$ -ra [mm] lett beállítva. Ennek alapja, hogy a talajnedvesség-tár telített, mielőtt a vegetációs időszak elkezdődik. A kezdő gyökérmélység értéke pedig 1 méter.

$$SOIL_{MAX} = (\theta_{fc} - \theta_{pwp}) * z_{rz} \quad (6)$$

Ahol: θ_{fc} : víztartalom, szántóföldi vízkapacitáson [-], θ_{pwp} : hervadásponyi víztartalom [-], z_{rz} : gyökérmélység [mm]

A következő egyenletek bemutatják, hogyan szolgál talajnedvességkészlet a párolgásnak, mint rezervoár. Ha egy adott hónapban a csapadék kevesebb, mint a kalibrált potenciális párolgás:

$$P_M < PET_M \quad (7)$$

Akkor:

$$ET_M = P_M + SOIL_{M-1} - SOIL_M = P_M + \Delta SOIL \quad (8)$$

Ahol:

$$\Delta SOIL = SOIL_{M-1} - SOIL_M = SOIL_{M-1} * \left(1 - \exp\left(-\frac{PET_M - P_M}{SOIL_{MAX}}\right)\right) \quad (9)$$

$\Delta SOIL$: csökkenés a talajnedvességkészletben [mm].

Modell kalibráció és validáció

A validáció és kalibráció alapjául távérzékeltekt aktuális párolgás adatok szolgáltak (ET_{CREMAP}) (SZILÁGYI *et al.* 2011). A rendelkezésre álló idősor (2000–2008) két részre lett felosztva, kalibrációra (2000–2005) és validációra (2006–2008).

A kalibráció idősorát további két részre bontottuk. Potenciális és aktuális párolgás kalibrációja. A kalibráció és a validáció metodikai eredményeit külön részfejezet tárgyalja.

Előrejelzés

Az előrejelzéshez a modellt újra kalibráltuk, hogy az elérhető összes adatsort figyelembe tudjuk venni, és így a legjobb lehetséges korrelációt tudjuk előállítani.

Bemeneti adatként a törtvonalú regresszió egyenletei (PET kalibrációjából), a kalibrált $SOIL_{MAX}$ és a rács-alapú, korrigált regionális klímamodellek hőmérséklet (T_M) és csapadék (P_M) értékek. A kimeneti paraméterek pedig a párolgás (ET_M) a talajnedvesség ($SOIL_M$) és a

talajnedvesség minimum ($SOIL_{M_{10}Percentile}$). Az utóbbi az alsó 10. percentilis érték alatti, minimum értékek átlagértékét jelenti.

Regionális klímamodellek

Tekintettel arra, hogy minden klímaelőrejelzés, jellegéből fakadóan bizonytalanságot tartalmaz, 4 regionális klímamodell került felhasználásra, amely reprezentálja ezt a bizonytalanságot. Adatbázisul pedig a FORESEE-t használtuk (DOBOR 2013). A bemeneti adatok a kutatási területhez legközelebbi pixelkoordináta felhasználásával kerültek előállításra. Az RCM-ek fő tulajdonságai az 1. táblázatban találhatók.

1. táblázat A felhasznált RCM-ek (LINDEN VAN DER – MITCHELL 2009)

Modell azonosító	Kutató Intézet	Regionális klímamodell	GMC	Emissziós forgatókönyv	Térbeli felbontás
1	Max-Planck-Institute for Meteorology (MPI)	REMO	ECHAM5	A1B	25km
2	Sweden's Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)	RCA	ECHAM5-r3	A1B	25km
3	Danish Meteorological Institute (DMI)	HIRHAM5	ECHAM5	A1B	25km
4	Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI)	RACMO2	ECHAM5-r3	A1B	25km

A továbbiakban minden modellre annak, az 1. táblázatban közölt modell azonosítójával hivatkozunk (1. táblázat, első oszlopa).

A regionális klímamodellek egy 2015-től 2100-ig tartó vizsgálati időszakot ölelnek fel. Ez a 85 éves periódus három (30 éves) vizsgálati időszakra lett felosztva: 2015–2045; 2045–2075 és 2070–2100. Az összehasonlítás alapjául pedig egy 1985–2015-ös, méréseken alapuló periódus lett kiválasztva („0” modellazonosító).

Szárazságstressz

Szárazságstressz számszerűsítésének egy egyszerű és hatékony módja a „relatív hasznosítható víz” (REW: relative extractable water) meghatározása (GRANIER *et al.* 1999).

$$REW = \frac{SOIL_M}{SOIL_{MAX}} \quad (10)$$

Ahol:

REW: relatív hasznosítható víz [-],

Amikor REW értéke a SOIL_{MAX} 50%-a alá esik, a transzspiráció fokozatosan lecsökken (a sztómazáródás következtében), így szárazságstressz jelentkezik.

SOIL_{MAX} a növényzet számára elérhető, hasznosítható maximális vízmennyiség. Az átlagos talajnedvesség (SOIL_M) az aktuálisan hasznosítható vizet jelenti a különböző vizsgálati periódusokban.

Módszertani eredmények

A potenciális párolgás kalibrációja

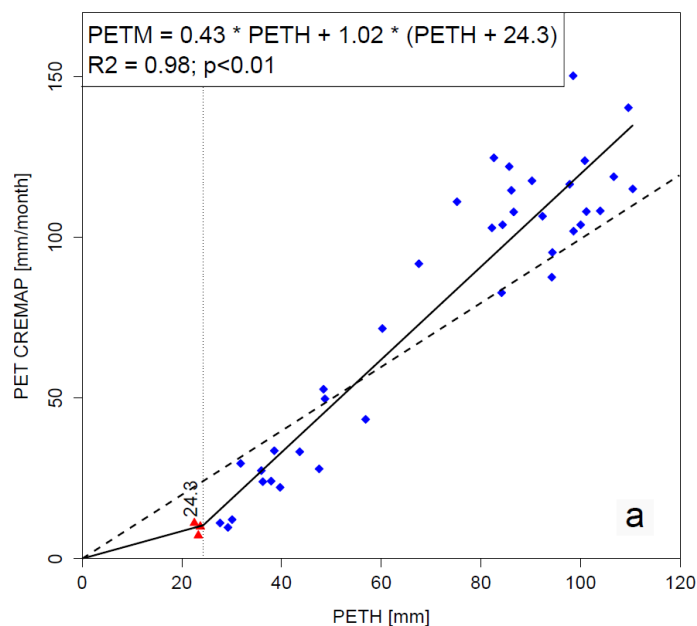
A kalibráció első lépése a potenciális párolgás kalibrációja, ET_{CREMAP} felhasználásával, az aktuális felszínborításra, jó vízellátottság esetén. A jó vízellátottságról akkor beszélhetünk, amikor a csapadék meghaladja a potenciális párolgást, vagy az aktuális párolgás (ET_{CREMAP}) értéke haladja meg a potenciális párolgását (PET_H)

$$P_M > PET_H \text{ vagy } ET_{CREMAP} > PET_H \quad (11)$$

A feltételek alapján kiválasztott ET_{CREMAP} értékeket PET_{CREMAP}-val jelöltük. A PET_{CREMAP} és a PET_H közötti korreláció került meghatározásra (2. ábra). PET értéke eltérő a vegetációs és a nyugalmi időszakban, ezért ennek figyelembevételéhez az úgynevezett törtvonalú-regressziós eljárást alkalmaztuk (Muggeo 2008), A növényzet két, alapvetően eltérő állapotát a töréspont igyekszik elkülöníteni. A törésponttól balra levő ponthalmaz a nyugalmi, attól jobbra pedig a vegetációs időszakot reprezentálja (2. ábra).

Erős korrelációt kaptunk a PET_{CREMAP} és a PET_H között, amelyet az R² reprezentál. Értéke, R = 0,98. Az 1:1-es vonal túlbecsülésre mutat rá, bár ez csak a nyugalmi időszakra érvényes. (Ez azt jelenti, hogy a globálisan kalibrált Hamon típusú PET magasabb értékekkel rendelkezik télen, mint a mért PET, vagyis az első szegmens vonala az 1:1-es alatt helyezkedik el).

A töréspont értéke 24,3 mm. A kis érték oka a területen jelenlevő túlevelű fajok, így (matematikailag) a vegetációs időszak „korábban kezdődik”. Mindazonáltal egy erdős területen magasabb az albedó, így kisebb az elnyelt energia, ami magasabb párolgásértékeket jelenthet. A vegetációs időszakban, a nyugalmival ellentétben a növekvő értékekkel fokozódó alulbecslés a jellemző (2. ábra). Tekintettel arra, hogy a PET_{CREMAP} értékeket valósan fogadjuk el, azok, a kalibráció révén kiküszöbölik az alulbecsléseket, így a PET_{CREMAP} értékek a kalkulált PET_H értékeket teszik felszínborítás függővé.



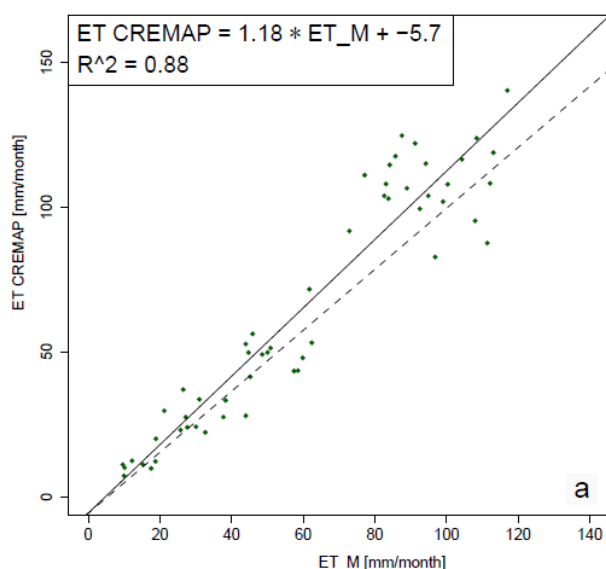
2. ábra PET_{CREMAP} és $PETH$ korrelációja a vegetációs és a nyugalmi időszakban, vagyis a $PETH$ kalibrációja. A piros háromszögek a nyugalmi időszak, míg a kék négyszögek a vegetációs időszak értékeit reprezentálják

Az aktuális párolgás kalibrációja

A kalibrációs eljárás második lépése az aktuális párolgás (ET_M) kalibrálása, ET_{CREMAP} értékekkel, $SOIL_{MAX}$ paraméter segítségével. A $SOIL_{MAX}$ kezdő értékét a ET_M és a ET_{CREMAP} közötti maximális korreláció eléréséig módosítottuk.

A beállított (kalibrált) $SOIL_{MAX}$ segítségével a gyökérmélység (és így a termőrétegvastagság) is meghatározható, amennyiben a talajtextúra adatok ismertek.

A 3. ábra az aktuális párolgás kalibrálásának eredményeit illusztrálja.

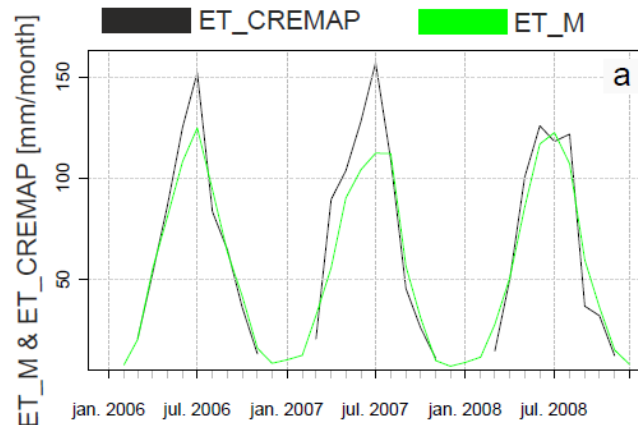


3. ábra ET_M és ET_{CREMAP} közötti korreláció, azaz a kalibrált modell

A kalibrált modell Nash-Sutcliffe koefficiens (R^2_{NS}) értéke: 0,85, míg az $R^2 = 0,88$.

A validáció eredménye

Az 4. ábra illusztrálja a validáció eredményét.



4. ábra ET_{CREMAP} és ET_M közötti idősor, 2006–2008 között (azaz a modell validációja)

A meteorológiai paraméterek segítségével számított ET_M validációs periódus (2006-2008) jó korrelációt mutatott a mért adatsorral (ET_{CREMAP}). $R^2_{NS} = 0.88$, így a modell pontosnak tekinthető.

A 2007-es évben tapasztalható nagyobb különbség oka valószínűsíthetően az intercepció, amellyel jelen kutatási stádiumban a modell nem számol. A 2007-es év júniusában és júliusában továbbá több kicsapadék volt jellemző, ami nagyobb intercepció értéket eredményezett, de a modell nem számolt ezzel, így ez kisebb értéket eredményezett a kalkulált párolgásban (ET_M).

Az újrakalibrált modell eredményei

Ahogy korábban írtuk, a modell újrakalibrálása az összes rendelkezésre álló adat felhasználásával történt, hogy a legjobb lehetséges korrelációt biztosítsa az előrejelzéshez.

2. táblázat Az újrakalibrált modell paraméterei

Újrakalibrált PET	Újrakalibrált AET
$PET_M = 0.42 \cdot PET_H + 1.09 \cdot (PET_H - 26.04)$	$ET_{CREMAP} = 1.14 \cdot ET_M - 4.79$
$R^2 = 0.98$	$R^2 = 0.89$ and $R^2_{NS} = 0.88$

A modell újrakalibrálásával R^2 és R^2_{NS} értéke még kielégítőbb, bár szignifikáns különbség nem volt tapasztalható.

A 3. táblázat az újrakalibrálás utáni $SOIL_{MAX}$ értékeket, a talajtípusokat és annak szántóföldi vízkapacitás, illetve hervadáspont értéküket, valamint a számított gyökérmélységet tartalmazza. A kutatási terület közel 100%-os erdőszültségének köszönhetően $SOIL_{MAX}$ értéke magas, ami tehát mély gyökérzetet és nagy talajnedvesség rezervoárt is jelent egyúttal.

3. táblázat Talajtípusok, szántóföldi vízkapacitás, hervadáspon, újrakalibrált $SOIL_{MAX}$ és újrakalibrált gyökérmélység. A talajtípusok meghatározása az AgrárKlíma2 projekt elérhető adatainak felhasználásával, míg a szántóföldi vízkapacitás és a hervadásponi víztartalom MAIDMENT (1993) nyomán történt

Talaj típus	Szántóföldi vízkapacitás [-]	Hervadásponi víztartalom [-]	$SOIL_{MAX}$ [mm]	Gyökérmélység [mm]
Homokos vályog	0,207	0,095	502,4	4486

Regionális klímamodellek eredményei és tendenciái

Mind az éves csapadékátlagok, mind az éves átlag hőmérsékletértékek emelkedő tendenciát mutatnak a 21. század vége felé. A regionális klímamodellek alapján az 1985/2015-ös referenciaidőszak és a 21. század végei 2070/2100-as periódus közötti hőmérsékletnövekedés értéke 1,9 °C, míg a csapadékelmelkedés 68 mm.

Az előrejelzés eredményei, a 21. századra

A 4. táblázat az előrejelzés eredményeit mutatja be (átlagok és szórás).

4. táblázat ET_M , $SOIL_M$ és $SOIL_{M_{10Percentile}}$ értékek, és a szórás

Paraméter	1985/2015	2015/2045	2045/2075	2070/2100
ET_M [mm month ⁻¹]	48 (38)	48 (37)	51 (39)	52 (40)
$SOIL_M$ [mm]	417 (92)	416 (74)	415 (76)	394 (86)
$SOIL_{M_{10Percentile}}$ [mm]	208 (59)	270 (32)	271 (25)	234 (37)

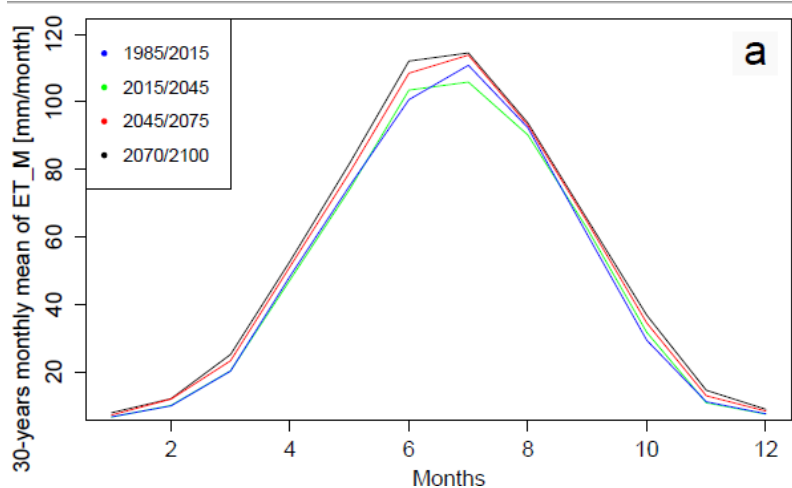
ET_M értékei enyhe növekedést mutatnak a 21. század vége felé, de megjegyzendő, hogy a szórásértékek magasak. A növekedési ráta 8% (+4 mm hónap⁻¹) a 21. század végére. A 2015/2045-ös periódusban ET_M értéke stagnál, amelynek ugyanezen periódusban, az előrejelzés alapjául szolgáló hőmérsékletben megjelenő -0,2 °C változás az oka. A 21. század első felével ellentétben, a második felére egy határozott emelkedés prognosztizálható (legjelentősebb a 2045/2075-ös periódusban).

A talajnedvesség egyébként magas átlagértékeiben csökkenés várható (-6%, -23mm).

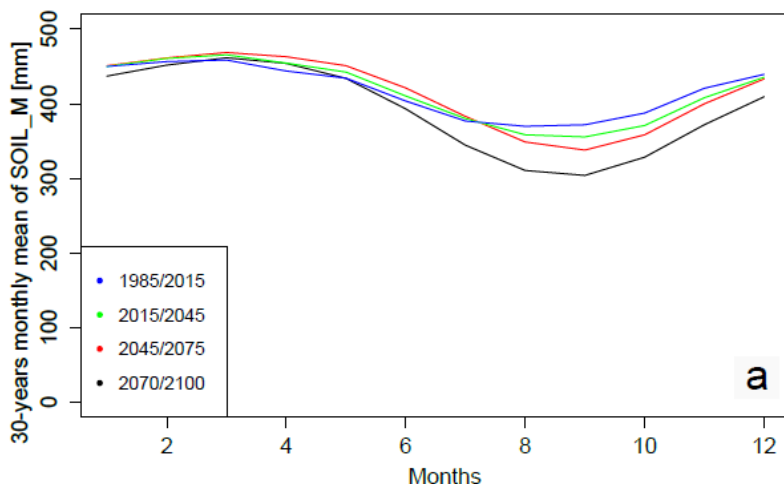
A növényzet vízfelvétele szempontjából kiemelt szerepű a minimálisan elérhető talajnedvesség értéke ($SOIL_{M_{10Percentile}}$), amely a szárazságstresszről is ad információt. A $SOIL_{M_{10Percentile}}$ értékére a +11%-os (+26mm) emelkedés jellemző a 21. század végére, aminek a kutatási területen levő mély gyökérszóna (4,5m), és az abból következő magas $SOIL_{MAX}$ érték az oka. Ez jelentős mennyiségű elérhető vízkészletet biztosít a növényzet számára. Az egyes vizsgálati periódusokat külön nézve elmondható, hogy jelentős növekedés várható (+ 23%; +62 mm) a 2015/2045-ös időszakban, stagnálás (+1%; +1 mm) a 2045/2075 időszakban, míg jelentős csökkenés (-16%; -37 mm) a 2070/2100 időszakban.

Az előzőekben vázolt eredmények a havi változásokat nem mutatják, így egy következő vizsgálatot végeztünk el, ami a 30 éves havi ET_M és $SOIL_M$ átlagokat mutatja be.

Az 5. ábrán az ET_M 30 éves havi átlagai, míg a 6. ábrán a $SOIL_M$ 30 éves havi átlagai láthatóak (évszakos periodicitás).



5. ábra ET_M havi értékei (az egyes időszakokhoz tartozó görbék a 4 RCM átlagát jelentik)



6. ábra $SOIL_M$ 30 éves havi átlagértékek

Az ET_M 30 éves havi átlagait tekintve a legnagyobb értékek júniusban és júliusban, míg a legalacsonyabbak decemberben és januárban tapasztalhatók. A magas értékek oka a transzspirációs folyamatok fokozódása a nyári (vegetációs) periódusban, amit egy jellegzetes értékugrás reprezentál a görbén (5. ábra). Az ET_M 30 éves átlag értékeiben általános értéknövekedés tapasztalható, amely $+15 \text{ mm hónap}^{-1}$, vagyis $+13\%$ -os. A legnagyobb értékváltozás az egyes vizsgálati periódusok között nyáron tapasztalható. A csúcserték $115 \text{ mm hónap}^{-1}$. A magas érték oka az erdő levélzete révén kialakuló jelentős párologtató felület.

A $SOIL_M$ 30 éves havi átlagai egy enyhe emelkedést mutatnak január és március között, amikor a talaj telített, és az értékek a tározókapacitás maximum értékéhez közeliek. A növekvő párolgásértékek következtében március és szeptember között egy erősödő csökkenés tapasztalható, egy kora őszel (szeptember) jelentkező minimumértékkel. Szeptembertől pedig ismét értékelelkedés. Az éves fluktuáció 150 mm . Az éves talajnedvességfluktuáció és talajnedvesség tárcapacitás aránya 30% .

A 6. ábráról jól látszik, hogy a 21. század vége felé csökkenő tendencia mutatkozik, ami szárazságstressz vizsgálatok elvégzését indokolja.

Szárazságstressz analízis eredményei

A 5. táblázat mutatja be REW értékeit a 4 vizsgálati periódusra nézve.

5. táblázat REW értékei a 21. században

1985/2015	2015/45	2045/75	2070/2100
0,83	0,83	0,82	0,78

A 0,83 érték azt jelenti, hogy 83%-ban a 360 hónapnak (30 év) REW értéke nem került az 50%-os kritikus határ alá.

REW értékeiben csökkenő tendencia tapasztalható a 21. század vége felé, de 78% alá akkor sem megy, ami a 360 hónapból csak 79 hónapot érint szárazságstresszel.

Összefoglalás

Ebben a tanulmányban egy Thornthwaite-típusú, kevés bemeneti paraméterigényes, térben könnyen kiterjeszthető vízmérlegmodellt fejlesztettünk tovább és használtunk fel a párolgás és talajnedvesség értékek jövőbeli alakulásának kiértékeléséhez.

Emelkedő párolgásértékek várhatók a 21. század vége felé, növekvő éves fluktuációval és magasabb nyári csúcsértékekkel. A talajnedvesség értékeinek alakulása enyhe emelkedést mutat, de a 10. alsó percentilis minimumértékek viszont csökkenő tendenciát mutatnak. A havi dinamika tekintetében elsősorban a vegetációs időszakban tapasztalható jelentősebb talajnedvesség értékcsökkenés a 21. század vége felé. Habár a szárazságstressz-vizsgálatok rámutattak, hogy növényzet szempontjából nem várható szignifikáns stressz, aminek a jelentős tározókapacitás az elsődleges oka. Mindazonáltal az eredmények fenntartással kezelendők, hiszen az erdők esetén egyetlen kritikus, vízhiányos periódus is katasztrófához vezet, mert az erdőtelepítés nem lehetséges a termőnövények gyakoriságával.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció megírását az EFOP 362-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” pályázat támogatta.

Irodalomjegyzék

- CHRISTENSEN, J. H. – CHRISTENSEN, O.B. (2007): A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century, *Climatic Change* 81:7–30 DOI 10.1007/s10584-006-9210-7
- DINGMAN, S. L. (2002): *Physical Hydrology* (2nd edition), Prentice Hall, pp. 646.
- DOBOR, L. – BARCZA, Z. – HLÁSNY, T – HAVASI, Á (2013): Creation of the FORESEE database to support climate change related impact studies, *International Scientific Conference for PhD Students*
- DÖVÉNYI, Z (2010): Magyarország kistájainak katasztere - második, átdolgozott és bővített kiadás, MTA [Inventory of microregions in Hungary] (in Hungarian)
- GÁLOS, B. – FÜHRER, E. – CZIMBER, K. – GULYÁS, K. – BIDLÓ, A. – HÄNSLER, A – JACOB, D. – MÁTYÁS, Cs. (2015): Climatic threats determining future adaptive forest management – a case study of Zala County, *IDŐJÁRÁS, Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* Vol. 119, No. 4, October – December, 2015, pp. 425–441.
- GRANIER, A. – BREDÁ, N. – BIRON, P. – VILLETTE, S. (1999): A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands.

- HAMON, W. R. (1963): Computation of direct runoff amounts from storm rainfall. *Intl. Assoc. Scientific Hydrol. Publ.* 63, pp. 52-62.
- JACOB, D. – KOTOVA, L. – LORENZ, P. – MOSELEY, C. H. – PFEIFER, S. (2008): Regional climate modeling activities in relation to the CLAVIER project. *Időjárás* 112, pp. 141–153.
- KEABLES, M. J. – MEHTA, S. (2010): A soil water climatology for Kansas, *Great Plains Research: A Journal of Natural and Social Sciences*. Paper 1124.
- KEVE, G. – NOVÁKY, B. (2010): Klímaváltozás hatásának vizsgálata a Bácsbokodi-Kígyós csatorna vízgyűjtőjén Budyko-modell alkalmazásával. A Magyar Hidrológiai Társaság XXVIII. Országos Vándorgyűlése. Sopron 2010. július 7-9. ISBN 978-963-8172-25-9
- KISHÁZI, P. – IVANCSICS, J. (1985): Sopron Környéki Üledékek Összefoglaló Földtani Értékelése [Geological Assessment of Sediments in the Neighbourhood of Sopron]. Manuscript, Sopron, pp. 48 (in Hungarian).
- KOVÁCS, Á. (2011): Tó- és területi párolgás becslésének pontosítása és magyarországi alkalmazásai. PhD értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem [Specifying lake and areal evapotranspiration rates in Hungary] (in Hungarian)
- LINDEN, VAN DER P. – MITCHELL, J. F. B. eds (2009): ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK.
- LUTZ, J. A. – WAGTENDONK, J. W. – FRANKLIN, J. F. (2010): Climatic water deficit, tree species ranges, and climate change in Yosemite National Park, *Journal of Biogeography*, 37, pp. 936-950.
- MAIDMENT, D. R. (1993): *Handbook of Hydrology*, McGraw-Hill Education; 1 edition (February 1, 1993).
- MUGGEO, V. M. R. (2008): Segmented: An R Package to Fit Regression Models with Broken-Line Relationships, *R News*, The Newsletter of the R Project, Volume 8/1, May 2008.
- NOVÁKY, B. – BÁLINT, G. (2013): Shifts and Modification of the Hydrological Regime Under Climate Change in Hungary; <http://dx.doi.org/10.5772/54768>
- PONGRÁCZ, R. – BARTHOLY, J. M. E. (2011): Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(4), pp. 387-398.
- PONGRÁCZ, R. – BARTHOLY, J. – KIS, A. (2014): Estimation of future precipitation conditions for Hungary with special focus on dry periods, *IDŐJÁRÁS Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* Vol. 118, No. 4, October – December, 2014, pp. 305–321.
- R CORE TEAM (2012): *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>
- REMROVÁ, M. – ČÍSLEŘOVÁ, M. (2010): Analysis of climate change effects on evapotranspiration in the watershed Uhlířská in the Jizera mountains. *Soil & Water resources*, 5, 2010 (1), pp. 28-38.
- SUN, G. K. – ALSTAD, J. – CHEN, S. – CHEN, C. R. – FORD, G. – LIN, C. – LIU, N. – LU, S. G. – MCNULTY, H. – MIAO, A. – NOORMETS, J. M. – VOSE, B. – WILSKE, M. – ZEPPEL, Y. ZHANG, Z. (2011): A general projective model for estimating monthly ecosystem evapotranspiration. *Ecohydrol.* 4(2), pp. 245-255.
- SZILÁGYI, J. – KOVACS, A. – JÓZSA, J. (2011): A calibration-free evapotranspiration mapping (CREMAP) technique, in *Evaporation*, INTECH, Rijeka, Croatia, ISBN 978-953-307-251-7,
- THORNTHWAITE, C. W. – MATHER, J. R. (1955): *The water balance*. Philadelphia, PA: Drexel Institute of technology, climatological laboratory publication 8
- VON UNOLD, G. – FANK, J. (2005): *Mechanic Cultivated, Weighable Monolithic Lysimeters*. 11th Gumpensteiner Lysimeter Conference, Irdning.

A FELSZÍNBORÍTÁS HATÁSA A JÖVŐBENI VÍZMÉRLEGRE EGY VEGETES FELSZÍNBORÍTÁSÚ TERÜLET PÉLDÁJÁN

HERCEG ANDRÁS – KALICZ PÉTER – PRIMUSZ PÉTER – GRIBOVSZKI ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

herceg.andras@uni-sopron.hu

Bevezetés

Európában és így a Kárpát-medencében is a jelenleg zajló klímaváltozás jelentős felmelegedéssel és szárazodással tipizálható, amely mind a négy évszakot érinti (CHRISTENSEN *et al.* 2007; JACOB *et al.* 2008; LINDEN VAN DER – MITCHELL 2009). A melegedés konkrétan 2–5 °C-ot jelent, amely a felhasznált klímamodelltől és kibocsátási forgatókönyvtől függ (NOVÁKY – BÁLINT 2013; PONGRÁCZ *et al.* 2011).

A klímaváltozásnak a legjelentősebb hatása a vízkörforgalmat érinti, a csapadék mintázatok és az evapotranszpirációs folyamatok megváltoztatásán keresztül (PONGRÁCZ *et al.* 2014; SUN *et al.* 2011). A Kárpát-medencére az előrejelzések téli csapadéknövekedést, és nyári csökkenést prognosztizálnak (GÁLOS *et al.* 2015; NOVÁKY – BÁLINT 2013). A csapadék mennyiségében és eloszlásában feltételezett változások, az egyre emelkedő hőmérséklettel együtt a növényzet magasabb vízfogyasztását indukálhatják, amely a talajnedvességben, talajvízben és végső soron a vízkörforgalomban bekövetkező változást eredményezheti. Következésképpen tehát a klímaváltozás a vízmérleg egyenlet struktúráváltozását jelentheti (KEVE – NOVÁKY 2010).

A Kárpát-medencében a csapadék 90%-a elpárolog, míg a fennmaradó 10% lefolyást képez. (KOVÁCS 2011), így egyértelműen látszik, hogy a párolgás számszerűsítése, a vízmérleg modellezés szükséges feladat.

Egyes kutatások (GRANIER *et al.* 1999; REMROVÁ – ČISLEŘOVÁ 2010; LUTZ *et al.* 2010; KEABLES – MEHTA 2010) vízmérleg-modell hatásanalízisének eredményei rámutatnak, hogy a párolgás a jövőben valószínűleg nő, míg a talajvíztartalom csökken, a növekvő hőmérséklet és a csökkenő csapadék miatt. Mindez vízhiányhoz vezethet a 21. század végére, bár a hatásokregionálisan eltérőek, ami további kutatások elvégzését indokolja.

Jelen cikk célja, egy vegetes felszínborítású parcella vízmérlegmodellének létrehozása, majd a kalibrált és validált modellt felhasználva a klímaváltozás 21. századi hatásainak feltérképezése.

Kutatási terület

A modell tesztelésére egy vegetes felszínborítású parcellát használtunk fel.

A kutatási terület alapvetően egy mezőgazdasági terület, jellemzően kukoricaföld. 2003 és 2007 kivételt képez, hiszen ebben a két évben árpát, míg 2004-ben pedig búzát termesztettek. A parcella teljes területe 1 km², amelyen nemes nyárfa-sorok is találhatóak, ezért vegetes felszínborítású (DÖVÉNYI 2010).

A terület a Mosoni-sík kistáján található, Győr-Moson-Sopron megyében. Alapvetően szántó. Geológiai értelemben a Duna hordalékkúp déli felhalmozódásos lejtője, amely a süllyedő mélyedése a Kisalföldnek. A kistáj észak-nyugati részén folyami hordalék és folyami kavics borítja a felszínt a Lajta két oldalán, de a déli és délkeleti részen üledékes iszapos-lössz borította felszín található (DÖVÉNYI 2010).

Az éghajlat kontinentális. A kistáj nyugati felén 9,7 °C az átlagos évi középhőmérséklet, míg a keleti felén 10 °C. Kavicsos fejlődött hidromorf talaj jellemzi a kistájat. A nyárfa ültetvények aránya jelentős a kistájon (DÖVÉNYI 2010).

A vizsgálati periódus (az adatok elérhetőségére való tekintettel) 2000.01 – 2008.12. közötti (AgrárKlíma.2 projekt).

A Thornthwaite-típusú hidrológiai modell leírása

A Thornthwaite típusú vízmérlegmodell egy 1D-s rendszert jelent, amely csak a vertikális fluxust veszi figyelembe. A modell bemenetét a havi csapadék (P_M) [mm] és a havi hőmérséklet (T_M) [°C] jelenti (DINGMAN 2002).

A kutatás során a módosított Thornthwaite modellt (DINGMAN 2002) továbbfejlesztettük, és az került felhasználásra, ehhez az “R” statisztikai szoftvert használtuk (R CORE TEAM 2012).

A modellezés első lépése a potenciális párolgás (PET) meghatározása volt, ehhez egy hőmérséklet alapú modellt használtunk HAMON (1963) nyomán.

$$PET_H = 29.8 \cdot D \frac{e_m^*}{T_M + 273.2} \quad (1)$$

$$e_m^* = 0.611 \cdot \exp\left(\frac{17.3 \cdot T_M}{T_M + 237.3}\right) \quad (2)$$

Ahol: D : naphossz (óra); T_M : havi átlagos középhőmérséklet [°C]; e_m^* : telítési párgyomás [kPa].

A modellezés következő lépés egy feltétel:

Ha:

$$P_M \geq PET_M \quad (3)$$

akkor

$$ET_M = PET_M \quad (4)$$

$$SOIL_M = \min\{(P_M - ET_M) + SOIL_{M-1}, SOIL_{MAX}\} \quad (5)$$

Ahol: PET_M a kalibrált havi potenciális párolgás [mm], meghatározása a kalibráció része, így azt az ezzel foglalkozó alfejezetben tárgyaljuk. ET_M : havi átlagos aktuális párolgás, és $SOIL_M$ [mm] a havi talajnedvesség. $SOIL_M$ a vegetáció számára talajnedvesség mennyiségét reprezentálja (nem a teljes talajnedvességet).

Az ET_M és a $SOIL_M$ képezi ezen tanulmány kimeneti (eredmény) paramétereit.

A modellezés során az első $SOIL_{M-1}$ érték a lehetséges maximumra vagyis $SOIL_{MAX}$ -ra [mm] lett beállítva. Ennek alapja, hogy a talajnedvesség-tár telített, mielőtt a vegetációs időszak elkezdődik. A kezdő gyökérmélység értéke pedig 1 méter.

$$SOIL_{MAX} = (\theta_{fc} - \theta_{pwp}) * z_{rz} \quad (6)$$

Ahol: θ_{fc} : víztartalom, szántóföldi vízkapacitáson [-], θ_{pwp} : hervadásponyi víztartalom [-], z_{rz} : gyökérmélység [mm]

A következő egyenletek bemutatják, hogyan szolgál talajnedvességekészlet a párolgásnak, mint rezervoár. Ha egy adott hónapban a csapadék kevesebb, mint a kalibrált potenciális párolgás:

$$P_M < PET_M \quad (7)$$

Akkor:

$$ET_M = P_M + SOIL_{M-1} - SOIL_M = P_M + \Delta SOIL \quad (8)$$

Ahol:

$$\Delta SOIL = SOIL_{M-1} - SOIL_M = SOIL_{M-1} * \left(1 - \exp \left(- \frac{PET_M - P_M}{SOIL_{MAX}} \right) \right) \quad (9)$$

$\Delta SOIL$: csökkenés a talajnedvességekészletben [mm].

Modell kalibráció és validáció

A validáció és kalibráció alapjául távérzékeltekt aktuális párolgás adatok szolgáltak (ET_{CREMAP}) (SZILÁGYI *et al.* 2011). A rendelkezésre álló idősor (2000–2008) két részre lett felosztva, kalibrációra (2000–2005) és validációra (2006–2008).

A kalibráció idősorát további két részre bontottuk. Potenciális és aktuális párolgás kalibrációja. A kalibráció és a validáció metodikai eredményeit külön részfejezet tárgyalja.

Előrejelzés

Az előrejelzéshez a modellt újra kalibráltuk, hogy az elérhető összes adatsort figyelembe tudjuk venni, és így a legjobb lehetséges korrelációt tudjuk előállítani.

Bemeneti adatként a törtvonalú regresszió egyenletei (PET kalibrációjából), a kalibrált $SOIL_{MAX}$ és a rács-alapú, korrigált regionális klímamodellek hőmérséklet (T_M) és csapadék (P_M) értékek. A kimeneti paraméterek pedig a párolgás (ET_M) a talajnedvesség ($SOIL_M$) és a talajnedvesség minimum ($SOIL_{M_10Percentile}$). Az utóbbi az alsó 10. percentilis érték alatti, minimum értékek átlagértékét jelenti.

Regionális klímamodellek

Tekintettel arra, hogy minden klímaelőrejelzés jellegéből fakadóan bizonytalanságot tartalmaz, 4 regionális klímamodell került felhasználásra, amely reprezentálja ezt a bizonytalanságot. Adatbázisul pedig a FORESEE-t használtuk (DOBOR 2013). A bemeneti adatok a kutatási területhez legközelebbi pixelkoordináta felhasználásával kerültek előállításra. Az RCM-ek fő tulajdonságai az 1. Táblázatban találhatók.

1. táblázat A felhasznált RCM-ek (LINDEN VAN DER – MITCHELL 2009)

Modell azonosító	Kutató Intézet	Regionális klímamodell	GMC	Emissziós forgatókönyv	Térbeli felbontás
1	Max-Planck-Institute for Meteorology (MPI)	REMO	ECHAM5	A1B	25km
2	Sweden's Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)	RCA	ECHAM5-r3	A1B	25km
3	Danish Meteorological	HIRHAM5	ECHAM5	A1B	25km

	Institute (DMI)				
4	Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI)	RACMO2	ECHAM5- r3	A1B	25km

A továbbiakban minden modellre annak, az 1. táblázatban közölt modell azonosítójával hivatkozunk (1. táblázat, első oszlopa).

A regionális klímamodellek egy 2015-től 2100-ig tartó vizsgálati időszakot ölelnek fel. Ez a 85 éves periódus három (30 éves) vizsgálati időszakra lett felosztva: 2015–2045; 2045–2075 és 2070–2100. Az összehasonlítás alapjául pedig egy 1985–2015-ös, méréseken alapuló periódus lett kiválasztva („0” modellazonosító).

Szárazságstressz

Szárazságstressz számszerűsítésének egy egyszerű és hatékony módja a „talajnedvesség deficit” (SWD: soil water deficit) meghatározása (GRANIER *et al.* 1999).

$$SWD = SOIL_{MAX} \cdot 0,5 - SOIL_M \quad (10)$$

Ha: $SOIL_M < 0,5 \cdot SOIL_{MAX}$ és ezért az SWD értékei pozitívak, szárazság stressz feltételezhető.

Ahol:

SWD:-talajnedvesség deficit [mm]

$SOIL_{MAX}$ a növényzet számára elérhető, hasznosítható maximális vízmennyiség. Az átlagos talajnedvesség ($SOIL_M$) az aktuálisan hasznosítható vizet jelenti a különböző vizsgálati periódusokban.

Módszertani eredmények

A potenciális párolgás kalibrációja

A kalibráció első lépése a potenciális párolgás kalibrációja, ET_{CREMAP} felhasználásával, az aktuális felszínborításra, jó vízellátottság esetén. A jó vízellátottságról akkor beszélhetünk, amikor a csapadék meghaladja a potenciális párolgást, vagy az aktuális párolgás (ET_{CREMAP}) értéke haladja meg a potenciális párolgását (PET_H)

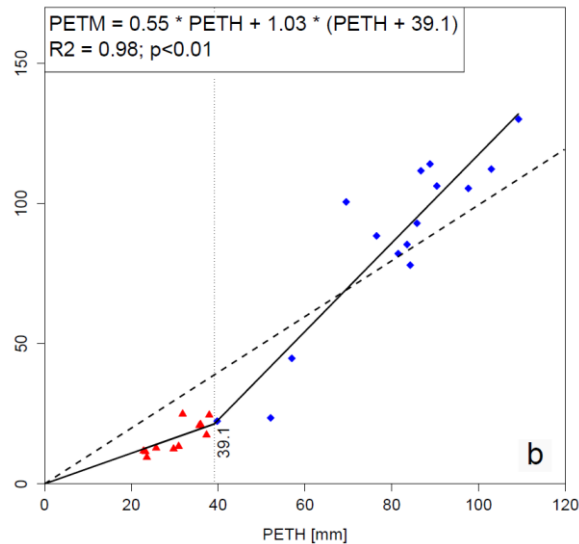
$$P_M > PET_H \text{ vagy } ET_{CREMAP} > PET_H \quad (11)$$

A feltételek alapján kiválasztott ET_{CREMAP} értékeket PET_{CREMAP} -val jelöltük. A PET_{CREMAP} és a PET_H közötti korreláció került meghatározásra (1. ábra). PET értéke eltérő a vegetációs és a nyugalmi időszakban, ezért ennek figyelembevételéhez az úgynevezett törtvonalú-regressziós eljárást alkalmaztuk (Muggeo 2008), A növényzet két, alapvetően eltérő állapotát a töréspont igyekszik elkülöníteni. A törésponttól balra levő regressziós egyenes a nyugalmi, attól jobbra pedig a vegetációs időszakot reprezentálja (1. ábra).

Erős korrelációt kaptunk a PET_{CREMAP} és a PET_H között. Értéke, $R = 0,98$. Az 1:1-es vonal, a nyugalmi időszakra túlbecsülést mutat. (Ez azt jelenti, hogy a globálisan kalibrált Hamon típusú

PET magasabb értékekkel rendelkezik télen, mint a mért PET, vagyis az első szegmens vonala az 1:1-es alatt helyezkedik el). A töréspont értéke 39,1 mm.

A vegetációs időszakban, a nyugalmmal ellentétben a növekvő értékekkel fokozódó alulbecslés a jellemző (1. ábra). Tekintettel arra, hogy a PET_{CREMAP} értékeket valósan fogadjuk el, azok, a kalibráció révén kiküszöbölik az alulbecsléseket, így a PET_{CREMAP} értékek a kalkulált PET_H értékeket teszik felszínborítás függővé.



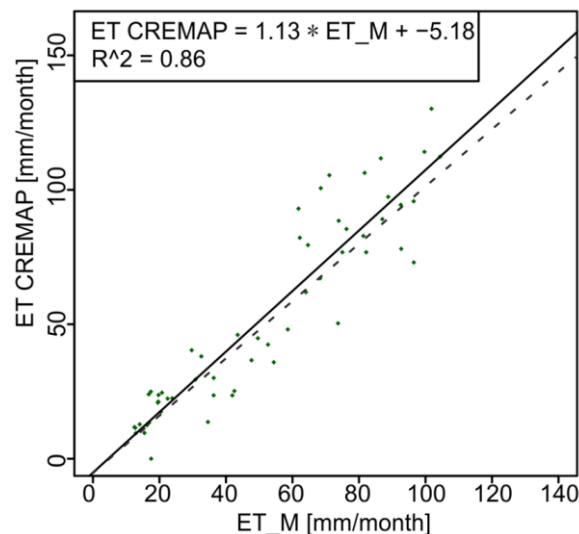
1. ábra PET_{CREMAP} és PET_H korrelációja a vegetációs és a nyugalmi időszakban, vagyis a PET_H kalibrációja. A piros háromszögek a nyugalmi időszak, míg a kék négyzetek a vegetációs időszak értékeit reprezentálják

Az aktuális párolgás kalibrációja

A kalibrációs eljárás második lépése az aktuális párolgás ET_M kalibrálása, ET_{CREMAP} értékekkel, a $SOIL_{MAX}$ paraméter segítségével. A $SOIL_{MAX}$ kezdő értékét a ET_M és a ET_{CREMAP} közötti maximális korreláció eléréséig módosítottuk

A beállított (kalibrált) $SOIL_{MAX}$ segítségével a gyökérmélység (és így a termőrétegvastagság) is meghatározható, amennyiben a talajtextúra adatok ismertek.

A 2. ábra az aktuális párolgás kalibrálásának eredményeit illusztrálja.

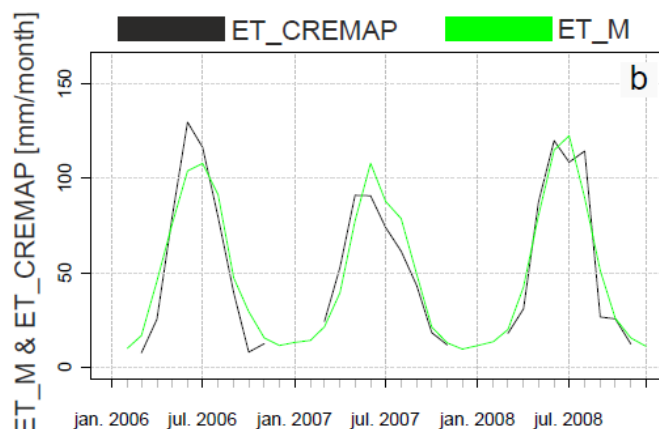


2. ábra ET_M és ET_{CREMAP} közötti korreláció, tehát a kalibrált modell

A kalibrált modell Nash-Sutcliffe koefficiens (R^2_{NS}) értéke: 0,88, míg az R^2 : 0,86.

A validáció eredménye

Az 3. ábra illusztrálja a validáció eredményét.



3. ábra ET_{CREMAP} és ET_M közötti idősor (azaz a modell validációja)

A meteorológiai paraméterek segítségével számított ET_M validációs periódus (2006–2008) jó korrelációt mutat a mért adatsorral (ET_{CREMAP}). $R^2_{NS} = 0.89$, így a modell pontosnak tekinthető.

Az újrakalibrált modell eredményei

Ahogy korábban írtuk, a modell újrakalibrálása az összes rendelkezésre álló adat felhasználásával történt, hogy előrejelzéshez a legjobb lehetséges korreláció szolgáljon alapul.

2. táblázat Az újrakalibrált modell paraméterei

Újrakalibrált PET	Újrakalibrált AET
$PET_M = 0.50 \cdot PET_H + 1.05 \cdot (PET_H - 37.13)$	$ET_{CREMAP} = 1.08 \cdot ET_M - 4.31$
$R^2 = 0.98$	$R^2 = 0.87$ and $R^2_{NS} = 0.88$

A modell újrakalibrálásával R^2 és R^2_{NS} értéke még kielégítőbb, bár szignifikáns különbség nem volt tapasztalható.

A 3. táblázat az újrakalibrálás utáni $SOIL_{MAX}$ értékeket, a talajtípusokat és szántóföldi vízkapacitás, illetve hervadásponthoz tartozó értékeket, valamint a számított gyökérmélységet tartalmazza. A kutatási terület, mint vegyes felszínborítás átmenetet képez az erdő és a mezőgazdasági terület között, ezért a ~2,5m-es gyökérmélység elfogadhatónak tekinthető.

3. táblázat Talajtípusok, szántóföldi vízkapacitás, hervadásponthoz tartozó értékek, újrakalibrált $SOIL_{MAX}$ és újrakalibrált gyökérmélység. A talajtípusok meghatározása az AgrárKlíma.2 projekt elérhető adatainak felhasználásával, míg a szántóföldi vízkapacitás és a hervadásponthoz tartozó víztartalom MAIDMENT (1993) nyomán történt

Talaj típus	Szántóföldi vízkapacitás [-]	Hervadásponthoz tartozó víztartalom [-]	$SOIL_{MAX}$ [mm]	Gyökérmélység [mm]

Homokos vályog	0,207	0,095	276.9	2472
----------------	-------	-------	-------	------

Az előrejelzés eredményei, a 21. századra

A 4. táblázat az előrejelzés eredményeit mutatja be (átlagok és szórás).

4. táblázat ET_M , $SOIL_M$ és $SOIL_{M_10Percentile}$ értékek, és a szórás

Paraméter	1985/2015	2015/2045	2045/2075	2070/2100
ET_M [mm · month ⁻¹]	43 (35)	43 (33)	45 (35)	46 (35)
$SOIL_M$ [mm]	215 (57)	210 (61)	211 (63)	199 (69)
$SOIL_{M_10Percentile}$ [mm]	109 (20)	96 (15)	96 (14)	77 (21)

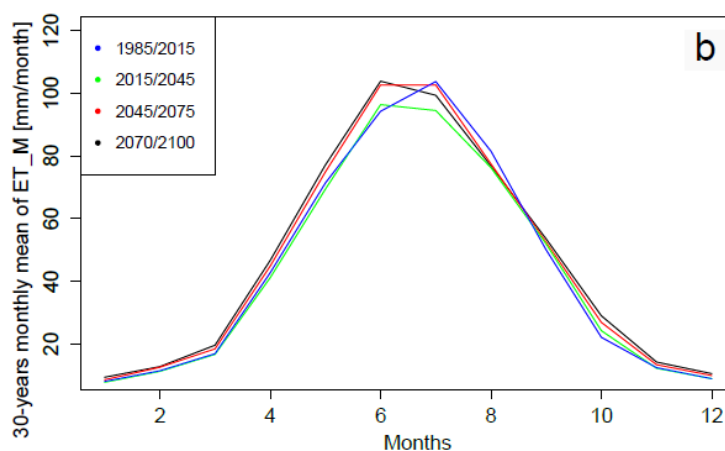
ET_M értékei enyhe növekedést mutatnak a 21. század vége felé, de megjegyzendő, hogy a szórásértékek magasak. A növekedési ráta 7% (+3 mm hónap⁻¹) a 21. század végére. A 2015/2045-ös periódusban ET_M értéke stagnál, amelynek ugyanezen periódusban, az előrejelzés alapjául szolgáló hőmérsékletben megjelenő -0,1 °C változás az oka. A 21. század első felével ellentétben, a második felére egy határozott emelkedés prognosztizálható (legjelentősebb a 2045/2075-ös periódusban).

A talajnedvesség átlagértékeiben csökkenés várható (-8%, -16 mm).

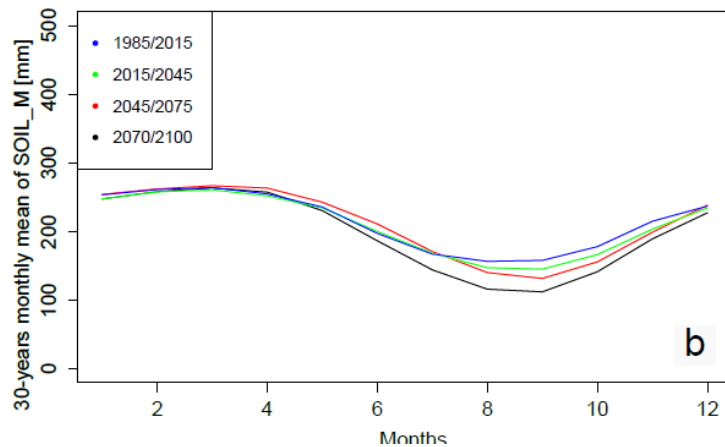
A növényzet vízfelvétele szempontjából kiemelt szerepű a minimálisan elérhető talajnedvesség értéke ($SOIL_{M_10Percentile}$), amely mindazonáltal a szárazságstresszről is ad információt. A $SOIL_{M_10Percentile}$ értékére a -29%-os (+32 mm) csökkenés jellemző a 21. század végére, az egyes vizsgálati periódusokat külön nézve elmondható, hogy jelentős csökkenés várható (-12%; -13 mm) a 2015/2045-ös időszakban, a stagnálás (+0%; +0 mm) a 2045/2075 időszakban, míg jelentős csökkenés (-29%; -19 mm) a 2070/2100 időszakban.

Az előzőekben vázolt eredmények a havi változásokat nem mutatják, így egy következő vizsgálatot végeztünk el, ami a 30 éves havi ET_M és $SOIL_M$ átlagokat mutatja be.

Az 4. ábrán az ET_M 30 éves havi átlagai, míg a 5. ábrán a $SOIL_M$ 30 éves havi átlagai láthatóak (évszakos periodicitás).



4. ábra ET_M havi értékei (az egyes időszakokhoz tartozó görbék a 4 RCM átlagát jelentik)



5. ábra SOIL_M 30 éves havi átlagértékek

Az ET_M 30 éves havi átlagait tekintve a legnagyobb értékek júniusban és júliusban, míg a legalacsonyabbak decemberben és januárban tapasztalhatók. A magas értékek oka a transzpirációs folyamatok fokozódása a vegetációs periódusban, amit egy határozott értékugrás reprezentál (4. ábra). Az ET_M 30 éves átlag értékeiben általános értéknövekedés tapasztalható, amely 10 mm hónap⁻¹, vagyis 10%-os. A legnagyobb értékváltozás az egyes vizsgálati periódusok között nyáron tapasztalható. A csúcserték 105 mm hónap⁻¹.

A SOIL_M 30 éves havi átlagai egy enyhe emelkedést mutatnak január és március között, amikor a talaj telített, és az értékek a tározókapacitás maximum értékéhez közeliek. A növekvő párolgásértékek következtében március és szeptember között egy erősödő csökkenés tapasztalható, egy kora ősszel (Szeptember) jelentkező minimumértékkel. Szeptembertől pedig ismét értékelkedés. Az éves fluktuáció 150 mm. Az éves talajnedvességfluktuáció és talajnedvesség tárcapacitás aránya 30%. A 5. ábráról jól látszik, hogy a 21. század vége felé csökkenő tendencia mutatkozik, ami szárazságstressz vizsgálatok elvégzését indokolja.

Szárazságstressz analízis eredményei

A 5. táblázat mutatja be SWD értékeit a 4 vizsgálati periódusra nézve.

5. táblázat SWD értékei a 21. században

1985/2015	2015/45	2045/75	2070/2100
0.07	0.18	0.17	0.24

Az SWD deficitjellegéből fakadóan, magasabb SWD érték jelentősebb szárazságstresszt jelent. A kutatási terület bár emelkedő tendenciát (fokozódó szárazságstresszt) mutat a 21. század vége felé, azonban annak értékei inszignifikánsak (24%, vagyis az 50%-os határérték alatt marad).

Összefoglalás

Ebben a tanulmányban egy Thornthwaite-típusú, kevés bemeneti paraméterigényes, térben könnyen kiterjeszhető vízmérlegmodell került továbbfejlesztésre, majd felhasználásra a párolgás és talajnedvesség értékek jövőbeli alakulásának kiértékeléséhez.

Emelkedő párolgásértékek várhatók a 21 század vége felé, növekvő éves fluktuációval és magasabb nyári csúcsertékekkel. A talajnedvesség értékeinek alakulása enyhe emelkedést, viszont a 10. alsó percentilis minimumértékek csökkenő tendenciát mutatnak. A havi dinamika

tekintetében elsősorban a vegetációs időszakban tapasztalható jelentősebb talajnedvesség értékcsökkenés a 21. század vége felé. Habár a szárazságstressz-vizsgálatok rámutattak, hogy növényzet szempontjából nem várható szignifikáns stressz.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció megírását az EFOP 362-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” pályázat támogatta.

Irodalomjegyzék

- CHRISTENSEN, J. H. – CHRISTENSEN, O.B. (2007): A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century, *Climatic Change* 81:7–30 DOI 10.1007/s10584-006-9210-7
- DINGMAN, S. L. (2002): *Physical Hydrology* (2nd edition), Prentice Hall, pp. 646.
- DOBOR, L. – BARCZA, Z. – HLÁSNY, T – HAVASI, Á (2013): Creation of the FORESEE database to support climate change related impact studies, *International Scientific Conference for PhD Students*
- DÖVÉNYI, Z (2010): Magyarország kistájainak katasztere - második, átdolgozott és bővített kiadás, MTA [Inventory of microregions in Hungary] (in Hungarian)
- GÁLOS, B. – FÜHRER, E. – CZIMBER, K. – GULYÁS, K. – BIDLÓ, A. – HÄNSLER, A – JACOB, D. – MÁTYÁS, CS. (2015): Climatic threats determining future adaptive forest management – a case study of Zala County, *IDŐJÁRÁS, Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* Vol. 119, No. 4, October – December, 2015, pp. 425–441.
- GRANIER, A. – BREDA, N. – BIRON, P. – VILLETTE, S. (1999): A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands.
- HAMON, W. R. (1963): Computation of direct runoff amounts from storm rainfall. *Intl. Assoc. Scientific Hydrol. Publ.* 63, pp. 52-62.
- JACOB, D. – KOTOVA, L. – LORENZ, P. – MOSELEY, C. H. – PFEIFER, S. (2008): Regional climate modeling activities in relation to the CLAVIER project. *Időjárás* 112, pp. 141–153.
- KEABLES, M. J. – MEHTA, S. (2010): A soil water climatology for Kansas, *Great Plains Research: A Journal of Natural and Social Sciences*. Paper 1124.
- KEVE, G. – NOVÁKY, B. (2010): Klímaváltozás hatásának vizsgálata a Bácsbokodi-Kígyós csatorna vízgyűjtőjén Budyko-modell alkalmazásával. A Magyar Hidrológiai Társaság XXVIII. Országos Vándorgyűlése. Sopron 2010. július 7-9. ISBN 978-963-8172-25-9
- KISHÁZI, P. – IVANCSICS, J. (1985): Sopron Környéki Üledékek Összefoglaló Földtani Értékelése [Geological Assessment of Sediments in the Neighbourhood of Sopron]. Manuscript, Sopron, pp. 48 (in Hungarian).
- KOVÁCS, Á. (2011): Tó- és területi párolgás becslésének pontosítása és magyarországi alkalmazásai. PhD értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem [Specifying lake and areal evapotranspiration rates in Hungary] (in Hungarian)
- LINDEN, VAN DER P. – MITCHELL, J. F. B. eds (2009): *ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project*. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK.
- LUTZ, J. A. – WAGTENDONK, J. W. – FRANKLIN, J.F. (2010): Climatic water deficit, tree species ranges, and climate change in Yosemite National Park, *Journal of Biogeography*, 37, pp. 936-950.
- MAIDMENT, D. R. (1993): *Handbook of Hydrology*, McGraw-Hill Education; 1 edition (February 1, 1993).
- MUGGEO, V. M. R. (2008): Segmented: An R Package to Fit Regression Models with Broken-Line Relationships, *R News*, The Newsletter of the R Project, Volume 8/1, May 2008.
- NOVÁKY, B. – BÁLINT, G. (2013): Shifts and Modification of the Hydrological Regime Under Climate Change in Hungary; <http://dx.doi.org/10.5772/54768>
- PONGRÁCZ, R. – BARTHOLY, J. M. E. (2011): Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(4), pp. 387-398.

- PONGRÁCZ, R. – BARTHOLY, J. – KIS, A. (2014): Estimation of future precipitation conditions for Hungary with special focus on dry periods, *IDŐJÁRÁS Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* Vol. 118, No. 4, October – December, 2014, pp. 305–321.
- R CORE TEAM (2012): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>
- REMROVÁ, M. – ČÍSLEŘOVÁ, M. (2010): Analysis of climate change effects on evapotranspiration in the watershed Uhlířská in the Jizera mountains. *Soil & Water resources*, 5, 2010 (1), pp. 28-38.
- SUN, G. K. – ALSTAD, J. – CHEN, S. – CHEN, C. R. – FORD, G. – LIN, C. – LIU, N. – LU, S. G. – MCNULTY, H. – MIAO, A. – NOORMETS, J. M. – VOSE, B. – WILSKE, M. – ZEPPEL, Y. ZHANG, Z. (2011): A general projective model for estimating monthly ecosystem evapotranspiration. *Ecohydrol.* 4(2), pp. 245-255.
- SZILÁGYI, J. – KOVACS, A. – JÓZSA, J. (2011): A calibration-free evapotranspiration mapping (CREMAP) technique, in *Evaporation*, INTECH, Rijeka, Croatia, ISBN 978-953-307-251-7,
- THORNTHWAITE, C. W. – MATHER, J. R. (1955): *The water balance*. Philadelphia, PA: Drexel Institute of technology, climatological laboratory publication 8
- VON UNOLD, G. – FANK, J. (2005): *Mechanic Cultivated, Weighable Monolithic Lysimeters*. 11th Gumpensteiner Lysimeter Conference, Irdning.

A TALAJVÍZSZINT MAGASSÁGÁNAK NYOMON KÖVETÉSE A 2018-2019-ES HIDROLÓGIAI ÉVBEN EGY PATAKMENTI ÉGERLIGETBEN ÉS ERDŐSZEGÉLYBEN

NEVEZI CSENGE – BAZSÓ TAMÁS – CSÁKI PÉTER – GRIBOVSZKI ZOLTÁN – KALICZ PÉTER –
ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási, és Vízgazdálkodási Intézet

nevezi.csenge@uni-sopron.hu

Bevezetés

A napjainkban zajló klímaváltozás hatásai a vizes élőhelyeket érintik a legnagyobb arányban. A szélsőséges időjárási jelenségek és az egyre gyakoribb aszályok miatt számos társulás fennmaradása veszélybe került. Az élőhelyek egyedi tulajdonságainak felmérésével és folyamatos megfigyelésével megőrzésükre is nagyobb az esély. Az ilyen kutatásokhoz különösen alkalmas egy olyan kísérleti terület, amelyen már évtizedek óta zajlanak felmérések. A Soproni-hegységben található Hidegvíz-völgy is egy ilyen kutatóhely, ahol két vízigényes társulás is található: egy patakmenti égerliget, és egy nedves rét. Mivel ezeket a társulásokat alkotó növényfajok többnyire vízigényesek, ezért érdemes a botanikai viszonyok mellett a terület hidrológiai viszonyait is feltárni. A növények számára elérhető víz fő forrásai a csapadék, a talajnedvesség, valamint a talajvíz. Az utóbbi kettőnek kiemelt szerepe van a vegetáció szempontjából, mivel aszályos időszakok alatt is biztosíthat vízpótlást. A talajvízszint folyamatos megfigyelése abban is segítséget nyújthat, hogy mikor van szükség esetleges vízpótlásra.

Módszertan

A kiválasztott mérési pontok a Soproni-hegység nyugati részén, Görbehalom és Brennbergbánya települések között, a Rák-patak mentén helyezkednek el. A kísérlet helyszíne a Hidegvíz-völgyi kísérleti vízgyűjtő része. A terület éghajlata mérsékelt hűvös, mérsékelt nedves; az átlagos évi középhőmérséklet $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Az évi csapadékösszeg $700\text{--}750\text{ mm}$ közötti, ebből 430 mm esik a tenyészidőszakban (Dövényi et. al. 2010). Mivel a vízgyűjtő területének nagy része egy klimatikus periférián helyezkedik el, ezért keletről nyugatra haladva $8\text{--}10$ kilométerenként a hőmérséklet $1\text{--}1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal, a csapadék pedig $100\text{--}150\text{ mm}$ -rel is változhat (Gribovszki et. al. 2012). A mintaterületen kettő olyan mérési pont lett kijelölve, ahol a talajvízszint, a Hidegvíz-völgyi kutatóháztól nem messze, egy égeres intercepciós kertben és a szomszédos nedves réten (1. ábra). A terepi mintavétel heti szintű rendszerességgel zajlott a 2018–2019-es hidrológiai évben.



1. ábra A mintaterület elhelyezkedése a Hidegvíz-völgyben. A barna vonal a Rák-patak medrét, a lila a műutat, a piros az intercepciós kert kerítését, a zöld pedig az erdőszegélyt jelöli. A mérési pontok sárgával vannak feltüntetve (Bazsó et. al. 2019)

A talajvízszint mélységének meghatározására a legegyszerűbb mód talajvíz-mérőkutak létesítése, majd ezen kutak folyamatos monitorozása. A telepítés történhet hidraulikus vagy kézi kútfúró készlet segítségével, az alkalmazott módszert nagy mértékben befolyásolja, hogy milyen mélyen helyezkedik el a talajvíztükör, valamint a talaj minősége, textúrája is. A létrehozott kutakban a vízszintet lehet mérni manuális és automatizált módon, a mintavétel általában napi vagy heti szinten zajlik, a gyakoriság azonban nagyban függhet az éppen folyamatban lévő kutatástól is.

A Hidegvíz-völgyi kísérleti vízgyűjtő területén először 2004-ben került sor nagy számú kútcsoportok létesítésére a meteorológiai állomás körül, az égeres intercepciós kertben, valamint a kert mellett található erdőállományban (Kucsara et. al. 2008). A talajvízszint mérése ezekben a kutakban a mai napig heti rendszerességgel történik, illetve három kútba automata szenzorok is ki vannak helyezve. A 2019-es év nyarán három új talajvízkút fúrása kezdődött meg; ebből kettő az égereskert melletti nedves réten került volna telepítésre, egy pedig az égeres állomány és a nedves rét közötti erdőszegélyben. Az új kutak telepítésének célja az erdőállomány és a rét talajvízszint-különbségének meghatározása volt. A talajvízkutak fúrása Eijkelkamp típusú kézi fúrókészlet segítségével történt. A készlet különböző fejeket és hosszabbító rudakat tartalmaz, ezek nagyjából 3–4 méter mélységig alkalmasak a fúrásra. A talajvízszint megütése után a kút kialakításához szükséges egy alul zárt, de oldalt perforált, ún. szűrőzött műanyag cső, melyet a fúrt lyukba kell leengedni. Lazább szerkezetű talajok esetén érdemes ezt a műveletet lassabban és óvatosabban végezni, mivel a felsőbb rétegek beomolhatnak. A szűrőzött csövet tetszés szerint lehet meghosszabbítani egy egyszerű műanyag csővel, ha szükséges, és az elkészült talajvízkút tetejét le kell fedni egy kupakkal. A tervezett három talajvízkút-telepítésből csak egy valósult meg, mivel a réten a 60–90 cm

mélységben található erősen kavicsos réteg miatt nem sikerült elérni a kézi fúrókkal a talajvízszintet.



2. ábra Az erdőszegélyben található, 2019 nyarán telepített talajvízkút

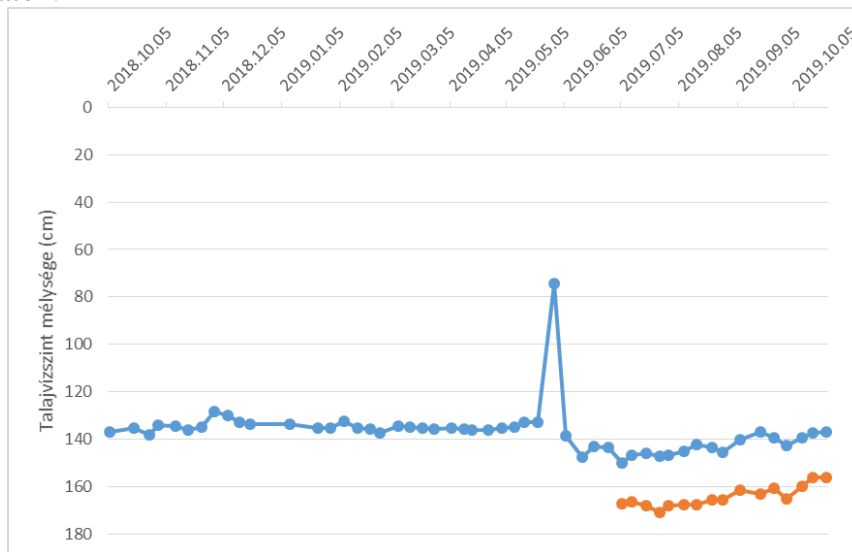
A kútfúrás után a talajvízszint megközelítőleg 1 nap után beáll, ezután lehet leolvasni a vízszint pontos értékét. A leolvasás többféle módon is történhet, jelen kutatás esetében erre a célra egy speciális mérőszalag lett felhasználva, melynek a végén egy LED-es érzékelő található. Amikor a szalag vége eléri a vizet, a LED felvillan, ekkor lehet leolvasni a pontos eredményt. A műszer meghibásodása esetén alternatív megoldás lehet a leeresztés során bevilágítani a kútba, és ezzel párhuzamosan hang alapján is figyelni arra, mikor éri el a szalag vége a vízszintet. Hátránya ennek a helyettesítő módszernek, hogy nem olyan pontos, mint a LED-es érzékelővel mért érték.

A kútfúrásokhoz kapcsolódóan a mintavételi pontoknál szintezés is történt. Ennek a szintezésnek a célja az egyes pontok tengerszint feletti magasságának, valamint az egyes térbeli különbségek mértékének meghatározása volt. A mérések eredményei azt mutatták, hogy az egyes pontok között csupán 5–10 centiméter eltérés található, tengerszint feletti magasságuk megközelítőleg 372, 4 méter.

Eredmények

A talajvízszint-mélységek különbségének meghatározásához az égeres intercepciós kertben található 3. számú, illetve a szegélyben található, szintén 3. számú kút vízszintjeinek monitorozása valósult meg heti szinten, a szegélyben található kút telepítésétől kezdve. A terepen mért értékekből feldolgozás előtt ki kell vonni a kút pereme és a talajfelszín közötti különbséget (az égeresben található kútnál ez 78 cm, a szegélyben lévő kútnál pedig 82 cm volt). Az így kapott értékek egy grafikonon kerültek összehasonlításra (3. ábra). Mivel a nedves

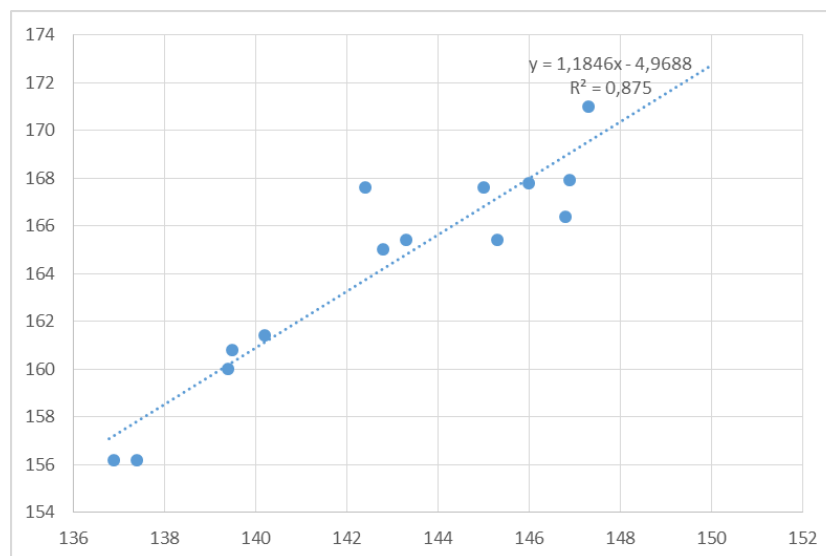
rét területén mindkét tervezett kútfúrás sikertelen volt, ezért annak talajvízszint-változásáról nincsenek adatok.



3. ábra Az égeresben található 3. számú talajvízkút és a szegélyben található 3. számú talajvízkút vízszintjének változása 2018 októbere és 2019 szeptembere között

Az intercepciós kertben a talajvízszint mélységének változása egész évben egyenletes, nem gyakoriak a kiugró értékek. A tavaszi-nyári időszakban tapasztalható enyhe vízszint-süllyedés a fászfárú növényzet megemelkedett vízigényét jelzi. A szegélyben található kút létesítésére csak 2019 június végén került sor, így nem rendelkezik az előző kúthoz hasonló átfogó adatsorral. A rövid mérési időszak ellenére is megállapítható a mért adatokból, hogy a változások viszonylag egyenletesek, valamint megfigyelhetjük a vízszint növekedését szeptember-októberben. Ennek oka az őszi időszakban kezdődő lombhullás, valamint az anyagcsere-folyamatok intenzitásának csökkenése a fás- és lágyszárú növényállományokban egyaránt.

A talajvízkutak vízszintjéből származó adatokból létre lett hozva egy kapcsolati görbe is (4. ábra). A kapcsolati görbe alapján megállapítható, hogy a gyűjtött adatok igen közel állnak egymáshoz, és ez lehetőséget nyújt arra, hogy az egyik kút meghibásodása esetén a másik segítségével lehessen adatokat gyűjteni.



4. ábra A két talajvízkút kapcsolati görbéje

Összefoglalás

Az összegzett kutatási eredmények azt mutatták, hogy a 2019 nyarán létesített, erdőszegélyben található talajvízkútból gyűjtött adatok hasonló trendet mutatnak, mint a már meglévő, égeres intercepciós kertben található kút. Az újonnan telepített kút bekerült az állandó mérési hálózatba, heti szinten zajlik az adatgyűjtés. A közeljövőben célként lett kitzúve a már tervezett, de még nem megvalósított két talajvízkút létesítése az erdőállománnyal szomszédos nedves réten.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- DÖVÉNYI Z. (szerk.) (2010): Magyarország kistájainak katasztere, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. pp. 345-347.
- GRIBOVSKI, Z (szerk.) (2012): Hidegvíz Valley Experimental Watershed. University of West Hungary Press, Sopron.
- KUCSARA M. (szerk.) (2008): A Hidegvíz-völgyi erdészeti hidrológiai kutatóhely. NYME EMK Geomatikai, Erdőfeltárási, és Vizgazdálkodási Intézet, Sopron. pp. 7-9.

HIDROLÓGIAI ÉS BOTANIKAI JELLEMZŐK KAPCSOLATÁNAK FELTÁRÁSA VIZES ÉLŐHELYEKEN A KLÍMAVÁLTOZÁS TÜKRÉBEN

NEVEZI CSENGE

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

nevezi.csenge@uni-sopron.hu

A vizes élőhelyek rendkívül komplex és ökológiai szempontból érzékeny társulások, ezért kiemelten fontos ezen társulások hidrológiájának, illetve botanikájának megismerése, valamint az említett két tényező kapcsolatainak felmérése segíthet a társulás dinamikájának részletesebb megismerésében, ezáltal a megőrzésükben is. Napjainkban különösen fontos ennek a témának a feltárása, mivel a globális klímaváltozás egyre gyorsuló ütemben fenyegeti ezeknek a társulásoknak a stabilitását. Ennek a stabilitásnak a megőrzése nem csak ökológiai és természetvédelmi szempontból fontos, de a gazdaságra is jelentős hatással lehet. Ennek a dinamikájának a vizsgálata már számos kutatás témája volt; ezeknek a módszertana évtizedeken át fejlődött az új kutatási eredmények megismerésével, áttekintésük nagyban segítheti az új kutatások megtervezését és kivitelezését.

DEXLER és EWEL (2001) az El Niño által bekövetkezett szárazság hatásait vizsgálta a vízháztartásra és a víz sótartalmára egy mikronéziai vizes élőhelykomplexen. A kutatás 1998 januárja és decembere között zajlott, a Kostrae nevű szigeten, a Yela vízgyűjtő területén, amely akkoriban viszonylag érintetlen területnek számított. A mintaterületen két jellemző társulást határoztak meg, az egyik egy mangrovemocsár, a másik egy mangroveerdő volt. A méréseket 1998 januárjában kezdték, három zónában (mocsárerdő, áramlási zóna, mangroveerdő), ezek mindegyikében piezométer-csoportokat helyeztek el, valamint a 2. és 8. csoportban telepítésre került két talajvízkút is, automata szenzorokkal. A víz sótartalmának mérése manuális és automata módon történt (a közeli folyóvizeken és a talajvízkutakban), a meteorológiai adatokat a Nemzetközi Klímaadat-központból kérték le. Az eredmények azt mutatták, hogy az El Niño okozta szárazság igen erősen befolyásolta a társulások vízháztartását, az aszály beköszöntével a talajvízszint folyamatos süllyedésnek indult, minden piezométer-csoport területén magas volt a napi ingadozások aránya; a sótartalom az elöntések után mindig megnövekedett, ez leginkább a mangroveerdőben volt megfigyelhető (DEXLER és EWEL et. al., 2001). Ennek a kutatásnak az eredménye jól mutatja, milyen nagy hatással van egy vizes élőhely hidrológiájára egy hirtelen jött aszály – amelyeknek előfordulása a szélsőséges időjárási eseményekkel egyre gyakoribb napjainkban.

RICHARD et. al. (2013) és munkatársai egy domboldalon fekvő patakmenti erdő és a talajvíz kapcsolatát vizsgálták Afrikában, Észak-Beninben. A kutatás célja az volt, hogy megfigyeljék a kiválasztott terület hidrodinamikáját, valamint az aktuális evapotranszpirációt, a talajnedvességet, valamint a talajvízszintet. A terepi mérések mellett lefuttattak egy modellezést is a Hydrus 2-D szoftver segítségével. A vizsgálatok két évet vettek igénybe, az első év a 2006-os volt, ami száraz évnak számított az ottani körülményekhez képest. A következő év csapadékmennyisége átlagosnak volt mondható. A mintaterületen három helyen telepítettek piezométereket (2, 10, és 20 méter mélyen), valamint felállításra került egy meteorológiai mérőtorony alapvető meteorológiai mérőműszerekkel. A mérésekkel párhuzamosan megtörtént a szimulációk lefuttatása is, hogy az eredmények egymással összehasonlíthatóak legyenek. A vizsgált időszak letelte után az adatokból az derült ki, hogy ugyan a száraz időszak alatt elkezdett csökkenni a talajvíz mennyisége, viszont nem drasztikus

mértékben – ehhez képest a modell sokkal intenzívebb mértékű csökkenést mutatott, két hónapos késéssel. A talajnedvesség változása a talajvízszint-változást követte, az evapotranszpiráció mértéke a téli időszakban volt nagyobb – az evapotranszpiráció esetében a modell által szimulált eredmények nagyjából megegyeztek a terepi mérésekével (RICHARD et. al. 2013). Ez a kutatás rávilágít arra, hogy a modellek igen hasznosak lehetnek egy vizes élőhely dinamikájának feltárásában, és megfelelő használat esetén a jövőbeli változások előrejelzésére is alkalmasak lehetnek, ezzel segítséget nyújtva a megőrzésben, valamint az aszályok elleni védekezésben.

Északnyugat-Kínában YIN et. al. (2015) és munkatársai a fák és a talajvíz közötti kapcsolatot figyelték meg egy száraz klímájú mintaterületen. A vizsgálat célja a fás terület és a talajvíz közötti kapcsolat feltárása volt terepi mérések és a Hydrus 1-D modellező szoftver felhasználásának segítségével. A kutatók a terepi mérések mellett korábban mért adatokat is gyűjtöttek, amelyeket a hosszú távú szimulációhoz használtak fel. Egy kísérleti öko-hidrológiai területen, Yulin mellett került sor a mérőműszerek telepítésére. A talajvízszint mérésére egy talajvízkutat használtak, a hosszú távú adatokat egy közeli meteorológiai állomástól kérték le, amelyeket 1992 és 2010 között mértek manuálisan, szintén egy talajvízkút segítségével. A terepi adatgyűjtéssel párhuzamosan futtatták a szimulációkat a Hydrus 1-D-ben. A mérések eredményei szerint heves esőzések után mindig megfigyelhető volt a fák intenzív talajvíz-felvétele, viszont a száraz időszak alatt a talajvízszint-csökkenésnek kicsi volt az intenzitása. Mind a rövid, mind a hosszútávú szimulációk hasonló trendeket mutattak, mint a terepen mért értékek, valamint ezekből az adatokból az is látható volt, hogy a talajvíz-felvétel háromszorosa volt a száraz időszakokban az átlaghoz képest (YIN et. al. 2015). A kutatás szépen bemutatja a száraz klimatikus körülmények között tényező fás szárú növények és a talajvíz kapcsolatát, amelynek dinamikáját azért fontos megismerni, mert a jövőben egyre több élőhelyen alakulhatnak ki a megszokottnál szárazabb klimatikus viszonyok.

Magyarországon főként az alföldi erdőkhöz és faültetvényekhez kapcsolódóan végeztek méréseket a talajvíz-viszonyok feltárására. Ilyen kísérletet végzett a Jászság területén SZABÓ (2016). Három mintaterületen (Jászberény, Jászfákóhalma, Nyírbogát), 18 talajvízkút adatai kerültek begyűjtésre 2016 januárja és júniusa között, hogy a mért adatokból képet kapjanak az ott zajló talajvízszint-dinamikáról. Az eredmények egyértelműen kimutatták, hogy a jászsági területen folyamatos a talajvízszint süllyedése, a nyírbogáti területen ezzel szemben emelkedés tapasztalható. Ennek az a lehetséges a magyarázata, hogy az előbbi beszivárgási, az utóbbi pedig feláramlási területen van (MÓRICZ et. al., 2016). A terepen mért adatok azt mutatják, hogy a téli hónapok visszatöltési dinamikája jelentősen befolyásolja a rákövetkező év vízháztartását, valamint, hogy erre a dinamikára hatással vannak a beszivárgási és feláramlási zónák is (SZABÓ et. al. 2016). Az Alföld talajvíz-dinamikájának megismerése hazánkban egy igen fontos téma, hiszen az aszályok nagy része az alföldi régiót veszélyeztetik a legjobban, mezőgazdasági és ökológiai szempontból egyaránt.

Egy vizes élőhely megismeréséhez nem csak a hidrológiai viszonyok, de a vegetáció ismerete is szükséges. A növényzet felvételezése többféle módon történhet, például hagyományos módon, terepbejárással, a mintaterületek nélkül (flórafelvételezés) vagy mintaterületek segítségével (pl. kvadrát-módszer) (BARTHA et. al., 2011). A nagyobb területek felvételezésében sokat segíthet a távérzékelés és a geoinformatikai eszközök felhasználása, ilyen módon akár egy egész ország vegetációtérképét el lehet készíteni. Magyarországon ilyen a MÉTA program (Magyarország Élőhelyeinek Térképes Adatbázisa): a projekt célja az ország nagy léptékű, aktuális élőhelytérképeinek az elkészítése, gondozása és frissítése, valamint ezzel

párhuzamosan a szemléletformálás. A térképeket aktuális terepi felmérések során készítették (35 hektáros felmérési egységekben), majd ezeket az adatokat digitalizálták (MOLNÁR et. al, 2007); a térképhez kapcsolódó élőhely-leírások az Á-NÉR 2011-es kiadásán alapulnak (BÖLÖNI et. al., 2011). Egy 100 hektárnál kisebb területen érdemes a terepi felmérések során a kvadrát-módszert alkalmazni, majd a határozást már meglévő adatbázisokra alapozva elkezdni. A meghatározott növényfajokhoz hasznos társítani az ELLENBERG-féle (1950) T-W-R ökológiai jelzőszámokat, ezek az indikátorfajok meghatározásában játszanak nagy szerepet.

Az Egyesült Államokban, Pennsylvania államban GOSLEE et. al. (1997) és munkatársai vizsgálták vizes élőhelyek növényfajait, mint vízminőség-indikátorokat. A kutatás célja az volt, hogy kiderítsék, milyen növényfajok jellemzőek a különböző vízforrások által táplált élőhelyeken. A mintavételi helyeket véletlenszerűen választották ki a Susquehanna vízgyűjtő területén. Tizenhat mérési pont került kijelölésre (1994-ben ez tizenkettő új ponttal bővült), amelyeket kvadrátok segítségével monitoroztak, valamint két-három pontba elhelyeztek egy-egy talajvízkutat és piezométert, ezzel nyomon követték a talajvízszint- és minőség változását. A növényhatározást GLEASON és CRONQUIST (1991) alapján, az indikátorfajok meghatározását VIKTOROV et. al. (1965) alapján végezték talajvíztől függő (GW), időszakosan elöntött (SSW) és vizenyős (PSW) területeken. Az eredményekből egyértelműen látható volt, hogy mindhárom kategória esetében megfigyelhető volt a különbségek és az indikátorfajok megléte. Az időszakosan elöntött területek (SSW) voltak a legfajgazdagabbak, valamint a talajvíztől függő (GW) területeken a fás szárú fajok aránya volt nagyobb, a légyszárúak között arányában több volt a fűféle és a páfrány. A vizenyős területek (PSW) átmenetet képeztek a másik kettő között. A talajvíztől függő területeken a leggyakoribb fajok a *Nyssa sylvatica*, a *Rhododendron maximum*, és a *Carex spp.* voltak; az időszakosan elöntött területeken (SSW) pedig a légyszárúak között a *Symplocarpus foetidus* dominált a magaskórósok és a liánok mellett. A vizenyős területeken (PSW) a *Glyceria striata* és az *Impatiens capensis* voltak a leggyakoribb fajok (GOSLEE et. al. 1997).

Nevada államban CASTELLI et. al. (2000) és munkatársai vizsgálták két folyó mentén a patakmenti vegetációt és hidrológiai tényezőket, és ezzel párhuzamosan a rájuk ható környezeti változásokat. Kutatásuk célja annak meghatározása volt, hogy mely növények jelenléte alkalmazható indikátorként az aktuális vízkészlet állapotára vonatkozóan a felmért társulásokban. A legfőbb vizsgált tényezők a növényfajok gyakorisága, a felszínborítás, a talajvíz felszín alatti mélysége, a talaj mechanikai és fizikai jellemzői, illetve a hidrológiai viszonyok voltak a két mintaterületen [Big Creek és Corral Canyon). A TWINSPAN (Two Way INDicator SPecies ANalysis (Hill, 1979)] módszer segítségével összesen négy élőhelytípust határoztak meg: nedves rét, üde rét, száraz rét, és egy ürömféle (*Artemisia tridentata*) által dominált gyeptípus. A társulások részletes vizsgálata során kimutatható volt, hogy mindegyik vegetációtípus szoros kapcsolatban áll a talajvízszint-változással; az erre legérzékenyebb típusok a nedves és az üde rétek voltak. A szárazabb típusok esetében több tényező gyakorolt érzékelhető hatást a vízháztartásra: ilyen volt a talajvízszint felszíntől való távolsága, a terület lejtése, valamint a pórusok levegőtartalma. A patakmenti típusoknál a legjobb indikátorfaj a *Carex nebrascensis* – ez a faj érzékeny a leginkább a talajvíz szintjének változására (CASTELLI et. al., 2000). A két kutatás eredményeiből látható, hogy a különböző vízforrások által táplált területek növényzete észrevehető változatosságot mutat, valamint megjelennek a különböző indikátorfajok is. A növényzet megfigyelése egy adott területen akkor is sok információt adhat a területen bekövetkezett hidrológiai változásokról, amikor még nem kezdődtek el a vízháztartás jellegét feltáró mérések.

A témában készült kiemelt cikkekből látható, hogy nincs teljesen egységes módszer a vizes élőhelyek hidrológiai és botanikai jellemzőinek feltárására, és a klímaváltozás, az aszályok, és a heves esőzések is másképpen hatnak egy-egy területre. Minden társulásnak egyedi a dinamikája, a szinte érintetlen, védett életközösségek és a faültetvények más-más módon reagálnak a bekövetkező változásokra. A napjainkban zajló globális klímaváltozás annyira gyors tempóban zajlik, hogy az életközösségek sokszor nem tudnak alkalmazkodni a szélsőséges, megváltozott körülményekhez. A hidrológiai és botanikai folyamatok és összefüggések felméréseivel egyre több társulásról kapunk olyan információkat, amelyek elengedhetetlenek a fenntartásukhoz, valamint a fenntartható gazdálkodás megvalósításához.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- BARTHA, D. (2011): Vegetációismeret. Nyugat-Magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 38-39.
- BÖLÖNI J. – MOLNÁR ZS. – KUN A. (szerk.) (2011): Magyarország élőhelyei. A hazai vegetációtípusok leírása és határozója. ÁNÉR 2011. MTA Ökológiai És Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót. 441p.
- CASTELLI, R. M. – CHAMBERS, J. C. – TAUSCH, R. J. (2000): Soil-plant relations along a soil-water gradient in Great Basin riparian meadows. WETLANDS, Vol. 20, No. 2, June 2000, pp. 251-266
- DREXLER, J. Z. – EWEL, K.C. (2001): Effect of the 1997 – 1998 ENSO-Related Drought on Hydrology and Salinity in a Micronesian Wetland Complex. Estuaries Vol.24, No. 3., pp. 347-356. ISSN: 0160 – 8347
- GLEASON, H. A. – CRONQUIST, A. (1991): Manual of vascular plants of the Northeastern United States and adjacent Canada. New York Botanical Garden, Bronx, New York.
- GOSLEE, S.C. – BROOKS, R. P. – COLE, C.A. (1997): Plants as indicators of wetland water source. Plant Ecology, Vol. 131, No. 2., pp. 199 – 206. ISSN: 153-5052
- HILL, M. O. (1979): TWINSPAN, a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics, Cornell University, New York, 48 pp.
- MÓRICZ N. (2011): Egy erdő és parlagterület vízforgalmának összehasonlító vizsgálata. Doktori értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron
- MOLNÁR, ZS. – BARTHA, S. – SEREGÉLYES, T. – ILLYÉS, E. – BOTTA-DUKÁT, Z. – TÍMÁR, G. – HORVÁTH, F. – RÉVÉSZ, A. – KUN, A. – BÖLÖNI, J. – BIRÓ, M. – BODONCZI, L. – DEÁK, Á. J. – FOGARASI, P. – HORVÁTH, A. – ISÉPY, I. – KARAS, L. – KECSKÉS, F. – MOLNÁR, CS. – ORTMANN-NÉ AJKAI, A. – RÉV, SZ. (2007): A grid-based, satellite-image supported multi-attributed vegetation mapping method (MÉTA), Folia Geobotanica 42: 225–247.
- RICHARD, A. – GALLE, S. – DESCLOITRES, M. – COHARD, J.-M. – VANDERVAERE, J.-P. – SÉGUIE, L. – PEUGEOT, C. (2013): Interplay of riparian forest and groundwater in the hillslope hydrology of Sudanian West Africa (northern Benin). Hydrology and Earth System Sciences. Vol. 17., No. 12., pp. 5079 – 5096.
- YIN, L. – ZHOU, Y. – HUANG, J. – WENNINGER, J. – ZHANG, E. – HOU, G. – DONG, J. (2015): Interaction between groundwater and trees in an arid site: Potential impacts of climate variation and groundwater abstraction on trees. Journal of Hydrology. Vol. 528, pp. 435 – 448.
- SZABÓ A. – RÁSÓJ. – BALOG K. – TÓTH T. (2016): Talajvízszint változási dinamika a vegetációs időszak elején ültetvényekben és a kapcsolódó kontroll területeken. Újságcikk, NAIK ERTI.
- VIKTOROV, S. V. – VOSTOKOVA, E. A. – VYSHKIVIN, D. D. (1965): Some problems in the theory of geobotanical indicator research. In: CHIKICHEV A. G. (ed.), Plant indicators of soils, rocks and subsurface waters. Conference on indicator geobotany, Moscow, 1961. Consultants Bureau, New York. pp. 1–4.

TALAJNEDVESSÉG MÉRÉSÉNEK MÓDSZEREI PATAKMENTI ÉGERLIGETEKBE ÉS NEDVES RÉTEKEN

NEVEZI CSENGE – BAZSÓ TAMÁS – CSÁKI PÉTER – GRIBOVSKI ZOLTÁN – KALICZ PÉTER –
ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási, és Vízgazdálkodási Intézet

nevezi.csenge@uni-sopron.hu

A patakmenti égerligetek és nedves rétek olyan vizes élőhelyek, amelyek fennmaradásához kulcsfontosságú a terület természetes vízháztartásának megőrzése. Ennek része a talajban található víztartalom is, amely jelen lehet rétegvízként, talajvízként, valamint talajnedvességként is. Az utóbbi kettő játszik igazán fontos szerepet a növényzet számára; megfigyelésükkel következtethetünk a terület aktuális vízgazdálkodására, a növényzet vízigényére és állapotára. A talajvízszint mérését általában a területen fúrt kutak segítségével végzik; ez azonban idő- és pénzigényes munka, hosszútávon éri meg csak telepíteni. Ezzel szemben a talajnedvesség mérésére sokkal változatosabb módszerek léteznek, amelyeket nem csak a kutatásban, de a mezőgazdasági, erdészeti munkák során is felhasználnak.

A talajnedvesség mérésére ma már számos elméletben kidolgozott és gyakorlatban bevált módszer ismeretes. Mindegyiknek megvan a maga előnye és hátránya, illetve gyakorlati haszna. Fontos kiemelni, hogy nincs legjobb módszer, egy adott mintaterületen a legmegfelelőbb módszer kiválasztása nagyban függ a körülményektől is. A kiválasztott mintaterület a Sopron melletti Hidegvíz-völgy kísérleti vízgyűjtő területén helyezkedik el, éghajlata jellemzően mérsékelt hűvös-mérsékelt nedves. A vegetációs időszak sokévi középhőmérsékleti átlag 15,0–16,0 °Celsius között mozog, az átlagos évi középhőmérséklet a 8,5 °C. Az évi csapadékösszeg 700–750 mm közötti, ebből 430 mm esik a tenyészidőszakban, az ariditási index 0,93–0,96 közötti. (DÖVÉNYI et. al. 2010). A mérésre kijelölt pontok a Hidegvíz-völgyi kutatóháztól nem messze, egy égeres intercepciós kertben és a szomszédos réten lettek kijelölve (1. ábra). A terepi mintavétel a 2018–2019-es hidrológiai évben zajlott, heti rendszerességgel.



1. ábra A mintaterület elhelyezkedése a Hidegvíz-völgyben. A barna vonal a Rák-patak medrét, a lila a műutat, a piros az intercepciós kert kerítését, a zöld pedig az erdőszegélyt jelöli. A mérési pontok sárgával vannak feltüntetve (Bazsó et. al. 2019)

A talajnedvesség mérése két módon történt a mintaterületen: szárítószekrényes eljárás segítségével, valamint TDR mérőeszközzel. A talajminták nedvességtartalmának meghatározása a TDR szonda kalibrációjához volt szükséges.

Az egyik legegyszerűbb, legpontosabb módszer a talaj nedvességtartalmának meghatározására a szárítószekrényes eljárás (RADCLIFFE et. al. 2010). A módszert részletesen Topp és Ferré (2002) írta le. A módszer a TDR szonda kalibrálásában került alkalmazásra. Összesen 6 mintavételi pont került kijelölésre a zavartalan mintavételhez – 2 pont az égeresben, 2 pont a szegélyben, 2 pont a nedves réten. A zavartalan minták vételezéséhez egy erre kialakított készlet került alkalmazásra (2. ábra), ami egyenként 100 cm³-es fémhengerekből áll. A talajfelszín megtisztítása után (növényzetmentesnek kell lennie) egy kalapáccsal bele kell ütni mérőhengereket a földbe, majd lehetőség szerint óvatosan eltávolítani ezeket. A mintavételt érdemes egy csapadékesemény után 1-2 nappal, valamint közvetlenül csapadékesemény után is elvégezni.



2. ábra Zavartalan mintavételhez használatos mintavevő készlet (középen) és a TDR műszer (jobbra) (saját felvétel)

A frissen vett mintákat először nedves állapotban kell lemérni, majd a fémhengereket a bennük lévő talajmintával 24 órára 105 °C-os szárítószekrénybe kell helyezni. Az idő letelte után meg kell határozni a száraz minták tömegét is. A százalékos nedvességtartalom meghatározásához szükségünk van a talajminta térfogatára is, ennek az adatnak a segítségével tudjuk az előbbit a következő egyenlettel meghatározni (RADCLIFFE et. al. 2010):

$$\theta_g = \frac{\text{nedves tömeg} - \text{száraz tömeg}}{\text{száraz tömeg} - \text{mintavételi henger tömege}}$$

ahol θ_g a talajban található víz tömegének százalékos tartalma.

A legtöbb, talajnedvességre vonatkozó vizsgálat a TDR (Time Domain Reflectometry) módszerrel történt. A szárítószekrényes eljáráshoz hasonlóan ennek a módszernek a részletes leírása is FERRÉ és TOPP (2002) tanulmányához kapcsolódik. Az eljárás a talajban található víz elektromos vezetőképességét használja ki. A módszer lényege, ha egy elektromágneses hullámot bocsájtunk a talajba, az végighalad a rétegeken, és az áthaladás közben az energiája egyre csökken, viszont a talajnak azon alkotórészei, amelyen áthaladt, felveszik ezt az energiát (ROBINSON et. al. 2003). A gyakorlati mérésben ez a folyamat kerül kihasználásra, az erre kialakított műszerek azt mérik, mennyi idő múlva verődik vissza a kibocsájtott elektromágneses hullám a forrás helyére. A terepi mérés során általában két vagy három vékony fémrudat vezetnek a talajba, és ezek kapcsolódnak egy kábelen keresztül a TDR készülékhez (2. ábra). A műszer elektromágneses hullámokat bocsájt ki, amelyek a fémvezetőkön keresztül a talajba jutnak. A műszer által mért értéket egy, a műszer tetején digitális kijelzőről lehet leolvasni, amelyből egy konverziós egyenlet segítségével kiszámítható a talaj %-os nedvességtartalma (RADCLIFFE et. al. 2010).

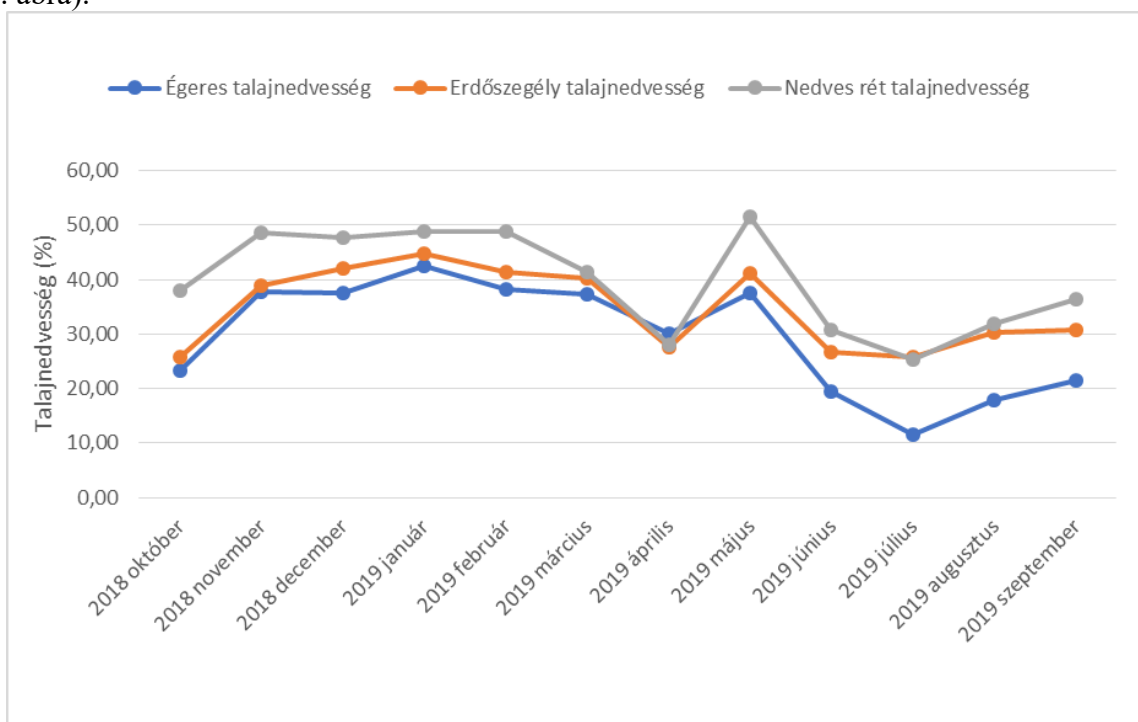
A TDR szonda az egyik legjobban alkalmazható talajnedvesség mérésére szolgáló módszer, mivel az egyik legpontosabb módszerrel méri a nedvességtartalmat, könnyen használható és

mozgatható, valamint digitális tárhellyel is rendelkezik. A mérés pontossága nagyban függ az ismétlésszámtól is, a pontosság és a mérési hibák kiküszöbölése érdekében érdemes a mérést egy ponton legalább ötször elvégezni, valamint nem ad pontos eredményt a TDR módszer akkor sem, ha a mérés túl laza, vagy túl tömörödött talajon történik. Túl köves, illetve fagyott talaj esetén ez a módszer nem használható.

Három alkalommal a terepi méréshez kapcsolódóan zavartalan mintavétel történt. A zavartalan mintákból szárítószekrényes eljárással meghatározásra került a talajnedvesség, ez került volna összehasonlításra a gyári kalibrációs görbével. A zavartalan mintavétel eredményeinek elemzése után kiderült, hogy a terepi ismétlésszám alacsony volt, és a minták szórása igen nagy, érdemi összehasonlításra nem került sor. Így megtörtént a gyári kalibrációs egyenlet elfogadása. A TDR szondával mért nyers adatok átszámolása egy konverziós egyenlet segítségével végezhető el:

$$VWC = (0,049 * PERIOD) - 98,23$$

ahol a VWC (volumetric water content) a talaj %-os nedvességtartalma, a PERIOD pedig a műszer által mért érték. Az átszámított adatok területenként egy egyesített grafikonon láthatók (3. ábra).



3. ábra A TDR által mért talajnedvesség 2018 októbere és 2019 szeptembere között

A grafikonon látható, hogy az egyes területek (égerliget, erdőszegély, nedves rét) nedvességtartalma minden hónapban különbözik. A talajmintavétel eredményeivel összehasonlítva látható, hogy az azonos időben és körülmények között mért eredmények nagyjából azonosak, ebből arra lehet következtetni, hogy az átszámításhoz használható kalibrációs egyenlet jól használható az értékek meghatározására.

A mintavételi területen a jövőre vonatkozóan tervként szerepel megfelelő ismétlésszámú zavartalan mintavétel, amelyek segítségével pontosabb képet lehet majd kapni a talajnedvesség

változásairól. A nedvesség változásának nyomon követése fontos szerepet játszik napjainkban, a megnövekedett számú aszályos időszakok, valamint az intenzív csapadékesemények miatt. Az eredmények több éven keresztül nyomon követése segítséget nyújthat a patakminti égerligetek és nedves rétek dinamikájának feltárásában, valamint a megőrzésükben, fenntartásukban is.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- DÖVÉNYI Z. (szerk.) (2010): Magyarország kistájainak katasztere, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. pp. 345-347.
- RADCLIFFE, D. E. – SIMUNEK, J. (2010): Soil Physics with HYDRUS: Modeling and Applications. CRC Press, Boca Ration, FL. pp. 43-45.
- ROBINSON, D. A. – JONES, S. B. – WRAITH, J. M. – OR, D. – FRIEDMAN, S. P. (2003): A review of advances in dielectric and electrical conductivity measurement in soils using time domain reflectometry. *Vadose Zone Journal* 2. pp.444-475.
- TOPP, G. C. – FERRÉ, P. A. (2002a): Thermogravimetric using convective oven-drying. In: DANE, H. – TOPP, G. C. (eds.): *Methods of Soil Analysis: Part 4, Physical Methods*. SSSA, Madison, WI. pp. 422-424.
- TOPP, G. C. – FERRÉ, P. A. (2002c): Water content. In: DANE, H. – TOPP, G. C. (eds.): *Methods of Soil Analysis: Part 4, Physical Methods*. SSSA, Madison, WI. pp. 417-422.
- TOPP, G. C. – REYNOLDS, W. D. (1998): Time domain reflectometry: A seminal technique for measuring mass and energy in soil. *Soil Tillage Res.* 47. pp. 125-132.

VÍZMÉRLEG SZÁMÍTÁSA EGY PATAKMENTI ERDŐÁLLOMÁNYBAN ÉS NEDVES RÉTEN A 2018–2019-ES HIDROLÓGIAI ÉVBEN

NEVEZI CSENGE – BAZSÓ TAMÁS – CSÁKI PÉTER – GRIBOVSKI ZOLTÁN – KALICZ PÉTER – ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási, és Vízgazdálkodási Intézet

nevezi.csenge@uni-sopron.hu

A vizes élőhelyek rendkívül összetett élőhelykomplexek, működésük és fennmaradásuk több tényezőtől is függ. Ezeknek a tényezőknek a megismerése és feltárása segíthet a vizes élőhelyek hosszútávú megőrzésében, illetve helyreállításában. Elsődleges célként kitűzendő az ilyen típusú élőhelyek hidrológiai viszonyainak felmérése, mivel ez határozza meg legjobban a karakterisztikát és a dinamikát. A vízháztartásban bekövetkező változások elsősorban a vegetációra vannak hatással, amelyek egy éven belül is érzékelhető különbségeket mutathatnak, főnként azokban az időszakokban, amelyekben gyakoriak a szélsőségek, például aszályok és áradások. Egy adott terület vízkészletében adott idő alatt bekövetkező változásokat a vízmérleg kiszámításával lehet meghatározni.

Mivel az erdő, és a rét is egy komplex hidrológiai rendszer, ezért több tényezőt is figyelembe kell venni a számításokor: a napi csapadék mennyiségét, a napi hőmérséklet-átlagokat, a potenciális evapotranszspirációt, a levélfelületi indexet, és az intercepciót (GRIBOVSKI et. al. 2011).

A csapadék- és hőmérséklet-adatokat terepi méréssel tudjuk a legkönnyebben meghatározni, ha erre nincs lehetőség, különböző adatbázisokból tudjuk lekérni az adatokat. Amikor a párolgásra rendelkezésre álló vízkészlet a párolgás szempontjából nem korlátozott, akkor a párolgás, az éghajlati körülményektől függő maximumnak tekinthető. Ez a mennyiség az ún. lehetséges, vagy potenciális párolgás, vagyis a potenciális evapotranszspiráció (PET). A növényzet levélfelülete a vegetáció általa elfoglalt terület többszöröse. Az egységnyi területhez jutó levélfelület számszerű értéke a levélfelületi index (LAI - Leaf Area Index). Az intercepció a csapadéknak az a része, amely a növényzet felületéről a csapadékesemény alatt és azt követően elpárolog, tehát nem éri el a talajfelszínt (GRIBOVSKI et. al. 2011). Ezeknek a tényezőknek az ismeretében a vízkészletben történt kiadások és bevételek meghatározhatók a vízháztartási egyenlet segítségével.

A vízmérleg számítása külön-külön az erdőre is és a rétre is elvégzésre került. Mivel a csapadék- és hőmérsékletadatok már rendelkezésre álltak, és a potenciális evapotranszspiráció is kiszámításra került, már csak a levélfelületi indexet és az intercepciót kellett meghatározni, külön-külön az égeresre és a nedves rétre is. Az égeres esetében a lehulló leveleket 1 m²-es, hálós keretekben összegyűjtve, azok felületét meghatározva és tömegét lemérve (a felület-tömeg arányt kalkulálva) történt a levélfelületi index számítása. A rét esetében a Sentinel-2 műhold NVDI adatai kerültek felhasználásra. A nyers adatokból a következő egyenlettel lehet kiszámítani a LAI értékét (URL 1):

$$LAI = 0,57 * exp(2,33 * NVDI)$$

Az eredmények alapján égeres levélfelületi indexe megközelítőleg 7, a réten ez 2,5 a vegetációs időszakban.

Az intercepció a csapadék függvényében az ún. Merriam-féle összefüggés alapján kiindulva számolható (Merriam, 1960):

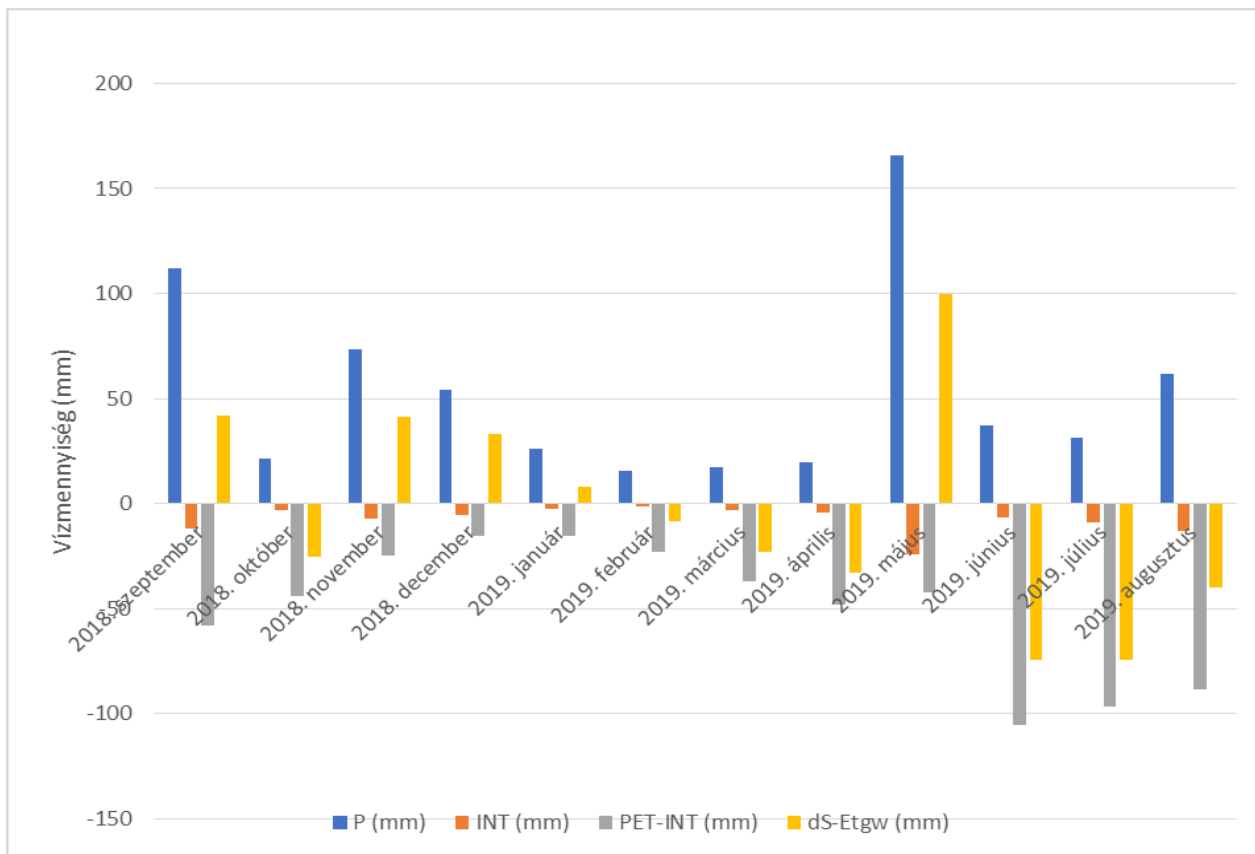
$$E_{su} = S \cdot \left(1 - e^{-\frac{P}{S}}\right) + K \cdot P$$

ahol E_{su} a koronaintercepció mm-ben, S a vegetáció felületének tárolási kapacitása mm-ben, P a csapadék mennyisége mm-ben, K a csapadékesemény közbeni párolgás aránya, melynek értéke 0,1.

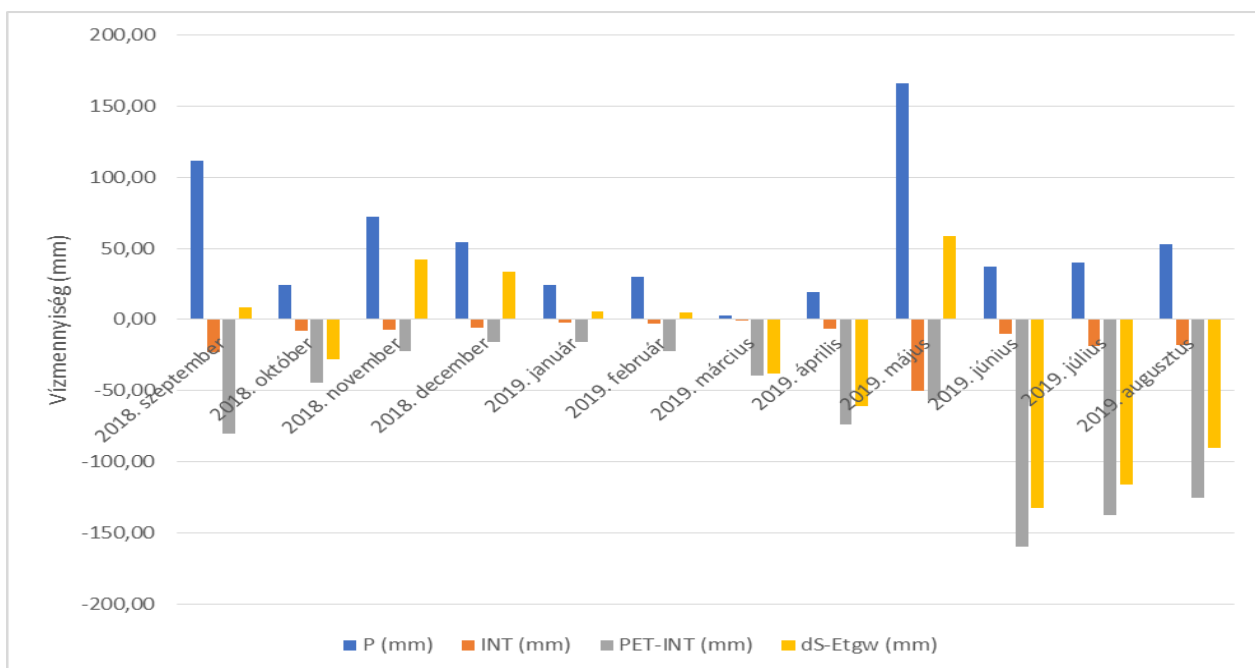
A fenti értékek kiszámítása után a következő egyenlettel határozhatjuk meg a vízmérleget:

$$P - INT - (PET - INT) = dS - ET_{gw}$$

ahol P a csapadék, INT az intercepció, PET a potenciális evapotranszpiráció, dS a készletváltozás, ET_{gw} pedig a talajvízből származó vízvisszapótlás. A $PET-INT$ tag a transzspirációs vízfelvételt jelenti. Az égeres kert és a nedves rét egész éves vízmérlege különálló grafikonokon látható (1. és 2. ábra). Az egész éves, vízkészletben megjelenő változásokat táblázatokban vannak összegezve (1. és 2. táblázat). A grafikonokból megállapítható, hogy a vízkészlet-változások dinamikája hasonló a két területen. Az oszlopokat figyelve látható, hogy az égeresben sokkal nagyobb az intercepció mennyisége – ezzel magyarázható, hogy az égeresben kisebb volt a talajnedvesség értéke, mint a nedves réten. Kivétel ez alól az április, amikor a réten már elkezdődött a lágyszárú vegetáció transzspirációja, viszont az égeresben az árnyékoló hatás, illetve a lombkorona hiánya miatt ez még nem indult meg. Ebben a hónapban kismértékben az égeresben volt nagyobb a talajnedvesség mértéke.



1. ábra A nedves rétezhöz kapcsolódó éves bevételek és kiadások



2. ábra Az égereshez kapcsolódó éves bevételek és kiadások

1. táblázat A nedves rét egy éves vízkészlet-változása

2018 szeptember-2019 augusztus	P (mm)	INT (mm)	PET-INT (mm)	dS-ETgw
	634,79	-91,5	-597,7	-54,41

2. táblázat Az égeres egy éves vízkészlet-változása

2018 szeptember-2019 augusztus	P (mm)	INT (mm)	PET-INT (mm)	dS-ETgw
	634,79	-153,29	-793,11	-311,6

A grafikonokon és a táblázatokban feltüntetett adatok alapján jól látszik, hogy a két terület vízháztartása hasonló dinamikát mutat, ugyanakkor szembevetően a fás szárú növényzet nagyobb vízigénye az égeres állomány esetében.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- GRIBOVSKI Z. – KALICZ P. – KUCSARA M. (2011): Víztan. http://www.tudasfelho.hu/felho/First/First_files/Vi%CC%81ztan.pdf
- HAMON, W. R. (1961): Estimating potential evapotranspiration. Proc. Am. Soc. Civil Engrs., Jour. of the Hydraulics Div., 87, HY3, Pt. 1. pp 107-120
- MERRIAM, R. A. (1960): A note on the interception loss equation. Journal of Geophysical Research, 65 (11): 3850-3851.
- URL1: https://www.researchgate.net/post/How_to_calculate_LAI_Leaf_Area_Index_from_Satellite_Images

HIDROLÓGIAI VIZSGÁLATOK EGY FÁS LEGELŐN – TEREPBEMUTATÁS

SZŐKE ELŐD – CSÁKI PÉTER – KALICZ PÉTER – ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA –
GRIBOVSZKI ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

lod0324@gmail.com

Bevezetés

Eme cikksorozatban részletes bemutatásra kerül a Kőszeg határában elhelyezkedő Doroszlói rétek elnevezésű területen (2. ábra), valamint a rajta elvégzett beavatkozások és az ezekkel összhangban lévő vizsgálatok folyamatai és azok eddigi eredménye. A fejlett társadalmakban egyre nagyobb érdeklődés és politikai nyomás hatására előtérbe kerültek a különböző fenntartható fejlődéssel és fenntartható gazdálkodással kapcsolatos kutatások és vizsgálatok. Az általunk vizsgált terület a fás legelők kategóriájába tartozik, az ilyen jellegű területek hasznosítása már több évezredes múltra tekint vissza Európán belül. A fás legelők lényegében olyan élőhelyek ahol az állattartás és a fás szárú növényzet együttes jelenléte alkot egy komplex rendszert (BURGERS et al. 2013, DEN HERDER et al. 2017), mely kellő odafigyeléssel és megfelelő gazdálkodási módszerekkel képes kielégíteni az állattartás és a növénytermesztés során felmerülő igényeket. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy az ilyen jelleggel előállított élelmiszerek a korábbi vizsgálatok alapján, fontos részét képezhetik a társadalom egészséges élelmiszerekkel való ellátásában (Fagerholm et al. 2016). Jelen cikkben a terület bemutatása történik meg, kitérve a korábbi állapotokra és a beavatkozások leírására egészen a saját műszereink telepítéséig.

Vizsgált anyag és módszertan- a terület múltjának ismertetése

Az általunk vizsgált terület a Kőszeg központjától délre mintegy 2–2,5 km-re található Kőszeg-hegyalja Alsó rétek nevű terület egy kisebb része, mely a Tamás-árok és a Gyöngyös patak között terül el, és melyre a továbbiakban Doroszlói-rétek néven fogunk hivatkozni. A mintegy 70 hektár kiterjedésű terület a legkorábbi említésekben is vízjárta, vizenyős területként van számon tartva, a kezdetleges vízrendezési és feltöltési kísérletek során nadrágszij parcellák lettek kialakítva rajta (1. ábra).



1. ábra Nadrágszij parcellák a XIX. században (mapire.eu/hu)

A XIX. században elkezdődött folyószabályozások hatására az országban számos ponton megindultak a kisebb vízhozamú, de jelentős patakok szabályozása is, a Gyöngyöst ez a XX. században érte utol. Szabályzását követően a Tamás-árok kiépítése is megtörtént a területről ez által levezetve a vizet és nagyobb fokú hasznosításba így bevonva, valamint a terület kiszáradását is ez eredményezte. A XX. század második felében, mint hazánkban mindenhol, itt is a tsz vette át a területet és legelőként próbálták hasznosítani. A privatizáció után kaszálóként hasznosították, viszont hamar felhagytak a művelésével, ekkorra datálható a gyomosodás és cserjésedés jelentősebb beindulása.



2. ábra A talajvíz kutak elhelyezkedése az élőhelyrekonstrukció projekt által érintett területen a Kőszeg melletti Doroszlói-réteken

Vizsgálati eredmények – az eddigi beavatkozások bemutatása

A területen – miután az Őrségi Nemzeti Park tulajdonába került – több lépésben egy élőhely rehabilitációt hajtottak végre, melynek célja az erősen leromlott fás legelő helyreállítása valamint a déli részen a speciálisan kezelendő területek vízellátásának időszakos vízborításának biztosítása a Tamás-árokából. A beavatkozások 4 fő ütemben történtek meg. Az első lépésben 2018. május 16. és 2018. augusztus 31. között felszámolták a területen még szórványos megtalálható kerítésdarabokat és a vadászeleket, valamint egyéb objektumokat. Ekkor történt meg a kezelés során első alkalommal az aranyvessző (*Solidago gigantea*) kaszálása és a bíbor nebáncsvirág (*Impatiens glandulifera*) irtása is. A nebáncsvirág sikeres visszaszorítása érdekében, még a magszórás előtt gyökerestől kellett eltávolítani a faj egyedeit. Második lépésben 2018. szeptember 1. és 2019. március 15. között a területen számottevő fa és cserjeirtás történt, mely során a nyesedéket is elszállították, valamint a nemzeti park szempontjából értékesnek ítélt egyedeket és kisebb fa- és bokorcsoportokat ekkor jelölték ki és hagyták meg a fás legelő jelleg fenntartása érdekében (3. ábra). Ebben a lépésben is megtörtént az aranyvessző újabb kaszálása is.



3. ábra A fás legelőhöz nélkülözhetetlen kisebb facsoportok és magányosan álló fák

A harmadik lépésben 2019. március 16. és 2019. augusztus 31. között ismét megtörtént mindkét invazív faj irtása, továbbá a speciálisan kezelendő terület egyszeri irtása is. Az utolsó lépésben 2019. szeptember 1. és 2019. szeptember 30. között, az aranyvessző ismételt kaszálásán kívül megtörténtek a főbb földmunkák is, melyek célja a Tamás-árokából a vízpótlást biztosítani a speciálisan kezelendő déli részekre. Ekkor épült meg a terület déli határában egy árokrendszer, melynek célja a területen tartani a vizet, valamint az esetleges többletvíz elvezetése a Gyöngyös patakba (4. ábra), továbbá a vízpótlás céljából kiépített vezetékrendszer és fenékküszöb, mely a Tamás-árokából vezetné a vizet a kívánt részekre (HARSÁNYI és KUTSCHI 2016). Betervezett, de csak az előre eltervezett időszak után megépítésre került a területre legeltetés céljából tartott marhaállomány elkerítését szolgáló kerítésrendszer, valamint az itatójuk mély fűrt kútjának megépítése is.



4. ábra Az árokrendszer és a megépülés alatt lévő fenékküszöb

Hidrológiai vizsgálatok 2019 áprilisa óta zajlanak heti rendszerességgel a területen. Négy kutat telepítettünk a térképen megjelölt helyeken (2. ábra), minden kút esetében zajlik talajnedvesség és talajvízszint mérés. A négyes számú kutat jelöltük ki kontrollkútnak, mert az előzetes becslések alapján a vízpótlások hatásai azt a kutat nem fogják érinteni. A vízpótlás beüzemelése előtti adatok feldolgozása már megtörtént, ez által egy viszonyítási alapot ad a beavatkozások eredményéről (SZŐKE E. 2019). A kutak telepítését és a belőlük származó adatok feldolgozását valamint eredményeinek bemutatását a további cikkekben fogom kifejteni.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitorési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- BURGESS, P.J. – CROUS-DURAN, J.– DEN HERDER, M. – DUPRAZ, C. – FAGERHOLM, N. – FREESE, D. – GARNETT, K. – GRAVES, A. R. – HERMANSEN, J. E. – LIAGRE, F. – MIRCK, J. – MORENO, G. – MOSQUERA-LOSADA, M. R. – PALMA, J. H. N. – PANTERA, A. – PLIENINGER, T. – UPSON, M. (2015): AGFORWARD Project Periodic Report: January to December 2014. Cranfield University: AGFORWARD. 95 pp.
- FAGERHOLM, N. – TORRALBA, M. – BURGESS, P. J. – PLIENINGER, T. (2016): A systematic map of ecosystem services assessments around European agroforestry. *Econom. Indic.*, 62. pp. 47-65.
- HARSÁNYI K. – KUTSCHI P. (2016): A Doroszlói-rétek helyreállítása Kőszeg-hegylán – Gyeprekonstrukciós terv. ÖNPI.
- HERDER, M. – MORENO, G. – MOSQUERA-LOSADA, R. M. – PALMA., J. H. – SIDIROPOULOU, A. – FREIJANES, J. J. S. – CROUS-DURAN, J. – PAULO, J. A. – TOMÉ, M. – PANTERA, A. – PAPANASTASIS, V. P. – MANTZANAS, K. – PACHANA, P. – PAPADOPOULOS, A. – PLIENINGER, T. – BURGESS, P. J. (2017): Current extent and stratification of agroforestry in European Union. *Agriculture, Ecosystems&Environment*, 241. pp. 121-132
- SZŐKE E. (2019): Hidrológiai vizsgálatok a Doroszlói-rétek (Kőszeg) élőhelyrekonstrukciós területen – alapállapot felvétel. SOE TDK.
- <https://mapire.eu/hu/> (Utolsó letöltés: 2019.10.30)

FELSZÍNBORÍTÁS-VÁLTOZÁS VIZSGÁLATA A HIDROLÓGIAI HASONLÓSÁG ELVÉT FELHASZNÁLVA

ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA – KALICZ PÉTER – CSÁKI PÉTER – GRIBOVSZKI ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vizgazdálkodási Intézet

zagyvaine.kiss.katalin@uni-sopron.hu

Bevezetés

Az agrárerdészeti rendszerek környezetvédelmi szempontból kiemelt jelentőségűek. A biodiverzitás növelésével stabilabb ökoszisztémák jönnek létre, ahol a növényvédőszeres mennyiségét csökkenteni lehet, de a fás vegetációnak további vízminőségjavító hatást is tulajdonítanak. Az agrárerdészeti rendszerek egyik típusa a patak menti védőzóna. A természetes vízrendszerek vizsgálata alkalmas lehet arra, hogy előre lássuk, milyen folyamatokkal kell számolni az emberi tevékenység eredményeként, és ezek hogyan módosítják környezetünket. A vizsgálatok az erdővel borított területek természetes vizeinek állapotváltozását helyezik előtérbe, az állapotváltozás okainak és hatásainak feltárásán keresztül, ami nélkülözhetetlen alapokat nyújt a megismeréshez. A természetes vízháztartás mennyiségi és minőségi szempontú integrált vizsgálatához és az antropogén hatások kimutatásához kiváló alapot biztosítanak a kisvízgyűjtőn folyó kísérletek.

Az első kísérleti vízgyűjtőket a múlt század második felében a mai Csehország területén, a századfordulóhoz közel Svájcban, majd a második világháború időszaka alatt Németországban, a Harz-hegységben hozták létre. Ekkorra tehető az Egyesült Államokban is a kísérleti vízgyűjtőkön folytatott kutatások megindítása. A mérések először csak a vízhozam- és a hordalékjellemzők vizsgálatára terjedtek ki, később azonban már a kémiai paramétereket is tanulmányozták. A legjelentősebb kutatási területek a Georgia Állam-beli Coweeta és a New Hampshire-i Hubbard Brook projektek, ahol több kísérleti vízgyűjtőn végeztek párhuzamos megfigyeléseket (MOLDAN – CERNY 1992). Magyarországon először ERTI végzett a Mátrában a kishánai és szárazkeszői vízgyűjtőben lefolyással és hordalékmozgással kapcsolatos vizsgálatokat. A Soproni-hegységben, a Hidegvíz-völgyben mintegy 35 éve folynak erdősült kisvízgyűjtők szintjén lefolyással kapcsolatos kutatások. Folyamatos vízminőség-mérések 1996-tól kezdődően indultak. A Rák patak felső folyásánál már korábban is történtek egy-egy időpontban ill. rövidebb időszakra vonatkozóan vízminőségi vizsgálatok, utalok itt FÜHRER (1978), KONDOR (1991), KLINGER (1993) és KELLER (1998) vizsgálataira.

Az általunk vizsgált terület a Sopron melletti Hidegvíz-völgy két vízgyűjtője: a Vadkan-árok és a Farkas-árok, amelyek patakjai egész éven keresztül lefolyással bírnak. A vízgyűjtők adatai közötti összefüggés szemléletesebbé tételére alkalmaztuk a hidrológiai hasonlóság elvét. Ezen elv szerint két hasonlóan feltételezett vízfolyás egy-egy jellemzője között függvénykapcsolat áll fenn. Ennek a kapcsolatnak az eltolódását csak a vízgyűjtőkben bekövetkező változások okozhatják, mert a természetes fluktuáció hatásait a párba állítás kikapcsolja. A hidrológiai hasonlóság elvét főként a mennyiségi jellemzőkre (pl. vízhozamok, LEE 1980) és a hordalék jellemzőinek leírására (LEWIS 1998) használják. A vizsgálatok célja a természetes évszakos

periodicitás figyelembevétele mellett a különböző emberi tevékenységek (pl. tarvágás) zavaró hatására bekövetkező vízminőség-változások kimutatása, és ezek irányának meghatározása, aminek segítségével az ellentétes hatások becslésének lehetősége nyílik meg, vagyis az agrárerdészeti területek létesítésével pl. a fásítás következménye. E célt természetes körülmények között gyűjtött adatok feldolgozása és elemzése révén törekedtünk elérni. A megfigyelés tárgya a patakok vízhozam-, hőmérséklet-, vezetőképesség- és pH-változásának nyomon követése.

A vizsgálati terület jellemzése

Az elemzésre kerülő két kisvízgyűjtő a Soproni-hegyvidék Brennbergi-medence tájrészletéhez tartozik, melynek fő gerince és egyben fő völgye (a Rák patak völgye) nyugat-keleti irányú. Erre merőlegesen, azaz észak-déli irányban számos mellékvölgyet találunk (köztük a Vadkan- és a Farkas-árkot).

A Vadkan-árok 93,3 ha, 1500 m hosszú és 700 m átlagos szélességű. A Farkas-árok valamivel kisebb 62,2 ha, melyhez kb. 1300 m hosszúság és 500 méteres szélesség tartozik. A két vízgyűjtő tehát azonos nagyságrendű. Azért nevezzük ezeket kisvízgyűjtőknek, mert nagyságuk nem haladja meg a 20 km²-t, és az árhullámaikat a záporok okozzák (WISNOVSZKY, 1968). Fontos jellemzőjük a lejtő meredeksége és a lejtőhossz a lefolyás szempontjából. A vízgyűjtőkben a szintkülönbségek 400 és 558 m közöttiek. Az oldalak átlagos lejtése a Farkas-árokknál 37%, a Vadkan-árokknál 33%. A völgyfeneknek átlagos lejtése a Vadkan-árokknál 5,5%, a Farkas-árokknál 7,7%. Az átlagos lejtőhossz a Vadkan-árokban 300–400 m, a Farkas-árok esetében 200–250 m. A völgyek domborzatát megfigyelve látható, hogy a Farkas-árok egy kissé szűkebb, zártabb és meredekebb vízgyűjtő, ezért az árhullámok hevesebben jelentkeznek (GRIBOVSKI, 2000).

A vizsgált terület aljzata kristályos pala, erre több rétegben szárazföldi törmelékeny rétegek ülepedtek. A felszínre csak a két felső réteg került: a magasbérci rétegek, ahol uralkodóak az amfibólos kőzetek, a kavicsanyagban pedig a biotitpalák, csillámpalák és kvarcitok, márványok, semmering mészkövek, mészcillámpalák. Ezek az iszapos, homokos üledékrétegek csak a mély bevágásokban bukkannak a felszínre, a vízmosásos patakmedrekben. A brennbergi blokkavics-szint, amely durvatörmelékeny szárazföldi képződmény kvarc, plagioklász, muszkovit, klorit, montmorillonit és kalcit valamint klorit, biotit, amfiból és dolomit, ezeken kívül metamorf kőzetekből áll. A vizsgált területet szinte teljes egészében ez a réteg fedi, kivételt csak a fentebb említett rétegek képeznek (VENDEL, 1930).

A vízgyűjtőkön savanyú kémhatású barna erdőtalajok alakultak ki, elsősorban podzolos barna erdőtalaj, pszeudoglejes barna erdőtalaj és agyagbemosódásos barna erdőtalaj. Kisebb területarányal megtalálhatók a felszín erodálódása során kialakult vázta- és vázta-mentén pedig a lejtőhordalék talajok is.

A Soproni-hegység éghajlata átmeneti jellegű, viszont a Kárpát-medencére jellemző kontinentális, atlanti és mediterrán hatást itt negyedikként az Alpok közelségének hatása egészíti ki. A peremfekvés miatt jellemző a klimatikus viszonyok kelet-nyugat irányú erőteljes változása. 8–10 km-es távolságban az évi középhőmérséklet (8,5–9,2 °C) 1–1,5 °C-kal, az évi csapadékösszeg (700–750 mm) 100–150 mm-rel is eltér.

A Hidegvíz-völgy és a környező területek is évszázadok óta erdővel borítottak. A fafaj- és korösszetétel változatos. Legjellemzőbb állományok a gyertyánnal, kocsánytalan tölgygel, luccal, vörösfenyővel elegyes bükkösök, valamint a völgyekben higrofil intrazonális társulásként az égerligetek, melyeket néhol kaszálórétek szakítanak meg (DÖVÉNYI 2010). A Farkas-árokban a fenyők és lomblevelűek aránya 58 és 42%. A tűlevelűek területének háromnegyed részét a lucfenyő foglalja el, míg a lombhullatóknál a bükk a jellemző. A Vadkan-árokban a lomblevelűek teszik ki a nagyobb részt (58%), ezek közül is a bükk és a kocsánytalan tölgy az uralkodó, míg a tűlevelű állományok nagyobb részét a lucfenyvesek alkotják (KUCSARA 1996).

Az olyan hegyvidéki patakok, mint amelyek a vizsgálatban szerepelnek, kis vízhozamuk miatt nagy felületen érintkeznek a környezettel, ezért meglehetősen érzékenyek az antropogén hatásokra (is). A hegyvidék városhoz közeli területei turisztikai szempontból kiemelkedő jelentőségűek. A területen folyó erdőgazdálkodásnak szintén hatása van a környezetre, itt főként a 90-es évek szűkárra visszavezethető lucfenyőszáradására és az amiatt történt nagyarányú fakitermelési munkálatokra gondolok. A Vadkan-árokban több helyen, legmarkánsabban 1997 nyarán a mintavételi helytől 800 m-re 150 m hosszan történt ilyen beavatkozás. A levágott területek nagysága a Vadkan-árokban kb. kétszer akkora (8,09 ha), mint a Farkas-árokban (4,00 ha) (Erdőgazdasági Üzemterv 1991). Emellett fakitermelések hatását erősíti a Vadkan-árokban az is, hogy az előbbi vízgyűjtőben a letermelések a vízfolyások közelében történtek. Példaként megemlítem, hogy Kelet-Kanadában végeztek olyan kutatást, amely a fakitermelések hatását vizsgálta a vízgyűjtőkben lévő patakok vízminőségére, a kitermelt területek nagysága, elhelyezkedése és a patak mellett hagyott pufferzónák szélessége függvényében. Azt tapasztalták, hogy a patakok mellett egy 30–60 m-es (egyéb zavaró körülménytől mentes) pufferzóna elegendő ahhoz, hogy a vízminőségben szignifikáns változást ne okozzon (POMEROY *et al.* 1997).

A területen az 1950-es évekig bányászati tevékenység folyt. Ennek nyomai meddőhányók és bányaknák formájában a felszínen is megjelenik.

Anyag és módszer

A mintavételek a vízgyűjtők kifolyási szelvényében álló vízhozammérő műtárgynál történtek. A mintavételi periódus három évet ölel fel, 1997. május 1-től 2000. április 30-ig. A mérések során feljegyzésre kerültek a megfigyelt időjárási jellemzők is. Helyszíni mérést igényelt a hőmérséklet és a pH meghatározása, míg a vezetőképesség adatok laboratóriumi meghatározásra kerültek. A használt műszerek: SENTRON 1001 pH-mérő, és OK-104 típusú hordozható konduktométer. A mintavételeket átlagosan heti gyakorisággal (nyári időszakban nem ritka a heti két mintavétel) és eseti jelleggel csapadékeseményhez kötődően történtek.

Az adatokat először egyszerű statisztikai vizsgálatoknak vetettük alá (átlag és szórás számítások, minimumok és maximumok meghatározása). Elemeztük az egyes jellemzők évszakos ritmusát. A vízgyűjtők egyes paramétereinek éves középértékeit t-próbával (páros értékelés) hasonlítottuk össze, hogy a két vízfolyás azonos jellemzőinek évenkénti összefüggését ill. ennek az összefüggésnek a változását bemutassuk. Jelen munkában a hidrológiai hasonlósági kapcsolatnál az egyes paraméterek éves átlagai mellett a havi átlagokat is ábrázoltuk, így az egyes évekre számolt hidrológiai hasonlóság függvény iránytangense a vízgyűjtők szezonális ritmusa közötti kapcsolatot mutatja. Az adatfeldolgozás során

különválasztva vizsgáltuk az alapvízhozamok idején mért paramétereket az egyértelműbb összefüggések kimutatása céljából. Minden évre elkészítve a függvényt nyomon követhető a vízgyűjtők paramétereinek összefüggés-változása. Az egyes évekre számított összefüggések szorosságát a függvények determinációs koefficienseivel számszerűsítettük. Az elemzés során alkalmazott programok a Microsoft Excel táblázatkezelő program és az SPSS statisztikai programrendszer.

Vizsgálati eredmények és megvitatásuk

Vízhozam

A teljes, három éves időszakot tekintve a Vadkan-árok (VÁ) vízhozamának (189 liter/perc) csupán 40%-a a Farkas-árok (FÁ) vízhozama (77 l/p). A VÁ ezen paraméterének amplitúdója 100 l/p, a másik vízgyűjtő 50 l/p. A legmagasabb értékek tél végén tavasszal, a legalacsonyabb értékek nyár végén jelentkeznek. A patakok alapvízhozam-adatai közötti korreláció értéke a teljes időszakot tekintve 0,88. Az 1997-98-as hidrológiai évben a vízhozamok átlaga a Farkas-árokban jóval alacsonyabb (közelítőleg a fele) a másik vízfolyásban számított értéknél. Az 1998-99-es évben a FÁ vízhozama az alacsonyabbá válik, a másik vízgyűjtőének 36%-ává. Ezt követő évben viszont megint közelít az arányuk (43%). Az egyes évek közötti változások értékét az 1. táblázat mutatja.

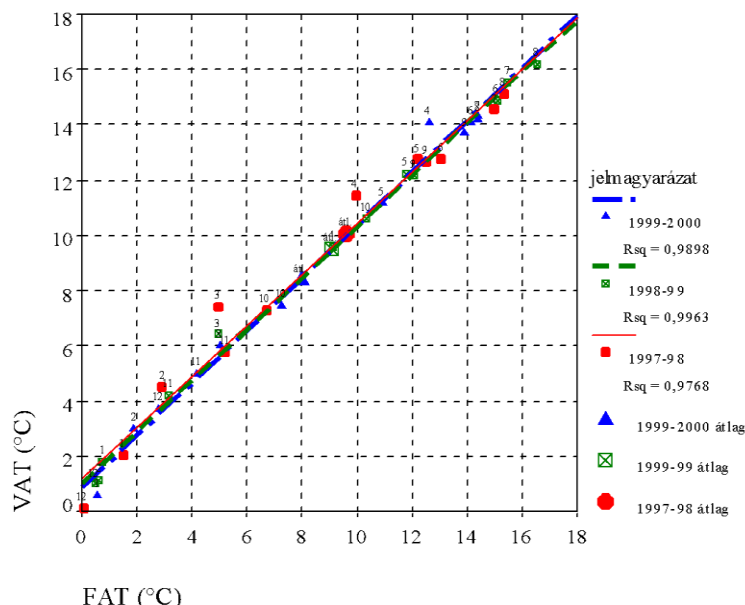
A hidrológiai hasonlósági függvény, melyet minden évre elkészítettünk, az előbbi változásokat még szemléletesebbé teszi. A vízszintes tengelyen a Farkas-árok, a függőleges tengelyen a Vadkan-árok adatait tüntettük fel, évenként más-más színnel jelölve a havi átlagokat. Az 1997-98-as és az 1999-2000-es években a hidrológiai hasonlóság függvény közel azonos futású a két vízgyűjtőben, közöttük a havi átlagokra számolt determinációs koefficiens értékek (0,88 és 0,86) meglehetősen magasak. Az 1998-99-es időszakban a Vadkan-árok vízhozamai jelentősebbek, és ez a különbség jellemzően nagyobb a tél végi, tavaszi időszakban, mint a nyár végén. A két vízgyűjtő vízhozamának eltérése ebben az évben a legmagasabb. A patak menti állományok kivágásakor (VÁ) a felszínre érkező víz gyors lefolyással távozik a felszínről az árhullámokat növelve, és csak a talajelőkészítési munkák (padkázás) után (1998 tavaszán) fogja kis késéssel az alapvízhozamokat növelni a megnövekedett vízkészlet. Időrendben az első vizsgált évet követően a csapadékviszonyok következtében mindkét vízgyűjtőben csökkent a vízhozam. 1999 nyarán a Farkas-árok vízhozama kezdett emelkedni, miközben a másik területé változatlan maradt. Ez a növekedés valószínűleg a bányatömedékelés vízhozamnövelő hatásának tudható be (1. ábra).

1. táblázat Az alapvízhozamok statisztikai jellemzői

	Vízhozam (l/perc)				
	mintavétel-szám	átlag	minimum	maximum	szórás
VÁ 1997-1998	63	199	107	403	57,44
FÁ 1997-1998	63	87	47	169	28,19
VÁ 1998-1999	60	181	61	260	50,80
FÁ 1998-1999	60	67	15	117	21,47
VÁ 1999-2000	41	182	103	275	38,28
FÁ 1999-2000	41	79	41	122	16,96
VÁ 1997-2000	164	189	61	403	49,93
FÁ 1997-2000	164	77	15	169	24,01

Hőmérséklet

A hőmérsékleti adatokban nem mutatkoznak jelentős eltérések a három év során. A Vadkan-árok vízhőmérsékleti értékei (átlag 9,4 °C) körülbelül 0,5 °C-kal magasabbak és a szórásuk kisebb, mint a Farkas-árokban. Ez utóbbi vízfolyás hőmérsékleti érzékenysége valószínűleg kisebb vízhozamával hozható összefüggésbe. Az éves hőmérsékleti amplitudó mindkét vízgyűjtőben 15 °C körüli.



2. ábra Hőmérsékleti hidrológiai hasonlóság függvény

1997. novemberétől a Vadkan-árok hőmérséklete magasabb, akár 2–4 °C-kal is. A Vadkan-árokban 1997 nyarán végzett fakitermelés hőmérséklet emelő hatása leginkább a tavaszi hónapokban jelentkezik. A bányatömedékelés hatására mindkét vízfolyásban csökkentek a nyári maximumok az utolsó évben (2. táblázat)

2. táblázat A hőmérséklet statisztikai jellemzői

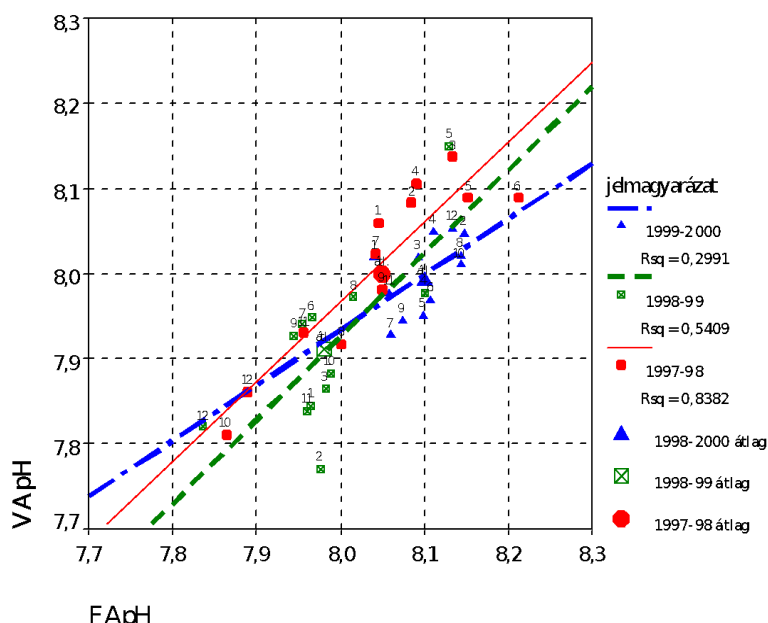
	Hőmérséklet (°C)				
	mintavétel-szám	átlag	minimum	maximum	szórás
VÁ 1997-1998	61	10,1	0,1	16,4	4,86
FÁ 1997-1998	61	9,6	0,0	16,5	5,28
VÁ 1998-1999	54	9,5	0,0	18,8	5,62
FÁ 1998-1999	54	9,1	0,0	18,8	6,05
VÁ 1999-2000	41	8,4	0,1	14,9	5,13
FÁ 1999-2000	41	8,0	0,2	14,9	5,46
VÁ 1997-2000	156	9,4	0,0	18,8	5,19
FÁ 1997-2000	156	9,0	0,0	18,8	5,57

A hidrológiai hasonlóság függvények itt is évenként készültek, szintén a havi átlagokra épülve. A függvények kiválóan mutatják a vízfolyások közötti összefüggést, csak tavasszal látunk 1-2 kiugró értéket. Az évek közötti változás csekély. A determinációs koefficiens értékei nagyon magasak, 0,98–0,996 közöttiek. Azért csak tompán jelentkeznek az antropogén hatások, mert a

hőmérsékleti paraméter ilyen kis vízhozam mellett igen érzékenyen követi a környezetének levegőhőmérséklet-változását, és a zavarások a mintavételi helytől elég távol estek ahhoz, hogy a gyors hőmérsékletváltozás bekövetkezzen (2. ábra).

Kémhatás

A pH átlagértéke a Vadkan-árokban három éves viszonylatban 7,97, a Farkas-árokban 8,04. A két vízgyűjtő teljes időszakos átlagos pH-ját összehasonlítva nem tapasztalunk a 0,05 eltérés adódik (a Farkas-ároké a magasabb), de ez sem elhanyagolandó, hiszen a pH egy egységgel való eltolódása, a H⁺-ion koncentráció tízszeres változását vonja maga után. Az értékek összességében a legalacsonyabbak, tavasszal a legmagasabbak. A havi átlagos pH értékek éves amplitudója 0,4 körüli. A fakitermelések hatását jelzi a görbék eltávolodása, a Vadkan-árokbeli értékek lesüllyedése az 1998–99-es időszakban. 1999 tavasza után az előbb említett vízfolyás pH-ja emelkedni kezd és 1999 ősztől kezdődően közelíti az előzőleg megemelkedett Farkas-árok értékeit, és mindkét vízfolyásnál megszűnik a pH értékek évszakos ritmusa. Feltételezhetően ez a bányatömedékelés hatása (3. táblázat).



3. ábra PH-értékek hidrológiai hasonlóság függvénye

3. táblázat A kémhatás fő statisztikai jellemzői

	pH				
	mintavétel-szám	átlag	minimum	maximum	szórás
VÁ 1997-1998	58	8,01	7,69	8,32	0,15
FÁ 1997-1998	58	8,06	7,73	8,39	0,15
VÁ 1998-1999	54	7,91	7,60	8,16	0,10
FÁ 1998-1999	54	7,98	7,72	8,16	0,09
VÁ 1999-2000	41	8,00	7,84	8,20	0,08
FÁ 1999-2000	41	8,10	7,93	8,29	0,07
VÁ 1997-2000	154	7,97	7,60	8,32	0,12
FÁ 1997-2000	154	8,04	7,72	8,39	0,12

A hidrológiai hasonlóság függvényt elkészítettük a három vizsgált évre. A tengelyek mindkét vízgyűjtő esetén 7,7-től 8,3-ig egytizedenként osztottak. Leolvasható a grafikonról, hogy az első vizsgált évhez képest a másodikra mindkét területen pH csökkenés következik be, de a Vadkan-árokban ez nagyobb, így a két vízfolyás értékei távolodnak egymástól. A harmadik évben mindkét vízgyűjtő pH emelkedése bekövetkezik, a Vadkan-árokban kissé késleltetve. A hidrológiai hasonlóság függvény dőlése megváltozik a harmadik évben, ami az évszakos hatás csökkenését, s a bányatömedékelés megjelenő hatását jelzi. A legalacsonyabb determinációs koefficiens az 1999–2000-es évben volt, értéke 0,299, majd 1998–99-ben 0,54. Az 1997–98-as évben mutatható ki a legjobb összefüggés 0,84-es determinációs koefficiens értékkel. (A teljes időszakra 0,66 ez az érték.)

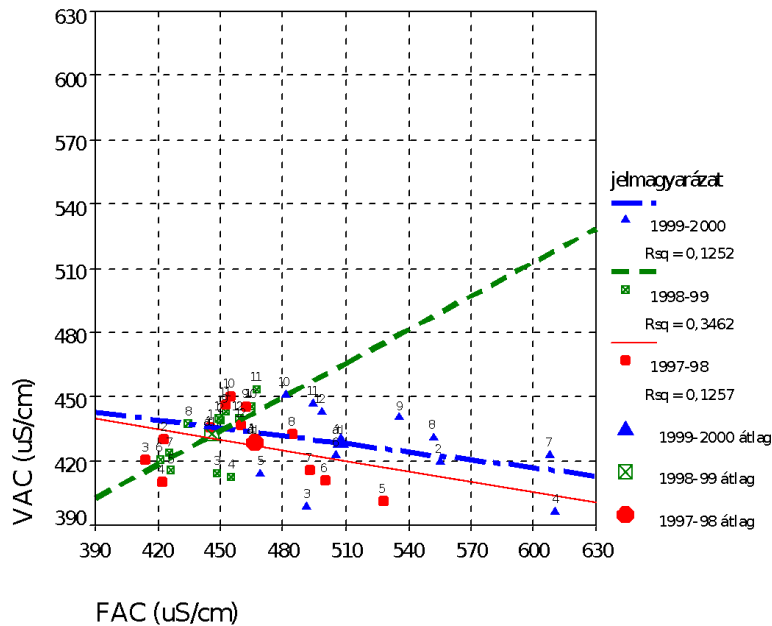
Vezetőképesség

A hároméves átlag a Vadkan-árokban 430 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a Farkas-árokban 470 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A vezetőképesség éves periodicitása a Vadkan-árok adatain jól követhető, csak a fakitermelések idején látunk eltérést, ahol a Vadkan-árok adatai kissé a Farkas-árok adatai fölé emelkednek. A Vadkan-árok vezetőképesség-változás amplitudója 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ körüli. A minimum értékek a tavaszi hónapokban (március, április), maximum értékek az őszi hónapokban (október, november) jelentkeznek. A Farkas-árok amplitudója is 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ körül alakul. A bányatömedékelés hatására ez az érték háromszorosára (611 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -re) nőtt. A vezetőképességet vizsgálva megállapítható, hogy az azonos minimumhoz tartozó magasabb átlag- és maximumérték a Farkas-árokban valamilyen zavaró hatásra utalnak (4. táblázat).

4. táblázat A vezetőképesség statisztikai jellemzői

Vezetőképesség					
	mintavétel-szám	átlag	minimum	maximum	szórás
VÁ 1997-1998	55	431	391	457	16,74
FÁ 1997-1998	55	469	391	545	32,39
VÁ 1998-1999	54	434	397	470	16,79
FÁ 1998-1999	54	447	404	503	21,46
VÁ 1999-2000	41	429	389	457	17,57
FÁ 1999-2000	41	507	446	611	41,28
VÁ 1997-2000	150	431	389	470	16,98
FÁ 1997-2000	150	471	391	611	39,78

A hidrológiai hasonlóság függvényen nagy eltérést láthatunk az egyes évek között. Az első és a harmadik évben a függvény süllyed, de a természetes folyamatokat a második év átlagaiból rajzolt függvény mutatja. A determinációs koefficiens értékei rendkívül alacsonyak: 0,13 (az 1997–98-as évben), 0,35 (1998–99), 0,13 (1999–2000). Legszembetűnőbb változás a bányarekultiváció évére tehető. Az első évet követően a Vadkan-árok értékei kis mértékű növekedést mutatnak, a Farkas-árokban pedig csökkenés tapasztalható. Az ezt követő időszakban a Farkas-árok értékei ugrásszerűen megemelkednek (bányatömedékelés), míg a másik vízgyűjtőben enyhe csökkenés tapasztalható (4. ábra).



4. ábra Vezetőképességi hidrológiai hasonlóság függvény

Összefoglalás

A publikációban két hasonló kisvízgyűjtőt vetettünk alá párhuzamos megfigyelésnek, hogy ilyen módon a természetes folyamatokat az antropogén hatások miatt bekövetkezett vízminőség-változásoktól elkülöníthessük. Hidegvíz-völgy két kisvízfolyásában, a Farkas-árokban és a Vadkan-árokban, az alapvízhozamot, a hőmérsékletet, a pH-t és a vezetőképességet, mint összegző vízminőségi paramétereket mértük és elemeztük. Vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy a Vadkan-árokban a pH-értékek alacsonyabbak voltak, a vezetőképesség nőtt és a hőmérséklet a tavaszi hónapokban megemelkedett feltételezhetően a nagyobb arányú fakitermelési munkák miatt. Ha a fakitermelés ilyen változást okozhat a vízminőségben, akkor feltételezhetjük, hogy a patak menti védőzóna kialakításának, ami az agrárerdészeti rendszerek egy típusa, ezzel ellentétes hatása lehet hosszabb távon. Ennek bizonyítására mindenképpen érdemes további vizsgálatokat végezni.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- DÖVÉNYI Z. (2010): Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp. 345-347.
- ERDŐGAZDASÁGI ÜZEMTERV 1991
- FÜHRER E. (1978): A Sopron Hegyvidéki Erdészet forrás- és patakvizeinek környezetvédelmi vizsgálata. Diplomaterv, Sopron.
- GRIBOVSKI Z. (2000): Erdősült kisvízgyűjtők vízfolyásainak hordalékszállítására. Doktori értekezés, Sopron.
- KELLER I. (1998): A Rák-patak vízminőségének vizsgálata. Diplomaterv, Sopron.
- KLINGER Z. (1993): A Rák patak vízminőségi hossz-szelvénye. Diplomaterv, Sopron.

- KONDOR K. (1991): Vízbiológiai vizsgálatok a soproni Rákpatokban és mellékágaiban, Diplomaterv, Sopron.
- KUCSARA M. (1996): Csapadék és lefolyás erdészeti kisvízgyűjtőn. Doktori értekezés, Sopron.
- LEE, RICHARD (1980): Forest Hydrology. Columbia University Press, New York, 349p.
- LEWIS, J. (1998): Evaluating the Impacts of Logging Activities on Erosion and Suspended Sediment Transport in the Caspar Creek Watersheds. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-168-Web.
- MOLDAN B. – CHERNY J. (1992): Biogeochemistry of Small Catchments. John Wiley and Sons, Chichester, England.
- POMEROY, J. – KERÉKES, J. – POLLOCK, T. (1997): The Hydrogeochemical responses associated with Forestry Practices in the Hayward-Holmes Watershed Study in New Brunswick's Fundy Model Forest. Natural Resources Canada, Fundy Model Forest, Canada pp. 27.
https://www.fundymodelforest.net/images/pdfs/publications/biodiversity/Biodiversity_1997_Pomeroyn_The_Hydrogeochemical_responses_ass.pdf; letöltés ideje: 2020.07.10.
- VENDEL M. (1930): Sopron környékének geológiája II. rész: A neogén és a negyedkor üledékei. Erdészeti kísérletek. p. 1-16.
- WISCHNOVSKY I. (1968): A dombvidéki kis vízgyűjtő területeken összegyülekező árvizek számítása. Vízügyi közlemények, 4. füzet, p. 510-538.

AZ ÁTHULLÓ CSAPADÉK KÉT MÉRÉSI MÓDSZERÉNEK ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE

ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA – KALICZ PÉTER – CSÁKI PÉTER – GRIBOVSZKI ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

zagyvaine.kiss.katalin@uni-sopron.hu

Bevezetés

Változó klímánkban a víz szerepe mind jobban felértékelődik. Számos tudós kutatja a csapadék mennyiségének, eloszlásának, intenzitásának várható jövőbeli alakulását, a tendenciákat. Ennek a nélkülözhetetlen elemnek vizsgálva a körforgását, a természetes fluktuációját, kutatva a különböző növénytakasok szerepét a vízháztartásra és vízminőségre, valamint az antropogén hatásokra bekövetkező változásokat, talán megoldást találhatunk a felmerülő problémákra.

A lehulló csapadék (P) egy része a koronán szabadon átesve (T) jut az avarra, hogy onnan a talajba szivárogon megnövelve a növényzet számára felvehető víz mennyiségét, más része, amikor a csapadék mennyisége meghaladja az adott helyen a tározási kapacitást, a levelekről lecsöpögve (D) éri el az avar. A csapadék többi része vagy megkötődik a leveleken, s részben az eső után onnan elpárolog (S), vagy a törzsön lefolyik (SF), vagy a csapadékesemény közben párolog el (E). Ezt képlettel a következőképpen írhatjuk fel (LEONARD 1967):

$$P = T + D + SF + S + E \quad (1)$$

Az áthulló csapadék (ÁTH = T+D) mérésére több mérési módszert dolgoztak ki. Az általánosan alkalmazott módszereket három csoportba sorolhatjuk. Az egyik módszer, az 1 m · 0,2 m felső nyílású kádak alkalmazása (JÁRÓ 1980, FÜHRER 1984, JUSTYÁK 1989, KUCSARA 1996). Ezek V vagy U alakú kádak, hogy a kifröccsenést a minimálisra csökkentsék (BULCOCK – JEWITT 2012). A második módszer a tölcsérek alkalmazása, melyek nagysága és elhelyezése bizonyos változatosságot mutat. A harmadik módszer a kádakhoz hasonló, de annál hosszabb gyűjtők: a DELFS (1955) által alkalmazott eszköz pontosan 5 m · 0,2 m felső nyílással rendelkezett, melyek vizét egyik vége alá helyezett edényben fogták fel. (Ezen vályúk hossza természetesen változhat is.)

Jelen publikációban a kádak és a tölcsérek által mért csapadékmennyiség került összehasonlításra, ami reményeink szerint segítséget jelenthet a különböző fás szárú növényeket is tartalmazó vegetációk csapadékvisszatartó hatásának kutatására irányuló kísérletek tervezéséhez, mint amilyenek pl. az agrárerdészeti rendszerek, melyek vizsgálatára az egyetem az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projektet nyerte el.

A vizsgálati terület jellemzése

A Hidegvíz-völgyi mintaterületen elhelyezkedő bükk állománnyal borított intercepciós kertben történtek a mérések, ami a Soproni-hegység Brennbergi-medence tájrészletéhez tartozik. A tájrészlet fő gerince és egyben fő völgye, a Rák patak völgye, nyugat-keleti irányú. Erre merőlegesen, azaz észak-déli irányban számos mellékvölgyet találunk, köztük a Farkas-árkot, ahol a mérőkert található. A bükkös állomány a 171/G erdőrészletben 510 m tengerszint feletti magasságban fekszik, 15% lejtésű K-i kitettségű, többletvízhatástól független területen. A Soproni-hegység az évi csapadékösszege 700–750 mm, amiből 430 mm hullik a tenyészidőszakban (DÖVÉNYI 2010). A természetes társulásnak megfelelő kocsánytalan tölgyvel elegyes állomány talaja savanyú nem podzolos barna erdőtalaj. A 2005. évi adatok alapján 100% záródású, 17–18 m átlagmagasságú, egyszintes, mag eredetű 18 (B)–23 cm (KTT) mellmagassági átmérőjű erdőrészlet-állomány, 1764 (B)–588 (KTT) törzsszámmal. A kocsánytalan tölgy szórt elegyként van jelen. Az állomány kora a jelen kutatás megkezdésekor 2000-ben 41 év volt (VIG 2000; ERDÉSZETI ÜZEMTERV 2005). Aljnövényzete gyér, jellemző fajok: hagymás fogasír (*Dentaria bulbifera*), erdei madársóska (*Oxalis acetosella*), bükkász (*Carex pilosa*), erdei pajzsika (*Dryopteris filix-mas*), keltike fajok (*Coridalis spp.*).

Anyag és módszer

A kertben elhelyezésre került nyolc darab 1 m hosszú 20 cm széles nyílású kád, melyek által összegyűjtött vizet gumicső vezet az alattuk lévő, oldalán mérőjelekkel ellátott ballonokba. A kádak szükséges és elégséges száma irodalmi adatok alapján került meghatározásra (PÁV ÉS BELE 1980 in. FÜHRER 1984). Az áthulló csapadékot méri még a kádakon kívül húsz felállított és beásott műanyagcsőbe helyezett 20,5 cm átmérőjű tölcsér, amelyek az esővizet az alattuk lévő 1200 ml-es flakonokba vezetik. Ezek elhelyezkedése egy képzeletbeli 3 m³ m-es rácsháló metszéspontjaiban történt, amennyire ezt a fák elhelyezkedése engedte. Nem meglepő tehát, hogy a fák koronájának záródása az egyes tölcsérek fölött bizonyos változatosságot mutat. A tölcsérek tartalmát mérőhengerrel, a kádak tartalmát a kannákon lévő mérőjelek leolvasásával határoztuk meg.

Az adatgyűjtés két időszakot ölel fel. A részletesebb elemzés 2000.07.13.–2001.09.26-ig tartó időszakban általában csapadékeseményhez kötődően mértünk áthulló csapadékmennyiséget a bükkös intercepciós kertben, amely mellett a szabadterületi csapadékmérés adatait is feldolgoztuk. A szabadterületi csapadék mérése egyrészt egy 0,5 mm megszólalási küszöbű billenőedényes csapadékmérővel történt, amely a Soproni Egyetem Hidegvíz-völgyi Hidrometeorológiai Kutatóházának műszerkertjében található (az intercepciós kertnél kb. 100-es szinttel alacsonyabban). A kerttől való távolság miatt fontosnak tartottuk a kerttel azonos tengerszint feletti magasságban mért csapadékadatokkal, az akkor még az egyetem Hidegvíz-völgyi fiatal kocsánytalan-tölgyes intercepciós kertjében álló Hellmann-féle ombrométerrel mért értékekkel (amiket Vig Péter, az egyetem immár nyugalmazott oktatója bocsátotta rendelkezésünkre) összevetni. A két adatsorból állítottuk elő az időben és térben is kielégítő eredményeket adó csapadékidősor. A mérések során feljegyzésre kerültek a megfigyelt időjárási jellemzők is.

A 2000.07.13.–2001.09.26. (29 mérési időpont) közötti mérési adatokat először mm-re számoltuk át, hogy összevethető legyen a kétféle mérési módszer, ezután egyszerű statisztikai elemzéseket hajtottunk végre (átlag, szórás), majd t-próbát végeztünk. Ehhez előbb F-próbának

vetettük alá az értékeket, hogy szórásuk azonosnak tekinthető-e, használhatjuk-e a t-próbát. Az adatfeldolgozás során öt időpont adatait statisztikai úton (a konfidenciaintervallumok alapján outlayernek minősültek) kizártunk, ezek a további elemzésben nem szerepelnek.

A másik adatgyűjtési időszak a 2006.04.25.–2016.06.09. közötti, ez 272 alkalmat jelent, ahol csak a kézi mérések adatait dolgoztuk fel, vagyis a tölcsérek és kádak adatait.

A 2006.04.25.–2016.06.09. között gyűjtött adatokat szintén mm-re számoltuk át, majd az egy-egy időponthoz kapcsolódó méréseket módszerként átlagolva számoltuk az egyes mérőeszközök átlagtól való eltérését, majd ezeket ábráztuk a teljes időszakra dobozdiagram segítségével.

Az elemzés során Microsoft Excel táblázatkezelő programot, SPSS programrendszert és egy általános adatfeldolgozásra készített szoftver környezetet, az R-t használtuk (R CORE TEAM 2012).

Vizsgálati eredmények és megvitatásuk

A 2000.07.13.–2001.09.26. közötti időszak

A kádak átlagadatait értékelve képet kaphatunk a felállítás helyéből adódó változatosság mértékéről. Az időszakra vonatkozó átlagértékek közötti legnagyobb különbség 2,8 mm, 8,9 mm minimum- (4-es kád) és 11,7 mm maximumértékkel (7-es kád). Tölcsérek esetén a minimum (8,1 mm) és a maximum (12,7 mm) közötti különbség 4,6 mm, ami nagyobb, mint a kádak esetében, amelyek méretüknél fogva kiegyenlítettebb értékeket adnak. A szabadterületi csapadék és a kádakkal mért csapadékmagasság átlaga között a következő összefüggés adódott:

$$\hat{A}TH_k = 0,636 \cdot P - 1,062 \quad (2)$$

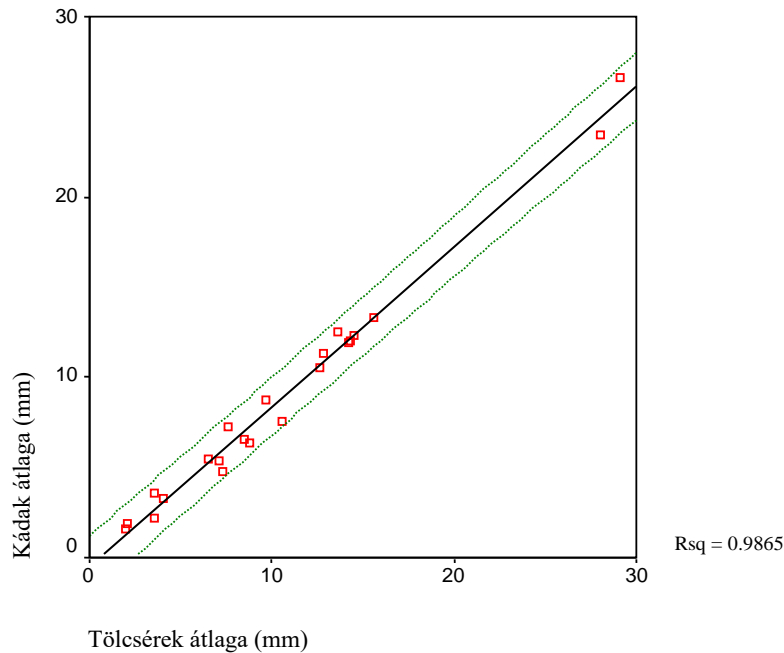
Az állományi csapadék és a szabadterületi csapadék között szoros összefüggést találtunk 0,943-es értékkel. A szabadterületi és a tölcsérekkel mért áthulló csapadék között az összefüggés a következőképp alakult (determinációs koefficiens: 0,946):

$$\hat{A}TH_t = 0,713 \cdot P - 0,587 \quad (3)$$

Az egyenletekből meghatározható az x-tengellyel alkotott metszéspontjuk, ami a tölcséreknél 0,823, a kádaknál 1,669 azt mutatja, hogy a tölcsérek esetén kisebb csapadékok esetén is mérhető az állományi csapadék. A két egyenes meredeksége (kádak:0,636; tölcsérek: 0,713) közötti eltérés arra utal, hogy a tölcsérek által mért áthulló csapadék mennyisége a kádakkal mért értékekhez képest a csapadéknagyság növekedésével fokozódik. A két módszer közötti hiba a nagyobb csapadékoknál jelentősebb lesz.

Meghatároztuk a kádak és tölcsérek által mért áthulló csapadék átlagainak összefüggését leíró egyenletet:

$$\text{ÁTH}_k = 0,887 \cdot \text{ÁTH}_t - 0,489 \quad (4)$$



1. ábra Kádak és tölcseérek által mért átlagos áthulló csapadékmagasság-értékek közötti összefüggés

Az összefüggés szorosságát magas, 0,9865-ös determinációs koefficiens-érték jellemzi (1. ábra). Az x-tengellyel alkotott metszéspontja 0,551-nél van. Az egyenes iránytangense megerősíti, ami korábban is megállapítást nyert, hogy a tölcseérek a kisebb csapadékot is mérni tudják, azonban azt is láthatjuk, hogy a nagyobb csapadékok esetén is szignifikánsan többet mérnek. Ez feltételezhetően a mérőeszközök felületével hozható összefüggésbe: a tölcseérek fala meredekebb és kisebb, így a csapadék rövidebb idő alatt jut a felfogó edényzetbe. A kádaknál a nagyobb csapadékoknál, amikor a lefolyónyílások eltömődnek, és nem tud a csapadék lefolyni a gyűjtőedénybe, a párolgás még jelentősebb lehet. A tölcseérek feletti lombkorona változatossága miatt az egyes tölcseérek között nagyobb különbség lehet, jobban jellemzi a mozaikosságát a lombzatnak, míg a kádak inkább adnak átlagmintát az áthulló csapadék tekintetében. A két módszer leíró statisztikáit és korrelációját az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat Párosított minták leíró statisztikái és korrelációja

	Átlag	Mintaszám	Szórás	Középérték szórása	Korreláció	Szignifikancia
8 kád átlaga	9,03	22	6,39	1,36		
20 tölcseér átlaga	10,73	22	7,15	1,53		
Kádak átlaga ~ tölcseérek átlaga		22			,993	,000

Az adathalmazt t-próbának vetve alá, azt vizsgáltuk, hogy a két módszerrel kapott adatsor középértéke azonosnak tekinthető-e, tehát egyenértékű-e a tölcséres és a kádas metódus. Az eredményeket elemezve kijelenthetjük, hogy szignifikáns különbség van a két módszerrel kapott átlagértékek között (2. táblázat).

2. táblázat Párosított minták t-próba táblázata

	Átlag	Szórás	Közép- érték- szórás	Konfidencia intervallum 95%		t	Szabadság- fok	2 oldalú szignifi- kancia
				Alsó határ	Felső határ			
Kádak átl. ~ tölcsérek átl.	-1,7	1,096	0,234	-2,186	-1,214	-7,273	21	,000

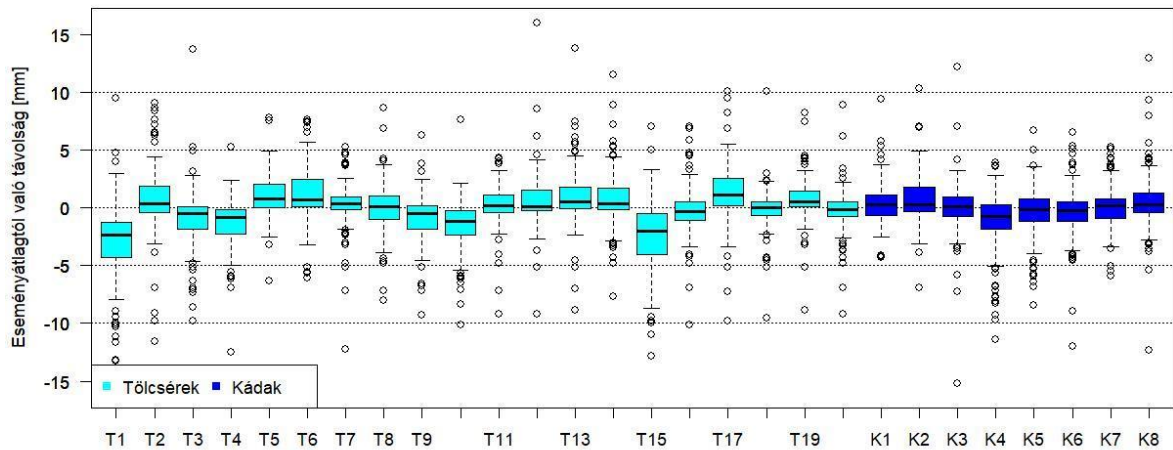
Mivel az adatgyűjtés során nem mindig volt lehetőség csapadékmennyiség azonnali kivételére, és bizonyos esetekben a kádak dugulása miatt az általuk összegyűjtött vízmennyiség nagyobb párolgási veszteségből adódó hibákat szenvedett, külön is vizsgáltuk az ideális, csapadékesemény utáni azonnali vízkivétellel előálló adatokat. Ezek t-próbája alapján 95%-os szignifikanciaszint mellett sem vehetők azonosnak a különböző módszerrel mért csapadékmennyiség-átlagok (3. táblázat), noha az átlagok közelebb kerültek egymáshoz.

3. táblázat Párosított minták t-próba táblázata

	Korreláció	t-érték	Szabadságfok	2 oldalú szignifikancia
Kádak átlaga ~ tölcsérek átlaga	0,996	-3,572	7	0,009

A 2006.04.25.–2016.06.09. közötti időszak

Az alacsony mintaszám miatt felmerül a kérdés, hogy hosszabb időszakot tekintve, vagyis nagyobb mintaszámot, hasonlóan alakulnak-e az egyes mérőeszközök közötti különbségek. A 272 mérési időpont adataiból készített dobozdiagramból is (2. ábra) látható, az egyes mérőedények jelentős eltérése az átlagtól, például az 1-es és 15-ös tölcsér jellemzően alacsonyabb értékeket mutat, bár itt is találhatóak kiugró értékek, amik feltehetően az uralkodó széliránytól eltérő szélmozgással magyarázhatóak. A kádak között általában kisebb eltérések figyelhetők meg, de itt is találhatunk jelentősen kiugró értékeket mind pozitív mind negatív irányban. A többi kádhoz képest a 4-es kád mér jellemzően kevesebbet.



2. ábra Az egyes mérőeszközök eseményátlagtól való eltérése

Összefoglalás

Jelen tanulmányban az intercepció meghatározásához szükséges áthulló csapadék mérésére kidolgozott módszerek közül kívántunk kettőt összehasonlítani statisztikai módszerekkel, ezzel segítve a különböző módszerrel mért eredmények összehasonlítását, értelmezését, vagy a jövőbeli kutatásokhoz segíteni a megfelelő adatgyűjtési mód kiválasztását. A Sopron melletti Hidegvíz-völgy bükkös intercepciós kertjében gyűjtött adatok feldolgozása során kapott eredményekből kiderült, hogy a tölcséres módszerrel mért adatok szignifikánsan nagyobb értékeket képviseltek, mint a kádakkal mért adatok. A tölcséres módszer jobban jellemzi a lombzat által újraosztott csapadék mozaikosságát, míg a kádás módszer kevésbé kitett a szélsőségek befolyásának. Felmerül a kérdés, hogy más állományok esetén milyen módon alakulnának az eredmények, ezért érdemes további vizsgálatokat folytatni a témában, akár más módszerek bevonásával, valamint téli és nyári mérések eredményeinek összehasonlító elemzését is elvégezni.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta. Kalicz Péter munkarésze a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

- BULCOCK, H. H. – JEWITT, G. P. W. (2012): Modelling canopy and litter interception in commercial forest plantations in South Africa, *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 9, pp. 8293-8333.
- DELFS, J. (1955): Die Niederschlagszurückhaltung im Walde. In.: *Mitteilungen des Arbeitskreises "Wald und Wasser"*. Nr. 2. Koblenz.
- DÖVÉNYI Z. (2010): Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp. 345-347.
- ERDŐGAZDASÁGI ÜZEMTERV 1995
- FÜHRER E. (1984): A csapadék megoszlása és az intercepció különböző hazai erdőtársulásokban. Doktori értekezés, Sopron.
- JÁRÓ Z. (1980): Intercepció a Gödöllői kultúrerdei ökoszisztémában. *Erdészeti Kutatások*, 73.

- JUSTYÁK J. (1989): Tölgyerdő és szőlőültetvény csapadékintercepciójának vizsgálata. Léggör, (34. évf.) 2. sz. pp. 9-13. pp. 7-17.
- KUCSARA M. (1996): Csapadék és lefolyás erdészeti kisvízgyűjtőn. Doktori értekezés, Sopron.
- LEONARD, R. E. (1967): Mathematical Theory of Interception. In.: W. E. Sopper and H. W Lull (ed.), International Symposium on Forest Hydrology. Pergamon Press, Oxford.
- R CORE TEAM (2012): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- VIG P. (2000): Egy bükkös állomány vízháztartását befolyásoló tényezők évközi változásai. In.: III. Erdő és klíma konferencia, Debrecen, p.132.

A CSAPADÉKVÁLTOZÁS HATÁSA AZ ÚTPÁLYASZERKEZETRE

HERCEG ANDRÁS – KALICZ PÉTER – PRIMUSZ PÉTER – GRIBOVSZKI ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

herceg.andras@uni-sopron.hu

Bevezetés

A környezeti jellemzők (hőmérséklet, csapadék, légnedvesség, fagyás-olvadás ciklusok és a talajvíz mélysége) jelentős hatást gyakorolnak az útburkolatok állapotára, élettartamára így a pályaszerkezetek méretezésénél is fontos tényezőként vehetők figyelembe. Különösen fontos a környezeti jellemzők alaposabb vizsgálata az alsóbbrendű vagy mezőgazdasági utaknál, illetve az erdők feltáráshálózatánál, valamint az agro-erdészeti rendszerek kiszolgáló útjainál. Ezeknél az úthálózatoknál az időjárásnak való kitettség a vékonyabb pályaszerkezet miatt erőteljesebben is érezteti hatását.

Minden klimatikus jellemző szezonális változékonysággal bír, tehát célszerű a pályaszerkezet méretezését is ezekhez a szezonális változásokhoz igazítani (GUPTA 2014). A hajlékony pályaszerkezetek méretezésénél az alsó rétegek (elsősorban a földmű) talajnedvességének változásai a meghatározóak.

Az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek tartósságának számításánál, az egyszerűen meghatározható és általában könnyen elérhető meteorológiai paraméterek közül, a hőmérséklet, és ingadozása és a csapadék a figyelembe vehető tényezők (BOROMISSZA 1997). A klimatikus jellemzők változásában valószínűleg a szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedése várható. A legfontosabb befolyásoló események példaként a hőhullámok, a korai és a kései fagyok, a jelentős szélviharok, a nagy intenzitású felhőszakadászerű esőzések és ennek vízelvezetési problémái, valamint a nyári időszakokban fellépő hosszabb aszályos időszakok megjelenése (BARTHOLY *et al.* 2011).

Jelen cikk a csapadék, magyarországi általános változási tendenciáit és várható szélsőségeit, valamint az útpályaszerkezetre gyakorolt hatásait elemzi.

A csapadék általános tendenciái és a szélsőségei a múltban és a jövőben

A csapadék hazánkban térben és időben egyaránt változékonny paraméter, ezért a csapadékváltozások, nem követnek olyan egyértelmű trendet, mint pl. a hőmérsékletemelkedés (BARTOLLY *et al.* 2011; LAKATOS *et al.* 2012). Az éves csapadékösszeg a 20. század elejétől országos mértékben enyhén csökkent. A csökkenés mértéke a Dunántúlon az országos átlagnál nagyobb mértékű volt (GÁLOS – VIG 2014; BARTOLLY *et al.* 2011). A csapadékoság a pályaszerkezet méretezés szempontjából elsősorban a pályaszerkezet alatti talaj teherbírását befolyásolhatja. Mivel a vegetációs időszakban a párolgás igen jelentős mértékű (általában meghaladja a csapadékot), ezért az éves csapadékmennyiség mellett a téli félév csapadékát is célszerű meghatározni (az elnedvesedési kérdés szempontjából). A magyar pályaszerkezet méretezési utasítás a 600 mm feletti átlagos csapadéku vidékeket „kedvezőtlennek” minősíti, és ezt a teherbírásnál is figyelembe veszi.

Megváltozott a csapadék időbeli eloszlása is az elmúlt néhány évtizedben. A csapadékos napok száma csökkent, így az aszályos nyarak megjelenése gyakoribbá vált (SZALAI – MIKA 2007). A nyári csapadékintenzitás átlagosan növekedett az országban, de térben osztva a problémát már nem ilyen egyértelmű a helyzet. A nyári csapadékintenzitás növekedése a legerőteljesebb

Komárom-Esztergom és Pest megyében, a Délnyugat-Dunántúlon viszont a csapadékintenzitás csökkenése figyelhető meg (LAKATOS *et al.* 2012).

Az éves csapadékösszegek tekintetében Európában a 21. század második felére az északi régiók valószínűsíthetően nedvesebbek, míg a déli térségek szárazabbak lesznek (KJELLSTRÖM *et al.* 2011). Ezt, a már korábban is előrevetített trendet erősíti meg az IPCC 2014-es jelentése is (IPCC, 2014), finomabb felbontású modellek eredményei alapján (JACOB *et al.*, 2014; VAUTARD *et al.* 2013).

A csapadékösszeg tekintetében hazánkra vonatkoztatva nem szignifikáns a jövőbeli változás, mivel úgynevezett átmeneti zónában helyezkedik el. Az évszakok közül viszont nyáron minden klímamodell eredménye szerint a csapadékmennyiség jelentősebb csökkenése várható a század végére, míg ugyanakkor a telek csapadékosabbá válhatnak (SZÉPSZÓ 2008; GÁLOS *et al.* 2014). Hazánkra a szabálytalan csapadékeloszlás jellemző, így ugyanolyan valószínűséggel jelentkezhetnek heves csapadékesemények, mint erős szárazság (GÁLOS *et al.* 2015; NOVÁKY – BÁLINT 2013). A rövid idő alatt lehulló, nagy intenzitású csapadékok alámoshatják a közúti töltéseket, partfalakat (BARTHOLY *et al.* 2011). Az útpályaszerkezetek gyors tönkremenetelét okozhatja, ha azok az „alulról jövő víz” (talajvíz, belvíz vagy árvíz) hatása alá kerülnek. Kiemelten problémás a helyzet akkor, ha a földművet nem szemcsés talajból (pl. homok) építették (GÁSPÁR 2007). A tartós aszály a kedvezőtlenebb talajadottságú területeken okozhat állékonyságromlást (földmű/részű összerepedezése) és kedvezőtlenül érinthetik az utakat, autópályákat szegélyező növényállományok vitalitását, csökkentve ezáltal a növények szélsőségeket mérséklő hatását. Így a kedvezőtlen hatások még erőteljesebben megjelenhetnek a pályaszerkezetekben (BARTHOLY *et al.* 2011).

A csapadék időbeli eloszlása is átalakul majd a prognózisok szerint. A század végére a csapadékos napok száma tovább csökken a jelenhez képest is. A nagycsapadékok (20mm<) előfordulása általában (a nyár kivételével) növekedni látszik (LAKATOS *et al.* 2012). A nagycsapadékok következtében előforduló villámárvizek gyakoribbá válhatnak. A hosszabb csapadékmentes periódusok viszont szélsőségesebb aszályokat indukálnak majd (GÁLOS *et al.* 2007).

Magyarország felosztása: éghajlati körzetek

Magyarországon az éghajlati elemek szempontjából nagyjából egységes éghajlati körzetekre osztható. A felosztást, az éghajlati paraméterek elemzésé, az egyes közigazgatási régiókhoz célszerű kötni, hiszen a támogatások is valószínűleg régiókhoz köthetők majd. Az egyes régiók a következők: Dunántúl, Közép-Dunántúl, Közép-Magyarország, Észak-Alföld, Dél- Alföld, Nyugat-Dunántúl, Észak-Magyarország. Mindemellett az egyes közigazgatási régiók elhelyezkedései viszonylag jól követi a csapadék és a hőmérséklet országos megoszlást is. A régiók területfoglalását az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat A magyarországi régiók elnevezése (rövidítés) és területfoglalása

Régió elnevezése	Régió rövidítése	Terület [km ²]
Dunántúl	D	14443
Közép-Dunántúl	KD	11526
Közép-Magyarország	BK	7092
Észak-Alföld	EA	18116
Dél-Alföld	DA	18565
Nyugat-Dunántúl	NYD	11382
Észak-Magyarország	EM	13686

A klimatikus vizsgálatokban is szokásos 30 éves átlagokban történnek a számítások. A későbbiekben jelennek hivatkozott időszak az 1981–2010-es periódus értékeire vonatkozik. A múlt alatt az 1951–80-as idősakra utalunk. A jövő esetében, a rendelkezésre álló regionális klímamodellek adatai közül a Közép-Európára leginkább megfelelő REMO (JACOB et al. 2007) regionális klímamodellel korrigált adatait használtuk fel. A jövőbeli értékelési időszak a 2016–2045 közötti periódus, mivel a felhasznált adatbázisban csak 2016-tól állnak rendelkezésre a jövőre vonatkozó adatok. Az értékeléshez az A1B scenáriónak megfelelő változásokat vettük alapul. A kutatási munkához a FORESEE adatbázist használtuk fel (DOBOR et al. 2013).

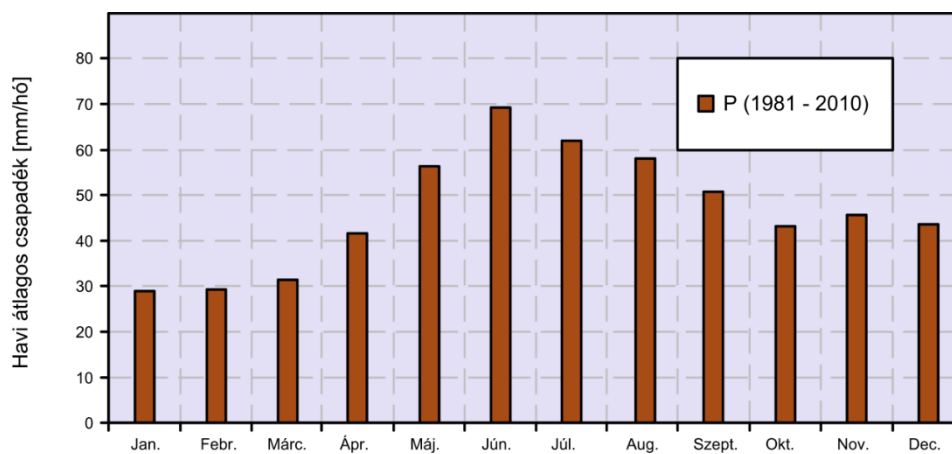
A csapadék jelenbeli (1981–2010) alakulása Magyarországon

A csapadék esetében 586 mm/év az országos átlag az 1981–2010 közötti időszakban. A legkisebb éves átlagos csapadékösszeg Közép-Magyarországon és a Dél-Alföldön jellemző 490 mm/év, míg a legnagyobb csapadékú a nyugat-dunántúli régió (614 mm/év). A csapadék területi eloszlását a 4. táblázat mutatja.

2. táblázat Az éves átlagos csapadékösszegek [mm/év] térbeli statisztikái a magyarországi régiókban (1981–2010)

Régió	Min. [mm]	Max. [mm]	Átlag [mm]	Szórás
D	512	713	586	47,19
KD	501	651	554	34,09
BK	487	649	523	36,22
EA	499	622	546	33,56
DA	490	570	521	16,32
NYD	505	764	614	66,84
EM	505	671	574	36,80

A csapadék havi eloszlását szemlélteti a 1. ábra, amely szerint a nyár eleji csapadékmaximum jellemző hazánkra és talajnedvesség szempontjából kritikus téli-tavaszi hónapok inkább átlagos vagy az alatti csapadékkal bírnak.



1. ábra A havi átlagos csapadékösszegek [mm/hó] szezonális eloszlása az 1981–2010-es időszakban

A földmű modulusaira tekintettel a tavaszi modulusok lehetnek jelentősen kisebbek alapvetően az olvadás következtében előálló felázottság miatt (Fi *et al.* 2012). A felázottság a magasabb talajnedvesség értékekben jelentkezik, amire leginkább a nyugalmi időszak (november–április) csapadékösszege van hatással, ezek a csapadékok akkumulálódnak a talajban, növelve annak nedvességtartalmát. A vegetációs időszak csapadékait azért nem érdemes figyelembe venni ebből a szempontból, mert a nyári időszakban a potenciális párolgás általában magasabb, mint a csapadék, így a talajnedvesség készlet csökkenő tendenciát mutat. Az alacsonyabb talajnedvesség pedig (a szélsőségesen száraz, aszályos viszonyoktól eltekintve) egy kedvezőbb földmű modulusban nyilvánul meg. A nyugalmi időszak (téli félév) csapadékok területi eloszlást mutatja az 3. táblázat, amely szerint a hegyvidéki részeken kívül a Nagyalföld ÉK-i része, valamint a Dunántúl DNy-i területei rendelkeznek magasabb téli csapadékösszeggel. A téli félév csapadékösszege átlagosan 146 és 231 mm között van, 178 mm-es átlag értékkel. Mivel a nyugalmi időszak párolgása durván 80–100 mm körüli (KOVÁCS 2011), ezért a lefolyást is figyelembe véve (a csapadék kb. 10%-a, ami durván 20 mm) átlagosan 20 és 130 mm közötti csapadék áll rendelkezésre a talaj nedvességekészletének feltöltésére. A 100 mm fölötti csapadékmennyiség így, a kedvezőtlen agyagos talajú területeken, általában elegendő arra, hogy a gravitációs pórusméret alatti hézagokat telítse, a felső 1 m-es talajrétegben, a szántóföldi vízkapacitásig. Az előbbi megállapítás még akkor is igaz, ha előzőleg a vegetációs időszakban a párolgás a hervadásponthoz víztartalomig leürítette a talaj nedvességekészletét (ami csak a szélsőségesen száraz években igaz). Számszerűen az egyes régiókra a következő átlagos téli csapadékösszegek a jellemzőek (3. táblázat).

3. táblázat Az átlagos téli csapadékösszegek [mm] térbeli statisztikái a magyarországi régiókban (1981–2010)

Régió	Min.[mm]	Max. [mm]	Átlag [mm]	Szórás
BK	158	221	174	15,09
D	171	230	190	13,94
DA	160	192	174	6,41
EM	146	217	168	14,90
NYD	162	231	185	17,40
KD	168	210	182	8,98
EA	150	207	175	14,07

A csapadék tehát jellemzően a talajnedvesség szempontjából lehet meghatározó, ezért érdemes egy pillantást vetni a talajnedvességek tavaszi állapotára (március, április és május havi átlagos érték). A talajnedvességek meghatározása egy Thornthwaite-féle (THORNTHWAITE 1955) havi vízmérleg modell alapján történt. A modellszámítás a felső, kb. 1 m-es talajréteg nedvességkészletét mutatja egy relatív skálán, amely tulajdonképpen a szántóföldi vízkapacitás és a hervadásponthoz tartozó víztartalom közötti tartományban számít. Az előbbi ún. talajnedvesség érték tehát a kapilláris pórusok telítettségére utaló szám. Ha értéke zérushoz közeli, akkor a talaj (a növényi vízfelvétel szempontjából) teljesen száraznak tekinthető, ha 100 körüli az értéke, akkor pedig már a bármilyen plusz többletvíz a gravitációs pórusokat kezdi telíteni.

Az ország egészét tekintve a tavaszi időszakban átlagosan 49%-os a kapilláris pórusok telítettsége, ami 100% és 27% minimális és maximális érték között oszlik el, átlagosan 11,8-es területi szóródással. A régiók szerinti megoszlást az 4. táblázat mutatja.

4. táblázat A talajnedvesség relatív értékeinek megoszlása a magyarországi régiókban (1981–2010)

Régió	Min (%)	Max (%)	Átlag (%)	Szórás
D	30	57	41	6,64
BK	27	86	46	12,19
DA	28	59	46	7,04
EM	42	100	60	13,74
NYD	31	72	45	9,44
KD	30	78	47	12,35
EA	42	73	55	9,12

A szántóföldi vízkapacitás közeli értékekkel rendelkező területek a magasabb talajnedvességűek, tehát a földmű teherbíró képessége szempontjából veszélyeztetettebbek a tavaszi időszakban. Az előbbieket szerint az Északi-középhegység, ill. az Alföld ÉK-i része, valamint a Nyugat-Dunántúl határközeleli területei, itt is elsősorban az Őrség és a D-NY zalai területek. Ott a legkedvezőtlenebb a helyzet, ahol a magas tavaszi talajnedvesség kedvezőtlen talajfizikai féleségekkel iszapos-agyagos talajok is kombinálódnak.

A csapadék múltbeli (1951–1980) alakulása Magyarország területén

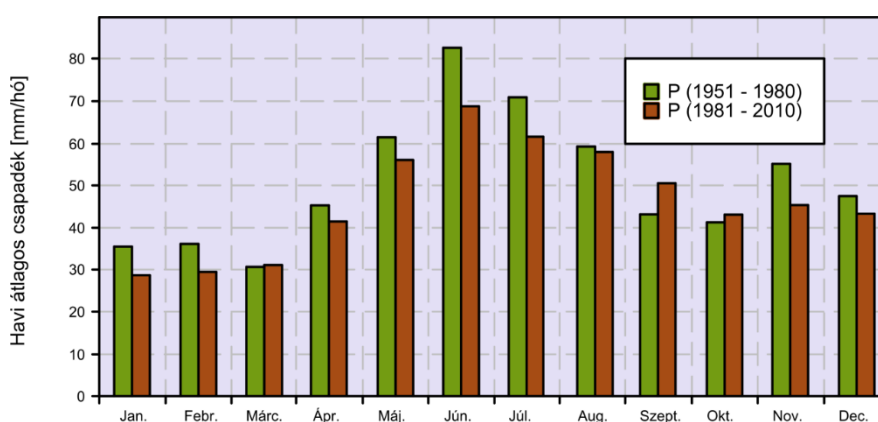
Az éves átlagos csapadék eloszlását a 5. táblázat mutatja. A csapadék esetében 609 mm/év az átlagos évi csapadékösszeg az 1951–80 közötti időszakban (586 mm/év: 1981–2010 között). A

legkisebb éves átlagos csapadékösszeg 1951–80-as időszakban Közép-Magyarországon és a Dél-Alföldön jellemző 560–580 mm/év (jellemző 480–490 mm 1981–2010 között), míg a legnagyobb csapadékú a nyugat-dunántúli régió 650 mm/év körüli értékkel (1981-2010: 614 mm/év).

5. táblázat Az éves átlagos csapadékösszegek (mm/év) térbeli statisztikái a magyarországi régiókban (1951–80)

Régió	Min.[mm/év]	Max.[mm/év]	Átlag [mm/év]	Szórás
D	561	752	651	46,72
KD	551	693	604	29,16
BK	540	706	580	39,13
EA	547	659	594	31,96
DA	524	619	559	14,67
NYD	554	794	652	65,17
EM	565	742	639	37,56

A csapadék havi eloszlását szemlélteti a 2. ábra, amely szerint az 1951–80-as periódushoz képest az 1981–2010-es időszakban nagyobb mértékű nyár eleji és abszolút értékben véve kisebb mértékű téli csapadékcsökkenés volt jellemző. A kora őszi csapadékok megnöttek az ősz közepe és a tavasz eleje közel azonos csapadékú. A pályaszerkezetek szempontjából a fagy és oladási károk téli időszakában a klíma kissé szárazabbá vált, de a mértékadó kora tavaszi időszakban alig történt változás.



2. ábra A havi átlagos csapadékösszegek [mm/hó] szezonális eloszlása az 1951–80, valamint az 1981–2010-es időszakban

A nyugalmi időszak (november–április) csapadékösszegei akumulálódva növelik jelentősen a kritikus tavaszi időszakban a földmű nedvességtartalmát.

A téli félév csapadékösszege átlagosan 181 mm (1981-2010: 146 mm) és 257 mm (1981-2010: 231 mm) között van, 205 mm-es (1981–2010: 178 mm) átlag értékkel az országban. Az átlagos tendencia tehát 27 mm átlagos csökkenés 30 év alatt, de a szárazabb területeken a csökkenés erősebb, míg a nedvesebb területek csökkenése kevésbé jellemző (6. táblázat).

6. táblázat Az átlagos téli csapadékösszegek [mm] térbeli statisztikái a magyarországi régiókban (1951–1980)

Régió	Min.[mm]	Max.[mm]	Átlag [mm]	Szórás
BK	187	250	203	15,74
D	197	255	220	14,48
DA	181	220	196	5,70
EA	187	230	203	12,85
EM	187	246	206	12,76
KD	190	238	206	9,04
NYD	183	257	206	19,45

A talajnedvességek múltbéli, régiók szerinti alakulása, a Thornthwaite-féle havi vízmérleg modell alapján, a 7. táblázat alapján jellemezhető.

Az ország egészét tekintve a tavaszi időszakban egy átlagosan 71%-os a kapilláris pórusok telítettsége (az 1981–2010-es időszakban 49%), ami 100% és 54% maximális és minimális érték között oszlik el (az 1981–2010-es időszakban 100% és 27%), átlagosan 11,4-es területi szóródással (az 1981–2010-es időszakban 11,8%).

7. táblázat A talajnedvesség relatív értékeinek megoszlása a magyarországi régiókban (1951–1980)

Régió	Min.[%]	Max.[%]	Átlag [%]	Szórás
D	61	98	78	9,70
BK	54	98	64	10,45
DA	55	77	62	3,70
EM	57	100	79	13,42
NYD	61	100	75	12,23
KD	59	100	70	8,00
EA	57	88	68	8,01

A szántóföldi vízkapacitás közeli értékekkel rendelkező területek a magasabb talajnedvességűek, tehát a földmű teherbíró képessége szempontjából veszélyeztetettebbek. Az előbbieket szerint a hegyvidéki részekon kívül az alföld ÉK-i része, valamint a Dél-Nyugat-Dunántúl területei, az Órség, a Mura és a Dráva menti területek.

A múlthoz (1951–80) képest tehát a tavaszi kapilláris telítettséget jellemző talajnedvesség készlet jelentősen, mintegy 22%-kal csökkent. A csökkenés a Dél-Dunántúlon, a Dunántúl keleti területeinek középső részén, valamint a Kisalföld középső és dél-nyugati részén a legjelentősebb.

A csapadék jövőbeli (2016–2045) alakulása Magyarország területén

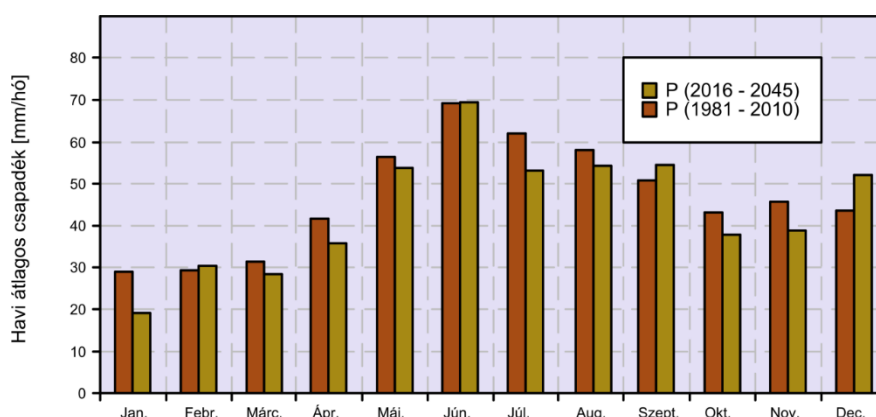
Az éves átlagos csapadék eloszlását a 8. táblázat mutatja. A csapadék esetében 527 mm/év az átlagos évi csapadékösszeg a 2016–2045 közötti időszakban (586 mm/év az országos átlag az 1981–2010). A legkisebb éves átlagos csapadékösszeg 1951–80-as időszakban a Kiskunság északi részén jellemző 400–450 mm (de az egész Nagyalföld középső részén 500 mm/év alatt marad az éves csapadék), míg a legnagyobb csapadékú a délnyugat-dunántúli régió 604 mm/év körüli értékkel (1981–2010: 614 mm/év).

8. táblázat Az éves átlagos csapadékösszegek [mm/év] térbeli statisztikái a magyarországi régiókban (2016–2045)

Régió	Min.[mm/év]	Max.[mm/év]	Átlag [mm/év]	Szórás
BK	442	629	482	44,04
D	456	691	554	54,27
DA	443	545	489	25,13
EA	452	585	505	33,24
EM	461	646	543	41,72
KD	458	621	521	38,89
NYD	497	731	604	55,85

A Boromissza-féle méretezési praktikum (Boromissza, 1997) térképével összehasonlítva megállapítható, hogy a 600 mm/éves izohiéta közel azonos helyen áll, mint az 1981–2010-es időszakban. Az 1981–2010 közötti időszakkal összehasonlítva az Alföld középső része és a keleti országrész szárazodó tendenciát mutat.

A csapadék havi eloszlását szemlélteti a 3. ábra, amely szerint az 1981–2010-es periódushoz képest az 2016–2045-ös időszakban a téli csapadékösszeg közel változatlan volta mellett (kisebb növekedés decemberben) a nyári csapadékösszeg jelentősebb csökkenése várható. A pályaszerkezetek szempontjából a fagy és olvadási károk téli időszakában a csapadékösszeg hasonló marad. Az elemzéshez azonban érdemes hozzáfűzni, hogy a klímamodellek csapadékeloszlása jelentősen eltérhet a valós csapadékeloszlástól, így ezeket az eredményeket fenntartással érdemes kezelni.



3. ábra A havi átlagos csapadékösszegek [mm/hó] szezonális eloszlása a 2016–2045, valamint az 1981–2010-es időszakban

A jelenhez hasonlóan a lehetséges jövőre vonatkozóan elemezzük a nyugalmi időszak (november–április) csapadékösszegeit, hiszen ezek a csapadékok akumulálódva növelhetik majd a kritikus tavaszi időszakban a földmű nedvességtartalmát.

A téli félév csapadékösszege átlagosan 132 mm (1981–2010: 146 mm) és 255 mm (1981–2010: 231 mm) között van, 171 mm-es (1981–2010: 178 mm) átlagos értékkel az országban. Az átlagos tendencia tehát alig 7 mm átlagos csökkenés a térbeli szélsőségek növekedése mellett (9. táblázat). Az előbbieket szerint a téli félév csapadékösszege mintegy 15 mm-es csökkenéssel jellemezhető majd. A tavasz csapadékcsökkenése ennél jelentősebb lesz, a melegedés pedig valószínűleg többelpárolgással jár majd. Ezek a hatások valószínűleg csökkentik majd a tavaszi talajnedvességeket.

Itt is megjegyezzük, hogy a téli párolgást és a lefolyást figyelembe a 100 mm fölötti téli csapadékösszegek lehetnek kedvezőtlenek az alapvetően kötött talajú területeken.

9. táblázat Az átlagos téli csapadékösszegek [mm] térbeli statisztikái a magyarországi régiókban (2016–2045)

Régió	Min. [mm]	Max. [mm]	Átlag [mm]	Szórás [mm]
BK	138	208	156	17,91
D	148	246	186	22,80
DA	138	192	162	11,08
EA	132	214	163	18,52
EM	131	205	156	16,60
KD	148	208	178	14,93
NYD	172	255	205	19,06

A talajnedvességek alakulása a Thornthwaite-féle havi vízmérleg modell alapján a jövőben a 10. táblázat alapján jellemezhető.

Az ország egészét tekintve a tavaszi időszakban átlagosan 34%-os a kapilláris pórusok telítettsége (az 1981–2010-es időszakban 49%), ami 82% és 7% maximális és minimális érték között oszlik el (az 1981–2010-es időszakban 100% és 27%), átlagosan 12,2-es területi szóródással (az 1981–2010-es időszakban 11,8).

10. táblázat A tavaszi talajnedvességek térbeli statisztikái a magyarországi régiókban (2016–2045)

Régió	Min. [%]	Max. [%]	Átlag [%]	Szórás
BK	10	66	28	11,85
D	10	46	27	9,03
DA	9	49	34	9,92
EA	16	65	38	9,79
EM	7	82	40	15,57
KD	11	62	30	12,63
NYD	17	60	35	10,73

A szántóföldi vízkapacitás közeli értékekkel rendelkező területek a magasabb talajnedvességek, tehát a földmű teherbíró képessége szempontjából veszélyeztetettebbek. Az előbbiek szerint a jövőben szinte kizárólag az Északi-középhegység magasabb területei lesznek tavasszal átlagosan magasabb talajnedvességek az előrevetítés szerint.

A jelenhez (1980–2010) képest tehát a tavaszi kapilláris telítettséget jellemző talajnedvesség-készlet jelentős, mintegy 15%-os csökkenése feltételezhető majd, ha a prognózisoknak megfelelően alakul a csapadék és a hőmérséklet eloszlása.

Összefoglalás

A klímaváltozás a megváltozó környezeti jellemzők miatt a pályaszerkezetek tervezési paramétereinek, esetleg magának a tervezési elveknek a módosítását indukálja.

A csapadék (mint klimatikus jellemző) hatásai az útpályaszerkezetre a következőképpen foglalhatók össze:

Az évi átlagos csapadékösszeg 527 mm/év a 2016–2045 közötti időszakban (1981–2010: 586 mm/év; 1951–1980: 609 mm/év).

A legkisebb éves átlagos csapadékösszeg 2016–2045-ben a Nagyalföld középső részén várható (<500 mm/év). Az 1951–80-as időszakban Közép-Magyarországon és a Dél-Alföldön 580

mm/év, míg 520 mm/év 1981–2010 között. A legnagyobb csapadékú a délnyugat- dunántúli régió 604 mm/év értékkel (1981–2010: 614 mm/év; 1951–1980: 650 mm/év).

A csapadék havi eloszlása szerint az 1981–2010-es periódushoz képest a 2016–2045-ös időszakban a téli csapadékösszeg közel változatlan volta mellett a nyári csapadékösszeg jelentősebb csökkenése várható. A csapadék havi eloszlása szerint az 1951–80-as periódushoz képest az 1981–2010-es időszakban nagyobb mértékű nyár eleji és abszolút értékben véve kisebb mértékű téli csapadékcsökkenés volt jellemző. A kora őszi csapadékok megnöttek az őszi közepe és a tavasz eleje közel azonos csapadékú.

A pályaszerkezetek szempontjából a fagy és olvadási károk téli időszakában a csapadékoság hasonló marad mindhárom vizsgálati periódusban. Az elemzéshez hozzáfűzendő, hogy a klímamodellek csapadékeloszlása jelentősen eltérhet a valóstól, így ezeket az eredményeket fenntartással érdemes kezelni. A nyugalmi időszak (november–április) csapadékösszegei akkumulálódva növelik jelentősen a kritikus tavaszi időszakban a földmű nedvességtartalmát. A téli félév csapadékösszege átlagosan 171 mm (1981–2010 178 mm; 1951–1980: 205 mm) az országban. Az átlagos tendencia tehát alig 7 mm átlagos csökkenés a jövőben, a jelenhez, de 34 mm-es csökkenést a múlthoz képest, a térségi szélsőségek növekedése mellett. A tavasz csapadékcsökkenése várhatóan jelentős lesz, a melegedés pedig többet párologással jár majd. Ezek a hatások valószínűleg csökkentik majd a tavaszi talajnedvességeket.

A téli párologást és a lefolyást figyelembe véve a 100 mm fölötti téli csapadékösszegek lehetnek kedvezőtlenek az alapvetően kötött talajú területeken.

A jövőre (2016–2045) nézve, az ország egészét tekintve a tavaszi időszakban átlagosan 34%-os a kapilláris pórusok telítettsége (az 1981–2010-es időszakban 49%; 1951–1980: 71%), ami 82% és 7% maximális és minimális érték között oszlik el (100% és 27% (1981–2010), míg 100% és 54% az 1951–1980-as időszakban).

Köszönetnyilvánítás

A publikáció megírását az EFOP 362-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” pályázat támogatta.

Irodalomjegyzék

- BARTHOLY, J. – BOZÓ L. – HASZPRA L. (szerk.) (2011): Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke, Budapest, p. 281.
- BOROMISSZA, T. (1997): Méretezési Praktikum, Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezési gyakorlata, Közúti közlekedési füzetek 16, Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium, Budapest, p. 82.
- FI, I. – BONCS, P. – PETHŐ, L. – TÓTH, CS. (2012): Útburkolatok méretezése. Terc Kft. ISBN 978 963 9968 349, p. 457.
- GÁLOS, B. – LORENZ, PH. – JACOB, D. (2007): Will dry events occur more often in Hungary in the future? Environ. Res. Lett., 2, 034006 (9pp), <https://doi.org/10.1088/1748-9326/2/3/034006>
- GÁLOS, B. – ANTAL V. – CZIMBER, K. – MÁTYÁS, CS. (2014): Forest ecosystems, sewage works and droughts – possibilities for climate change adaptation. In: Santamarta J.C., Hernandez-Gutiérrez L.E., Arraiza M.P. (eds) 2014. Natural Hazards and Climate Change/Riesgos Naturales y Cambio Climático. Madrid: Colegio de Ingenieros de Montes. ISBN 978-84-617-1060-7, D.L. TF 565-2014, 91-104, <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3947.6963>
- GÁLOS, B. – VIG, P. (2014): Éghajlati tendenciák a Kárpát medencében és Zala megyében. In: Bidló A., Király A., Mátyás Cs. (szerk.) Agrárklíma: Az előrevetített klímaváltozás hatáselemzése és az alkalmazkodás lehetősége, Nyugat-Magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 2014. 7-16. (ISBN:978-963-334-204-6)

- GÁSPÁR, L. (2007): A klímaváltozás és az útburkolatok. Közúti és mélyépítési szemle. 2007 március, 3. szám: 1-6.
- GUPTA, A. (2014): „A review of Environmental Factors on Flexible Pavement Modelling”, Modern Traffic and Transportation Engineering Research, vol:3 iss:1 pg:14-20
- IPCC 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- JACOB, D. – BARRING, L. – CHRISTENSEN, OB. – CHRISTENSEN, JH. – CASTRO, M. – DEUE, M. – GIORGI, F. – HAGEMANN, S. – HIRSCHI, M. – JONES, R. – KJELLSTRÖM, E. – LENDERINK, G. – ROCKEL, B. – SANCHEZ, E. – SCHAR, C. – SENEVIRATNE, SI. – SOMOT, S. – VAN ULDEN, A. – VAN DEN HURK, B. (2007): An inter-comparison of regional climate models for Europe: model performance in present-day climate. ClimChange, 81:31-52, <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9213-4>
- JACOB, D., et 38 coauthors EURO-CORDEX 2014: newhigh-resolution climate change projections for European impact research, RegEnvironChange, <http://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>
- KOVÁCS, Á. (2011): Tó- és területi párolgás becslésének pontosítása és magyarországi alkalmazásai. PhD értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
- LAKATOS, M. – SZÉPSZÓ, G. – BIHARI, Z. – KRÜZSELYI, I. – SZABÓ, P. – BARTHOLY, J. – PONGRÁCZ, R. – PIECZKA, I. – TORMA, CS. (szerk.) (2012): HREX jelentés: Éghajlati szélsőségek változásai Magyarországon: Közelmúlt és jövő. http://www.met.hu/doc/IPCC_jelentes/HREX_jelentes-2012.pdf
- Nováky, B. – Bálint, G. (2013): Shifts and Modification of the Hydrological Regime Under Climate Change in Hungary; <http://doi.org/10.5772/54768>
- PETHŐ, L. (2008): A hőmérséklet eloszlás alakulása az aszfalt burkolatú pályaszerkezetekben és ennek hatása a pályaszerkezeti rétegek méretezésére, technológiai tervezésére. PhD értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
- SZALAI, S. – MIKA, J. (2007): A klímaváltozás és időjárási anomáliák előrejelzése az erdőtakaró szempontjából fontos tényezőkre. In Mátyás Cs., Vig P. (szerk). Erdő és klíma V. Sopron.
- SZÉPSZÓ, G. (2008): Regional change of climate extremes in Hungary based on different regional climate models of the PRUDENCE project, Időjárás 112 265–83.
- VAUTARD, R. – GOBIET, A. – JACOB, D. et 25 coauthors (2013): 41: 2555. <https://doi.org/10.1007/s00382-013-1714-z>

A FAGYÁSKÁR HATÁSA AZ ÚTPÁLYASZERKEZETRE

KALICZ PÉTER – PRIMUSZ PÉTER – HERCEG ANDRÁS – GRIBOVSZKI ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

herceg.andras@uni-sopron.hu

Bevezetés

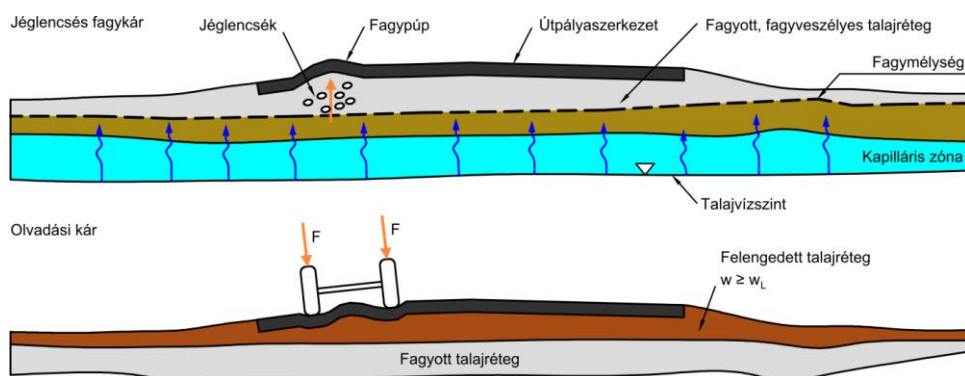
Az útburkolatok állapotát és élettartamát a környezeti jellemzők (hőmérséklet, csapadék, légnedvesség, fagyás-olvadás ciklusok és a talajvíz mélysége) jelentősen befolyásolják, így a pályaszerkezetek méretezésénél is lényeges tényezőként vehetők figyelembe. Különösen fontos a környezeti jellemzők alaposabb vizsgálata az alsóbbrendű vagy mezőgazdasági utaknál, illetve az erdők feltáráshálózatánál, valamint az agro-erdészeti rendszerek kiszolgáló útjainál. Ezeknél az úthálózatoknál az időjárásnak való kitettség erőteljesebben is érezteti hatását a vékonyabb pályaszerkezet következtében.

Minden klimatikus jellemző szezonális változékonysággal bír, tehát célszerű a pályaszerkezet méretezését is ezekhez a szezonális változásokhoz kapcsolni (GUPTA 2014). A hajlékony pályaszerkezetek méretezésénél az alsó rétegek (elsősorban a földmű) talajnedvességének változásai a meghatározóak.

A klimatikus jellemzők változásában konkrétan a szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedése várható (hőhullámok, nagy intenzitású esőzések és ennek vízelvezetési problémái, aszályos időszakok, korai és a kései fagyok) BARTHOLY *et al.* 2011. Jelen cikk a pályaszerkezeteket érintő fagykárral foglalkozik.

Fagyás, olvadás általános hatása

A fagyás és a fagyás utáni olvadás folytán előálló talajnedvesség növekedés és földmű teherbírás csökkenés veszélyes lehet a pályaszerkezetre. A hatásokat az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra A pályaszerkezetben bekövetkező fagyási és olvadási kár (BOROMISSZA 1997 nyomán)

Fagykár

A fagykár a megfagyott víz térfogat növekedése miatt áll elő, hatását a pályaszerkezeti rétegekben és földműben is kifejti. Fagyás esetén az eredeti térfogat $\sim 1/9$ -ével nő szilárd halmazállapotban a jég térfogata a cseppfolyós halmazállapotú, azonos tömegű vízhez képest.

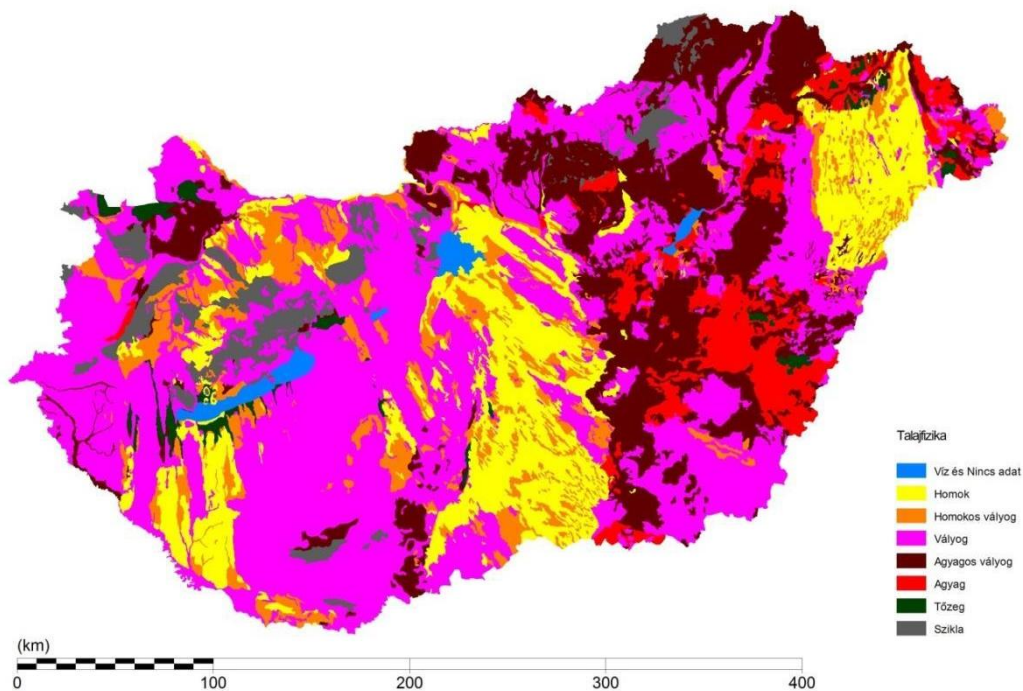
Az aszfaltburkolat repedésmentes állapotában érzéketlen a fagyra. A burkolatban megjelenő hajszáltrepedéseken keresztül (melyet pl. a fáradás indukál) viszont, a bejutó víz megfagyva meggyorsíthatja a rongálódási folyamatot.

Az alaprétegben akkor keletkezhet fagykár, ha a maga az alaprétegnek felhasznált szemcsés anyag fagyveszélyes (ld. 1. táblázat). A cementstabilizált alapréteg fagyérzékenysége pedig abban mutatkozhat meg, hogy az alacsony cementadagolás esetében az széteshet.

Érzékenység	Talajfajta	Finom részek [tömeg %]		Plasztikus index
		<0,02 mm	<0,1 mm	Ip[%]
Fagyálló	Homokos kavics	<10	<25	-
	Kavicsos homok			
	Homok			
Fagyérzékeny	Iszapos kavics	10-15	25-40	-
	Iszapos homok			
	Agyag	-	-	15,1<
Fagyveszélyes	Homokliszt	<10	-	1,0-5,0
	Iszapos homokliszt	10<	40-90	5,1-10,0
	Iszap	-	-	10,1-15,0

1. táblázat Talajok fagyérzékenysége (BOROMISSZA 1997 nyomán)

A táblázathoz nyújt tájékoztatás a 2. ábra, amely az Agrotopográfiai térkép alapján a talajok fizikai féleségét mutatja a fagyveszélyes talajok térbeli elhelyezkedésének szemléltetésére. Az 1. táblázat és a 2. ábra kategóriái teljes mértékben nem feleltethetők meg egymásnak. A kapcsolatot a 2 mm alatti szemcsék, homok (0,05–2,0 mm), iszap (0,002–0,05 mm) és agyag (<0,002 mm) kategóriái közötti megoszlását figyelembevevő textúrára vonatkozó háromszögdiagram jelentheti (RADCLIFFE – SIMUNEK, 2010). A dominánsan egy jellemző frakcióból álló talajok osztályozhatók homok, iszap és agyag fizikai féleségüként (háromszögdiagram sarkai). A különböző szemcseméretekből közel azonos mennyiségű szemcsét tartalmazó talajok pedig az ún. vályog közé sorolhatóak (háromszögdi. középpontja).



2. ábra A talajok fizikai féleségének megoszlása Magyarországon (forrás: Agrotopográfiai térkép)

A „fagykár”, pályaszerkezet rétegeinek esetében a méretezés során megfelelően megválasztott és fagyállóságra bevizsgált anyagok alkalmazásával elkerülhető (fagyállósági követelmény). A földmű esetében, az azt alkotó talajoknál megkülönböztethetünk „tömbfagyást” és „jéglencsés fagyást”.

A „tömbfagyás” a szemcsés talajokra jellemző és ebben az esetben a talaj pórusaiban megfagyó víz térfogat növekedése olyan típusú, hogy nem eredményezi a talaj számottevő térfogat növekedését.

A „jéglencsés fagyás” inkább a finomszemcsés talajokra jellemző. A lényege, hogy a finomszemcsés talajokban kialakuló ún. fagyási göcök térfogat növekedést okoznak. A jéglencsés terepfelszín (vagy burkolatfelszín) emelkedés (ún. fagyemelkedés) tipikus fajtája azonban a mi klímánkon ritka jelenség. A jéglencsék egyenletes eloszlása következtében viszont a finomszemcsés talajok esetében bizonyos fagyemelkedés jelentkezhet. Sőt előállhat a jelenség akkor is, amikor a klasszikusnak vett talajvízből származó nedvesség utánpótlódására nincs lehetőség (BOROMISSZA 1997).

A fagybehatolási mélység számítása

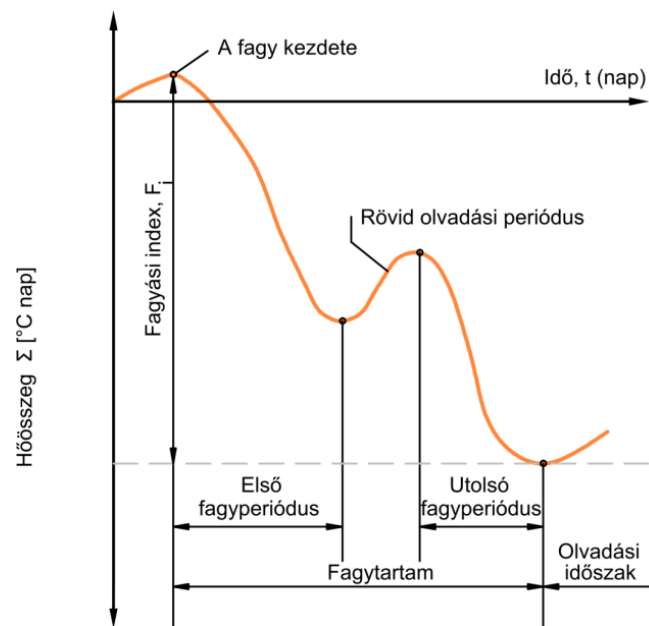
A gyakorlati élet számos területét közelről érinti a fagnak a talajba való lehatolása. Az útburkolatok állékonyságának érdekében a reálisan várható fagyveszély ellen valamilyen módon a tervezés során fel kell lépni. Ez a tervezés során méretezésként legtöbbször a mértékadó útépitési fagyhatár értékének (amely durván a fagybehatolási mélységgel azonosnak vehető) meghatározását jelenti (GÁSPÁR 1959).

A legnagyobb fagybehatolási mélység azonban nem önmagától a legalacsonyabb hőmérséklettől függ, hanem a fagytartam alatti napi középhőmérsékletektől és az ezekből számított hidegmennyiségtől.

A fagybehatolási mélység az a terepszinttől vertikálisan lefelé mért távolság, melyben az átfagyott talaj a még nem fagyott talajjal érintkezik (BOROMISSZA *et al.* 2007). Ez a mélységet a 0 Celsius fokos izoterma adja meg, melyet a fagymélységet közrefogó mélységekhez tartozó talajhőmérsékleti adatokból lehet, pl. interpoláció útján meghatározni. A talajhőmérsékleti adatok azonban csak korlátozott számban állnak rendelkezésre. Megoldást jelenthet viszont az a nemzetközileg is validált, BREGGEN (1943) által levezetett összefüggés, amely szerint a fagybehatolási mélység a fagyási index négyzetgyökével arányos.

A fagyási index viszont léghőmérséklet adatok (amely világszerte az egyik leggyakrabban mért környezeti jellemző) alapján számítható. Definíció szerint a hőösszeg görbén a fagytartam alatti maximum és minimum közötti különbség Celsiusnap-ban kifejezve.

A hőösszeg görbe az értelmezés szerint valamely adott naptól kezdve a napi középhőmérsékletek összegének (Celsius nap) menetét megjelenítő diagram. Más megfogalmazás szerint a fagyási index (a hidegmennyiség számértéke) a fagyperiódus alatti napok számának, a Celsius fokban kifejezett átlaghőmérséklettel való szorzata foknapban kifejezve. A fagyási indexet tehát úgy számítjuk, hogy a negatív középhőmérsékletű napok középhőmérsékleteit összeadjuk, vesszük az abszolút értéküket és ebből az összegből a pozitív középhőmérsékletű napok középhőmérsékletinek összegét levonjuk. A tervezés szempontjából a mértékadó a fagyási index az elmúlt 30 év 3 leghidegebb telén észlelt fagyási indexek átlaga (BOROMISSZA 1997). A fagyási index értelmezését segíti a 3. ábra.



3. ábra A téli hőösszeg-görbe és a fagyási index sematikus ábrázolása (BOROMISSZA *et al.* 2007 nyomán)

Később Shannon laboratóriumi körülmények között is igazolta a Breggen-féle összefüggést, amelyet a következő egyenlettel jellemzett:

$$Z_f = k \cdot F^{0,5}$$

(1)

Ahol:

Z_f :	a fagybehatolási mélység cm-ben;
F:	a fagyási index Celsius nap-ban;
k:	pedig egy állandó.

A k tényező értékét Shannon $k=3,8$ -ra becsülte (BOROMISSZA *et al.* 2007). Magyarországon átlagosan: 3,7.

A fagybehatolási mélységeknél azonban érdemes azt is figyelembe venni, hogy a pályaszerkezet saját fizikai jellemzői (hővezető, hőtároló képesség, stb.) függvényében is módosítja a fagybehatolás mélységét. Az előbbieket szerint tehát a talajokra általában megadott összefüggés nem valószínű, hogy az útburkolatok alatt is ugyanúgy érvényes. A fagybehatolási mélység egy svájci szabályozás szerint (ULLIDTZ 1998), amely a pályaszerkezet mélységét is figyelembe veszi a következőképpen számítható.

$$Z_{pf} = 45 \cdot F^{0,5} + \frac{D}{2} \quad (2)$$

Ahol:

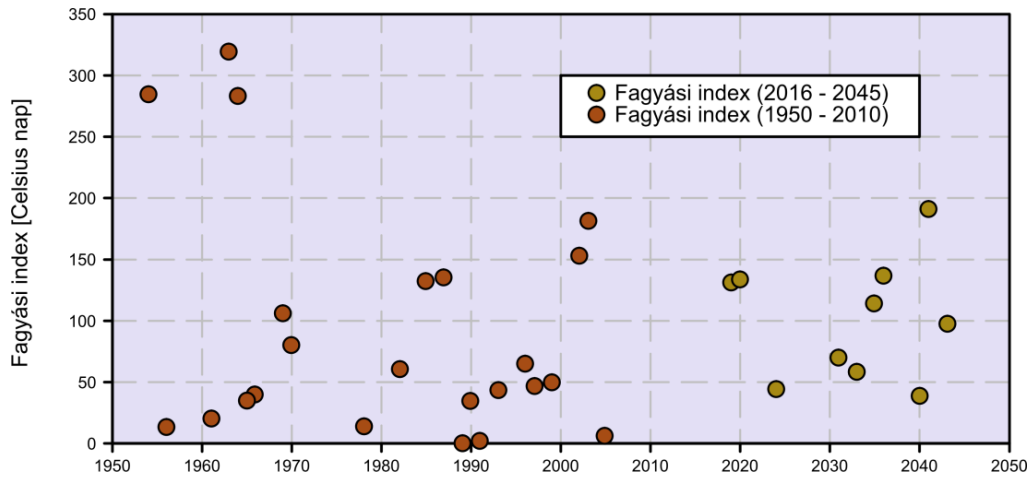
Z_{pf} :	a fagy behatolási mélység a pályaszerkezet alatt [mm];
F:	a Fagyási index Celsiusnap-ban;
D:	a pályaszerkezet vastagsága [mm].

Az utak pályaszerkezet alatti fagybehatolási mélységére vonatkozó összefüggés alapján az látszik, hogy a fagybehatolási mélység nagyobb a pályaszerkezet alatt általában, mint a zavartalan talajfelszín esetében.

Fagyási indexek és fagybehatolási mélység alakulása Magyarországon

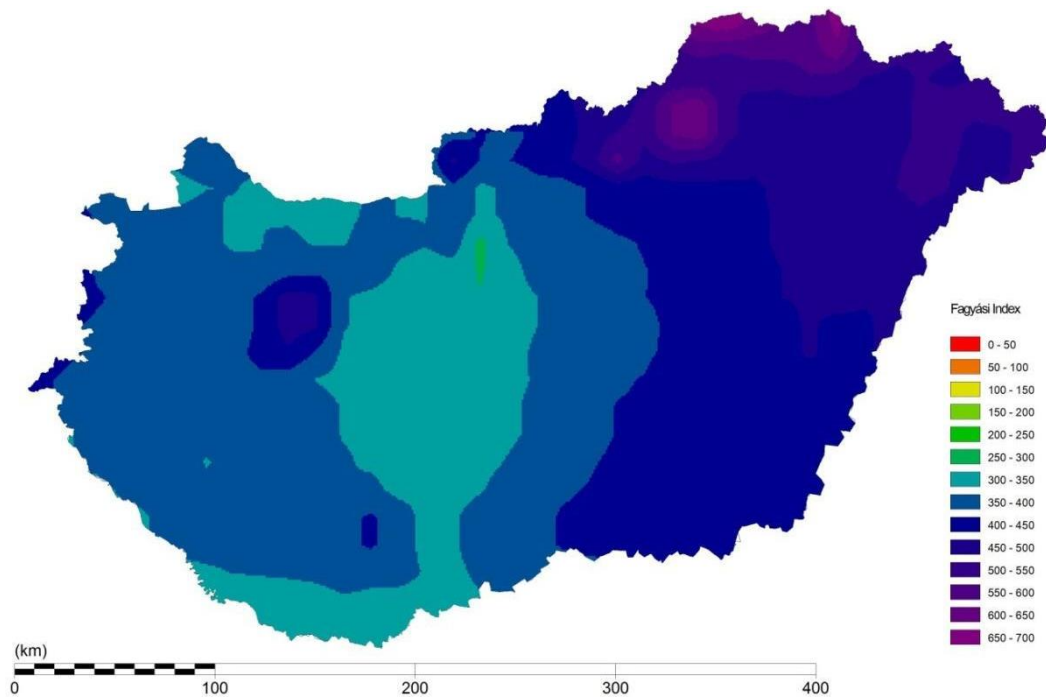
Fagyási indexek

Jó országos átlagot képviselő hely Budapest, ahol a fagyási indexeket a 4. ábra mutatja. Az ábra alapján látható, hogy 1963/64 tele mértékadó volt ebből a szempontból 320-as fagyási indexel (kb. 66 cm-es fagybehatolási mélységgel). Az 1980 óta eltelt időszakban a 2003/2004-es tél volt a legkomolyabb, bár a fagyási index már csak 181 volt (kb. 50 cm-es fagybehatolási mélységgel). A jövőre vonatkozóan, a REMO modell szerint nem várható jelentős mértékű csökkenés a fagyási indexekben (4. ábra). Az elkövetkezendő 30 évre vonatkozóan a maximális fagyási index 190 Celsius nap, ami kb. 51 cm-es fagybehatolási mélységet jelent a talajokban.



4. ábra Fagyási indexek változása Budapest környékén (1951–2014)

Az 5. ábra az 1951–2014-es időszakra készült fagyási indexeket mutatja országos léptékben.



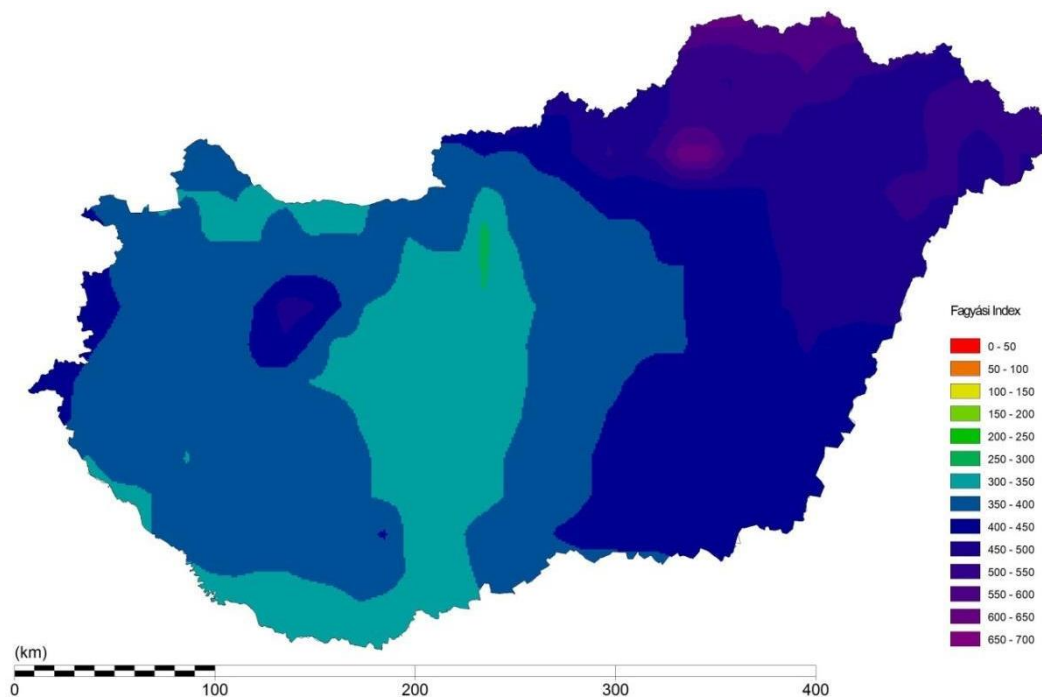
5. ábra A fagyási indexek az 1951–2014-es időszakban

Az 1951–2014-es időszakban a fagyási index területi átlaga Magyarországra 406 Celsius nap a maximum az Északi-középhegység magasabb területein jellemző 685 Celsius nap, míg a minimum a DNY Dunántúlon található (286 Celsius nap). A fagyási indexek régiók szerinti eloszlását a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat A fagyási indexek megoszlása az egyes régiókban az 1951–2014 között

Osztály	Min.	Max.	Átlag	Szórás
BK	286	461	355	29,52
D	307	406	355	19,12
DA	313	453	399	35,63
EA	367	514	459	36,21
EM	360	685	489	68,29
KD	306	473	362	36,35
NYD	339	425	371	15,50

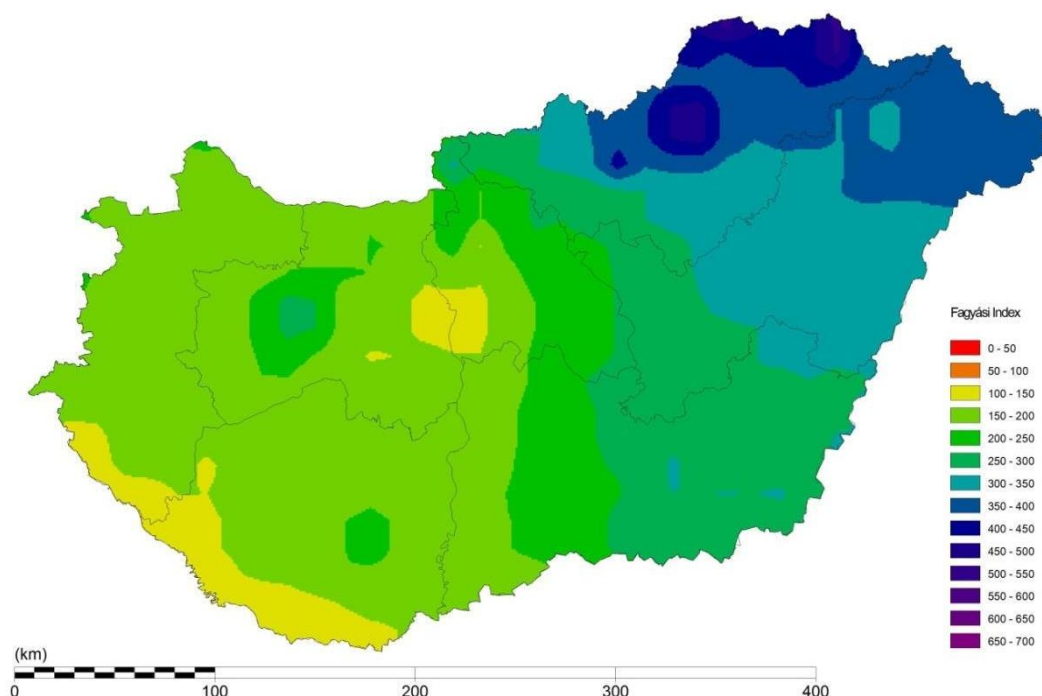
A fagyási indexek múltira, jelenre és jövőre vonatkozó értékei között jelentősebb eltérés lehetséges, ezért elkészítettük a klimatikusan vizsgált 30 éves időszakokra (1951–1980, 1981–2010 és 2016–2045) is a fagyási index értékeket. A fagyási index adatok térbeli eloszlását a 6. ábra, 7. ábra, 8. ábra, valamint a 3. táblázat, 4. táblázat és 5. táblázat mutatják.



6. ábra A fagyási indexek az 1951–1980-as időszakra vonatkozóan

3. táblázat A fagyási indexek megoszlása az egyes régiókban az 1951–1980-as időszakban

Régió	Min.	Max.	Átlag	Szórás
BK	287	416	354	28,18
D	310	405	356	18,43
DA	314	453	396	34,89
EA	369	515	458	37,89
EM	362	635	482	58,25
KD	306	473	364	33,44
NYD	340	460	373	19,03



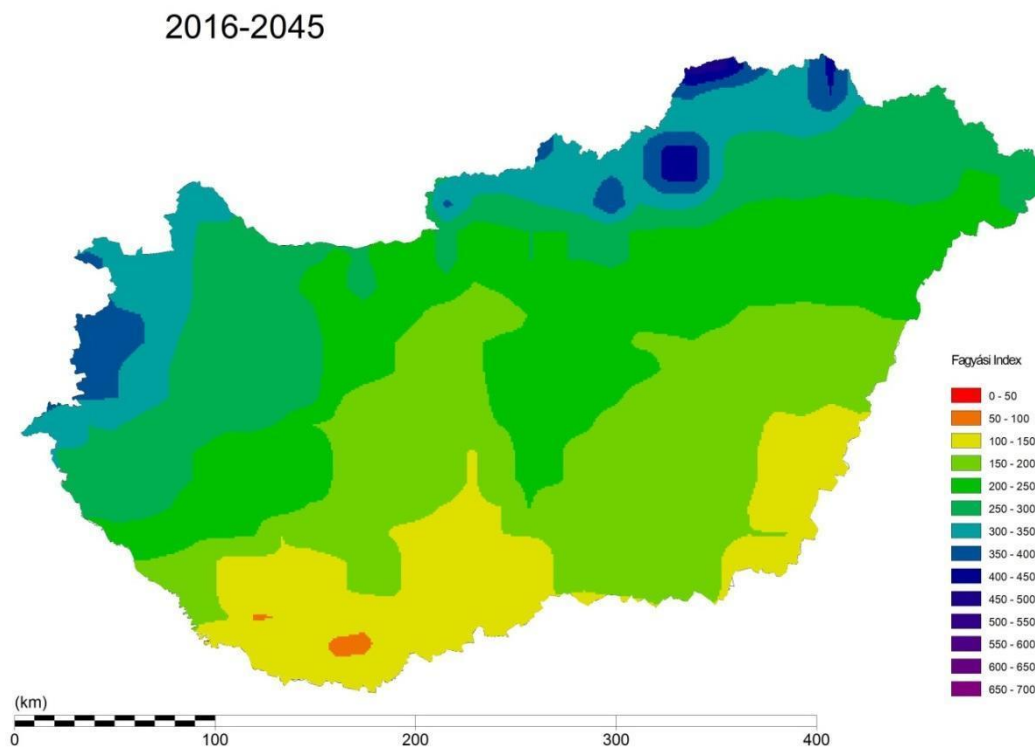
7. ábra A fagyási indexek az 1981–2010-es időszakra vonatkozóan

4. táblázat A fagyási indexek megoszlása az egyes régiókban az 1981–2010-es időszakban

Régió	Min	Max	Átlag	Szórás
BK	141	309	211	36,95
D	119	216	165	18,34
DA	151	323	247	45,47
EA	234	383	325	32,57
EM	219	513	357	58,73
KD	141	263	182	25,61
NYD	122	220	167	12,28

A 6. ábra és a 3. táblázat alapján megállapítható, hogy az 1951–80-as időszakban a fagyási indexek országos átlaga 404 Celsius nap (a szórása ~60) 634-es maximummal az Északi-középhegységben és 287 körüli minimummal Budapesttől délre. Az 1981–2010-es időszakban a fagyási indexek országos területi átlaga már csak 245 Celsius nap (a térbeli szórás értéke 82) 512-es maximummal és 119-es minimum értékkel. Az előbbieket a két egymást követő 30 éves periódusban a fagyási indexek országos átlaga közel 160-as értékkel csökkent, a térbeli szóródás ellenben jelentősen nőtt.

A jövőre vonatkozóan a 8. ábra és a 5. táblázat alapján a következőket mondhatjuk az elkövetkező 30 év adatai alapján. A 2016–45-ös periódusban, a REMO modell előrejelzése szerint, a fagyási indexek országosan kismértékben tovább csökkennek 245 Celsius napról 221-es értékre. A maximum (480 Celsius nap) és a minimum (87 Celsius nap) érték is tovább csökken. Az országos eloszlás a klímamodell szerint kissé módosulni látszik, de ezt a megállapítást fenntartásokkal célszerű kezelni, hiszen a klimatikus előrejelzések a jövőre vonatkozó becslések és nem valós méréseknek. A térbeli szóródás valószínűleg kismértékben csökken majd, ha az előrejelzések beigazolódnak.



8. ábra A fagyási indexek a 2016–2045-ös időszakra vonatkozóan

5. táblázat A fagyási indexek megoszlása az egyes régiókban a 2016–2045-ös időszakban

Régió	Min.	Max.	Átlag	Szórás
BK	154	364	218	30,96
D	87	251	161	36,44
DA	103	221	158	24,08
EA	140	288	217	34,20
EM	216	480	303	52,20
KD	163	304	234	39,03
NYD	198	381	299	36,53

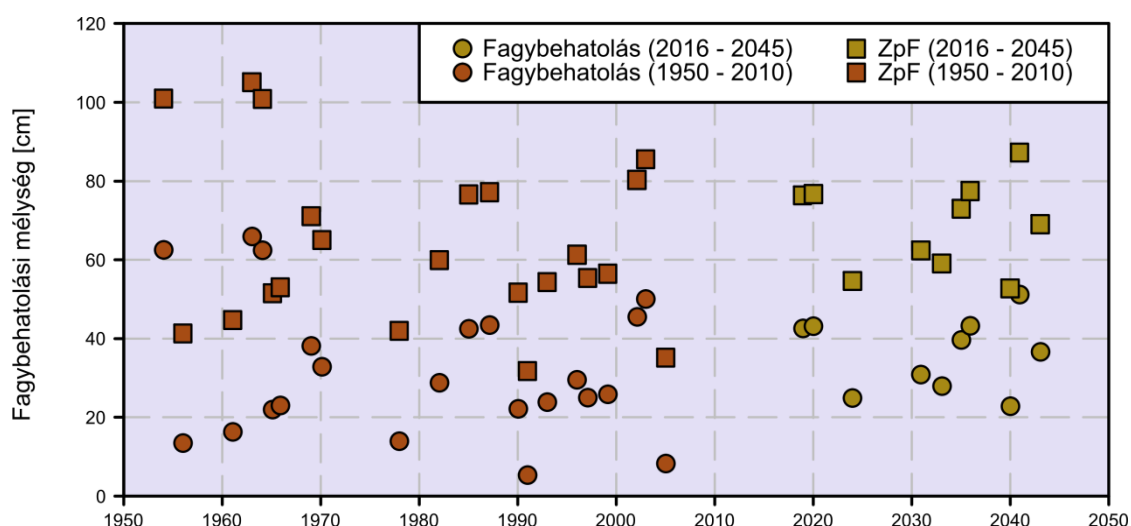
Fagyásbehatolási mélység

Bár a fagybehatolási mélység függ az adott talaj hővezetési és hőkapacitási értékeitől is mégis lehetőség van, hogy körülbelüli becslést tegyünk a természetes talajokban és az útpályaszerkezetek alatt jellemző értékekre az egyes időszakokban.

A továbbiakban példaként nézzük időszerűen Budapest környékére vonatkozóan a fagybehatolási mélység alakulását a természetes talajokban és az utak pályaszerkezet alatt a korábbi általános képlet szerint (9. ábra).

A számítások során a pályaszerkezet vastagságára 50 cm-es értéket vettünk figyelembe.

A Budapesti fagyási index értékekkel 1963/64 telére vonatkozóan a 320-as fagyási index 105 cm-es fagybehatolási mélységgel jellemezhető a pályaszerkezet alatt (ez 39 cm-el több, mint a természetes talajra számított összefüggés). Az 1980-óta eltelt időszakban a 2003/2004-es tél volt a legkomolyabb, ennek fagyási indexe 181 volt, ez 86 cm-es fagybehatolási mélységgel jellemezhető a pályaszerkezet alatt (ami 36 cm-el több, mint a természetes talajra számított összefüggés). A fagybehatolási mélység az elkövetkező 30-évben (2016–2045) a Remo klímamodell adatai szerint nem változik szignifikánsan (190-es fagyási index mellett a maximális fagybehatolási mélység a pályaszerkezet alatt 87 cm).



9. ábra A fagybehatolási mélység változása Budapestre vonatkozóan

A fagybehatolási mélységekre vonatkozó múltbeli trend szerint, Budapest környékére vonatkozóan, a természetes talajokban jellemző fagybehatolási mélység jellemzően évtizedenként közel 2,3 cm-el, míg a pályaszerkezet alatt közel 2,9 cm-el csökkent.

Összefoglalás

A klímaváltozás, a megváltozó környezeti jellemzők miatt a pályaszerkezetek tervezési paramétereinek, esetleg magának a tervezési elveknek a módosítását indukálja. Jelen cikk a pályaszerkezeteket érintő fagykárral foglalkozott, amely a következőkkel foglalható össze:

A fagyási indexek országos átlaga az 1951–80-as időszakban a 404 Celsius nap, míg maximuma 634 Celsius nap és minimuma 287 az Északi-középhegységben Budapeستől délre. Az 1981–2010-es időszakban a fagyási indexek országos területi átlaga már csak 245 Celsius nap 512-es maximummal és 119-es minimum értékkel. Az előbbieket szerint a két egymást követő 30 éves periódusban a fagyási indexek országos átlaga közel 160-as értékkel csökkent, a térbeli szóródás ellenben jelentősen nőtt. A 2016–45-ös periódusban, a REMO modell előrejelzései szerint, a fagyási indexek országosan kismértékben tovább csökkennek 245 Celsius napról 221-es értékre. A maximum (480 Celsius nap) és a minimum (87 Celsius nap) érték is tovább csökken.

Budapest környékére vonatkozóan a fagybehatolási mélység számítása során, a pályaszerkezet vastagságára 50 cm-es értéket vettünk figyelembe.

A budapesti fagyási index értékekkel 1963/64 telére vonatkozóan a 320-as fagyási index 105 cm-es fagybehatolási mélységgel jellemezhető a pályaszerkezet alatt (ez 39 cm-el több, mint a természetes talajra számított). Az 1980 óta eltelt időszakban a 2003/2004-es tél volt a legkomolyabb, ennek fagyási indexe 181 volt, ez 86 cm-es fagybehatolási mélységgel jellemezhető a pályaszerkezet alatt (ami 36 cm-el több, mint a természetes talajra számított összefüggés). A fagybehatolási mélység az elkövetkező 30 évben (2016–2045) a REMO klímamodell adatai szerint nem változik szignifikánsan (190-es fagyási index mellett a maximális fagybehatolási mélység a pályaszerkezet alatt 87 cm).

Köszönetnyilvánítás

A publikáció megírását az EFOP 362-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” pályázat támogatta.

Irodalomjegyzék

- BARTHOLY, J. – BOZÓ L. – HASZPRA L. (szerk.) (2011): Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke, Budapest, p. 281.
- BERGGREN, W. P. (1943): Prediction of temperature-distribution in frozen soils. Transactions - American Geophysical Union 24(3): 71-77.
- BOROMISSZA, T. (1997): Méretezési Praktikum, Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezési gyakorlata, Közúti közlekedési füzetek 16, Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium, Budapest, p. 82.
- BOROMISSZA, T. – DETRE, GY. – LAZÁNYI, I. – SZALAI, S. (2007): Az útépitési fagyhatárzónák pontosítása. Közúti és mélyépítési szemle, 6. szám: 16-21.
- BOSSCHER, P. J. – JONG, D. T. – BENSON, C. H. (1998): International Conference on Cold Regions Engineering, 9th, Duluth, MN, Sep. 27-30, 1998. Proceedings. Cold regions impact on civil works. Edited by D.E. Newcomb. Publisher: Reston, VA, American Society of Civil Engineers (ASCE). United States.: 731-747.

- CARMICHAEL III R.F. – STUART, E. (1978): Predicting Resilient Modulus: A Study to Determine the Mechanical Properties of Subgrade Soils, Transportation Research Record 1043, TRB, National Research Council, Washington D.C.: 20-28.
- FI, I. – BONCS, P. – PETHŐ, L. – TÓTH, CS. (2012): Útburkolatok méretezése. Terc Kft. ISBN 978 963 9968 349, p. 457.
- GÁSPÁR, L. (1959): Az útépítési fagyhatár megállapítása léghőmérsékleti adatokból. Mélyépítéstudományi szemle. IX. évf. 10. szám: 472-480.
- GÁSPÁR, L. (2007): A klímaváltozás és az útburkolatok. Közúti és mélyépítési szemle. 2007 március, 3. szám: 1-6.
- GEORGE, K. P. (2004): Prediction of resilient modulus from soil index properties. Final Report. University of Mississippi. p. 72.
- GUPTA, A. (2014): „A review of Environmental Factors on Flexible Pavement Modelling”, Modern Traffic and Transportation Engineering Research, vol:3 iss:1 pg:14-20
- ULLIDTZ, P. (1998): Modelling Flexible Pavement Response and Performance. Tech Univ. of Denmark Polyteknisk, ISBN: 978-8750208051, p. 205.

AZ OLVADÁSKÁR HATÁSA AZ ÚTPÁLYASZERKEZETRE

HERCEG ANDRÁS – KALICZ PÉTER – PRIMUSZ PÉTER – GRIBOVSZKI ZOLTÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

herceg.andras@uni-sopron.hu

Bevezetés

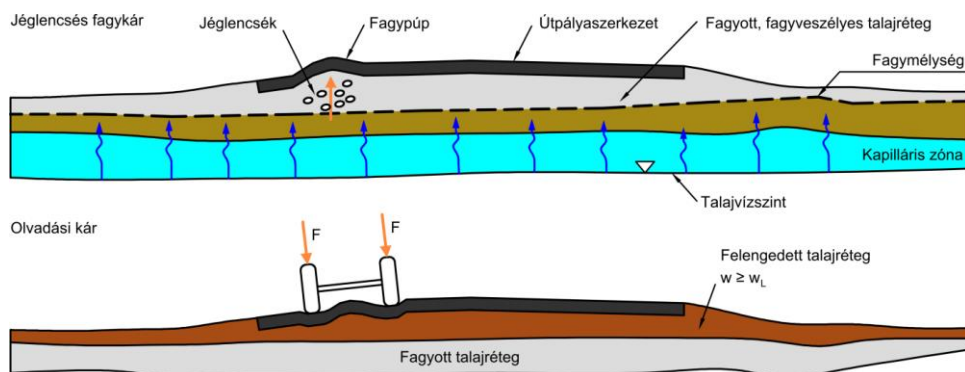
A környezeti jellemzők (hőmérséklet, csapadék, légnedvesség, fagyás-olvadás ciklusok és a talajvíz mélysége) jelentős hatást gyakorolnak az útburkolatok állapotára, élettartamára, ezért a pályaszerkezetek méretezésénél is fontos tényezőként vehetők figyelembe. Különösen fontos a környezeti jellemzők alaposabb vizsgálata az alsóbbrendű vagy mezőgazdasági utaknál, illetve az erdők feltáráshálózatánál, valamint az agro-erdészeti rendszerek kiszolgáló útjainál. Ezeknél az úthálózatoknál az időjárásnak való kitettség a vékonyabb pályaszerkezet miatt erőteljesebben is érezteti hatását.

A klimatikus jellemzők sajátossága a szezonális változékonyság, tehát célszerű a pályaszerkezet méretezését is ezekhez a szezonális változásokhoz igazítani (GUPTA 2014). A változásában valószínűleg a szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedése várható (a hőhullámok, a korai és a kései fagyok, a jelentős szélviharok, a nagy intenzitású felhőszakadászerű esőzések és ennek vízelvezési problémái, valamint a nyári időszakokban fellépő hosszabb aszályos időszakok megjelenése (BARTHOLY *et al.* 2011).

Jelen cikk a talajfagy felengedését követő olvadáskár, útpályaszerkezetre gyakorolt hatásaival foglalkozik.

Fagyás, illetve olvadás általános hatásai

A fagyás, de mindenekelőtt az fagyás utáni olvadás következtében előálló talajnedvesség növekedés és földmű teherbírás csökkenés veszélyes lehet a pályaszerkezetre (1. ábra).



1. ábra A pályaszerkezetben bekövetkező fagyási és olvadási kár (BOROMISSZA 1997 nyomán).

Olvadási kár

Az olvadási kár a talajfagy felengedése idején a talaj túlzott elnedvesedése és ennek következtében bekövetkező teherbírás csökkenése miatt jön létre (1. ábra). Az olvadási kár különösen akkor veszélyes, amikor a felengedett talajréteg alatt még fagyott, így tehát közel vízzáró talajréteg található. Ha ilyen időszakban csapadékvíz jut a pályaszerkezet alá, az nem tud elszivárogni a fagyott talajréteg miatt. Az előbbiekből folyós, teherbírás nélküli vagy csökkent teherbíró képességű alapréteg keletkezhet. A legutoljára felengedő talajréteg BOROMISSZA 1997 alapján körülbelül a fagyási mélység 2/3-ában van. Ha a pályaszerkezeten

nincs forgalom, az olvadási kár nem jelentkezik, a forgalom függvényében viszont igen jelentős mértékű lehet.

Az alapréteg tél végi - tavasz eleji teherbírás csökkenése akkor is bekövetkezhet, ha a külső vízutánpótlás lehetősége (pl. a csapadékból) nem áll fenn. Ugyanis a fagyott, vagyis hidegebb zónában a talaj pórusaiban lévő vízpára kicsapódik. Az előbbi páramozgás általában alulról fölfelé, a fagyott zóna felé irányul és az alsóbb rétegek természetes víztartalmából származik. Alul tehát, ha nincs jelen a talajvízszint a kapilláris vízforgalom számára elérhető mélységben, kiszáradás, a felső zónában pedig elnedvesedés indul meg.

Az olvadási károk ellen alapvetően kétféleképpen lehet védekezni:

- Veszélyes talaj kizárásával, kiváltásával az alaprétegben.
- A vízutánpótlás kizárásával.

Mivel a vízutánpótlás teljes kizárása a pályaszerkezet teljes élettartama alatt általában nem lehetséges, ezért mind a fagyás mind az olvadás ellen fagyálló talaj, azaz fagyvédő réteg beépítésével lehet hatékonyan védekezni.

Olvadási és fagyási kár veszélye

Az olvadási kár veszélye a Boromissza-féle méretezési előírás (BOROMISSZA 1997) szerint akkor áll fenn, ha a következő feltételek teljesülnek egyidejűleg:

- a földmű felső 50 cm-es rétegének talaja fagyveszélyes vagy fagyérzékeny
- az utolsó 15 év becsült maximális talajvízszintje a pályaszintet legalább 2,0 m-re megközelítette,
- a felszíni víz behatolásának megakadályozása céljából vízzáró padkaburkolat vagy a forgalmi sáv külső szélétől számítva minimum 50-50 cm-el túlnyúló vízzáró alapréteg nem készült.

A károk megelőzése céljából a következő megoldások lehetségesek:

Fagyálló anyagból olyan vastag védőréteget kell beépíteni, hogy a következő egyenlet teljesüljön.

$$h_v = F \cdot \sum(h_i \cdot f_i) \quad (1)$$

Ahol:

h_v : a fagyálló védőréteg vastagsága [cm];

h_i : az egyes rétegek vastagsága [cm];

f_i : az egyes pályaszerkezeti rétegek 2. táblázat szerinti komplex anyagai jellemzője, amely figyelembe veszi a pályaszerkezeti réteg hőszigetelő képességét, hajlítószilárdsági tulajdonságait és vízzáróságát;

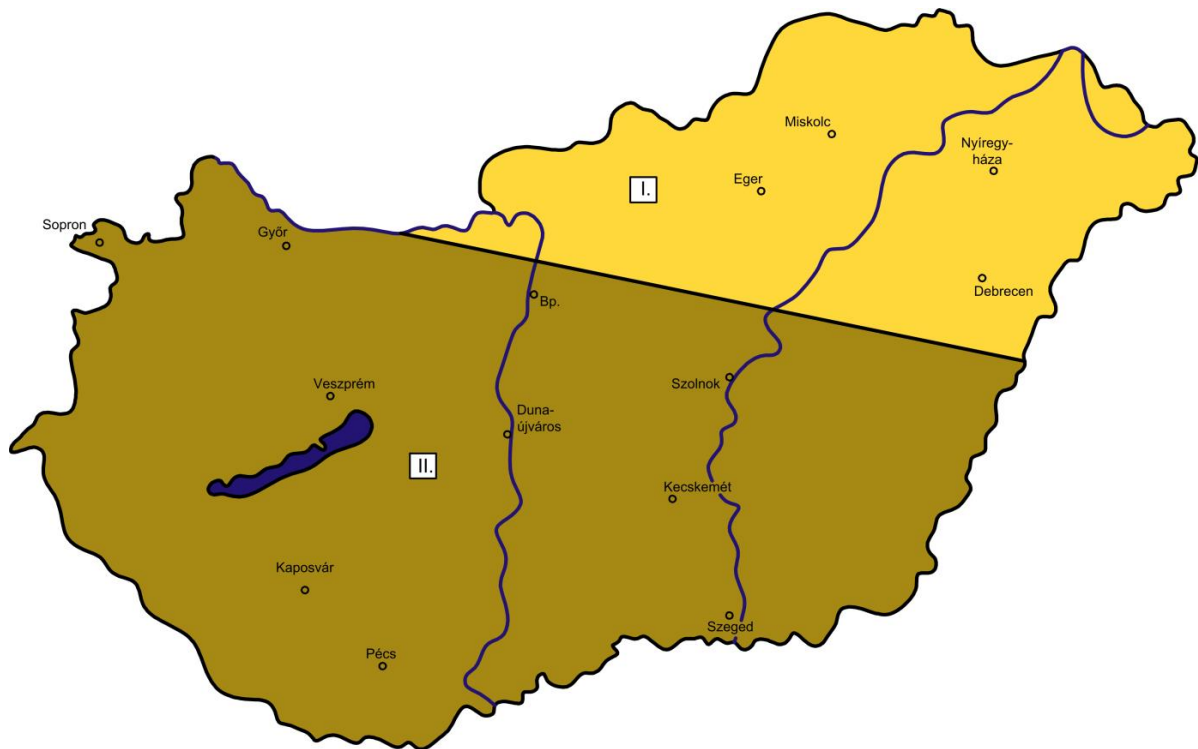
F: az éghajlati körülményeket jellemző állandó a 1. táblázat szerint.

1. táblázat Az olvadási kár megelőzés célból szükséges pályaszerkezet vastagságok (F), [cm].

Fagyhatárzóna	Tengerszint feletti magasság és 2. ábra	A,B és C terhelési osztály Fagyérzéke ny talaj	A,B és C terhelési osztály Fagyveszélyes talaj	D, E és K terhelési osztály. Fagyérzéke ny talaj	D, E és K terhelési osztály Fagyveszélyes talaj
I.	A 2. ábraszerinti I. zóna	40	50	60	70
II.	A 2. Ábra szerinti II. zóna és az I.-es zóna 250m-500 m közötti területei	50	60	70	80
III.	500 m feletti területek	60	70	80	90

2. táblázat Az f tényező értékei.

A pályaszerkezeti réteg megnevezése	f
Zúzottkő alapok	1,0
Mechanikai stabilizáció	1,0
Cementtel stabilizált talaj	1,1
Aszfaltmakadám	1,2
Cementtel stabilizált homokos kavics	1,3
Soványbeton alap	1,4
Betonburkolat	1,5
Aszfaltbeton, öntött aszfalt	1,5
Meleg bitumenes alap	1,5



2. ábra *Útépítési fagyhatárzónák (BOROMISSZA 1997). Az első fagyhatárzónába tartozik az ország Almásneszmély-Berettyóújfalu közötti vonaltól DDNy-ra eső területek (kivétel a 250 m tengerszint feletti régiók); a II. zónába az Almásneszmély-Berettyóújfalu közötti vonaltól ÉÉK-re eső területek, valamint az I-es zóna 250m tengerszint fölötti magasságú részei; a III. fagyhatárzónába az 500 m tengerszint fölötti magasságú területek tartoznak, de ezek nincsenek feltüntetve a térképen.*

A Boromissza által közölt útépítési fagyhatárzónákat elkülönítő vonal a múltat jelképező 1951-80-as időszakban kb. 83 cm-es fagybehatolási mélységgel jellemezhető a természetes talajoknál és kb. 126 cm-es fagyási mélységgel az utak pályaszerkezete alatt. A jelennek megfelelő, 1981-2010 közötti időszakban ez a fagyhatárzóna már csak a Bükk fennsíkon, valamint a Zemplén és Aggteleki karszt magasabb részein van jelen, a jövőben pedig már az országban sehol nem lesz jellemző. Az előbbieket szerint érdemes átgondolni a 1. táblázat jellemző pályaszerkezet vastagságait és a megfelelő mértékben csökkenteni azokat. A jövőben (2016-2045), ~56 cm-es fagybehatolási mélységgel a természetes talajoknál és kb. 96 cm-es fagyási mélységgel (az utak pályaszerkezete alatt) lesz jellemezhető.

Olvadási kárt indukáló talajnedvesség változás

A fagybehatolási mélység ismerete mellett fontos a fagyott talajrétegek részleges vagy teljes felengedése, felolvadása esetén jelentkező teherbírás csökkenés a földműben. A jelenség a talajnedvesség növekedése vagy másként fogalmazva a földmű víztartalmának (a pórusokban lévő víz pórusnyomásának) egy határon túli növekedése formájában jelentkezik és a méretezés szempontjából számszerűen pl. a földmű modulus csökkenésében jelentkezik.

A földmű modulusra vonatkozóan több irodalom dolgoz ki összefüggéseket, általában a talajok fizikai jellemzői alapján: a három fő irányban a nyomófeszültségek, a plasztikus index, talajalkotók (homok, iszap, agyag arányai), folyási határ, valamint az aktuális talajnedvesség. A CBR mérésekkel általában jól korreláltható a földmű modulusza, de ez is talajtípusfüggő.

A szemcsés és a kohéziós talajokra általában külön egyenleteket dolgoztak ki (GEORGE 2004).
Példa: CARMICHAEL ÉS STUART (1985) által kidolgozott összefüggést:

Szemcsés talajok:

$$\log(M_r) = 0,523 \cdot (0,0225 \cdot w + 0,544 \cdot \log(\sigma) + 0,173 \cdot SM + 0,197 \cdot GR) \quad (2)$$

Ahol:

M_r : a földmű modulusa [ksi, 1MPa=0,15ksi];

w: víztartalom [%];

σ : összes feszültség [psi, 1 psi = 6,89 kPa];

SM: iszap faktor (ha a talaj iszap fizikai féleségű SM=1, különben 0);

GR: kavics faktor (ha a talaj kavicsos (kavics, kavicsos iszap, kavicsos agyag) akkor GM=1, különben 0).

Kohéziós talajok:

$$M_r = 37,431 - 0,4566 \cdot PI - 0,6179 \cdot w - 0,1424 \cdot P_{200} + 0,1791 \cdot \sigma_3 - 0,3248 \cdot \sigma_d + 36,722 \cdot CH + 17,097 \cdot MH \quad (3)$$

Ahol a korábban nem szereplő paramétereken felül:

PI: plasztikus index [%];

P_{200} : a 200-as (0.075 mm) szitán keresztülhulló anyagmennyiség [%];

σ_3 : z irányú főfeszültség [psi];

σ_d : hatékony feszültség [psi];

CH: 1 a nagy plaszticitású agyagokra, különben 0 (iszap, iszapos agyag, alacsony plaszticitású agyag);

MH: 1 a nagy plaszticitású iszapokra, különben 0 (nagy plaszticitású agyag, iszap, iszapos agyag).

Ha a talajnedvesség adat nem áll rendelkezésünkre, akkor a földmű modulus magasabb talajnedvesség következtében előálló korrekciójára (olvadás miatt csökkenő voltára) egy az adott talajfizikai jellemzőknek megfelelő korrekciós faktor (R) megadását javasolja a nemzetközi szakirodalom. A R faktor az anyag fagyás-olvadással szembeni érzékenységét mutatja és ULLIDTZ (1998) szerint a következőképpen kalkulálható:

$$R = 1 - (1 - R_0) \cdot \exp(A \cdot U_t) \quad (4)$$

Ahol:

R_0 : a korrekciós faktor (R) minimális értéke a mértékadó (legkedvezőtlenebb) tavaszi olvadási időszakban;

U_t : az eltelt hetek száma a mértékadó olvadási időszak óta;

- A: a változás rohamosságának a mértékét mutató negatív konstans, amely a földmű szezonális kiszáradási folyamat gyorsaságát mutatja.

Fi et al. (2012) közöl a földmű modulusokra is vonatkozó havi értékek eloszlását mutató táblázatot (3. táblázat). A téli hónapokban (december-február) egy 80 MPa-os, a tavaszi hónapokban márciusban-áprilisban egy 30 MPa-os, májusban egy 40 MPa-os a többi hónapban 50 MPa értéket ad meg. Fi et al. (2012) az 1951-80-as időszak meteorológiai adatait vette alapul, azóta a tavaszi talajnedvességek csökkentek, mintegy 22%-os relatív értékkel. Ez a jelenség és a jövőben prognosztizálható további csökkenés (a REMO: 15%-os átlagos csökkenés tavasszal) folytán a földmű teherbírás növekedése várható a tavaszi hónapokban. A tél végén a hőmérsékletek növekedése (közel 2 °C-os a havi átlaghőmérséklet növekedés februárban, a növekedés az 1951-80-as időszak és a 2015-2045-ös előre jelzett periódus között jelentkezett) és a 0 °C alatti hőmérsékletű napok számának csökkenése (körülbelül 4,4 napos csökkenés februárban 11,8-ról 7,4 napra az 1951-80-as időszak és a 2015-2045-ös előrejelzett periódus között) erőteljes. Az előbbieket alapján valószínűsíthető, hogy az olvadási kárral leginkább veszélyeztetett időszak korábbra tolódik és a február hónapra egy lényegesen alacsonyabb földmű modulus valószínűsíthető. A május viszont a szárazodás és magasabb hőmérsékletek miatt valószínűleg növekvő földmű moduluszal rendelkezik majd. Az előbbieket szerint a Fi et al. (2012) által közölt táblázat a következők szerint módosulhat (3. táblázat).

3. táblázat A földmű modulusok lehetséges megoszlása a jelenben és a jövőben Fi et al. (2012) megközelítését alapul véve.

Hónapok	Földmű modulus (Fi et al. 2012) [MPa]	Földmű modulusok a jövőben (lehetséges változás) [MPa]
Jan.	80	80
Febr.	80	30
Már.	30	30
Ápr.	30	40
Máj.	40	50
Jún.-Nov.	50	50
Dec.	80	80

A földmű modulusára vonatkozóan a Svéd szabályozás a tavaszi olvadási, kritikus időszakra a nyári érték 35%-át adja, míg a Dán szabályozás a 60%-át. Az olvadást követő tavaszi periódusra, már kevésbé átáztatott földműre vonatkozóan, a nyári modulus százalékában a Svéd előírások szerint 50%, míg a Dán szabályozás 80%-os érték vehető figyelembe (DAWSON 2008). A hazai előírás a Dán arányokhoz áll közelebb.

Összefoglalás

A klímaváltozás a megváltozó környezeti jellemzők miatt a pályaszerkezetek tervezési paramétereinek, esetleg magának a tervezési elveknek a módosítását indukálja.

A pályaszerkezetek szempontjából a fagy és olvadási károk téli időszakában (tél végén) a hőmérsékletek növekedése (közel 2 °C-os havi átlaghőmérséklet növekedés februárban, az 1951-80-as időszak és a 2015-2045-ös periódus között) és a 0 °C alatti hőmérsékletű napok

számának csökkenése (februárban 11,8-ról, 7,4 napra) erőteljes. Az előbbieket alapján valószínűsíthető, hogy az olvadási kárral leginkább veszélyeztetett időszak korábbra tolódik és február hónapra egy lényegesen alacsonyabb földmű modulus valószínűsíthető.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció megírását az EFOP 362-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” pályázat támogatta.

Irodalomjegyzék

- BARTHOLY, J. – BOZÓ L. – HASZPRA L. (szerk.) (2011): Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke, Budapest, p. 281.
- BOROMISSZA, T. (1997): Méretezési Praktikum, Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezési gyakorlata, Közúti közlekedési füzetek 16, Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium, Budapest, p. 82.
- BOROMISSZA, T. – DETRE, GY. – LAZÁNYI, I. – SZALAI, S. (2007): Az útépitési fagyhatárzónák pontosítása. Közúti és mélyépítési szemle, 6. szám: 16-21.
- CARMICHAEL III R.F. – STUART, E. (1978): Predicting Resilient Modulus: A Study to Determine the Mechanical Properties of Subgrade Soils, Transportation Research Record 1043, TRB, National Research Council, Washington D.C.: 20-28.
- DAWSON, A. (2009): WaterinRoadStructures (Movement, Drainage and Effects), Spring Science + Business Media B.V. 2009. ISBN: 978-1-4020-8561-1, p. 436.
- FI, I. – BONCS, P. – PETHŐ, L. – TÓTH, CS. (2012): Útburkolatok méretezése. Terc Kft. ISBN 978 963 9968 349, p. 457.
- GEORGE, K. P. (2004): Prediction of resilient modulus from soil index properties. Final Report. University of Mississippi. p. 72.
- GUPTA, A. (2014): „A review of Environmental Factors on Flexible Pavement Modelling”, Modern Traffic and Transportation Engineering Research, vol:3 iss:1 pg:14-20
- ULLIDTZ, P. (1998): Modelling Flexible Pavement Response and Performance. Tech Univ. of Denmark Polyteknisk, ISBN: 978-8750208051, p. 205.

IKERBRONCS-TERHELÉS HATÁSÁRA ÉBREDŐ IGÉNYBEVÉTELEK MEGHATÁROZÁSA HAJLÉKONY ÚTPÁLYASZERKEZETBEN

KIRÁLY TAMÁS¹ – PRIMUSZ PÉTER²

¹Stadler Rail AG, FEA Engineer

²Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

tamas.kiraly1990@gmail.com; primusz.peter@uni-sopron.hu

Bevezetés

Az útpályaszerkezetek ugyanolyan teherviselő szerkezetek, mint a hagyományos teherhordó szerkezetek (pl. falazatok, pillérek, oszlopok, gerendák stb.), így méretezésük sem sokban különbözik azokétól. A statikai modell felírása után ki kell mutatnunk, hogy a pályaszerkezet tervezett élettartama alatt a külső erők legkedvezőtlenebb fellépésének várható értéke alapján számított feszültségek, alakváltozások egyetlen ún. veszélyes vagy kritikus pontban sem érik el a megfelelő korlát megengedett értékét.

Az utak pályaszerkezetére jutó kerékterhelést a nehéz szállítójárművek gumiabroncsainak közvetlen nyomása adja át az útpályaszerkezetnek (1. ábra). A terhelésből adódó F nyomóerő mindig megoszlik a kerék A_c felfekvési felületén. A kerék felfekvési felületét általában $d = 2a$ átmérőjű körlapnak tételezzük fel a legtöbb mechanikai-empirikus útpályaszerkezet méretezési rendszerben. Egy kerékterhelést a terhelő erő és a keréknyomás együtt határoz meg. A terhelő erő nagysága egyenlő a tengelyterhelésből a gumiabroncsokra jutó részével. A kísérletek szerint a kerékterhelésből következő q nyomóerő eloszlása a kerékabroncs fajtájától erősen függ, merev abroncsú keréknél az érintkezési felület derékszögű négyszög, hajlékony abroncsnál pedig ellipszis. Előírásnak megfelelő belső p légnyomás esetén az útfelületre ható legnagyobb fajlagos nyomás és az átlagos fajlagos nyomás gyakorlatilag egyenlő. Így az átadott q felületi nyomás körülbelül azonosnak tekinthető a gumiabroncsok előírt belső p légnyomásával (megengedett kerékterhelés esetén), melynek közel legnagyobb értéke tehergépkocsik esetében 0,6-0,7 MN/m² (6-7 bár).



1. ábra Liaz tehergépkocsi kerékterhelés mérése erdőgazdasági úton (saját felvétel)

Szigorúan véve a $q \approx p$ egyenlőség csak tökéletesen hajlékony, vagyis saját merevséggel nem rendelkező keréktömlő esetén igaz. Abban az esetben, ha a gumiabroncsnak van saját merevsége, akkor a kontaktfeszültség akár 10–30 százalékkal lehet nagyobb vagy akár kisebb, mint az abroncs belső légnyomása. Ez a nagymértékű bizonytalanság, ami a kontaktfeszültség reális értékének felvételével kapcsolatosan jelentkezik, szinte ellehetetleníti a pontos méretezést, és így a gazdaságos útpályaszerkezet kialakítást. Kutatásunkban ezért a modern gumiabroncsok és az útburkolat interakcióját vizsgáljuk a végeelem módszerrel, és az eredmények alapján pontosítjuk a hagyományos méretezési eljárásokat és módszereket.

Anyagok és módszerek

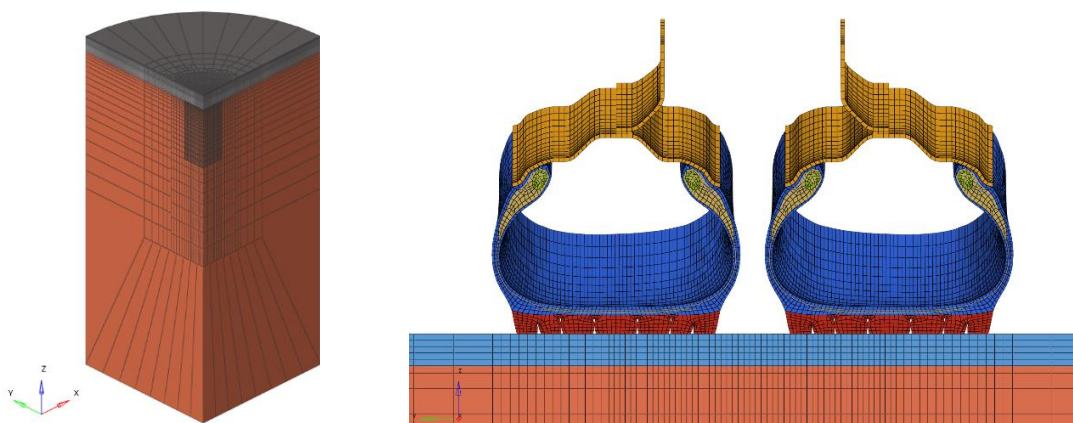
A kutatás elsődleges célja annak megállapítása, hogy az ikerbroncs érintkezési nyomása (q) és felülete (A_c) hogyan függ a kerékterhelés (F) nagyságától, valamint mekkora igénybevételek lépnek fel a kerékterhelés hatására a vizsgált hajlékony útpályaszerkezetben. A mechanikai alapú útpályaszerkezet méretezés alapvetően BURMISTER (1945a; 1945b; 1945c) elméletét felhasználva a lineárisan rugalmas, homogén és izotróp végtelen féltéren nyugvó, többrétegű hajlékony rétegrendszerrel modellezi a valóságos útpályaszerkezetek viselkedését (MLE, Multilayer Elastic). A többrétegű rugalmas rétegek elmélete mellett DUNCAN, MONISMITH, és WILSON (1968) munkájának köszönhetően a végeelemes modellezés (VEM) már az 1960-as évek végén megjelenik az útpályaszerkezetek tanulmányozásában, mivel lehetővé teszi az anyag nemlineáris viselkedésének figyelembevételét (CHO, TÓTH, és SOÓS 2018). A végeelemes módszer kézi számításokra alkalmatlan, mivel nagyon sok elemi művelet elvégzését igényli már egy igen egyszerű feladat is, így elsősorban az ABAQUS/CAE végeelem szoftverre támaszkodtunk elemzéseink elkészítésénél. Ennek egyik oka, hogy a modern gumiabroncsok meglehetősen komplexek, nagyságrendileg 10-20 különféle alkatrészről épülnek fel, és ezek mind együttesen biztosítják az elvárt műszaki viselkedést. Ezért olyan modellezési technikára volt szükségünk, amivel a különböző anyagú rétegek egymásra épülő rendszerét jól lehet kezelni a lehető legkevesebb végeelem szám mellett (KENNEDY 2003).

Az ABAQUS programban több lépésen keresztül sikerült felépítenünk a gumiabroncs-útburkolat érintkezési kapcsolatának komplex végeelem modelljét. A kiindulást a gumiabroncs 2D-s tengelyszimmetrikus modellje adta, amivel az abroncs felfújását és keréktárcsára feszítését tudtuk szimulálni. A következő lépésben a 2D-s tengelyszimmetrikus modelltől létrehoztuk a 3D-s teljes testmodellt, és erre átvettük a tengelyszimmetrikus modell feszültségi állapotát, majd egyensúlyi állapotba helyeztük azt. A gumiabroncs szerkezetének geometriáját HERNANDEZ és mtsai. (2017) által közölt DTA 275/80R22.5 típusú abroncs keresztmetszeti rajza alapján rekonstruáltuk, az anyagparamétereket pedig elsősorban YAZDANDOOST és TAHERI (2016) és BEHROOZINIA és mtsai. (2020) munkáiból vettük át. A gumiabroncs után következett az útpályaszerkezetek végeelem modelljének elkészítése. Az általunk elkészített végeelem modellben az útpályaszerkezet vizsgált tartománya hengeralakú, ahol a C3D8I végeelemeket a határfelületen radiális irányban CIN3D8 végtelen elemek veszik körül, és a földmű alulról szintén végtelen elemekbe megy át, így jelentősen tudtuk csökkenteni a szükséges végeelemek számát és a számítási időt. A kutatásban vizsgált hajlékony

útpályaszerkezet rétegrendjét és a rétegek mechanikai tulajdonságait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat A vizsgált útpályaszerkezetek rétegrendje és a rétegek anyagtulajdonságai

Réteg neve	Vastagság, h [mm]	Young-modulus, E [Mpa]	Poisson-tényező, μ [-]
Aszfalt kopóréteg	40	4000	0,35
Aszfalt kötő- és alapréteg	200	5500	0,35
Zúzottkő alapréteg	250	350	0,40
Földmű	20000 (végtelen)	50	0,45



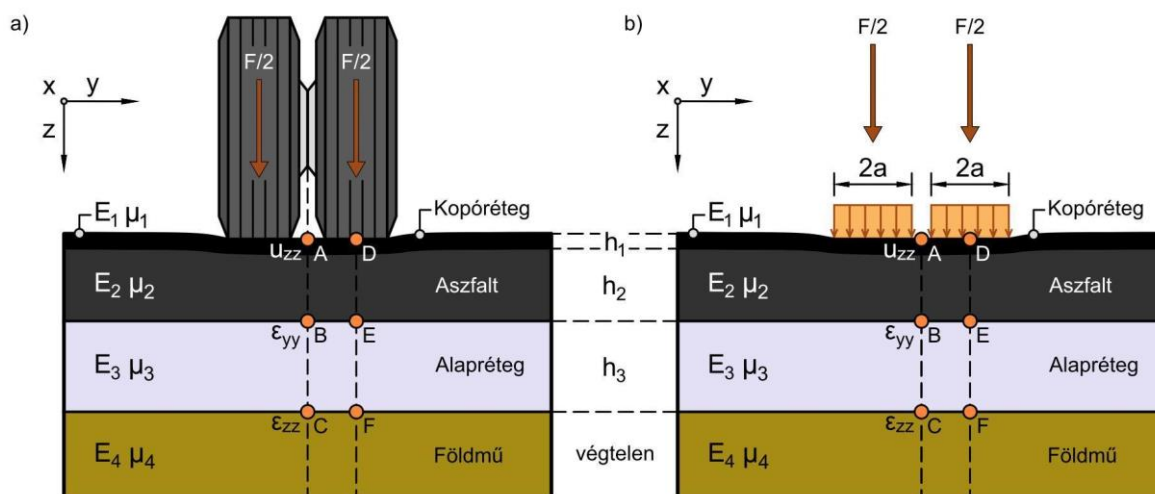
2. ábra A végelem analízishez készített útpályaszerkezet és gumiabroncs 3D testmodell

Végül meghatároztuk a gumiabroncs-útburkolat kontaktszimulációhoz a kontaktpárokat és az interakciós tulajdonságokat, majd az ikerabroncs kerékterhelést ráhelyeztük a vizsgált hajlékony útpályaszerkezetre (2. ábra). A létrejövő kontaktlenyomatokat és kontaktfeszültségeket pedig további elemzés céljából kigyűjtöttük.

A gumiabroncs-útburkolat kontakt szimuláció mátrixot a 2. táblázat foglalja össze, aminek összeállításánál figyelembe vettük az abroncsgyártó (megengedett terhelés és gumiabroncsnyomás) ajánlását is. Ennek megfelelően nem csak az előírt üzemi terhelésnyomásérték szcenáriót, hanem az alacsony nyomású gumiabroncs viselkedést is szimuláltuk.

2. táblázat Az útburkolat-gumiabroncs kontaktszimulációs mátrix

Gumiabroncsnyomás [kPa]	Egy abroncsra jutó F/2 terhelés nagysága [kN]		
	Üzemi terhelés	Túlterhelés	Extrém túlterhelés
430	17,5	20,0	22,5
530	20,0	22,5	25,0
630	22,5	25,0	27,5
730	25,0	27,5	30,0



3. ábra A valóságnak megfelelő ikerabroncs terhelés (a) és az ikerabroncsok lenyomatával azonos felületű helyettesítő körtárcsa modell (b)

A méretezési feladatoknál rendszerint megelégszünk azzal, hogy csak a kritikus helyeken ismerjük az igénybevételeket, mivel ezek lesznek mértékadók. Ikerabroncsok esetében ezek a mértékadó igénybevételek a kerekek között (a terhelés tengelyében), és az egyik abroncs alatt közvetlenül a kohézióval rendelkező rétegek alján, és a kohézióval nem rendelkező rétegek tetején ébrednek. Ennek megfelelően a szerkezet igénybevételeit a 3.a ábra szerinti az A-B-C-D-E-F narancssárga pontokban vizsgáltuk:

- A-D) a burkolat függőleges elmozdulása (behajlása),
- B-E) az alsó aszfaltréteg alján ébredő vízszintes fajlagos ϵ_{xx} és ϵ_{yy} megnyúlás,
- C-F) a földműréteg tetején ébredő függőleges ϵ_{zz} fajlagos összenyomódás.

Összehasonlító számításokat végeztünk a többrétegű rugalmas rendszerek (MLE) elméletét felhasználva a WESLEA (Waterways Experiment Station Layered Elastic Analysis) programmal, ahol az ikerabroncs terhelést két a sugarú körtárcsán egyenletesen megoszló erőrendszerrel vettük figyelembe (3.b ábra).

Eredmények és megvitatásuk

A gumiabroncs-útburkolat kontakt szimulációt a 2. táblázat minden gumiabroncsnyomás és kerékterhelés esetére lefuttattuk. Eredményül a szerkezetekben fellépő igénybevételeket, az útburkolaton kialakuló abroncslenyomatokat és az átlagos q kontaktfeszültségeket kaptuk. Az abroncslenyomatok hozzávetőleges alakját legegyszerűbben egy $B \times L$ nagyságú téglalappal tudtuk közelíteni, aminek a méreteit – az egyes terhelési esetekre – a 3. táblázatban adjuk meg. Az abroncsok kontaktfelületeivel (A_c) egyenértékű téglalapok geometriai méreteinek számítására a Portland Cement Egyesület 1984-es betonburkolatokra kidolgozott tervezési útmutatójában találunk javasolt összefüggést (Oloo, Fredlund, és Gan 1997):

$$L = 0,8712 \left(\frac{A_c}{0,5227} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ és } B = 0,6L \# (1)$$

ahol L és B az egyenértékű téglalap hosszúsága és szélessége. Az összefüggés szerint a gumiabroncsok érintkezési felülete egy téglalapról és két félkörből áll. A végeelem szimuláció eredményei viszont azt mutatták, hogy az (1) egyenlet jelentősen túlbecsüli L értékét hajlékony útpályaszerkezeteknél, aminek az egyik oka lehet, hogy a modellezett radiálabroncs keresztirányban nem, csak hosszirányban képes alakváltozást elszenvedni, így $B = 0,6L$ összefüggés nem teljesül. Ezért az egyenértékű téglalap L értékét egyszerűen az $A_c = B \times L$ geometriai összefüggésből tudjuk meghatározni.

3. táblázat Az útburkolat-gumiabroncs kontaktszimuláció eredményei

F/2 [kN]	p [kPa]]	B [mm]]	L [mm]]	a [m m]	q [kPa]]	A _c [mm ²]
17,5	430	240	186	119	391	44757
20,0	430	240	202	124	413	48426
22,5	430	240	218	129	431	52204
20,0	530	240	189	120	440	45455
22,5	530	240	200	124	469	47974
25,0	530	240	221	130	471	53079
22,5	630	240	194	122	484	46488
25,0	630	240	202	124	516	48450
27,5	630	240	225	131	510	53922
25,0	730	240	197	123	530	47170
27,5	730	240	205	125	560	49107
30,0	730	240	224	131	557	53860

Gyakorlati számításoknál pl. burkolat megerősítésnél az ikerabroncsok által terhelt felületeket szokás még olyan körökkel is helyettesíteni, amiknek a felülete megegyezik a tényleges érintkezési felületekkel. A helyettesítő kör a sugarát az erők egyensúlya alapján felírható összefüggésből tudjuk kifejezni:

$$F = a^2 \pi q \rightarrow a = 564 \sqrt{\frac{F}{q}} \#(2)$$

ahol

- a a helyettesítő kör sugara [mm]
- F a kerékterhelés [kN]
- q az átlagos kontaktfeszültség [kPa]

Az átlagos q kontaktfeszültséget Van Vuuren (1974) javaslata szerint a következő tapasztalati összefüggéssel lehet megbecsülni az F kerékterhelés, a gumiabroncs belső p légnyomás és az abroncs fizikai tulajdonságait együttesen figyelembe vevő C' tényező felhasználásával:

$$q = f_1(p) + f_2(F, p) + C' \#(3)$$

A (3) függvény együtthatóit a legkisebb négyzetek módszerével határoztuk meg a 3. táblázat adatai alapján ($R^2 = 0,99$):

$$q = 6,22F + 0,3p + 158,7 \quad \#(4)$$

ahol p gumibroncs belső légnyomás kPa-ban van megadva. Az átlagos q kontaktnyomások ismeretében pedig már ki tudjuk számolni a helyettesítő kör a sugarát a (2) képlet felhasználásával.

A WESLEA programmal kiszámoltuk a hajlékony útszerkezetek kritikus pontjaiban (A, B, C, D, E és F) az igénybevételeket, és azokat összehasonlítottuk az ikerabroncs végeelem kontaktszimuláció eredményeivel (4. táblázat). A legnagyobb eltéréseket a függőleges u_{zz} elmozdulásoknál, vagyis a behajlásoknál találtuk (A-D pontok). A végeelem pályaszerkezeti modell jelentősen, 65%-kal kisebb értékeket adott eredményül, mint a rugalmas rétegek elméletén alapuló számítás. Ezt magyarázhatja az a körülmény, hogy a BURMISTER (1945a; 1945b; 1945c) elméletén alapuló WESLEA program a függőleges fajlagos alakváltozásokat a végtelenig összegzi, így az a valósághoz képest feltehetően mindig nagyobb elmozdulásokat ad.

Az aszfaltréteg alsó szálában a B-C pontokban ébredő vízszintes x- és y-irányú ε_{xx} és ε_{yy} fajlagos nyúlások értékei szinte teljesen megegyeztek a WESLEA program eredményeivel. A földműréteg tetején a C-F pontokban ébredő függőleges ε_{zz} fajlagos összenyomódásoknál már magasabb, kb. 4–5%-os eltérést tudtunk kimutatni az analitikus megoldás javára, de ezt még mindig igen jó egyezésnek mondhatjuk. A 4. táblázat adatai alapján az állapítható meg, hogy az aszfaltrétegek fáradási (B-C pontok) és az altalaj-összenyomódási (C-F pontok) kritériumokhoz a mértékadó igénybevételeket az ikerabroncsokat helyettesítő két körtárcsán egyenletesen megoszló erőrendszerrel jól meg lehet becsülni, ha a q átlagos kontaktfeszültségeket reálisan választjuk meg. A lehajlási kritériumhoz szükséges mértékadó behajlás (A-D pontok) számításánál, már nem igaz ez a megállapítás. Ennek okát még további vizsgálatokkal tisztáznunk kell.

4. táblázat A kritikus igénybevételek a vizsgált pontokban az ikerbroncs végelem szimuláció (VEM) és a helyettesítő körtárcsamodell (MLE) alapján

F/2 [kN]	q [kPa]	Ikerbroncs (VEM)				Helyettesítő körtárcsa (MLE)			
		A [μm]	B [μstrain]		C [μstrain]	A [μm]	B [μstrain]		C [μstrain]
			ϵ_{xx}	ϵ_{yy}			ϵ_{zz}	ϵ_{xx}	
17,5	391	194	-61,37	-41,75	161,95	295	-60,08	-42,73	168,54
20,0	413	220	-69,23	-47,11	184,61	336	-67,97	-48,27	192,28
22,5	431	246	-76,75	-52,36	207,09	378	-75,69	-53,67	215,92
20,0	440	221	-69,93	-47,86	184,36	337	-68,53	-48,72	192,55
22,5	469	247	-77,83	-53,25	206,67	379	-76,56	-54,38	216,36
25,0	471	273	-85,45	-58,54	229,39	419	-83,91	-59,48	239,81
22,5	484	248	-78,32	-53,86	206,46	379	-76,87	-54,63	216,51
25,0	516	274	-86,24	-59,28	228,99	421	-84,96	-60,33	240,34
27,5	510	299	-93,95	-64,61	251,42	461	-92,10	-65,26	263,69
25,0	530	274	-86,53	-59,37	228,08	421	-85,25	-60,57	240,49
27,5	560	300	-94,46	-65,17	250,58	462	-93,29	-66,23	264,29
30,0	557	326	-102,21	-70,53	272,96	503	-100,49	-71,21	287,67
Kerekek között		D [μm]	E [μstrain]		F [μstrain]	D [μm]	E [μstrain]		F [μstrain]
17,5	391	190	-64,23	-37,33	172,79	293,46	-62,75	-35,80	179,15
20,0	413	217	-72,65	-43,00	196,97	335,33	-71,23	-41,28	204,39
22,5	431	244	-80,73	-48,67	220,97	377,19	-79,57	-46,84	229,54
20,0	440	217	-73,05	-42,19	196,69	335,37	-71,62	-40,99	204,67
22,5	469	243	-81,51	-47,80	220,82	377,25	-80,20	-46,39	229,99
25,0	471	270	-89,68	-53,42	244,75	419,08	-88,27	-52,14	254,95
22,5	484	242	-81,71	-46,99	220,25	377,28	-80,42	-46,23	230,15
25,0	516	269	-90,18	-52,56	244,31	419,16	-89,03	-51,61	255,49
27,5	510	296	-98,42	-58,14	268,24	460,98	-96,95	-57,46	280,33
25,0	530	268	-90,17	-51,71	243,31	419,18	-89,25	-51,45	255,64
27,5	560	294	-98,63	-57,24	267,32	461,06	-97,82	-56,85	280,95
30,0	557	321	-106,92	-62,77	291,21	502,88	-105,78	-62,68	305,83

Összefoglalás

Az ABAQUS végelem programban sikerült több lépésen keresztül felépítenünk a gumibroncs-útburkolat érintkezési kapcsolatának komplex végelem modelljét, ami elég összetett volt az érintkezési kapcsolat részletes elemzéséhez, de megfelelő anyagparaméterekkel a modell még további vizsgálatokra is alkalmassá tehető. A végelem szimuláció elkészítésében nagy segítségünkre volt az ABAQUS program kézikönyve (Dassault Systèmes 2014), amiben rendkívül sok hasznos példa és információ volt megtalálható. A végelem szimuláció eredményei jól hozták a szakirodalmi adatokat, ezért kapcsolatot kerestünk az átlagos q kontaktnyomás, az F kerékterhelés és a p gumibroncsnyomás között. Vizsgálataink azt mutatták, hogy Van Vuuren (1974) laboratórium mérések alapján felállított empirikus összefüggése jól használható az átlagos q kontaktfeszültségek meghatározására. Az átlagos q kontaktfeszültség és a helyettesítő kör a sugarának ismertében összehasonlító számításokat végeztünk az ikerbroncs végelem szimuláció és a helyettesítő körtárcsamodell

között. A végeelem szimuláció eredményei jó egyezést mutattak a WESLEA program számításával a függőleges u_{zz} elmozdulások kivételével. Az aszfaltréteg fáradási és az altalaj-összenyomódási kritériumokhoz a mértékadó igénybevételeket a helyettesítő körtárcsa modellel pontosan meglehetően határozni.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészlet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- BEHROOZINIA, P. – KHALEGHIAN, S. – TAHERI, S. – MIRZAEIFAR, R. (2020):. An Investigation Towards Intelligent Tyres Using Finite Element Analysis. *International Journal of Pavement Engineering* 21 (3): 311–21. <https://doi.org/10/ghcp2m>.
- BURMISTER, D. M. (1945a): The General Theory of Stresses and Displacements in Layered Systems. I. *Journal of Applied Physics* 16 (2): 89–94. <https://doi.org/10/cvd4kk>.
- BURMISTER, D. M. (1945b): The General Theory of Stresses and Displacements in Layered Soil Systems. II. *Journal of Applied Physics* 16 (3): 126–27. <https://doi.org/10/b9zg45>.
- BURMISTER, D. M. (1945c): The General Theory of Stresses and Displacements in Layered Soil Systems. III. *Journal of Applied Physics* 16 (5): 296–302. <https://doi.org/10.1063/1.1707590>.
- CHO, S. – TÓTH, CS. – SOÓS, Z. (2018): Finite Element Method Analysis for Mechanistic Design in Flexible Pavement, Review: From How to Build a Material in FE Analysis to Complexity in Reality. *Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials* 70(6): 204-208. <https://doi.org/10/gfvbkb>.
- DASSAULT SYSTÈMES (2014): Abaqus 6.14 Online Documentation. 2014. április 23. <http://ivt-abaqusdoc.ivt.ntnu.no:2080/texis/search/?query=wetting&submit.x=0&submit.y=0&group=bk&CDB=v6.14>.
- DUNCAN, J. M. – MONISMITH, C. L. – WILSON, E. L. (1968): Finite Element Analyses of Pavements”. *Highway Research Record* 228: 18-33.
- HERNANDEZ, J. A. – GAMEZ, A. – SHAKIBA, M. – AL-QADI, I. L. (2017): Numerical Prediction of Three-Dimensional Tire-Pavement Contact Stresses. Technical Report ICT-17-004. Texas A&M University. <http://hdl.handle.net/2142/95142>.
- KENNEDY, R. H. (2003): Experiences with Cylindrical Elements in Tire Modeling. In *ABAQUS Users' Conf*, 247. http://www.simulia.com/download/solutions/automotive_cust%20references/tires_experience_auc03_hankook.pdf.
- OLOO, S. Y. – FREDLUND, D. G. – GAN, J. K-M. (1997): Bearing Capacity of Unpaved Roads. *Canadian Geotechnical Journal* 34 (3): 398–407. <https://doi.org/10.1139/t96-084>.
- VUUREN, VAN J. D. (1974): Relationship Between Tire Inflation Pressure and Mean Tire Contact Pressure. *Transportation Research Record* 523: 76-87.
- YAZDANDOOST, F. – TAHERI, S. (2016): Finite Element Tyre Model for Antilock Braking System Study. *International Journal of Vehicle Design* 72 (3): 248-261.

AZ FWD ÉS GPR MÉRÉSI TECHNOLÓGIÁK EGYÜTTES ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI AZ ÚTÁLLAPOT FELMÉRÉSBEN ÉS ÉRTÉKELESBEN

PRIMUSZ PÉTER¹ – TÓTH CSABA²

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Bp. Műegyetem rkp. 3., Út és Vasútépítési Tanszék

primusz.peter@uni-sopron.hu

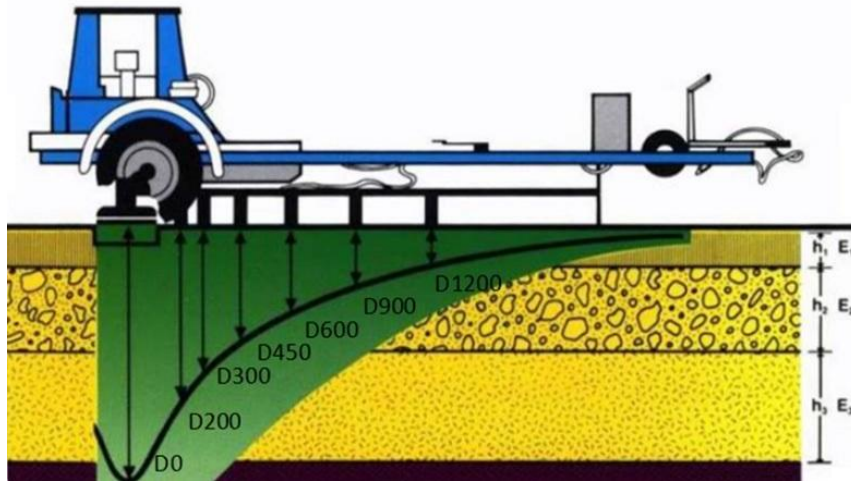
Bevezetés

A pályaszerkezetgazdálkodás a jövőben egyre erősebben fog támaszkodni az útállapot felméréseknél a fejlet roncslásmentes eljárásokra. Ezek közé tartozik napjainkban az ejtősúlyos behajlásmérő berendezés (Falling Weight Deflectometer, FWD) és a földradar (Ground-Penetrating Radar, GPR). Az FWD berendezéssel a kialakuló alakváltozások alapján a szerkezeti teherbírást, a földradarral pedig elsősorban az útpályaszerkezetet felépítő rétegek vastagságát határozzuk meg. Korábban az útpályaszerkezet feltárásának hagyományos módszere a lokálisan kifúrt burkolatminta volt, amit sokszor csak útlezárás vagy jelentős forgalomzavarás mellett tudtunk kivitelezni. Ezzel szemben a földradar roncslásmentes technológiával képes a forgalom zavarása nélkül nagymennyiségű folytonos adathalmazt összegyűjteni – ugyanannyi idő és költség mellett – mint a hagyományos módszer. A folytonos mérés azért különösen fontos és hasznos, mivel a lokális pontokban meghatározott szerkezeti adatok térbeli kiterjesztése egyáltalán nem egyértelmű és könnyű feladat. Ennek a két különálló diagnosztikai rendszernek az egyesítésével új szintre emelhető az útállapotfelmérés és így sokkal pontosabb diagnózisok állíthatók fel. Ezt szemelőt tartva, jelen cikk elsődleges célja annak megvizsgálása, hogy az FWD és GPR berendezések adatai, hogy tudják egymást kiegészíteni.

Anyagok és módszerek

Ejtősúlyos behajlásmérő berendezés (FWD)

A gyakorlatban az impulzussal operáló behajlásmérő berendezések általában egy lökéscsillapítóval ellátott tárcsára – a helyzeti energia felhasználásával – adott magasságból adott tömeget ejtenek le. Az útpályára ható terhelési impulzus rugalmas alakváltozásokból álló, a terhelési centrumtól kiinduló „hullámfrontot” eredményez. A függőleges elmozdulások maximális értékeit a terhelési lemez közepén és több, a terhelési centrumtól sugar irányban elhelyezett érzékelőkkel rögzítik. Ezek a behajlások a terhelési impulzus függvényében jellemzik a felépítmény szerkezeti szilárdságát. A mérés közben rögzített behajlási teknő lényegesen több információt szolgáltat a pályaszerkezet pillanatnyi állapotáról, mint a központi behajlás, így pontosabban határozható meg annak teherbírása, hátralévő élettartalma és a szükséges erősítőréteg vastagság (1. ábra).



1. ábra Az ejtősúlyos behajlásmérő berendezés (FWD) elvi vázlatja

Az ejtősúlyos behajlásmérő berendezés mérési eredményét kiegészítve a pályaszerkezet felépítésének adataival (rétegek típusa és vastagsága), alkalmazható valamilyen „backcalculation” eljárás, amivel a pályaszerkezeti rétegek teherbírási modulusát meg lehet határozni. A visszaszámoláson alapuló eljárások általában a többrétegű pályaszerkezetekre kidolgozott mechanikai számítási módszereket alkalmazva, az ismert adatokból kiindulva, iterációs eljárással határozzák meg a mért lehajlásvonalat legjobban megközelítő pályaszerkezeti jellemzőket. A módszer egyik fő hátránya, hogy a szerkezetből fúrással szükséges mintát venni a rétegfelépítés meghatározásához (AMBRUS 2001).

Az FWD adatok másik feldolgozási lehetősége a behajlási teknőparaméterek alkalmazása. Ez azon a megfigyelésen alapul, hogy a terhelési tengelytől jellegzetes távolságra mért elmozdulások különbsége közvetlenül jellemzi az adott mélységi tartományban lévő szerkezeti rétegek merevségét. Az aszfaltburkolatok jellemzésére a felszíni görbületi indexe (Surface Curvature Index, SCI) terjedt el, amit a terheléshez közeli $D_0 - D_{300}$ elmozdulásokból számítunk (1. ábra). Az alaprétegek szerkezeti jellemzésére az alap károsodási index (Base Damage Index, BDI) használatos, ami a $D_{300} - D_{600}$ behajlások különbsége. Az alap görbületi indexek (Base Curvature Indices, BCI) jól használhatóak ($D_{600} - D_{900}$) az alap alatti rétegek és a teherhordó altalaj elemzésére. Az SCI, BDI és BCI indexek növekedése az adott rétegcsoporthoz gyengülésére utal (TÓTH & TÓTH 2008).

A földradar (GPR) módszer

A földradar műszer egy adó és egy vevő antennából, egy adatrögzítő és vezérlő egységből áll. A földradar adó része nagyfrekvenciás elektromágneses impulzusok sorozatát bocsátja a talajba. A hullámok a kőzetekben részben elnyelődnek, részben visszaverődnek. A visszaérkező jelet a vevő egység veszi az idő függvényébe, digitalizálja és az adatrögzítő egység tárolja. Így a radarszelvényezés eredményeképpen kapott idő-mélység metszeten követhető a rétegződés, a földtani szerkezet, valamint minden, a felszín alatt lévő objektum vagy tárgy. Ha a radarhullám terjedési sebessége meghatározható, vagy legalábbis megbecsülhető a különböző rétegekben, az időszelvény mélységszelvényé alakítható át. A talajban, kőzetben a radarjel terjedése a vizsgált közeg fizikai, elektromos tulajdonságaitól függ. Ezek közül a két legjellemzőbb, a dielektromos állandó (permittivitás) és a vezetőképesség (konduktancia), az első a hullámterjedési sebességet, míg a második az elnyelődés mértékét határozza meg. A behatolási

mélység és a felbontás elsősorban a radarmérés közben kibocsájtott jel frekvenciájától függ. Nagyobb frekvencia használata jobb felbontást, de kisebb kutatási mélységet eredményez, míg kisebb frekvencián nagyobb behatolást, de rosszabb felbontást érhetünk el. Ezért nagyon fontos, hogy vizsgálatainkhoz a leginkább megfelelő eszközt és beállítást használjuk, hogy a kívánt eredményt kapjuk (PATTANTYÚS, NEDUCZA, PRÓNAY & TÖRÖS 1994).

A GPR technológiának számos közúti alkalmazás létezik, mint pl. a nedvesség kimutatása a pályaszerkezetben, a burkolathibák helyének és mértékének detektálása, vagy akár az aszfaltanyag tömörségének és homogenitásának megbecslése, vagy a keresztirányú repedések észlelése, illetve annak a rétegnek a pontos beazonosítása, amelyben a nyomvályús deformáció valójában kialakult. Mindezek ellenére a technológiát legelterjedtebben az útpályaszerkezetek rétegvastagságainak meghatározására alkalmazzák (PLATI & LOIZOS 2012).

Rétegvastagság meghatározás földradarral

Útpályaszerkezetek rétegrendjének felderítéséhez a legtöbb autópálya ügynökség a 900 MHz-től 2 GHz-ig terjedő (központi frekvencia 1 GHz) levegőkapcsolt antennákat (a felszín felett 150-500 mm-rel elhelyezve) alkalmaznak, amiknek a tipikus behatolási mélység kb. 0,3-0,9 m-re tehető. A levegőkapcsolt antennarendszer legnagyobb előnye a mérés jó reprodukálhatósága, mivel az antenna kapcsolása nem változik a burkolat tulajdonságainak változásával, és egyben lehetővé teszi a 100 km/h sebességgel történő mérést is (2. ábra). A földradar működési elvéből következik (a közegbe továbbított rövid elektromágneses impulzusok visszaverődnek, ha az anyag elektromos tulajdonságai megváltoznak), hogy a rétegvastagságok meghatározásához szükség van az anyag dielektromos állandójára.



2. ábra Levegőkapcsolt földradar antenna



3. ábra Fémlemez kalibráció

A felületi visszaverődésen (reflexión) alapuló módszer azt használja ki, hogy a visszavert jel amplitúdója annál nagyobb, minél nagyobb a kontraszt a réteghatár két oldalán található anyag fizikai tulajdonságaiban. A reflexió együttható (R) – elhanyagolva a vezetőképességet – az alábbi képlettel számítható (MASER & SCULLION 1992):

$$R = \frac{\text{Visszaverődő hullám amplitúdója}}{\text{Beeső hullám amplitúdója}} = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}} \#(1)$$

ahol ε_1 és ε_2 az egymást követő rétegek dielektromos állandói. Az útpályaszerkezetre beeső hullám amplitúdóját (A_p) megkapjuk, ha egy rendkívül reflektív rézlemezt helyezünk a GPR antenna alá, ami tökéletesen visszasugározza a vevő felé a kibocsájtott jelet. A rézlemezt eltávolítva az antenna alól, és egy újabb mérést végrehajtva megkapjuk a kopórétegről visszaverődő hullám (A_0) amplitúdóját. Felhasználva ezeket az adatokat és figyelembevéve, hogy a levegő dielektromos állandója 1, az (1) egyenlet átrendezésével megkapjuk a keresett ε_1 összefüggését:

$$\varepsilon_1 = \left[\frac{1 + \left(\frac{A_0}{A_p}\right)}{1 - \left(\frac{A_0}{A_p}\right)} \right]^2 \quad \#(2),$$

ahol ε_1 a felső aszfaltréteg dielektromos állandója, A_0 az aszfaltréteg felületéről visszaverődő hullám amplitúdója, A_p pedig a rézlemezről visszaverődő hullám amplitúdója. Hasonló összefüggés vezethető minden n . rétegre:

$$\varepsilon_n = \varepsilon_{n-1} \left[\frac{1 - \left(\frac{A_0}{A_p}\right)^2 + \sum_{i=1}^{n-2} R_i \left(\frac{A_i}{A_p}\right) + \left(\frac{A_{n-1}}{A_p}\right)}{1 - \left(\frac{A_0}{A_p}\right)^2 + \sum_{i=1}^{n-2} R_i \left(\frac{A_i}{A_p}\right) - \left(\frac{A_{n-1}}{A_p}\right)} \right]^2 \quad \#(3),$$

ahol ε_{n-1} az $(n - 1)$. réteg dielektromos állandója, R_i a reflexiók együttható az i . és az $(i + 1)$. réteg között, és a következő összefüggéssel fejezzük ki:

$$R_i = \frac{\sqrt{\varepsilon_i} - \sqrt{\varepsilon_{i+1}}}{\sqrt{\varepsilon_i} + \sqrt{\varepsilon_{i+1}}} \quad \#(4)$$

A rézlemez kalibrációt a földradar mérések kezdetén vagy azok befejeztével szokás végrehajtani (3. ábra). A rétegvastagságok meghatározásához felhasználhatjuk az adóból kilépő és a vevőig visszaverődő hullám kétirányú futási idejét:

$$h = v \cdot \left(\frac{t}{2}\right) \quad \#(5)$$

Az időt azért kell elosztanunk kettővel, mivel a kibocsájtott hullám kétszer teszi meg ugyanazt az utat. A jel terjedési sebessége a közeg dielektromos állandójától függ:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}} \quad \#(6)$$

ahol c a fénysebesség (0,30 m/ns). A (6) összefüggést (5)-be helyettesítve az alábbi általános képletet kapjuk a keresett rétegvastagságokra:

$$h_i = \frac{ct_i}{2\sqrt{\varepsilon_i}} \quad \#(7)$$

ahol t_i a kétirányú futási idő az i . rétegben és ε_i az i . réteg dielektromos állandója. A GPR mérésekből becsült rétegvastagságok kalibrálására ad lehetőséget a (7) egyenlet, mivel annak átrendezésével az anyag dielektromos állandóját közvetlen vastagságméréssel is meghatározhatjuk:

$$\varepsilon_i = \left(\frac{ct_i}{2h_i} \right)^2 \quad \#(8)$$

Ebben az esetben fűrt magminták alapján ismertnek tekintjük minden réteg h_i vastagságát, és a GPR adatokból a t_i kétirányú futási időt felhasználva számítjuk ki az i . réteg dielektromos állandóját. Egyes kutatások szerint az egy keresztmetszvényben legalább három fűrással kalibrált dielektromos állandókat használó földradar vastagságok átlagos hibája 1–5%-ra csökkenthető (Hu, Vennapusa, White & Beresnev 2016). A bemutatott egyenletek csak a nyers GPR mérések vertikális (véletlenszerű nagyfrekvenciás zaj és a jelek eltávolítása) és horizontális (gyors változások kisimítása) szűrése után alkalmazhatók megfelelő eredménnyel. A szűrés után a szintranszformációval lehet kihangsúlyozni az alacsony amplitúdójú szakaszokat, hogy jobban kirajzolódjanak a réteghatárok.

Ebből a rövid összefoglalóból is látszik, hogy a pontos rétegvastagság meghatározás egyrészt a megfelelően megválasztott GPR berendezés műszaki paraméterein, másrészt pedig a vizsgált anyagok pontos dielektromos állandójának ismeretén múlik. A nehézséget az okozza, hogy a dielektromos állandó az útépitési anyagoknál nem egy állandó, hanem egy folytonosan változó érték, amire a nedvességtartalom, a hőmérséklet, a tömörség és a mérőfrekvencia egyaránt hatást gyakorol. Ez azzal magyarázható, hogy az útépitésben használt anyagok (talaj, zúzottkő, aszfalt, beton stb.) kémiai szempontból háromfázisú diszperz rendszerek, amikben a folyadék- és gázfázis aránya az időjárási tényezőktől nagymértékben függ.

Integrált mérőrendszer kialakításának elvi lehetőségei

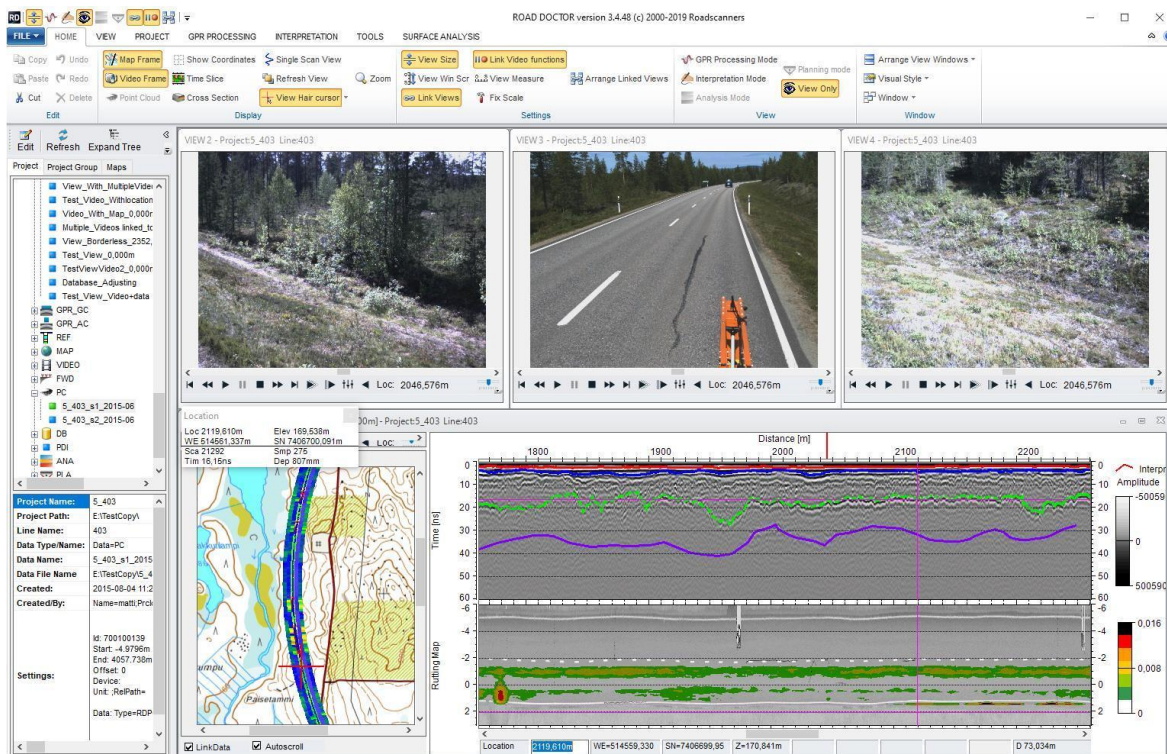
Az FWD és GPR berendezések integrálása egy eljáráson belül jelenleg is intenzíven kutatott téma. A fő kapcsolódási pontot a két méréstechnika között az útpályaszerkezetek rétegfelépítése adja. A pontos rétegvastagság kritikus fontosságú adat, ha az FWD mérésekből szeretnénk visszaszámolni a rétegmerevségeket. A földradar képes megfelelő terepi kalibráció után olyan rétegvastagság adatsort előállítani, ami már jól felhasználható az FWD adatok visszaszámolásához. Az FWD mérésekből levezett teknőparaméterek, vagy a visszaszámolt rétegmerevségek viszont segíthetik a GPR adatok jobb megértését, hiszen egy adott szelvényben a földmű és a szemcsés rétegek víztartalma, tömörsége, vagy akár a kötött rétegek repedezettsége (növekvő gázfázis) mind a dielektromos állandó, azaz végül a becsült rétegvastagság indokolatlan változását okozhatja.

A visszaszámoláson alapuló FWD adatfeldolgozásnál a GPR rétegvastagságok pontatlanságára utalhat, ha túl magas a mért és a számított behajlási teknő között az eltérés (>3%), vagy ha a visszaszámolt rétegmódulusok irreálisan nagyok (McGrath, Maser & Puccinelli 2013). Ezekkel az egyszerű kritériumokkal ki lehet szűrni a hibás rétegvastagságokat, és a szükséges korrekciók elvégzése után a GPR technika akár 6–9%-os hibával képes megközelíteni a fűrt burkolatminták pontosságát. A vizsgált út minden szelvényében folyamatosan rendelkezésre álló földradar rétegvastagságok alapján elvégezhető a homogén útszakaszok pontos kijelölése a kumulatív-szümma módszerrel. Ez sokkal precízebb diagnosztizálást tesz lehetővé, mint a

lokálisan fűrt burkolatminta adatok alapján elvégzett szakaszolás, amit a homogén alszakaszok magasabb száma is jól mutat (C. Plati & Loizos 2012). A GPR rétegvastagságon alapuló szakaszolás elméletét erősíti meg C. Plati, Loizos, és Gkyrtis (2020) munkája, ahol korrelációt keresetek és találtak az aszfaltrétegek h_{AC} vastagsága és az FWD készülék behajlási teknőparaméterei (SCI és BDI indexek) között:

$$h_{AC} = \frac{a + BDI}{b + c \cdot SCI} + \frac{d}{SCI} \#(9)$$

ahol a , b , c és d regressziós együtthatók. A tanulmányban bemutatott nemlineáris $h_{AC} = f(SCI; BDI)$ függvénykapcsolat azt sugallja, hogy egy adott homogén útszakaszon belül az FWD berendezéssel rögzített szerkezeti válaszokból, deformációkból vissza lehet következtetni az aszfaltrétegek h_{AC} öszsvastagságára. Borecky és mtsai. (2019) kimutatták, hogy az útpályaszerkezet egyes réteghatáraitól visszaverődő hullámok amplitúdói és az FWD behajlások között összefüggés van, a korrelációs együttható 0,67 és 0,94 között változott a tanulmányban. Tovább erősíti ezt az elgondolást Tarefder, Ahsan, és Ahmed (2015) munkája, ahol is sikerült olyan neurális hálót felépíteni és betanítani az FWD készülék mérései alapján (max. erő, max. elmozdulás, időeltolódás az erő és az elmozdulás között, hullámterjedési sebesség a szenzoroknál és a felületi hőmérséklet), amivel nagyon pontosan vissza lehet számolni az aszfaltrétegek és az alaprétegek vastagságát. Tehát egy homogén teherbírású útszakaszon belül, az útpályaszerkezet felépítésének is homogénnek kell lennie az elmélet szerint. Ebből pedig az következik, hogy a folytonos GPR rétegvastagságokkal (mint segédváltozóval) a lokális teherbírás adatok is kiterjeszthetők az út minden szelvényére, vagy megfordítva a gondolatot, ahol az FWD mérésekből becsült rétegvastagságok nem egyeznek meg a földradarral mérttel, ott valamilyen anomália áll fent, amit a rétegtulajdonságok (tömörség, nedvességtartalom, repedezettség stb.) megváltozásával lehetséges magyarázni. A különféle mérés- és állapot rögzítő technológiák együttes használatára mutat példát a jelenleg is fejlesztett Road Doctor™ programcsomag, ami nemcsak útpályaszerkezetek, hanem vasutak, hidak és repülőterek állapotértékelésére is alkalmas. A program egyik legnagyobb előnye, hogy lehetőséget biztosít több különböző mérés egyidejű összevetésére (SOÓS, IGAZVÖLGYI & SZAKÁLY 2017).



4. ábra A Road Doctor™ szoftver feldolgozás közben

Összefoglalás

Az eddig megismert szakirodalom alapján az FWD és GPR mérés technológiák adatainak együttes elemzése, lehetővé teszi olyan eljárások, keretrendszerek kialakítását, amikkel az útburkolatok állapotfelmérése és diagnosztizálása sokkal pontosabban és egyértelműbben végezhető el, mint a hagyományos eljárásokkal. Az integrált mérőrendszerek ugyanis képesek egymás adatait felhasználva a mérések minőségét nagymértékben javítani (a hibás vagy zajos mérések detektálásával és korrekciójával), és olyan hibákra felhívni az elemző mérnök figyelmét, amire külön-külön nem lennének képesek, és így végül a tervezett beavatkozások is sokkal nagyobb műszaki értéket képviselnek, jelentős költségmegtakarítások mellett.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- AMBRUS K. (2001): Ejtősúlyos teherbírás-méréseken alapuló új útburkolat-erősítés méretezési eljárás kidolgozása. Közúti és mélyépítési szemle 51(3): 90-97.
- BORECKY, V. – HABURAJ, F. – ARTAGAN, S. S. – ROUTIL, L. (2019): Analysis of GPR and FWD Data Dependency Based on Road Test Field Surveys. Materials Evaluation 77 (2): 12.
- HU, J.– VENNAPUSA, P. K. R. – WHITE, D. J. – BERESNEV, I. (2016): Pavement Thickness and Stabilised Foundation Layer Assessment Using Ground-Coupled GPR. Nondestructive Testing and Evaluation 31(3): 267-87. <https://doi.org/10/ghcrx9>.

- MASER, K. R. – SCULLION, T. (1992): Automated Pavement Subsurface Profiling Using Radar: Case Studies of Four Experimental Field Sites. *Transportation Research Record* 1344: 148-54.
- MCGRATH, L. – MASER, K. – PUCCINELLI, J. (2013): Determining Asphalt Thickness Using Ground Penetrating Radar - A Comparison of Automated and Manual Methods Using Falling Weight Deflectometer Back-Calculation Error Correction. In *Proceedings of the International Conferences on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields*, 1-2:199-208. Trondheim, Norway: Akademia Publishing.
- PATTANTYÚS Á. – NEDUCZA, B. – PRÓNAY Z. – TÖRÖS E. (1994): A földradar módszerfejlesztés másfél éves tapasztalatai az ELGI-ben. *Magyar geofizika* 35(1): 32-41.
- PLATI, C. – LOIZOS, A. (2012): Using Ground-Penetrating Radar for Assessing the Structural Needs of Asphalt Pavements. *Nondestructive Testing and Evaluation* 27 (3): 273-84. <https://doi.org/10/ghdks3>.
- PLATI, C. – LOIZOS, A. – GKYRTIS, K. (2020): Integration of Non-Destructive Testing Methods to Assess Asphalt Pavement Thickness. *NDT & E International* 115 (október): 102292. <https://doi.org/10/ghcrx7>.
- SOÓS Z. – IGAZVÖLGYI Z. – SZAKÁLY F. (2017): Az aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek megerősítésének diagnosztikai kérdései. *Útügyi lapok* 5(9): 55-65.
- TAREFDER, R. A. – AHSAN, S. – AHMED, M. U. (2015): Neural Network–Based Thickness Determination Model to Improve Backcalculation of Layer Moduli without Coring. *International Journal of Geomechanics* 15(3): 04014058. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0000407](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0000407).
- TÓTH C. – TÓTH J. (2008): Útpályaszerkezetek roncsolásmentes diagnosztikai lehetőségei. *Közúti és Mélyépítési Szemle* 58(5-6): 10-15.

III. ALKALMAZOTT KÉMIAI ÉS ANALITIKAI KUTATÁSOK

A LUCFENYŐ TERPÉN EMISSZIÓJÁNAK MÉRÉSE A SOPRONI-HEGYVIDÉKEN

FLEISZ BÁLINT, MAROS RUDOLF, RÉTFALVI TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

retfalvi.tamas@uni-sopron.hu

Irodalmi áttekintés

Az atmoszféra, a hidroszféra, a litoszféra és a bioszféra között végbemenő anyag és energiaáramlás bolygónk egyik sajátossága. Az atmoszférába jutó gáz halmazállapotú részecskék között a szénhidrogének közé tartozó terpének éves emittált mennyisége különböző források szerint megközelíti az 500 Mt-t. Ennek jelentős része az északi féltekén található fenyőfélékből származik (MÉSZÁROS, 1997). Az emittált terpének mennyiségét sok tényező befolyásolja, elsősorban az állomány kora, valamint az évszakok váltakozása. Különböző korosztályok vizsgálata esetén a monoterpén emisszió a 30-40 éves állományokban volt a legmagasabb (JUN-HO ÉS MTSAI, 2008). Egy dél-koreai japán erdeifenyő állományban végzett kutatás esetében tavasszal az emisszió értékek jobban korreláltak a környezet hőmérsékletével, mint az őszi és téli időszaki mérések során (JUN-HO ÉS MTSAI, 2008). Egy másik kutatás is hasonló eredményekkel zárult. Itt azt találták, hogy az emittált monoterpén koncentráció a maximumát július-augusztus alatt érte el és szeptember-november között is közel volt a nyári értékekhez (HAKOLA ÉS MTSAI, 2003). Egy Németországban elkészült 10 éves mérési periódus alatt kiderült, hogy a lucfenyő egyike azoknak a tűlevelű fajoknak melyek a legnagyobb mennyiségű monoterpént emittálják. A kutatás során bebizonyosodott, hogy hozzávetőlegesen 40%-al járult hozzá a luc a teljes tűlevelű állomány kibocsátáshoz (SMIATEK ÉS STEINBRECHER, 2005).

A terpének az atmoszférában különböző átalakulási folyamatokon mennek át, számos reakció résztvevői. Az oxidációjuk során keletkezett gyökeik valamint az azokból kialakult újabb vegyületek fontos levegőkémiai folyamatok kiinduló vagy társanyagai. Jelentős szerepük van a troposzférikus ózon kialakulásában. A légköri megfigyelések és a laboratóriumi kísérletek bebizonyították, hogy a troposzférikus ózon keletkezéséhez nitrozus gázokkal szennyezett levegőre van szükség. Ezek közül is a nitrogén-monoxid és nitrogén-dioxid reakciói bírnak nagy jelentőséggel. E folyamatokban az alkil-peroxi gyökök fontos szereppel bírnak. Ezen kívül szükséges még a megfelelő hullámhosszú megvilágítás, mely során a nitrogén-dioxid fotolízisekor atomos oxigén keletkezik, ami a levegő oxigén molekulájával katalizátor jelenlétében ózon molekulát alkot.

A monoterpének közvetlen vagy közvetett szerepe a levegőkémiai folyamatokban bizonyított. Fontos, hogy pontosabb képet kapjunk arról, hogy az atmoszférában milyen típusú terpének és mekkora mennyiségben fordulnak elő. A levegőből vett mintákban található járulékos anyagok meghatározására többnyire kromatográfias eljárásokat alkalmaznak. Az illékony és a kevésbé illékony komponenseket rendszerint gázkromatográfiásan (GC) analizálják. A gázkromatográfias analízis feltétele, hogy az analizálni kívánt összetevő bomlás nélkül elpárologtatható legyen (BALLA, 2001; ERICKSON, 2002). A gázkromatográfias analitikai technikát nagy érzékenység és szelektivitás jellemzi. Egy adott vegyületet akár 10^{-9} gramm mennyiségben is képes kimutatni a mintából.

Vizsgálati anyag és módszer

A mintavétel helyszíne a Tanulmányi Erdőgazdaság 0751 Hegyvidéki Erdészet gazdálkodásában lévő Ágfalva településhez tartozó 5C erdőrészlet volt. Az állomány 7,6 ha-on terül el, a faállomány 37 éves, típusa LF-F. Az állományban, uralkodó elegyarányban található a lucfenyő (*Picea abies*), továbbá kisebb arányban az erdeifenyő (*Pinus silvestris*), a vörösfenyő (*Larix decidua*), illetve csekély arányban a bibircses nyír (*Betula pubescens*). Az állomány termőhelyére vonatkozóan: klímája gyertyános-tölgyes, a hidrológiája vízhatástól független, a termőréteg vastagsága mély, a talaj fizikai félesége vályog, az átlagos tengerszint feletti magassága 340 m, a fekvése déli a lejtése, pedig 15°.

A mintavételhez használt eszközök

A környezeti levegőben lévő terpének dúsítását (adszorbeálását) egy átalakított EMIMAT OH-602-es típusú gázmintavevő készülékkel hajtottuk végre. A készülék saját szivattyújának segítségével átáramoltatott levegőmennyiség 93 dm³ volt óránként, azonban az átszívott levegőmennyiség még pontosabb ismerete érdekében a rendszerhez kapcsoltunk egy szabvány fogyasztói gázórát (Technikai adatai: $Q_{\min}=0,04$ m³/h, $Q_{\max}=6$ m³/h, $P_{\max}=20000$ N/m², $V=2$ dm³). A mintavevő készülék áramforrása egy 80Ah-ás munkaakkumulátor volt, amely egyenáramot szolgáltatott az mintavevő vákuumszivattyújának. A készülék elé kötöttük az 500 mg aktív szén tartalmazó mintavevő csövet (Orbo 32 Small, Supelco Co).

A mérésorozat alatt 10 különböző időpontban vettünk mintát. A mintavételi napokat igyekeztünk úgy megválasztani, hogy azok közt megtalálhatóak legyenek markánsan különböző meteorológiai paraméterekkel rendelkezők.

A meteorológiai adatok a Sopron 171/G erdőrészletben (Szent István Akna közelében), egy középkorú bükkösben álló, 30 m magas mérőtoronnyal rendelkező mérőállomásról származnak.

Gázkromatográfiás vizsgálatok

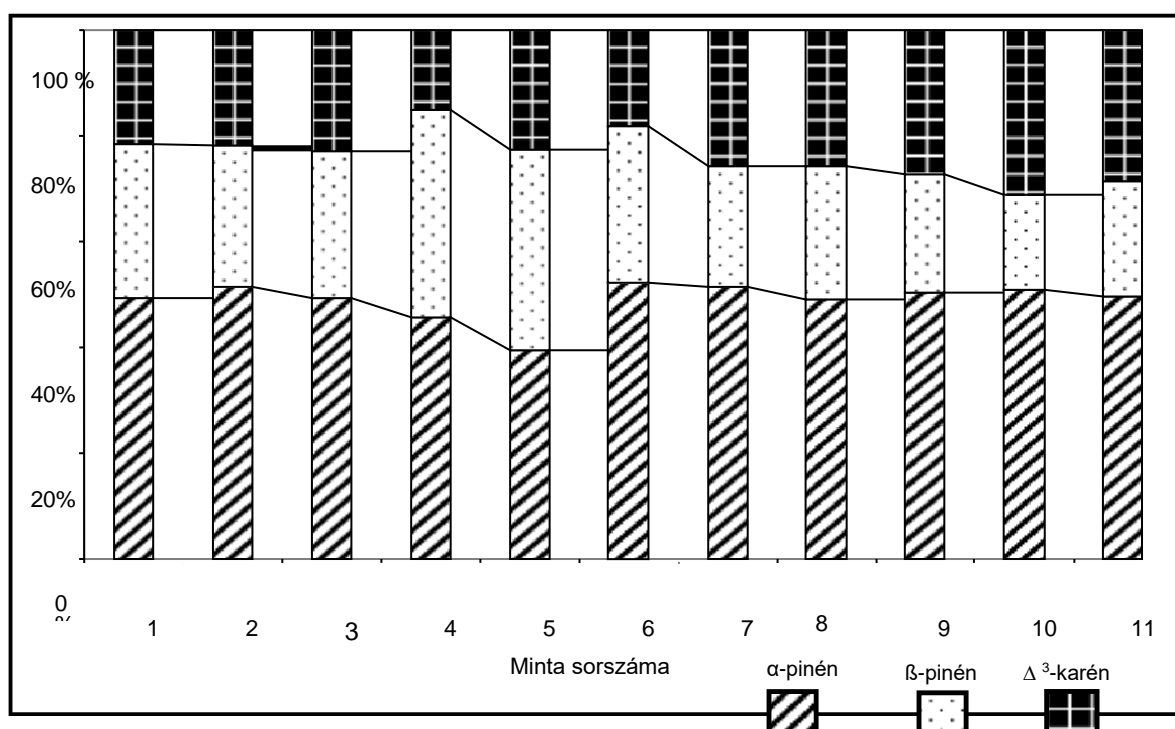
A lezárt mintavételi csöveket lefagyasztottuk, majd legkésőbb a mintavételt követő 72 órán belül feldolgoztuk. Ennek során 2 ml fiolába helyeztünk aktív szén töltetre -20 °C-on 1,0 ml CS₂-ot öntöttünk, majd azonnal analizáltuk a mintát. A mennyiségi analízist a 136 m/z fajlagos tömegű molekulaion csúcsterülete alapján öt pontos kalibrációs módszerrel végeztük el.

Vizsgálati eredmények értékelése

A minták begyűjtése, előkészítése és analízise után, három monoterpén vegyületet sikerült azonosítanunk kellő mennyiségben mind a 10 mintában. A három beazonosított vegyület az α -pinén, β -pinén, Δ^3 -karén volt. A komponensek beazonosítása elsődlegesen a spektrumkönyvtár alapján történt, de standard vegyületek felhasználásával a retenciós idő egyezés alapján egyértelműen bizonyítottá vált. A további analízis folyamán ezek a vegyületek a mintákban mennyiségileg is meghatározásra kerültek.

1. táblázat A mintavételi napokhoz tartozó beazonosított monoterpén koncentrációk [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	6. 24. (1.)	7. 1. (2.)	7. 22. (3.)	7. 22. (4.)	7. 24. (5.)	7. 29. (6.)	7. 30. (7.)	9. 9. (8.)	9. 10. (9.)	9. 11. (10.)
α - pinén	0,2839	0,2011	0,1460	0,1385	0,0947	0,3365	0,2988	0,3465	0,3545	0,3403
β - pinén	0,1690	0,1141	0,1259	0,1328	0,0536	0,1495	0,1532	0,1533	0,1249	0,1514
Δ^3 - karén	0,1229	0,0925	0,0477	0,0793	0,0326	0,1684	0,1563	0,1874	0,2168	0,1951



1. ábra A beazonosított monoterpének aránya az összterpén tartalomhoz viszonyítva

Az 1. ábrán a beazonosított terpénszármazékok arányai láthatók az összterpén viszonylatában. A mintákban megtalálható átlagos α -pinén koncentráció százalékos aránya a mintában talált három komponens egészéhez viszonyítva 49,6%, a β -pinén esetében ez az érték 25,9% a Δ^3 -karén esetében, pedig 24,4%.

A vizsgálatok során a továbbiakban a mérési időszak alatt meghatározott terpén koncentrációk és a meteorológiai paraméterek (hőmérséklet, globálisugárzás, fotoszintetikus aktív sugárzás, relatív páratartalom, légnyomás) közötti kapcsolat keresésére korrelációs számítást alkalmaztunk. A kapcsolat szorosságának jellemzésére korrelációs együtthatót (Pearson-féle korrelációs együttható) használtunk, mely a mérések között lévő lineáris kapcsolat erősségét jelzi. A kapcsolat minőségének elemzése érdekében lineáris regresszió számításal a pontthalmazok regressziós egyenesét is előállítottuk. Az előbb említett módszer segítségével

megállapítható, hogy:

- a hőmérséklet változása egyenes arányosságban van a terpén koncentráció változásával, a korrelációs együtthatók értéke közepesen erős sztochasztikus összefüggésre utal. Az összefüggés az α -pinén esetében a legszorosabb,
- a globálsugárzás intenzitásának változása is egyenes arányosságban van a terpén koncentráció változásával. A korrelációs együtthatók értéke gyenge sztochasztikus összefüggésre utal, kivéve a β -pinén esetében, mely közepesen erős összefüggést mutat,
- a fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) változása is egyenes arányosságban van a terpén koncentráció változásával. A korrelációs együtthatók értéke gyenge sztochasztikus összefüggésre utal, kivéve a β -pinén esetében, mely közepesen erős sztochasztikus összefüggést mutat a PAR-ral,
- a relatív páratartalom változása fordított arányosságban van a terpén koncentráció változásával. A korrelációs együtthatók értéke gyenge sztochasztikus összefüggésre utal,
- a légnyomás és a mért terpén koncentrációk között függvénykapcsolatot nem tudtunk felfedezni. Távlati céljaink közt szerepel egy hatékonyabb mintavételi eljárás alkalmazása, amivel lehetővé válik többek között e két tényező közötti kapcsolat feltárása is.

Következtetések

A vizsgált erdőrészletben vett levegőmintákból három terpénszármazékot sikerült beazonosítani. Ezek az α -pinén, β -pinén, Δ^3 -karén. Koncentrációjuk a mintákban 0,0365-0,3545 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ között változott. Az egyes terpén koncentrációkat összevetettük a meteorológiai paraméterek értékeivel. A számítások alapján a koncentrációk és a hőmérséklet, a globálsugárzás, valamint a fotoszintetikusan aktív sugárzás változása egyenes arányosságban állnak. Fordított arányosság figyelhető meg a koncentrációk és a relatív páratartalom változása között. A regressziós egyenesek alapján a terpén koncentráció a légnyomástól független. A regresszió vizsgálat alapján a szeptemberben mért értékek eltérnek a korábban vett minták eredményeitől, ezért ezeket nem figyelembe véve a hőmérséklet, relatív páratartalom, globálsugárzás és PAR értékének változása és a vizsgált komponensek koncentrációi között szorosabb összefüggést tapasztaltunk. Az eltérés oka nem tisztázott, ugyanakkor a mért mintaszám (három) nem elégséges a megfelelő statisztikai következtetések levonására, ezért újabb vizsgálatokat tartunk indokoltnak, nagyobb mintaszámmal. A grafikus ábrázolás alapján megállapítható, hogy a szeptemberi minták esetében a vizsgált meteorológiai paraméterek értékeihez nagyobb terpén koncentrációk tartoznak.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészlet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék:

B. E. ERICKSON [2002]: Analysing the ignored environmental contaminants. Environmental Science and

Technology. (36). 7.

BALLA JÓZSEF [2001]: Környezeti analitika. Műegyetemi Kiadó, Budapest

GERHARD SMIA TEK AND RAINER STEINBRECHER [2005]: Temporal and spatial variation of forest VOC emissions in Germany in the decade 1994–2003. Atmospheric environment (40). 166-177.

H. HAKOLA, V. TARVAINEN, T. LAURILA, V. HILTUNEN, H. HELLÉN, P. KERONEN [2003]: Seasonal variation of VOC concentrations above a boreal coniferous forest. Atmospheric Environment (37). 1623–1634.

JUN-HO LIM JO-CHUN KIM, KI-JOON KIM, YOUN-SUK SON, YOUNG SUNWOO , JIN-SEOK HAN [2008]: Seasonal variations of monoterpene emissions from Pinus densiflora in East Asia. Chemosphere (73). 470-478.

MÉSZÁROS ERNŐ [1997]: Levegőkémia 20-87. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém

HIGANYVEGYÜLETEK GYÖKÉRNÖVEKEDÉST GÁTLÓ HATÁSA

LIMP ZSOLT, RÉTFALVI TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

retfalvi.tamas@uni-sopron.hu

Bevezetés

Egy anyag toxicitása alatt annak káros hatását értjük, egy biológiai szervezetre, ami hatás lehet mutagén, karcinogén vagy teratogén. A toxikus anyag lehet szerves, illetve szervetlen, emellett megkülönböztetik, hogy természetes eredetű vagy xenobiotikum. Az emberi tevékenységek során előállított toxikus anyagok nagyrészt hasonlóak szerkezetűek, mint a természetben található, az eltérő mennyiség és használat miatt azonban negatív hatásokat válthatnak ki. A vegyi anyagok általános kockázatát, előrejelzés formájában fogalmazzák meg egy fiktív környezetre. A kiválasztott toxikológiai, illetve ökotoxikológiai tesztek eredményeinek extrapolálásával előrejelzések készíthetők az adott anyag lehetséges hatásairól az ökoszisztémára és az emberi szervezetre. Ennek jellemzésére egy a károsan még nem ható koncentrációs küszöbértéket használnak, az úgynevezett PNEC (Predicted No Effect Concentration) értéket (GRUIZ ET AL., 2001). A toxicitás egy adott anyag rövid, illetve hosszú távon kifejtett káros hatása valamely biológiai szervezetre. Mértéke az egységnyi koncentráció által kifejtett negatív hatás. Egy elem mérgező hatását befolyásolják a környezetben előforduló egyéb elemek, a fizikai kémiai hatások és az expozíció időtartama. Adott koncentráció alatt az élőlény nem reagál a szervezetébe került nehézfémre, biológiai úton nem képes annak lebontására, így az probléma nélkül halmozódik fel. A toxicitás egyéb feltételei az adott vegyület oldhatósága, ionos állapota, oxidációs foka, diszperzitása és az eloszlása (SZEGEDI, 2011).

A XIX. században bekövetkezett ipari forradalom hatására egyre nagyobb mennyiségben kerültek toxikus nehézfémek a környezetbe, melyek napjainkra az egyik legsúlyosabb környezetet károsító elemek közé tartoznak. A nehézfémekkel történő elszennyeződés egyaránt érinti a talajt, talajvizet, felszíni vizet, és a levegőt, melynek hatására a környezet nagymértékben károsodik, és kihat a legtöbb organizmus életműködésére. A probléma fő kiváltója, hogy a nehézfémek biokémiai úton nem bonthatók le, felhalmozódnak, akkumulálódnak az élő organizmusok szöveteiben, és veszélyeztetik azok biológiai funkcióit, hosszútávon pedig a teljes táplálékhálózatra fejtik ki toxikus hatásukat (LÁNG I., 2002).

A toxikus nehézfémek egészségügyi szempontból azért veszélyesek, mert a növényi és állati rendszerekben feldúsulhatnak, fiziológiai hatást viszont csak akkor fejtenek ki, ha elérnek egy bizonyos koncentrációt.

A higany az egyetlen Földön fellelhető fém, mely szobahőmérsékleten folyékony halmazállapotú. A higany fellelhető a szárazföldön, légkörben, felszíni és felszín alatti vizekben. A légkörben elemi állapotban található (Hg^0), a talajban, vízben, és a biológiai szervezetekben szervetlen sók -kloridok, -jodidok, -oxidok, -szulfidok formájában és ritkábban szerves formákban metil-higany (CH_3Hg^+), etil-higany ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Hg}^+$), és fenil-higany ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Hg}^+$) sókként fordul elő. A szervetlen higany +1 és +2 oxidációs állapotban létezik. A szerves higanyvegyületek lehetnek kovalens kötésűek, mint a metil-higany, etil-higany, dimetil-higany, vagy szerves vegyületekkel alkotott komplexei. A levegő higanytartalma $1,3 \text{ ng/m}^3$ - 3 ng/m^3 közé tehető, utóbbi jellemzően fejlett országok területein. A természetes vizek

higanytartalma körülbelül 50 ng l⁻¹, az esővizeké 2-20 ng l⁻¹ között mozog. A Földkéreg különböző rétegeiben a higany elemi állapotban található meg, főleg HgS ásványok formájában. A mélyebb rétegekben 21, a felszínhez közelítve 56 ppb koncentrációba lelhető fel (YUDOVICH ET AL. 2005, WEDEPOHL, 1995).

A talajban fellelhető higany illékony, oldható (hidroxid, klorid, szerves komplex) és nem oldható (metil, szulfid, humusz-komplex) formákban fordulhat elő, amik a különböző reakciók során egyéb vegyületekké alakulhatnak át. Légnemű módosulatai (higanygőz, metil-higany) a legmérgezőbbek, melyek adszorbeálódnak az ásványi és szerves kolloidok felületén. A higany komplexkötésbe lép a szerves anyagokkal, ami meggátolja a higany párolgását és növényzet számára történő felvételét. Abban az esetben viszont, ha a talaj pH értéke négy alá csökken, az addig stabil komplexkötések meggyengülnek, elősegítve ezzel a higany mobilizációját. A növények a felvett higanyt a gyökérzetükben halmozzák fel. A higanyszennyezéstől mentes növények higanytartalma átlagosan 1-100 µg/kg között mozog. A 0,5 mg/kg higany koncentrációnál már növekedés visszaesés figyelhető meg a higanyra érzékenyebb növényeknél. A higanymérgezés hatással van a növények fotoszintézisére, vízgazdálkodásukra, és zavarokat indukál a fehérje anyagcserében (SZEGEDI, 2011).

Vizsgálati anyag és módszer

A talajban található mikroorganizmusok és növények jól reprezentálják a különböző mérgező anyagok jelenlétét. Az egyes növények, melyek a táplálék lánc alján helyezkednek el, gyakran rendkívül érzékenyek a vegyi anyagokra, melynek hatásai vizuálisan is megfigyelhetők. A növények sok esetben érzékenyebben reagálnak a különböző vegyi anyagokra, mint a baktériumok. A szennyezőanyagok gátolhatják a csírázást, a növényi szervek növekedését és a termés hozamát.

Vizsgálatainkban a higany(II)-szulfát (HgSO₄), higany(II)-klorid (HgCl₂), és a higany(II)-acetát (Hg(CH₃COO)₂), különböző koncentrációkban kifejtett gyökérnövekedést gátló hatását figyeltük meg a közönséges búza (*Triticum aestivum*) tekintetében. A kutatáshoz az MSZ 21978/8-85 számú szabvány nyújtotta az alapot, ami során a különböző hígítási sorok hatásait elemeztük a tesztorganizmusok gyökérnövekedésében létrejött változások alapján.

A vizsgálat elve, hogy a vizsgálandó anyagból folyékony fázisú, különböző arányú hígítási sort készítünk. A különböző koncentrációjú oldatokkal benedvesített szűrőpapíron az adott tesztorganizmus magjait csíráztatjuk. A magoknak azonos méretűnek és színűnek kell lennie, és el kell érnie a 95%-os csírázási potenciált. A vizsgálandó anyag mérgező hatására a kontrollcsoport gyökérnövekedésének és a szennyezőanyagnak kitett csoport gyökérnövekedésének arányaiból következtethetünk.

Vizsgálati eredmények értékelése

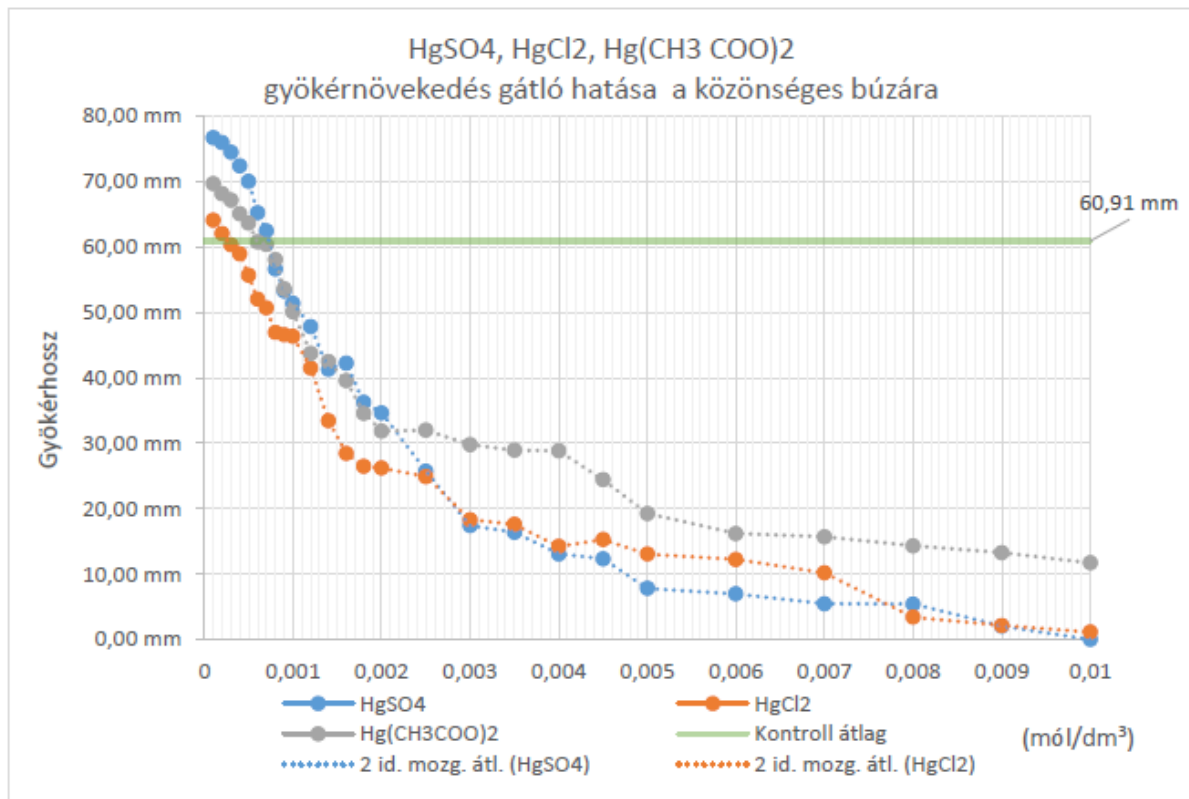
A következő grafikonon (1. ábra) higanyvegyületek okozta gyökérnövekedés-gátlást a kontrollközegben kicsírázott magvak gyökerének hosszúságához viszonyítva, százalékban adtuk meg, hígításonként a következő összefüggéssel: $X = ((K - M) / K) * 100$

Ahol: **K**: kontrollon nőtt növények gyökérhossza.

M: vizsgált mintán nőtt növények gyökérhossza.

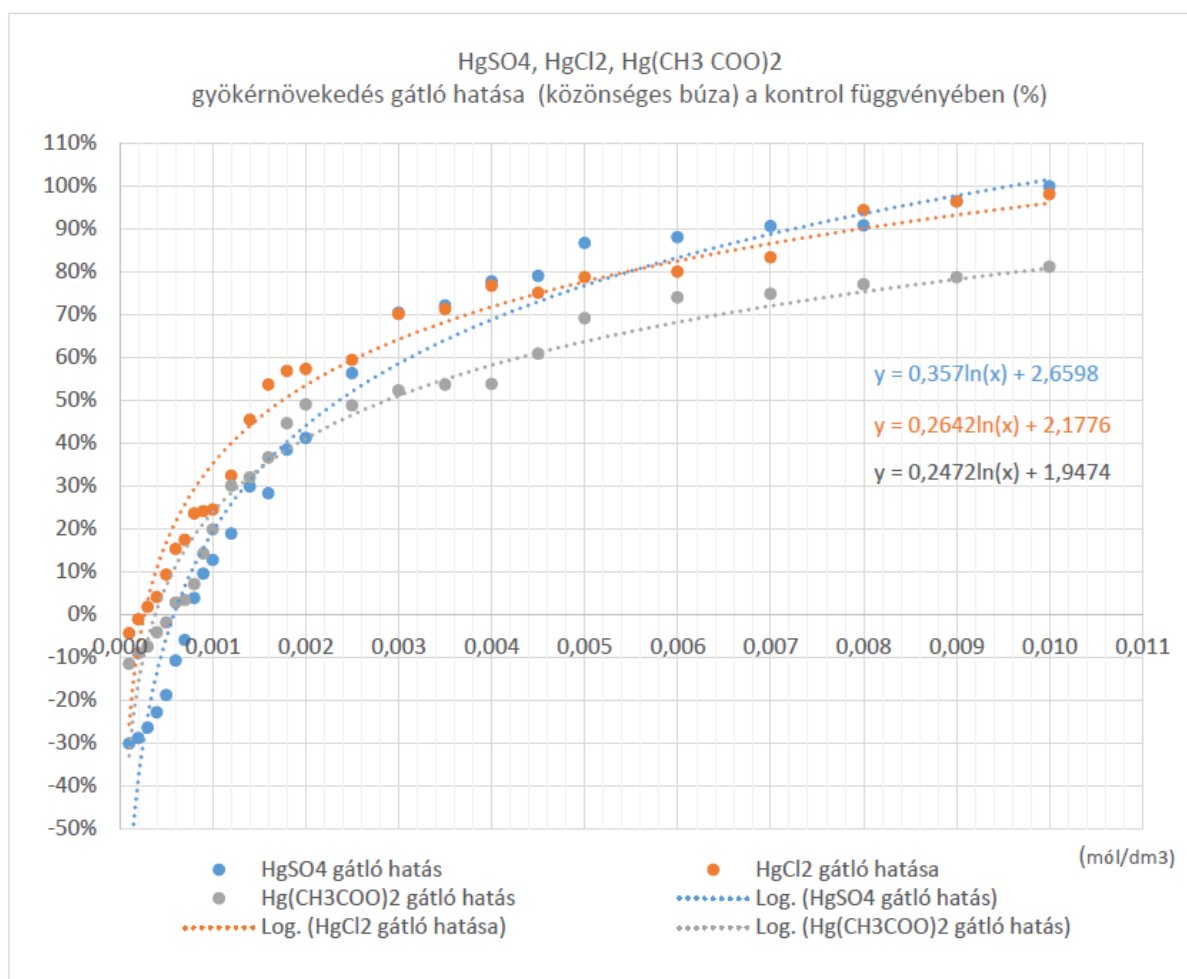
X: a gyökérnövekedés gátlás százalékban kifejezett értéke.

Hígítási sor révén a kontrollhoz viszonyított gátlási százalékokat az oldatkonzentráció függvényében ábrázoltuk, majd meghatároztuk az EC₂₀, EC₅₀, és az EC₉₀ értékeket, azaz a 20% 50%- és 90%-os gátlást okozó koncentrációt.



1. ábra A közönséges búza gyökérnövekedés eredményei

Az 1. ábrán a higany-szulfáttal (kék), higany-kloriddal (narancs), és a higany-acetáttal (szürke) kezelt közönséges búzamagok gyökérnövekedése figyelhető meg, amit mm-ben adtam meg a koncentráció függvényében. 0,01 és 0,008 mol/dm³ között a HgSO₄, HgCl₂ toxikus hatása közel egyenlő, a magok gyökérfejlődése csak minimális mértékben indult meg. Ennél gyengébb hatás figyelhető meg a Hg-acetátnál, ahol már 0,01 mol/dm³ koncentráció mellett is több mint 10 mm volt a vizsgált növény átlagos gyökérhossza. 0,002 mol/dm³ alatt mindhárom vizsgált higanyvegyület gyökérnövekedést gátló hatásában erőteljes csökkenést figyelhető meg. 0,002 és 0,001 mol/dm³ között a HgSO₄ és a Hg-acetát toxikussága közel azonos. 0,0006 mol/dm³ koncentráció mellett a higany vegyületekben csíráztatott magok eléri a kontroll csoportban mért átlagos gyökérhossz értékét. 0,0003 mol/dm³ koncentráció alatt mindhárom esetben serkentő hatás figyelhető meg a közönséges búza gyökérnövekedésében, aminek valószínűsíthető oka, hogy a tesztorganizmus fokozta a metabolikus folyamatait a mérgező hatásra reagálva. Az ábrán megfigyelhető, hogy míg magas koncentráció mellett a HgSO₄, gátolt a leginkább, addig alacsony koncentrációnál ennek a vegyületnek volt a legintenzívebb a serkentő hatása.



2. ábra A higanyvegyületek különböző koncentrációkban gyakorolt gyökernövekedést gátló hatása közönséges búzán (*Triticum aestivum*), a kontrollcsoporthoz viszonyítva, %-ban

A 2. ábrán a higany-szulfát (kék), higany-klorid (narancs), és a higany-acetát (szürke) hígításonkénti gyökernövekedést gátló hatása látható a közönséges búzára, a kontroll közegben kicsírázott magvak gyökerének átlagos hosszúságához viszonyítva, százalékban megadva. A legtöményebb 0,01 mol/dm³-es koncentráció mellett a HgSO₄ és a HgCl₂ esetében 100%-os volt a gyökér növekedést gátló hatás, míg a Hg(CH₃COO)₂ ennél jóval kevésbé, 80%-an gátolt csak. Ez a tendencia 0,01 mol/dm³ és 0,004 mol/dm³ között változatlan, ami mellett a HgSO₄ és a HgCl₂ közel azonos mértékben volt toxikus. 0,004 mol/dm³ alatti koncentrációnál a HgSO₄ mérgező hatása fokozottan csökken a másik két higanyvegyülethez képest. 0,002 mol/dm³ koncentrációnál a HgSO₄ 42%-ban, a Hg(CH₃COO)₂ 50%-ban, HgCl₂ 58%-ban gátolt. A HgSO₄ estében a 0,0001 mol/dm³ koncentrációnál jelentős gyökernövekedést serkentő hatás figyelhető, meg ami elérte a 30%-ot.

Vizsgálataink során meghatároztuk a higany(II)-szulfát, a higany(II)-klorid, és a higany-acetát okozta gyökernövekedés-gátlást a közönséges búza testorganizmusokon. Az eredményeket hígításonként a kontroll közegben kicsírázott magvak gyökerének hosszúságához viszonyítva, százalékban adtuk meg. A kapott értékekhez logaritmikus egyenleteket rendeltünk, amik alapján kiszámoltuk a higanyvegyületek EC₂₀, EC₅₀, és az EC₉₀ értéket, azaz a 20% 50%- és 90%-

os gátlást okozó koncentrációt a tesztorganizmus vonatkozásában. Ennek eredményei az 1. táblázatban láthatóak.

1. táblázat A higanyvegyületek effektív (gyökérnövekedés-gátlás %) koncentrációi (EC_{20} , EC_{50} , EC_{90}) a közönséges búza vonatkozásában

	Effektív koncentráció	Közönséges búza
Higany(II)-szulfát	EC_{20}	0,0010 mol/ dm ³
	EC_{50}	0,0024 mol/ dm ³
	EC_{90}	0,0072 mol/ dm ³
Higany (II)-klorid	EC_{20}	0,0006 mol/ dm ³
	EC_{50}	0,0017 mol/ dm ³
	EC_{90}	0,0079 mol/ dm ³
Higany(II)-acetát	EC_{20}	0,0009 mol/ dm ³
	EC_{50}	0,0029 mol/ dm ³
	EC_{90}	0,0140 mol/ dm ³

Összességében megállapítható az 1. táblázat alapján, hogy a vizsgált higanyvegyületek erősen toxikus hatásúak, és már igen alacsony koncentráció mellett eléri az EC_{50} értéket a vizsgált tesztorganizmus függvényében.

Következtetések

Vizsgálataink során a közönséges búza (*Triticum aestivum*) magjaival végeztünk csírázás-gátlási teszteteket nehézfém-szennyezés kiértékelésére. Megvizsgáltuk a higany(II)-szulfát, higany(II)-klorid, és a higany(II)-acetát különböző koncentrációkban kifejtett gyökérnövekedést gátló hatását az említett tesztorganizmusokon. Munkánkhoz az MSZ 21978/8-85 számú szabvány nyújtotta az alapot, ami során a különböző hígítási sorok hatásait elemeztük a vizsgált növények gyökérnövekedésében létrejött változások alapján.

Első lépésként megvizsgáltuk a kereskedelmi forgalomban kapható búzamagok csírázó képességét. A statisztikai értékelés után megállapítottuk a csírázási potenciált, amit a további vizsgálatok során figyelembe vettünk. A pontosabb adatok, és a megbízhatóság érdekében a csírázási képesség megállapításához mintánként 25 db, így összesen 150 búzamag csírázását mértük meg csapvizés közegben.

A kísérlet folytatásaként a higany(II)-szulfát, higany(II)-klorid, és a higany(II)-acetát hatását vizsgáltuk meghatározott koncentrációkban, semleges közegben. Első lépésként meg kellett állapítani azt a higanyvegyülettel szennyezett oldat koncentrációt, amit a tesztnövény még képes volt tolerálni és gyökérnövekedés figyelhető meg. A 100%-os gátló hatást mindhárom vegyületnél 0,01 mol/dm³-es töménységű oldatnál érték el, így az ezeknél alacsonyabb koncentrációk gyökérnövekedés gátlását vizsgáltuk.

Az eredményeket hígításonként a kontroll közegben kicsírázott magvak gyökerének hosszúságához viszonyítva, százalékban adtuk meg. A kapott értékekhez logaritmikus egyenleteket rendeltünk, amik alapján kiszámoltuk a higanyvegyületek EC_{20} , EC_{50} , és az EC_{90} értéket. Összességében megállapítható, hogy a vizsgált higanyvegyületek erősen toxikus hatásúak, és már igen alacsony koncentráció mellett eléri az EC_{50} értéket a vizsgált tesztorganizmusok függvényében. A búza esetében jelentős gyökérnövekedés gátlás állapítható meg.

A növényekben kialakult higanyszennyezés hatására a vízgazdálkodásban, a fotoszintézisben és az anyagcserében is zavarok lépnek fel, ami összességében növekedés ill., hozamcsökkenést eredményez (SZEGEDI, 2011).

A vizsgálatok során kapott eredmények összhangban vannak a korábbi hasonló jellegű kutatások eredményeivel.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- GRUIZ K., HORVÁTH B., MOLNÁR M. (2001): Környezettoxikológia - Vegyi anyagok hatása az ökoszisztémára, Műegyetemi Kiadó, 4-23. p.
- LÁNG I. (2002): Környezet és természetvédelmi lexikon I-II, Akadémiai Kiadó, Budapest. 1256. p.
- SZEGEDI L. (2011): Toxikus nehézfém-szennyezés utóhatásainak vizsgálata barna erdőtalajon. Doktori (PhD) értekezés, Környezettudományi Doktori Iskola, Miskolc, 5-14. p.
- WEDEPOHL K. K. (1995): The composition of the continental crust, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59 1232-1271. p.
- YUDOVICH Y. E., KETRIS M. P. (2005): Mercury in coal: a review: Part 1. *Geochemistry. International Journal of Coal Geology*, 62 107. p

ANAEROB FERMENTÁCIÓS RENDSZER SZERVES ANYAG TÚLTERHELÉSE ÉS REGENERÁLÁSA

DOMINKÓ EMESE, BERKES ORSOLYA, RÉTFALVI TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

dominko.emese@uni-sopron.hu

Bevezetés

A szerves anyagok anaerob bomlásakor, illetve a biomassza zárt térben való elgázosításakor (erjesztés, rothasztás) baktériumok közvetítésével fejlődő gázt nevezzük biogáznak (VAJDA ÉS MTSAL, 2008).

A biogáz képződés folyamata négy szakaszból áll: hidrolízis, ecetsav képzés, savképződés, metánképződés. A hidrolízis során a nagy molekulájú szerves vegyületek lebontása történik, különböző enzimekkel. Ezt követi az ecetsav képződés, majd a savképződés szakaszában a baktériumok az egyszerűbb molekulákat építik le szén-dioxidra, hidrogénre, illékony zsírsavakra, alkoholokra és ketonokra. Az utolsó szakasz a metánképződés, mely során a baktériumok az előző szakaszban képződött anyagokból metánt és szén-dioxidot, kisebb mennyiségben ammóniát és egyéb gázokat állítanak elő (HÓDI, 2005).

Az anaerob fermentációs folyamatot befolyásoló tényezők:

Tápanyagok: Az alapanyag jellemzőiként az összetétel függvényében a szén/nitrogén arányt figyelembe kell venni. A mikroszervezetek sejtfehérjéinek felépítéséhez nitrogénre van szükség. Az alacsony nitrogén tartalom akadályozza a nagy szénmennyiség feldolgozását, a nagy nitrogéntartalom viszont ammónia felhalmozódáshoz vezethet. Ideális arányuk: 30:1. Hasonló szerepe van a foszfortartalomnak is. Az optimális szén/foszfor arány 150:1 (OLESSÁK ÉS SZABÓ, 1984).

Kémhatás: A fermentatív és metanogén szervezetek a semleges tartományban fejtik ki hatásukat a legkedvezőbben. A gyakorlat azt mutatja, hogy a bomlási folyamatok során felhalmozódó köztitermékek (szabad savak) hatására a pH érték savas irányba tolódik, ennek hatására a fermentatív szervezetek működése teljesen lelassul. Ha a savanyodási folyamatot időben észlelik, savfogyasztó anyagokkal az egyensúly helyreállítható (BARÓTFI, 2000).

Nedvesség: A mikroszervezeteknek szükségük van vízre az anyagcseréjükhöz, és ez a biokémiai folyamatok közege is. Ezért a tápanyag nedvesség tartalma is fontos tényező. A mikroorganizmusok élettevékenységéhez szükséges nedvesség meglehetősen széles tartományban mozog. Erjesztési kísérletek mutatják, hogy 0,1% és 60% között változhat a szárazanyag tartalom. A technológiát a gazdaságosságra is figyelve alakítják ki. Nedves-, félszáraz és szárazeljárások ismertek. Ezek közül legelterjedtebb a nedveseljárás (BARÓTFI, 2000).

Hőmérséklet: A mikroorganizmusok élettevékenységéhez szükséges élettelen környezeti tényező. A biogáz előállítás szempontjából szinte a legfontosabb faktor. Megkülönböztetünk mezofil ($T = 32-38\text{ °C}$) és termofil ($T = 55-58\text{ °C}$) eljárást (HÓDI, 2005).

Kémiai oxigén igény (KOI): A kémiai oxigénigény az az oxigén mennyiség, ami ahhoz szükséges, hogy a fermentációs tápanyag oxidálható komponenseit elégesse. Minden oxidálható szerves vegyület kémiaiilag teljesen eloxidálható szén-dioxiddá és vízzé. A KOI biztos mutatója a fermentációs alapanyag energiataralmának (URL 1).

Savkapacitás: A savkapacitás a rendszer pufferkapacitásának a mértéke. Minél magasabb a savkapacitás annál kevésbé gyorsan tud a kémhatás emelkedni vagy esni. A savkapacitást mmol/L vagy mg/L kalcium-karbonát (CaCO₃) egységben mérik (URL 1).

Ammónia: A fermentatív lebontás során, különösen a fehérjében gazdag tápanyagok esetében magas ammónium-ion koncentráció jöhet létre. Az ammónium-ion pH-függő egyensúlyban van az ammóniával, amely mérgezi a baktériumokat. Ha a pH növekszik, az egyensúly az ammónia irányába tolódik el. Az ammóniatartalom rendszeres ellenőrzése, problémamentes működést biztosít a biogáz üzemben (URL 1).

Ha a fermentáció hatékonyan folyik, akkor a fermentációs folyamat lépései, a sav képződése a hidrolízissel és a sav elbomlása a metánképződéssel egyensúlyban vannak. Viszont, ha a fent említett bármely tényező optimális értéke felborul, az a fermentiszap minőségének romlásához, illetve a gáztermelés mennyiségének csökkenéséhez vezethet.

Vizsgálati anyag és módszer

A kísérleteket laboratóriumi méretben a VDI 4630 német szabvány alapján hajtottuk végre félfolyamatos rendszerben. Az állandó mezofil (38 °C) hőmérsékletet vízfürdő biztosította.

Három kísérletet végeztünk (I.), (II.), (III.)

Mindhárom kísérletben különböző körülményeket hoztunk létre. Kezdeti lépésként az adaptációt követően szubsztrát túlterhelést hajtottunk végre annak érdekében, hogy szimuláljunk egy olyan állapotot, mely során a fermentorban a savképzés hirtelen megnő az acetogén baktériumok tevékenységének köszönhetően. Ez inhibíciós hatást fejt ki a metanogénekre és ebből kifolyólag a metántermelés jelentősen lecsökken. Azt vizsgáltuk, hogy milyen módszerekkel lehet a rendszert a lehető legrövidebb idő alatt regenerálni, stabilizálni a metántermelés. Ennek modellezésére tehát a túlterhelést követő állapot regenerálódását úgy próbáltuk elérni, hogy megvontuk a szubsztrátot és csak korpát adagoltunk (I. kísérlet), a kiindulási szubsztrát mennyiség 50%-át (II. kísérlet), illetve a III. kísérletben a kiindulási szubsztrát 50%-a mellett korpát adagoltunk. A korpa használatát az az elképzelés indokolta, miszerint a rostanyag bevitelével a gyorsan emészthető szénhidrátok helyett a cellulózbontó baktériumok ecetsav termelése nő, ez a folyamat azonban lassan megy végbe, tehát a savtermelés összhangba kerül a metanogének felhasználásával. További érv volt a korpa felületén a baktériumok számára kedvező megtapadási felület növelése is. Az I. és III. kísérletekben búzakupát alkalmaztunk.

Kísérleti elrendezés

A kísérletek során a szubsztrát adagolás naponta kétszer történt, reggel és este. Az alapanyag betáplálását egy speciális etetőcsonkon keresztül hajtottuk végre

I. kísérlet: Túlterhelés és korpával regenerálás. A mérés 24 napig tartott a maximális terhelést a 14. napon értük el, ezt követően kezdődött a regenerálás.

II. kísérlet: Túlterhelés és 50%-os szubsztráttal történő regenerálás. A kísérlet 16 napos volt a szubsztrát túlterhelést követően a 7. napon kezdtük meg a rendszer helyreállítását.

III. kísérlet: Túlterhelés és 50%-os szubsztráttal illetve regenerálás korpával. A harmadik mérés 13 napig tartott és a 8. napon kezdődött a leromlott rendszer kezelése.

A túlterhelés (alapanyag túladagolás) az egyes kísérletekben azt jelenti, hogy a fő szubsztrátként számon tartott kukorica szeszmoslék mennyiségét naponta 40-50%-kal emeltük mindegyik mérésorozat alatt addig, amíg a naponta mért összes savtartalom a 8-10 000 mg/L koncentrációt el nem érte. A kukorica szeszmoslékön kívül nyomelem kiegészítést is alkalmaztunk. A naponta termelődő gázmennyiség mérése laboratóriumi mikrogázórával és 1000 mL-es Tedlar® zacskóval történt.

Mintavétel, mintaelőkészítés

A fermentiszapból naponta 10 mL mintát vettünk. Ebből minden nap meghatároztuk a pH-t és az összes savtartalmat. A gázkromatográfiás méréseket szintén naponta végeztük. Emellett iszapkémiai paramétereket is mértünk, hetente kétszer, kémiai oxigén igényt (KOI), foszfor tartalmat és ammóniát. Ezeket az adatokat csak tájékoztató jelleggel használtuk fel.

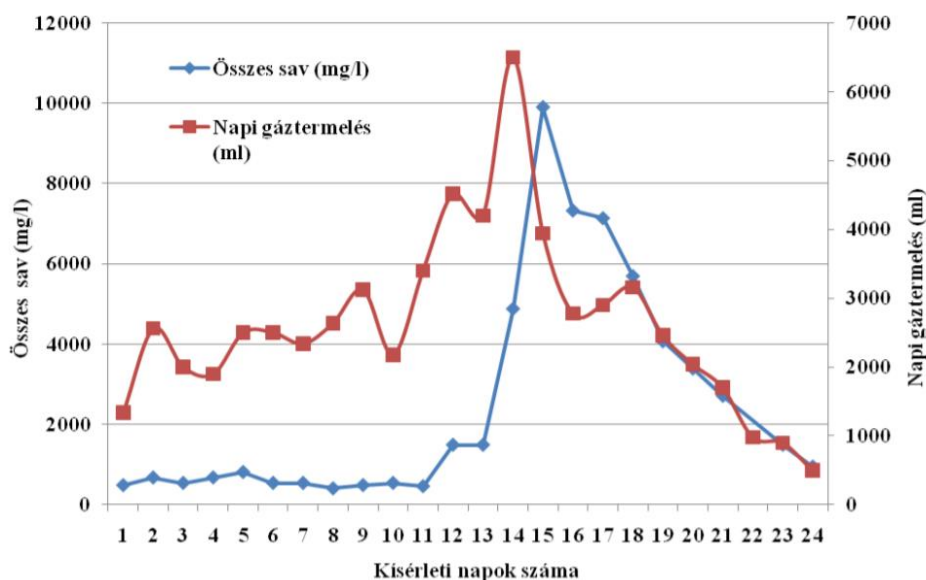
A mintavétel után az iszapot 6000/min-os fordulaton centrifugáltuk EBA 21 típusú készülékkel 10 percig, ez minden mérés előtt megtörtént.

Titrimetriás összes szerves sav (tVFA) meghatározás: A centrifugált iszapból először pH mérés történt, majd 5 ml mintát kivettünk egy 100 ml-es mérőpohárba. Hozzáadtunk 45 ml desztillált vizet. Ezután következett a titrálás, sósavat (HCl) adtunk hozzá 2-es pH-ig utána 0,1n nátronlúggal (NaOH) 4 pH-ra állítottuk. A buretta állást feljegyeztük, majd 5-ös pH-ig tovább titráltuk és a fogyást 4-5 pH között kiszámoltuk. A titrálás után képlettel történt a savtartalom számítás:

Összes sav = ((ml) fogyás 0,1 M NaOH (pH 4,0-pH 5,0) · 200) / 20 ecetsav egyenérték = összes sav · 60 (mg/l)

Vizsgálati eredmények értékelése

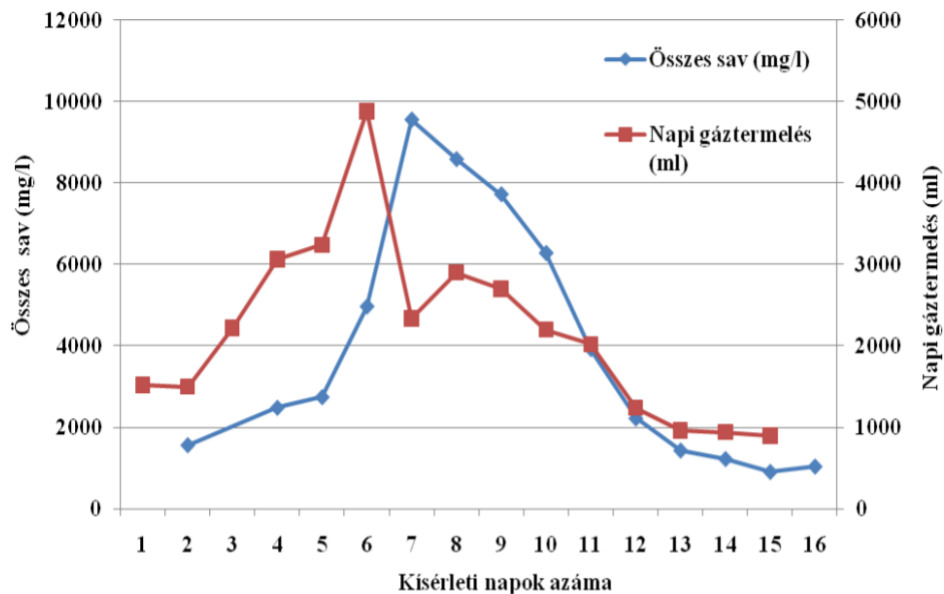
Túlterhelés és korpával regenerálás



1. ábra Napi gáztermelés és az összes savtartalom alakulása az I. kísérlet során

Az 1. ábrán jól látszik, hogy a 15. napon elértük a maximális szerves anyag terhelést, miközben a napi gáztermelés körülbelül a harmadára csökkent. A túlterhelés következtében az összes savtartalom több mint kétszeresére emelkedett. A túlterhelt állapot egyértelműen a savtartalom növekedését és a gáztermelés csökkenését okozta.

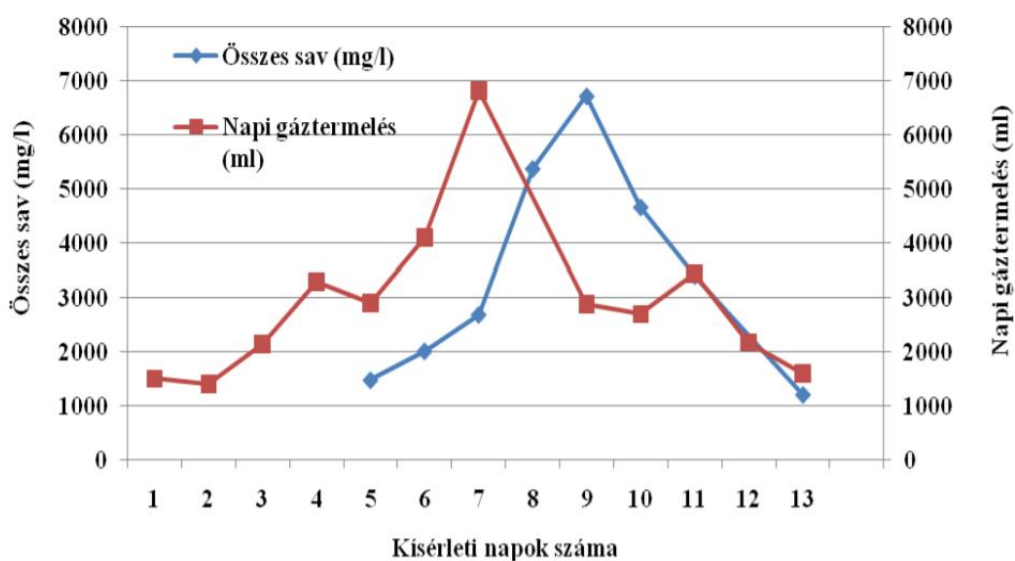
Túlterhelés és 50%-os szubsztráttal történő regenerálás



2. ábra Napi gáztermelés és az összes savtartalom alakulása a II. mérés során

A 2. ábrán látható, hogy a 7. napon elértük a legnagyobb szubsztrát terhelést. A túlterhelés következtében a napi gáztermelés felére esett vissza, a összes savtartalom duplájára nőtt. Itt is egyértelműen a túlterhelés okozta a rendszer instabillá válását.

Túlterhelés és 50%-os szubsztráttal illetve regenerálás korpával



3. ábra Napi gáztermelés és az összes savtartalom alakulása a III. kísérlet során

A 3. ábrán megfigyelhető, hogy miután a 8. napon elértük a maximális szerves anyagterhelést, az összes savtartalom közel háromszorosára emelkedett, míg a napi gáztermelés a felére esett. A fordított arányosság egyértelműen a szubsztrát túlterhelés következménye.

A mintákból elvégeztük a pH és az összes savtartalom meghatározását. A kapott eredményeket elemezve elmondható, hogy fordított arányosság áll fenn az összes savtartalom és a pH között. Ahol az összes savnak maximuma volt, ott csökkent le a pH mindkét esetben. Ez az összefüggés evidensnek tekinthető, de ugyanakkor a megállapításnak értelme van, mivel így bizonyítottnak vehető, hogy a pH értékek kialakításában a vizsgált kísérletek során a legnagyobb mértékben a szerves savak játszanak szerepet. A pH szint visszaesése a metanogén baktériumok aktivitásának csökkenését okozza, ami a metántermelés zavarát idézi elő.

A harmadik kísérletben nem olyan egyértelmű a pH és az összes savtartalom közötti összefüggés, mint a másik kettőben. Itt is megállapítható egy fordított arányosság, de a pH értékek sokkal nagyobb ingadozást mutatnak. Továbbá nagy különbséget jelent, hogy a pH értékek nem csökkennek 8 érték alá, sőt leginkább 8,4 és 8,8 között mozognak. Ennek az lehet az oka, hogy a maximális savtartalom alacsonyabb. Feltételezzük, hogy van egy küszöbérték, (savtartalom) ami alatt a pH nem változik jelentősen.

Következtetések

A méréseket laboratóriumi méretben, félfolyamatos anaerob fermentációban végeztük. Kiindulási lépésként szubsztrát túlterhelést hajtottunk végre, ezzel felborult a stabil lebontás, azaz a metántermelés lecsökkent a savtermelés megnőtt. A rendszer helyreállításának érdekében a következő módszereket alkalmaztuk: I. kísérletben megvontuk az alapanyagot és csak búzakupát adagoltunk, a II. kísérletben a kiindulási szubsztrát mennyiség felét adtuk, míg a harmadik kísérletben a kiindulási szubsztrát adagot felére csökkentettük és búzakupát is adagoltunk.

A rendszer ellenőrzése érdekében az alábbi paramétereket vizsgáltuk: az összes savtartalom (tVFA), pH és a napi gáztermelés.

A rendszer helyreállítására vonatkozó különböző szubsztrát mennyiségek alkalmazása között nem találtunk számottevő különbséget, mindegyik alkalmazhatónak bizonyult.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitérési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- HÓDI J.(2005): Biogáz termelés-hasznosítás, Előadás
(http://www.kvvm.hu/cimg/documents/CEU_el_ad_s_2005_10.25._Kvvm_k_zl_sre_2.ppt)
- JÜRGEN W., RALF K.: A rothasztó folyamatirányítása biogáz üzemből, Felhasználói jelentés
(http://www.hachlange.hu/countrysites/action_q/download;document/DOK_ID/14782557/type/pdf/lkz/HU/spkz/hu/TOKEN/EcRtVtDTtgYf2_FxXo2uapQqDaY/M/hz2nGw)
- OLESSÁK D.- SZABÓ L. (1984): Energia hulladékból, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- VAJDA B., NEMESTÓTHY N., GUBICZA L., BÉLAFINÉ BAKÓ K. (2008): Biometán előállítása membránok segítségével, Pannon Egyetem Műszaki Kémiai Kutató Intézet, Tanulmány, Veszprém
(<http://www.veab.mta.hu/upload/file/VajdaB.pdf>)

BIOGÁZ TERMELÉS SORÁN KULCSSZEREPE T JÁTSZÓ SZERVES SAVAK VIZSGÁLATA

DOMINKÓ EMESE, BERKES ORSOLYA, RÉTFALVI TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

dominko.emese@uni-sopron.hu

Bevezetés

Az anaerob lebontás folyamata egy többlépcsős, természetes biológiai folyamat, amely során különböző baktériumok együttműködésével egy stabil, önszabályozó rendszer jön létre. Lényege, hogy a szerves hulladék szén-dioxiddá és metánná alakul. A három fő baktériumcsoport, amelyek a lebontásban részt vesznek a hidrolitikus baktériumok, savképző baktériumok vagy más néven acetogén baktériumok és a metánképző vagy más néven metanogén baktériumok. Az acetogén baktériumok közvetlenül illózsírsavakat képeznek, amit más baktériumok acetátra és hidrogénre bontanak. Ezekből később metán és szén-dioxid képződik (STERLING ÉS MTSAI, 2001). Ebből is látszik, hogy az illózsírsavaknak rendkívül fontos szerepük van a metántermelés folyamatában, mivel ezek a vegyületek köztes termékként keletkeznek, meghatározzák a lebontás következő lépcsőjét. Ezért is elengedhetetlen az illózsírsavak összetételének ismerte az összes savtartalom belül.

A legfontosabb illózsírsavak: • ecetsav (2C): $\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$

- propionsav (3C): $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
- butánsav (vajsav) (4C): $\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$
- pentánsav (valeriánsav) (5C): $\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$
- hexánsav (kapronsav) (6C): $\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ [2.]

Számos tanulmány támasztja alá, hogy összefüggés van a biogáz üzem teljesítménye és az illékony zsírsavak között. A propionsavról több esetben is bebizonyosodott, hogy emelkedett a szintje mielőtt a sertéstartásból származó hulladékot (KASPAR ÉS WHURMANN, 1978), kommunális szennyvíziszapot (VAN DER BERG ÉS LENTZ, 1977), illetve élelmiszeripari mellékterméket (HILL ÉS MTSAI, 1987) kezelő rendszer meghibásodott. Hill és mtsai (1987) azt feltételezte, hogy 800 mg/L értéket meghaladó ecetsav koncentráció vagy 1,4-nél nagyobb propionsav-ecetsav arány idézhet elő meghibásodást a fermentorban. Hill és Holmbert (1988) mutatott rá, hogy az izosavak megfelelő indikátorok arra, hogy a biogáz termelő rendszer instabilitásának kezdetét jelezzék. Pullammanappallil és mtsai (2001) propionsav és butánsav koncentrációját vizsgálták, azok megbízható alkalmazhatóságukat a fermentációs folyamat instabilitásának jelzésére. Egy olyan anaerob rendszert vizsgáltak, amit szándékosan fenol (toxin) hozzáadásával zavartak. Azt tapasztalták, hogy a propionsav magas koncentrációja nem jelezte biztosan az anaerob lebontás folyamatának kiegyensúlyozatlanságát és ha propionsavat közvetlenül adtak a rendszerhez vagy köztes termékként képződött nem volt gátló hatása (URL I).

A gyakorlati tapasztalat azt mutatja, hogy a biogáz üzemek sokszor nem megfelelő kapacitással működnek, melynek következtében a konverzió nem optimális. Ennek hátterében leggyakrabban a metántermelés zavara húzódik meg, ami összefüggésben van a szerves savak minőségi és mennyiségi anomáliáival. Kutatásunkban célul tűztük ki, hogy a biogáz termelés

során kulcsszerepet játszó szerves savak minőségi és mennyiségi képét vizsgáljuk laboratóriumi körülmények között.

Vizsgálati anyag és módszer

A kísérleteket laboratóriumi fermentorokban hajtottuk végre a VDI 4630 német szabvány alapján. Az állandó mezofil (38°C) hőmérsékletet vízfürdő biztosította.

A kísérlet során a kiinduló helyzet a rendszer szubsztrát túladagolása volt annak érdekében, hogy szimuláljunk a hirtelen megugró savképződést, az acetogén baktériumok tevékenységének köszönhetően. Ez inhibíciós hatást fejt ki a metanogénekre (metántermelő konzorcium) ezáltal a metántermelés jelentősen lecsökken.

A fermentációs folyamatokat az illózsírsavak monitorozásával tudtuk nyomon követni (működési paraméter), amiket gázkromatográfiásan határoztuk meg. Ez a kísérlet sorozat azért bír kiemelt jelentőséggel, mert egy biogáz üzem esetében nagyon fontos a gyors közbeavatkozás, a metán termelés csökkenése vagy esetleg leállása minden esetben energiatermelési kieséssel és többletköltséggel jár.

Mintavétel, mintaelőkészítés

A fermentiszapból naponta 10 ml mintát vettünk ki. Ebből minden nap meghatároztuk a pH-t és az összes savtartalmat. A gázkromatográfiás méréseket naponta végeztük.

Gázkromatográfiás mérés előkészítése: A mintát 18000 /min-os fordulaton centrifugáltuk 10 percig. 250 µl-t kivettünk belőle. A méréstől függően a mintát 1,25 mL metil-alkohollal (MeOH) vagy 1,25 mL desztillált vízzel elegyítettük, majd 3 percig 18000/min-os fordulaton ismét lecentrifugáltuk. A metil-alkohol hozzáadása, azért szükséges, mert így a mintában lévő fehérjék kicsapódnak és a baktériumok elpusztulnak. A gondot az jelentette ebben az esetben, hogy a metanol-vizes mátrix nagyon gyorsan párolog, ezért a mérési paramétereket nagyon körültekintően kellett megválasztani.

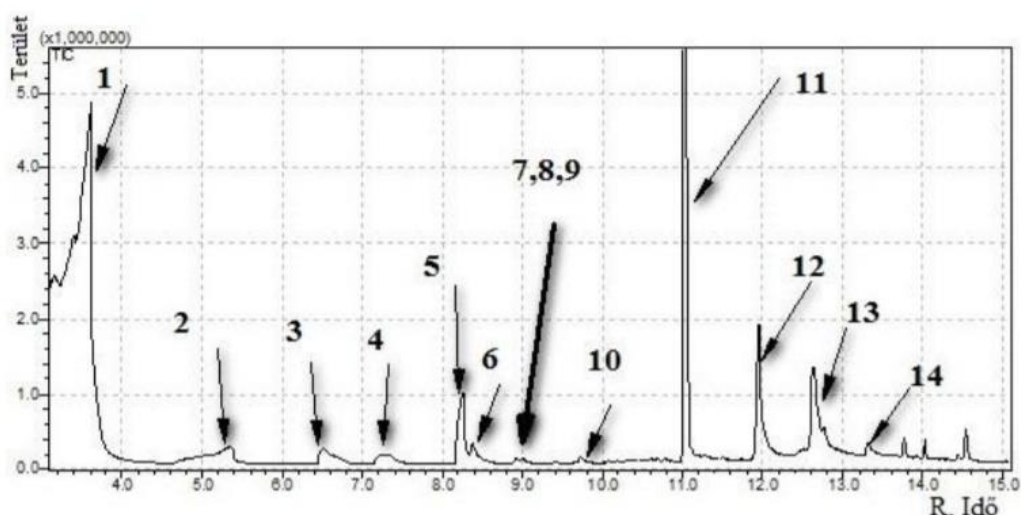
Gázkromatográfiás analízis

A különböző illózsírsavak vizsgálatát egy Shimadzu GC-MS QP 2010 típusú tömegspektrométerrel ellátott gázkromatográfjal mértük.

A kombinált rendszer azért előnyös, mert a GC elvégzi mindegyik komponens kvantitatív meghatározását, míg az MS egyértelműen azonosítja az összetevőket még bonyolult összetételű komplex rendszerek esetében is, így a teljes analízis lehetővé válik.

Vizsgálati eredmények értékelése

A gázkromatográfiás mérések során először a műszer által előállított kromatogramokra minőségi meghatározást hajtottunk végre. A kiértékelés során a retenciós idők alapján, a spektrum könyvtár segítségével azonosítottuk a komponenseket. A vizsgálandó minta MS spektrumát ismert standardanyagok azonos körülmények között regisztrált spektrumaival összevetve egyértelműen azonosíthatók az egyes molekulák (URL 2). A retenciós idő egy adott analátnak (a kromatográfia során elválasztandó anyag) a rendszeren való áthaladásához szükséges idő, azaz amíg a kolonna bemenetétől eljut a detektorig. Az 1. ábrán egy, a mérések során kapott kromatogram látható, amin 14 vegyületet sikerült azonosítani.



1. ábra A minták vizsgálata során azonosított vegyületek GC-MS kromatogramja(1: ecetsav, 2: propionsav, 3: 2-Me-propionsav, 4: butánsav, 5: 3-Me-butánsav, 6: 2-Me-butánsav, 7: pentánsav, 8: 2-Me-pentánsav, 9: izo-valeriánsav, 10: hexánsav, 11: 4-Me-fenol, 12: benzoesav, 13: fenil-ecetsav, 14: fenil-propánsav)

A kromatogramon látszik, hogy a mérés során nagy mennyiségben jelentkeztek aromás karbonsavak is az illózsírsavak mellett, melyek fontos szerepet játszanak az összes savtartalom alakulásában. Sok minta esetében tapasztaltuk, hogy a hexánsav helyén fenol jelentkezett (9,8 min retenciós időnél). Általában egy minta lemérése többszöri ismétléssel történt. Miután sikerült azonosítani a komponenseket a többi mintából a retenciós idők alapján kerestük a savakat, mivel a retenciós idők reprodukálhatók. Az ecetsavat és a propionsavat fragmens táblázat segítségével, az m/z molekulaion alapján különítettük el. Az ecetsavat 43 m/z, a propionsavat 74 fajlagos tömeg szerint határoztuk meg.

A következő lépés a mennyiségi meghatározás volt, amit ötpontos kalibrációs módszerrelhajtottunk végre.

A következő kalibrációs egyenleteket kaptuk:

- 2-Me-butánsav: $y = 17\,482x - 878\,837$

- butánsav: $y = 13\,654x - 852\,852$

- pentánsav: $y = 16\,795x - 1\,000\,000$

- 2-Me-propionsav: $y = 16\,072x - 842\,439$

A többi beazonosított vegyületre a nagy szórásértékek (ecetsav, propionsav), illetve a megfelelő tisztaságú sztenderdek hiánya (3-Me-butánsav, 2-Me-pentánsav, 4-Me-pentánsav, hexánsav, 4-Me-fenol, benzoesav, fenil-ecetsav, fenil-propánsav) miatt a relatív mennyiségi meghatározást célszerűbbnek találtuk.

A relatív mennyiségi meghatározás a csúcs alatti területek alapján történt, úgy, hogy mindegyik vegyületnél a kísérlet első napján mért csúcs alatti terület értéket vettük 100%-nak és ehhez képest számoltuk ki a többi értéket. A csúcs alatti terület és a csúcshoz tartozó komponens koncentrációja arányos egymással.

Következtetések

Az illózsírsavakkal kapcsolatban összességében megállapítottuk, hogy jellemzően a túlterhelés időszakában keletkeznek, méghozzá úgy, hogy a rendszer helyreállítását követően jelentősen lecsökkennek vagy sok esetben teljesen lebomlanak. Ezek közül az ecetsav vagy a propionsav volt jelen a legnagyobb mennyiségben, de együtt nem nőtt a mennyiségük. Megállapítottuk, hogy az illózsírsavak között az izosavak bírnak rendkívül fontos információ tartalommal. A kísérletek során megfigyeltük, hogy az izosavak mennyisége általában a túlterhelés után nő meg számottevően. Tehát az izosavak jelenléte utalhat arra, hogy a rendszer korábban túl lett terhelve. Az aromás karbonsavak az összes kísérlet során végig jelen voltak, és jelentősen ingadozott a mennyiségük. Ezek a savak nem adnak közvetlen információt a túlterhelésről, de az összes sav mennyiségi meghatározásában fontos szerepük van.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kiterjesztési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- FISCHER J.R., IANOTTI E.L., SIEVERS D.M. (1981). Anaerobic digestion of swine manures at various influent solids concentration. *Agric. Wastes* (6) 157-166.
- HILL, D.T., S.A., BOLTE, J.P. (1987). Using volatile fatty acid relationships to predict anaerobic digester failure. *Trans. ASAE*. (30) 496-501.
- HILL, D.T., HOLMBERT, R.D. (1988). Long chain fatty acid relationships in anaerobic digestion of swine manure. *Trans. ASAE*. (30) 496-501.
- KASPAR. H.F., WHURMANN. K. (1978). Production inhibition in sludge digestion. *Microbiol. Ecol.* (4) 241-248.
- PULLAMMANAPPALLIL P., CHYNOWETH D., LYBERATOS G., SVORONOS S. (2001). Stable performance of anaerobic digestion in the presence of a high concentration of propionic acid. *Bioresource Tech.* (78) 165-169.
- STERLING M.C. JR., LACEY R.E., ENGLER C.R., RICKE S.C. (2001). Effects of ammonia nitrogen on H₂ and CH₄ production during anaerobic digestion of dairy cattle manure. *Bioresource Tech.* (77) 9-18.
- VAN DER BERG, L.A., LENTZ, C.P. (1977). Anaerobic digestion of pear waste: laboratory equipment design and preliminary results. *J. Can. Inst. Food Technol.* (4) 159-165.
- waste. *Biol. Waste.* (23) 195-214.
- http://www.sci.u-szeged.hu/inorg/MS_segedanyag.doc (Letöltési idő: 2010.04.03.)
- URL 2 <http://hu.wikipedia.org/wiki/Kromatográfia> (Letöltési idő: 2010.04.03.)

HAZAI MÉZEK KÉMIAI ANALITIKAI VIZSGÁLATA

DOMINKÓ EMESE, RÉTFALVI TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

dominko.emese@uni-sopron.hu

Bevezetés

Társadalmunkban egyre nagyobb szerepet kapnak a természetes eredetű bio élelmiszerek, többek között a méz fogyasztása is. A megnövekedett érdeklődés következtében egyre több laboratórium és szakember foglalkozik a méz vizsgálatával, mivel mind a fogyasztók, mind a kutatók kíváncsiak az összetételére. Ugyanakkor az életmódunk változása, ezzel együtt a méz fogyasztásának fellendülése magával hozta a méz hamisításának elterjedését. Erre tág tér nyílik, tekintve, hogy a tudomány mai állása szerint a mézhamisítás bizonyos formáit bebizonyítani szinte lehetetlen. A méznek minden olyan tulajdonsága eredetfüggő, amelyek az árát is meghatározzák beleértve ízét, illatát, ásványi anyag összetételét, gyógyhatását, valamint a nektárforrást.

A szerves savak jelentősen befolyásolják a méz ízét, illetve minőségét. Mennyiségük a méz érése során folyamatosan nő, a hőkezelés és a hozzáadott cukrok hatására viszont csökken. Bár a mézeket savtartalmuk alapján megkülönböztetni nem lehet, a kémhatással és az elektromos vezetőképességgel együtt fontos alapját képezik a főkomponens elemzésnek és egyéb statisztikai módszereknek, amelyekkel megállapítható a mézhamisítás.

A méz elektromos vezetőképessége:

A vezetőképesség alapvetően a mézminták ion tartalmával hozható összefüggésbe, de mértékét ezen kívül befolyásolja még a cukoralkoholok koncentrációja, a fehérje, valamint a szerves sav tartalom. Priscila Missio da Silva és munkatársai (2016) szoros összefüggést találtak a pollentartalom és a monoflorás mézek elektromos vezetőképessége között. A vezetőképességet tekinthetjük egy olyan indirekt módszernek, amely alkalmas az ásványi anyagok meghatározására a mézmintákban az időigényes gravimetriás módszerek helyett. Továbbá a mézhamisítás kiszűrésére is használható, mivel elkülöníthetők egymástól a nektár és harmateredetű mézek, valamint az egyes mézfajták is (*URL 1*).

A Magyar Élelmiszerkönyv adatai szerint a tiszta mézminták vezetőképessége maximum 0,8 mS/cm lehet. Más tartományba kerülnek az édesharmat, valamint a szelídgesztenye mézek, mivel esetükben legalább 0,8 mS/cm az elvárt érték. Az előbb említett értékek alapján két csoportba sorolhatók a mézek vezetőképességük alapján, világos (akác-, selyemkóró-, napraforgómézek) és sötét színű mézek (hárs-, gesztenye-, édesharmat) (*URL 2*).

Czipa Nikolett (2010) 127 mézmintát vizsgált meg és arra a következtetésre jutott, hogy a mézek vezetőképességét leginkább a káliumtartalom befolyásolja, mivel a köztük lévő korrelációs együttható értéke nagyon nagy volt, a hozzá tartozó szignifikancia értéke pedig lényegében nulla. Ebből arra lehet következtetni, hogy a két változó közötti összefüggés nem véletlen, hanem valódi hatás eredményeként létrejött lineáris kapcsolat. Továbbá a pH-érték és a vezetőképesség között is figyelhető meg kapcsolat. Továbbá megállapította még, hogy a méz elektromos vezetőképessége szignifikánsan nő a kálium-tartalommal, ami pedig többek között atomabszorpciós spektrofotométerrel mérhető.

A méz pH-értéke és savtartalma:

A méz savassága a szerves savaknak köszönhető, melynek koncentrációja kisebb, mint 0,5%. A szerves savak a méz ízét erősen befolyásolják és sok esetben már a nektárban is jelen vannak, így az érlelés folyamán megnő a mennyiségük. A méhek garatmirigy váladéka is lehet szerves savak forrása. Leginkább a glükonsav járul hozzá a méz savasságához, mely a mézben található glükózból keletkezik a glükóz-oxidáz enzim segítségével, illetve egyensúlyban van a glukonolaktonnal. Továbbá más szerves savak is elősegítik a savasság kialakulását együttesen a szerves anionokkal. A hidroximetil-furfural (HMF) stabilitása kis pH értéken alacsony, bomlástermékei a hangyasav és a levulinsav. A HMF fény hatására már szobahőmérsékleten is bomlik, a mézben lévő fruktóz azonban késlelteti a HMF bomlását.

Számos növényi eredetű sav is előfordul a mézben, ilyen a foszforsav, citromsav, almasav, borostáynkősav, piroglutaminsav, pirolidon-karbonsav, malonsav. Bizonyos esetekben a mézben lévő mikroorganizmusok erjesztő hatására tejsav, vajsav és ecetsav is keletkezhet (*URL 2*).

A savas ízt az ásványi anyagok és a fehérjék, illetve az aminosavak pufferelik, ennek köszönhetően a 3,5-4,5 pH-értékű méznek egyáltalán nem érezhető a savas íze.

A méz pH-értéke nem tükrözi közvetlenül a sav tartalmát, mert a jelen lévő szerves és szervesetlen savak pufferrendszert alkotnak. A méz pH-ját a disszociált savak jelenlétén kívül befolyásolja még az elemtartalom, a mikroorganizmusok tevékenységének hatása, az enzimaktivitás és a textúra (*URL 1*).

A Magyar Élelmiszerkönyv előírása szerint a méz savtartalma legfeljebb 50 milliekvivalens/kg lehet, az ennél magasabb érték cukorbomlásra, erjedésre utal.

A mézben található savakat alapvetően 3 csoportba sorolhatjuk: szabad-, lakton-, és összessavra. Szabad savtartalom a méz vizes oldatában közvetlenül megtitrálható savak mennyiségét jelenti, amelyet milliekvivalens/kg-ban fejezünk ki. A mézben lévő szabad savak mennyisége széles határok között mozoghat és tárolás során nő, részben az élesztőgombák működése révén, részben a továbbra is aktív glükóz-oxidáz hatására. A lakton-savasság a méz glükóz tartalmából származó glükonsav mennyiségét jelenti, amely a glükono laktonnal van egyensúlyban, viszont lúgos közegben teljes mértékben glükonsavvá alakul. Mennyiségét milliekvivalens/kg-ban fejezzük ki. Az összes savtartalom a szabad savtartalomnak és a lakton-savasságnak az összege (*URL 3*).

A mézek szabad- savtartalma és lakton-savassága között nincs kapcsolat. A nagy szabad savtartalom nem jelenti azt, hogy az adott mintának a lakton-savassága is magas lesz, ezért előfordulhat az is, hogy nagyobb szabad savtartalmú méznek kisebb lesz az összes savtartalma, mint annak a mintának, melynek kisebb volt ugyan a szabad savtartalma, azonban a lakton savassága nagyobb (*URL 1*).

Vizsgálati anyag és módszer

Vizsgálatainkhoz különféle mono- és poliflórás mézeket használtunk fel (1. táblázat). A kutatáshoz igyekeztünk különböző megyék, illetve évjáratok mézeit összegyűjteni. A minták között szerepelt napraforgóméz (3 db), akácmez (4 db), repce méz (2 db), vegyes virágméz (8 db), valamint selyemkóró méz is (1. táblázat). A kapott méz mintákat lezárva, hűtőben tároltuk a vizsgálatok megkezdéséig.

1. táblázat A vizsgálatba bevont mézminták származása és évjárat

Mézfajta	Megye/Település	Évjárat
Akác	Zala megye, Botfa	2017
Akác	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2018
Akác	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2017
Akác	Zala megye, Szentlisló	2018
Napraforgó	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2018
Napraforgó	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2017
Napraforgó	Bács-Kiskun megye, Lajosmizse	2019
Repce	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2018
Repce	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2017
Selyemkóró	Csongrád megye, Rösztke	2019
Vegyes virágméz	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2017
Vegyes virágméz	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2018
Vegyes virágméz	Győr-Moson-Sopron megye, SOE Botanikus kert	2018
Vegyes virágméz	Győr-Moson-Sopron megye, SOE Botanikus kert	2019
Vegyes virágméz	Győr-Moson-Sopron megye, Harka	2019
Vegyes virágméz	Győr-Moson-Sopron megye-Somogy megye	2019
Vegyes virágméz	Zala megye, Szentlisló	2018
Vegyes virágméz	Boltban vásárolt	2019

A méz kémhatásának meghatározása:

A méz pH-jának meghatározását a MSZ 6943/3-80 számú előírás alapján végeztük el. A vizsgálathoz HANNA HI 2550 típusú pH-mérőt és HANNA HI131 típusú elektródot használtunk. 100 ml-es mérőlombikba 25 g mézmintát mértünk be (mivel a méz víztartalma körülbelül 20%), majd kevés desztillált víz segítségével feloldottuk és jelre állítottuk a lombikot, így 20,0 g szárazanyag tartalmú mézoldatot kaptunk.

A méz elektromos vezetőképességének vizsgálata:

A mézek elektromos vezetőképességének meghatározásához 20% méz-szárazanyagot tartalmazó desztillált vizes méz-oldatot készítettünk, az előbbi pontban leírt módszer alapján.

A meghatározáshoz OAKTON 510 típusú konduktométert és CONSEN91W típusú elektródát használtunk. A vezetőképesség meghatározása az elektromos ellenállás mérésén alapul, ami a vezetőképesség reciproka. A méréshez a vezetőképesség mérő cellát leöblítettük desztillált vízzel, majd az elektródát belemerítettük a mintaoldatba.

A méz savtartalmának (szabad sav, lakton-sav és összes savtartalom) meghatározása titrimetriáss módszerrel:

A módszer az AOAC 962.19 módszere és az IHC ajánlása alapján készült, amely alkalmas a mézben található szabad, illetve lakton formában előforduló sav mennyiségi meghatározására. A különböző mézmintákból 10 g-ot oldottunk fel 75 ml desztillált vízben egy 250 ml-es főzőpohárban..

A pH mérő elektródját belemerítettük a mézoldatba, majd 0,05 M NaOH-val 8,50 pH-ra titráltuk és feljegyeztük a NaOH fogyást. Ezután 10,0 ml 0,05 M NaOH oldatot kevertünk hozzá és visszatitráltuk 0,05 M HCl oldattal 8,30 pH értékig. . A mérés során pontos érték csak akkor kapható, ha titrálási folyamat két perc alatt végbemegy, különben a laktonok hidrolízise miatt a végpontban eltolódás tapasztalható.

Vizsgálati eredmények

2. táblázat *A vizsgált mézminták kémhatása és elektromos vezetőképessége*

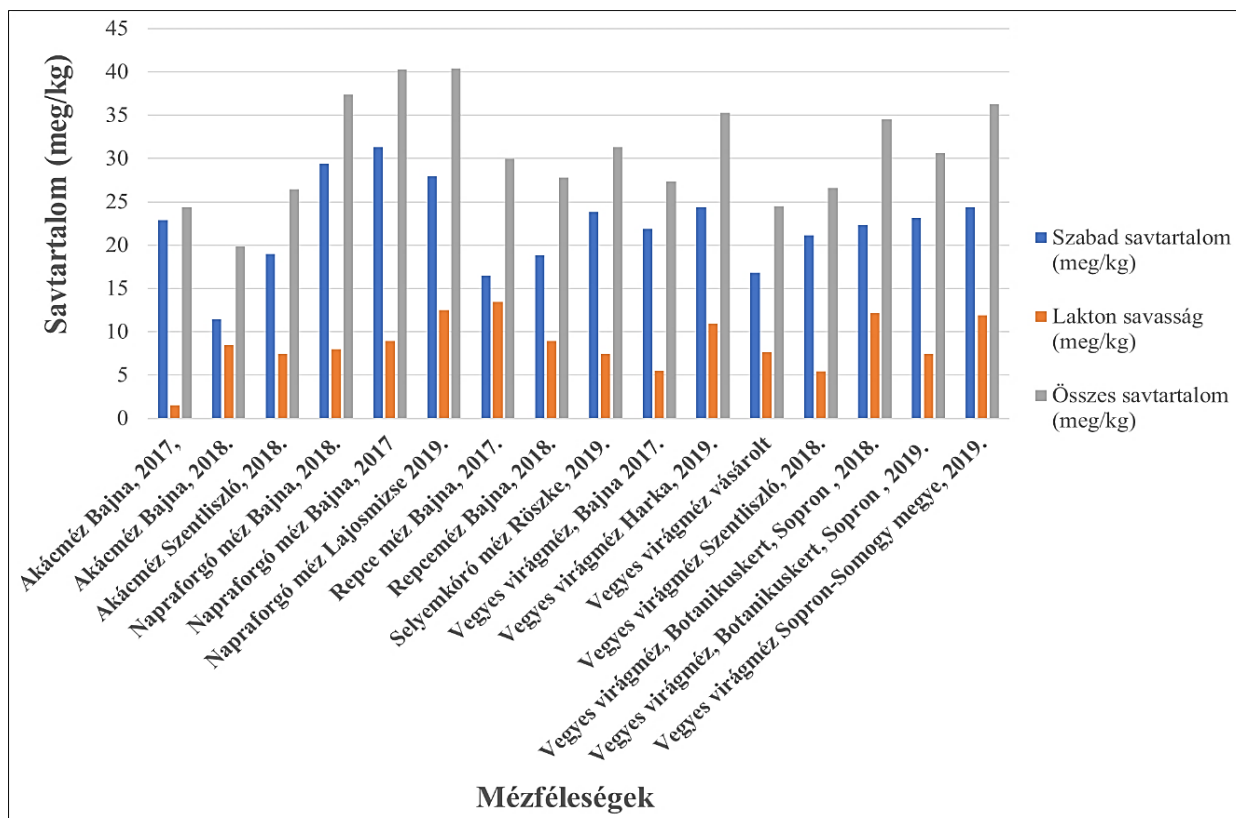
Méz minta	Kémhatás (pH)	Elektromos vezetőképesség (mS/cm)
Akácmez Bajna, 2017.	3,75	0,276
Akácmez Bajna, 2018.	3,82	0,28
Akácmez Szentlisló, 2018.	3,58	0,378
Napraforgó méz Bajna, 2018.	3,52	0,712
Napraforgó méz Bajna, 2017	3,49	0,688
Napraforgó méz Lajosmizse 2019.	3,47	0,849
Repce méz Bajna, 2017.	3,82	0,36
Repceméz Bajna, 2018.	3,69	0,385
Selyemkóró méz Rösztke, 2019.	3,51	0,593
Vegyes virágméz, Bajna 2017.	4,16	1,533
Vegyes virágméz Harka, 2019.	3,84	0,838
Vegyes virágméz vásárolt	3,65	0,465
Vegyes virágméz Szentlisló, 2018.	3,64	0,437
Vegyes virágméz, Botanikus kert, Sopron, 2018.	3,88	0,627
Vegyes virágméz, Botanikus kert, Sopron, 2019.	4,08	1,271
Vegyes virágméz Sopron-Somogy megye, 2019.	3,56	0,845

A vizsgált mézminták kémhatásáról általánosságban elmondható, hogy a napraforgóméznek, illetve a selyemkóró méznek a legalacsonyabb a pH értéke, a legmagasabb értékeket pedig a vegyes virágmézek esetében mértünk (2. táblázat). A legalacsonyabb értéket a Lajosmizséről származó napraforgó méz mutatta (3,47 pH), a legmagasabbat pedig a 2017-es bajnai vegyes virágméz (4,16 pH). Az akácmezek kémhatása pedig 3,58 és 3,82 pH körül mozgott. A mérési eredmények alapján azt tapasztaltuk, hogy a monoflorás mézek közül a repcemézeknek van a

legmagasabb kémhatása. A vegyes virágmézek vonatkozásában a Szentlislóról származó, valamint a minőségellenőrzés szempontjából boltban vásárolt mézek mutatnak még viszonylag alacsony pH értéket, amely utalhat az akácméz magas jelenlétére az említett mintákban. A Soproni Egyetem Botanikus kertjében gyűjtött vegyes virágméznek és a 2017-es bajnai virágméznek nagyobb a pH értéke a többi mintához viszonyítva. Ennek oka lehet a különböző gyümölcsfák, a hárs, valamint a medvehagyma megjelenése a mézben. Azonban fontos megjegyezni, hogy a mézfajtákat pH értékük alapján nem lehet határozottan elkülöníteni. Elmondható továbbá, hogy a vizsgált mézminták kémhatása minden esetben megfelelt a szabványban leírt értékeknek.

Az elektromos vezetőképesség eredményei alapján, megállapítható, hogy az akácmézeknek, illetve a repcemézeknek a legalacsonyabb a vezetőképessége (0,270- 0,370 mS/cm), illetve a monoflorás mézek közül a napraforgónak a legmagasabb (2. táblázat). A Magyar Élelmiszerkönyv szerint az elektromos vezetőképesség értéke tiszta mézek esetében legfeljebb 0,8 mS/cm. Ennél magasabb érték csak a szelídgesztenye, illetve az édesharmat mézek esetében fordulhat elő. A mért minták közül a Soproni Egyetem Botanikus kertjében 2019-ben gyűjtött virágméz, valamint a 2017-es bajnai virágméz nem felel meg a szabvány kritériumainak, kiugróan magas értéket mutatnak a vezetőképesség vonatkozásában (1,271 és 1,533 mS/cm). Ennek oka lehet a szelídgesztenye méz jelenléte, illetve a méz magas káliumtartalma. A vegyes virágmézek közül a boltban vásárolt virágméznek, valamint a szentlislói virágméznek volt kiugróan alacsony a vezetőképessége. Az előbb említett mézek kémhatásukban, valamint színükben és egyéb paramétereikben is jelentősen eltérnek a fajta jellegzetességétől.

A vizsgált mézminták savtartalma



1. ábra A vizsgált mézminták szabad-, lakton- és összessav tartalma

Az 1. ábrán jól látszik, hogy lényeges különbségek vannak a különböző fajtamézek savtartalmának vonatkozásában, illetve az összes savtartalom két komponensének (szabad- és lakton savtartalom) aránya is jelentős eltéréseket mutat. Általánosságban elmondható a vizsgált mintákról, hogy a napraforgó mézeknek és a vegyes virágmézeknek a legmagasabb az összes savtartalma. Legalacsonyabb értékeket pedig a repce és akácmezek mutatják. Ezzel magyarázható, hogy a repceméz nem okoz savtúltengést a gyomorban, mint a napraforgóméz, amely a gyomorsavhiány pótlására kiválóan alkalmas. Kiugróan alacsony (az akácminták értékével azonos) mennyiséget tapasztaltunk a boltban vásárolt, valamint a Szentlislóról származó vegyes virágmézekben, melynek oka lehet az akácmez magas jelenléte a mintában, valamint a hőkezelés. Továbbá elmondható még, hogy az egy azon területről származó másik évben vett mintáknál minden esetben a régebbinek volt magasabb az összes savtartalma, így megállapítható, hogy az idő előrehaladtával nő a méz savtartalma. A szabad savtartalom, illetve a lakton savasság kapcsolatáról elmondható, hogy az összes minta esetében a lakton savasságnak lényegesen kisebb volt az értéke. A lakton- és szabad savtartalom százalékos eloszlásáról az egyes fajtamézek vonatkozásában nem találtunk összefüggést. A mért mintákról általánosságban elmondható, hogy az összes savtartalom 20-30%-át teszi ki a laktonsav. Az átlagtól eltérő rendkívül alacsony értéket mértünk a 2017-es bajnai akácmez mintánál (6%) és kiugróan magas értéket mutat a 2017-es bajnai repceméz (45%), valamint a 2018-as bajnai akácmez (42,5%).

Következtetések

Eredményeinkalapján elmondható, hogy az általunk vizsgált magyar termelői mézek mért paraméterei (savtartalom, pH, elektromos vezetőképesség) megfelelnek a hatályos egészségügyi és minőségi előírásoknak. Eltérő értéket csak a vegyes virágmézek (SOE Botanikus kert, 2019., Bajna, 2017.) elektromos vezetőképességének vonatkozásában találtunk, amely a gesztenyeméz magas jelenlétével magyarázható. A mérések során a legalacsonyabb értékeket az akác- és repcemézek mutatták, amelyek a legvilágosabb mézeink közé tartoznak. Alapvetően elmondható, hogy minél világosabb a méz annál kisebb mennyiségben tartalmaz biológiailag aktív komponenseket, így az emberi szervezet számára kevésbé értékesek. Méréseink során a mézminták kémhatása és savtartalma között nem tapasztaltunk szoros összefüggést, amely a pufferhatással magyarázható. Megfigyeltük még, hogy az azonos helyről származó, de más évjáratú fajtamézek savtartalma emelkedett az idő előrehaladtával.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- MISSIO DA SILVA, P., GAUCHE, C., GONZAGA, L.V., COSTA, A.C.O., FETT, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry* 196; 309-323.
URL 1 <https://dea.lib.unideb.hu/dea/bitstream/handle/2437/99459/ertekezes.pdf?sequence=5> (Letöltés dátuma: 2020. 08. 30.)
URL 2 http://phd.lib.uni-corvinus.hu/471/1/de_3584.pdf (Letöltés dátuma: 2020. 08. 30.)
URL 3 https://elemiszerlanc.kormany.hu/download/2/94/b1000/3-2-2009_1.pdf (Letöltés dátuma: 2020. 09. 02.)

HAZAI MÉZEK GÁZKROMATOGRÁFIÁS VIZSGÁLATA

DOMINKÓ EMESE, RÉTFALVI TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

dominko.emese@uni-sopron.hu

Bevezetés

A méz minősége érzékszervi tulajdonságaitól függ. A különböző növényekről, illetve területekről származó mézek általában más-más aromájúak és ízűek, mivel az érzékszervi tulajdonságokat a növény eredete határozza meg. A méz aromájának és táplálkozás-élettani értékének kialakításában illó és nem illó anyagok egyaránt szerepet játszanak. Az aromakép kialakításában elsődleges szerepet kapnak az illat- és a szaganyagok, így az aromakutatások célja ezen illó komponensek meghatározása. A mézek növényi eredetére utaló kémiai összetevők feltehetőleg a virágok illatanyagaiból kerülnek át a mézbe.

Az összetevők úgy jellemzik a különböző fajtamézeket, mint egy ujjlenyomat, továbbá felhasználhatók a különféle virágforrásokból származó mézek megkülönböztetésére, illetve a mézek növénytani és földrajzi helyére (MANYI-LOH ÉS MTSAI, 2011).

A méz aromaanyagai tömegükben ugyan nem számottevőek, de az élvezeti értékhez döntően hozzájárulnak. A nyelv ízlelő-bimbóin keletkezik az íz-érzet, amelyet az illékony, az orrban pedig a szag-érzet, melyet pedig az illó vegyületek okoznak. Az aroma-változást íz különbséggként észleljük, mivel agyunk az előbb említett érzeteket komplexen dolgozza fel. A mézben lévő cukrok, savak és illékony komponensek határozzák meg a méz ízét. A sav-és cukor komponensek között nincs számottevő különbség, ezért a méz ízét és aromáját gyakorlatilag a benne lévő aromaanyagok váltják ki. Az aromaanyagok főképp a nektár aromáit tükrözik, de a méhek szerepe sem elhanyagolható. A méz aromáját több vegyület komplex rendszere adja, melyek száma 50-250 között van. Az egyes illatanyagok egymáshoz viszonyított aránya azonban sok esetben fontosabb az illatkialakításban, mint az egyes komponensek hatása. Az aromaanyagok kémiai szerkezetük alapján az alábbi csoportokba sorolhatók:

Alkoholok (aromás és terpén alkoholok)

- Fenolok és származékaik (egyértékű, kétértékű fenolok)
- Aldehydekek (aromás, fenol-, terpén-, telített és telítetlen alifás aldehidekek)
- Ketonok (alifás, aromás és terpén ketonok)
- Szerves savak és származékaik, észterek, terpének (mono-, di- és triterpének)

(URL 2).

Mennyiségük csökkenő sorrendjében a virágok illó komponensei a következő csoportokba sorolhatók:

Terpénszármazékok: a természetben előforduló vegyületek egy kis, heterogén osztályát alkotják. Fontos szintetikus építőelemként szolgálnak az ízek, illatok, gyógyszerek és a tápanyagok előállításához. Az izoprén egységek száma alapján 5 csoportba sorolhatjuk őket: monoterpének, szeszkviterpének, diterpének, triterpének és tetraterpének. A monoterpéneket tekinthetjük a természetben előforduló leggyakrabban és legtöbbet vizsgált osztálynak. A biokémiai módosulások, mint a monoterpének oxidációja, vagy átrendeződése eredményezi a hozzájuk kapcsolódó monoterpenoidokat (*MANYI-LOH ÉS MTSAL, 2011*). A növényekben a terpénszármazékok C5-ös egységekből (izopentenil-pirofoszfát ill. izomerje) keletkeznek, a citoszolban a mevalonát metabolizmusban, valamint a plasztidokban a metil-eritriolfoszfát metabolizmusban. Az előbb említett alapegységekből több lépés után a terpén-szintáz állítja elő a hemi-, mono-, szeszkvi- és diterpéneket.

Aromás gyűrűs vegyületek: Az aromás vegyületek olyan telítetlen, gyűrűs vegyületek, melyekben váltakoznak a gyűrűt alkotó atomok közötti egyes és kettős kötések, és a molekula stabilitása nagyobb, mint ami e kötésekből következne. A sikiminsav útvonalon keletkeznek a növényekben az aromás aminosavak, ezek átalakulásával pedig a (fenilalaninból) a fahéjsav és származékai, valamint a flavonoidok, de itt keletkezik pl. a lignin is. A transz-fahéjsav átalakulása vezet a benzoésav és benzaldehid keletkezéséhez, ezek az aromás gyűrűs vegyületek kiinduló anyagai (URL 3).

Napjainkban a VOC vegyületek vizsgálatára a megfelelő előkészítés után általában valamilyen kromatográfiai módszert alkalmaznak. Az analitikai folyamatban a mintaelőkészítés a legidőigényesebb, és emellett a legtöbb hibalehetőséget magában hordozó lépés. Ma már egyre jobban elterjedtek az oldószermentes vizsgálatok, melyekre lehetőséget ad a gázkromatográfhoz on-line kapcsolódó úgynevezett gőztér analizátor, melyet széles körben használnak az illékony vegyületek meghatározására (*ROWE, 2017*).

Vizsgálati anyag és módszer

Vizsgálatainkhoz különféle mono- és poliflorás mézeket használtunk fel. A kutatáshoz igyekeztünk különböző megyék, illetve évjáratok mézeit összegyűjteni. A minták között szerepeltek napraforgóméz (3 db), akácméz (3 db), repce méz (4 db), vegyes virágméz (9 db), valamint selyemkóró és szelídgesztenye méz is (*1. táblázat*). A kapott mézmintákat lezárva, hűtőben tároltuk a vizsgálatok megkezdéséig.

Az illékony komponensek meghatározását a Kémiai Intézetben lévő GC-MS készülék segítségével végeztük el, amely lehetővé tette a szerves oldószermentes gőztéranalízis kivitelezését.

1. táblázat A vizsgálatba bevont mézek származása és évjárat

Mézminta	Megye/Település	Évjárat
Akác	Zala megye, Botfa	2017
Akác	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2018
Akác	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2017
Napraforgó	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2018
Napraforgó	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2017
Napraforgó	Bács-Kiskun megye, Lajosmizse	2019
Repce	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2018
Repce	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2017
Repce	Győr-Moson-Sopron megye, Harka	2019
Repce	Győr-Moson-Sopron megye-Sopron	2019
Selyemkóró	Csongrád megye, Rösztke	2019
Szelídgesztenye	Zala megye, Botfa	2016
Vegyes virágméz	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2017
Vegyes virágméz	Komárom-Esztergom megye, Bajna	2018
Vegyes virágméz	Hajdú-Bihar megye, Földes	2019.06.06
Vegyes virágméz	Hajdú-Bihar megye, Földes	2019.07.16
Vegyes virágméz	Zala megye, Botfa	2018
Vegyes virágméz	Győr-Moson-Sopron megye, SOE Botanikus kert	2018
Vegyes virágméz	Győr-Moson-Sopron megye, SOE Botanikus kert	2019
Vegyes virágméz	Győr-Moson-Sopron megye, Harka	2019
Vegyes virágméz	Győr-Moson-Sopron megye-Somogy megye	2019

Mintaelőkészítés: A mézminták előkészítéséhez 20 ml térfogatú mágneses kupakú üvegbe 4 g méz mintát mértünk be, ezt feloldottuk 2 g desztillált vízben és a kisózás céljából 0,5 g NaCl-t adtunk hozzá.

A méréshez SHIMADZU GCMS TQ8040 készüléket használtunk, a mintabevitel pedig AOC 6000 eszközzel történt.

A gőztéranalízis paraméterei: 20 perces inkubációs idő 80 °C-on, injektálás 90 °C-os fűtött tűvel, 500 µL mintatér fogat.

A gázkromatográf paraméterei:

- injektor adatai: 280 °C-os hőmérséklet, split injektor 0 split arány
- az alkalmazott oszlop paraméterei: TG-5MS (Thermo Scientific Co.) közepes polaritású kolonna

Az alkalmazott analízátor: egyszeres kvadrupól SCAN módban

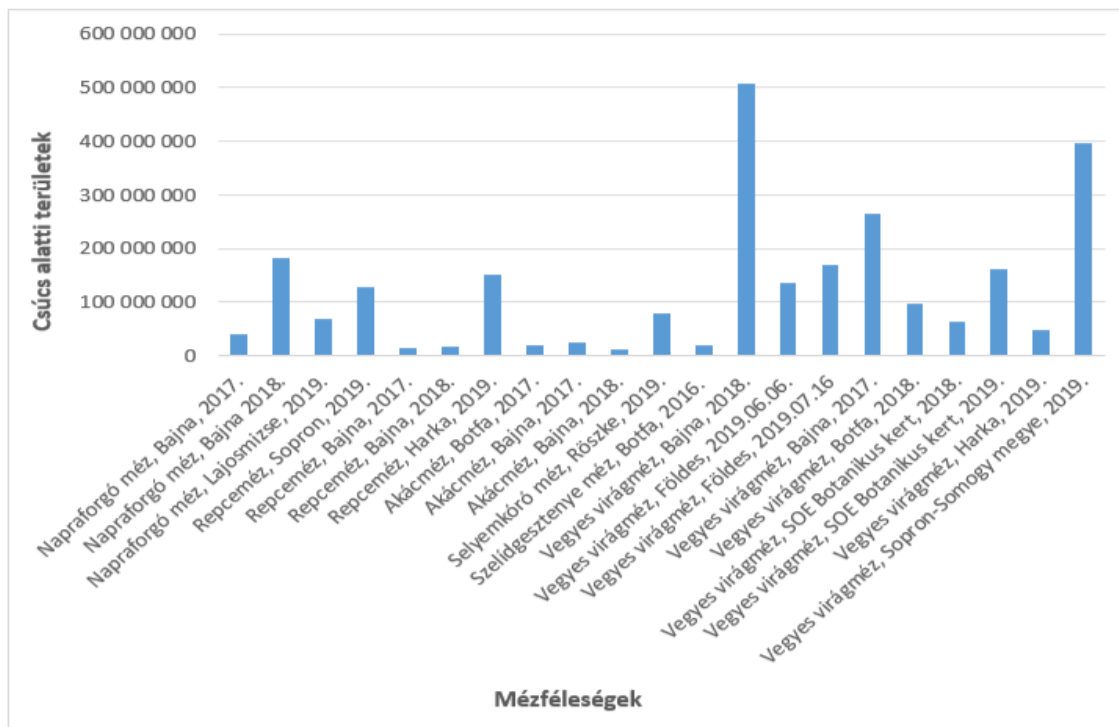
A kromatogramokon megjelenő csúcsok beazonosítását az általános eljárásnak megfelelően a WILEY 229 és a NIST 107 spektrumkönyvtárak segítségével a molekulaion ellenőrzésével és a legjellemzőbb fragmensek vizsgálatával végeztük el. Tekintettel a nagyszámú beazonosított komponensre a megfelelő sztenderdek hiánya miatt mennyiségi meghatározást nem végeztünk,

ugyanakkor a különböző minták mérési paramétereinek sztenderdizálásával lehetőség nyílt a beazonosított komponensek csúcs alatti területeinek összehasonlítására, ún. relatív mennyiségi meghatározásra.

Vizsgálati eredmények

Vizsgálatainkban az összes szerves illékony komponens (VOC) vizsgálatok közül a szakirodalomban meghatározottnak tekintett aldehidek, monoterpének és terpén alkoholokra koncentráltunk. Ezek a vegyületek a minták túlnyomó részében kimutathatóak voltak. A csúcsterületek nagysága alapján elmondható, hogy a nem-specifikus biomarkerek dominálnak a különböző méz típusokban (linalool, lilak alkohol, lilak aldehid). Hasonló következtetésre jutott Jerkovic és Kus 2014-ben publikált tanulmányában.

Általánosságban elmondható az általunk vizsgált mintákról, hogy a legtöbb összes szerves illékony komponens (VOC) a vegyes virágmézekben, a legkevesebb pedig a repce-és akácmézben volt jelen. Hasonlóan keveset találtunk a szelídgesztenye mézben is, azonban egyetlen mintából messzemenő következtetések nem vonhatóak le. Az 1. ábrán a csúcsterületek alapján látható, hogy a küllemre és ízre a repce mézekhez besorolt soproni és harkai minták esetében a bizonyított eredetű bajnai mézekhez képest magasabb VOC értékei megkérdőjelezik a minták fajtaméz besorolását. Ugyanis a magas VOC tartalom a vegyes virágméz jelenlétére utal. A fajtamézek csoportjában a napraforgó mézek rendelkeznek a legmagasabb VOC tartalommal. A vizsgált virágmézek összes VOC tartalma a vizsgált minták közül a legmagasabbak közé tartoznak, ugyanakkor az egyes minták között jelentős eltérések figyelhetők meg. Az idesorolt harkai virágméz alacsony VOC csúcsterülete az akácméz jelenlétét valószínűsíti, hasonló megállapítás tehető a 2018-as botanikus kerti virágméz esetében. (Mindkét minta esetében a mintavétel ideje, valamint a pergetések időpontja alátámasztja az előbbi feltételezést.)



1. ábra Az illékony szerves vegyületek relatív mennyisége a mézmintákban

A vizsgált minták VOC összetételében még az azonosnak tekinthető fajtamézek esetében is jelentős eltéréseket tapasztaltunk, emiatt megbízható következtetéseket nehéz levonni, vélhetően nagyobb mintaszám esetében könnyebb általánosabb összefüggéseket tenni. Ugyanakkor néhány megállapítás levonható a vizsgálati eredményekből, amelyek szakirodalmi adatokkal is összevethetők.

A napraforgó mézeknél az egy helyről származó 2 évjáratot hasonlítottuk össze, melyekről elmondható, hogy a monoterpének, illetve ezek származékai a terpén alkoholok teszik ki a legnagyobb mennyiséget. A más termőhelyről származó (*Lajosmizse*) napraforgóban kiemelkedő mennyiségű volt az egyéb besorolású vegyületek aránya, ennek oka a nagy csúcsterületű ciklobutanol és a farnezol. Ugyanakkor az összetevők alapján elmondható, hogy valószínűleg egyik sem tiszta napraforgóméz. A 2017-es Bajnáról származó mézben például találtunk valencén vegyületet, amely az aranyvesszőre (*Solidago*) jellemző. A Lajosmizséről származó napraforgómézben viszonylag nagy mennyiségben volt jelen a farnezol vegyületet, amely idegnyugtató hatású, általában a hársmez összetevője (URL 5).

Az akácmez minták VOC aránya igen eltérő arányokat mutatott, de hasonló bennük, hogy egyikben sem találtunk szeszkviterpéneket.

A vizsgált repceméz mintákban a monoterpének és a terpén alkoholok mellett kiemelkedő még az aldehidek magas aránya. A harkai repceméz, amelyet a kicukrosodása miatt soroltunk a repcemézek közé nemcsak az összes csúcsterület alapján, hanem a VOC összetételében is erősen eltér a fajtaméznek tekinthető mintáktól. Szintén kitűnik a Sopronból származó repceméz kiugróan magas szeszkviterpén aránya.

A vegyes virágmézek esetén kiugró VOC összetételt, rendkívül magas monoterpén származék arányt találtunk olyan mintánál, amely úgynevezett vándorló méhészetből származik (*Vegyes virágméz, Sopron-Somogy megye, 2019.*), itt a tulajdonos elmondása alapján Soprontól Somogy megyéig vándoroltak a méhek. A Soproni Egyetem Botanikus kertjében gyűjtött vegyes virágmézekben (*Vegyes virágméz, SOE, Botanikus kert, 2018.*; *Vegyes virágméz, SOE, Botanikus kert, 2019.*) pedig feltűnő a monoterpének minimális, szinte kimutathatatlan mennyisége, amely jelentősen eltér a többi vegyes virágméz összetételétől. A Földesről egy hónap különbséggel vett mézminták illékony komponenseinek összetétele jelentős hasonlóságot mutat, ami alátámasztja a mérési módszer megbízhatóságát. A Bajnáról egy év különbséggel kapott minták azonban nem mutatnak lényegi hasonlóságot. Ennek egyik oka lehet a méz összetételének fizikai-kémiai változása a tárolás során. Ezt alátámaszthatja Kaškoniené és munkatársai (2008) által publikált kutatás, amely során elemezték a frissen kapott mézmintákat, illetve a 3 hónapos tárolás után, majd megállapították, hogy jelentős mértékben (70%-kal) csökkent a VOC mennyisége a kömény és a fehér lóheremézben.

Következtetések

A VOC vegyületek vizsgálatára az általánosan alkalmazott gázkromatográfiás gőztés analízist alkalmaztuk tömegspektrometriás detektálással.

A beazonosított komponensek közül elsősorban az aldehidekre és a terpénvegyületekre fókuszáltunk, az alkalmazott analitikai technika segítségével az egyes minták között adott összetevő esetén úgynevezett csúcsterületekre alapozott relatív mennyiségi összehasonlítást tettünk. A minőségi analízis során tett megállapításaink összhangban vannak a szakirodalmakban olvasottakkal, ugyanakkor eltéréseket is megfigyeltünk. A fajtaméznek tekinthető minták esetében is találtunk olyan komponenseket, amelyek eltérő fajeredetre utalnak. A kis mintaszám miatt a mézminták eredete és az aromaanyag-összetétel között összefüggések feltárására csak korlátozottan volt lehetőség.

Eredményeink alapján elmondható, hogy az általunk vizsgált magyar termelői mézek VOC tartalmai megfelelnek a hatályos egészségügyi és minőségi előírásoknak.

A mérések során a legalacsonyabb értékeket az akác- és repcemézek mutatták, amelyek a legvilágosabb mézeink közé tartoznak. Alapvetően elmondható, hogy minél világosabb a méz annál kisebb mennyiségben tartalmaz biológiailag aktív komponenseket, így az emberi szervezet számára kevésbé értékesek. A vizsgált értékek figyelembevételével a VOC tartalomban a leggazdagabbak a vegyes virágmézek, amelyek színüket tekintve is a legsötétebbek voltak. Megfigyeltük még, hogy az azonos helyről származó, de más évjáratú fajtamézek VOC tartalma csökkent idő előrehaladtával.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

JERKOVIĆ, I., KUŠ, P.M. (2014). Terpenes in honey: occurrence, origin and their role as chemical biomarkers. RSC Advan. 60. (4); 31710-31728.

- KAŠKONIENÉ, V., VENSKUTONIS, V., ČEKSTERYTE, V. (2008). Composition of volatile compounds of honey of various floral origin and beebread collected in Lithuania. Article (PDF Available) in [Food Chemistry](#). 111 (4); 988-997.
- MANYI-LOH, CH.E., NDIP, R.N., CLARKE, A.M. (2011). Volatile compounds in honey: A review on their involvement in aroma, botanical origin, determination and potential biomedical activities. *Int J Mol Sci.*,12(12); 9514-9532.
- ROWE, A. (2017). Characterisation of Volatile Organic Compounds in New Zealand Honey. University of Otago (New Zealand). MSc thesis.
- URL 1 http://phd.lib.uni-corvinus.hu/471/1/de_3584.pdf (Letöltés dátuma: 2020. 06. 12.)
- URL 2 <http://www.magyar-mez.hu/tulajdonsag.html> (Letöltés dátuma: 2020. 06. 13.)
- URL 3 http://phd.lib.uni-corvinus.hu/400/1/amtman_maria.pdf (Letöltés dátuma: 2020. 06. 13.)
- URL 4 <http://www.date.hu/acta-agraria/2006-23/08HovanszkiD.pdf> (Letöltés dátuma: 2020. 06. 20.)
- URL 5 <http://www.csernamez.com/mez-fajtak/> (2020. 06. 20.)

KÖRNYEZETI TÉNYEZŐK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA A SZŐLŐVESSZŐ SZÉNHIDRÁT TARTALMÁRA A NYUGALMI IDŐSZAK ALATT

DOMINKÓ EMESE, BIRÓ BARBARA, RÉTFALVI TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

dominko.emese@uni-sopron.hu

Bevezetés

Kutatásunk célja a szőlőoltvány eredési rátájának növelése volt, annak érdekében hogy minél gazdaságosabban, minél nagyobb mennyiségben tudjanak a termelők ipari mennyiségű szőlőoltványt előállítani. A szőlőoltvány-ártermelésnek tömérdek technológiai változata ismeretes. Fő problémájuk a 20-80%-os eredési százalék-ingadozás, amelyet egyértelműen higiéniai és élettani okokra vezethetünk vissza (*EIFERT, 1981.*). A leghatékonyabb technika napjainkban talán az intenzív oltványtermesztés, mivel egyaránt illeszkedik a fizikai törvényszerűségekhez és a növény igényeihez, csökkentve ezzel az iparszerszerű termelés kockázatait. Sajnos még napjainkban sem ismerjük az eredményes szőlőoltvány-termesztés minden fiziológiai feltételét, de a kutatásoknak köszönhetően néhány alapvetően fontos információnak már a birtokában vagyunk, sőt bizonyos mértékig már szabályozhatjuk is ezeket.

A szénhidrátok szerepe a növények életében

A szacharidok az élő szervezetekben több szerepet is betöltenek. Energiaforrások, tápanyagraktárok, vázanyagok, illetve a biomolekulák építőkövei.

A cellulóz a legnagyobb mennyiségben található szerves szénvegyület a Földön. A magasabb rendű növények sejtfa is főként cellulózból áll. A fa több, mint 50%-a, a fiatal levelek 10%-a, az öregebbeké 20% cellulózt tartalmaz. A leggazdagabb cellulózforrás a gyapot, mely 90%-ot tartalmaz. A lignin és a hemicellulóz a cellulóz állandó kísérőanyaga.

A keményítő a magasabb rendű növények tartaléktápanyaga. 0,002-0,15 mm nagyságú szemcsék alakjában fordul elő, amelyek sűrűsége általában 0,5 g/cm³. Főként magokban, gumókban, hüvelyesekben található. A keményítő nem egységes vegyület, hanem két glükózipolimer, az amilóz és az amilopektin keveréke.

A tartalék tápanyagként szolgáló szénhidrátok szerepe a növényi sejtek működésében esszenciális. Egyrészt energiát biztosítanak a biokémiai reakciók fedezésére, továbbá az asszimilációs folyamatokhoz szubsztrátot biztosítanak, de szerepet játszanak olyan fiziológias sajátságok kialakításában is, mint például az ozmózis nyomás. Ez utóbbi a fagyási jelenségek elleni védekezésben is kulcsfontosságú. A fenti funkciók betöltésére elsősorban a kisebb molekulatömegű szénhidrátok szolgálnak, ezért a mono- di- és oligoszacharidok közötti átalakulás olyan dinamikus egyensúlyi folyamat, amely a növényi sejt egyik legmeghatározóbb tulajdonsága.

A növényi szövetek szénhidrát tartalmát a sejtek anyagcsere folyamatainak intenzitásán keresztül a környezeti paraméterek alapvetően meghatározzák. Számos szakirodalom foglalkozik a különböző növények vegetációs időszak, illetve a nyugalmi időszak alatti szénhidrát tartalmak nyomkövetésével (*KAMI ÉS MTSAI, 2011; MESA ÉS MTSAI, 2016; ZAPATA ÉS MTSAI, 2004*).

A szénhidrátok metabolizmusát a környezeti paraméterek közül a fényintenzitás, illetve a hőmérséklet határozza meg leginkább (*HANSEN ÉS MTSAI, 1978*).

A növényeknek szükségük van tartalék tápanyagra, ahhoz, hogy túléljék a téli fagyokat és, hogy tavasszal újra kirügyezhessenek. Az év különböző periódusaiban mindig más növényi szervben magasabb a keményítőkoncentráció, ősszel a gyökérzetben, tavasszal az ágakban (*REGIER ÉS MTSAI, 2010*).

A növények többségénél a hosszú távú hideg hatására leáll a növekedés, a fotoszintézis, illetve a szén körforgása. Az örökzöld fenyőfélék a hideg beállta után, vagy akár szinte az egész éves fagyban is képesek fejlődni. Hasonlóan van ez a hideg kultúras növényekkel, például az őszi búzával, vagy a káposzta repcével. Minél alacsonyabb a hőmérséklet, annál alacsonyabb a növekedési rátájuk is. A téli fagyok azokat az egyedeket érintik negatívan, amelyek alacsony szénhidrát tartalommal rendelkeznek (*HURRY ÉS MTSAI, 1995*).

Vizsgálati anyag és módszer

Vizsgálatainkhoz a Teleki-Kober Szőlőoltvány Kft. mintáit használtuk fel. Magyarországon ők először alkalmazták az asztalszerű művelést, mely lehetővé teszi a napsugárzás és a hő maximálás kihasználását. Ennek a technikának köszönhetően tökéletes minőségű, érett alanyvesszőt tudnak előállítani. A mintavételezés random mintázással történt, ami azt jelenti, hogy a törzsültetvényből mindig más alanyról kaptunk mintát a kutatáshoz. A 2016/17-es vizsgálati időszakban 14 db mintavételezés történt szeptember végétől április végéig. Február 10-ig a szabadban áttelelő szőlőtövekről történt mintavétel, az utolsó négy mintát pedig hűtőtárolóból kaptuk. A 2017/18-as időszakban 7 mintát vizsgáltunk meg december közepétől március végéig. Az első 5 mintát 5BB alanyról származott, míg az utolsó kettő hűtőházban tárolt SO4 típusú volt.

A Teleki-Kober Szőlőoltvány Kft.-nél négy különböző alanyvesszőből létesítettek törzsültetvényt: 5BB, SO4, 125 AA, Fercal. Az 5BB alanyról általánosságban elmondható, hogy jól gyökeresedik, gyökerei mélyre hatolnak, bő vesszőhozamú, erős növekedésű, jól adaptálódik, a talaj iránt nem igényes. Ezzel szemben az SO4 mésztűrő faj, jó vesszőhozamú, de a vesszők lényegesen vékonyabbak, a magas talajnedvességet jól tűri, főleg csemegeszőlő termesztésre alkalmas.

Minden mintavételnél 7 db töről kaptunk mintát, melyek 3 részre voltak osztva, eleje-, közepe-, és vége vesszőre, vagyis összesen 21 darab mintát dolgoztunk fel alkalmakként. A 7 darab köteg eleje-, közepe-, vége- mintát metszőolló segítségével külön-külön feldaraboltuk, közelítőleg 2 cm-es darabokra, majd kalapácsos daráló segítségével, 8 mm-es matrica használatával ledaráltuk (Maschinenfabrik GmbH & Co. KG). A frissen aprított mintát szitasorozat segítségével átrostáltuk, majd a további vizsgálatokhoz a 0,2-0,63 mm mérettartományú frakciót használtuk fel. A mintákat a további vizsgálatokig fóliába csomagolva hűtőszekrényben tartottuk.

Vizsgálati eredmények értékelése

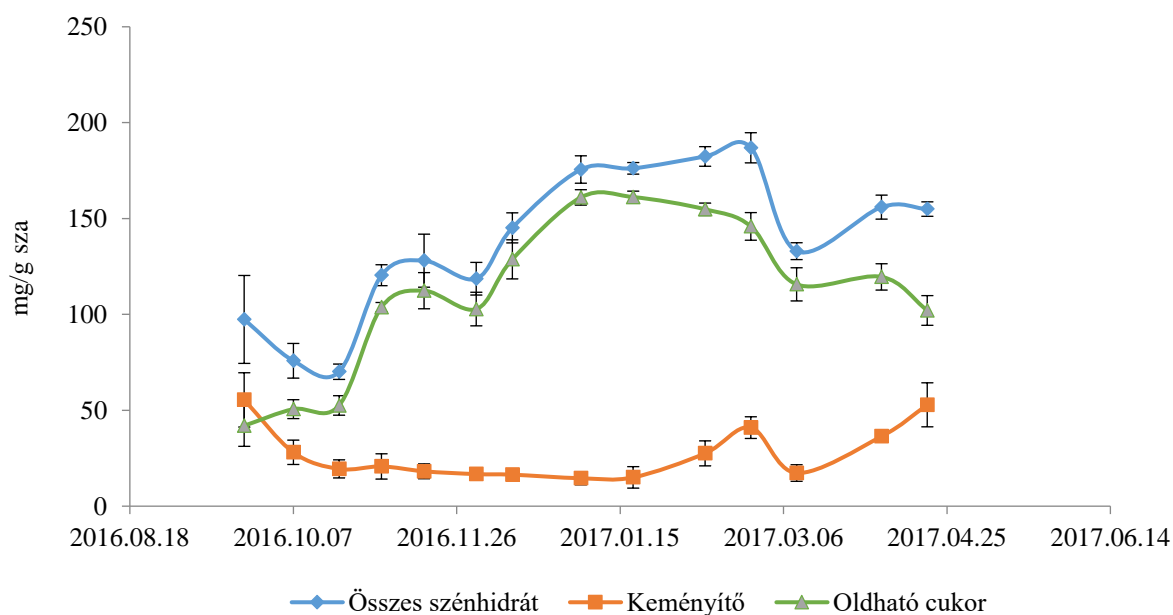
A szénhidrát tartalom változását az összes- az oldható és a kettő különbözeteként meghatározott keményítőtartalom alapján követtük. Az összes szénhidrát tartalomban a 2016-2017-es vizsgálati időszak alatt jelentős változás figyelhető meg; a vegetációs időszak végén csökkenés, majd a lombhullást követően egészen a kényszernyugalmi időszak végét jelentő február 24-ig növekedés figyelhető meg (*1. ábra*). Az október 21-ei időponthoz képest 116%-kal volt magasabb az összes szénhidrát tartalom. A tárolási időszakban a szénhidrát tartalom mintegy 30%-kal csökkent, majd enyhén emelkedett. Az előbb említett értékekkel szemben a 2017-18-as évben az összes szénhidrát tartalom a mélynyugalmi időszak után, január 4-én volt a legmagasabb, majd (február 1.) enyhe csökkenést mutatott. A kényszernyugalmi időszak végén

(február 15.) volt az összes szénhidráttartalom második maximum értéke, majd a tárolási időszakban folyamatosan csökkent.

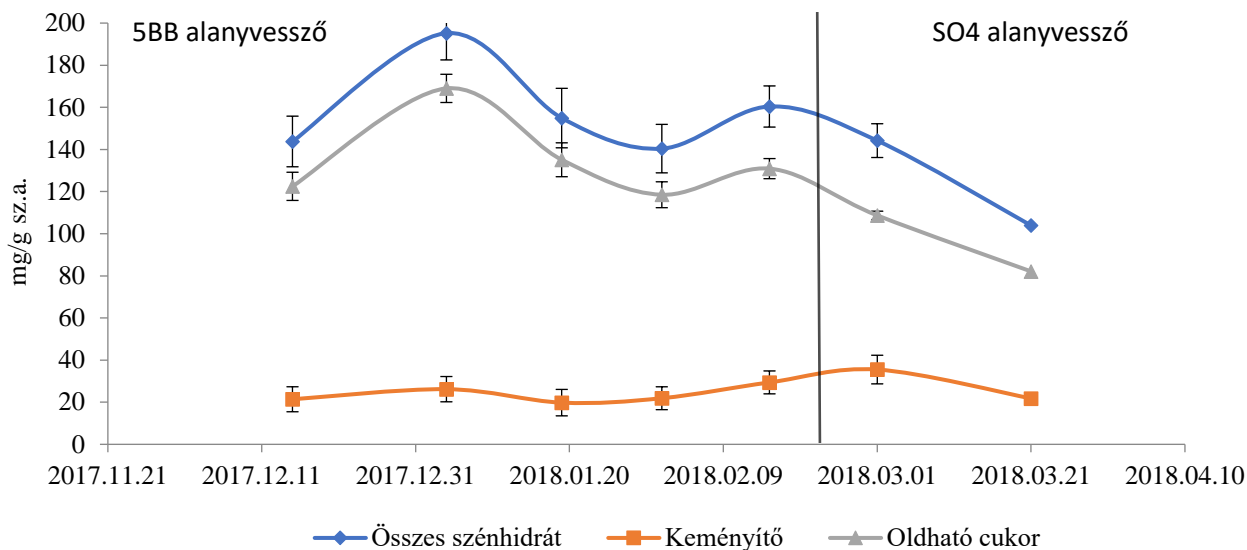
A 2016-17. vizsgálati időszakban az összes keményítőtartalom változásával megállapítható, hogy a vegetációs időszak végén több, mint 100%-kal csökken a keményítőtartalom, ami alacsony értéken stabilizálódik egészen a mélynyugalmi időszak végéig. Ezt követően jelentős ugrás volt megfigyelhető, ingadozva a vizsgálati időszak végéig a szeptember végi állapotot érte el. Az első vizsgálati időszakban a keményítő kismaximum értéke (február 24.) 3-szorosa volt a keményítőtartalom minimum értékének (január 3.). Ezzel szemben a 2017/18-as évben a keményítőtartalom értéke a kényszernyugalmi időszakban (január 19.) volt a legalacsonyabb, majd március 1-én 50 %-kal nagyobb értéket produkált, mely lényegesen alacsonyabb az előző évben tapasztaltaknál. A diagramokról (1., 2. ábra) továbbá leolvasható, hogy a második vizsgálati időszakban egy héttel később jelentkezett a keményítő kismaximum.

A rügyfakadás előtti keményítő kismaximum kialakítása a vegetációs periódus „önindító” folyamata. Míg nem kedvezőek a körülmények a növény, mint egy felhúzott rugó kész a robbanásszerű rügyfakadásra (EIFERT, 1981). Kedvező esetben a kismaximumot rövid időn belül a rügyfakadás követi, azonban az általunk vizsgált minták esetében megfigyelhető a vegetációs időszakra történő felkészülés elhúzódása, mely során a vessző eredési potenciálja csökken.

A kioldható cukortartalom változása ellentétes a keményítőnél tapasztaltakkal. A 2016/17-es időszakban a vesszőkben a kioldható cukortartalom a vizsgálat kezdetétől a mélynyugalmi időszak végéig (január 19.) négyszeresére emelkedett, majd mintegy 50%-os lassú csökkenést mutatott (1. ábra). A második vizsgálati időszakban az oldható szénhidráttartalom változása (2. ábra) hasonló tendenciát követett.



1. ábra A szőlővessző minták szénhidráttartalmának változása a 2016-17. vizsgálati időszakban



2. ábra A szőlővessző minták szénhidrát tartalmának változása a 2017-18. vizsgálati időszakban

Eifert 1981-ben szőlővessző kísérletei során azt tapasztalta, hogy a mobilizálható-szénhidrátok a vesszőben lombhullástól rügyfakadásig nem változnak számottevően, közel állandóak maradnak. A mi eredményeink egészen mást mutatnak. Az 1. és 2. ábrán jól látszik, hogy az összes szénhidrát tartalom nagy részét az oldható szénhidrátok teszik ki, csak nagyon kis része a keményítő. A keményítő illetve az oldható szénhidrát görbéje egymással fordított arányban változik. Míg a keményítő csökken a hideg hatására, addig a cukortartalom növekszik. A legelső méréskor 2016/17-ben (szeptember 22-én) még a keményítő volt jelen nagyobb koncentrációban 55,43 mg/g, az oldható szénhidrát pedig 41,97 mg/g volt. Az ezt követő mérések során a keményítő folyamatosan csökkent. A 2017/18-as évben is látványos az előbb említett változás. Az oldható szénhidrát értéke mindig emelkedett a hideg hatására a keményítő tartalom pedig csökkent.

A 2016/17-es év utolsó 4 méréséhez (február 24.-április 19.), a 2017/18-as év utolsó 2 méréséhez (március 1.-március 21.) hűtőházban tárolt mintákat használtunk. A környezet-, illetve hőmérsékletváltozás hatására ugrásszerűen lecsökkent a keményítő, az oldható szénhidrát, illetve az összes szénhidrát tartalom koncentrációja (március 14.-én), majd újra növekedésnek indult.

Következtetések

A növények számára nélkülözhetetlenek a tartalék tápanyagként szolgáló szénhidrátok, amelyek energiát biztosítanak a biokémiai reakciók lezajlásához, szubsztrátot biztosítanak az asszimilációs folyamatokhoz, de fontos szerepük van a fiziológiás sajátságok kialakulásában is. A szénhidrátok metabolizmusát a környezeti paraméterek alapvetően meghatározzák, ezek közül a fényintenzitás és a hőmérséklet a leglényegesebbek. A keményítő lebontása enzimkatalizált folyamatok szerint történik, lezajlásáért feltehetően a béta-amiláz enzim a felelős. Az alanytermesztés során az oltvány eredéséhez szükséges, hogy a szaporításra felhasznált vessző rendelkezzen elegendő biológiai energiával, és olyan fiziológiai állapotban legyen, hogy a raktározott biológiai energiát mozgósítani is tudja. A mérésekből jól látszik, hogy az összes szénhidrát tartalomnak nagy része oldható szénhidrát formában jelent meg, keményítő csak kisebb részét tette ki. Összességében elmondható, hogy az eleje vesszőben

mérhető a legkevesebb oldható szénhidrát-tartalom, a legtöbb a közepe vesszőben, a keményítőtartalom pedig a vége vesszőben jelentős.

Általánosságban elmondható, hogy a 2017/18-as időszak eredményei hasonló tendenciát követnek a 2016/17-ben tapasztaltakkal, ugyanakkor jelentős különbségeket is megfigyeltünk, amelynek valószínűleg a két vizsgálati év eltérő hőmérsékleti adatai lehetnek az okai. A 2017/18-as évben a keményítő kismaximumnak jóval alacsonyabb értéket produkált, illetve később jelentkezett. Az adatokból továbbá megállapítható, hogy az oldható szénhidrát-tartalom emelkedik, míg a keményítőtartalom pedig csökken a hideg hatására. A mért eredményekből arra következtethetünk, hogy ahhoz, hogy tavasszal megindulhasson a rügyfakadás a keményítőnek a szőlő eleje vesszőjében kell felhalmozódnia. Ahhoz pedig, hogy ne fagyjanak el, túléljék a mélynyugalmi állapotot a közepe-, illetve vége vesszőnek kell jelentős mennyiségű keményítőt raktározni. Megfigyeltük továbbá, hogy a keményítő kismaximum után jelentősen lecsökkent a szénhidrát-tartalom főleg a 2017/18-as vizsgálati időszakban, ami miatt az eredési százalék is kedvezőtlenebb. Alátámasztottuk, hogy a szénhidrátkészlet folyamatosan változik mind a mélynyugalmi, mind a kényszernyugalmi időszak alatt.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitorési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- EIFERT JÓZSEFNÉ (1981). Szőlőoltvány-termesztés élettani alapon. Mezőgazdasági Kiadó Budapest.
- HANSEN J., L. H. STROMQUIST, ERICSSON A. (1978). Influence of the Irradiance on Carbohydrate Content and Rooting of Cuttings of Pine Seedlings (*Pinus sylvestris* L.). *Plant Physiol* 61 975-979
- KAMI, D., MURO, T., SUGIYAMA, K. (2011). Changes in starch and soluble sugar concentrations in winter squash mesocarp during storage at different temperatures. *Scientia Horticulturae* 127 444–446.
- MESA, K., SERRA, S., MASIA, A., GAGLIARDI, F., BUCCI, D., MUSACCHI, S. (2016). Seasonal trends of starch and soluble carbohydrates in fruits and leaves of ‘Abbé Fétel’ pear trees and their relationship to fruit quality parameters. *Scientia Horticulturae* 211 60–69.
- REGIER N., STREB S., ZEEMAN C. S., FREY B. (2010). Seasonal changes in starch and sugar content of poplar (*Populus deltoides* × *nigra* cv. Dorskamp) and the impact of stem girdling on carbohydrate allocation to roots. *Tree Physiology*, 30 979–987
- VAUGHAN M. HURRY* .STRAND A., TOBIAESON M., GARDESTROM P., ÖQUIST G.(1995.) Cold Hardening of Spring and Winter Wheat and Rape Results in Differential Effects on Growth, Carbon Metabolism, and Carbohydrate Content. *Plant Physiol.* 109 697-706
- ZAPATA, CH., DELÉENS, E., CHAILLOU, S., MAGNE, CH. (2004). Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Plant Physiology* 161 1031–1040.

ANAEROB ISZAPOK ÖKOTOXIKOLÓGIAI VIZSGÁLATA

MAGYARNÉ FARKAS BOGLÁRKA, KÖNCZÖL ANIKÓ, RÉTFALVI TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

magyarne.boglarka@uni-sopron.hu

Bevezetés

Korunk egyik aktuális kérdésköre az élelmiszerválság, ezzel együtt a mezőgazdasági termelés növelése. Az agrárágazatokban jól ismert termésmenővelő anyagok lehetnek szerves és szerves trágyák. Fenntarthatóság szempontjából mindenképpen előnyösebb a szerves trágyázási módok használata, mely történhet az állati ürülék közvetlen szántóföldre való kijuttatásával, vagy pedig a kijuttatás előtt a trágya először biológiai előkezelésen eshet át. A biológiai előkezelés történhet biogáz üzemekben, ahol a szerves trágya, illetve mezőgazdasági szerves melléktermékek egy oxigéntől elzárt környezetbe kerülnek, és baktériumok jelenlétében lezajlik az anaerob rothasztás (BAI, 2005).

A rothasztott, előkezelt szerves trágya számos pozitív tulajdonsággal rendelkezik a kezeletlen trágyához képest, például a magas hőmérsékleten elhálnak benne a vírusok, káros baktériumok, így patogénitása csökken, javul a szerves anyag konzisztenciája, csökken a szaghatás, valamint az előkezelés során a baktériumok hatására a trágyában levő tápanyagok a növények számára könnyen felvehető formába kerülnek.

A biogáz üzemekből kikerülő ferment iszap azonban a beletáplált szerves anyag összetétel függvényében lehet toxikus hatású is, főként a benne akkumulálódó nehézfémek mennyisége miatt.

Így annak szántóföldekre való kijuttatása előtt a biogáz iszapokon mindenképpen érdemes ökotoxikológiai tesztek végezni.

Anyag és módszer

Az akut ökotoxikológiai tesztek a leggyakrabban alkalmazott tesztorganizmusok (*Daphnia magna*, hal, patkány, madarak) esetében általában 24 - 48 óra időtartamúak (GRUIZ, 2001). Kutatásunk során a fehér mustár (*Sinapis alba* L.) csírázástesztjét vizsgáltuk, gyökér- és szárnövekedési teszt szabványosított formáját használva (MSZ 21976-17:1993). Két fermentált biogáz iszapra és egy szennyvíztisztító telepről érkezett iszappal végeztük a kísérletet. Az egyik fermentiszap egy növényi alapanyagra adaptált minta volt, a másik a fermentáción kívül krezollal kezelt minta volt, növelve ezáltal annak esetleges toxikus hatását a gyökernövekedésre. A harmadik iszap egy szennyvíztisztító telepről, a tisztítási folyamatok végén kikerült, vákumprésszel átnyomott minta volt, mely általában szalmával összekeverve mezőgazdasági felhasználásra kerül (KÁRPÁTI, 2002).

A vizsgálat során az előzőleg kiszárított petricsészékbe szűrőpapírt helyeztünk és 25 db egészségesnek tűnő mustármagot tettünk

A vizsgálandó ferment iszapokból hígítási sort készítettünk, melyekből 5-5 ml-t az előkészített mustármagokra pipettáztunk (1. táblázat). Minden hígításból 2 párhuzamos vizsgálatot

készítettünk, illetve 2 db kontroll mintát is alkalmaztunk, mely esetében 5 ml desztillált vízzel kezeltük a magokat.

Az elkészített petricsészéket lefedtük sötét körülmények között, és szobahőmérsékleten tartottuk 72 órán keresztül, majd a 3 nap leteltével mértük a csíranövekedés hosszát.

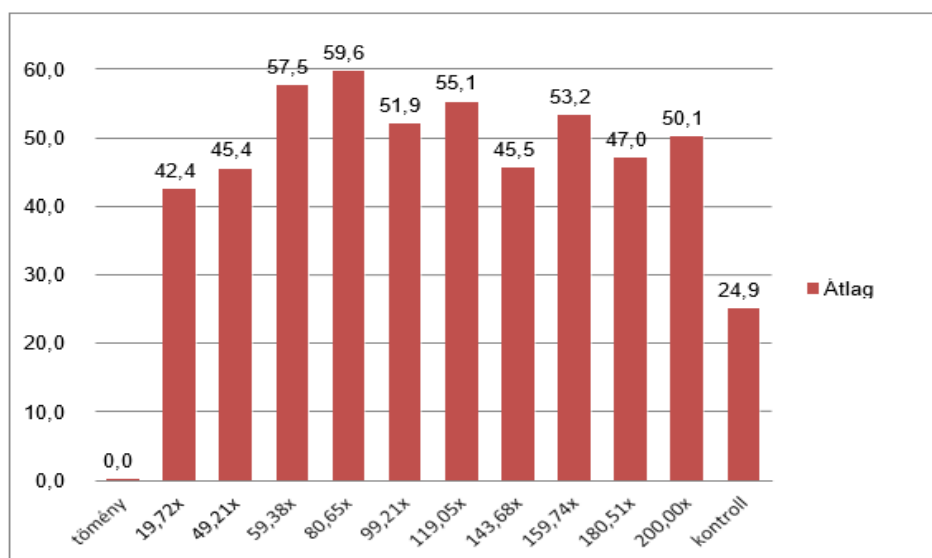
1. táblázat Az alkalmazott hígítási arányok

Fermentiszap		Krezolos iszap		Fermentiszap		Krezolos iszap		Szennyvíziszap	
<i>hígítás</i>	<i>valódi hígítás</i>	<i>hígítás</i>	<i>valódi hígítás</i>	<i>hígítás</i>	<i>valódi hígítás</i>	<i>hígítás</i>	<i>valódi hígítás</i>	<i>hígítás</i>	<i>valódi hígítás</i>
20x	19,72x	20x	20,00x	2x	1,99x	2x	3,98x	2x	2,02x
50x	49,21x	50x	44,01x	5x	4,97x	5x	5,06x	5x	4,92x
60x	59,38x	60x	59,24x	10x	10,06x	10x	9,60x	10x	9,86x
80x	80,65x	80x	75,53x	15x	15,02x	15x	14,79x	20x	19,70x
100x	99,21x	100x	96,53x	20x	20,03x	20x	20,66x	50x	47,62x
120x	119,05x	120x	120,19x	40x	39,53x	40x	37,26x	80x	77,40x
140x	143,68x	140x	138,12x	80x	81,30x	80x	71,84x	120x	108,23x
160x	159,74x	160x	158,23x	120x	117,65x	120x	108,23x	160x	147,93x
180x	180,51x	180x	179,86x	160x	143,68x	160x	162,34x	200x	235,85x
200x	200,00x	200x	203,25x	200x	233,64x	200x	185,19x	220x	221,24x

Eredmények

Kezeletlen fermentiszap

Az 1. ábrán a magok átlagos hossznövekedése látható, a tömény, azaz a hígítás nélküli iszapban növekedett magok gyökérhossza alacsony értéket mutat (0,58 mm), de az ezt követő összes többi hígításnál mért hosszok meghaladják a kontroll magok átlag hosszúságát. A legnagyobb hosszakat a 40x-es valamint a 120x-os hígítás produkálta.

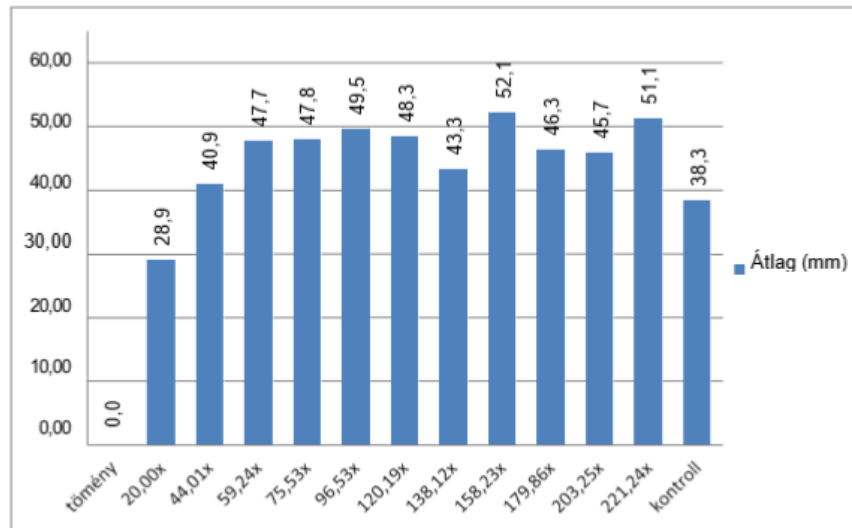


1. ábra Kezeletlen iszappal végzett kísérlet során kapott gyökérhossz átlagértékei (mm)

Krezollal kezelt fermentiszap

A krezollal kezelt fermentiszap ökotoxikológiai tesztje során a tömény kezelésnél egyetlen mag sem kelt ki, így a csírázásgátlás 100%-os volt. A 2. ábrán látható, hogy eltérően a kezeletlen fermentiszapoktól, itt a 20x-os hígítás még 24%-ban gátolta a

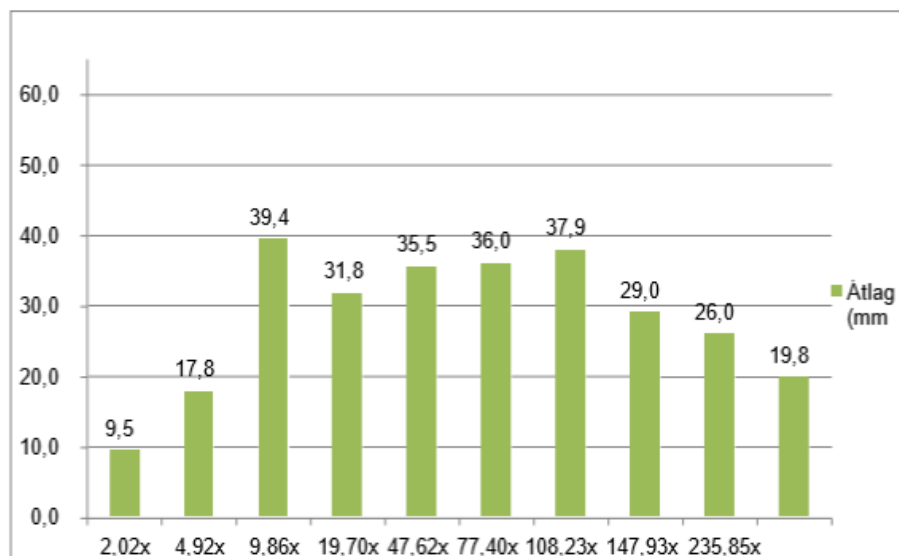
gyökernövekedést. Ezt követően az összes többi hígítás serkentő hatással volt a tesztorganizmusra, bár ezek az értékek pozitív hatása csak alig közelíti meg az előző fejezetben leírt értékeket.



2. ábra Krezollal kezelt fermentiszappal végzett kísérlet gyökérhossz átlagértékei (mm)

Szennyvíz iszap

A szennyvíztelepről érkezett minta állaga földszerű volt, így legtöményebb oldata 2x-es hígítású volt, ami a tömény biogáz iszaphoz hasonlóan, gátló hatást fejtett ki a mustármagok növekedésére.



3. ábra Szennyvíz- iszappal végzett kísérlet gyökérhossz átlagértékek

Következtetések

A három összehasonlított iszap közül a kezeletlen fermentiszap mutatkozott a legelőnyösebbnek, növekedést serkentő hatása miatt, illetve gazdaságossági szempontból is.

Egy adott iszap mezőgazdasági felhasználásra történő kijuttatása akkor mondható gazdaságosnak, ha minél kisebb hígításra van szükség, így kevesebb vizet kell hozzáadni. Ez a vízgazdálkodási szempontból is és szállítási szempontból is előnyösebbnek mondható a hígabb trágyánál.

Ugyanakkor mivel a krezollal kezelt iszap erősebb gátló hatást mutatott, így bebizonyosodott az a megközelítés, miszerint a biogáz iszapok szántóföldre való kijuttatása előtt ökotoxikológiai vizsgálat elvégzése, ezzel együtt hatósági engedélyeztetés szükséges.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- BAI A.,(2005): A biogáz előállítása – Jelen és Jövő. Szaktudás Kiadó Ház; Budapest
KÁRPÁTI Á., (2002): Szennyvíziszap rothasztás és komposztálás. Veszprémi egyetem, Környezetmérnöki és Kémiai Technológiai Tanszék
GRUIZ K., (2001): Környezettoxikológia – Vegyi anyagok hatása az ökoszisztémára. Műegyetem Kiadó; ISBN 963420676x

BIOGÁZ ISZAP TERHELHETŐSÉGI VIZSGÁLATA SILÓKUKORICA ALAPÚ ANAEROB FERMENTÁCIÓ SORÁN

MAGYARNÉ FARKAS BOGLÁRKA, IHÁSZ HENRIETTA, RÉTFALVI TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

magyarne.boglarka@uni-sopron.hu

Bevezetés

A fokozott energiafelhasználás indokoltá teszi az energiatermelés alternatív, kevésbé környezetterhelő módszereinek alkalmazását. Erre kiváló lehetőséget biztosít az energianövények fermentációja során keletkező biogáz hasznosítása.

Hazánk agrár- potenciáljának csupán 30-50 %-át használja ki, a területek megfelelő használata mellett a mezőgazdasági termelést a többszörösére lehetne növelni. Az agrárszektor termelése az elmúlt 20 évben jelentősen visszaesett, az állatállományok csökkentek, a korábban takarmánytermesztésre használt földterületek felszabadultak, esetenként parlagon hevernek. Ezeknek a földterületeknek a hasznosítására jó alternatíva lehet, ha olyan növényekkel, például silókukoricával, ültetik be, melyek alkalmasak biogáz előállítására (BAI A. 2007).

A biogáz szélesebb körben történő alkalmazásának, akárcsak a szilárd és folyékony halmazállapotú biomassza felhasználása esetén, környezetvédelmi szempontból van kiemelkedő jelentősége, hiszen hasznosíthatók, ezáltal ártalmatlaníthatók a termelés és feldolgozás során keletkezett hulladékok, egyéb célokra nem alkalmas, minőségileg nem megfelelő melléktermékek.

A biogáz képződés alapvető feltétele a szerves anyag és a megfelelő fajokból álló mikroorganizmusok közösségének jelenléte oxigéntől elzárt környezetben. Az ipari méretű biogáz termelés során a reakciók végbe meneteléhez összetett feltételrendszert kell biztosítani: állandó hőmérséklet, folyamatos elkeveredés, szerves anyag kellő aprítottsága, nedvességtartalom, toxikus anyagok jelenlétének megakadályozása. A biogáz reaktorok felépítése az alapanyagok, alkalmazott eljárások szerint más-más, de funkciója minden technológiai folyamat esetén ugyanaz, teret biztosítani a biokémiai folyamatok lejátszódásához. A fermentor nem más, mint egy, a biogáz előállítására alkalmas technológia során alkalmazott berendezés, melyben anaerob körülmények között, zárt rendszerben megtörténik a betáplált szerves anyag alkotóira bontása, metán, szén-dioxid és egyéb gázok képződése mellett (AL SEADI, T 2008).

Anyag és módszer

Laboratóriumi vizsgálataink során fermentor egy 2,5 liter terfogatú sötétített falú üveg volt, melyet állandó hőmérséklet tartásra alkalmas vízfürdőbe helyeztünk. Bemeneti nyílását lezárva tartottuk, azzal egy légmentesen záródó Tedlar® típusú teflon gázgyűjtő zacskót helyeztünk.

Az üvegekbe a kísérlet elején elhelyeztünk 1 liter növényi alapanyagra adaptálódott iszapot, melybe napi rendszerességgel, előre meghatározott mennyiségű silókukoricát adagoltunk. A fermentációt 38,5 °C-on végeztük, mezofil tartományban. A kísérlet előrehaladtával egy másik 2,5 literes barna üvegbe is helyeztünk szintén növényi alapanyagra adaptálódott iszapot, melybe szintén napi rendszerességgel előre meghatározott mennyiségű silókukoricát adagoltunk. Ebben az esetben a fermentációt 55 °C-on végeztük, termofil tartományban.

A metántermelő folyamatok lefolyásának irányát a közeg kémhatása, melyben a reakciókban részt vevő baktériumok szaporodnak, döntően befolyásolja. Az iszap titrált savtartalmának alakulása információt ad a szubsztrát adagolható mennyiségéről, mely egy üzem tervezésének és működtetésének szempontjából alapvető adat. A kísérlet során mi is vizsgáltuk az iszap felterhelhetőségét a titrált sav szintjének rendszeres mérésén keresztül.

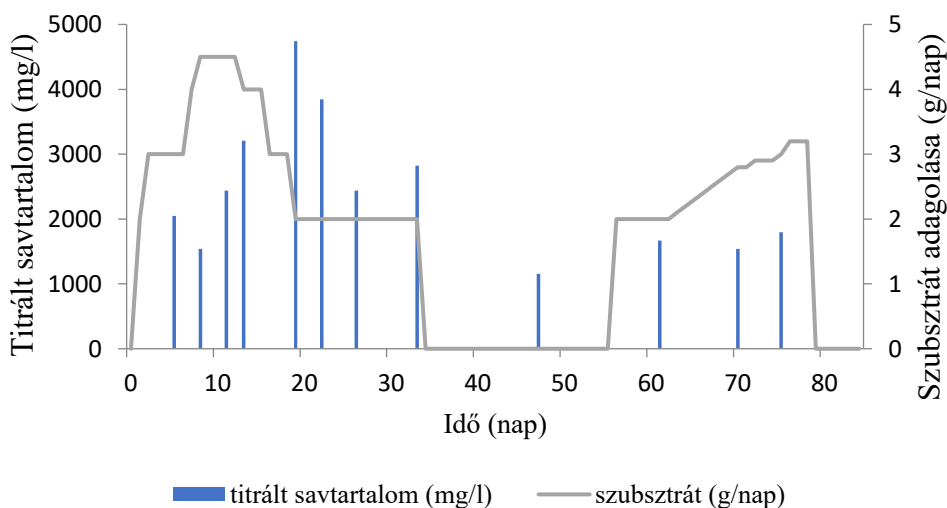
A titrált szerves savtartalom meghatározásához az előkészített 5 ml mintát egy üvegphárba mértük, melybe mágneses keverőre helyeztünk. A keverés közben lassan 0,1 M sósavat (HCl) adagoltunk a mintához. A kémhatás értékének változását egy, a folyadékba merülő pH szonda segítségével figyeltük. 4,3 pH érték elérésekor az adagolt sav fogyását feljegyeztük.

A sósavat tovább adagoltuk, míg el nem értük a 2 pH értéket. 15 perc keverés után a szénsav tartalom távozik. Amikor ez megtörtént, a minta kémhatását 0,1 M nátronlúg (NaOH) segítségével 4 pH értékre állítottuk. A nátronlúg fogyását feljegyeztük. A titrálást addig folytattuk, míg elértük 5 pH értéket, a fogyás a 4 és 5 pH érték között kiszámítható. Az elfogyott nátronlúg mennyisége közvetlenül megadta a mintában lévő szerves savtartalom mennyiségét, melyből az összes szerves sav mennyisége meghatározható a következő képlettel:

$$\text{öSzS} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) = \frac{\text{ml fogyás } 0,1 \text{ M NaOH} * (\text{pH } 4,0 - \text{pH } 5,0) * 200}{5 \text{ ml (minta mennyisége)}}$$

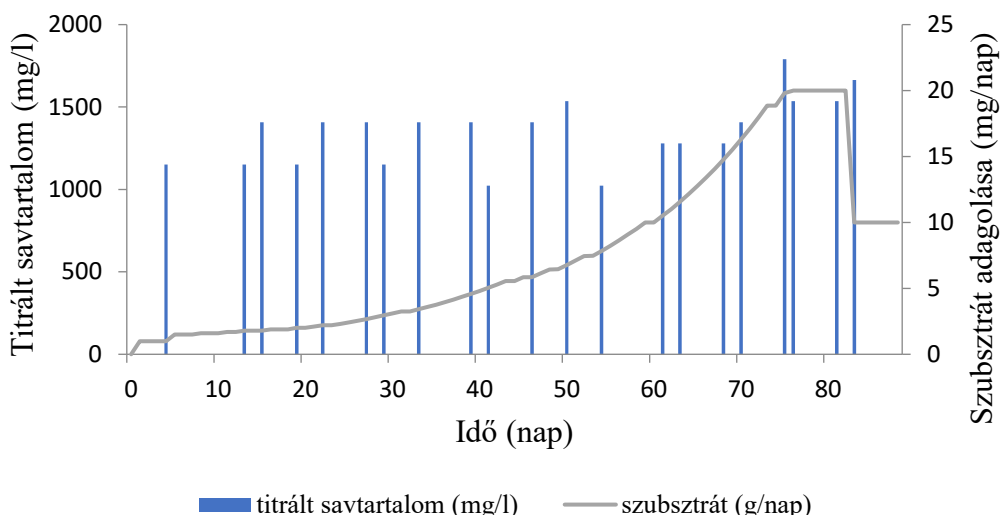
A kísérlet első szakaszában mezofil hőmérsékleti tartományon kezdtük meg a növényi alapanyagra adaptálódott iszap gyors felterhelését. A kísérlet 19. napján az iszap titrált savtartalma jelentősen megemelkedett, ez a metanogenezis szakaszának gátlása miatt következett be (1. ábra).

A rendszer stabilitásának helyreállítása érdekében a beadagolandó szubsztrát mennyiségét csökkentettük, majd 22 napig szüneteltettük. A metanogének regenerálódása után a beadagolt alapanyag mennyiségét folyamatosan, de a rendszer érzékenysége miatt lassan lehetett növelni.



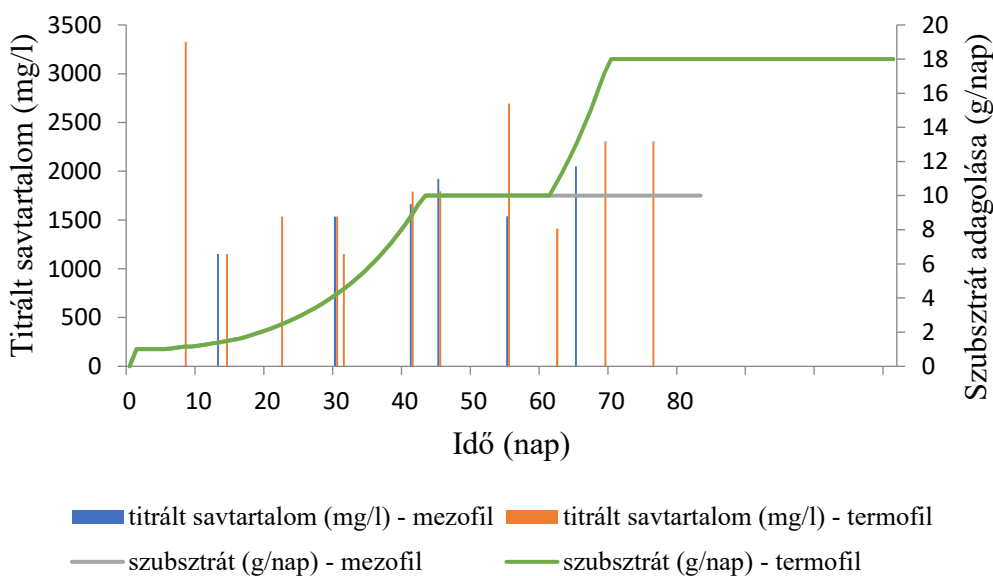
1. ábra Iszap titrált savtartalmának változása a szubsztrát adagolásának függvényében

A kísérlet második részében szintén mezofil hőmérsékleti tartományon folytattuk az iszap felterhelésének vizsgálatát. A rendszer optimálisan működött, a titrált savtartalom nem emelkedett meg drasztikusan egyszer sem a vizsgált időpontokban, ezért a beadagolandó alapanyag mennyiségét fokozatosan növelni lehetett, mely a 76. napon a 20 g-ot is elérte (2. ábra).



2. ábra Titrált savtartalom változása a szubsztrát adagolásának függvényében

A kísérlet harmadik szakaszában mezofil és termofil hőmérsékleti tartományokban is végeztünk vizsgálatokat. Termofil üzem esetén az iszap jobban terhelhető, ugyanakkor a titrált savtartalom is magasabb, mint mezofil működtetés esetén (3. ábra).



3. ábra Iszap titrált savtartalmának változása a szubsztrát adagolásának függvényében mezofil és termofil hőmérsékleti tartományokban

Mivel a termofil hőmérsékleti körülmények között a hidrolízis szakaszához tartozó reakciók rövidebb idő alatt végbe mennek, így az alapanyag lebomlása gyorsabb, a folyamatban részt vevő mikroorganizmusok képesek nagyobb mennyiségű silókukoricát lebontani.

Az iszapmintákban lévő illékony zsírsavak mennyiségét a kísérlet első szakaszában vizsgáltuk GC-MS készülékkel. Az illékony zsírsavak jelenlétéből is következtethetünk a folyamatok stabilitására, kedvező vagy kedvezőtlen lefolyására. A kísérlet korai, túlterhelt szakaszában a megemelkedett össz sav tartalom mellett látható, hogy az ecetsav, propin sav mellett megjelent

a vajsav és a krezol, melyek a rendszer instabilitására utal. A fermentáció helyreállta után, ezek az illékony zsírsavak eltűntek a rendszerből.

1. táblázat Savösszetétel alakulása a kísérlet során

Vizsgálati nap	Ecetsav (mg/l)	Propion-sav (mg/l)	Izovajsav (mg/l)	Vajsav (mg/l)	Izovale-riánsav (mg/l)	Valerián-sav (mg/l)	Krezol (mg/l)
19. nap	2641	24	nd	101	nd	nd	19
61. nap	300	17	nd	nd	nd	nd	nd

nd: nem detektálható

Következtetések

A kísérleti eredmények alapvető fontosságúak egy biogáz üzem tervezése és üzemeltetése szempontjából. A fermentációs eljárás kiválasztása, az alapanyag napi adagolásának meghatározása mellett befolyásolják a berendezések méretezését, a beruházási és üzemeltetési költségek alakulását. Kísérleteink eredményei képpen megállapítható, hogy kellő monitorozás mellett 20g/l/nap silókukorica beadagolás is alkalmazható. Ezen mennyiséget alapul véve érdemes fontolóra venni egy silókukoricát feldolgozó biogáz üzem létesítését, amennyiben az adott térségben a szubsztrát megfelelő mennyiségben és minőségben rendelkezésre áll.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészeti mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- AL SEADI, T. ÉS MUNKATÁRAI 2008: Biogas Handbook. University of Southern Denmark Esbjerg, Denmark.
- BAI A. 2007: A biogáz. Száz Magyar Falu Könyvesháza Kht.
- BRUMI, E. ÉS MUNKATÁRSAI 2010: Anaerobic digestion of maize focusing on variety, harvest time and pretreatment. Applied Energy 87, 2212-2217.

GÁZKIHUZATALI VIZSGÁLAT SILÓKUKORICA ALAPÚ ANAEROB FERMENTÁCIÓ SORÁN

MAGYARNÉ FARKAS BOGLÁRKA, IHÁSZ HENRIETTA, RÉTFALVI TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

magyarne.boglarka@uni-sopron.hu

Bevezetés

Az elmúlt évszázadok során az emberiség összes energiafelhasználása drasztikusan megemelkedett. Az emberi tevékenység jelentős többletterhelést jelent bolygónk számára, ezért az energia- szükségletek kielégítését biztosító alternatív megoldások keresésének és alkalmazásának egyre fontosabb szerep jut a környezet védelmének, és a gazdaság fejlesztésének szempontjából. A megújuló energiaforrások használatának legelőnyösebb tulajdonsága a fosszilis energiahordozókkal szemben, hogy kevesebb szennyezést bocsátanak a környezetbe. Alkalmazásuknak köszönhetően a légkörbe kerülő üvegházhatást okozó gázok mennyisége csökkenthető, mérséklődik a levegőszennyezés.

A biogáz szélesebb körben történő alkalmazásának, akárcsak a szilárd és folyékony halmazállapotú biomassa felhasználása esetén, környezetvédelmi szempontból van kiemelkedő jelentősége, hiszen hasznosíthatók, ezáltal ártalmatlaníthatók a termelés és feldolgozás során keletkezett hulladékok, egyéb célokra nem alkalmas, minőségileg nem megfelelő melléktermékek (BAI, 2007).

A biogáz tulajdonképpen nem más, mint a szerves anyagok oxigénhiányos környezetben történő lebontása során képződő termék.

A biogázt metanogén mikroorganizmusok állítják elő szerves anyagokból anaerob körülmények között. A folyamat során keletkező gáz tartalmazza a két legjelentősebb üvegházhatású gázt, a metánt (50-75 %) és a széndioxidot (25-45 %), ezen kívül található benne vízgőz (2-7 %), oxigén és nitrogén (kevesebb, mint 2-2 %-ban), valamint ammónia, hidrogén, hidrogén-szulfid (kevesebb, mint 1-1 %-ban) (AL SEADI, 2008). A biogáz összetételét több tényező befolyásolja, legfontosabb az alapanyag típusa, a lebontás folyamata, a hőmérséklet, a pH, és a nedvességtartalom, a tartózkodási idő. Kedvező esetben a biomassa fermentációja során képződött gáz energiatartalma 23 MJ/m^3 , ami 2/3-a a földgázénak.

A biogáz képződés alapvető feltétele a szerves anyag és a megfelelő fajokból álló mikroorganizmusok közösségének jelenléte oxigéntől elzárt környezetben. Az ipari méretű biogáz termelés során a reakciók végbe menetéhez összetett feltételrendszert kell biztosítani: állandó hőmérséklet, folyamatos elkeveredés, szerves anyag kellő aprítottsága, nedvességtartalom, toxikus anyagok jelenlétének megakadályozása (BRUMI, 2010).

Anyag és módszer

Laboratóriumi vizsgálataink során az anaerob fermentor egy 2,5 liter terogatú sötétített falú üveg volt, melyet állandó hőmérséklet tartásra alkalmas vízfürdőbe helyeztünk. Bemeneti nyílását lezárva tartottuk, azzal egy légmentesen záródó Tedlar® típusú teflon gázgyűjtő zacskót helyeztünk.

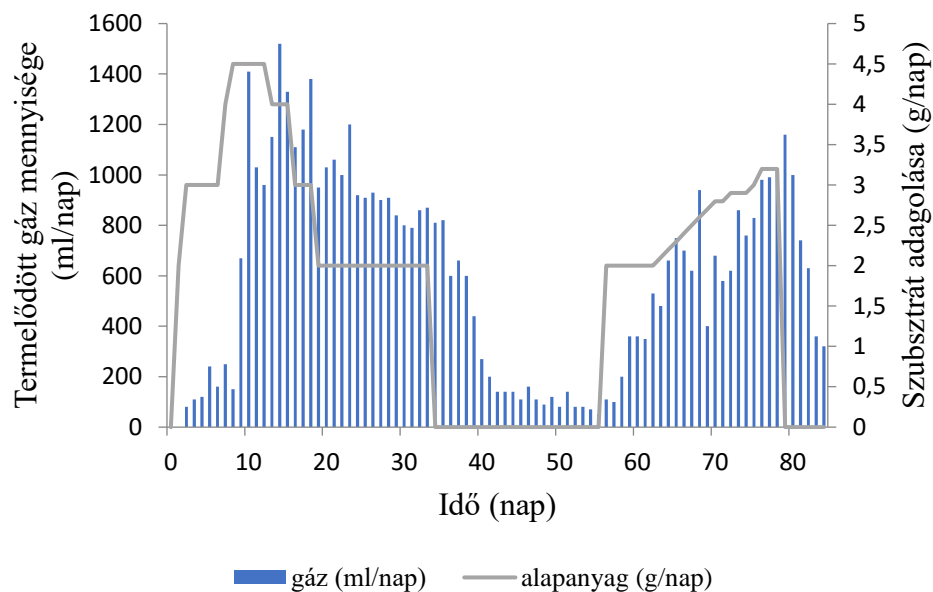
Az üvegekbe a kísérlet elején elhelyeztünk 1 liter növényi alapanyagra adaptálódott iszapot, melybe napi rendszerességgel, előre meghatározott mennyiségű silókukoricát adagoltunk. A

fermentációt 38,5 °C-on végeztük, mezofil tartományban. A kísérlet előrehaladtával egy másik 2,5 literes barna üvegbe is helyeztünk szintén növényi alapanyagra adaptálódott fermentiszapot, melybe szintén napi rendszerességgel előre meghatározott mennyiségű silókukoricát adagoltunk. Ebben az esetben a fermentációt 55 °C-on végeztük, termofil tartományban.

A vizsgálat során mértük a keletkező biogáz mennyiségét, minőségét.

Vizsgálat 1. szakasza:

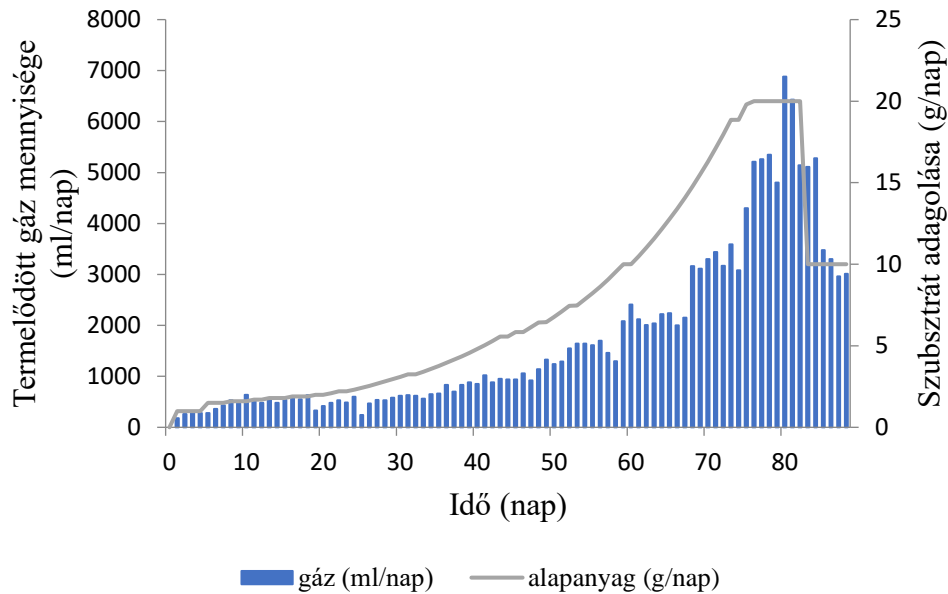
A kísérlet első felében a növényi alapanyagra adaptálódott iszap gyors ütemű terhelése során azt tapasztaltuk a 14. naptól kezdve, hogy a termelődött gáz mennyisége csökkent (1. ábra). Ez az iszap instabil állapotára utalt, így a terhelést visszavettük, majd az iszap pihentetése után a terhelést újra emelni kezdtük.



1. ábra Gáztermelés alakulása a szubsztrát adagolás függvényében (1. szakasz)

Vizsgálat 2. szakasza

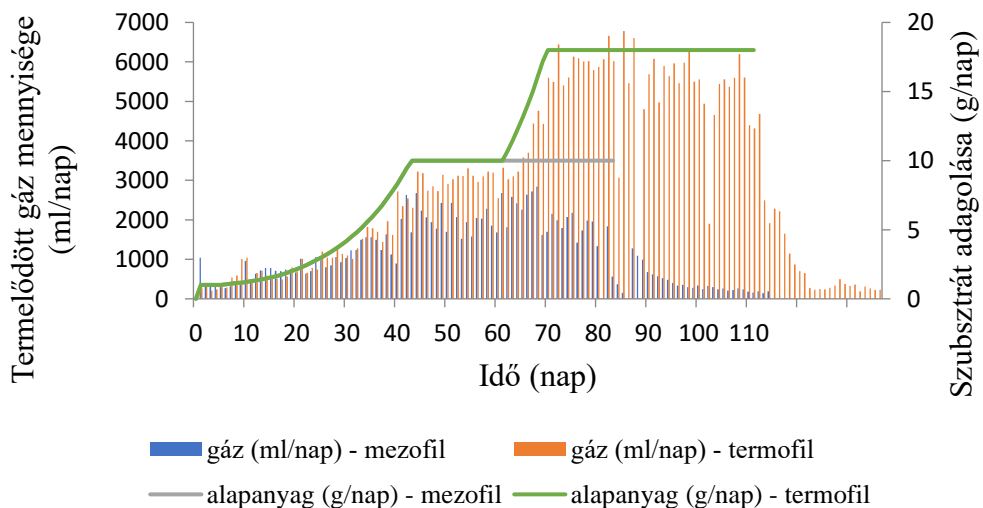
A kísérlet második szakaszában a rendszer stabilan működött. Az előző szakasz tapasztalatait figyelembe véve, a silókukorica naponta betáplált mennyiségét lassan növeltük. A 30. naptól kezdve 50 µl/nap foszforsavat adagoltunk a szubsztráthoz, ez elősegítette a stabil állapot fenntartását. Az adagolt alapanyag növelése mellett a termelődött gáz mennyisége is emelkedett. 20 g silókukorica beadagolása után a termelődött gáz mennyisége a 6880 ml/nap értéket is elérte.



2. ábra Gáztermelés alakulása a szubsztrát adagolás függvényében (2. szakasz)

Vizsgálat 3. szakasza

A kísérlet harmadik szakaszában párhuzamosan végeztünk vizsgálatokat a mezofil és termofil hőmérsékleti tartományban is. Azt vizsgáltuk, hogy az adagolt alapanyag függvényében melyik eljárással érhető el magasabb gáztermelés. A rendszer stabilitásának fenntartása érdekében mindkét üvegbe adagolandó szubsztráthoz, adtunk a 16. naptól kezdve 50 µl/nap foszforsavat. A beadagolt silókukorica mennyiségét párhuzamosan növeltük a két hőmérsékleti tartomány esetén. Kezdetben a két üvegben termelődött gáz mennyisége megközelítette egymást, de láthatóvá vált, hogy termofil eljárással nagyobb mennyiségű gáz keletkezik, így ebben a reaktorban az 50. nap után is folytattuk a szubsztrát mennyiség emelését, míg a mezofil reaktorban szinten tartottuk.



3. ábra Gáztermelés alakulása a szubsztrát adagolás függvényében mezofil és termofil technológia esetén

Összefoglalás

1. táblázat Gázhozam alakulása a kísérletsorozat során

Időszak	1. szakasz	2. szakasz	3. szakasz	
Hőmérsékleti tartomány	mezofil (38,5 °C)	mezofil (38,5 °C)	mezofil (38,5 °C)	termofil (55 °C)
Vizsgálat időtartama (nap)	84	88	114	136
Alapanyag adagolás időtartama (nap)	33+23=56	88	83	111
Vizsgálat időtartama alatt összesen termelődött gáz (ml)	50.820	152.350	131.240	379.900
Összesen beadagolt alapanyag (g)	152,2	665,05	549,33	1195,11
Összesen beadagolt szárazanyag (g)	67,06	293,02	242,04	526,57
Gázhozam (m³/t)	333,9	229,08	238,91	317,88
Gázhozam (m³/t sz.a.)	757,82	519,93	542,22	721,46

A keletkezett biogáz metántartalmának meghatározására egy alkalommal folytatott kísérlet alkalmával került sor, ekkor 59,5 %-os metántartalmat állapítottunk meg. A későbbiekben a metán részarányát állandónak feltételeztük.

Al Seadi és munkatársai (2008) által közölt adatok szerint a silókukoricából kinyerhető biogáz mennyisége az alapanyag szárazanyag- tartalmára vonatkozóan 611 m³/t. Az általunk végzett kísérletek eredményei ezt az adatot jól megközelítik, azt azonban a szerzők nem említik, hogy milyen technológiai eljárással sikerült ekkora gázhozamot elérni.

A kísérleti eredmények alapvető fontosságúak egy biogáz üzem tervezése és üzemeltetése szempontjából. A fermentációs eljárás kiválasztása, az alapanyag napi adagolásának meghatározása mellett befolyásolják a berendezések méretezését, a beruházási és üzemeltetési költségek alakulását. A termelődött biogáz mennyiségét és metán tartalmát alapul véve érdemes fontolóra venni egy silókukoricát feldolgozó biogáz üzem létesítését, amennyiben az adott térségben a szubsztrát megfelelő mennyiségben és minőségben rendelkezésre áll.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitorési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- AL SEADI, T. ÉS MUNKATÁRSAI 2008: Biogas Handbook. University of Southern Denmark Esbjerg, Denmark.
- BAI A. 2007: A biogáz. Száz Magyar Falu Könyvesháza Kht.
- BRUMI, E. és munkatársai 2010: Anaerobic digestion of maize focusing on variety, harvest time and pretreatment. Applied Energy 87, 2212-2217.

MEZOFIL ANAEROB ISZAPOK VÍZTELENÍTHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

MAGYARNÉ FARKAS BOGLÁRKA, DR. RÉTFALVI TAMÁS, SZÉKELY GÁBOR

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

magyarne.boglarka@uni-sopron.hu

Bevezetés

A biogáz, mint zöld energiaforrás ipari méretű előállítása a különböző technológiák révén új keletű kérdéskört jelent. A biogáz termelés alapjában véve a szerves anyag valamilyen módon való rothasztása és ezt követően a gáz kinyerése majd tisztítását jelenti. Az ebből következő egyik legnagyobb gond, a szervesanyag rothasztása után visszamaradt nagy nedvesség tartalmú biomassza utólagos kezelése és felhasználása. A nagy nedvesség tartalma miatt igen nehézkes és költséges a mozgatása, tárolása, ezért fontos megismerni, hogy ebbe a háromfázisú diszperz rendszerben (jelen van benne mind a három halmazállapot) a nedvesség milyen módon van jelen, és milyen mechanizmusok hatnak rá (KALTWASSER, 1983; YADVIKA ÉS MTSAI, 2004).

Az iparban leginkább elterjedt, általánosnak mondható technológiák mind az ún. aktív iszapok anaerob, azaz oxigénmentes fermentálásán alapszanak. Az iszapokat különböző módokon próbálják meg vízteleníteni, mechanikai erők segítségével, gravitációs módszerekkel, de kémiai módszerekre is van lehetőség. A kémiai módszerek közül az iszaphoz valamilyen módon hozzá adagolt víztelenítő szubsztrátumot értjük, ami az esetek nagy hányadában polielektrolit anyagokat jelent (CITEAU ÉS MTSAI, 2011).

Polielektrolit anyagokról általánosságban

A polielektrolit anyagok olyan töltéssel rendelkező makromolekulák, amelyek elektrolitosan disszociáló funkciós csoportokat tartalmaz (*URL 1*).

A polielektrolit anyagokat arra használják, hogy megnöveljék a szennyvíz iszapok vagy aktív iszapok vízteleníthetőségét. Két elfogadott flokuláló mechanizmusuk van, a részecske-részecske kötés (*particle-particle bridging*) és a töltésburok semlegesítés (*surface charge neutralization*).

A részecske kötéses módszer lényege, hogy a polielektrolit lánc adszorbeál a szárazanyag felszínére kialakítva térszerkezetét („*hurkokat*”, „*farkakat*”). Amikor két részecske érkezik ehhez a térszerkezethez, akkor azok összekapcsolódnak a közeledő részecskékhez kialakítva a kötéseket. Ennek a mechanizmusnak a hatásossága nagyban függ a polielektrolit **MW** (*molecular weight*) molekulásúly nagyságától és a lánc hosszúságától.

A töltésburok mechanizmus során az elektrosztatikus erő taszítása közben a töltéssel rendelkező részecskék száma csökken. Ezért, a töltés burok mechanizmus sokkal hatásosabb, ha a polielektrolit töltés erősség magasabb (**CD** *charge density*) (SAVAEYN, 2005).

Polielektrolit oldatok

A mérések során használt polielektrolit granulátumok a ZETAG termékcsaládba tartozó termékek. Hat különböző típusú granulátum került kipróbálásra, amiket a termékkódjuk alapján különböztettünk meg. A granulátumok pontos összetétele ismeretlen, mivel a gyártó azokat cégtitokként kezeli és nem publikusak. A tájékoztató jellegűen kiadott információk csak a granulátumok ionerősségét és az egymáshoz, ill. egy referencia értékhez mért molekulásúlyát tartalmazták, melyek az 1. táblázatban kerültek összefoglalásra:

1.táblázat Polielektrolit anyagok jellemzői

Polielektrolit kódja	Ionerősség	Molekulásúly
AF35502	Közepes	Közepes
AF55502	Közepes	Közepes
AF60602	Közepes	Közepes
AF80202	Magas	Alacsony
AF80502	Magas	Közepes
AF80702	Magas	Magas

A gyártó által megadott eljárás alapján kezdődött meg a granulátumok alkalmazása. 200 ml-es csiszolatos mérőüvegbe pontosan lett kimérve 3 ml metanol a granulátum megnedvesítése céljából. A termékből pontosan 0,5 g polielektrolit granulátum lett hozzá mérve a mérőüvegbe. Ezt követően azonnal hozzáadtuk az előre kimért 97 ml desztillált vizet. A csiszolatos mérőüveget légmentesen lezártuk és 40-60 percig szakaszosan ráztuk, míg az oldat teljesen áttetszővé nem vált. Az oldatról elmondható, hogy állagát tekintve nagy viszkozitású, sűrű, nyúlós folyadék halmazállapotú, teljesen áttetsző anyag (ZETAG termékismertető).

Az eljárás szobahőmérsékleten történt a megadott 40 °C-os felső érték alatt. Ezzel az eljárással a polielektrolitot 0,5%-os oldatba vittük.

A gyártó meghatározta a víztelenítéshez használandó polielektrolit granulátum dózisát,

1 tonna szennyvíziszap szárazanyagtartalmához. Az ajánlott dózis: 2,0-8,0 kg/1 t (*polielektrolit granulátum/iszap szárazanyag*) arányban. Biogáz iszapok esetén az etalon érték 12,0 kg/ 1 t. A laboratóriumi vizsgálat során ezt az arányt felhasználva lett megadva a polielektrolit oldat optimális töménysége és mennyisége. A 12,0 kg/ 1 t érték átváltásával kapjuk a következő értéket: 12,0 mg/ 1 g.

A vizsgált mezofil iszapok relatív szárazanyag tartalma 5%. A vizsgálatok során a használt centrifugacsövek tényleges térfogat befogadó képessége 30 ml iszap és az ehhez szükséges kezelő anyag befogadását tették lehetővé. A fentiekből következik, hogy 30 ml iszapban 1.5 g száraz anyag van, amihez 18 mg polielektrolit granulátumot kell adni.

Optimálási folyamat

A polielektrolit oldatok hatásfokának egymáshoz való összevetése előtt szükséges volt az egyes polielektrolitokra vonatkozó optimális koncentráció (*menyiség*) meghatározása. Az irodalmi etalon értéket alapul véve, a megadott érték fölötti és alatti tartományba vizsgáltuk a polielektrolitok hatásfokát. Az AF60602 polielektrolit granulátumon elvégeztük az optimalizálást, és az eredményt egységesnek tekintettük az összes polielektrolitra vonatkoztatva.

Módszer lépései:

Első lépés: a mintákhoz (*kontrol kivételével*) a gyári leírás szerint hozzáadtuk a 0,5%-os polielektrolit oldatot, majd laza mozdulatokkal két pohár segítségével egymásba 8-10-szer átöntöttük.

Második lépés: a minták lecentrifugálása (*a centrifugacső tiszta tömegét, és a mintával együttes tömegét előzőleg lemértük*), ezt követően a hígfázist leöntöttük, melynek a tömegét szintén lemértük.

Harmadik lépés: a minták kiszárítása, oly módon, hogy a legalább 2 órát 105 °C-os szárítószekrényben előszárított, majd lemért szárítócsészébe kimértük a centrifugálás után visszamaradt iszap- szilárd fázist. A bemérést követően a mintákat 105 °C-on tömegállandóságig szárítottuk.

2.táblázat Optimálási mérési paraméterek

	Bemért minta (g)	Visszamért tömeg (g)	Száranyag tart. (%)
Kontrol	4,2760	0,721	16,86
3,0 ml polie.	5,9065	0,9206	15,58
3,5 ml polie.	5,7812	0,9024	17,67
4,0 ml polie.	5,3276	0,9012	16,91

Az optimálási méréssel (2. táblázat) igazoltuk az etalon értéket (3,5 ml 0,5%-os oldat), amit az összes polielektrolit granulátumra vonatkoztatva alapnak tekintetünk.

Polielektrolit oldatok mezofil iszapra gyakorolt hatásfoka

3.táblázat Mezofil méréssorozat száraz anyag tartalma (%)

	1. mérés (%)	2. mérés (%)	3. mérés (%)	(%)	SD
Kontrol	13,84	14,29	15,05	14,39	$6,115 \cdot 10^{-3}$
AF35502	15,45	15,22	15,33	15,33	$1,628 \cdot 10^{-3}$

AF55502	15,07	15,30	15,52	15,29	$2,25 \cdot 10^{-3}$
AF60602	16,47	16,18	16,25	16,30	$1,51 \cdot 10^{-3}$
AF80202	25,42	27,08	15,58	22,69	$6,25 \cdot 10^{-2}$
AF80502	15,96	16,17	17,11	16,41	$6,12 \cdot 10^{-3}$
AF80702	15,52	16,17	14,56	15,41	$8,1 \cdot 10^{-3}$

Végig tekintve az adatokon (3. táblázat) egyértelműen kimagaslik az AF80202-es polielektrolit granulátum, ez tekinthető a leghatékonyabbnak mezofil iszap esetén.

Összevetve mezofil kontrollhoz tartozó átlag értékkel (14,39%) az egyes polielektrolit granulátumokhoz tartozó átlagértékeket, a kettő hányadosa megadja a kezelő anyag hatásfokát a mezofil iszapokon.

4.táblázat Polielektrolit oldatok hatásfoka mezofil iszapon

	(%)	η
AF35502	15,33	1,065
AF55502	15,29	1,062
AF60602	16,30	1,132
AF80202	22,69	1,577
AF80502	16,41	1,140
AF80702	15,41	1,071

A polielektrolitok hatásfoka minden esetben pozitív mezofil iszap esetén (4. táblázat).

Összegzés

A polielektrolitok alkalmazása a mezofil iszapok esetén nem hozott átütő erejű sikert, a legtöbb esetben a kontrol mintától szignifikánsan nem tértek el az eredmények.

A másik alapvető probléma, hogy a polielektrolitokat egy nagyobb biogáz üzemben ilyen nagy mennyiség igény mellett nem lenne gazdaságos alkalmazni.

Az oldatok nagyobb koncentrációja, viszont nagyban nehezítené a kezelhetőséget és megrövidítené a berendezések élettartamát. Amit csak úgy lehetne áthidalni, hogy megfelelő kialakítású, anyagú és minőségű eszközöket alkalmaznának, ezenkívül a karbantartásra is fokozottabban oda figyelnének. Ezt csak egy nagyobb beruházás keretében lehetne megvalósítani.

Az oldatok esetleges hígítása ugyanakkor magas vízigénnyel járna, és ennek a vízmennyiségnek a tárolása a mozgatása hatalmas összegeket emésztene fel.

Figyelembe véve az egyes iszap típusoknál megfigyelt hatásfokot, a polielektrolitok által biztosított megtakarítás és előnyök nem kompenzálják a ráfordítások költségeit. A polielektrolit anyagok helyett érdemesebb egy nagyobb teljesítményű és fajlagosan nagyobb anyag kapacitású centrifuga berendezést beszerezni.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitorési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- CITEAU, M., LARUE, O., VORBIEV, E., (2011). Influence of salt, pH and polyelectrolyte on the pressure electro-dewatering of sewage sludge. *Water Research* 45, 2167-2180
- KALTWASSER, B.J. (1983). *Biogáz előállítás és hasznosítás*. Budapest, Műszaki. pp. 10-12, 14, 17-21, 26-30, 46-47, 52, 56, 72. 963-10-4990-6
- SAVAEYN, H., MEERSSEMAN, S., THAS, O., VAN DER MEEREN, P. (2005). Influence of polyelectrolyte characteristics on pressure-driven activated sludge dewatering. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 262, 40-51
- URL 1. Polielektrolit összefoglaló <http://tk.pte.hu/fizkem/kollo-gyak/polielektrolit.pdf> (2012.12.14.)
- YADVIKA, SANTOSH, SREEKRISHNAN, T.R., KOHLI, S., RANA, V., (2004). Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques-a review. *Bioresource Technology* 95 1-10

ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATOK BIOGÁZ ISZAPOK SAVTARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSÁRA

MAGYARNÉ FARKAS BOGLÁRKA, KÖVÁRI MIKLÓS, RÉTFALVI TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

magyarne.boglarka@uni-sopron.hu

Bevezetés

Korunk egyik fő problémájára, az emberiség folyamatosan növekedő energia- szükségleteinek kielégítésére a megoldás a megújuló energiaforrásokban rejlik, melyek közé a szélenergiát, vízenergiát, napenergiát, geotermikus energiát és biomassza-energiát sorolhatjuk.

A biomassza hatékony feldolgozása történhet például biogáz előállításával, melyet biogázüzemben történő fermentációs eljárással végezhetünk. A fermentáció során különböző szervesanyagokat (pl mezőgazdasági melléktermékeket, élelmiszeripari melléktermékeket vagy trágyát) juttatunk állandó hőmérséklet tartás mellett emésztőbaktérium kultúrával teli biogáz iszapba, melyből a szervesanyagra jellemző tartózkodási idő után metán gáz keletkezik. Ebből a metán gázból aztán villamos energia állítható elő, vagy akár betáplálható a földgáz hálózatba (BAI, 2007).

Gazdaságos működés azonban csak akkor biztosítható, ha a biogázüzemben a fermentáció kellőképpen monitorozott, ellenőrzött. Az ellenőrzést analitikai paraméterek mérésével lehet biztosítani.

Az egyik ilyen legfontosabb paraméter az iszap összes szerves savtartalmának mérése, melyet laboratóriumi körülmények között titrimetriás módszerrel és HPLC–MS segítségével vizsgálhatunk (LOSSIE ÉS PÜTZ, 2008).

Anyag és módszer

A méréseinket két különböző biogáz iszaptól végeztük. Mindkettő növényi (mikroalga és cukorrépa pellet) alapú, mezofil tartományban (38,5 °C) fermentált biogáz iszap volt (*I. táblázat*). Az iszapok esetében az időszak első felében az alapanyag bevitel alacsony volt, ami biztosította az alacsony savtartalmat és a mikroorganizmusok ideális életterét, majd az időszak második felében (34. naptól) fokozatosan emeltük a szubsztrát bevitelét, aminek következtében az iszap savtartalma (VFA) a 74. napra jelentősen megnőtt. Mindkét savtartományban történt mintavétel.

A titráláshoz a mintát valamely módszerrel szeparálni szükséges, mi kétfajta módszert választottunk: centrifugálás (6000 rpm) és szitán (0,2 mm) keresztüli szűrés.

Mindkét előkészítési eljárás után az iszap híg fázisát használtuk a titráláshoz. Az algás, cukorrépas iszapokból, és mindkettejük magas savtartalmú változatából is mintát vettünk, majd

mind a 4 mintát 2 fajta szeparálási eljárással előkészítettük a mérésekre, így mindösszesen 8 mintát kaptunk.

1. táblázat Biogáziszap-minták

Alacsony savtartalmú		Magas savtartalmú	
Alga, Szűrt	Cukorrépa, Szűrt	Alga, Szűrt	Cukorrépa, Szűrt
Alga, Centrifugált	Cukorrépa, Centrifugált	Alga, Centrifugált	Cukorrépa, Centrifugált

A titrálást 2 módszerrel végezzük. A WDI - 6060 szabványú módszer módosított változatával, és Lange féle módszerrel (LOSSIE ÉS PÜTZ, 2008).

Mindkét módszer 2 lépcsős titrálási módszer, miszerint első lépésben HCl (sósav) segítségével alacsony pH-ig (2-es, 3-as) savanyítjuk a mintát, a széndioxid távozása érdekében kevertetjük, majd második lépcsőben NaOH (nátrium hidroxid) segítségével visszalúgosítjuk (4-es, 5-ös pH ig) .

A lúg fogyásából számolhatjuk végül képlet segítségével a savtartalmat.

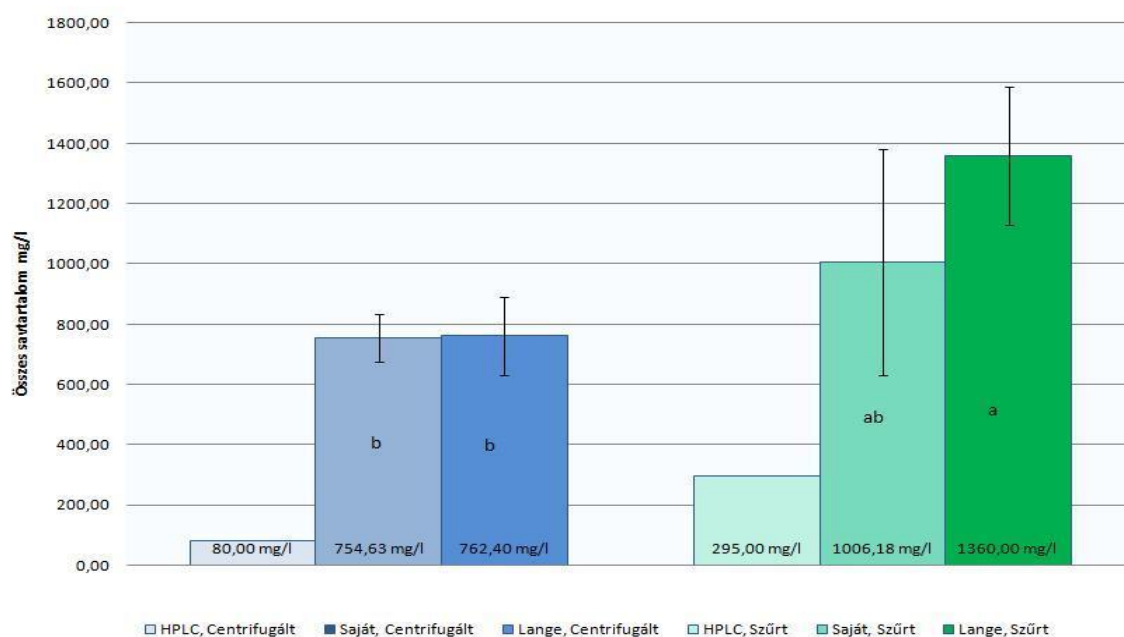
A titrálós módszer pontosságát pár alkalommal HPLC –MS segítségével ellenőriztük.

A mintákat először HPLC-MS kromatográffal mértük le, amely pontos eredményt ad, így ezekhez az etalon értékekhez tudtuk hasonlítani a titrimetria pontosságát (2. táblázat).

2. táblázat HPLC által mért adatok (mg/L)

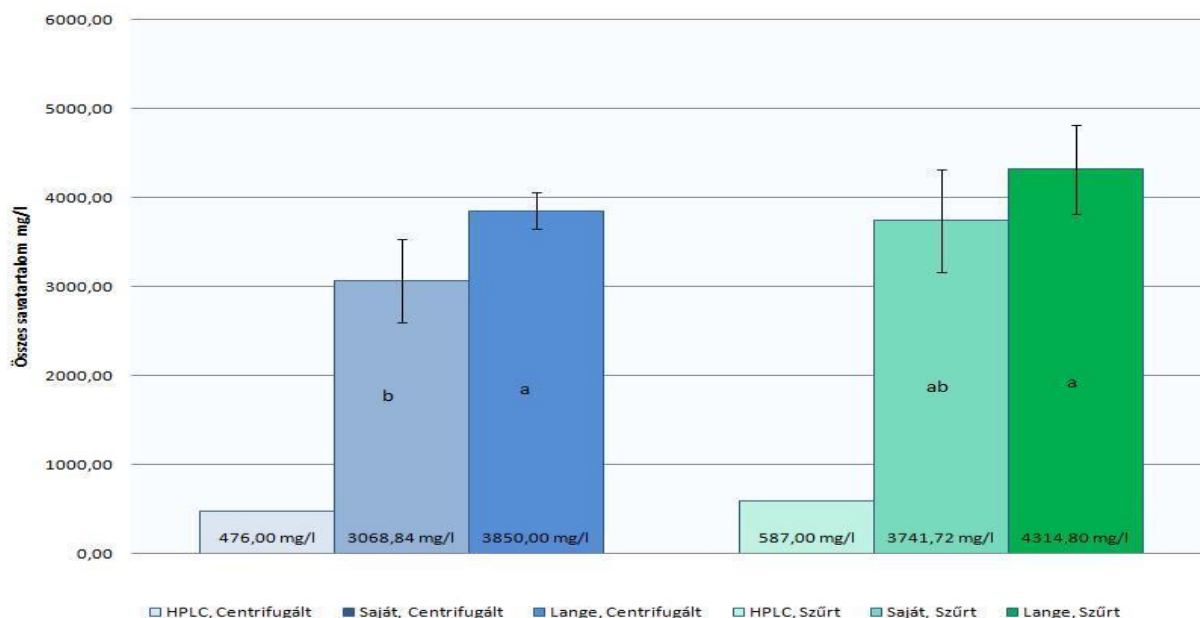
	ecetsav	propionsav	izovajsav	vajsav	izovalerián sav	valerián sav	fenil ecetsav	krezol	HPLC összeg
R As C	80	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	80
R As SZ	295	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	295
A As C	30	nd	nd	nd	nd	nd	446	nd	476
A As SZ	31	nd	nd	nd	nd	nd	556	nd	587
R Ms C	7870	1034	nd	1378	219	2108	nd	kha	12609
R Ms SZ	2894	1274	nd	1455	281	4297	kha	kha	10201
A Ms C	4736	513	nd	kha	443	nd	488	26	6206
A Ms SZ	5924	666	nd	23	242	nd	470	23	7348

***R:** Cukorrépa; **A:**Alga; **As:** Alacsony sav; **Ms:** Magas sav; **C:** Centrifugált, **Sz:** Szűrt; **nd:** Nem detektálható; **kha:** Kimutatási határ alatt



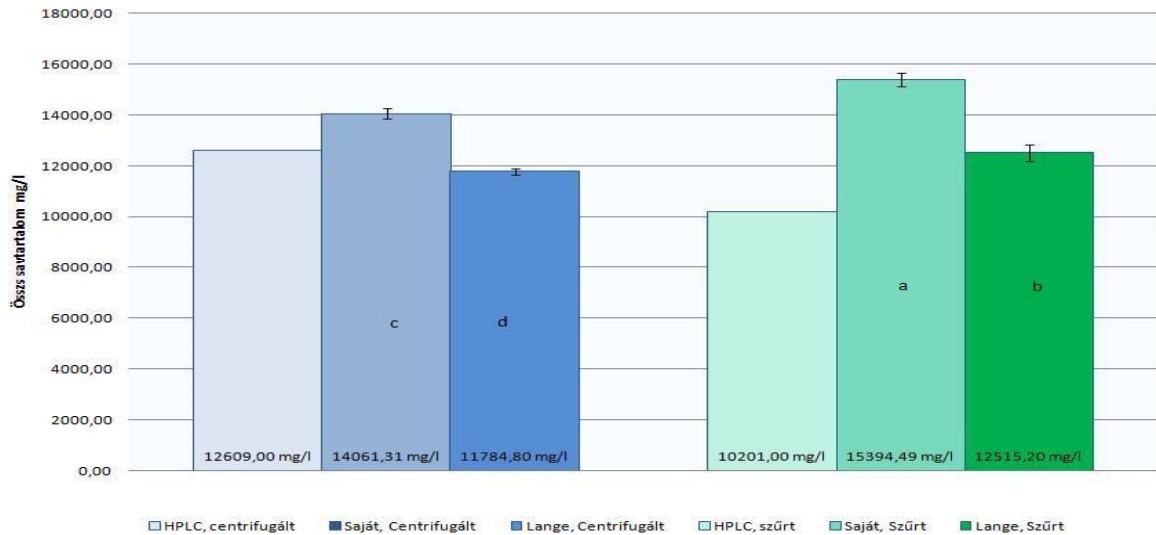
1. ábra Alacsony savtartalmú cukorrépa fermentiszapok

Alacsony savtartalmú cukorrépa fermentiszapoknál (1. ábra) a két titrimetriás módszer között nincs szignifikáns különbség. A HPLC összes savtartalmával összehasonlítva (VFA) a titrimetriás módszerek alacsony savtartalom esetén jelentősen túlbecsülik a valós értéket.



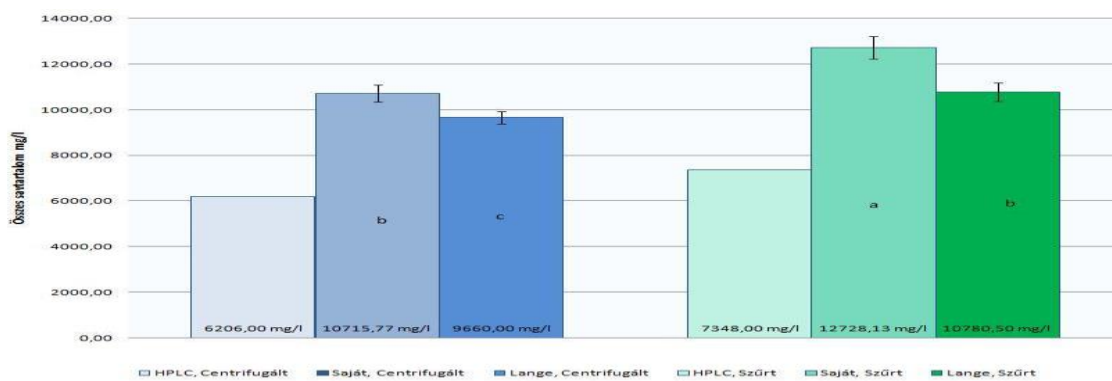
2. ábra Alacsony savtartalmú alga fermentiszapok

Az alacsony savtartalmú alga fermentiszapok (2. ábra) esetén hasonló mondható el, mint a cukorrépa fermentiszapok esetében, a HPLC-MS mérésekhez képest nagy eltérést mutatnak.



3. ábra Magas savtartalmú cukorrépa fermentiszapok

Magas savtartalom (3. ábra) estén látható, hogy a titrálós módszerek sokkal pontosabbak, megközelítik a valós értéket.



4. ábra Magas savtartalmú alga fermentiszapok

Az alga fermentiszapok tekintetében (4. ábra) is látható, hogy a titrimetriás módszerek pontosabbak magas savtartalom esetén, bár ez a pontosság a répás iszapokéhoz képest kicsit elmaradt.

Eredmények

Mindkét fajta eljárási módszer - a centrifugálásos és a szitán keresztüli szűréses - rendelkezik előnyökkel és hátrányokkal.

A centrifugálás hatékonyabb szeparálási módszernek bizonyult, azonban hátránya, hogy stabil alapra helyezve, kiegyensúlyozva, áramforrással ellátva tud csak működni, szemben a szűrővel, amely, mobil, egyszerű a használata, olcsó, azonban nem mutat olyan hatékonyságot elválasztás terén.

Az eredmények eltérő VFA (Volatile Fatty Acids, illó zsírsavak) szint (1-11 g/l) esetén párhuzamot mutatnak a titrálási eredmények és a kromatográfiás mérés eredményei között. Ugyanakkor, a titrálásos meghatározás jelentősen túlbecsüli a VFA értékét a kromatográfiás mérés értékekhez képest, azokban a mintákban, amelyekben a VFA szint alacsony (1 g/l). A titrálási által mért pontosság azonban nő azoknál a mintáknál, amiknek magas a VFA szintjük (kb. 5 g/l).

Következtetések

Összességében elmondható, hogy mindkét módszer jól alkalmazható a biogázüzemek napi vizsgálatainak során. Bár nem mutatnak mindig pontos értéket, azonban erre nincs is szükség, mivel a komolyabb problémát kitűnően jelzik és ez a mérés célja. Továbbá a titrálás költsége töredéke a HPLC-s mérés költségének, amely a mai gazdasági helyzetben nem elhanyagolható körülmény.

A jellemzett vizsgálati módszerek nagyban hozzájárulnak a biogázüzemek költséghatékony működéséhez, amelynek jelentősége már a közeli jövőben is várhatóan nőni fog. Ennél fogva megkerülhetetlen tényezője, lényeges fokmérője a jövő biogáztermelésének.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

BAI ATTILA (2007): A biogáz. Száz magyar könyvesháza Kht. Budapest
ULRICH LOSSIE, PETRA PÜTZ (2008): Biogázüzemek tervezett irányítása FOS/TAC módszer segítségével. <http://www.hach-lange.hu/view/product/EU-R41T039/TIM845?productCode=EU-R41T039>

EVALUATING THE POTENTIAL OF ZN FORTIFIED BENTONITE CLAY AS A FERTILIZER

¹WAJID UMAR, ¹IMRE CZINKOTA, ²PETER KÖLES, ²TAMAS RETFALVI, ¹MIKLÓS GULYÁS

¹Doctoral School of Environmental Science, Szent Istvan University, Gödöllő, Hungary

² University of Sopron, Faculty of Forestry, Institute for Chemistry

wajidumar30@gmail.com

Abstract

Zinc deficiency in soils is common in arid to semi-arid regions around the globe. Very low Zn use efficiency of conventional fertilizers in most of the crops further aggravates the situation. There is dire need to improve Zn use efficiency. To evaluate the potential of bentonite clay as Zn carrier, adsorption and extraction experiments were carried out. ZnSO₄.H₂O was used as a Zn source. Adsorption experiment was conducted to evaluate the maximum adsorption potential of bentonite clay for Zn. Extraction of Zn from fortified clay was done by D. H₂O and HNO₃. Results showed that bentonite showed multi-layer adsorption of Zn. During fortification about 50% of clay was retained by bentonite on different sites like, on the surface, between the interlayers and within the inter layers. Extraction analysis showed that a little fraction of adsorbed Zn was readily soluble while the remaining concentration represents the exchangeable fraction. It is concluded from the results that bentonite can act as a very good carrier for the nutrients and can help in enhancing the nutrient use efficiency.

Introduction

Zinc is an important trace element required for growth of both plants and animals with an average concentration of 1.5-2.5 g in adults (LIM ET AL., 2013) as it plays an important role in DNA and RNA synthesis, carbohydrate metabolism and in a number of other processes because it acts as a catalyst and structural component of about 3000 Zn proteins (MARET, 2009). Zinc deficiency in humans is a common problem globally but is more prevalent in developing world (BLACK ET AL., 2013). Relying only on cereals as staple food in these countries is one of the major reasons of Zn deficiency as these are generally deficient in Zn. Moreover, the Zn stored in grains is usually lost during processing (SALEH ET AL., 2013; ÇAKMAK, 2002). Hence there is dire need to improve the Zn concentration in the edible portion of the cereals (grains) to combat the malnutrition. This can be achieved by conventional or molecular breeding and by management practices i.e. agronomic practices and Zn fertilization. The strategy (bio-fortification) is promising in developing countries as fortification of micronutrients during the processing is quite expensive.

Zinc fertilizer application usually as zinc sulfate is a common practice for improving plant growth and yield in Zn deficient soils (HUSSAIN ET AL., 2012). However, in calcareous soils, its use efficiency is low because of its fixation (RENGEL, 2015). Hence there is dire need to increase the use efficiency of Zn and to increase Zn concentration in edible portions.

Bentonite clay is naturally occurring phyllosilicate minerals with high adsorption capacity for ions and high cation exchange capacity. Bentonite is 2:1 type clay mineral which consists of two tetrahedral sheets and one octahedral sheet (ISKANDER ET AL., 2011). Vander Waals forces helps in binding these sheets together. Bentonite possess high surface area. Negative charge has

been developed on the surface of bentonite clay due to isomorphous substitution (GUERRA ET AL., 2013), which play an important role in the adsorption of cations on the clay surface. Several studies have been conducted up till now to evaluate the adsorption behaviour of different cations on bentonite clay. It was concluded from the results of studies conducted earlier that bentonite clay have a good affinity to bind cations like Zn^{+2} , Cu^{+2} , Mn^{+2} etc (ERDEM ET AL., 2004). This study is conducted to evaluate the potential of Zn fortified bentonite clay as a Zn fertilizer to enhance the availability and to reduce the fixation losses of Zn in soil.

Materials and methods

Material

Bentonite clay was purchased from Axis bentonite in Budapest, Hungary. Zinc sulphate ($ZnSO_4 \cdot H_2O$) was purchased from Lach-Ner chemicals (Czech Republic). Laboratory grade nitric acid (HNO_3) 2 molar was used for the extraction of Zn from fortified bentonite clay.

Experimentation

Standard solution preparation

Zinc solution of 1000 ppm was prepared by dissolving 2.7454 g of $ZnSO_4 \cdot H_2O$ in distilled water and the final volume was prepared to 1 litre. After that solutions of 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360, 400, 440, 480, 500, and 540 ppm were prepared by the dilution of stock solution.

Adsorption experiment

Batch adsorption technique was followed for the adsorption of Zn on bentonite clay. 1 g of bentonite clay was weighed in 50 mL of centrifuge tube and 40 mL of initial concentration solution was added. Experiment was consisting of three replications. Mixture was shaken for 2 hours at room temperature ($25^\circ C$) to attain the equilibrium. After that mixture was centrifuged (SIMEX, Z206A) at 5000 rpm for 10 minutes and followed by filtration. The filtrate was analysed for the Zn concentration on atomic absorption spectrophotometer (AAS) (PERKINS ELMER) according to (Sparks et al., 2020). The adsorbed amount of Zn on bentonite clay ($mg \cdot g^{-1}$) was calculated by the difference between the amount of Zn added and the amount of Zn which was analysed in equilibrium solution.

The obtained results were interpreted by using a new model developed by using Gapon and Sips equation. The equation of the new model used was as follows:

$$Q = (A * K * c^n) / (1 + K * c^n)$$

Fortification experiment

To prepare Zn fortified bentonite clay, 10 g of $ZnSO_4$ was homogenized in 50 mL of $D.H_2O$ and 10 g of bentonite was homogenized in 50 mL $D.H_2O$. Then both of the mixtures were transferred to another 250 mL beaker. The mixture was shaken for 2 hours followed by filtration. The filtrate was analysed for the equilibrium Zn concentration. The clay material was dried in oven (MAXTHERMO, MC-17) at $35^\circ C$. The dried clay was ground to powder form.

Zn extraction experiment

For the extraction of Zn from fortified bentonite clay $D.H_2O$ and HNO_3 2 M were used as extractants. 0.2 g of fortified bentonite clay was taken in 50 mL centrifuge tube and 10 mL of extractant was added and shaken for 2 hours followed by centrifugation and then filtration. This process was repeated thrice and the filtrate was analysed for Zn concentration on AAS.

Results

Adsorption of Zn on bentonite

Multilayer adsorption of Zn was observed on bentonite clay (*Figure 1*). A clear indication of the start of next layer of coating after the first one can be seen in the figure 1. According to the new model, developed by using Sips and Gapon equation 12.9 g of Zn was adsorbed per kilogram of bentonite clay in first cycle, while in the second cycle around 26.7 g of Zn was adsorbed.

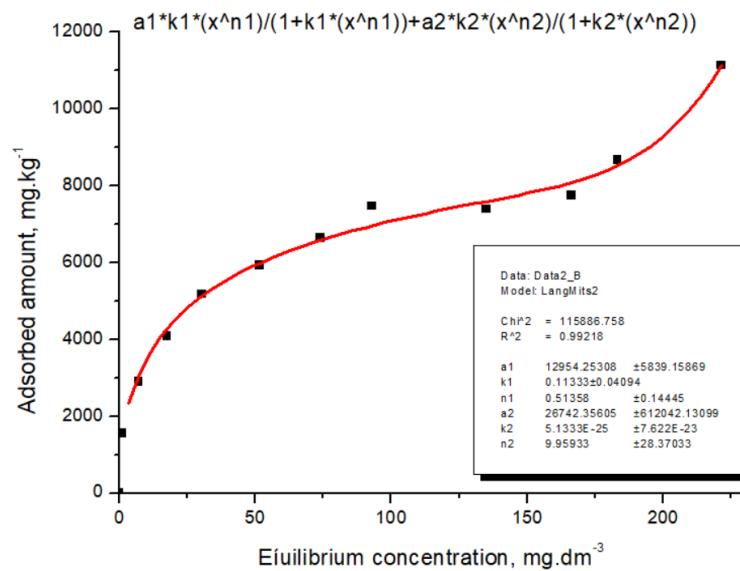


Figure 1 Adsorption of Zn on bentonite clay

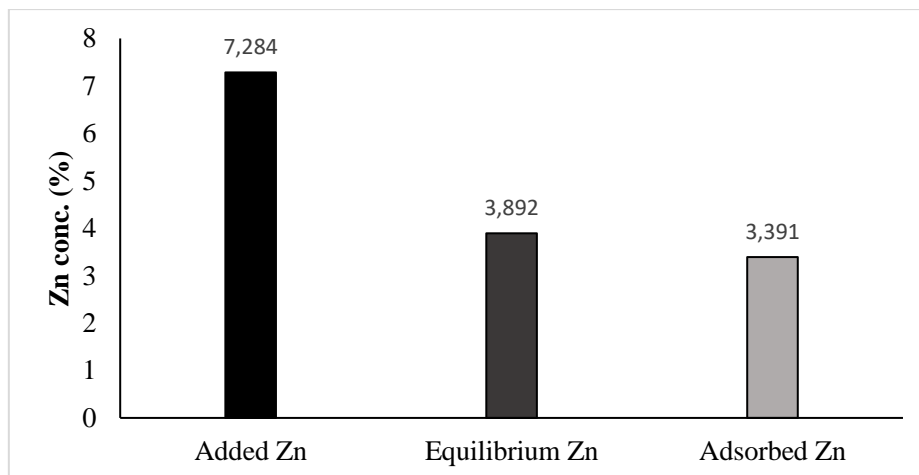


Figure 2 Summary of clay fortification with Zn

Bentonite fortification with Zn

During fortification about 7.284% of Zn was added (*Figure 2*) and 3.892% of added amount of Zn was analysed in filtrate (equilibrium concentration). About 3.391% of the Zn was adsorbed on the bentonite clay. Adsorbed amount of accounts about 50% of the added Zn concentration.

Zn extraction from fortified clay

By using D.H₂O as extractant 126.6 mg kg⁻¹ of Zn was extracted which is equal to the 18.5% of the adsorbed amount of Zn. In case of HNO₃ 545.6 mg kg⁻¹ Zn was extracted which accounts about 80% of the adsorbed amount of Zn (Table 1).

Table 1 Extraction of Zn from fortified bentonite clay

Zn extraction	
Extractant used	Extracted amount of Zn (mg kg ⁻¹)
D. H ₂ O	126.6±4.6
HNO ₃ (2 M)	545.6±5.6

Average amount of extracted Zn is presented in mg kg⁻¹ and ± shows the standard error

Discussion

Zinc fertilizers significantly enhance the growth of plants by increasing the availability of Zn in soil (KABEYA AND SHANKAR, 2013). Higher availability and uptake of Zn in plants may leads to the accumulation of Zn in edible plant parts (UMAR ET AL., 2020). Zinc play several important functions in plants like, increasing the cell membrane integrity, enzyme activation, protein and carbohydrate metabolism (CAKMAK, 2000). In the Zn fertilizers ZnSO₄ is the most commonly used source of Zn. As the ZnSO₄ is highly soluble in water and this solubility leads to some limitations. Due to completely solubilization of ZnSO₄, chances of fixation, precipitation and complexation of Zn increased which in turn reduced the long-term availability of Zn to plants. Bentonite is a 2:1 type clay mineral which possess high surface area, high cation exchange capacity and higher surface charge (HE ET AL., 2015). These properties of bentonite clay make it a suitable material to carry nutrients. From the results of this study (Figure 1) we can observe that bentonite have great potential to adsorb Zn⁺². A multilayer adsorption phenomenon can be observed in the adsorption experiment in this study which is the indication that higher than usual amount of Zn can be retained on bentonite surface. Similar results were also presented by Vhahangwele and Mugeru (2015), reported that, at bentonite clay dosage 1 g, pH 6.0 and shaking speed 250 rpm multilayer adsorption of different cations Zn, Cu, CO, Pb was observed. Similarly, Burham and Sayed (2016) also reported the multilayer adsorption of Zn and Cd onto natural Egyptian bentonite clay. Higher adsorption of cations can be evaluated from the results of this study (Figure 2) that during fortification of bentonite with Zn almost half of the added amount of Zn was retained by the clay material. This showed that bentonite can be a good carrier for the plant nutrients. Another important parameter to consider is the release behaviour of nutrients/cations by bentonite clay. As it has higher CEC, which play an important role the release or solubilization of nutrients and their availability to plants. Extraction analysis of this study showed that 18.5% of adsorbed amount of Zn was readily soluble in water while remaining amount of retained Zn on bentonite may be the exchangeable fraction. Similarly, about 80% of adsorbed Zn was extracted by HNO₃ and the remaining 20% was retained by

mineral. It is evident from these results that bentonite have the ability to release nutrients/cations slowly which increase the availability of nutrients to plants and reduce the losses. The reason behind the slow release of nutrients can be the solubilization pattern of cations in clay fraction like, the nutrients which retained between the inter layers solubilized readily due to direct contact with water and after that the nutrients which are retained within the inter layers released with exchange mechanism (BENNOUR, 2012). Our results are in agreement with Iskander et al. (2010). As they reported that bentonite and zeolite release Zn, Mn slowly and can be used as slow release fertilizers to increase the nutrient use efficiency in plants. Similarly, Yuvaraj and Subramanian (2018) prepared a slow release Zn fertilizer by using zeolite as a carrier material and it was reported that significant amount of Zn was released up to 1176 hours from slow release fertilizer.

Conclusion

From the results of this study it can be concluded that bentonite clay can act as a good carrier of nutrients. It has the ability to release the nutrients slowly which can be helpful in enhancing the crop growth and production. By increasing the availability of nutrients like Zn, problem of Zn malnutrition in human beings can be corrected through the increase of Zn contents in food chain.

Acknowledgement

The research was supported by the Agroforestry (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) project.

References

- BENNOUR, H. A. (2012). Influence of pH and ionic strength on the adsorption of copper and zinc in bentonite clay. *Chemical Science Transactions*, 1(2), 371-381.
- BLACK, R. E., VICTORA, C. G., WALKER, S. P., BHUTTA, Z. A., CHRISTIAN, P., DE ONIS, M., ... & UAUY, R. (2013). Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *The lancet*, 382(9890), 427-451.
- BURHAM, N., & SAYED, M. (2016). Adsorption behavior of Cd²⁺ and Zn²⁺ onto natural Egyptian bentonitic clay. *Minerals*, 6(4), 129.
- CAKMAK, I. 2002. *Plant and soil*. 247:3-24.
- ERDEM, E., KARAPINAR, N., & DONAT, R. (2004). The removal of heavy metal cations by natural zeolites. *Journal of colloid and interface science*, 280(2), 309-314.
- GUERRA, D. J. L., MELLO, I., RESENDE, R., & SILVA, R. (2013). Application as absorbents of natural and functionalized Brazilian bentonite in Pb²⁺ adsorption: Equilibrium, kinetic, pH, and thermodynamic effects. *Water Resources and Industry*, 4, 32-50.
- HE, Y., WU, Z., TU, L., HAN, Y., ZHANG, G., & LI, C. (2015). Encapsulation and characterization of slow-release microbial fertilizer from the composites of bentonite and alginate. *Applied Clay Science*, 109, 68-75.
- HUSSAIN, S., MAQSOOD, M.A., RENGEL, Z. et al. *Plant Soil* (2012) 361: 279
- ISKANDER, A. L., EM, K., & AS, S. (2011). Zinc and manganese sorption behavior by natural zeolite and bentonite. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 19(1), 263-271.
- LIM, K., RIDDELL, L., NOWSON, C., BOOTH, A., & SZYMLEK-GAY, E. (2013). Iron and zinc nutrition in the economically-developed world: a review. *Nutrients*, 5(8), 3184-3211.
- MARET, W. Molecular aspects of human cellular zinc homeostasis: Redox control of zinc potentials and zinc signals. *Biometals* 2009, 22, 149–157.

- RENGEL, Z. (2015). Availability of Mn, Zn and Fe in the rhizosphere. *Journal of soil science and plant nutrition*, 15(2), 397-409.
- SALEH, A. S., ZHANG, Q., CHEN, J., & SHEN, Q. (2013). Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 12(3), 281-295.
- SPARKS, D. L., PAGE, A. L., HELMKE, P. A., & LOEPPERT, R. H. (EDS.). (2020). *Methods of soil analysis, part 3: Chemical methods (Vol. 14)*. John Wiley & Sons.
- VHAHANGWELE, M., & MUGERA, G. W. (2015). The potential of ball-milled South African bentonite clay for attenuation of heavy metals from acidic wastewaters: Simultaneous sorption of Co^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , and Zn^{2+} ions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(4), 2416-2425.

AZ EDTA HATÁSA A TALAJ POTENCIÁLISAN TOXIKUS ELEMTARTALMÁRA

DÁLNOKI ANNA BOGLÁRKA¹, GULYÁS MIKLÓS², RÉTHÁTI GABRIELLA², SEBŐK ANDRÁS²,
TOLNER LÁSZLÓ², KÖLES PÉTER², CZINKOTA IMRE²

1 Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Kutatóintézet – Állattenyésztési Takarmányozási és Húsipari
Kutatóintézet, 2053 Herceghalom Gesztenyés út 1.

2 Szent István Egyetem, 2100 Gödöllő Páter Károly utca 1.

czinkota.imre@gmail.com

Bevezetés

Az EDTA (etilén-diamin-tetraecetsav) erős komplexképző anyag továbbá rendkívül stabil molekula, amely széles körben használatos ipari és háztartási célokra. A talajban való jelenlétének oka lehet az agrokémiai alkalmazás vagy az EDTA-t tartalmazó termékek talajba juttatása. Az EDTA alkalmazható: (i) a potenciális toxikus elemek mobilizálására és azok biológiai hasznosulásának becslésében (ii) talajjavító folyamatokban (iii) különbözőképpen felvehető nyomelem frakciók elválasztásában (iv) a növények kation mikrotápanyag utánpótlásában (MANOUCHEHRI ÉS BERMOND, 2009).

Általában a mikrotápelemek a potenciálisan toxikus elemek talajban való felvehetősége és mobilitása csekély, így a növények által nehezen hozzáférhetőek (NEUGSCHWANDTNER ET AL. 2012). Ezért számos mesterséges és természetes kelátképző anyagot fejlesztettek ki a talaj mikrotápelem szolgáltató képességének fokozására. A legtöbb talajban megtalálható mikrotápelem körülbelül 80%-a oldott formába kerül az EDTA alkalmazásával és hozzáférhetővé válik a növények számára (HAAG-KERWER ET AL., 1999).

Anyag és Módszer

Az EDTA mobilizáló hatását mesterségesen elszennyezett talajokkal modelleztük. 3 különböző talajt (Nyírségi talaj – savanyú homoktalaj, Józsefmajor – csernozjom talaj, Szárítópusztá – BET) 1000 mg/l koncentrációjú törzsoldattal kezeltünk (1. táblázat). A homogenitás miatt a talajokat 100%-os víztelítettségűek voltak. Minden talaj esetében 100 mg/kg-os volt a potenciálisan toxikus elemtartalom.

1. táblázat Talaj paraméterek

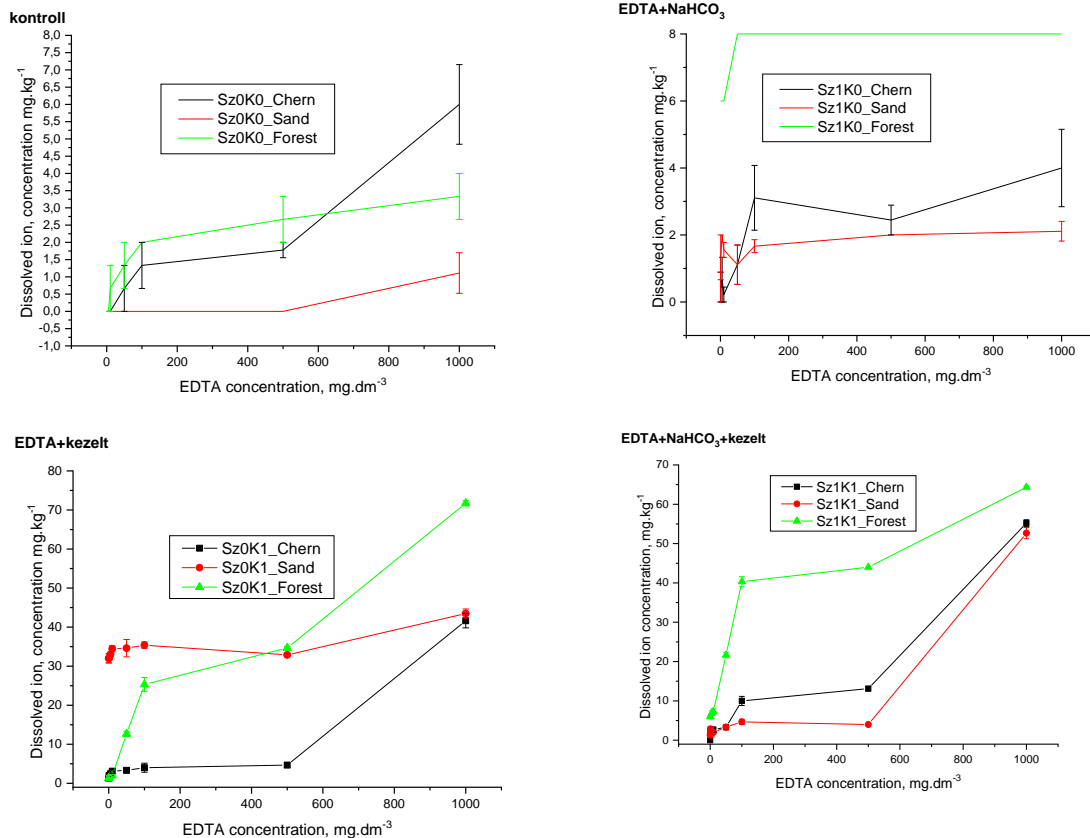
Talajok	Arany-féle kötöttségi szám	pH _{H2O}	pH _{KCl}
Szárítópusztá	26	8.2	7.3
Józsefmajor	40	7	5,9
Nyírség	26.5	5.6	3.9

Az érlelést (3 hét) követően 2 g talaj és 20 ml különböző mennyiségű EDTA kivonószert tartalmazó oldatból készítettük el a talajoldatokat, melyeket 24 órán keresztül rázattunk. Az EDTA mennyiségek a következők voltak: 0; 1; 5; 10; 50; 100; 500; 1000 mg/l. A talaj:oldat arány 1:10 volt, így 0; 10; 50; 100; 500; 1000; 5000; 10000 mg/kg koncentrációnak felelt meg. Mindezek mellett az EDTA hatását a talajok mésztartalma befolyásolhatja, így a meszes talajokat modellezve NaHCO₃-t adtunk a talajszuszpenziókhöz. A NaHCO₃ szükséges mennyiségének meghatározására beállított kísérletnél a kezelt talajokból 1-1 g-ot mértünk be,

majd 10 ml 2 g/l-es, illetve 20 g/l-es NaHCO_3 oldatot töltöttünk rá, majd 24 órás folyamatos rázatás után megmértük a pH-ját. A mért értékek alapján megállapítottuk, hogy a 20 g/l-es NaHCO_3 koncentrációjú oldat modellezi leginkább a magas mésztartalmú talajokat ($\text{pH} \geq 8$). Az eredményeket varianciaanalízis segítségével értékeltük és az adatokat Origin 6.0 segítségével ábrázoltuk.

Eredmények és értékelésük

Ólom



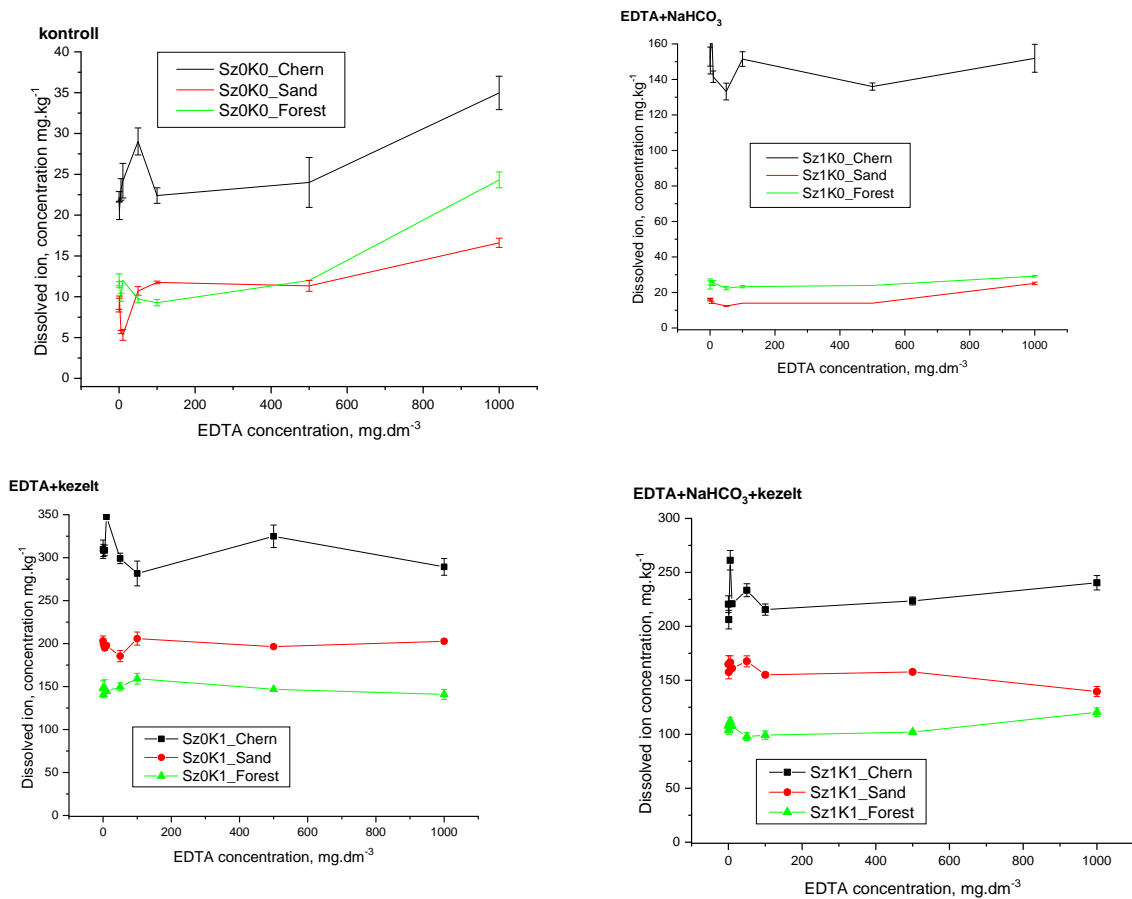
1.ábra Az oldatban levő ólom koncentrációja a mért és pufferelt pH értékeken, az EDTA koncentráció függvényében.

Kontroll: Az oldatban mért ionok koncentrációja a hozzáadott EDTA mennyiségének függvényében, eredeti talajon, hozzáadott fémion nélkül. **EDTA+NaHCO₃:** Az oldatban mért ionok koncentrációja a hozzáadott EDTA mennyiségének függvényében, NaHCO₃-tal lúgosított talajon, hozzáadott fémion nélkül. **EDTA+kezelt:** Az oldatban mért ionok koncentrációja a hozzáadott EDTA mennyiségének függvényében, eredeti talajon, hozzáadott fémionokkal. **EDTA+NaHCO₃+kezelt:** Az oldatban mért ionok koncentrációja a hozzáadott EDTA mennyiségének függvényében, NaHCO₃-tal lúgosított talajon, hozzáadott fémionokkal

Az ólom koncentráció az EDTA koncentráció növelésével növekszik, azonban a növekedés tendenciája a három talaj esetén eltérő: A homoktalaj csak a nagy EDTA koncentrációknál ad mérhető ólmot, az erdőtalaj esetében kis koncentrációnál kezdődő telítési görbét kapunk, míg a csernozjom talajnál hasonlóan induló, de a legnagyobb EDTA koncentrációnál ismét emelkedő koncentráció értéket kapunk. A pufferelt esetben a tendenciák hasonlóak, azonban az erdőtalajon igen nagy koncentráció értékeket mérhetünk, gyakorlatilag függetlenül az EDTA koncentrációtól. A pufferelt talajokon az összes talaj esetében egy telítési, de a legnagyobb EDTA koncentrációnál ismét emelkedő görbéket kapunk. Az erdőtalajnál mindkét esetben a

legnagyobb értékeket mértünk, míg a másik két talajnál mért koncentrációk sorrendje eltérő a pufferelt és puffereletlen esetben. A nem pufferelt talajnál a homoktalajnál mértünk nagyobb koncentrációkat, míg pufferelt esetben a csernozjom talaj hozott létre nagyobb ólom koncentrációkat az oldatban (1. ábra).

Ón



2. ábra Az oldatban levő ón koncentrációja a mért és pufferelt pH értékeken, az EDTA koncentráció függvényében

Kontroll: Az oldatban mért ionok koncentrációja a hozzáadott EDTA mennyiségének függvényében, eredeti talajon, hozzáadott fémion nélkül. **EDTA+NaHCO₃:** Az oldatban mért ionok koncentrációja a hozzáadott EDTA mennyiségének függvényében, NaHCO₃-tal lúgosított talajon, hozzáadott fémion nélkül. **EDTA+kezelt:** Az oldatban mért ionok koncentrációja a hozzáadott EDTA mennyiségének függvényében, eredeti talajon, hozzáadott fémionokkal. **EDTA+NaHCO₃+kezelt:** Az oldatban mért ionok koncentrációja a hozzáadott EDTA mennyiségének függvényében, NaHCO₃-tal lúgosított talajon, hozzáadott fémionokkal

A nem pufferelt nem kezelt talajokon egy lineáris kapcsolatot láthatunk a mért ón koncentráció és az oldat EDTA koncentrációja között. A csernozjom talajból jelentősen nagyobb koncentrációban extrahálódik az ón. Mind a kontroll és a kezelt talajok, mind a pufferelt és nem pufferelt talajok esetében az EDTA koncentráció változásától feltehetően független a mért ón koncentráció (2. ábra).

Következtetések

Általánosságban megállapítható, hogy az ionok koncentrációja az oldatban a pH-érték csökkenésével és az EDTA-koncentráció növekedésével nőtt. A mért oldatkoncentrációk EDTA koncentráció függését ábráztuk, és értékeltük. A növekvő EDTA koncentrációk általában növelik az oldott, deszorbeálódott ionkoncentrációt.

A mért ionkoncentrációk és a hozzáadott fémionmennyiségekből kiszámítottuk az anyagmennyiséget és ebből a folyadék szilárd megoszlási hányadost. A megoszlási értékek a mért oldatkoncentrációknak megfelelő módon általában az EDTA koncentráció növekedésével növekednek.

Köszönetnyilvánítás

Ezt a kutatást a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (1783-3 / 2018 / FEKUTSRAT) és az Emberi Erőforrások Minisztériuma támogatta a Gödöllői Szent István Egyetem vízügyi kutatásainak keretében.

PHARMATÉKA PREVENTIVE KFT. <http://www.pharmateka.hu/>

Irodalom

- HAAG-KERWER, A., SCHAFFER, H.J., HEISS, S., WALTER, C., RAUSCH, T., (1999). Cadmium exposure in *Brassica juncea* causes a decline in transpiration rate and leaf expansion without effect on photosynthesis. *Journal of Experimental Botany* 50, 1827–1835.
- N. MANOUCHEHRI, A. BERMOND (2009) EDTA in Soil Science: A Review of its Application in Soil Trace Metal Studies. *Terrestrial and Aquatic Environmental Toxicology* 3 (1) 1-15. Global Science Books
- NEUGSCHWANDTNER, R. W., TLUSTOS, P., KOMAREK, M., et al. (2012) Chemically enhanced phytoextraction of risk elements from a contaminated agricultural soil using *Zea mays* and *Triticum aestivum*: performance and metal mobilization over a three year period. *International Journal of Phytoremediation*, 14(8): 754-771.

IV. METEOROLÓGIAI, MÓDSZERTANI ÉS FOLYAMATMÉRNÖKI KUTATÁSOK

OBSERVED AND PROJECTED DROUGHT TENDENCIES FOR AGROFORESTRY CASE STUDIES

BORBÁLA GÁLOS

University of Sopron, Faculty of Forestry, Institute for Environmental and Earth Sciences

galos.borbala@uni-sopron.hu

Introduction

The Carpathian Basin is considered to be highly sensitive and vulnerable to climate change and the related increase of the probability and intensity of extreme events. In the last 50 years, the frequency, severity, and duration of extremely dry and warm weather events have increased, their impacts on the vitality and production of the most sensitive ecosystems and tree species are already visible (MÁTYÁS et al. 2010, BERKI et al., 2014, BERKI et al. 2016, MÓRICZ et al. 2013, RASZTOVITS et al. 2014). Climatic extremes are being observed to affect the water uptake of forests from groundwater and the whole water balance of forested catchments (GRIBOVSKI, 2014, CSÁKI et al. 2014). As result of a drought induced damage chain, increasing number of pests and diseases has been detected in beech and oak forests (CSÓKA AND HIRKA 2011). Lack of adaptation may lead to increasing mortality that can reduce the climate change mitigation potential of the forestry sector (SOMOGYI 2016, 2017). These impacts emphasizes the need of the long term projections of climate tendencies in order to be able to assess and prepare for the expected impacts.

Data and methods

For characterizing climate conditions based on observations, gridded station data of monthly temperature and precipitation was used. The dataset is available from the CARPATCLIM EU-project (LAKATOS et al., 2013) in $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ horizontal resolution for the period 1961–2010. Since the target region of the CARPATCLIM project does not cover the whole country, data from further stations of the Hungarian Meteorological Service were also involved in the investigations.

Climate information for the future time period is based on the simulation results of regional climate models driven by different emission and radiative forcing scenarios In order to quantify the spread of projections, one ensemble of 12 simulations with SRES A1B scenario (NAKICENOVICS et al. 2000), as well as a 10-10 members ensemble of simulations assuming the representative concentration pathways RCP 4.5 and RCP 8.5 (MOSS et al. 2010) have been analyzed for the period 1971-2100 (table 1). For the RCP 8.5 and RCP 4.5 ensembles, data have been provided via the EURO-CORDEX initiative (JONES et al., 2011, JACOB et al. 2014). The spatial resolution of the simulations was $0.22^\circ * 0.22^\circ$ for the SRES A1B scenario, as well as $0.44^\circ * 0.44^\circ$ and $0.11^\circ * 0.11^\circ$ for the RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios, respectively.

Monthly, seasonal and annual scale temperature and precipitation time series have been analysed for the time period 1971-2099. Expected changes of temperature and precipitation as

well as of the probability and severity of climate extremes have been determined relative to the reference period 1971–2000. Tendencies and projected changes have been calculated for annual time series, time series of 30-year running means as well as for 30-year climate means, respectively (2011-2040, 2041-2070, 2070-2099).

Extreme dry and warm events have been defined based on the temperature and relative precipitation anomalies from the climate baseline period in the past. In case of dry events, only the meteorological approach was used and the summer means were considered (since in this season is the available water especially important for the plants and the drought conditions can be intensified by the high temperatures). “Extreme” is defined statistically: the 90th percentile (top 10 percent of all occurrences) of temperatures and 10th percentile (bottom 10 percent of all occurrences) of precipitation has been calculated for the reference period. A summer has been considered to be extremely warm and dry if temperature was above the 90th percentile and precipitation was below the 10th percentile.

For the estimation of the potential impacts, the following frequently applied climate and forestry indices have been derived that are based on monthly temperature means (T) and precipitation sums(P):

Ellenberg climate quotient (ELLENBERG 1974)

$$EQ = \frac{T_{Jul}}{P_{ann}} * 1000$$

Modified Ellenberg climate quotient (FRANKE AND KÖSTNER 2007)

$$EQ_{mod} = \frac{T_{Jul}}{P_{Apr-Oct}} * 1000$$

Forestry aridity index (FÜHRER 2010, FÜHRER et al. 2017)

$$FAI = \frac{T_{Jul-Aug}}{P_{May-Jul} + P_{Jul-Aug}} * 100$$

Tolerance index for beech (BERKI et al. 2009)

$$TI_B = \frac{0.2 * P_{Mar} + 0.5 * P_{Apr} + P_{May} + P_{Jun} + P_{Jul} + 0.8 * P_{Aug}}{(T_{Jun} + T_{Jul} + T_{Aug}) / 3}$$

Pálfai drought severity index (PÁLFAI 1991)

$$PaDI = PaDI_0 * k1 * k2 * k3$$

The event was considered to be extreme if the index value exceeded the 90th percentile.

Results of an ensemble of different regional climate model simulations have been considered rather than one single climate projection. In this way, the spread and robustness of the projections as well as the likelihood of the possible changes can be evaluated (it is not possible to state a concrete value for future climate change in a specific region). According to the IPCC, the change has been categorized as “likely” when 66% of all changes projected through the various models lie within this range. In case at least 66 % of the simulation results showed the same direction of changes the change has defined as robust (PFEIFER et al. 2015).

Results

a) Observed tendencies

Climate conditions that could initiate the observed drought related damage chain in the beech forests have been analysed applying commonly used climate and forestry indices for the region

of Zala County. All indices show two at least 3 year long periods that were dryer and warmer than the mean: 1990-1993 and 2000-2003 (figure 1). These periods are more pronounced in the time series of the 3-year moving averages of the index values (this has been also confirmed by JANIK et al. 2016). The magnitude of the anomalies corresponds to the calculation method of the indices. High values of FAI and low values of TIB refers to the extremely warm and dry conditions of the May-August period. High EQ and EQmod values are in connection with the high July temperature and the low precipitation amount in the whole year or in the vegetation period.

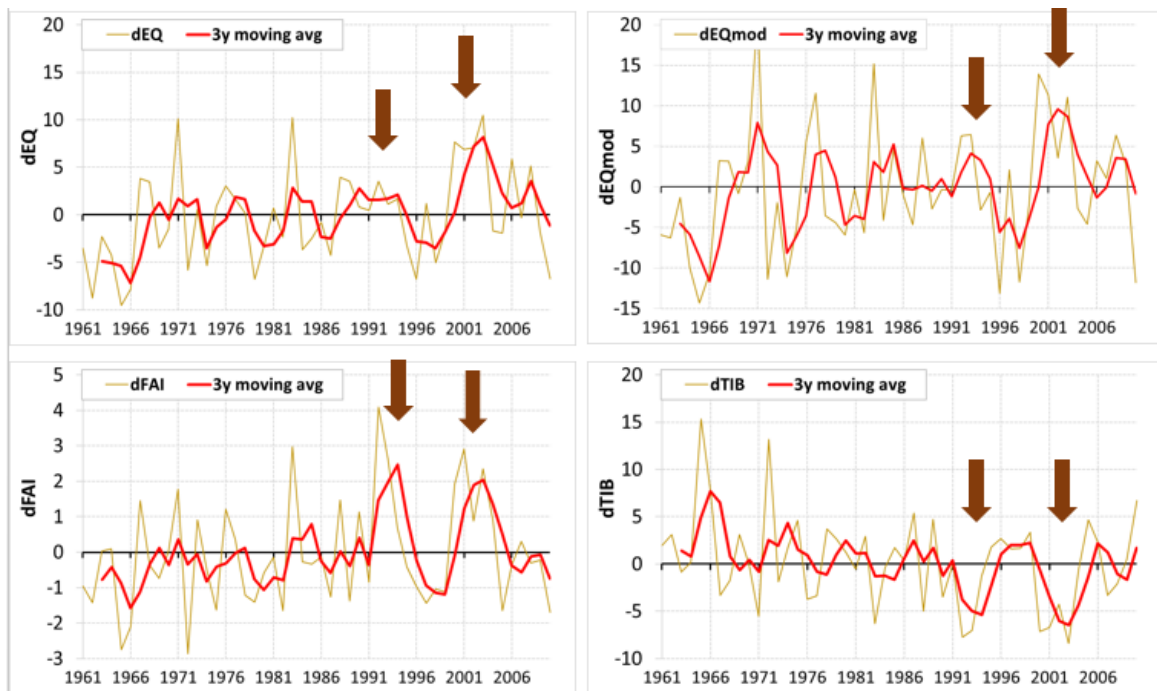


Figure 1: Observed time series of the anomalies of climate and forestry indices (EQ, EQmod, FAI, TIB) in Zala County. Reference period: 1971-2000

The question is whether similar consecutive severe dry and warm periods are more frequent under climate change conditions.

b) Projected tendencies

For all future time periods and for all indices the frequency of events exceeding the 90th threshold are increasing in both of the forested areas in Southwest and Northeast Hungary. The typical 2-4 events/30 years for the past time period can reach 3-7 for the middle, and 8-10 (every 3rd year) for the end of the century (figure 2). The lowest changes are expected for the EQ values because this index is based on the annual precipitation sum that shows no clear signal in sign. The largest spread of the simulation results is in the last 30 years of the century. Tendency of the two investigated Hungarian region is the same, differences occur only in the range of the individual index values.

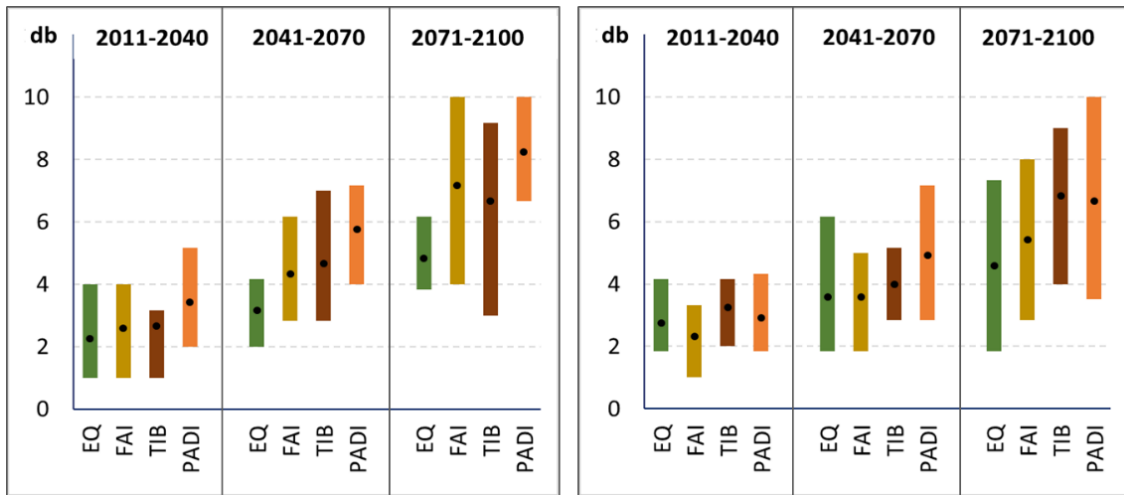


Figure 2: Total number of the extreme warm and dry events exceeding the 90th percentiles of the climate and forestry indices (EQ, FAI, Tib, PADI) based on the results of 12 A1B driven RCM simulations. Columns are representing the “likely range” of the changes. Southwest Hungary (left), Northeast Hungary (right)

Figure 3 shows the same results representing cumulative probability of the extreme index values as a continuous tendency during the 21st century.

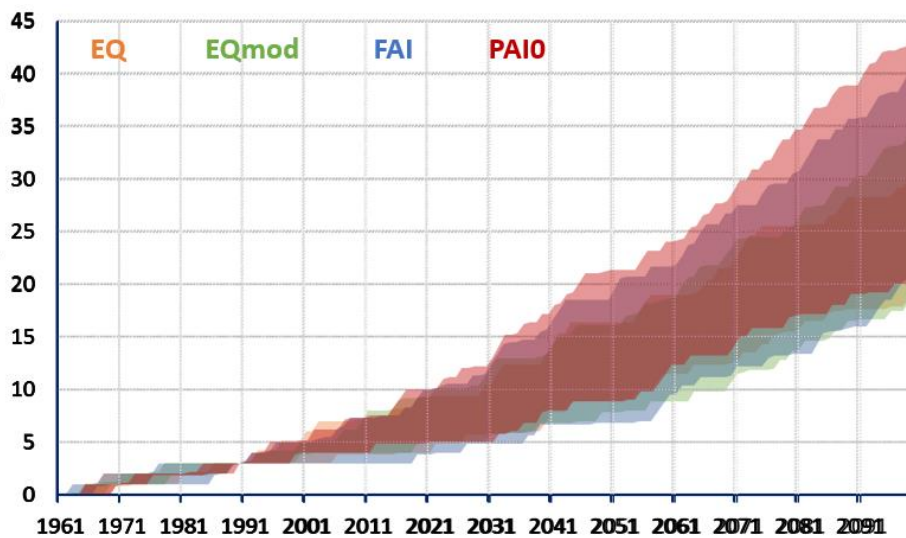


Figure 3: Cumulative distribution of the probability of the extreme warm and dry events exceeding the 90th percentiles of the climate and forestry indices. Shaded area is representing the “likely range” of the changes

For the ecosystems projected frequency of extreme events could be also important that have never observed in the past. Cumulative probability of the occurrence of temperature values that are larger than the largest summer mean temperature in 1971-2000 shows an exponential increase until the end of the century (figure 4). For the RCP 4.5 scenario are the expected changes the smallest, and in this case 66 % of all simulations agree that 15 summers of the century could be warmer than ever observed. Based on the mean projections of the A1B and RCP 8.5 ensembles, this events can reach 40. These two tendencies are the same, but the range of the simulation results is smaller for RCP 8.5 than for A1B.

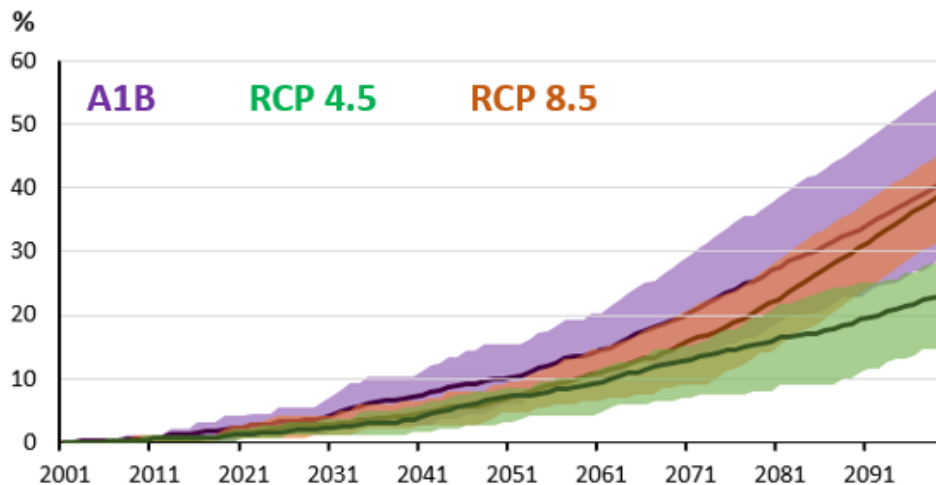


Figure 4: Cumulative probability of the occurrence of temperature values that are larger than the largest summer mean temperature in 1971-2000

Not only the severity of warm events but also the length of the consecutive dry and warm periods are expected to increase. Dry and warm summers (May-June-July-August) longer than 3 years in sequence can occur in 19-22 % of the century for the RCP 4.5 and 8.5 scenarios (figure 5). Whereas it can become less typical at the second half of the century that also the whole year before summer is drier than the long term mean. Only the A1B based simulations show an increase for all periods both for summer means and annual means.

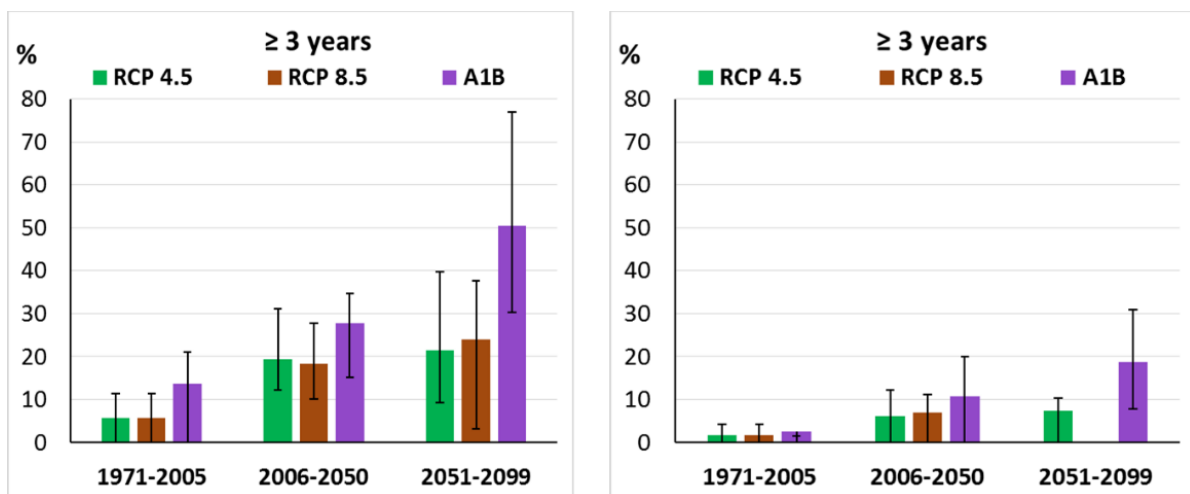


Figure 5: Probability of the dry and warm May-June-July-August periods (left) and the September – August periods (right) that are longer than 3 years.

Conclusions

The main conclusion is that despite the large spread of the individual model simulations, tendency of all analyzed climate and forestry indices refer to the increasing probability (and shorter return period) of the extreme warm and dry events until the end of the century.

It is not possible to decide that e.g. from the analysed 3 scenarios which one is more likely in the future. The main challenge is to find an appropriate method to interpret the large range and uncertainties of climate projections in order to be able to deal with them in the impact

assessments. Results can be applied for adaptation support in forestry and can contribute with input parameters to agroforestry case studies.

Acknowledgement

The research was supported by the Agroforestry (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) project.

References

- BERKI, I., RASZTOVITS, E., AND MÓRICZ, N., (2014): Erdőállományok egészségi állapotának értékelése – egy új megközelítés. *Erdészettudományi Közlemények* 4, 149–155.
- BERKI I., RASZTOVITS E., MÓRICZ N., KOLOZS L. (2016): The Role of Tree Mortality in Vitality Assessment of Sessile Oak Forests. *South-east Eur for* 7 (2): DOI: <https://doi.org/10.15177/seefor.16-14>
- CSÁKI, P., KALICZ, P., BROLLY, G., CSÓKA, G., CZIMBER, K., AND GRIBOVSZKI, Z., (2014): Hydrological Impacts of Various Land Cover Types in the Context of Climate Change for Zala County. *Acta Silv. Lign. Hung.* 10, 117–131.
- CSÓKA, G., AND HIRKA, A., (2011): Alien and invasive forest insects in Hungary (A review). *Biotic Risks and Climate Changes in Forest. Berichte Freiburger Forstliche Forschung* 89, 54–60.
- ELLENBERG, H., (1988): *Vegetation ecology of Central Europe*. 4th ed., Cambridge University Press, Cambridge.
- FRANKE J. AND KÖSTNER B. (2007): Effects of recent climate trends on the distribution of potential natural vegetation in Central Germany. *Int. J. Biometeorol.* 52. 139-147.
- FÜHRER, E., (2010): Tree growth and the climate (in Hungarian). “Klíma-21” Füzetek, 61., 98–107.
- FÜHRER, E., HORVÁTH, L., JAGODICS, A., MACHON, A., AND SZABADOS, I., (2011): Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás*, 115. 205–216.
- GRIBOVSZKI, Z., (2014): Diurnal Method for Evapotranspiration Estimation from Soil Moisture Profile. *Acta Silv. Lign. Hung.* 10. 67–75.
- JACOB, D.; PETERSEN, J.; EGGERT, B.; ALIAS, A.; CHRISTENSEN, O.B.; BOUWER, L.M.; BRAUN, A.; COLETTE, A.; DÉQUÉ, M.; GEORGIEVSKI, G.; ET AL. (2014): EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Reg. Environ. Chang.* 14. 563–578.
- JANIK G., HIRKA A., KOLTAY A., JUHÁSZ J., CSÓKA GY. (2016): 50 év biotikus kárai a magyar bükkösökben [50 years biotic damage in the Hungarian beech forests]. *Erdészettudományi Közlemények* 6(1), 45-60.
- JONES, C.F.G.; ASRAR, G. (2011): The Coordinated Regional Downscaling Experiment: CORDEX, An international downscaling link to CMIP5. *CLIVAR Exch.*, 56. 34–40.
- LAKATOS, M., SZENTIMREY, T., BIHARI, Z., AND SZALAI, S., (2013): Creation of a homogenized climate database for the Carpathian region by applying the MASH procedure and the preliminary analysis of the data. *Időjárás* 117. 143–158.
- MÁTYÁS, CS., BERKI, I., CZÚCZ, B., GÁLOS, B., MÓRICZ, N., AND RASZTOVITS, E., (2010): Future of beech in Southeast Europe from the perspective of evolutionary ecology. *Acta Silv. Lign. Hung.* 6. 91–110.
- MÓRICZ, N., RASZTOVITS, E., GÁLOS, B., BERKI, I., EREDICS, A., AND LOIBL, W., (2013): Modeling the Potential Distribution of Three Climate Zonal Tree Species for Present and Future Climate in Hungary. *Acta Silv. Lign. Hung.* 9. 85–96.
- MOSS, R.H.; EDMONDS, J.A.; HIBBARD, K.A.; MANNING, M.R.; ROSE, S.K.; VAN VUUREN, D.P.; CARTER, T.R.; EMORI, S.; KAINUMA, M.; KRAM, T.; et al. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463. 747–756.
- NAKICENOVIC, N.; SWART, R. (2000): *Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Cambridge University Press: New York, NY, USA, 2000; pp. 1–599.
- PÁLFAI I. (1991): Az 1990. évi aszály Magyarországon. *Vízügyi Közlemények* 2.117-125.

- PFEIFER S., BÜLOW K., GOBIET A., HÄNSLER A., MUDELSEE M., OTTO J., RECHID D., TEICHMANN C., AND JACOB D. (2015): Robustness of Ensemble Climate Projections Analyzed with Climate Signal Maps: Seasonal and Extreme Precipitation for Germany. *Atmosphere*, 6. 677-698.
- RASZTOVITS, E., BERKI, I., MÁTYÁS, CS., CZIMBER, K., PÖTZELSBERGER, E., AND MÓRICZ, N., (2014): The incorporation of extreme drought events improves models for beech persistence at its distribution limit. *Annals For. Sci.* 71. 201–210.
- SOMOGYI Z. (2016): Projected effects of climate change on the carbon stocks of European beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in Zala County, Hungary. *Les.Cas.For.J.* 62. 3-14.
- SOMOGYI Z. (2017): Az elővigyázatosság elve és az éghajlatváltozás – Mire figyelmeztetnek az erdők? *Magyar Tudomány* 6. 252-657.

KLÍMAADAT ÉS -INFORMÁCIÓ SZOLGÁLTATÁS AGRÁRERDÉSZETI PROJEKTEKBEN

GÁLOS BORBÁLA

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

galos.borbala@uni-sopron.hu

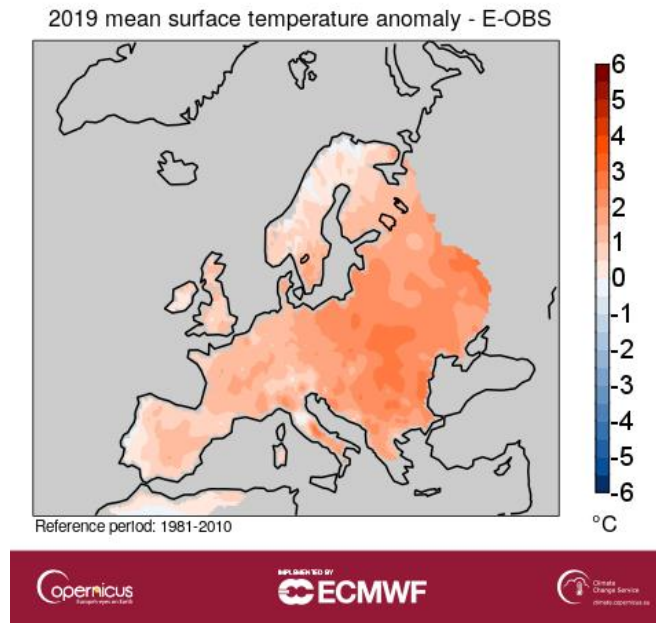
Bevezetés

Az erdészetben is egyre kiemeltebb és sürgetőbb kérdéssé kezd válni az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás, mivel egyre több hazai erdőtársulásban figyelnek meg olyan folyamatokat és károkat, melyek kialakulásához közvetlenül vagy közvetve hozzájárult a hőmérséklet emelkedése és az elérhető vízmennyiség csökkenése. Jó alkalmazkodási stratégiák kialakításához megbízható klímainformáció szükséges, ezért az erdészeti gyakorlat és az erdészeti/agrárerdészeti kutatás minél gyorsabban és egyszerűbben szeretne klímaadathoz jutni. Az adatigénylők és az adatszolgáltatók között azonban eddig még nem valósult meg a hatékony, kétirányú adat- és információáramlás, így a legtöbb esetben szakmailag nem megfelelő módon történik az adatbázis választás és az adatok feldolgozása.

Adatkeresési módszerek, tapasztalatok

A jó minőségű klímaadatok sok esetben nehezen hozzáférhetők, költségesek, vagy túl lassan készülnek el. Az adatigénylő gyakran elégedetlen, és úgy dönt, hogy inkább maga állítja elő, vagy szerzi meg a megfelelőnek gondolt adatokat.

- (a) Vannak, akik elhatározzák, hogy maguk „méri a klímát” a saját területükön. Az egyetlen ponton végzett, 1-2 hetes, jobb esetben néhány éves mérés azonban messze nem elegendő a terület klímájának meghatározásához. Sőt, adott napok/évek időjárási viszonyai is csak akkor jellemezhetők megbízhatóan, ha a helyszínválasztás reprezentatív, a szenzorok és a mérési módszerek az előírásoknak megfelelők, valamint a gyűjtött adatok minőségét rendszeresen ellenőrzik. Ezek a feltételek a jelenlegi gyakorlatban a legtöbbször nem teljesülnek.
- (b) Mások mért adatokat, vagy jövőre vonatkozó becsléseket keresnek a világhálón (1. ábra), és önállóan előállítják az elemzéseikhez szükséges információt.

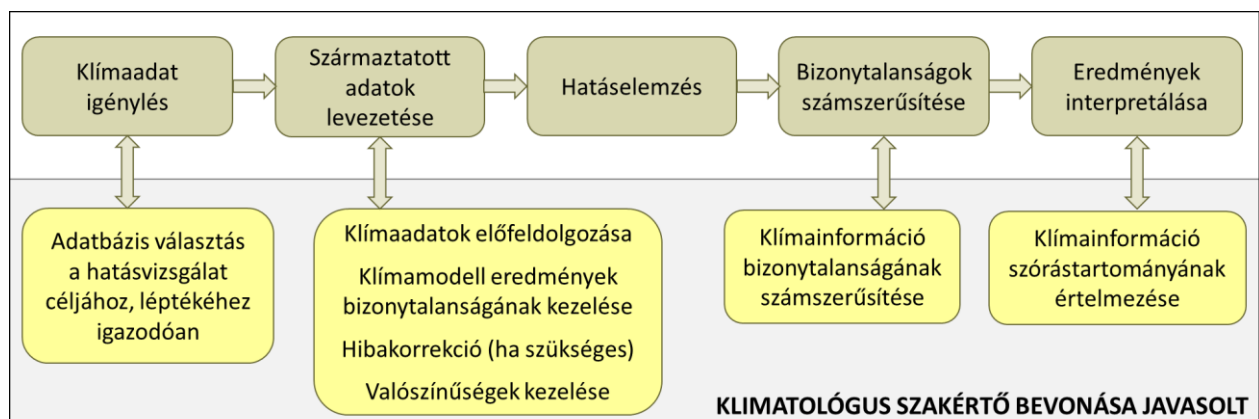


1. ábra 2019 a mérések kezdete óta a legmelegebb év volt Európában. Magyarországon 12,19 °C volt az éves átlaghőmérséklet, mely 1,87 °C-kal haladta meg a sokéves átlagot.
 Forrás: European State of the Climate 2019, Copernicus Climate Change Service, climate.copernicus.eu/ESOTC/2019; Országos Meteorológiai Szolgálat

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a nagy önbizalommal rendelkező, de klimatológiában kevésbé jártas erdész/kutató leggyakrabban

- a nem megbízható forrásból származó, ellenőrizetlen adatokat tölti le, nem tájékozódik az adatok gyűjtésének/előállításának módszeréről, alkalmazásának feltételeiről;
- a klímát csupán a saját elemzéseire beszerzendő alapadatok egyikeként kezeli, nincs tisztában és nem foglalkozik a táblázatban szereplő szám, vagy a térképről leolvasott érték bizonytalanságával, korlátaival.

A fentiek szerint dolgozó elemző egy vizsgálat eredményeinek értékelésekor és a döntéshozatalkor hibás következtetésekre jut - és ezért végül a klimatológusokat okolja. Azonban ha az erdész az önálló próbálkozások helyett együttműködik a klimatológussal, szakértőt von be a hatáselemzés vagy más kutatás klímával kapcsolatos kérdéseibe, lépéseibe (példaként 1. a 2. ábrát), akkor segítséget kaphat az adatigény pontosabb, hatásvizsgálat-specifikus meghatározásához, a megfelelő adatbázis kiválasztásához, az adatok előfeldolgozásához és a klímainformáció helyes értelmezéséhez.



2. ábra Egy tipikus erdészeti/agrárerdészeti hatáselemzés klímával kapcsolatos lépései

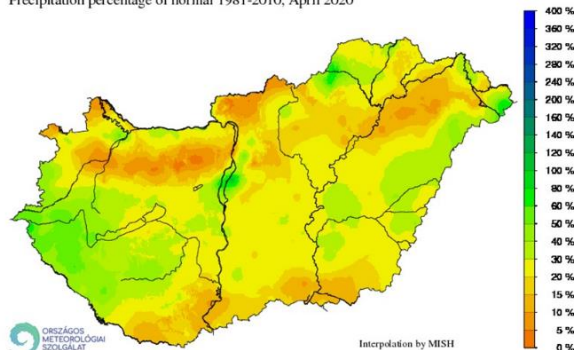
Az adatigénylés javasolt menete

Mikor az erdész adatért fordul a klimatológusokhoz, arra a kérdésre, hogy pontosan milyen klímaadatot kér, a válasza majdnem mindig az, hogy „Az ÖSSZESET!”. Az adatszolgáltató ilyenkor értetlenül tárja szét karjait, mivel az elvárásokkal ellentétben nem létezik egy egységes, minden felhasználói igényt egyaránt kielégítő klímaadattáza. Azok az adatbázisok pedig, amelyek valóban az összes elérhető adat rendelkezésre bocsátását tűzték ki célul, egyelőre még nem felhasználóbarátok, a megfelelő adatok leszűréséhez klimatológiai és programozási előismereteket követelnek.

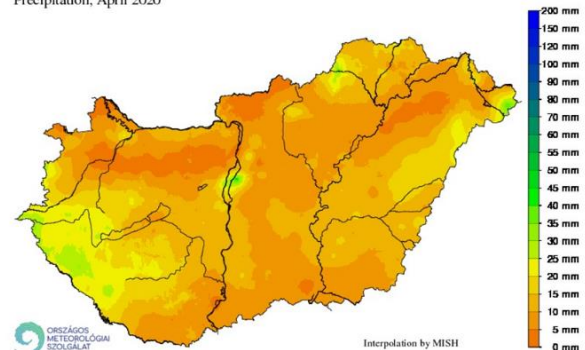
Ha az adatigénylő kellőképpen ismeri a megoldandó gyakorlati problémát vagy a kutatás célját, kérdéseit, és ennek alapján a klimatológus felé konkrét kérést tud megfogalmazni, akkor nagyban megkönnyíti az adatszolgáltató munkáját (3. ábra). Első lépésként az alábbi kérdésekre adott válaszokat várja az adatszolgáltató:

1. Az elemzés mely kérdéseire van szükség klímainformációra?
2. Milyen klímainformáció szükséges a kérdések megválaszolásához?
3. Az igényelt információ levezetéséhez milyen klímparaméterek (pl. hőmérséklet, csapadék, stb.) és származtatott adatok (pl. vegetációs időszak csapadékösszege, klímaindex, stb.) idősoraira van szükség?
 - Mely térségre?
 - Milyen térbeli léptékben?
 - Milyen időszakra?
 - Milyen időbeli léptékben?

A csapadékösszeg aránya az 1981-2010 átlaghoz viszonyítva, 2020. április
Precipitation percentage of normal 1981-2010, April 2020



Csapadékösszeg, 2020. április
Precipitation, April 2020



3. ábra A 2020-as év első harmada (országos szinten különösen április) jóval szárazabb volt, mint a sokéves átlag. Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

Miért szükséges az ilyen részletességű igényfeltárás? Az 1. táblázat is mutatja, hogy a klimatológia és az erdészeti gyakorlat gyakran eltérő megközelítéssel és léptékekben értelmezi a klímát és a klímaadatokot. Az éghajlatkutatók a nagyobb térbeli kiterjedésű légköri folyamatokat, hosszútávú tendenciákat vizsgálják. Ezzel szemben az erdészeti/agrárerdészeti gyakorlat jellemzően lokális megközelítésű, az erdészeti/agrárerdészeti kutatás témái pedig a tér- és időbeli léptékek teljes spektrumát lefedik. Eltérőek az elképzelések az adatok pontosságáról is. Ha az agrárerdészeti adatot kérnek, általában egyetlen konkrét számot várnak, és nehezen kezelik a valószínűségeket, szórásstartományokat, bizonytalanságokat.

1. táblázat Példák az erdészek és a klimatológusok eltérő klíma- és adatértelmezésére

Klímaadat igény (agrárerdészet)		Klímaadat kínálat (éghajlatkutatás)
Lesz aszály 2028-ban? Mekkora kárt fog okozni a vizsgált területemen?	Kutatási kérdés	Aszálygyakoriság változása 2021-2050-re, 1981-2010-hez képest.
„Összes”	Klímaparaméter	Hőmérséklet, csapadék
Saját agrárerdészeti rendszer	Térség	Európa
10 m * 10 m	Térbeli lépték	10 km * 10 km
2028 nyara	Időszak	1961-2099
Napi (de órás még jobb lenne)	Időbeli lépték	Napi/havi/éves/30 éves átlagok
A legjobb modell, mely pontosan előrejelzi a jövőt.	Pontosság	Több klímamodell eredménye, mely nagy szórással és bizonytalansággal vetíti előre a jövőt.

Értékelés, megvitatás, következtetések

Megfelelő adatok szolgáltatásához alapvető tehát az adatigény feltárása. Ennek során az is kiderülhet, hogy nincs is szükség a felhasználó által kért részletességre (pl. napi adatok helyett elegendő a havi csapadékösszeg is), vagy más adattípus (pl. adott mérőállomás adata helyett raszteradat) sokkal alkalmasabb az elemzésekhez.

A jelenleg rendelkezésre álló klímaadatbázisok ismeretében a Szerző véleménye, hogy az adatbázis választást és a klímaadatok célzott, eset-specifikus előkészítését az erdésznek/kutatónak szakértő bevonásával javasolt végezni. Az adatigénylőkkel való szakértői konzultációt a nyugat-európai országokban a meteorológiai szolgálatok munkáját kiegészítő klímaadat és –információ szolgáltató központok munkatársai látják el.

Ahhoz, hogy az adatszolgáltatás minél jobban igazodjon az erdészeti igényekhez, a klimatológusoknak is szüksége van erdészeti adatokra, megbízható mérésekre, felhasználói visszajelzésekre. A közös munka hosszútávon közösen használható adatbázisok építését is eredményezheti.

Köszönetnyilvánítás

Az automata meteorológiai eszközök beszerzése az Agrárerdészet (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- FÜHRER E. (2010): A fák növekedése és a klíma. „Klíma 21” füzetek 61: 98–107.
- GÁLOS B., FÜHRER E. (2018): A klíma erdészeti célú előrejelzése. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 43-55.
- MASTRANDREA M.D., FIELD C.B., STOCKER T.F., EDENHOFER O., EBI K.L., FRAME D.J., HELD H., KRIEGLER E., MACH K. J., MATSCHOSS P.R., PLATTNER G-K., YOHE G. W. & ZWIERS F. W. (2010): Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

HOSSZÚTÁVÚ KLÍMA-ELŐREVETÍTÉSEK ÉS ADATBÁZISOK AGRÁRERDÉSZETI RENDSZEREKHEZ

GÁLOS BORBÁLA

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

galos.borbala@uni-sopron.hu

Bevezetés

Mivel a jövőre nem állnak rendelkezésre mért adatok, modellszimulációk segítségével kell becsléseket végezni. A modellezés nem pusztán „időjósítás”. A légkördinamikai modellek a légköri folyamatokat kormányzó fizikai törvényeket (a hőmérséklet, nedvesség, szélsébség, légnyomás, stb. tér- és időbeli változását) írják le matematikai egyenlegek segítségével. Az éghajlati rendszer rendkívül összetett, a folyamatok nem lineárisak. A jövőben olyan jelenségek, vagy jelenség-kombinációk is megjelenhetnek, amilyenekre a múltban nem volt példa. A jövő klimatikus viszonyainak előrejelzése ezért nem egyszerűen a múltban előfordult jelenségek statisztikai módszerekkel történő extrapolációjával történik.

Ahogy egyetlen másik modell sem képezi le tökéletes pontossággal a valóságot, a klímamodellektől sem elvárás, hogy eredményeik teljes egyezést mutassanak a mért adatokkal. Ennek egyik oka, hogy nem ismerjük a klímarendszer összes folyamatát kellőképpen. A modellfejlesztéshez és eredményeinek ellenőrzéséhez nem áll rendelkezésre elegendő mért adat, nem tudunk minden völgyre, patakpartra, erdőrészletre megfelelő sűrűséggel és megbízhatósággal 20-30 éven át folyamatosan méréseket végezni. Mikor elvárásokat fogalmazunk meg a klímamodellek pontosságával kapcsolatban, nem szabad megfeledkeznünk arról sem, hogy a klímamodellezés célja a nagyobb térbeli kiterjedésű légköri folyamatok, hosszútávú éghajlati tendenciák szimulálása, nem az egyes erdőrészletek mikroklímájának (állományklímájának), lokális folyamatainak leírása (1. táblázat).

1. táblázat A klímamodellel szemben támasztható elvárások

A klímamodellek feladata:		Nem várható el a klímamodellektől:	
Hosszútávú éghajlati tendenciák előrejelzése	Időben	Rövidtávú időjárás előrejelzés	
Változások szimulálása 30 éves klímaperiódusok között		Adott nap időjárásának mért értékekkel egyező szimulálása	
Szélsőséges események gyakoriságának visszaadása (pl. 30 év alatt 5 db aszály)		Szélsőséges esemény megfelelő évben történő szimulálása (pl. a 2003-as aszály a modellben is 2003-ban legyen)	
Regionális klíma (makroklíma), légköri folyamatok szimulálása	Térben	Mikroklíma (pl. erdőállomány klímája, vertikális hőmérséklet- és szélprofil)	
A modell felbontásához igazodóan térbeli mintázat szimulálása		A modell felbontásánál finomabb léptékű folyamatok szimulálása	
Ugyanaz a modell több térségre is alkalmazható legyen		Adott meteorológiai állomáson mért értékekkel való egyezés	

A klímaelőrevetítés feltételezései, bizonytalanságának forrásai: A klíma előrebecslése számtalan feltételezéssel él, mivel 100 évre előre nincs megbízható információnk az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának, és az azt befolyásoló folyamatoknak az alakulásáról. Csupán különböző feltételezéseink vannak a népességnövekedés üteméről, a technológiai fejlődés irányáról, a földhasználat változásról, az üvegház hatású gázok kibocsátásával járó a társadalmi-gazdasági folyamatok alakulásáról. (És amellett, hogy a fenti folyamatok fontos hatótényezők az éghajlati rendszerben, a klímaváltozás is folyamatosan hatással van rájuk). Ezért a jövőben lehetséges alternatívákat különböző – optimistább és pesszimistább – forgatókönyvekkel írják le. Az egyes forgatókönyvek feltételezésével többféle klímamoddellel szimulálják a várható éghajlati tendenciákat. A nagyszámú modellfuttatás eredményeinek együttes elemzésével számszerűsíthető a jövőre vonatkozó becslések bizonytalansága, és a várható változások valószínűsége.

Jövőre vonatkozó előrebecsléseket tartalmazó klímaadatbázisok

Az elvárásokkal ellentétben nem létezik egy egységes, minden felhasználói igényt egyaránt kielégítő klímaadatbázis. Fejlesztés alatt állnak olyan adatbázisok (pl. Copernicus), amelyek ezt tűzték ki célul, az összes elérhető adat rendelkezésre bocsátásával. De ezek egyelőre még nem felhasználóbarátok, a megfelelő adatok leszűrése klimatológiai és programozási előismereteket követel (2. táblázat).

2. táblázat Az elérhető klímaadatbázisok főbb előnyei és korlátai

	Előnyei	Korlátai
EURO-CORDEX projekt adatbázisa	Egész Európára több regionális klímamodell eredménye, több éghajlati forgatókönyv alapján, 0.11°* 0.11° felbontás (~ 10 km)	Az adatok letöltése, előfeldolgozása megfelelő szoftverkörnyezetet, programozási ismereteket, szakértői segítséget igényel
Copernicus Climate Data Store	Globálisan, szabadon letölthető adatok + szektoronkénti információ, részletes dokumentáció, kész ábrák, mintaprogramok	Egyelőre nem felhasználóbarát, kevés regionális klímamodell eredmény hozzáférhető
Climate EU adatbázis	Európára akár 1 km * 1 km-es felbontás + bioklimatológiai változók	Globális modellek statisztikai leskálázásával hozták létre, megbízhatósága hazánkra nincs ellenőrizve
Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR)	Hatásvizsgálat és alkalmazkodás orientált döntéstámogató alkalmazások	A klímaadat hozzáférés nem felhasználóbarát, a legfrissebb klímaadatok még nem teljeskörűen hozzáférhetők
KlimAdat projekt adatbázisa	10 km * 10 km-es felbontású regionális klímamodell eredmények + városokra finomabb felbontás	2 modell eredményei; az utófeldolgozott adatokat tartalmazó webes térinformatikai adatbázis még fejlesztés alatt áll

Az elvárások megfogalmazásakor azt is fontos tudnunk, hogy sem a meteorológiai adatokat, sem a klímamodell eredményeket nem speciálisan erdészeti célokra, hatáselemzésre állítják elő,

hanem sokkal általánosabb célokra, szélesebb felhasználói réteg számára. Ha a rendelkezésre álló adatok első ránézésre „használatlannak” tűnnek, azért nem a meteorológus a hibás, akinek a feladata az adatok létrehozása és nem a szolgáltatás. Ugyanígy a hatásvizsgálatot végző és gyakorlati kérdésekben a döntő erdésztől/kutatótól sem kívánható, hogy jártas legyen a nyers klímaadatok megfelelő feldolgozásában. Ezért lenne szükség a Meteorológiai Szolgálat munkáját kiegészítő klímaadat és –információ szolgáltató központokra, melynek munkatársai ellátják az adatigénylőkkel való szakértői konzultációt.

Gyakorlati példák a szakszerű adatfeldolgozásra és a klímainformáció értelmezésére

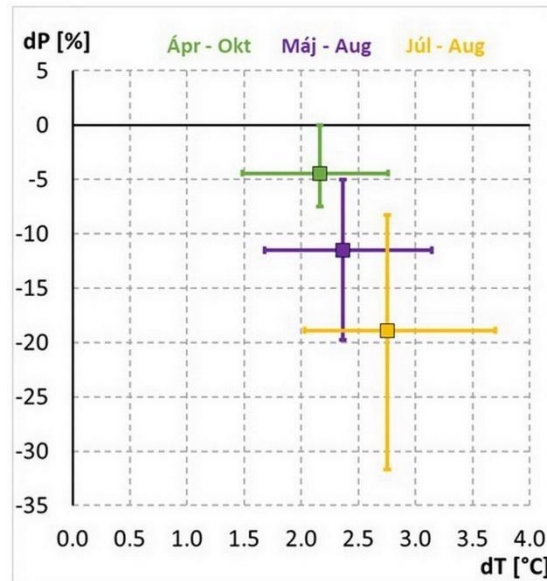
A különböző modelleknek egymástól jelentősen eltérő szisztematikus hibája van. Ezért nem a szimulált jövőbeli abszolútértékeket adjuk meg (pl. 15 °C lesz az éves átlaghőmérséklet, 6 aszály lesz), hanem a várható *változás mértékét* a múltbeli referencia-időszakhoz képest (pl. az éves átlaghőmérséklet 2061–2090-re átlagosan 3 °C-kal emelkedhet az 1981–2010-es időszak átlagához képest, az aszályok gyakorisága kétszeresére növekedhet). Így a közelmúltra végzett modellfuttatások szisztematikus hibái nem jelennek meg a 21. századra előállított klímaszcenáriókban.

A) Hőmérséklet- és csapadékváltozás meghatározása, pl. 30 éves átlagidőszakokra

- A vizsgálat céljához igazodó 30 éves időszakokra hőmérséklet átlagokat és átlagos csapadékösszegeket képezünk, az elérhető összes modell eredményéből és összes éghajlati forgatókönyvre.
- Számítjuk a jövő- és a múltbeli 30 éves referencia időszak közti hőmérséklet- és relatív csapadékváltozást (pl. 2041–2070 vs. 1981–2010). Fontos, hogy minden modellszimuláció jövőre vonatkozó eredményét ugyanakkor a modellnek a múltra vonatkozó eredményéhez hasonlítsuk, és a modellek szisztematikus hibája miatt ne a mért adatainkhoz viszonyítsuk.
- A modellek által jelzett változásokat átlagoljuk, és meghatározzuk a *valószínű változás tartományát*, mely a modelleredmények 66%-át tartalmazza (MASTRANDREA et al. 2010), és számszerűsíti a klíma előrevetítések szórását, szükségszerű bizonytalanságát (2. ábra).

Az erdészetben/erdészeti kutatásban adatot igénylők általában egyetlen konkrét számot várnak, és nehezen kezelik a valószínűségeket, bizonytalanságokat. Ha az eredményeknek bizonytalansága, szórásstartománya van, az nem azt jelenti, hogy használhatatlanok, vagy rosszul dolgozik a meteorológus. A bizonytalanságok a sok modellszimuláció eredményeinek együttes értékelésével nem megszüntethetők (mivel a jövő pontosan nem előrejelezhető), de számszerűsíteni lehet és kell is őket.

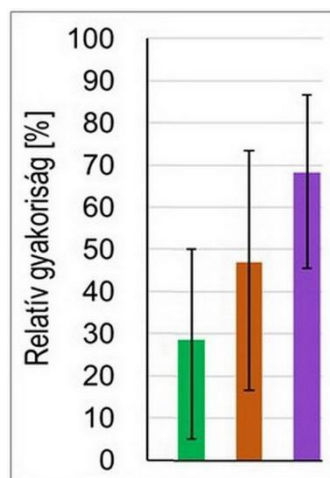
A 2. ábra alapján a fafajok számára meghatározó hónapok átlaghőmérséklete az 1981–2010-es időszakhoz képest szignifikáns növekedést mutat. A gyertyános tölgyes klímakategóriájú Nyugat-Zselic térségében 2041–2070-re a kritikus hónapok (július-augusztus) hőmérséklete emelkedik a legjobban a mai körülményekhez képest. Csapadék esetén az eredmények szórása nagy, viszont 1981-2010-hez képest a modellek többsége szárazodó tendenciára utal. A legnagyobb csapadék-csökkenés itt is a kritikus hónapokban várható (GÁLOS & FÜHRER 2018). Amennyiben a jövőben várható abszolútértékekre van szükségünk egy adott erdőrészletre, a modellek által arra a térségre szimulált változásokat (szórásstartománnyal együtt) egyszerűen hozzáadhatjuk az erdőrészletben mért 30 éves adatsorunk átlagához.



2. ábra A vegetációs időszak (ápr – okt), a fő növekedési szakasz (máj – aug) és a kritikus hónapok (júl – aug) átlaghőmérsékletének (dT) és csapadékösszegének (dP) várható változása 2041-2070-re, az 1981-2010-es referencia periódushoz képest. Régió: Nyugat-Zselic. Pontok: a modellszimulációk eredményeinek átlaga. Hibaszávok: a valószínű változás tartománya (Gálos & Führer 2018)

C) Szélsőséges események gyakoriságának meghatározása, pl. szélsőséges aszályok relatív gyakorisága

- Számítjuk a választott aszályindex értékét minden évre, az elérhető összes modell eredményéből és összes éghajlati forgatókönyvre.
- Meghatározzuk, hogy a vizsgált 30 éves időszakok hány százalékában fordult elő a szélsőséges aszályra utaló index érték (pl. vizsgáljuk, hogy a múltban 3-szor – tehát a referencia időszak 10 %-ában – előforduló aszályok a jövőbeli 30 éves időszak hány százalékában fognak előfordulni).
- A modellek által adott értékeket átlagoljuk, és meghatározzuk a valószínű változás tartományát.



3. ábra A referencia időszakban átlagosan 10 évente előforduló szélsőségesen meleg és száraz időszakok relatív gyakorisága 2070-2099-ben, az erdészeti szárazsági index (FAI;

Führer 2010) alapján. Színezett oszlopok: a modelleredmények átlaga a vizsgált 3 forgatókönyvre. Hibasávok: a valószínű változás tartománya

A 3. ábra alapján a század végére gyakoribbá válnak az aszályok, az alkalmazott forgatókönyvtől és modelltől függetlenül. Azok a szélsőséges aszályok, melyek átlagos visszatérési gyakorisága 10 év volt, a 21. század végére a „legpesszimistább” forgatókönyv átlagos becslése alapján az időszak kétharmadában megjelenhetnek. A legkisebb változást mutató scenárió esetén is a múltban 3-szor előforduló esemény 2070-2099-ben átlagosan 6-8-szor következhet be.

Leggyakoribb adatfeldolgozási hibák és tévhit

- „A jövőbeli klimatikus viszonyokat megtudjuk, ha a mért adatok idősorát meghosszabbítjuk a modellekből származó idősorokkal. A klímaváltozás nagyságát pedig, ha a jövőre vonatkozó modellszimuláció eredményét viszonyítjuk a meteorológiai állomáson mért adatokhoz” – a modellek szisztematikus hibája miatt mindkét eljárás hibás eredményt ad.
- “Válasszuk ki a *jó* modell eredményét”. Egyetlen modell eredménye nagy bizonytalanságot hordozhat. Több forgatókönyv alapján futtatott sok modell alapján, nagyobb térségekre és hosszabb időszakok átlagára, vagy trendekre vonatkozóan megbízhatóbb következtetések vonhatók le.
- „A finomabb felbontás pontosabb eredményt ad”. Ami technikailag lehetséges, az nem feltétlenül helyes szakmailag és nem feltétlenül van valóságtartalma! Bármekkora térbeli léptékre interpolálhatók az eredmények, azonban a fizikai háttér nem áll rendelkezésre a modell térszálánál finomabb felbontással, így ez valójában részletesebb többlet-információt nem szolgáltat. (pl. egy durvább felbontásban nem létező hegy felhő- és csapadékképződésre gyakorolt hatását nem lehet interpolációval generálni). Nem utolsósorban a finom felbontású ábrák az alapadatok pontosságát tekintve félrevezetik a felhasználót.
- „A modellnek egyezni kell a valósággal, ezért a hibás modelleredményeket korrigálni kell.” Viszont egyetlen korrekciós módszer alkalmazása sem ad tökéletes eredményt minden meteorológiai változóra, minden tér- és időbeli léptékben (és a korrekció alapjául szolgáló mért adatok sem hibátlanok). A tökéletesnek vélt múltbeli adat nem vonja maga után a jövő tökéletes előrejelzését.

Összességében, a modell eredeti térbeli léptékének finomítása, valamint a korrekciós módszerek alkalmazása növeli, és nem csökkenti a szimulált eredmények bizonytalanságát.

Következtetések

Jó alkalmazkodási stratégiák kialakításához megbízható klímainformáció szükséges. Ennek előállításához az elemzéseink céljához igazodó helyszíneken, hitelesített eszközökkel és megfelelő módszertannal kell mérni. A jövőre vonatkozó előrebecsléseknél a klímadat kínálat és az erdészeti kutatás/gyakorlat igényeinek összehangolása, valamint a klímamodell eredmények megfelelő kezelése jelenti a legnagyobb kihívást, melyre az erdészeti célú klímahatás vizsgálatok és döntéstámogatás során még nincs kidolgozott módszer. Az adatigény hatásvizsgálat-specifikus meghatározását, a megfelelő adatbázis kiválasztását, az adatok célzott előfeldolgozását, a bizonytalanságok kezelését és a klímainformáció helyes értelmezését az erdésznek/kutatónak szakértő bevonásával javasolt végezni. A klímaváltozással kapcsolatos döntések meghozatalához jobban hozzájárulunk akkor, ha számszerűsítjük, megjelenítjük, kommunikáljuk a bizonytalanságot a klímaelemzések és a hatáselemzések (valamint

döntéstámogatás) minden lépése során, mint ha annak látszatát keltjük, hogy egyetlen helyes adat van. A rendelkezésre álló adatok és módszerek bizonytalansága nem lehet akadálya annak, hogy elkezdjük az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodást az erdészeti szektorban is.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Agrárerdészet (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

FÜHRER E. (2010): A fák növekedése és a klíma. „Klíma 21” füzetek 61: 98–107.

GÁLOS B., FÜHRER E. (2018): A klíma erdészeti célú előrevetítése. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 43-55.

MASTRANDREA M.D., FIELD C.B., STOCKER T.F., EDENHOFER O., EBI K.L., FRAME D.J., HELD H., KRIEGLER E., MACH K. J., MATSCHOSS P.R., PLATTNER G-K., YOHE G. W. & ZWIERS F. W. (2010): Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HONLAPJÁN ELÉRHETŐ INFORMÁCIÓ ALKALMAZHATÓSÁGA AGRÁRERDÉSZETI ELEMZÉSEKBE

GÁLOS BORBÁLA

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

galos.borbala@uni-sopron.hu

Bevezetés

A növények fejlődése, az agrárerdészeti rendszerek funkcióinak, ökoszisztéma szolgáltatásainak fenntartása szempontjából fontos az elegendő mennyiségű elérhető csapadékmennyiség, a megfelelő lég- és talajhőmérséklet, páratartalom és a napsütéses órák száma. Az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapján az Éghajlat menüben, az Éghajlati visszatekintő almenü [URL1], valamint az Időjárás menüben az Agrometeorológia almenü [URL2] ad adatokat, térképes és szöveges információt az elmúlt hónapok, évszakok, évek, évszázad hőmérséklet- csapadékviszonyairól, aszályosságának mértékéről, ezenfelül a felhasználó az elkövetkező napok várható időjárásáról is tájékozódhat. Az erdészet szempontjából a hosszútávú tendenciák, valamint a szélsőségesen meleg és száraz időszakok gyakorisága és hossza a döntő. Ezzel szemben a mezőgazdaság sokkal kitettebb az időjárás hatásainak, ezért a mezőgazdászok számára jellemzően az elmúlt és elkövetkező napok, hónapok, évszakok időjárási viszonya ad értékes információt. A meteorológiai és éghajlati információk felhasználása a munkaszervezésben, stratégiaalkotásban, döntéshozásban csökkentheti a költségeket és növelheti a gazdálkodás biztonságát, hatékonyságát, tervezhetőségét, ezért alkalmazásuk az agrárerdészeti rendszerek tervezésében, fenntartásában, és agrárerdészeti elemzésekben is javasolt.

Adat és módszer

a) Meteorológiai aszály jellemzése

Meteorológiai aszály alakul ki, ha az adott a területre jellemző hosszabb periódus átlagértékéhez viszonyítva a csapadékhiány hosszabb időszakon át jelentős. Hazánkban a csapadék térbeli és időbeli változékonysága nagy, így a rendszeresen visszatérő, hosszabb-rövidebb ideig tartó száraz periódusok az éghajlat jellemvonásához tartoznak.

Az aszály számszerűsítésére nincs egységes mérőszám, mert az aszályindexek különböző éghajlati területekre és eltérő felhasználási célokra készülnek. Az OMSZ a meteorológiai aszály jellemzésére a Meteorológiai Világszervezet ajánlása alapján a Standardizált Csapadékindexet (SPI; MCKEEN et al., 1993) számítja.

Az index előnyei:

- A számításához csak a csapadékadatokat igényel.
- Sokoldalúsága révén számos tudományterületen és széles időskálán (1-72 hónap) használható.
- A standardizálás miatt eltérően csapadékos régiók összehasonlítására is alkalmas.

Hátrányai:

- A termikus és talajtani hatásokkal nem számol.
- Értéke függ az alapperiódus kiválasztásától.
- A csapadék idősor tendenciáját nem veszi figyelembe.

Általában az 1, 3, 6, 12 havi csapadékösszeget veszik figyelembe, melyet legalább három évtized hosszúságú referencia időszakokkal vetnek össze. Az SPI1 az aszály kezdetének korai felismerését szolgálja, az SPI3 a lehetséges mezőgazdasági, míg az SPI6 és az SPI12 már hidrológiai következményekre utal [URL1]. A pozitív SPI értékek az átlagosnál nedvesebb, a negatívak szárazabb időszakokat jelentenek (1. táblázat). A meteorológiai aszály akkor következik be, amikor az SPI értéke tartósan negatív, és eléri a -1-es, vagy annál alacsonyabb értéket. Az aszály megszűnik, ha az SPI pozitívvá vált. Így az SPI-vel meghatározható az aszályos időszak kezdete és vége, illetve minden egyes hónapban az intenzitása is [URL1].

1. táblázat Az aszály osztályozása az SPI értéke és a hozzá tartozó valószínűségek alapján

SPI érték	Kategória	Valószínűség (%)
2,00 vagy több	extrém nedves	2,3
1,50 és 1,99 között	nagyon nedves	4,4
1,00 és 1,49 között	mérsékeltlen nedves	9,2
0 és 0,99 között	enyhén nedves	34,1
0 és -0,99 között	enyhén száraz	34,1
-1 és -1,49 között	mérsékeltlen száraz	9,2
-1,5 és -1,99 között	nagyon száraz	4,4
-2,00 vagy kevesebb	extrém száraz	2,3

b) Agrometeorológiai aszály jellemzése

A *Napi Léptékű Aszályindex* a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpontjának munkatársai által kidolgozott mutatószám, amely egy adott növény típus tulajdonságait is figyelembe véve 5 fokozatú skálán határozza meg az adott növényi állomány aszálykitérttségét [URL2]. Az OMSZ a meteorológiai információk (csapadék, a szél, a hőmérséklet, napsugárzás), valamint a talajtípus, a felvehető vízmennyiség és az adott növény típus tulajdonságai (levélfelület, gyökérelszlás) alapján napi időléptékkel számítja az aszályindexet, egy talajmodell felhasználásával.

Az *MSWD-index* (talaj vízhiány mutató) a talaj-növényzet rendszerében rendelkezésre álló vízkészlet alapján, a talajtextúra és a növényfaj ismeretében az aszályosságot írja le. A számítást szintén talajmodell segítségével végzik. Az index az aszályosság mértékét az alapján jellemzi, hogy csapadékkal vagy öntözéssel mennyi vizet kellene a talajba juttatni ahhoz, hogy az a növénynek optimális vízellátottságot teremtsen. Az aktuális talajnedvességgel összevetve egy 10-es skálán ábrázolva kapunk információt arról, hogy milyen mértékű az adott területen az aszályosság (2. táblázat).

2. táblázat Az MSWD index értelmezése

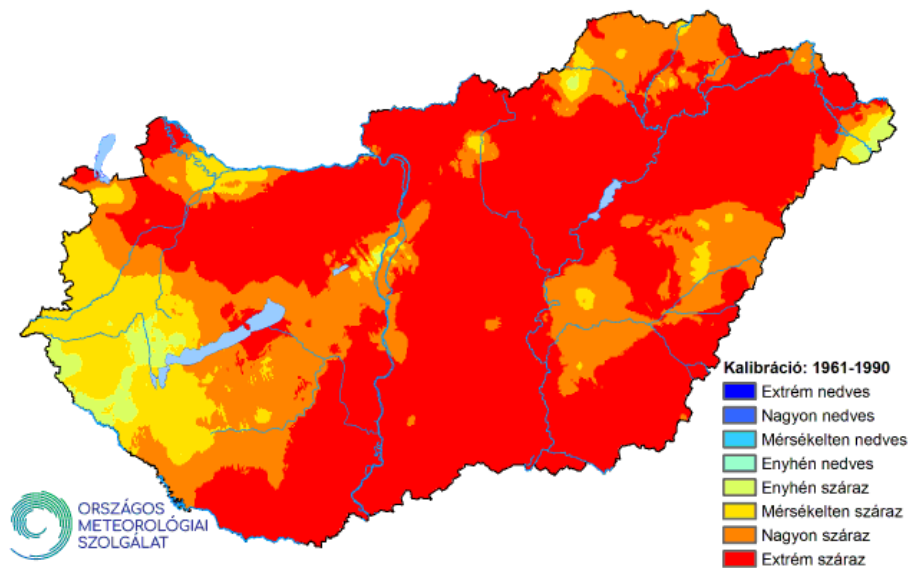
0 - 2	nincs aszály
3-4	enyhe aszály
4-6	közepes aszály
7-8	jelentős (nagy) aszály
9-10	súlyos aszály

Az OMSZ honlapján elérhető meteorológiai, agrometeorológiai információ és alkalmazhatóságuk

a) Meteorológiai és éghajlati információ

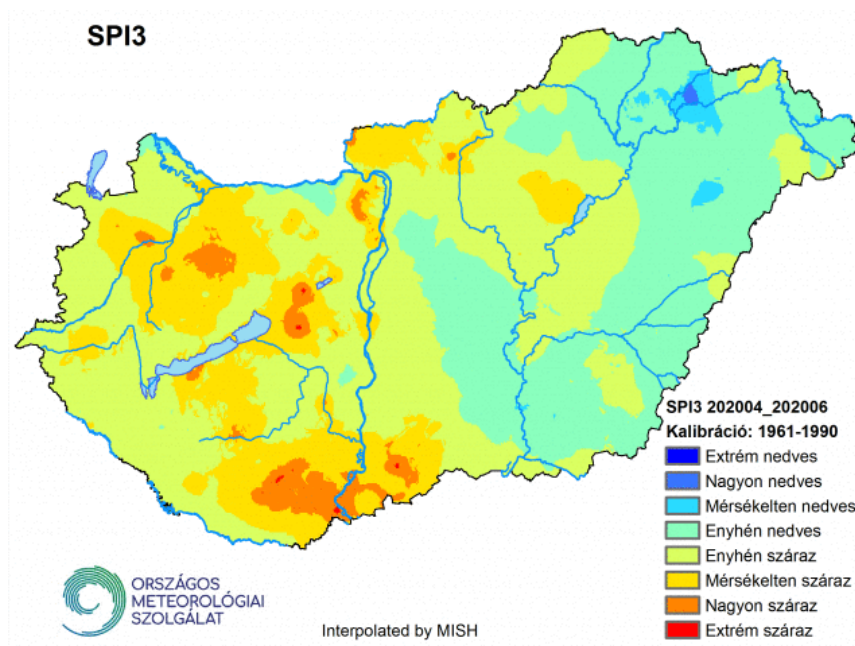
Agrárerdészeti elemzések szempontjából lényeges, hogy 2020 tavasza rendkívül csapadékszegény, 1901 óta a harmadik legszárazabb tavasz volt. Annak ellenére, hogy a hőmérséklet értékek nem voltak átlag felettek (sőt, a május közel 2 °C-kal volt hidegebb, mint

a sokéves átlag), az aszályindexek (SPI) értékeiben visszatükröződnek a száraz körülmények. Áprilisban mutatkozott a legnagyobb csapadékhiány, amikor az ország nagy részén – a nyugati, délnyugati országrészek kivételével – extrém szárazság alakult ki (1. ábra).



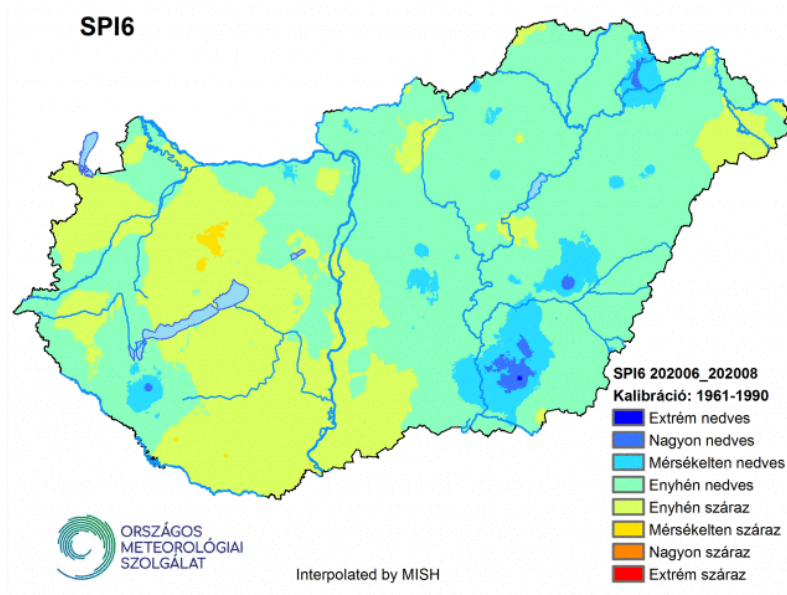
1. ábra Az egyhavi SPI területi eloszlása 2020 áprilisban

A nyári csapadékösszeg mintegy 31%-kal volt több, mint az 1981-2010-es átlag, és gyakoriak voltak a felhőszerkezetek, jégesők. Ez a csapadék a hamar nedves tartományba fordította a standardizált csapadékindex (SPI) országos átlagait, különösen az SPI1 és SPI2 esetén. A hosszabb időszak csapadékmennyiségét értékelő indexértékek (SPI3, SPI6, SPI12) országos átlagai még júniusban is szárazságot jeleztek (2. ábra).



2. ábra A háromhavi SPI területi eloszlása 2020 júniusában

A nyári hónapok csapadéktöbbletének köszönhetően a közel a teljes vegetációs periódusra vonatkozó az augusztusi hathavi SPI (SPI6) már egyértelműen jelzi a nedvesebb viszonyokat (3. ábra). A Dunántúl északi részén még mérsékleten száraz területeket is találhatunk, ugyanakkor nagyobb területen főként a Dél-Alföldön, a Körös-Maros közében a szokásosnál kicsit több csapadékbevételt hasznosíthattak a növények [URL1].

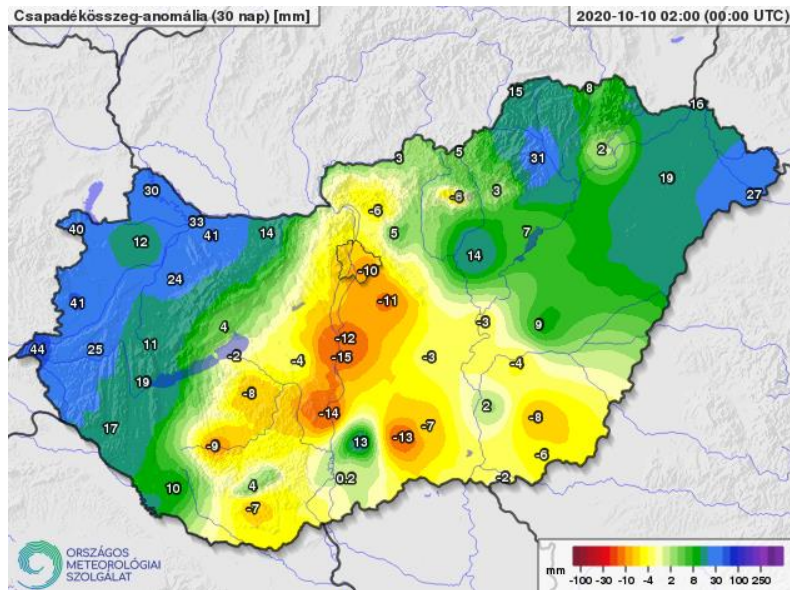


3. ábra A hathavi SPI területi eloszlása 2020 augusztusában

b) Agrometeorológiai információ

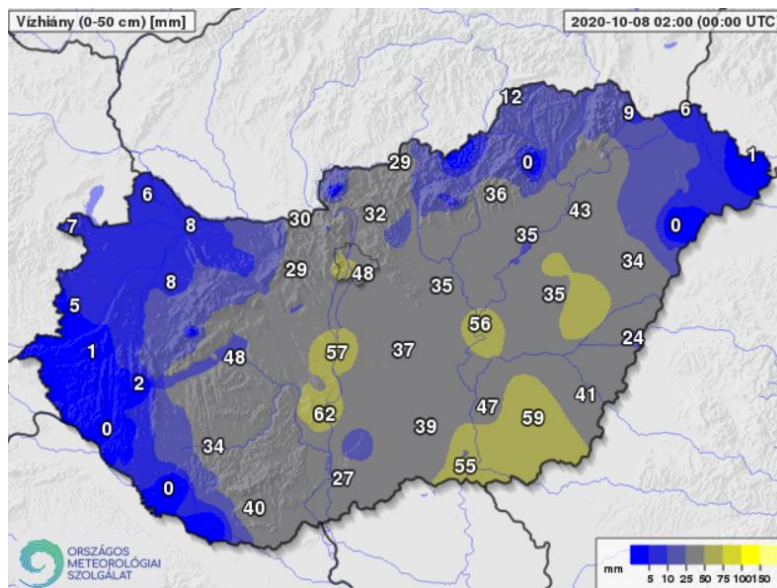
Az agrometeorológiai oldalakon fellelhető információ kifejezetten a mezőgazdaságban dolgozók számára és igényeik szerint készült. A felhasználó itt felszíni mérési adatokat (jelenlegi és az elmúlt, különböző hosszúságú időszakokra), speciális előrejelzési térképeket, nagy felbontású műholdas mérési adatokat, valamint március 1. és szeptember 30. között aszály információkat és szöveges elemzéseket érhet el.

A mezőgazdaság számára a csapadék kulcsfontosságú. A lehullott csapadék mennyiségéről 1, 5, 10, 30 és 90 napra összegzett térképek számolnak be, az átlagtól vett eltérésekkel együtt (4. ábra). Az aktuális csapadékösszegeknél az elmúlt tíz perces, órás és 24 órás adatok érhetők el. Az előrejelzésnél pedig 3 órás és többnapos csapadékösszegek is választhatók, de az 5, 10 és 20 mm-es csapadékösszeg valószínűsége is segíti a gazdálkodási döntéseket. A csapadék mellett párolgás előrejelzés is elérhető [URL2].



4. ábra 30 napos csapadékösszeg anomália

A különböző mélységű talajrétegek nedvességéről/vízhiányáról (5. ábra) és a talaj hőmérsékletéről szintén rendelkezésre áll térképes információ és rövid szöveges értékelés.



5. ábra Vízhiány a talaj felső 50 cm-s rétegében

Ezenfelül térképek mutatják be az aszályos területeket, a mért napfénytartamot, szelet, páratartalmat, hőmérsékletet, valamint a mezőgazdasági növények növekedését befolyásoló a hőösszeg és a vegetáció aktuális fejlettségi állapota is nyomon követhető a vegetációs időszakban.

Következtetések

Az OMSZ honlapján elérhető, folyamatosan frissülő meteorológiai, agrometeorológiai térképes és szöveges információ az agrometeorológiai elemzések alapjául szolgálhat. Információt adhatnak az elmúlt hónapok, évek, évtizedek időjárási viszonyairól, szélsőséges események gyakoriságáról, intenzitásáról, hosszáról, így összefüggések kereshetők a növényállomány

egészségi állapotával, terméshozamával. A meteorológiai előrejelzések pedig a várható növekedés, hozam becslésében, valamint a kárt okozó időjárási eseményekre való felkészülésben nyújthatnak segítséget.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Agrárerdészet (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

MCKEE, T. B., N. J. DOESKEN, J. KLEIST (1993): The relationship of drought frequency and duration to timescales. Proc. 8th Conf. On Applied Climatology (Anaheim, CA) pp 179–184.

URL1: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/

URL2: <https://www.met.hu/idojaras/agrometeorologia/>

METEOROLÓGIAI MÉRÉSEK ÉS MEGFIGYELÉSEK AGRÁRERDÉSZETI ELEMZÉSEKHEZ

GÁLOS BORBÁLA¹ – KISS MÁRTON²

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

²Országos Meteorológiai Szolgálat, Soproni Meteorológiai Observatórium

galos.borbala@uni-sopron.hu

Bevezetés

Az erdészeti gyakorlatban és kutatásban egyre szélesebb körben használják a műlra és a jelenre vonatkozó időjárási és éghajlati információt. Vannak, akik önálló méréseik alapján vizsgálják az állomány mikroklímáját, a sugárzás hőmérséklet, légnedvesség, szélesebesség állományon belüli vertikális profilját és napi menetét, évszak függését (VIG 2004, MANNINGER 2004), vagy a lécek mikroklímáját (ZAGYVAI et al. 2018). Megfelelő kapacitások és erőforrások esetén érdemes lenne ezeket a vizsgálatokat kiterjeszteni, a folyamatoknak a helyszín- és állományfüggőségét is elemezni, valamint összehasonlító méréseket végezni a kitettség mikroklíma módosító hatásának meghatározására. Ezen felül az egyes erdészeti klímaosztályokat jellemző klimatikus viszonyok szervezett, hosszútávú mérésekkel történő alátámasztása is nélkülözhetetlen lenne ahhoz, hogy az éghajlatváltozás hatásai nyomkövethetők legyenek. Mások az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) adatai alapján definiálják az erdészeti klímaosztályokat (JÁRÓ 1962, FÜHRER 2010), vagy keresnek választ arra a kérdésre, hogy a detektált erdőkárok ok-okozati összefüggésben állnak-e a szélsőséges időjárási eseményekkel (Janik et al. 2016), valamint hogy a gyakran visszatérő, vagy egymás utáni években előforduló időjárási szélsőség-kombinációk kiváltanak-e kárláncot (CSÓKA et al. 2009, MÁTYÁS et al. 2010).

Az erdészeti gyakorlat adatigénye szinte kivétel nélkül lokális, adott erdőrészletre, fafajra és adott évre, vegetációs időszakra koncentrál. Azonban az adatigénylő erdész általában elégedetlen az adatkínálattal, mivel az OMSZ nem végez erdőben méréseket (főleg nem minden erdőrészletben), a városközeli, sík területen végzett mérések eredményei pedig nem reprezentálják az adott erdőrészlet mikroklímáját vagy időjárását.

Adat és vizsgálati módszer

Hazánkban 1717-ben, Sopronban indultak a műszeres megfigyelések (1. ábra). Kezdetben a meteorológiai méréseket analóg eszközökkel végezték, majd a 90-es évektől megkezdődött a megfigyelő rendszerek automatizálása. Az OMSZ folyamatosan bővülő hálózata közel 300 olyan automata állomást tartalmaz, ahol léghőmérséklet mérése is zajlik, emellett csapadékot közel 500 hagyományos állomáson mérnek. A légkör állapotának, meteorológiai paramétereinek folyamatos mérése, megfigyelése során összegyűjtött, ellenőrzött adatok alapján történik az aktuális időjárási helyzet megállapítása, az időjárás előrejelzés és az ország éghajlatának vizsgálata is.

Az OMSZ mérései nem hegyvidéki és erdővel borított helyszíneken folynak, mivel a szigorú szabványok és szabályok szerint az állomásokat egy legalább 10 m x 7 m nagyságú sík, nyílt, homogén, rövid fűfelszínnek borított területre kell telepíteni. Annak érdekében, hogy a mérések reprezentatívak legyenek (ne csak a mérőpont közvetlen környezetében, hanem annak tágabb körzetében is jellemzőek legyenek), nem lehetnek völgyben és meredek lejtőn, fa, épület, fal közelében, illetve városok belterületén. A hőmérséklet, nedvesség és sugárzásmérő szenzorok

2 m-re a felszín felett található, a talaj közeli léghőmérséklet a talajfelszín felett 5 cm magasságban mérik. A csapadék mérése 1 m-re a felszín felett, a szélirány és szélsébség mérése 10 m-re a felszín felett történik. A meteorológiai mérőhálózatokhoz tartozó állomások mérési adatait folyamatosan ellenőrzik, szűrik a mérési hibákat és különböző korrekciós eljárásokat végeznek (pl. a korszerűbb eszközre váltásból, valamint az állomás helyszínének/környezetének változásából eredő inhomogenitások kiküszöbölésére).



1. ábra A soproni Kuruc-dombi meteorológiai állomás

Adatgyűjtés szabályai

Amennyiben az erdészeti gyakorlat/kutatás úgy dönt, hogy saját meteorológiai mérésekbe kezd (pl. 2. ábra), a következő kérdésekből kiindulva célszerű megkezdeni a körültekintő tervezést: Milyen erdészeti gyakorlati/kutatási kérdés megválaszolására van szükségünk az adatokra? Ehhez milyen meteorológiai paramétereket kell mérni? Hány helyszínen? Milyen időléptékben? Milyen időtartamban? Tehát a *mérés célja* döntően meghatározza a mérések helyszínét, időtartamát, a mérési módszertant, eszközök minőségével szembeni elvárásokat.

A megfelelő adatminőség és a használható adatbázis előállítása érdekében érdemes megfontolni az alábbiakat:

- Ha egy adott erdőrészlet erdészeti klímabesorolásának vizsgálata a cél, akkor hosszútávú mérésre, legalább 20-30 év adatsorára van szükség, ugyanolyan körülmények között. Az egyetlen ponton végzett, 1-2 hetes, vagy néhány éves kampánymérés messze nem elegendő a terület klímájának meghatározásához, az csak az időjárás éven/évszakon/hónapon belüli vagy évek közti változékonyságáról ad információt.
- Összehasonlító mérések esetén – az összehasonlíthatóság érdekében – reprezentatív helyszínek választásán kívül figyelni kell arra, hogy egyforma szenzorok, azonos elrendezésben (pl. mérési magasságban) kerüljenek kihelyezésre.
- Fokozottan ügyelni kell a mérés céljához alkalmas az eszköz megválasztására (mérési tartomány, pontosság), valamint az eszközök megfelelő kalibrálására, karbantartására.
- A szenzorok kihelyezésekor be kell tartani a mérési szabályokat; pl. árnyékoló alkalmazásával elkerülhető, hogy közvetlen sugárzás érje a hőmérséklet- és nedvesség

érzékelőt. A csapadékmérés eredményét meghamisíthatják a csapadékmérőbe hullott levelek, rovarok.

- A gyűjtött adatok minőségét és az adatgyűjtés folyamatosságát rendszeresen ellenőrizni kell, szükség esetén az erre alkalmas módszerekkel korrigálni. Érdemes tisztában lenni az eszközök korlátaival, a módszerek bizonytalanságával és a mérési körülményekből adódó hibalehetőségekből – a mért adatokat sem szabad fenntartás nélkül elhinni és elfogadni.



2. ábra A 2019-ben települt Boreas automata állomás a Soproni-hegyvidéken

Meteorológiai adattípusok, adatbázisok

A meteorológiai szolgálatok adatai két fő csoportra oszthatók:

- a) Meteorológiai állomások adatai
- b) Rácshálózati (raszteres) adatok: Előállításuk célja, hogy olyan helyeken is elérhetőek legyenek adatsorok, ahová nem telepítettek állomást (az éghajlati modellek eredményeinek validálására is ezeket az adatbázisokat alkalmazzák). Az OMSZ 0.1 °-os térbeli felbontású, napi léptékű adatbázisát (<http://www.carpatclim-eu.org>) a meteorológiai állomások mérési adatsoraiból homogenizációs valamint interpolációs eljárásokkal állították elő (LAKATOS et al. 2013).

1. táblázat Az elérhető meteorológiai adatbázisok főbb előnyei és korlátai

		Előnye	Hátránya
Meteorológiai állomások napi adatai	OMSZ állomásadatai	110 év adatsora, felhasználóbarát	Kevés főállomás adatsora hozzáférhető szabadon
	OMSZ Napijelentés kiadvány	Napi idősorok küszöbnapokkal	Csak elsődleges ellenőrzésen ment át, trendelemzésre nem alkalmas
	NOAA – Globális felszíni meteorológiai mérőhálózat	Hosszútávú idősorok, könnyű kezelhetőség	Kevés magyarországi állomás adatsora elérhető
	GSOD – Globális felszíni mérőhálózat napi összesítő	Hosszútávú idősorok, felhasználóbarát	Kevés magyarországi állomás, sok adathiány
Raszteres napi adatok	CarpatClim	Származtatott indexeket is tartalmaz, nemzetközileg elismert	10 km * 10 km-es felbontás, egyelőre 2010-ig elérhető
	Foresee	2019-ig elérhető	18,5 km x 18,5 km-es felbontás

Példák a leggyakoribb adatfeldolgozási hibák kiküszöbölésére

A legelső lépés, az elemzés céljától, tér- és időbeli léptékétől, meteorológiai paraméterigényétől függően a leginkább megfelelő adatbázis kiválasztása. Ha egyetlen helyszínen vizsgálódunk, és keresünk összefüggést pl. egy széltörés és az adott napok időjárása között, és van a közelben meteorológiai állomás, akkor érdemes a helyszínhez legközelebbi állomás adataival dolgoznunk (a domborzati adottságokra ügyelve). Abban az esetben, amikor egy nagyobb terület (pl. Bükk-hegység) éghajlati jellemzésre, tendenciáira, időjárási szélsőségeinek gyakoriságára van szükségünk, akkor a rácshálózati adatokat ajánlott választani.

A leggyakoribb adatfeldolgozási hibák kiküszöbölése érdekében az alábbiakra kell figyelni:

- Ha csak 2010-ig állnak rendelkezésre rácsponti adatok, ne töltsük meg az idősort egyetlen állomáson mért adatokkal, mert hamis trendet fogunk kapni. Általánosságban is igaz, hogy csak szakértővel való konzultálás után egészítsük ki az egyik adatbázis hiányzó adatait egy másik adatbázisból, egyik állomás adatait a szomszédos állomás adataival (különösen csapadék esetén).
- Ha nincs a saját erdőrészletünket reprezentáló adat, ne próbálkozzunk két közeli állomás adatából magunk interpolálni (különösen heterogén domborzati adottságok mellett).
- Ha durvának találjuk a rácsponti adatbázis felbontását, saját térinformatikai vagy egyéb interpolálási módszerek alkalmazása előtt konzultáljunk szakértővel. A komplex légkörfizikai, légkördinamikai folyamatok miatt egyrészt speciális módszereket kell alkalmazni, másrészt 2 km * 2 km-es felbontás alatt már minden módszer irreális eredményeket adhat.
- Néhány év saját mérési eredményei nem összehasonlíthatók a helyszín 10 km * 10 km-es körzetét reprezentáló 30 éves klímaadatokkal, és belőlük nem vonható le következtetés a megfigyelt klímaváltozásra.

- Célszerű megkeresni az elérhető adatbázisokban rejlő lehetőségeket és információt, ami elegendő lehet a kérdéseink megválaszolásához. Pl. ha az átlagosnál forróbb napok gyakoriságát szeretnénk megtudni a Keszthelyi-hegységben, használhatjuk Keszthely állomás adatait is, mivel nagy valószínűséggel a hegyvidéken is ugyanazokon a napokon volt a hőmérséklet a sokéves átlagnál magasabb, mint Keszthely városában.
- Az adatbázis választás és adatfeldolgozás során felmerülő speciális kérdéseinkkel az önálló próbálkozások helyett célszerű nagyobb tapasztalattal rendelkező szakértőhöz fordulni.

Következtetések és javaslatok

Természetesen fontos, hogy legyen elegendő adat - térben és időben megfelelő sűrűséggel -, és hogy hosszútávú idősorokkal rendelkezünk. De ennél sokkal lényegesebb, hogy ne pusztán az adatok gyűjtése legyen a cél, hanem az, hogy a mért adatok széleskörűen használhatók legyenek az erdőkkel kapcsolatos vizsgálataink céljának eléréséhez. Ez akkor valósulhat meg, ha elemzéseink céljához igazodó helyszíneken, hitelesített eszközökkel és megfelelő módszertannal mérünk. Emellett tisztában kell lennünk a mérési módszerek és a mért adatok korlátaival, bizonytalanságaival, hogy ezeket szakszerűen számszerűsíteni és kezelni tudjuk az elemzésekben.

A reprezentatív erdei helyszíneken, szakszerű módszerekkel végzett meteorológiai és mikroklíma mérések – további erdőparaméterekkel együttesen – kiegészítenék és többletinformációval bővítenék az Országos Meteorológiai Szolgálat mérőhálózatának méréseit. Az erdei és az OMSZ hálózat összehangolásával létrejövő adatbázisok (amire több országban már van példa) az erdészet-specifikus adatigény kielégítését is jobban szolgálnák, valamint hosszútávon hozzájárulnának az éghajlati modellekben az erdőkkel kapcsolatos folyamatok pontosításához és a modelleredmények validálásához.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Agrárerdészet (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- CSÓKA GY., KOLTAY A., HIRKA A. & JANIK G. (2009): Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyeseink és bükköseink egészségi állapotára. *Klíma-21* füzetek 57: 64–73.
- FÜHRER E. (2010): A fák növekedése és a klíma. „Klíma 21” füzetek 61: 98–107.
- JANIK G., HIRKA A., KOLTAY A., JUHÁSZ J. & CSÓKA GY. (2016): 50 év biotikus kárai a magyar bükkösökben. *Erdészettudományi Közlemények* 6(1): 45-60.
- JÁRÓ Z. (1962): Termőhelyi tényezők ismertetése. In: Majer A. (ed): *Erdő- és termőhelytipológiai útmutató*. Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 11–68.
- LAKATOS M., SZENTIMREY T., BIHARI Z. & SZALAI S. (2013): Creation of a homogenized climate database for the Carpathian region by applying the MASH procedure and the preliminary analysis of the data. *Időjárás* 117: 143–158.
- MANNINGER M. (2004): Erdei fák éves és korszaki növekedésmenete és kapcsolódása egyes ökológiai tényezők-höz. In: Mátyás Cs. & Vig P. (eds): *Erdő és klíma IV*. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 151–162.
- MÁTYÁS CS., FÜHRER E., BERKI I., CSÓKA GY., DRÜSZLER Á., LAKATOS F. et al. (2010): Erdők a szárazsági határon. *Klíma-21* füzetek 61: 84–97.
- VIG P. (2004): Egy bükkös vízháztartása. In: Mátyás Cs., Vig P. (szerk.) *Erdő és klíma IV*. Sopron, 197-208.

ZAGYVAI G., EREDICS A., CSISZÁR Á., KORDA M., LENGYEL A., TIBORCZ V., BARTHA D. (2018): Lékek növényzetét meghatározó tényezők vizsgálata különös tekintettel a mikroklímára. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 197-210.

METEOROLÓGIAI MÉRÉSEK SOPRON ÉS KÖRNYÉKE AGRÁRERDÉSZETI RENDSZEREIBEN

GÁLOS BORBÁLA¹ – KISS MÁRTON²

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

²Országos Meteorológiai Szolgálat, Soproni Meteorológiai Observatórium

galos.borbala@uni-sopron.hu

Bevezetés

Sopronban – hazánkban elsőként – 1717-ben indult meg a műszeres meteorológiai mérés, mely Gensel János Ádám városi főorvos nevéhez fűződött. Az évszázadok során egyre pontosabb műszerekkel és egyre több meteorológiai elem mérése, megfigyelése kezdődött meg. Szervezett, intézeti keretek között 1856. január elseje óta folyik az adatgyűjtés, előbb az osztrák, majd 1871 óta az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) állomásaként. Ennek köszönhetően Sopronból hosszú és az ország leghomogénebb adatsora áll rendelkezésre. Az egyetem Botanikus kertjében működő meteorológiai állomás az OMSZ állomásaként működött 1925-től 1974-ig. A megfigyeléseket az Egyetem Erdővegytani-, majd Termőhely-ismerettani Tanszéke végezte az Országos Meteorológiai Szolgálattal együttműködésben. A meteorológiai főállomás 1974-ben önálló telephelyre, a Kurucdombra költözött, ugyanakkor a mérések tovább folytatódtak az egyetemi műszerkertben, kezdetben Martos András, majd Vig Péter vezetésével.

A Soproni-hegység éghajlatának vizsgálata ennél jóval rövidebb múltra tekint vissza. 1931-ben létesült az első hegyvidéki csapadékmérő állomás Brennbergbányán, majd 1935-ben Görbehalomban. Ez a két állomás az OMSZ országos mérőhálózatának részeként a mai napig is működik. Az egyetemen kibontakozó, a hegyvidéki erdőkre kiterjedő kutató munka fontos részét képezte már az 1950-es évektől az éghajlat vizsgálata és folyamatainak megismerése. Ennek felismerése vezette Botvay Károlyt és Martos Andrást arra, hogy a csapadék eloszlását egy sűrűbb mérőhálózattal végezzék. 1956-ban 22 mérőállomással indult meg a munka Sopron környékén. A csapadék mérésén túl egy klíma adatokat gyűjtő hálózatot is létrehozta az OMSZ és az Egyetem közreműködésével. Ebben a körben létesült mérőállomás Hermesén, ahol 1971-től indult a folyamatos mérés, ez az állomás a hegyvidék tetőrégiójára vonatkozóan a leghosszabb hőmérsékleti adatsorral rendelkezik. Az adatok kiértékelésével ugyan a hálózat sűrűsége csökkent, de a főbb, a térség éghajlatának vizsgálatához szükséges állomások napjainkig fennmaradtak. A manuális megfigyelés mellett a hegyvidéken 1985-ben, a Hidegvíz-völgyi mérőállomáson telepítették az első automata berendezést (1. ábra), az Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Tanszék gondozásában, mely a kezdeti nehézségek után az 1993-as évről adott először hiánytalan tájékoztatást. 1996-ban Vig Péter irányításával települt állományklíma mérő-állomás a Magas-bérc közelében, az István-aknánál, melynek 19 m magas tornyában az aktív felszín felett, standard meteorológiai adatok nyerhetők. Az OMSZ csapadékmérő hálózata 2005-ben Muck-kilátó és Kertváros állomásokkal bővült, melyek szintén a hegyvidék éghajlati viszonyairól adnak részletesebb képet.



1. ábra Hidegvíz-völgyi mérőállomás (2020.04.26.)

Adat és vizsgálati módszer

Az egyes meteorológiai állomásokon hagyományos eszközökkel vagy automata szenzorokkal történik a globálsugárzás, hőmérséklet, légnedvesség, csapadék és szél mérése, a mérési módszertől és a vizsgált meteorológiai paramétertől függően naponta, napi 3-szor (a meteorológiai szabványoknak, mérési/megfigyelési szabályoknak megfelelően), ill. 10 perces időintervallumokban.

Vizsgálati eredmények

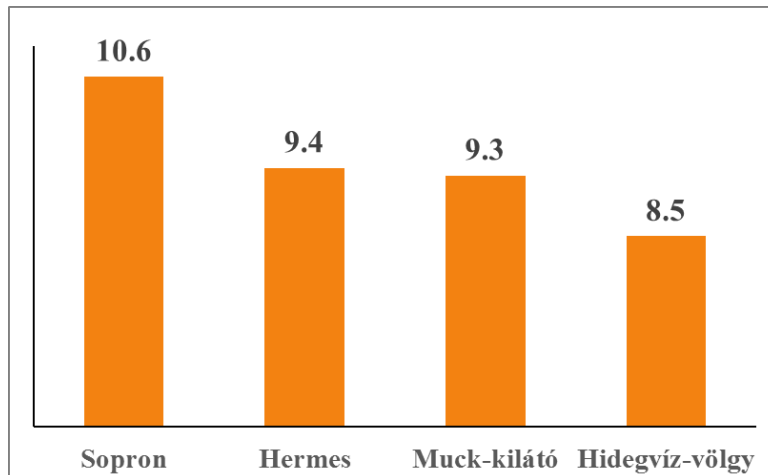
A hegyvidék hőmérséklet viszonyai

A Soproni-hegység hőmérsékleti viszonyait alapvetően a hőmérsékleti gradiens határozza meg, melynek mértéke a helyi megfigyelések alapján kb. $-0,9\text{ °C}/200\text{ m}$. Ezt azonban jelentősen befolyásolják a helyi terepi viszonyok. A Soproni-hegység leghidegebb pontjai nem a hegytetőkön, hanem a hegyvidékbe ékelődött völgyekben találhatók.

A hegylábi részeken $10,5\text{ °C}$ körül alakul az átlaghőmérséklet, míg a hegység tetőrégiójára $9,0\text{--}9,5\text{ °C}$ -os érték a jellemző. A derült éjjeleken fellépő gyakori inverzió és a korlátozott besugárzás miatt a magasabban fekvő völgyekben (300-400 m tszfm között) a $8,5\text{--}9,0\text{ °C}$ -os évi értékek a jellemzők. Ennek megfelelően hőmérsékleti szempontból a Soproni-hegység változatos képet mutat és több hőmérsékleti régió is sejthető az eddig megfigyelt adatok alapján.

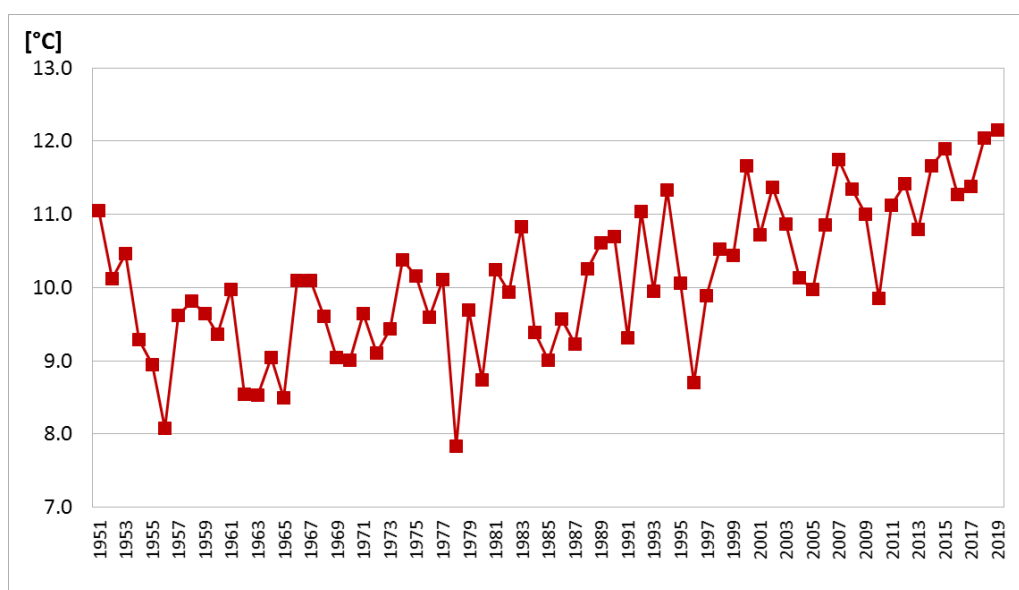
Az egyik a hegység előterében lévő enyhe, gyakran széles Soproni-medence, a másik a hegyek közé benyúló szélvédett völgyek, ahol a legnagyobb hőingást tapasztalhatjuk, a harmadik a hegység keleti része, Muck-tól Harkáig terjedő enyhébb, de az előzőeknél kiegyenlítettebb hőmérséklet járású vidéke, míg a negyedik a Brennbergbányától nyugatra lévő hegység-rész, mely a legkiegyenlítettebb, leghűvösebb klímájú terület. A rendelkezésre álló mért adatok alapján a Hidegvíz-völgy éves átlaghőmérséklete 2 °C-kal hidegebb, mint Soproné (2. ábra; GÁLOS – KISS 2019).

2. ábra Évi középhőmérsékletek (°C) különböző mérőállomásokon (1985-2016)

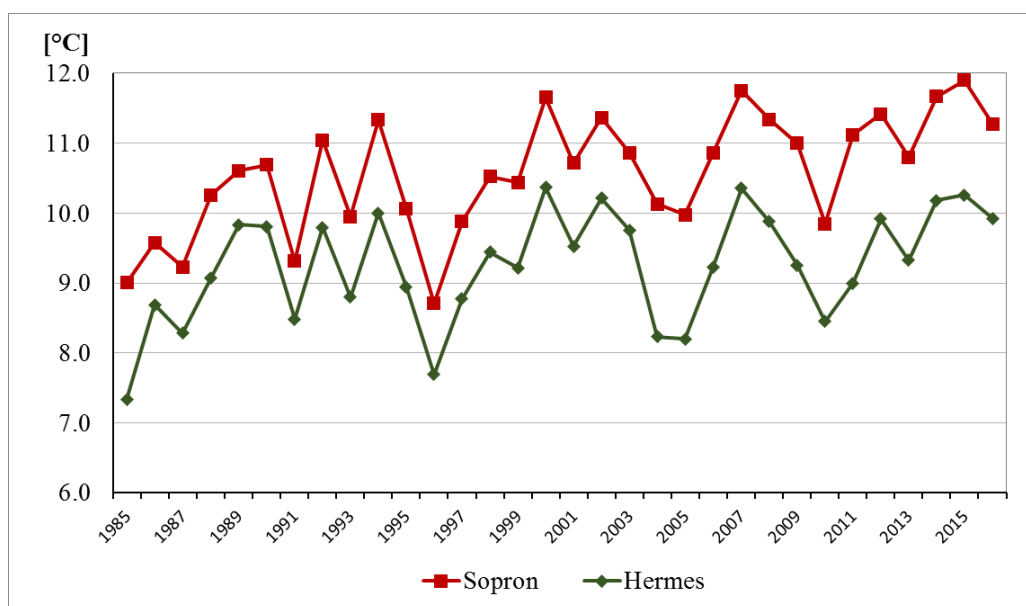


Az elmúlt évtizedekben a hőmérséklet az év minden hónapjában emelkedő tendenciát mutat. Míg az 1901–1930 közötti 30 év átlaghőmérséklete Sopronban 9,3 °C volt, addig az 1987–2016-os időszaké 10,6 °C. Az 1961–1990-es időszakhoz képest az 1981–2010-es időszak éves átlaghőmérséklete 0,7 °C-kal melegebb (ez egyezést mutat az országos tendenciával). 2018-ban a mérések kezdete óta először érte el az éves középhőmérséklet Sopronban a 12 °C-ot (3. ábra). A 2019-es év ennél is melegebb volt (12,2 °C). A hegyvidék hőmérséklete is együtt mozog a soproni értékekkel (4. ábra), ezért arra következtethetünk, hogy a Soproni-hegységben is jelentős melegedés zajlott.

3. ábra Sopron Kuruc-domb állomás évi középhőmérsékleteinek menete 1951-2019



4. ábra Sopron és Hermes állomások évi középhőmérsékleteinek menete 1985-2016



A leghidegebb átlaghőmérsékletű hónap a térség egészén a január, a legmelegebb a július (5. ábra). A januári középhőmérséklet az elmúlt évtizedek emelkedő tendenciájának köszönhetően a hegyvidéken is csak kevéssel marad fagypont alatt. Hermeszen egyedül a január mutat $-0,6$ °C-os átlagos értéket, míg a Hidegvíz-völgyben még mindhárom téli hónap középhőmérséklete a negatív tartományban marad, azonban ez csak nagyon kis területre, a magasabban fekvő völgyekre tekinthető érvényesnek. A júliusi átlaghőmérséklet a hegyvidék 400 m feletti részein nem éri el a 20 °C-ot, Hermeszen csupán $19,3$ °C, míg Sopronban már ennél közel 2 °C-kal magasabb, $21,1$ °C.

Az egyes hónapokra Hermes és Sopron adatsorát összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a nyári félévben nagyobb a két állomás közti hőmérséklet különbség, mint a téli félévben. A hegyvidék tetőrégiója nyáron 1,3–1,7 °C-kal hűvösebb, mint a Soproni-medence, míg télen mindössze 0,2–1,2 °C-kal. A nagyobb borultság, a több csapadék, a nedvesebb levegő hűti nyáron a hegyvidéket, míg a télen gyakrabban jelentkező inverzió enyhíti azt. Az adatok alapján megállapítható, hogy a hegység éghajlata jóval kiegyenlítettebb, mint Soproné. Az átlagos évi hőingás Sopronban 21,1 °C, míg Hermeszen 19,9 °C (GÁLOS – KISS 2019).

A küszöbnapok számában mégjobban megmutatkozik a hegység mérsékelt, hűvösebb jellege. A nyári hónapok hűvössége a nyári és hőségnapok számában mutatkozik meg leginkább. A 25 °C feletti maximumhőmérsékletű (nyári) napok száma a hegyvidéken a felét sem éri el a Sopronban regisztráltaknak. A 30 °C-ot elérő vagy meghaladó maximumhőmérsékletű napokra (hőségnapokra) pedig a hegyvidéken jelenleg alig számíthatunk. Hermeszen többségében még mindig 30 °C alatt marad az év során mért abszolút maximum hőmérséklet. Egy átlagos évben Sopronban már 4 napon fordul elő olyan nap, amikor a 35 °C-ot eléri a hőmérséklet, míg Hermeszen ilyen magas érték még nem jelent meg az adatsorban, a rendkívül forró nyarú 2007-es és 2013-as években sem.

A hegyvidék csapadék viszonyai

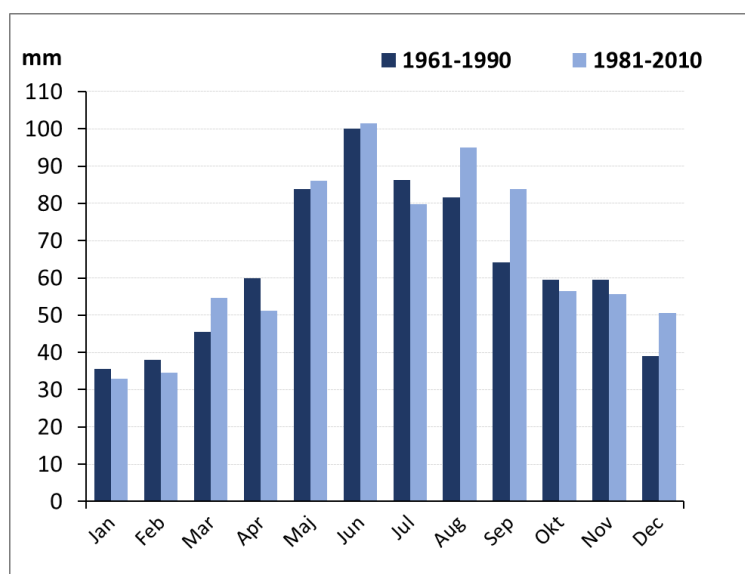
A Soproni-hegység jelentős csapadéktöbblettel rendelkezik a tőle keletre és északra elhelyezkedő Kisalföld területéhez képest. A csapadéktöbbletnek van egy kelet-nyugat irányú és egy magassággal növekvő, ún. orografikus komponense (1. táblázat). Míg a hegyláb 200 m-es tengerszint feletti magasságon 628.4 mm az átlagos éves csapadékösszeg, addig a hegység 500 m-es tengerszint feletti magasságú részein már 797.1 mm. A magasságból eredő csapadéktöbblet hazai átlagértéke 30-35 mm/év, ez a Soproni-hegység területén 42 mm/év. Az azonos térszintben elhelyezkedő állomások adatai alapján elmondható, hogy a csapadék mennyisége a hegyvidék közelében drasztikusan (8-9 mm/km/év), majd egyre kisebb mértékben (1-2 mm/km/év) csökken keleti irányban.

1. táblázat Évi csapadékösszegek mm-ben (1971-2010)

Sopron	Görbehalom	Hidegvíz-völgy	Brennbergbánya	Muck-kilátó	Hermes
639	741	764	774	848	792

A hegység területén a legszárazabb hónap pontosan nem meghatározható. A január és a február hónap átlagértéke egyaránt 35-35 mm körül mozog, egyes mérőállomásokon a január, másokon a február a szárazabb, de az eltérés csupán pár mm. A legcsapadékosabb hónap a június, a síkvidéken 75-80 mm, a hegység lábánál 80-90 mm, a hegységben 90-110 mm-es értékekkel (5. ábra). A csapadék éves menetében megfigyelhető egy nagyon enyhe másodmaximum novemberben. A csapadékos napok száma a hegység előterében 120, a hegységben 150 körül alakul (GÁLOS – KISS 2019).

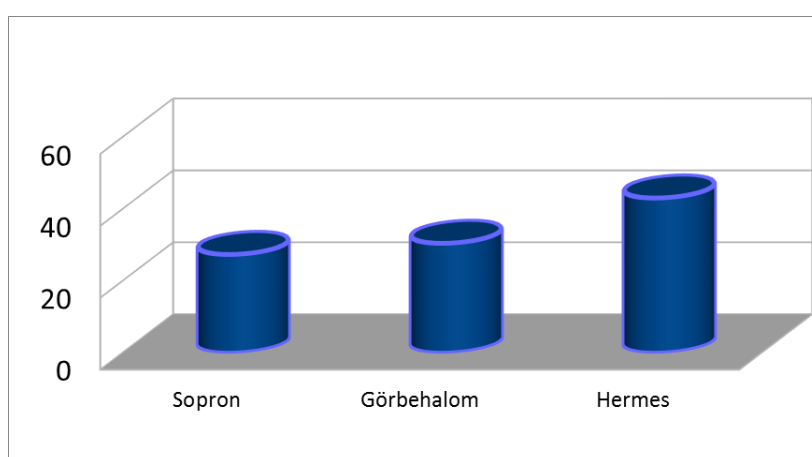
5. ábra Brennbergbánya állomás átlagos havi csapadékösszegei



Sopron térségében az éves csapadékösszegek az utóbbi másfél évtizedben enyhén emelkedő tendenciát mutatnak, ugyanakkor a csapadék éven belüli eloszlása is változott. Az egyes hónapokat nézve április mutatja a legjelentősebb csökkenést, a csapadék éves menetében mutatkozó késő őszi másodmaximum évtizedről-évtizedre csökken és december elejére húzódik (5. ábra). A nyári hónapok növekedése az egyre hevesebb, intenzív csapadékot adó nyári zivataroknak köszönhető. A nyári csapadékos napok száma ezzel ellentétben enyhén csökken, azaz rövidebb idő alatt több csapadék hullik.

Hótakaró: A hegyvidék területét az alacsonyabb hőmérséklet és a bővebb csapadékellátottság miatt tartósabb és vastagabb hóréteg jellemzi, mint a környező területét (6. ábra).

6. ábra Hótakarós napok átlagos száma (db) a 2007-2016-os időszakban



A hótakarós napok száma tág határok között változik, egyes években még a hegyvidék legmagasabb pontjain is csak 20-25 nap, míg más években 80-90 nap is lehet. 300 m tszfm felett még a leginkább hőszegevényebb években is eléri a 10 napot, 500 m felett a 20 napot. A

300 m alatti területeken azonban már előfordulnak olyan évek, amikor csak 2-7 napon borítja hó a talajt. A hegyvidék területén a havazás jellemző legkorábbi időpontja október vége-november eleje, míg legkésőbb március végén havazik. Természetesen ennél jóval szélsőségesebb esetek is előfordulnak: megmaradó hóra már szeptemberben és májusban is volt példa. A hórétteg maximális vastagsága évről-évre és az állomások tengerszint feletti magasságának függvényében is jelentős ingadozásokat mutat. Jellemző, hogy 300 m alatt ritkán haladja meg a 30 cm-t, míg 500 m felett ritkán marad 30 cm alatt. A hegyvidék területén mért legnagyobb hóvastagság 110 cm.

Kitekintés

Az elmúlt évek kutatási és eszközbeszerzési projektjei lehetőséget biztosítottak a botanikus kert, valamint a hegyvidék több állomásának (7. ábra) fokozatos korszerűsítésére, automatizálására. A Boreas Fejlesztő és Szolgáltató Kft. eszközeivel, szenzoraival hőmérséklet, páratartalom, csapadék, talajhőmérséklet és talajnedvesség, sugárzás és szél mérés folyik az egyes helyszíneken.



7.ábra A brennbergi meteorológiai állomás

Az automata meteorológiai állomások segítségével végzett mérések hozzájárulnak az erdőállományok, agrárerdészeti rendszerek mikroklímájának jobb megismeréséhez. A hosszútávon fenntartott mérések alapján számszerűsíthető lesz ezeknek a felszínborításoknak a mikroklímára gyakorolt hatása, és az esetleges klímaváltozás mérsékelő szerepe (hőmérséklet-csökkentő, páratartalom növelő, valamint hóhullám- és aszály-intenzitás mérsékelő hatása) más felszínborításokhoz képest.

Köszönetnyilvánítás

Az automata meteorológiai eszközök beszerzése és a publikáció megjelenése az Agrárerdészet (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- GÁLOS B., KISS M. (2019): A tájvédelmi körzet természetföldrajzi viszonyai. Éghajlati adottságok. In: Soproni Tájvédelmi Körzet. Monografikus tanulmányok a Soproni-hegység természeti és kulturális értékeiről (szerk.: Kárpáti L.). Fertő-Hanság Nemzeti Park Igazgatóság Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest ISBN 978-615-5224-82-9, 44-48.
- GÁLOS B., FÜHRER E. (2018): A klíma erdészeti célú előrevetítése. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 43-55.

A VOLTcraft DL-121TH TÍPUSÚ ADATGYŰJTŐK ÉS ALKALMAZÁSUK AZ AGRÁRERDÉSZETI KUTATÁSOKBAN

STOFA KRISZTIÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

stofakrisz@gmail.com

Bevezetés

Mára már szinte minden tudományágban nélkülözhetetlen eszközzé váltak a hőmérők. Segítségükkel vált ismerté a Földön végbemenő klímaváltozás jelensége is. Ezek pontossága és megbízhatósága lehetővé teszi a kutatók számára a környezetünk működésének megértését és a műszaki tudományok technikai fejlődését. Az általuk rögzített, és egységesített adatokat a bolygón élő bármely ember ugyan úgy tudja értelmezni. Így fordulhat elő az, hogy a hőmérők alkalmasak a globális vizsgálatoktól egészen a lokális kiterjedésű kutatásokig. Megjelenésük és pontosságuk igazodik a felhasználási területük igényeihez, ebből adódóan más hőmérőket használnak például az egészségügyben és más a műszaki ágazatokban.

Vizsgálati anyag és módszer

Az Agrárerdészet (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) projekt keretén végzett mikroklíma kutatásomhoz Voltcraft DL-121TH típusú USB-s adatgyűjtőt (1.ábra) használok. Segítségükkel mérem a Harkai-kúpon kijelölt pontokon a levegő hőmérsékletét és páratartalmát.



1. ábra Voltcraft DL-121 TH típusú adatgyűjtő

Ezek a műszerek kifejezetten az ilyen jellegű mérések elvégzésére lettek kifejlesztve. Folyamatos adatgyűjtést tesz lehetővé, miközben a rögzített adatokat a beépített memóriájában

eltárolja. A mérési időpontok széles skálán testre szabhatóak, lehetőség nyílik a 2 másodperces rögzítéstől egészes a 24 óránkénti rögzítésig. Az egyes mérési periódusok hosszát is meghatározza a választott időköz, mivel a műszer memóriája csak véges számú adat eltárolására képes. Nagy előnye ezeknek az adatgyűjtőknek, hogy nincs szükség folyamatos ellenőrzésre és gyakori leolvasásra, ami egy agrárterületen előnyös. A rögzített adatok begyűjtése a mérések helyszínén elvégezhető, köszönhető ez a műszer USB csatlakozójának, amit az időjárás elemeitől egy áttetsző burkolat véd. Az áttetszőségnek oka, hogy két visszajelző LED található az adatgyűjtőn. Ezek közül az „ALM” feliratú a beállítások rögzítése után, a bekapcsoló gomb lenyomásakor egyszeri sárga villanással jelzi, hogy a műszer elindította a méréseket. A „REC” feliratú LED a beállítások során megadott időközönként (10,20, 30 másodperc) zölden villan, jelezve hogy készenléti állapotban van eszköz, de méréseket nem végez, majd pedig a bekapcsoló gomb megnyomása után további fényjelzést ad. Ebből adódik egyik hátránya is, mivel a készenléti állapot és az adatgyűjtési állapot között nincs eltérés a fények között, így pusztán a zöld színű fény láttán nem lehet eldönteni, hogy a műszer mérési állapotban van-e. A működéshez szükséges energiát LS 14250 típusú lítium elem biztosítja. Tapasztalatok szerint egy ilyen energiaforrás képes több mint egy éves folyamatos üzemeltetést is biztosítani, viszont biztonsági okokból évenként cserélem őket, így a véletlenszerű adatvesztést el lehet kerülni. Az adatgyűjtő méréseket végző eleme az USB csatlakozóval ellentétes csúcán foglal helyet. A zárókupak alatt egy filc szövet (2. ábra) található, ami a cseppmentességről gondoskodik.



2. ábra Mérőegység, védőburkolat filc szövettel és zárókupak

A műszer mérsékelt időjárásálló, vagyis extrém jelenségek esetén előfordulhat, hogy az elektronika beázik, és a műszer kikapcsol. Hosszabb mérési periódus esetén, amennyiben a probléma nincs megoldva, ez az alkatrészek sérüléséhez vezethet, ami a rontja az eszköz megbízhatóságát, esetenként annak tönkremenetelét okozhatja. A zárókupak alatti filc hivatott megvédeni a portól az elektromos részeket, beleértve a mérést végző szenzort. Ennek sérülése esetén a szennyeződések a műszer mérési pontosságát rontják, mivel egy bevonatot képeznek a szenzoron. Hátránya a burkolatnak, hogy fekete színével a nap sugarait összegyűjti, ezáltal erőteljesebben melegszik fel. Nyílt területen vagy akár még agrárterületi körülmények között – ahol a direkt napsütéses és árnyékos időszakok váltakozhatnak is – ez megemeli a regisztrált hőmérsékleti adatok értékét, miközben a páratartalom adatokét csökkenti. Az adatgyűjtőhöz megvásárláskor kapunk egy adatpert, aminek segítségével rögzíteni lehet azt tetszőleges felületekre, viszont ennek használata épületen kívül nem ajánlott, mert tartása nem elég stabil.

Annak érdekében, hogy hiteles és megbízható adatokat kapjunk, szükség van a műszer gyakori tisztítására. A zárókupak alatti terület különösképpen hajlamos a porosodásra, továbbá a burkolat résein keresztül akár ízeltlábúak (3. ábra) is bejuthatnak, amik jelenlétükkel számottevően befolyásolhatják a mért eredményeket.



3. ábra Zárókupak alatti pókszövedék

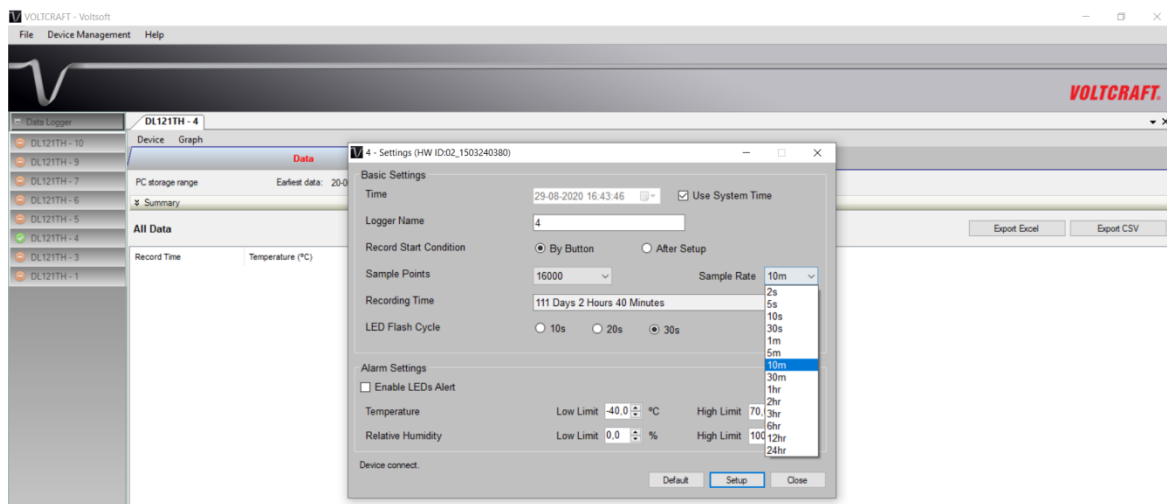
A Voltcraft DL-121TH típusú adatgyűjtő, amit az agrárerdei kutatásimhoz használok, elég érzékeny ahhoz, hogy a gyorsan változó időjárási viszonyokat rögzíteni tudja. Annak érdekében, hogy a nem kívánt jelenségeket – például záródáshiány a koronában, ami rövid időre megemeli a hőmérő által mért adatok értékét – kizárhassam, vagy legalább minimalizálhassam hatásukat, az adatgyűjtőket árnyalókban helyeztem ki (4. ábra).



4. ábra Mérési ponton kihelyezett árnyaló

Az árnyalók műanyag, fehér színű elemekből készültek, hogy a nap a lehető legkevésbé melegítse fel a belsejében helyet foglaló adatgyűjtőt, viszont a lamellás kialakításnak

köszönhetően a levegő átjárja, így a mérési ponton a légtömeg jellemzőit (hőmérséklet és relatív páratartalom) regisztrálni lehet. Rögzítésük a kiválasztott fára 4 ponton történt annak érdekében, hogy a tájegységre jellemző gyakori erős szelek ne tudják elmozdítani, rosszabb esetben leszakítani a fáról. A meteorológiai szabványnak megfelelően 2 méter magasan foglalnak helyet. Az árnyalók egységesen a fák északi oldalán lettek elhelyezve ezért, hogy a lehető legkevesebb direkt napsütés érje a őket, ami befolyásolná a kapott eredményeket. A regisztrált adatok kinyerése történhet a helyszínen laptop segítségével, vagy cseredarab kihelyezésével otthon is. Az adatgyűjtőkhöz tartozó Voltsoft nevű szoftver (5. ábra), egy felhasználóbarát, könnyen átlátható felülettel rendelkező program. Az adatgyűjtő regisztrálása és elnevezése után már a mérési tulajdonságokat tudjuk testre szabni. Fontos, hogy a használt rendszeridőnél a számítógépünk idejét használja majd kiindulási időként a műszer, mert így garantáltan pontos dátummal és idővel fognak rögzülni az adatok. A mérési időköz 2 másodperctől egészen 24 óráig állítható. Ez az érték határozza meg a rögzíthető értékek mennyiségét. Azt, hogy ez pontosan mennyi idő (nap,óra,perc) a program a kiválasztott időköz függvényében megjeleníti számunkra. Tetszőlegesen választható, hogy a mérések a beállítások mentése után automatikusan elinduljanak, vagy pedig a bekapcsoló gomb lenyomása után induljanak. Ebben az esetben a bekapcsolásig az adatgyűjtő készenléti állapotban van. Annak érdekében, hogy az elem a lehető legkevesebb energiát adjon le, és hosszú élettartamú legyen, érdemes a visszajelző LED villanási idejét 30 másodpercre állítani.



4. ábra Voltsoft szoftver beállítások felülete

Vizsgálati eredmények és megvitatásuk

Az adatok kinyerése ugyan ezen program segítségével történik. Első lépésként le kell tölteni az adatokat a memóriából, majd pedig a kiválasztott időintervallum megadása után megjeleníttetni. Az adatokat két fájlformátumban tudjuk a számítógépünkre menteni, Excel vagy CSV formátumban. Az adatok feldolgozására saját módszertant dolgoztam ki, hogy a néha több tízezer soros adattáblát a legegyszerűbben lehessen kezelni. ennek első lépéseként egy egyedileg meghatározott korrekciós egyenlettel (STOFA K 2019) korrigálom az értékeket. Ezek a terepi kutatás megkezdése előtt, egy hosszabb mérési időszak alapján lettek megállapítva. Ennek lényege, hogy az adatgyűjtők egyedi hibákkal terheltek, viszont a korrekció után az

értékek már összhangba kerülnek, így a párhuzamosan mérő adatgyűjtők által regisztrált adatok egymással összevethetőek lesznek.

Összefoglalás

A jelenleg zajló klímaváltozás idején a haszonnövényeink egyre nehezebben tudnak alkalmazkodni a folyamatos változásokhoz, ezért életjelenségeik törvényszerűségeinek megértéséhez szükséges a mikroklíma folyamatos és megbízható eszközökkel történő kutatása. Az agrárerdészeti projekt keretében általam használt eszközök bárki számára könnyen hozzáférhetőek és felhasználóbarátok, így erre a feladatra tökéletes. A mérési módszertan a Harkai-kúp sajátosságaira épülve lett kialakítva, így ugyan ebben a formában alkalmazni nem lehet más helyszíneken. A műszer működését a későbbiekben klímakamrás tesztekkel szeretném megismerni.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció megjelenése az Agrárerdészet (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

STOFA K.: A domborzati kitettség és a növényzet hatása a hőmérséklet és légnedvesség napi menetére, Tudományos Diákköri Dolgozat, Soproni Egyetem, 2019

EGYEDI, LOKÁLIS JELENSÉGEK AZ AGRÁRERDÉSZETI RENDSZEREK HŐMÉRSÉKLETVISZONYAINAK TANULMÁNYOZÁSA SORÁN

STOFA KRISZTIÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

stofakrisz@gmail.com

Bevezetés

Az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 Agrárerdészet projekten belül végzett munkám során a Harkai-kúp mikroklimatikus viszonyait vizsgálom, azon belül is a hőmérséklet és a páratartalom kapcsolatát a növényzet borítottságával. Az északi és a déli oldalon, két-két helyszínen mérési pontokat alakítottam ki a kúpon, ahol folyamatosan zajlik az adatok rögzítése Voltcraft DL-121TH típusú adatgyűjtők segítségével. Kutatásom abból az általános megállapításból indul ki, hogy a Nap egy déli kitétséggű lejtőt erőteljesebb nappali felmelegedés tapasztalható. Az, hogy ez az eltérés a hőmérsékletben és a páratartalomban hogyan mutatkozik meg, gyéren kutatott, az országban csupán néhány helyen végeztek hasonló mikroklíma vizsgálatokat (VIG P SZÓBELI KÖZLÉS). Mikroklíma mérések folytak a Mátrában (HARGITAI 1957, KOVÁCS 1966), Nagymaros környékén (HORÁNSZKY 1957), valamint a Tornai Karszton (JAKUCS 1954, 1959). Saját mikroklíma vizsgálatom során tapasztaltam olyan jelenségeket, amik rámutatnak a téma nehézségeire és annak komplexitására. A következő fejezetekben az agrárerdei kutatásom során tapasztalt olyan jelenségeket szeretném bemutatni, amik nem az kitűzött eredményeket hozták, vagy pedig egészen új, nem várt eseményeket produkáltak.

Vizsgálati anyag és módszer

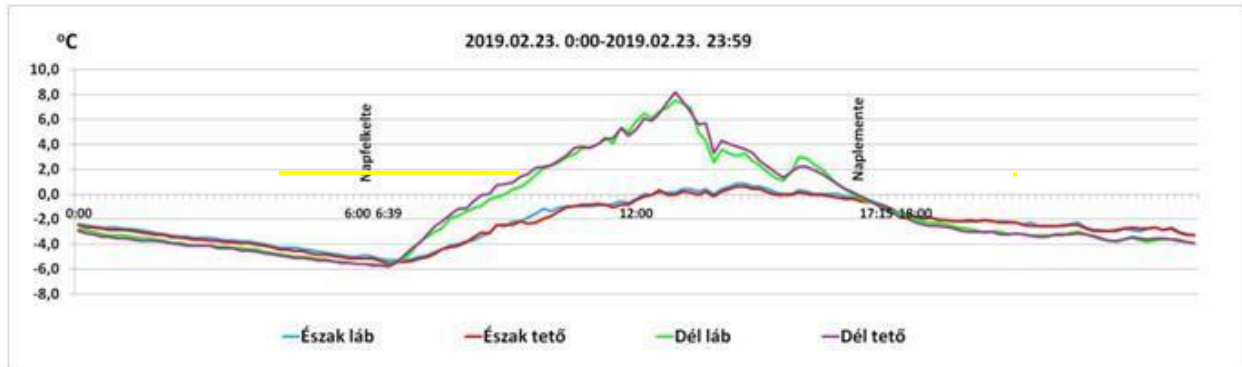
A mérések helyszínétül a Harkai-kúpot választottam, mivel elhelyezkedése és formája lehetővé teszi mind az északi mind a déli oldalon kellő számú mérési pont létrehozását. Mindkét lejtőn az uralkodó fafajokat lombos fajok alkotják, így lehetőség van lombos és lombtalan állapotban is vizsgálni mikroklimatikus eltéréseket. Érdekes összehasonlítási alapot jelent ez a tény, mivel lombos állapotban egy erdőben a legmelegebb a lombkorona felett van, mivel a beérkező napsugarak először a leveleket melegíti fel, és ezt követi a lombosáron feletti légtömeg felmelegedése (PAPP-GILLAY 1965, VIG 1995, FOKAN 2008). A talajhoz közeledve a hőmérséklet ezek után csökken, majd a talaj kisugárzása miatt újra emelkedni kezd. Ezzel szemben a lombtalan időszakban a Nap sugarai közvetlenül a talajt melegítik fel egy lombos erdőben, viszont a napsugarak alacsonyabb beesési szöge miatt a talajközeli légréteg felmelegedése elmarad a lombos időszakban tapasztalhatóaktól.

Vizsgálati eredmények

Az északi oldal melegebb éjszaka

Legérdekesebb jelenség, amit tapasztaltam, az a bizonyos éjszakákon megfigyelhető hőmérséklet-maximum kicserélődése volt az északi és a déli oldal között. A jelenség először az első terepi mérések utáni adatfeldolgozás során került elő. Az értékelés során használt eljárásom részeként grafikusán elkülöníttem mind a lábagnál mind a tetőkön mért értékeket úgy, hogy a déli oldalon mért értékekből kivonom az északi oldalon mértéket. Amennyiben a különbség pozitív előjelű, tudni lehet, hogy a déli oldalon volt magasabb a hőmérséklet, negatív előjel esetén pedig az északi oldalon. szelektív. Feltételes formázást használva különböző színekkel

ábrázolni tudom külön a negatív és külön a pozitív előjelű különbségeket, továbbá fehér színnel jelölöm azokat az értékeket, amikor a két oldal között hőmérsékleti eltérés nem volt megfigyelhető. A formázást végrehajtva az egész adatsoron fellelhetőek a színekben mintázatok. Bizonyos napokon, amikor erőteljesebb szélmozgás vagy csapadékjelenség nem figyelhető meg, az északi és a déli oldal közti hőmérséklet a következőképpen alakul sok esetben:



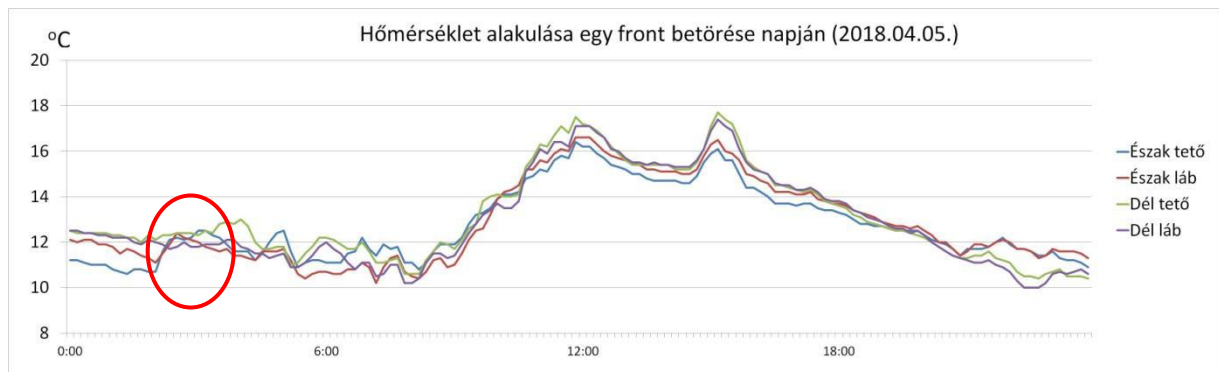
1. ábra Különbségek alakulása egy jellegzetes napon

Fontos kihangsúlyozni, hogy a jelenség nem nevezhető általános jelenségnek, még akkor sem, hogyha több napon át folyamatosan ismétlődik mind a lombos mind a lombtalan állapotban. Az adatfeldolgozás során tapasztalható, könnyen felismerhető sajátossága után azokat a napokat, amikor a hőmérséklet a következőképpen alakul, csak jellegzetes napoknak nevezem. Grafikusán ábrázolva egy ilyen nap hőmérsékletviszonyait, megfigyelhető, hogy a napfelkeltét megelőző órákban a déli oldalon lévő két mérési ponton kerültek rögzítésre az alacsonyabb értékek. Röviddel napfelkelte után a déli oldal kitettségből adódóan gyorsabban felmelegszik, mint az északi, napi hőmérsékleti maximumát is hamarabb eléri. A délután folyamán, amikor a Nap veszt erejéből a déli oldal erőteljesebben kezd lehűlni az északihoz viszonyítva, és a naplemente után be is áll az az érdekes állapot, miszerint az északi oldalon magasabb a hőmérséklet, mint a déli oldalon. Bizonyos esetekben az oldalak közti különbség mindössze néhány tized fok, ami bizonytalanná teszi az kapott eredményeket, azonban előfordulhat akár egy fok, vagy kicsivel nagyobb eltérés is a naplemente és a napfelkelte közötti időszakban. A jelenség okát még nem sikerült kideríteni, azonban bizonyos lehetőségek kizárásával a lehetséges kiváltó okokat le lehet csökkenteni. Egyik ilyen elmélet szerint a két oldal között fennálló esetleges páratartalom különbségek okozzák a néha napokig megfigyelhető mintázatot, kiindulva abból a fizikai törvényszerűségből, miszerint a kevesebb vízpárát tartalmazó légtömeg gyorsabban képes felmelegedni. Az agrárerdei vizsgálathoz használt adatgyűjtő által regisztrált hőmérséklet, relatív páratartalom és harmatpont értékek segítségével kiszámításra került a két oldalon, egy időben tapasztalható abszolút páratartalom, ami kimutatta, hogy nem állt fenn az oldalak között ilyen jellegű eltérés. Kimondottam szeles, továbbá csapadékos napokon szintén nem figyelhető meg a jelenség, így a további kutatások egyik meghatározó feladata között szerepel a kiváltó okok megderítése.

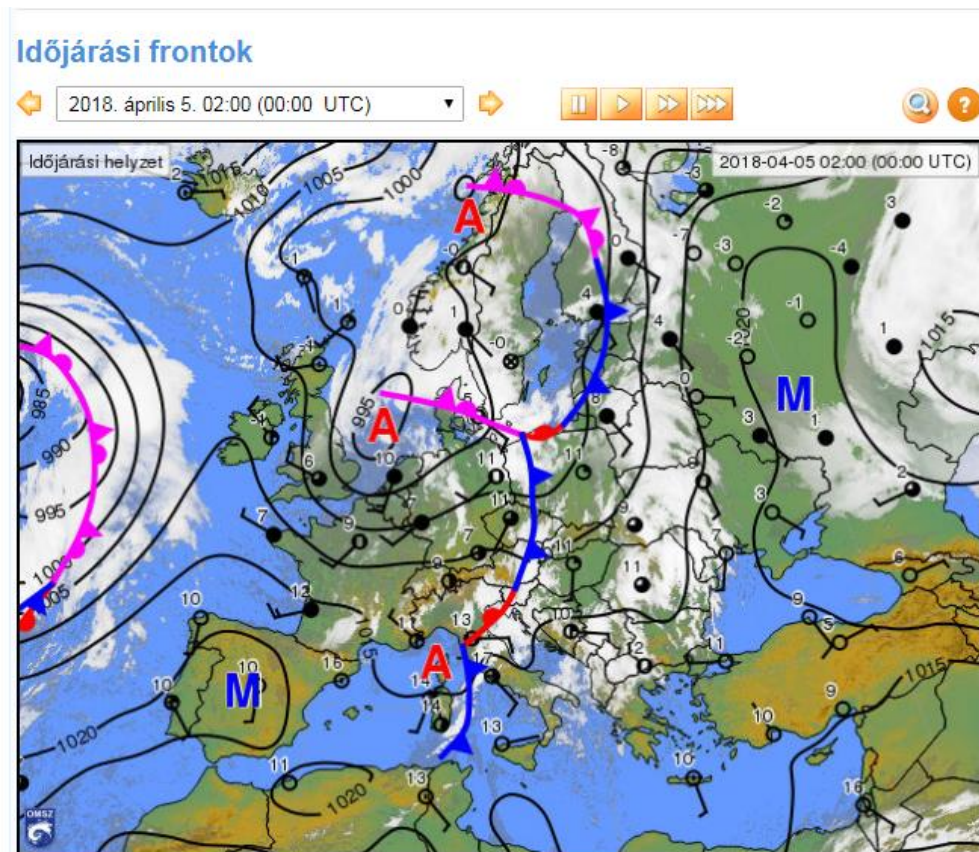
Frontbetörés megjelenése az adatsorban

A mérési módszertan kidolgozásakor a tízpercenkénti adatrögzítésre esett a választás a műszerek nyújtotta széles választási lehetőségéből, mégpedig a miatt, mert így kellően gyakran kerülnek rögzítésre az adatok ahhoz, hogy az időjárásban hirtelen bekövetkező változásokat regisztrálni lehessen, miközben a műszerek adattárolási kapacitása nincs a határig kitolva. Egyik ilyen gyakori jelenség például egy front betörése az országba, amikor is a páratartalom gyorsan megemelkedik a csapadéknak köszönhetően, miközben a hőmérséklet visszazuhan.

Kellően pontos fronttérképet mellékelve az adatokhoz nyomon követhető a front mozgása, összehasonlítva az általa kiváltott változásokkal.



2. ábra Hőmérséklet alakulása egy front betörésének napján

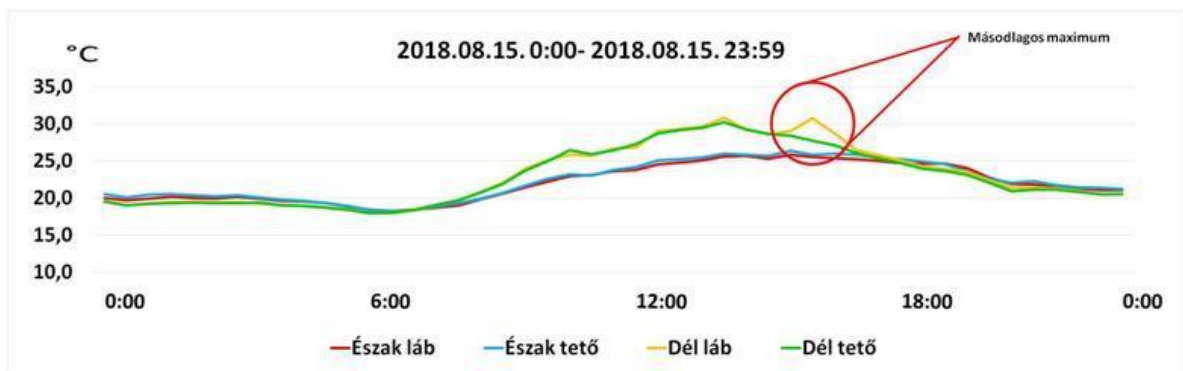


3. ábra Hidegfront betörése Magyarországra (forrás: www.met.hu, letöltés ideje: 2018. ápr. 6.)

A fronttérképet összevetve a hőmérsékleti grafikkal észrevehető, hogy a front megközelítőleg hajnali kettő óra magasságában érte el az országhatárt. Ebben az időben az addig hűvösebb északi oldal egy hirtelen hőmérsékletemelkedéssel szinte a déli oldallal megegyező értékeket kezdet mutatni. ennek oka lehet, hogy a felhőzet vastagodásával a talajból kisugárzott hőmennyiség visszaverődött, ezáltal kiegyenlítve a két oldal közti eltérést. A nap hátralévő részében mind a négy mérési pont adatai együtt haladva emelkedtek és estek vissza, ami szintén azt jelzi, hogy a front az egész nap időjárását meghatározta.

Második napi maximum a záródás hiánya miatt

Annak érdekében, hogy az adatgyűjtők az időjárás viszontagságainak a lehető legkevesbé legyenek kitéve miközben hitelesen és megbízhatóan rögzítik a mérni kívánt paramétereket, erre a célra készített árnyalókban kerültek kihelyezésre. A meteorológiai szabványnak megfelelően 2 méter magasan helyeztem el őket, a fák északi oldalán, hogy közvetlen napfény a lehető legkevesebbet érje őket. Az első nyári adatok kiértékelése során azonban felfigyeltem arra, hogy a hőmérséklet napi menetének grafikus megjelenítésekor egy második maximum csúcs is megjelenik a déli oldal hegylábi mérési pontján. Több, egymástól távol eső napot kielemezve egyértelmű lett, hogy a jelenséget nem egy esetleges felhőmentes időszak kiváltotta rövid felmelegedés okozta, mivel a második maximum minden esetben ugyan abban az időszakban jelentkezett, és csak ezen egy ponton. A helyszínt megvizsgálva kiderült, hogy a lombkoronában záródáshiányos folt található, amin keresztül a déli oldali lábnál lévő árnyalót, ezzel együtt a műszert rövid ideig direkt napsütés éri délnyugati irányból, ami a nyári időszámítás szerint megfeleltethető annak az időpontnak, amikor a jelenség észlelhető.

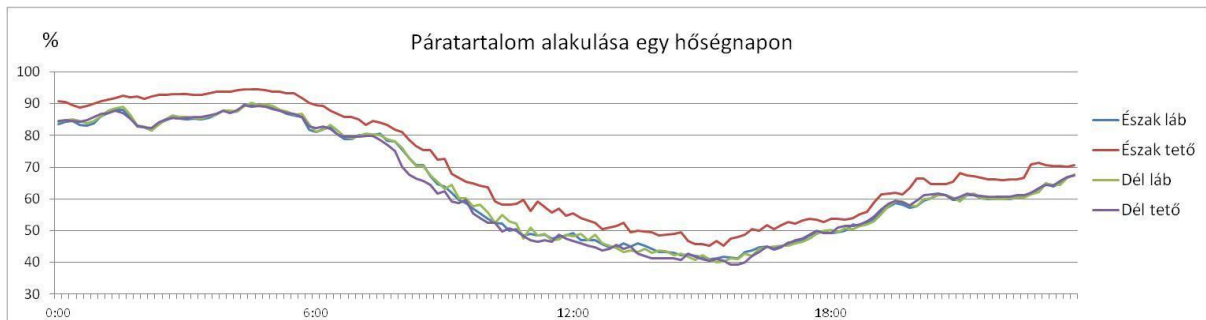


4. ábra Másodlagos hőmérséklet maximum a kúp déli lábánál

Nyári hőségnapokon mérhető relatív páratartalom

A Fertő-tó az agrárerdei méréseim helyszínének számító Harkai-kúptól alig 10 km-re található, így joggal lehet feltételezni, hogy ennek a sekély vizű, ám nagy kiterjedésű tónak nagy befolyása van a kúpon tapasztalható páratartalomra, legfőképp nyáron, amikor a párolgás erőteljes. Eddigi méréseim azonban azt mutatják, hogy nincs különösebb páratartalom emelő hatása a tónak. Az, hogy a térségre jellemző élénk ÉNY-i szeleknek – amik viharos időjárás esetén képesek a tó déli oldalán a vízszintet akár 60 cm-el is megemelni (Bognár D 1966) – ebben mekkora a jelentősége, biztosan nem kijelenthető. Egy nyári hőségnap páratartalom

alakulását ábrázolva szembeötlő az, hogy sok esetben a reggeli órákban a relatív páratartalom megközelíti vagy el is éri a 100%-ot, majd pedig napközben lecsökken 40% környékére.



5. ábra Páratartalom alakulása egy hőségnapon

A Fertő-tó déli partján elterülő szikes talajok (SZABOLCS I ÉS ÁBRAHÁM L 1957) jelenléte is azt támasztja alá, hogy a tó déli partján a levegő száraz, ellentétben azzal a feltételezéssel, miszerint a víz közelsége miatt magasabb páratartalom lenne elvárható.

Összefoglalás

Az Agrárerdészeti Projektben belüli munkám során több olyan jelenséggel is találkoztam, aminek megismerése fontos lehet a későbbiekben egy összetettebb probléma vagy folyamat megértéséhez. Igyekszem kizárni minden hibaforrást, ami az adatok torzulásához vezet, ezért is dolgoztam ki saját mérési módszertant, hogy minden egyes munka művelet ugyan olyan eljárással végezzek el. A bemutatott jelenségek a Harkai-kúpon végzett mérések során kerültek elő, így feltételezhetően máshol nem fordulnak ebben a formában elő. Ahhoz viszont, hogy ez biztosan kijelenthető legyen több helyszínen is hasonló formában végzett mérésekre lenne szükség. Nem kizárható azonban az sem, hogy egyes folyamatok más helyszíneken is előfordulnak.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítése az Agrárerdészet (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BODNÁR D.: A Fertő-tó nádgazdálkodása, Soproni Szemle, 1966. XX. évf. 2. 13.
- FOKAN, T. 2008. Micrometeorology. Springer Verlag, 445
- HORÁNSZKY A. 1957. Mikroklima-Messungen am Szentmihály-Berg bei Nagymaros. Ann. Univ. Sc. Budapest de Rol. Eötvös nom., Sect. Biol., 1, 89-131.
- JAKUCS P. 1954. Mikroklimamérések a Tornai Karszton tekintettel a faprodukcóra és a karsztfásításra. Ann. Hist.-Nat. Mus. Nat. Hung. 5. 149 – 173.
- JAKUCS P. 1959. Mikroklimaverháltnise der Flaumeichen Buschwälder is Ungarn. Acta Agronomica Hung. 9, 209-234.
- PAPP L., GILLAY J. 1965. Erdészeti termőhelyismerettan. Hatodik változatlan kiadás, Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 1965
- SZABOLCS I., ÁBRAHÁM L : 1957, *A Fertő-tó menti szikes talajok*. Agrokémia és talajtan, 6 (2). pp. 99-108.
- VIG P.? 1995. Éghajlattan. Egyetemi jegyzet. Erdészeti és Faipari Egyetem, 152

MÉRÉSI MÓDSZERTAN FEJLESZTÉSE AZ AGRÁRERDÉSZETI RENDSZEREK HŐMÉRSÉKLETI VISZONYAINAK VIZSGÁLATÁRA

STOFA KRISZTIÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

stofakrisz@gmail.com

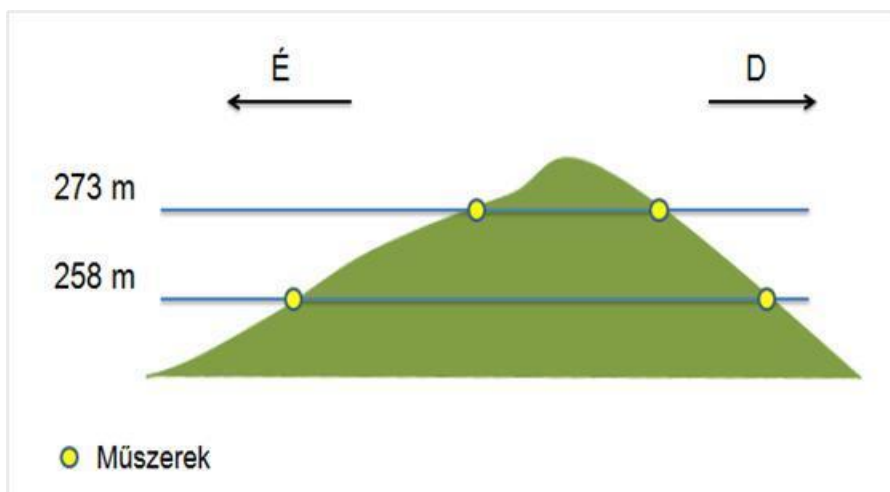
Bevezetés

Agárerdei kutatásomat a Harka község mellett található Harkai-kúpon folytatom az Agrárerdészet (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) projekt keretein belül. Tevékenységem lényege a kúpon kijelölt négy mérési ponton egy időben rögzítésre kerül a hőmérséklet és a páratartalom. A méréseket Voltcraft DL-121TH típusú USB-s adatgyűjtők (1. ábra) segítségével végzem.



1. ábra Voltcraft DL-121TH típusú USB-s adatgyűjtő

Ezeknek a műszereknek a nagy előnye, hogy belső memóriájuk nagy mennyiségű adat eltárolását teszi lehetővé, így nem szükséges folyamatos kontroll alatt tartani őket. A mérési időpontok gyakorisága tetszőlegesen testre szabható attól függően, hogy milyen sűrűséggel van az értékekre szükségünk. A már említett mérési pontok mind az északi mind a déli oldalon 2-2 helyen lettek kialakítva. Az így kialakított négy pont a kúp észak-dél irányú tengelyére illeszkedik. Mindkét oldalon 1-1 pont került kialakításra a lábaknál és csúcshoz közel (2. ábra). A pontokat GPS készülék segítségével határoztam meg.



2. ábra Műszerek helyzete a Harkai-kúpon

Az adatok 10 percenként kerülnek rögzítésre, ami kellően sűrű mintavétel ahhoz, hogy a gyors időjárás változásokat (pl.: vihar érkezése miatti hőmérséklet esés) rögzíteni lehessen.

Vizsgálati anyag és módszer

A terepi mérések megkezdése előtt első lépésként meg kellett győződni az adatgyűjtők hibatarományáról. Ebben nagy segítséget nyújtott a Dr. Eredics Attila által kidolgozott módszer. A hangsúly nem az abszolút pontosság megállapításán volt, miszerint egy hitelesített, pontos hőmérőhöz képest mekkora hibával terheltek a mérések, hanem hogy a meglévő hiba egy széles hőmérsékleti skálán megtartja ugyanazt az értéket vagy változik attól függően, hogy hideg vagy meleg körülmények között mér. Ehhez tökéletes körülményeket biztosított a Soproni Egyetem botanikus kertjében található meteorológiai állomás, amely ma már nem tölt be hiteles adatszolgáltatási funkciót, de a még jelen lévő infrastruktúra lehetővé teszi a kísérlet elvégzését. A próbaidőszak 2017 októbere és 2018 áprilisa között zajlott le. Ekkor a műszerketben található angol házikóba (3. ábra) lettek kihelyezve az adatgyűjtők ahol a meteorológiai szabványnak megfelelő körülmények között végezték az munkát.

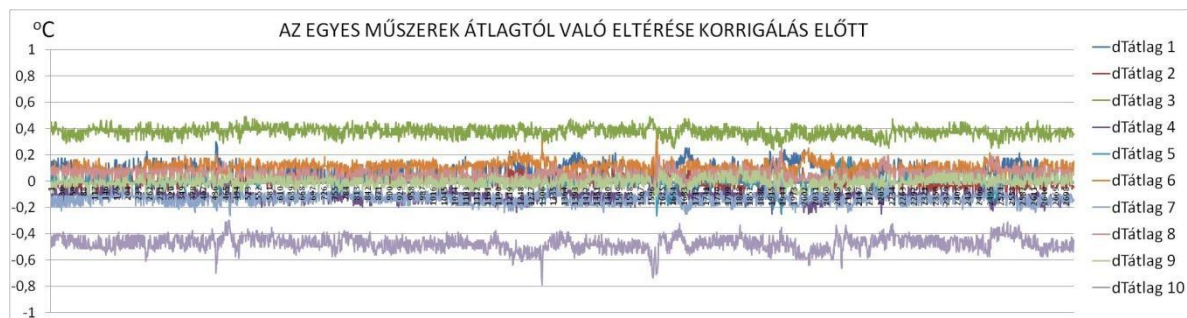


3. ábra Angol házikóba kihelyezett adatgyűjtők

Mivel az adatgyűjtők eltérő körülmények között működhetek korábban illetve az addigi működési idejük nagymértékben eltérhet, így szükség volt megállapítani, hogy egymáshoz viszonyítva mekkora hibával rendelkeznek. Mivel munkám során a hangsúlyt az egyes mérési pontok közti eltérések kimutatására helyeztem, így elegendő volt ismerni az egyes műszerek, egy standard mérési sorozathoz viszonyított eltérését. A próbaidőszak közel hat hónapja alatt a hőmérséklet egy széles skálán ($-5,7\text{ °C}$ és $30,6\text{ °C}$) mozgott így megbizonyosodhattam róla, hogy a műszerek mind alacsony mind magas hőmérsékleti körülmények között ugyanakkora hibával terheltek.

Vizsgálati eredmények

A próbaidőszak alatt három alkalommal olvastam ki az adatokat, amelyeket összesítettem. A használni kívánt tíz adatgyűjtő eredményét átlagoltam és az így kapott adatsor adta a standardot, amihez viszonyítottam külön-külön egy-egy egyes műszerek adatait (4. ábra)



4. ábra A műszerek eltérése az átlagtól korrigálás előtt

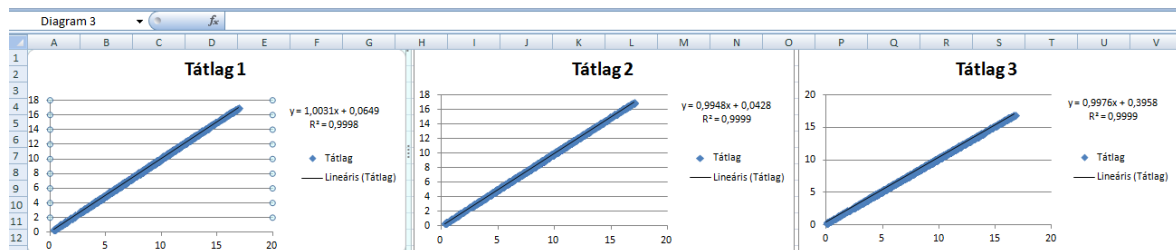
Az összevetés során kiderült, hogy két műszer eredményei kiugróak, a tízes számú az átlaghoz képest $0,5\text{ °C}$ -al alacsonyabb, a hármas számú $0,4\text{ °C}$ -al magasabb értékeket mér. Ahhoz, hogy a rögzített adatok a későbbiekben egymással összevethetőek legyenek és az egyes mérési pontok között szabadon variálhassam a műszereket, szükség volt egy korrigációs egyenlet meghatározására, amivel a nyers adatok módosítva már összevethető értékeket kapok. Ennek

első lépéseként a tíz műszer által regisztrált, nyers értékeket egy Excel táblázatban összegyűjtöttem a T1-T10 sorokban (5. ábra).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tátlag	dTátlag 1	dTátlag 2	dTátlag 3
2	27-10-2017 21:00:06	9,9	10	9,6	10,1	10	9,9	10,1	9,9	10	10,4	9,9875	0,0875	-0,0125	0,3875
3	27-10-2017 21:05:06	9,9	10	9,6	10,2	10	10	10,2	10	10,1	10,5	10,05	0,15	0,05	0,45
4	27-10-2017 21:10:06	10	10,1	9,7	10,2	10	10	10,2	10	10,1	10,5	10,075	0,075	-0,025	0,375
5	27-10-2017 21:15:06	10	10,1	9,7	10,2	10,1	10	10,3	10	10,1	10,6	10,1	0,1	0	0,4

5. ábra Az egyes adatgyűjtők nyers adatai

Az egyazon időponthoz tartozó tíz érték átlagolása (Tátlag oszlop) után kiszámítottam minden műszer esetén az átlagtól való eltérést (dTátlag oszlop). Ezek után következett a korrigációs görbék (6. ábra) megjelenítése. A görbéken az átlagok lettek ábrázolva az adott számú adatgyűjtő értékeinek függvényében.



6. ábra Korrigációs görbék

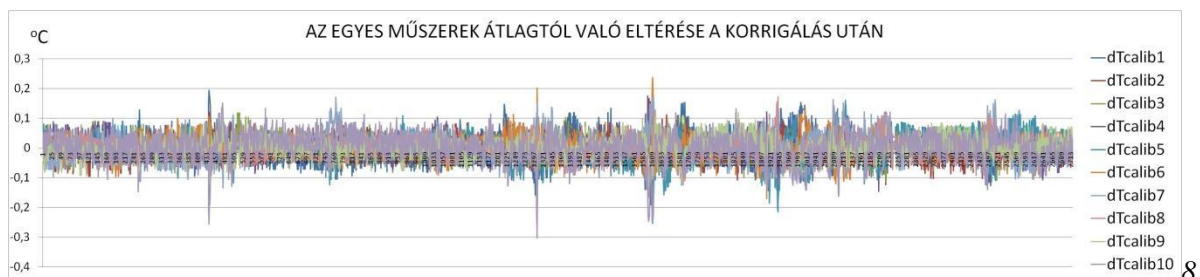
Amennyiben a görbék X és Y értékei felcserélődtek, abban az esetben az átlag és az adott érték nem csökkent, hanem növekedett. Az esetleges hibák kiküszöbölésére és felismerésére a már korrigált adatok külön oszlopban (Tcalib oszlop) kerültek kiszámításra. A diagramokon ábrázoltam az egyenes egyenletét és az illeszkedés pontosságát (R^2). Az egyenes egyenlete adja az adott műszerhez tartozó korrigációs egyenletet. Ezzel az egyenlettel kiszámítottam a korrigált értékeket. Az átlagból kivonva ezeket megkaptam, a korrigálás utáni eltérést (dTcalib oszlop). A Tcalib és dTcalib oszlopokat műszerenként egymás mellett számoltam ki (7. ábra).

	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
	dTátlag 7	dTátlag 8	dTátlag 9	dTátlag 10	Tcalib1	dTcalib1	Tcalib2	dTcalib2	Tcalib3	dTcalib3	Tcalib4	dTcalib4	Tcalib5	dTcalib5	Tcalib6	dTcalib6	Tcalib7	dTcalib7
2	-0,1125	0,0875	-0,0125	-0,4125	9,99717	-0,00967	9,9922	-0,0047	9,97306	0,01444	9,98734	0,00016	9,9952	-0,0077	10,00219	-0,01469	9,971558	0,015942
3	-0,15	0,05	-0,05	-0,45	9,99717	0,05283	9,9922	0,0578	9,97306	0,07694	10,08758	-0,03758	9,9952	0,0548	10,1019	-0,0519	10,07182	-0,02182
4	-0,125	0,075	-0,025	-0,425	10,0975	-0,0225	10,09175	-0,01675	10,07287	0,00213	10,08758	-0,01258	9,9952	0,0798	10,1019	-0,0269	10,07182	0,003184
5	-0,2	0,1	0	-0,5	10,0975	0,0025	10,09175	0,00825	10,07287	0,02713	10,08758	0,01242	10,09451	0,00549	10,1019	-0,0019	10,17207	-0,07207
6	-0,1875	0,1125	-0,0875	-0,4875	10,0975	0,015	10,09175	0,02075	10,07287	0,03963	10,08758	0,02492	10,09451	0,01799	10,1019	0,0106	10,17207	-0,05957
7	-0,15	0,05	-0,05	-0,45	10,0975	0,0525	10,09175	0,05825	10,17268	-0,02268	10,18782	-0,03782	10,09451	0,05549	10,20161	-0,05161	10,17207	-0,02207

7. ábra A korrigált értékek és az újra kiszámolt eltérések

Vizsgálati eredmények megvitatása

Az új, korrigált értékeket összevettem (8. ábra) a nyers adatokból származtatott átlaggal, és minden műszer esetében azt tapasztaltam, hogy az átlagtól való eltérés 0,1 °C alatti. Ez az eltérés már kielégítően kicsi ahhoz, hogy következtetéseket lehessen levonni a Harkai-kúp északi és déli oldala között kialakuló időjárásbeli eltérésekről.



8. ábra A műszerek eltérése az átlagtól korrigálás előtt

Minden terepen történő mérési időszakot követően a nyer adatokat elsőként korrigálni szükséges a megállapított korrekciós egyenletekkel (1. táblázat) az összehasonlíthatóság kedvéért. Az egyes mérési pontok között így az egyes műszerek szabadon variálhatóak.

1. táblázat Korrekciós egyenletek

Adatgyűjtő sorszáma	Korrekciós egyenlet
1.	$1,006X+0,0304$
2.	$0,9954X+0,0341$
3.	$0,9969X+0,3827$
4.	$0,9981X-0,0637$
5.	$0,9915X+0,139$
6.	$0,9969X+0,1372$
7.	$0,9999X-0,1582$
8.	$1,0035X+0,0859$
9.	$1,0018X+0,0005$
10.	$1,0067X-0,5896$

Összefoglaló

Az Agrárerdészet (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) projekt keretein belül végzett munkám során szükséges volt egy olyan mérési módszertan kidolgozására, fejlesztésére, ami lehetőséget ad akár agrárerdei körülmények között is egy addig ismeretlen mikroklímájú terület potenciáljainak megismerésére. A közel három éves adatgyűjtési periódus során sikerült kellő mennyiségű adatot rögzíteni, hogy későbbiekben tovább lehessen finomítani az adatfeldolgozás folyamatát. Az eszközök korrekciós egyenleteinek kiszámítása révén pedig a rögzítésre kerülő adatok még megbízhatóbbak lettek.

Az adatfeldolgozás során használt korrekciós egyenleteket Dr. Eredics Attila segítségével határoztam meg az általa kidolgozott módszer segítségével.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítése az Agrárerdészet (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) projekt támogatásával valósult meg.

NÖVÉNYFENOLÓGIAI VIZSGÁLATOK

STOFA KRISZTIÁN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

stofakrisz@gmail.com

Bevezetés

A növényfenológia a növények életjelenségeinek és az időjárás változásának az összefüggéseivel foglalkozó tudományág. Fő feladata, hogy az egyes fenológiai változások időpontját megfigyelje és az így kapott adatokat összehasonlítsa a meteorológiai állomásokon rögzített paraméterekkel. A legfontosabb az állomásokon gyűjtött adatok közül a hőmérséklet, mivel az egyes fenofázisok időbeni egymásutánosságát a hőösszeg szabályozza. Fontos kiemelni, hogy két, egymástól távol eső területen rögzített fenológiai naplót összehasonlítani és ebből általános következtetéseket levonni nehéz, mivel már a kis kiterjedésű Magyarország területén is előfordulhatnak akár 300 °C-os eltérések, ami többnapos időbeli csúszást eredményezhet az adatokban. Számolni kell továbbá azzal, hogy minél távolabb esik két megfigyelési terület egymástól, annál nagyobb az esélye annak, hogy merőben eltérő időjárás alakul ki a két helyen. Ezeket az eltéréseket kiküszöbölendő, a fenológiai naplók fel kell tüntetni a pontos helyszín mellett a kitétséget és a tengerszint feletti magasságot. Erdei vagy akár agrárerdei körülmények között a későbbi beazonosíthatóság érdekében szükség lehet az erdőrészlet azonosítójára, mezőgazdasági terület esetén annak helyrajzi számára, vagy amennyiben lehetséges akár GPS koordinátáinak megadására.

Vizsgálati anyag és módszer

Növényfenológiai vizsgálatot az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 Agrárerdészeti keretein belül végzek a Soproni egyetem botanikus kertjében, összesen 13 cserje- és fafaj megfigyelésével. A feladat ellátásához szükséges kezdeti információkat és eszközöket Kiss Mártontól, a soproni meteorológiai állomás vezetőjétől kaptam.

A megfigyelendő faegyedek kiválasztásának szempontjai

Azért, hogy reprezentatív legyen a megfigyelés, célszerű ugyan azokon az egyedeken feljegyezni a változásokat. Tapasztalataim szerint a vizsgálandó egyedek kiválasztása kulcsfontosságú, mivel azok elhelyezkedése merőben meghatározhatja a fenofázist.



1. ábra Azonos fajajú, de eltérő fenofázisú fák egymás mellett

Az 1. ábrán látható két vadgesztenye (*Aesculus hippocastanum*) közül a baloldali már L2-L3 fázisban van, vagyis a rügyfakadás és a levéllemez végleges méretének a felével rendelkező leveles állapotban van, miközben a jobboldali még csak L1, tehát rügyduzzadás fázisban. Ennek az eltérésnek az lehet az oka, hogy a baloldali fa egy épület délre néző fala mellett áll, amit így jóval több visszavert hő ér, ellentétben a jobboldali fával, ami a faltól távolabb helyezkedik el és kevesebb hő éri. Amennyiben egy faállomány szélén lévő fára esik a választás, a morfológiai állapot rögzítése előtt érdemes a környezetében lévő többi fát is szemrevételezni. A szélén álló fák ugyanis jóval több fényt kapnak, előrébb lehetnek a bizonyos fenofázisokban mint a faállomány belsejében, takarásban lévők. Ahhoz, hogy hiteles adatokat tudjunk rögzíteni, szükséges lehet ismerni a faegyed eredetét. A sarj eredetű fiatal fák növekedése a kezdeti szakaszban jóval erőteljesebb, mint egy mag eredetűé, köszönhetően annak a már meglévő erős gyökérrendszernek, amiből kisarjad. Probléma lehet továbbá, hogy sarjagnál fiatal korban előfordulhatnak nem a fajra jellemző morfológiai bélyegekkel rendelkező szervek, melyek megnehezíthetik a fenofázis pontos meghatározását.

A feljegyzésre kerülő fenofázisok

A megfigyelések megkönnyítése érdekében, továbbá, hogy a feljegyzett fázisok bárki számára értelmezhetőek és egyértelműek legyenek, egy kódrendszer alapján történik az állapotok rögzítése. Minden fenofázisnak saját kódja van, ami a leírások alapján beazonosítható.

1. táblázat A lombosodáskor feljegyzendő fenofázisok

Lombosodás	
L1	Rügyduzzadás
L2	Rügyfakadás
L3	Féllemez

L4	Egészlemez
----	------------

Annak érdekében, hogy minél pontosabban lehessen meghatározni a lombosodás egyes fázisait, olyan hajtásokat kell keresnünk, amik alacsonyan vannak, így akár kézben tartva is meg tudunk vizsgálni. Szükséges továbbá ismernünk a megfigyelt fa vagy cserjefajt, a füllemez és egészlemez állapot megállapításához, hogy eldönthessük mekkora növekedésre lehet még a későbbiekben számítani a levéllemez esetén. Kertészetekben vegetatív szaporítással (oltás, szemzés) előállított egyedek esetén előfordulhat, hogy a szaporításhoz használt alanyban előbb megindul a nedvkeringés (DOMONKOS ET AL 1999), és ezzel a nemes fajára jellemző rügyfakadás korábban megindul. Agrárerdei körülmények között, ahol mezőgazdasági terület és erdő találkozik, a szántóföldi növények fejlődését befolyásolhatja az azt esetlegesen árnyaló faállomány, így a két kultúra egyesítése előtt mindenképpen érdemes összehasonlítani az egyes fenofázisok átlagos megjelenésének időpontját.

2. táblázat *A virágzás fenológiai fázisai*

Virágzás	
V1	Bimbós állapot
V2	A növény 50%-ban virágzik
V3	Teljes virágzás
V4	Elvirágzás
Hüvelyesek virágzása	
V1	Bimbós állapot
V2	Fürt megjelenése
V3	Virágzat kifejlődése
V4	Virághullás

A virágzási fázis megfigyeléséhez is szükséges a hajtás közeli megfigyelése, főképpen azoknál a fajoknál, amik virága kisméretű vagy lombosodás után kezd kifejlődni. Problémát okozhat, hogy egyes fajoknál a virágzás akár egy egyeden belül is elhúzódik akár 2-3 hétig, ezzel több eltérő állapotú virág is megfigyelhető egy fán, így a fenofázis feljegyzésénél érdemes lehet akár a százalékos megoszlását is rögzíteni az adott állapotnak.



2. ábra *Eltérő állapotú virágok egy fán belül (fotó: Rigó Mihály)*

Egyes esetekben előfordulhat másodvirágzás a nyár végén vagy ősz elején, amit néhány hűvösebb reggel vagy hirtelen lombvesztés okozhat (RIGÓ M SZÓBELI KÖZLÉS). Ezek a virágok jellemzően meddők, viszont ritkább esetekben előfordulhat, hogy termés fejlődik belőlük.

3. táblázat *A termésérés fenológiai fázisai*

Termésérés	
Makktermések	
T1	Termés megjelenése
T2	Teljes méret kialakulása
T3	Érett szín elérése
T4	Terméshullás
Áltobozok	
T1	Nyírnél 1 cm-es, égernél borsószem nagyság
T2	növekedés lezárulása
T3	Barnulás
Húsos termések	
T1	Borsószem nagyság
T2	Növekedés vége
T3	Elszíneződés
T4	Terméshullás
Hüvelyesek	
T1	Hüvely megjelenése
T2	Növekedés vége
T3	Elszíneződés

A termés érésének figyelése szorosan követi a virágzását. Sok esetben elegendő egy távcső is az egyes fázisok állapotának feljegyzésére. A terméshullás idején megjegyzendő, hogy például a makkok esetén az ún. léha makkok hullnak elsőként, majd az egészségesek ezt követően akár 2-3 hét eltéréssel. A virágzáskori időjárás nagyban befolyásolja azt, hogy mekkora termés mennyiség lesz megfigyelhető a későbbiekben. Az sem ritka, hogy a virágok elfagyásával

termés egyáltalán nem jelentkezik vagy nagyon kis mennyiségben. Fenyők esetében a tobozok mennyiségének megítélése problémás lehet, mivel nem minden faj érleli be egy év alatt a tobozait, továbbá vannak olyan fajok, mint például a vörösfenyő (*Larix decidua*), aminek tobozai magasan a koronában vannak, és érés után még évekig a fán maradhatnak, így a friss és idős tobozok elkülönítése nehéz. A levelek elszíneződésének megfigyelése az egyik legnehezebb része talán a növényfenológiának. Kiváltó okai közül egyre inkább jellemzőek az időjárási viszonyok mellett a biotikus hatások. Gyakorlatlan szemlélő számára a barnuló levél látványa annak őszi, természetes elszíneződését is jelentheti, miközben a háttérben egy rovar károsítása vagy éppen egy gomba faj kártétele látható. Jó példa erre a vadgesztenyén is károsító *Guignardia aesculi* gombafaj és ami levelek elhalását okozza, vagy a szintén Vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*) nevű lepke faj. E két faj egyszerre jelentkező kártétele a levelek idő előtti lehullását eredményezheti. Bár közvetlenül nem függ össze a kártételek okozta lombvesztés az időjárással, a károsítót és kórokozók szaporodására nagy hatással van az időjárás, ami így közvetett módon befolyásolni tudja a növények életjelenségeit.



3. ábra Vélhetően a forró aszfalt okozta részleges lombszíneződés

A lombzat egy jól körülhatárolt részének elszíneződése nem csupán biotikus károsításra utalhat (3. ábra), hanem valamilyen extrém környezeti hatásra is, ami a korai lombszíneződést és lombvesztést kiváltja.

4. táblázat Lombszíneződés és lombvesztés fenológiai fázisai

Lombszíneződés		Lombvesztés	
Lsz1	Lombszíneződés mértéke 10%	Lh1	Lombvesztés mértéke 10%
Lsz2	Lombszíneződés mértéke 20%	Lh2	Lombvesztés mértéke 20%
Lsz3	Lombszíneződés mértéke 30%	Lh3	Lombvesztés mértéke 30%
Lsz4	Lombszíneződés mértéke 40%	Lh4	Lombvesztés mértéke 40%
Lsz5	Lombszíneződés mértéke 50%	Lh5	Lombvesztés mértéke 50%
Lsz6	Lombszíneződés mértéke 60%	Lh6	Lombvesztés mértéke 60%
Lsz7	Lombszíneződés mértéke 70%	Lh7	Lombvesztés mértéke 70%
Lsz8	Lombszíneződés mértéke 80%	Lh8	Lombvesztés mértéke 80%
Lsz9	Lombszíneződés mértéke 90%	Lh9	Lombvesztés mértéke 90%
Lsz10	Lombszíneződés mértéke 100%	Lh10	Lombvesztés mértéke 100%

Vizsgálati eredmények értékelése

Fenológiai vizsgálatok a Soproni Egyetem botanikus kertjében. A megfigyeléseket egy már kialakított szisztéma szerint végzem mindig ugyan azokon a fákon a botanikus kertben. Azokban az időszakokban, amikor tudni lehet, hogy a fenofázisok gyorsabban változnak (rügyduzzadás, virágzás), sűrűbben kell a megfigyeléseket végezni, ilyenkor akár heti több alkalommal is feljegyzéseket kell készíteni. Tavasszal, egy hirtelen jött felmelegedés után szintén számítani kell a növények életjelenségeinek felgyorsulására. Az aktuális megfigyeléseket egy fenológiai naplóban vezetem. A napló minden oldala egy hónapnak feleltethető meg.

Fenológiai megfigyelőnapló
2019. év április hónap

Dátum		Megfigyelt növény magyar neve														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Nap	Nap sorszáma (1-365)	Magyar tölgy	Kocsánytalan tölgy	Fehér tölgy	Hüvelyes	Ecsétfa	Ligetfa	Bükk	Gyertyán	Vörösfenyő	Erdőfenyő	Muhosnyé	Lucerna	Magyork	Nyír	Orgona
1	91															
2	92															
3	93	L ₁	L ₁	L ₃	L ₁ V ₃	L ₁	L ₁	—	L ₂	—	—	L ₁	—	L ₂ V ₃	L ₁	
4	94															
5	95															
6	96															
7	97															
8	98															
9	99	L ₂	L ₂	L ₃	L ₂	L ₂	L ₂	L ₁₋₂	L ₂	—	—	L ₂ V ₂	—	L ₂ V ₄	L ₂	L ₂ V ₁
10	100															

4. ábra Növényfenológiai napló

A két helyszínen végzett megfigyelésnek során vettem észre, hogy az agrárerdei kutatásaim helyszínének számító Harkai-kúpon az egyes a fenofázisok átlagosan két héttel később jelentkeznek ugyan azon fajok esetében. Ennek oka a földrajzi fekvés és a két terület faállományának különbsége lehet. A Harkai-kúp egy, a Soproni-hegységtől jól elkülönülő kiemelkedés a botanikus kert pedig inkább erdő jellegű, a városon belül található védett övezet. A városoknak az a tulajdonsága már régóta ismert, hogy átlagos hőmérsékletük télen több fokkal is magasabb lehet a külvárosnál vagy a várost övező erdőségeknél. Ezen a ponton visszacsatolva az 1. ábrára jogos a felvetés, hogy a két hetes eltolódást a város hőtöbblete okozza, viszont a pontos okok feltárásához mindkét helyszínen egyidejű hőmérsékletméréseket kellene végezni.

Összefoglalás

Munkám ellátása során magam is több esetben tapasztaltam, hogy a botanikus kerti meteorológiai műszerkertben mért hőmérséklet és a növények egyes életfázisai szoros kapcsolatban állnak egymással. Napjainkban a növényfenológia a meteorológiának egy egyre fontosabb területe, tekintettel a klímaváltozás jelente bizonytalanságra. Akár erdei akár agrárerdei környezetről is beszélünk, a közös pont mindkét esetben a termesztett növények. Az éghajlatváltozás gyorsuló hatásainak vizsgálata az egyik legfontosabb feladat a jelenben, mivel ezek ismerete nélkül nem lehet majd hosszútávon fenntartani a jelenlegi növénytermesztést, ehhez pedig elengedhetetlen ismernünk a növények és az időjárás kapcsolatát.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítése az Agrárerdészet (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- PROBÁLD F.: Budapest városklímája. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1974
DOMONKOS A., HROTKÓ, K., MÉSZÁROS A., VÉGHÉLYI K.: Gyümölcsfaiskola - A gyümölcsfák szaporításának elmélete és gyakorlata, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1999
RIGÓ M.: Szóbeli közlés

PROCESS MODEL OF MEDIUM COMPLEXITY FOR DYNAMIC SIMULATION OF AGROFORESTRY SYSTEMS – PART I: MAPPING AND COMPARTMENTALIZATION OF THE STUDIED SYSTEM

MONIKA VARGA¹, JANOS RASO², BELA CSUKAS¹

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Kaposvar Campus

²University of Sopron, Forestry Research Institute

varga.monika@uni-mate.hu

Preface

Aim of the present series of 6 studies is to describe the development of a process model with medium complexity that is applicable for the quantitative analysis and assessment of agroforestry systems.

According to the agroforestry experts' experiences, combined systems can provide manifold advantages, and positive synergistic effects appears at various levels. As the most obvious advantages, shelterbelts help to create a favorable microclimate by reducing wind speed. Less air movement decreases excessive evaporation and evapotranspiration, while trees release significant amount of water (and nutrients) from the deeper layers of the soil, and also intensify the morning dew formation. Higher humidity content of soil and air improves the water supply of crops, which can lead to an increased yield. The lower wind speed is favorable also to physiological processes. Besides the obvious advantages, clear evaluation of competition between trees and plants for water and nutrients is also a point that require quantitative calculations.

Considering this, model-based description and evaluation of observations, as well as planning and operation of such complex systems require flexibly modifiable and extensible, multiscale biophysical models. The developed process model provide a framework for the combined utilization of available data and expert knowledge. It can be utilized for the quantitative analysis of interacting crop/tree systems under various management and climate scenarios, as well as for the long-term quantitative analysis of component (atom) balances (e.g. C, H, O, N, P, etc.) under changing environmental conditions.

Accordingly, Part 1 gives an overview about the studied system and about the compartmentalization and mapping of system elements. Part 2 summarizes the detailed description of model structure, while embedded functionalities, model building and illustrative simulation results for crop and tree systems are introduced in Part 4 and 5, respectively. Part 3 introduce the available meteorological and hydrological data, as well as their pre-processing methods. Finally, Part 6 gives an overview about the combined model of woody and agricultural stands, illustrated with some simulated results.

The subsequent papers help to understand the procedure of development of a simplified dynamic balance model of medium complexity for an obviously complex agro-environmental system. More detailed reports about the applied methodology, as well as about the investigated system are under publication.

Role of process modeling in complex agroforestry systems

Rapid population growth comes with growing demand for food. Accordingly, by 2050 we will need to produce 70 percent more food (UN, 2017; WHO, 2018), that motivates highly the increase of efficiency, thus indirectly claims for the utilization of available ICT technologies (DeClercq, 2018). Besides the growing demand for food production, sustainable, and advantageously extensive technologies with smaller ecological footprint are also in the focus. In this sense, forests and combined agroforestry sites are real multitaskers by providing shelter, livelihoods, water, raw materials and food. Moreover, agroforestry system is an alternative way of utilization for lower quality areas to exploit the sunshine originated photosynthesis for biomass production, as much as possible. In this sense, agroforestry systems can serve as favorable alternative solutions.

Concept of agroforestry is not a new idea, however it has been reinvented in the past decade. Although, there are obvious synergistic effects of combined production systems, clear quantification of advantages and disadvantages is highly needed. Accordingly, focus of this study is on the model based evaluation of agroforestry systems.

There is a lot of partial knowledge in the literature and in domestic and international research institutes about various forms of agroforestry systems that serves as basic information for model building. The role of a general agroforestry balance model is to support the work of experts by framing this unique and diversified knowledge through better understanding and design of the process, as well as to provide prediction of performance under changing climatic conditions with a properly identified and validated model, later on.

After consultation with experts, it became clear that modeling should focus on several levels, as follows. Primarily at the upper level, a balance model of the interacting main components (H₂O, O₂, CO₂, nitrogen, phosphorus), describing the joint behavior of woody and agricultural stands for the given example areas will be developed. This top-level balance model describes the root/soil component transfer, as well as the bottom-up (xylem-related) flow, and the top-down (phloem-related) flow within woody plants and agricultural crops driven by evapotranspiration and photosynthesis. This model takes into account physical characteristics and initial composition of soil, modified by meteorological and hydrological changes, continuously. At the lower level, the model can be used for the detailed examination of specific components, such as balances of {C, H, O, N, P, etc.} pool of tree and plant organs, as well as the formed timber, crop and other forestry and agricultural products.

Agroforestry system to be modelled

As a complex example site for model building, we started from the Földes agroforestry area. The Földes site (Fig.1 and 2) was designed by the colleagues of former ERTI in 1998 to study the impact of shelterbelts on crop production, especially in medium or lower quality production areas. The shelterbelt was consciously compiled by 18 kinds of trees and bushes to provide a prolonged flowering period and serve as a bee pasture, too. In the middle area between shelterbelts, organic farming takes place with 3 kinds of alternating crops (spelt, sweet corn and oil pumpkin).

Beyond the obvious advantages (e.g. favorable microclimate by reducing wind speed, decreased evaporation and evapotranspiration, etc.), balanced landscape and reinforced biodiversity are also good arguments for these systems.

The total area of Földes site is 5.1 ha. The shelterbelts contains 8 rows with a 2.5 m spacing, so its total width is 17.5 m, and occupy altogether about 2.5 ha from the area, around the agricultural crop production.



Figure 1: The example agroforestry site in Földes, Hungary

In the upper part both the agroforestry site and the control area are highlighted.



Figure 2: Földes site

Agroforestry site in different growing seasons.

Picture credit: Janos Raso

Contours of the conceptual model and the external interactions

In a usual way, model building starts with the definition of conceptual model (Dalpiaz et al, 2021). Conceptual model is the initial draft representation of essential concepts that helps to get to know and understand the system under investigation. In our case, conceptual model is the first graphical representation of the real world system to be investigated, outlining also the model contour. In case of problem solving, it provides an easily understandable representation of the system for the experts, participating in the model development. During conceptual modeling we determine the scope and detailedness of the model. Level of detail highly depends on the scope and on the available data. Basically, this development and decision is based on the consultations between modeler and field experts, as well as between stakeholders who will use the model for decision making. In the conceptual model we have to determine the set of

processes that are considered by the model and also those ones that connect our model with the environment of the model.

Accordingly, at conceptual level we outline the objectives, inputs, outputs, content, assumptions and appropriate simplifications of the system to be modeled. In the present case, $s(t)$ stands for the state variables of modeled set of tree stands, crop stands, soil layers and atmosphere up to tree height within the model contour, signed by bold line in Fig.3. It is to be noted, that we determine compartments of soil, trees, plants and atmosphere. Changes in values within the model contour are influenced by environmental relationships (inputs and outputs, signed by $\underline{x}(t)$ and $\underline{o}(t)$, respectively).

Outside the model contour, atmosphere (and meteorology, that is interpreted as macro-meteorology) refer to the surrounding space around the modeled compartments. Differentiation of macro- and micro-meteorology has a high importance to capture the effects of trees. Micro-meteorology is represented by the atmosphere around trees, upto tree height. Both macro- and micro-meteorological data must based on measurements.

Natural ecosystem (e.g. bees) or human activities (sowing, fertilization, harvesting, pruning, etc.) also have effect on the system's state, and the respective processes have to be added (see later on in the description of model functionalities).

Ground layer in Fig.3 refers to that part of the soil (below 70 cm), where part of components leaks. Here, input connection (signed by dashed lines) has a limited feasibility, as tree roots can reach deep into the ground and they can exploit water and various components from there.

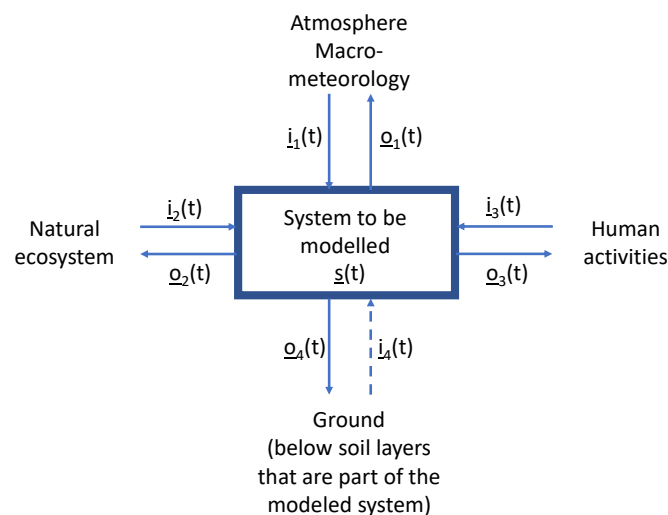


Figure 3: General scheme of modelled system and its environmental connections

Compartmentalization of the modeled system

In discussion with the agroforestry experts, and considering the placement of available measurement tools (meteorology stations and soil humidity & temperature sensors) we compartmentalized the area that can be seen in Fig.4. Considering horizontal compartmentalization, due to the need to take the orientation into account, we determined two-two shelterbelt compartments (in north-south and in east-west directions), similarly two-two crop-covered compartments, as well as a crop-covered middle compartment.



Figure 4 Horizontal compartmentalization

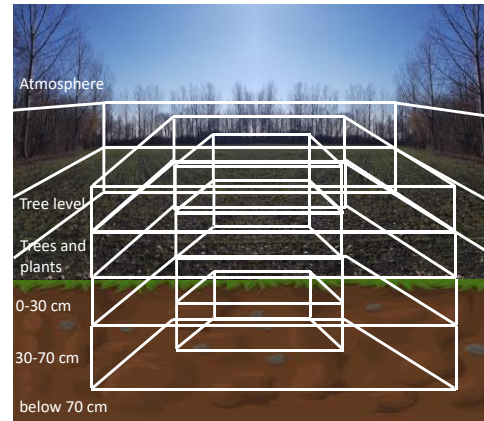


Figure 5 Vertical compartmentalization

Considering vertical compartmentalization (Fig.5), we determined an above ground compartment (until the tree height), that keep connection with the atmosphere. In the below ground part, taking into consideration also the measurement capacity of the applied sensors, we determined two soil compartments (that refers to 0-30 and 30-70 cm depth), while the lower layer keeps connection with the ground layer, below 70 cm.

Fig.6. illustrates the placement of tree and crop compartments in the horizontally and vertically compartmentalized soil and atmosphere parts. Arrows refer to the material flows between the compartments, as follows:

- flows between soil compartments,
- root-soil component transfer in trees and plants,
- transports between tree and plant compartments, considering the xylem- and phloem-related sap flows,
- evapotranspiration, that refers to the sum of evaporation from the land surface plus transpiration from trees and plants,
- various forms of precipitation,
- transfer of surface water to the soil and down to the deeper layers, and
- ground water recharge.

Starting from the soil-root component transport in different layers of the soil, the considered model elements describe the bottom-up sap-flow within the plants and trees, the top-down nutrient flow generated by the photosynthesis, as well as the growth and respiration of tree/plant parts.

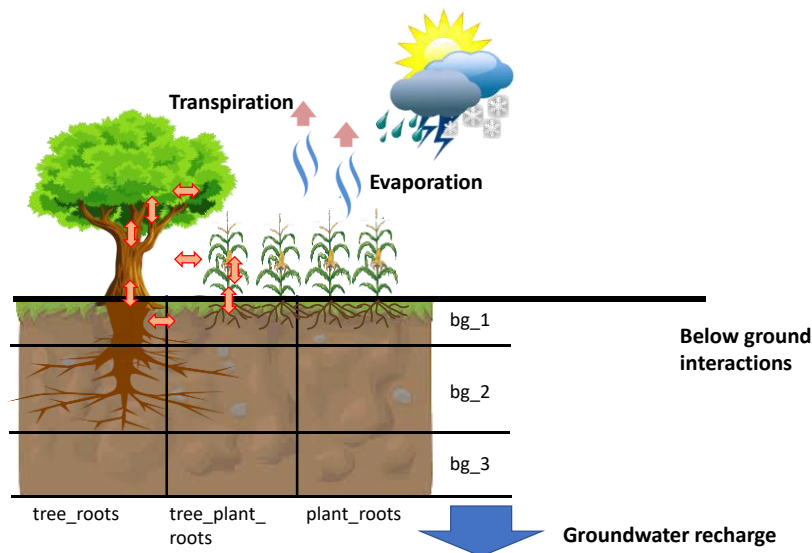


Figure 6: Schematic relationships within the model

Data and knowledge requirement for model building

The data and knowledge, supporting the model development can be summarized, as follows: First important data and knowledge elements refer to the main characteristics of the area to be investigated (area, ha; altitude, m; slope, orientation, soil type and soil physical characteristics, e.g. composition, density, pH, etc., site-specific characteristics beyond the data available from the NATÉR system (NATER), varieties of trees and agricultural plants, their location; quantity and quality of products and by-products produced; related ecosystem services; etc.).

Considering the effect of meteorology, longer-term retrospective data of meteorological time series, based on previous continuous and ad hoc measurements in Püspökladány, are the followings:

- air temperature, °C (daily average or maximum and minimum);
- soil temperature, °C;
- precipitation, mm/day;
- wind speed, km/h (daily average);
- wind direction;
- radiation, W/m² (daily average);
- relative humidity, %.

Soil data time series and optional ad hoc measurements are also necessary about:

- Soil moisture content (data from measurements with a frequency of about two weeks since the spring of 2017),
- Soil analysis data (data from ad hoc measurements, humus%, water capacity, total salt content, capillary measurement; concentration of nutrient components).

Regarding the validation of plant and tree growth, available time series for vegetation in the test area are also needed, such as:

- Growth data of the given tree species (and their parts) and the proportion of parts average data of sample plots by tree species (approx. 10 tree species),
- Growth (harvest) data of agricultural crops in agricultural forestry and control areas.

Agroforestry experts' knowledge and estimates may be considered also case studies, involving the developed model, as follows:

- Estimations for water and component transport between compartments of trees and plants. These processes are mainly determined by the processes of evapotranspiration and photosynthesis.
- Estimates of biomass growth based on growth-ring analysis (estimates for root, trunk, branches, canopy).
- The amount of products from the given area (timber for various purpose, agricultural products, by-products, etc.) and its change.
- Parameter estimation for the equation to calculate hydrological and component transport, such as:
 - information, required to calculate evapotranspiration (e.g. leaf area, etc.),
 - knowledge of water transport between soil layers.
- Applied forest management interventions in the given area (e.g. pruning).
- Known and observable interactions between trees and crops.

Acknowledgement

The research was supported by the Agroforestry (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) project.

References

- UNITED NATIONS World Population prospect 2017, Accessed: Feb 02, 2021, Available from [HTTPS://POPULATION.UN.ORG/WPP/](https://population.un.org/wpp/)
- WHO, Accessed: Feb 02, 2021, available from: [HTTP://WWW.WHO.INT/NUTRITION/TOPICS/3_FOODCONSUMPTION/EN/INDEX4.HTM](http://www.who.int/nutrition/topics/3_foodconsumption/en/index4.htm)
- DECLERCQ, M., VATS, A., BIEL, A. 2018. Agriculture 4.0—the future of farming technology. Oliver Wyman, Accessed: Feb 02, 2021, available from: [HTTPS://WWW.OLIVERWYMAN.COM/CONTENT/DAM/OLIVER-WYMAN/V2/PUBLICATIONS/2018/FEBRUARY/OLIVER-WYMAN-AGRICULTURE-4.0.PDF](https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2018/february/oliver-wyman-agriculture-4.0.pdf).
- DALPIAZ, F., GIESKE, P., STURM, A. 2021. On deriving conceptual models from user requirements: An empirical study, Information and Software Technology, 131, 106484, [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.INFSOF.2020.106484](https://doi.org/10.1016/j.infsof.2020.106484).
- NATÉR SYSTEM, Accessed: Feb 02, 2021, available from: [HTTPS://NATER.MBFSZ.GOV.HU/USER](https://nater.mbfisz.gov.hu/user)

PROCESS MODEL OF MEDIUM COMPLEXITY FOR DYNAMIC SIMULATION OF AGROFORESTRY SYSTEMS – PART II: STRUCTURE AND FUNCTIONALITIES OF THE CONCEPTUAL MODEL

BELA Csukas, MONIKA Varga

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Kaposvar Campus

varga.monika@uni-mate.hu

Compartmentalized Structure of the process model

Conscious planning and operation of agroforestry systems, affected by changing external conditions, require flexible dynamic models of interacting processes. In the literature, many efforts focus on the development of detailed biophysical models, based on different approaches (E.G. VAN NOORDWIJK ET AL, 2004; VAN DER WERF ET AL, 2007; HOLZWORTH ET AL, 2014 AND 2018; ETC.). In spite of the accuracy of these tools, high input data demand makes identification a lengthy procedure for a given tree or crop species. In our case, the demand appeared to elaborate a model for a combined agroforestry site, containing 18 species of trees and bushes. Accordingly, our aim was to develop a dynamic simulation model of medium complexity that still contain the causal relationships and basic biophysical relationships, but with a relatively limited data demand, resulted from the introduced simplification principles.

Building on the previously introduced conceptual model in Part I, this section focuses on the introduction of the structure and functionalities, implemented in the framework of Programmable Process Structures (PPS). In line with Figs. 4 and 5. in Part I, 3D visualization of the model can be seen in Fig.1.

Taking into account the plant cover and the prevailing wind directions, the Földes test site was divided into 5 air compartments, as follows:

- two shelterbelt sub-areas covered with trees (north-south and east-west orientation) and
- three arable land sub-areas (north-south, east-west, and middle).

These five air compartments contain oxygen, carbon dioxide, water vapor, and nitrogen components. Above and besides these five areas, we declared an atmosphere compartment with macro-meteorological characteristics, which are related to the common atmosphere in terms of component transport and meteorology. Compartmentalized tree and plant parts take place in and keep component transfer with these five compartments. The different tree types were constructed from leaf, branch, trunk, coarse root, fine root, xylem, and phloem compartments. The different plant types consist of leaf, product (fruit), stem, root, xylem, and phloem compartments. The lowest level characteristics are mass (biomass), carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen, phosphorus (and other) atoms, as well as water, oxygen, and carbon dioxide molecules.

Below these areas, three layers (upper soil in 0-30 cm depth, lower soil in 30-70 cm depth and ground layer under 70 cm depth) were distinguished, vertically, with similar compartmentalization strategy, depending on the orientation of the area. Soil compartments contain plant residues, humus, inorganic solids, and solution elements.

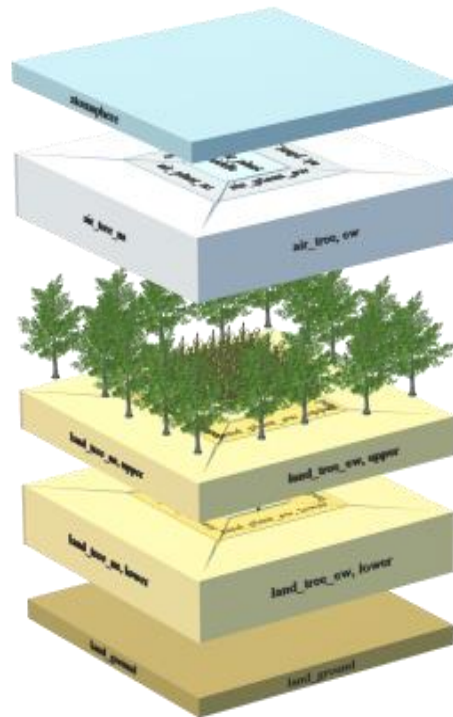


Figure 1: 3D representation of the cognitive model

Functionalities of the Process model

Main embedded functionalities are highlighted with orange in Fig.2. In terms of PPS, functionality refers to the way of calculation, i.e. a defined set of equations and relationships, formulated in declarative logical language, that determines the calculation of outputs from inputs and parameters.

To devise the model structure and functionalities, we need to build on knowledge of detailed physiological processes. The handbook of the Australian Society of Plant Scientists (ASPS, 2018), containing 20 Chapters, serves as a good source of knowledge.

Our model follows the logic of plant physiology, and map component flows as a logistic process. Accordingly, xylem and phloem of plant is considered as hypothetical pools of components, and the below described various processes utilize components from and/or add components to these pools.

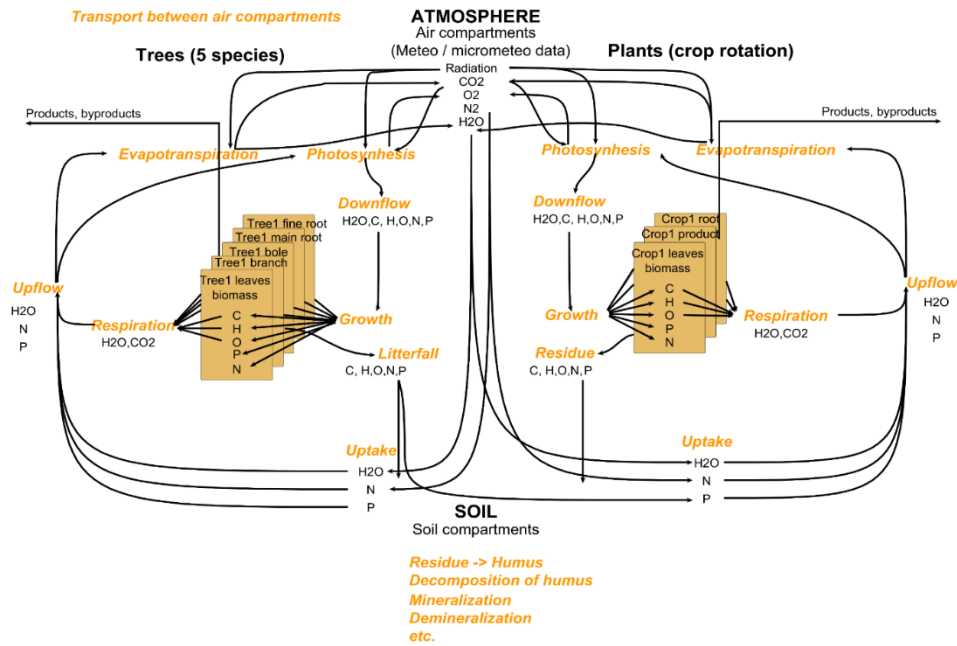


Figure 2: Functionalities of the conceptual model

Photosynthesis is the driving process of biomass construction, through which green plants transform sunlight into chemical energy, utilized for synthesis of organic components. Accordingly, light energy is captured and utilized to convert water and carbon dioxide into oxygen and energy-rich organic compounds, such as various carbohydrates. In this sense, fluxes in trees and plants are driven by the process of photosynthesis, that utilizes the sunshine, the CO₂ from the air compartment and the H₂O, N, P from xylem to produce O₂ and various carbohydrates (CHONP pool). The produced components are passed toward the phloem and distributed amongst the plant parts. Furthermore, a certain part of the produced material is utilized to cover the energy demand of respiration process. This part represents the push side logistics (i.e. the pushed supply chains).

At the other side, the pull logistics (i.e. the pulled supply chains) are the evapotranspiration driven emission of CO₂ to the air, as well as H₂O emission partly to the air, partly to the utilization by photosynthesis. The resulting deficiency in xylem drives the process of uptake. Accordingly, the process of uptake in the model is responsible for the supply of H₂O, N, P (and various other components) from the soil compartments through the fine and main roots. The process of upflow forwards the absorbed components toward the xylem, from where the processes of photosynthesis and evapotranspiration utilize the components, as described above. In contrary, the process of downflow is responsible for the transportation of components, produced by photosynthesis, into the phloem.

The respiration produces the chemical energy (ATP) for plant growth and maintenance in various plant tissues, as well as plays an important role in the carbon balance, not only in individual cell or whole plant levels, but also in the global carbon cycle. The process of respiration is supplied by a certain part of the photosynthesis-produced organic compounds, which, together with oxygen, produce energy, carbon-dioxide and water. This energy covers the requirement of plant growth and maintenance (e.g. thermal balance). The process of growth

in the model is responsible for the incorporation of newly produced components, distributed amongst the various plant and tree parts.

In line with the literature interpretation, evapotranspiration in the model is considered as the sum of transpiration (i.e. the loss of H₂O in form of vapor) and interception (i.e. the amount of precipitation that doesn't reach the ground, but captured by the canopy) by plants, as well as of evaporation by land surface to the surrounding atmosphere.

The stoichiometric process of litter fall represents the time- and event-driven process of autumn leaf fall in the model. In connection with litter ing, consecutive transformations (residue to humus, decomposition of humus, mineralization, demineralization) take place in the upper layer of soil.

Component transfer between various soil-soil, as well as air-air compartments are calculated on the basis of the actual (convective or equilibrium based diffusive) driving forces.

Applied Hypotheses and simplifying principles

The applied general hypotheses and simplifying principles, taken into consideration in the cognitive model are summarized, as follows:

- The dynamic balances of C, H, O, N, P, and optional X atoms, as well as H₂O, O₂, CO₂ and N₂ components are represented by the state elements in the compartments of
 - trees (leaves, optionally product, branch, bole, main root, fine root, up-flow sap, down-flow sap);
 - plants (leaves/stem, product, root, up-flow sap, down-flow sap);
 - land parts (residue, humus, solution, inorganic); and
 - air compartments.
- Stoichiometric functionalities (photosynthesis, growth, respiration, evapotranspiration, uptake, component transports between and transformations inside the compartments, etc.) are calculated by the transition elements (NB: applied methodology of PPS consists of two kinds of building elements, namely the states and the transition, with a transition based structure and functionality representation);
- Tree and plant related process network fluxes are basically determined:
 - by push logistics of the photosynthesis driven utilization of CO₂ (from air) and H₂O, N, P, etc. (from up-flow sap of xylem) to produce O₂ and [C,H,O,N,P] pool into down-flow sap of phloem; and
 - by the pull logistics of evapotranspiration driven emission of CO₂ and H₂O (from upflow into the air);
- Trees and plants (as self-controlled living systems) tend to avoid the irrational behavior;
- Water and component transport in the soil are primarily driven by the concentration difference and seepage;

- Component transport in the air is described, as a wind generated convection and wind driven mixing.

First we considered a set of one typical kind of trees in the woody compartments, while this simplification may be eliminated, by the multiplication of the typical groups of species, later on.

With the implementation of these hypotheses and simplification principles, our aim was to develop a causally right dynamic balance model of medium complexity. Detailed formulation of functionalities for tree and plant related processes are explained in Parts IV and V, respectively.

Acknowledgement

The research was supported by the Agroforestry (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) project.

References

- VAN NOORDWIJK, M., LUSIANA, B., KHASANAH, N. 2004. WaNuLCASversion 3.1, Background on a model of water nutrient and light capture in agroforestry systems. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), Bogor, Indonesia
- VAN DER WERF, W., KEESMAN K, BURGESS PJ, GRAVES AR, PILBEAM D, INCOLL LD, METSELAAR K, MAYUS M, STAPPERS R, VAN KEULEN H, PALMA J & DUPRAZ C (2007) Yield-SAFE: a parameter-sparse process-based dynamic model for predicting resource capture, growth and production in agroforestry systems. *Ecological Engineering* 29: 419-433.
- HOLZWORTH, DEAN P., NEIL I. HUTH, PETER G. DEVOIL, ERIC J. ZURCHER, NEVILLE I. HERRMANN, GREG MCLEAN, KARINE CHENU, ET AL. 2014. "APSIM – Evolution towards a New Generation of Agricultural Systems Simulation." *Environmental Modelling & Software* 62 (December 2014): 327–350. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.ENVSOFT.2014.07.009](https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.07.009)
- HOLZWORTH, DEAN, N. I. HUTH, J. FAINGES, H. BROWN, E. ZURCHER, R. CICHOTA, S. VERRALL, N. I. HERRMANN, B. ZHENG, AND V. SNOW. 2018. "APSIM Next Generation: Overcoming Challenges in Modernising a Farming Systems Model." *Environmental Modelling & Software* 103 (May 1, 2018): 43–51. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.ENVSOFT.2018.02.002](https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.02.002)
- ASPS, 2018. *Plants in Action*, <http://plantsinaction.science.uq.edu.au>, published by the Australian Society of Plant Scientists

PROCESS MODEL OF MEDIUM COMPLEXITY FOR DYNAMIC SIMULATION OF AGROFORESTRY SYSTEMS – PART III: PRE-PROCESSING AND EVALUATION OF METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL MEASUREMENTS

SÁNDOR BALOGH

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Kaposvar Campus

balogh.sandor@uni-mate.hu

Meteorological and hydrological data Requirement for the dynamic simulation

Despite the much-mentioned big data, collecting the really relevant data for a dynamic environmental simulation is a difficult task. The temporal and spatial resolution of the data has to meet the expectations of the model. However, the available data from various sources do not satisfy these criteria frequently and need significant transformation (pre-processing) to match the model requirement.

The data required to build the model (described in Part I) include the long-term meteorological and hydrological data series. Collecting and evaluating these large amounts of data from different sources and in different formats requires more effort than processing some mainly static data.

The long-term model distinguishes between the day and night phases of plants and expects the meteorological and hydrological data to be aggregated (averaged or summed) according to the duration of these phases. It generates a new data demand to differentiate between the changing daylight and night intervals. In the view of spatial resolution, the soil data (moisture, temperature) have to be aggregated again according to the three soil layers of the model. The wind direction may have an effect, therefore the wind vectors have to be orthogonally decomposed in final dataset considering the orientation of the given area.

Moreover, we have to continuously collect, process, and update data sets from available data sources to achieve requirements.

Available Primer Data Sources

The main sources of the meteorological and hydrological data series are produced from measurements and mainly available online. (<http://met.boreas.hu> and <https://soil3d.iotmetric.eu>) Used measuring devices can be seen in Fig.1. The additionally required daily sunrise and sunset data at a provided location originate from a public online source (<https://aa.usno.navy.mil>).

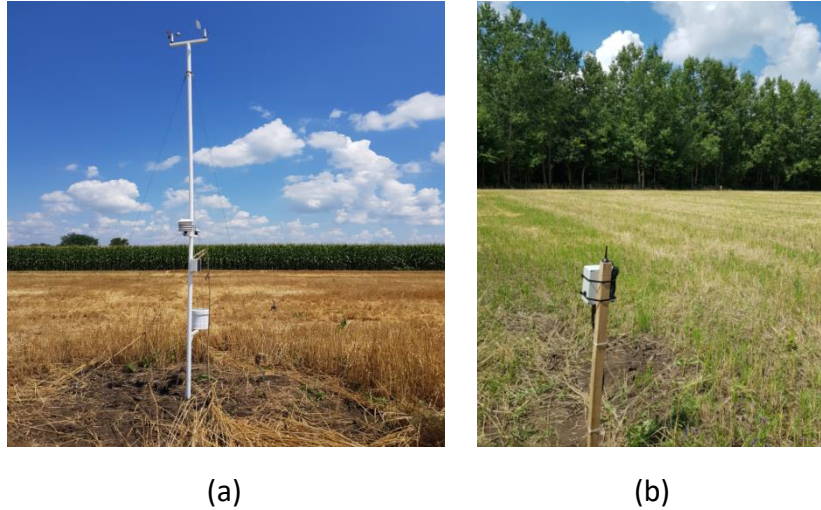


Figure 1: Installed meteorology (a) and soil measurements stations (b).

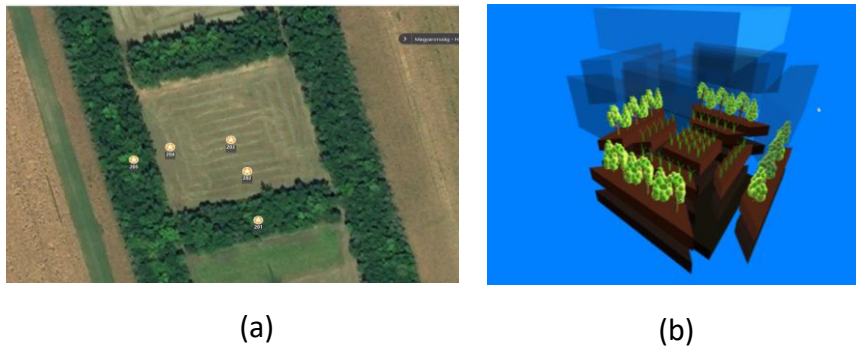


Figure 2: Spatial arrangement of sensors in Földes

In (a) we can see the spatial arrangement of the soil humidity and meteorological sensors (201,202,203,204,205). In (b) the 3D model of the area compartments can be shown. The online sources have various access specification and the available data sets have different formats. We summarized the detailed properties of the data sources in Table 1.

Table 1: The main attributes of the data sources

	Data source I	Data source II	Data source III	Data source IV
Content type	meteorological	meteorological	sunrise sunset time	soil moisture and temperature
Data size	continuously growing	continuously growing	quasi constant	continuously growing
Location	Földes, Földes ref.	Püspökladány	worldwide	Földes, Földes ref.
Distance from Földes	0km, ~5km	~22km		0km, ~5km
Smallest downloadable batch size	customizable	1 month	1 year	full
Data series resolution	10 minutes 1+1 location (g1,g2)	10 minutes 1 location (pl)	1 day 1 location	1 hour 10cm 5+1 location ([201,202,203,204,205]+206)
Access specification	stateful (session)	stateless	stateless	stateful (authorization)
Data format	html	xls	text in html	csv
Utilized data content	air temperature, °C precipitation, mm wind speed, m/s wind direction, deg rel. humidity, %.	Data source I + pressure, mbar radiation, W/m2	sunrise, min sunset, min	soil moisture, % soil temperature, °C
Note	missing radiation and pressure data, frequent failures	surrogate radiation and pressure data		frequent failures
Expected data content and format (prolog facts)	meteo(location, date, sunhours or nighthours, temp,press,relhum,prec,rad, wind,widir,wind_ns,wind_ew).			soildata(location,layer, date, sunhours or nighthours, soilhum, soiltemp).

Data collection and pre-processing

The procedure of the elaborated automatic data acquisition can be described as follows. Firstly, each dataset is downloaded in its original format. Having converted them into a common form (namely CSV), these CSV-s are uploaded and stored in our local data store. Further processing makes data tractable for the process model, and on a request, the data can be downloaded in the expected (aggregated) model format (i.e. prolog facts). The conversion procedure can be seen in Fig.3.

Downloading data from sites with a different access requires advanced web crawling techniques. To overcome this problem we used the puppeteer (<https://github.com/puppeteer/puppeteer>) library. Puppeteer is a Node (<https://nodejs.org>) library and provides a high-level API to control Chrome or Chromium web browser over the DevTools protocol so support full-fledged web crawling methods. Puppeteer runs headless by default which is important in server environment.

We decided to store the collected data in a relational database (PostgreSQL) in our Linux server. This allows keeping the data in original heterogeneous spatial and temporal resolution and with the help of the developed SQL queries (views in PostgreSQL dialect) the various filtering, data joints, and aggregations can be computed quickly on the fly.

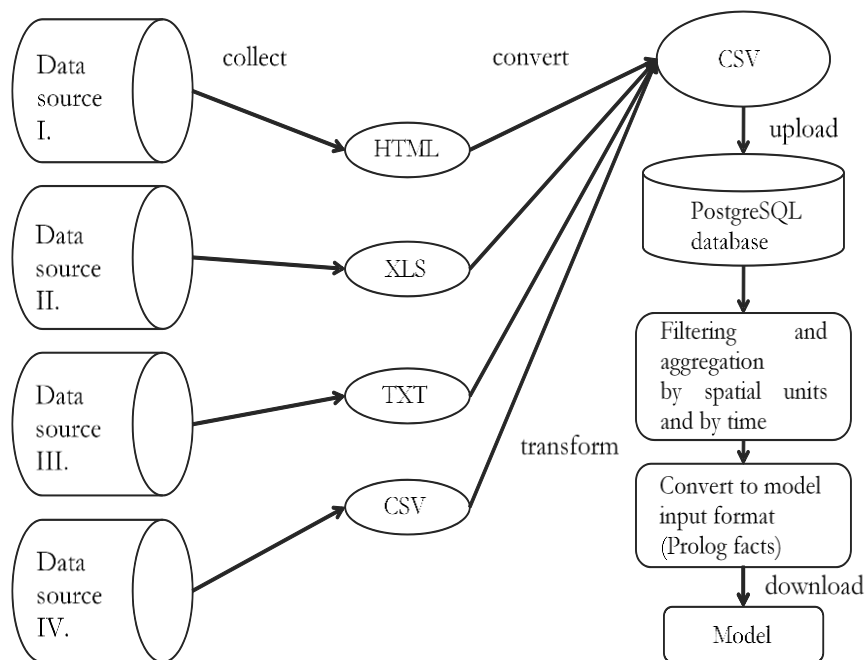


Figure 3: Flowchart of data processing

In our software implementation, asynchronous puppeteer javascript, PostgreSQL SQL queries, bash scripts, python scripts are employed. Example code snippets and the output prolog facts are demonstrated in the Fig.4. The implementation allows it to run as a timed cron script on our Linux server, therefore automatically gathers new data bundles and inserts them into the relational database without human interaction.

```

const puppeteer = require('puppeteer')
var fs = require('fs');

var args = process.argv.slice(2);

(async () => {
  const browser = await puppeteer.launch({headless: true})
  const page = await browser.newPage()
  await page.goto('https://soil3d.iotmetric.eu/login.php')
  await page.type('[name="login"]', 'xxxxxx')
  await page.type('[name="password"]', 'xxxxxx')
  await page.click('[name="action_login"]')
  await page.waitForNavigation()

  const downloadUrl = 'https://soil3d.iotmetric.eu/api/cv?' + args[0] + '&' + args[1] + '_ALL';
  const downloadedContent = await page.evaluate(async downloadUrl => {
    const fetchResp = await fetch(downloadUrl, { credentials: 'include' });
    return await fetchResp.text();
  });
  downloadUrl();

  browser.close()

  fs.writeFile(args[0] + '_' + args[1] + '.csv', downloadedContent, (err) => {
    if (err) {
      console.error(err);
      return;
    };
    console.log(args[0] + '_' + args[1] + '.csv is downloaded');
  })();
})();

```

(a)

```

#!/bin/bash
#env -i
export PATH=/usr/bin:/usr/sbin:/usr/local/bin:/usr/local/sbin
export PS1="root@kali:~# "

# Create table
psql -h localhost -p 5433 -U aic -d efop -c 'CREATE TABLE tmp_1 (id SERIAL PRIMARY KEY, data TEXT);'

# Insert data
psql -h localhost -p 5433 -U aic -d efop -c 'INSERT INTO tmp_1 (data) VALUES (''test'');'

# Update data
psql -h localhost -p 5433 -U aic -d efop -c 'UPDATE tmp_1 SET data=''' + $(cat /dev/urandom | tr -dc 'a-z0-9' | fold -n 20 | paste -sd | sed 's/"/"/g')';'

# Query data
psql -h localhost -p 5433 -U aic -d efop -c 'SELECT * FROM tmp_1;'

# Drop table
psql -h localhost -p 5433 -U aic -d efop -c 'DROP TABLE tmp_1;'

```

(b)

```

-- DROP VIEW public.aggmeteo2;
CREATE OR REPLACE VIEW public.aggmeteo2 AS
SELECT m.loc,
CASE
WHEN m.date > (s.date + s.sunrise) AND m.date < (s.date + s.sunset) THEN m.date
ELSE m.date::date + '00:00:00'::interval
END AS date,
CASE
WHEN m.date > (s.date + s.sunrise) AND m.date < (s.date + s.sunset) THEN mfn(s.loc)
ELSE mfn(s.nighthours)
END AS sunhours,
avg(m.temp) FILTER (WHERE m.temp < 58::double precision AND m.temp > '-30'::integer::double) AS press,
avg(m.rh) FILTER (WHERE m.rh < 150::double precision AND m.rh >= 0::double precision) AS sum_m_prec,
sum(m_prec) FILTER (WHERE m_prec < 2000::double precision AND m_prec >= 0::double precision) AS sum_prec,
avg(m.wind) FILTER (WHERE m.wind >= 0::double precision) AS wind,
avg(m.wgprf) + 14::double precision) FILTER (WHERE m.wind >= 0::double precision) AS wind,
avg(m.wind) FILTER (WHERE m.wind >= 0::double precision) + sin(avg(m.angprf) + 14::double) AS wind,
FROM meteo m
LEFT JOIN sundata s ON m.date::date = s.date
GROUP BY m.loc, (m.date::date), (m.date >= (s.date + s.sunrise) AND m.date < (s.date + s.sunset))

```

(c)

```

#!/bin/bash
#env -i
export PATH=/usr/bin:/usr/sbin:/usr/local/bin:/usr/local/sbin
export PS1="root@kali:~# "

# Create table
psql -h localhost -p 5433 -U aic -d efop -c 'CREATE TABLE tmp_1 (id SERIAL PRIMARY KEY, data TEXT);'

# Insert data
psql -h localhost -p 5433 -U aic -d efop -c 'INSERT INTO tmp_1 (data) VALUES (''test'');'

# Update data
psql -h localhost -p 5433 -U aic -d efop -c 'UPDATE tmp_1 SET data=''' + $(cat /dev/urandom | tr -dc 'a-z0-9' | fold -n 20 | paste -sd | sed 's/"/"/g')';'

# Query data
psql -h localhost -p 5433 -U aic -d efop -c 'SELECT * FROM tmp_1;'

# Drop table
psql -h localhost -p 5433 -U aic -d efop -c 'DROP TABLE tmp_1;'

```

(d)

Figure 4: Example applied scripts and outputs

Sample puppeteer script (a), bash script (b), SQL view source (c) and the resulted prolog facts (d)

Evaluation of the stored data

The expected data series can be downloaded, visualized and analyzed with the help of the developed queries. To verify data existence and consistency, python scripts are elaborated which download data sets from our relational database and visualize chosen data series in plots. Visualization of the most important microclimatic and hydrological data from Földes agroforestry and the Földes reference area are presented in Fig.5.

The shapes of the temperature plots are very similar, however, as expected the wind speed seems to be significantly lower in the agroforestry area, and the shelterbelt effect is confirmed by the data. Relative humidity and precipitation slightly differ in agroforestry and in reference sites. In the last 3 rows, the soil moisture plots can be seen. On plots of agroforestry site data series come from crop area sensor (204) and forest strip sensor (205) and obviously, the reference site plots only the crop area sensor (206) data. In the chosen time interval the sensor 204 operated only partially, but in all 3 layers, the crop area moistures (204) are typically higher than in the forest strip (205).

For better visual recognition of trends, data series have to additionally aggregate. Using PostgreSQL moving window operations the data uniformly aggregated over 10 days wide window. We can see these “smoothed” plots in Fig..

The bigger difference between night and daylight relative humidity in agroforestry area is recognizable better. It is probably due to water released from the night transpiration of trees. Negative correlation is clearer between the wind velocity and relative humidity and positive correlation between precipitation and soil moisture.

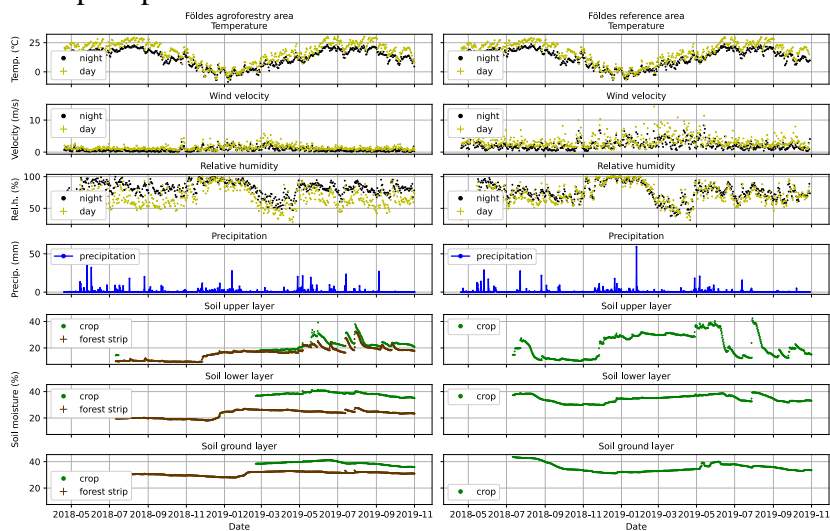


Figure 5: Aggregated data comparison of the agroforestry and reference area in Földes

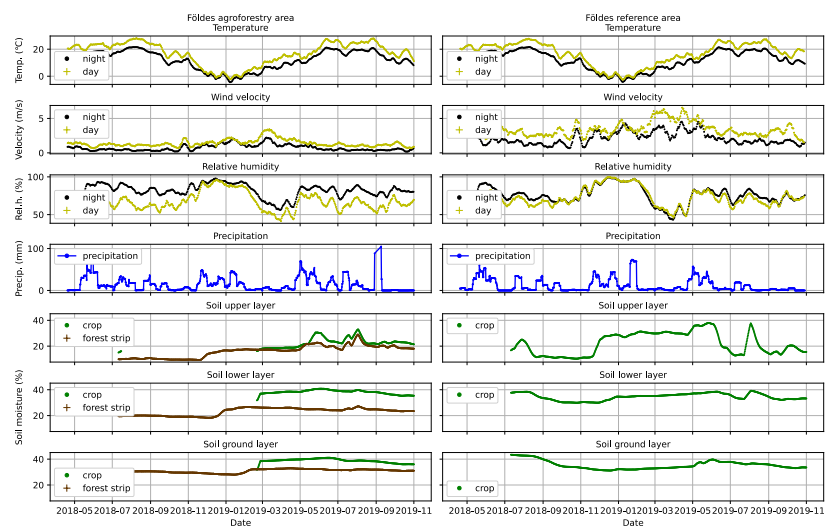


Figure 6: Additional aggregation with 10 day moving window

The elaborated automatic web crawling and data storage methods were successfully applied for the solution of model data collecting and pre-processing problem. The collected data are easily downloadable and customizable.

Acknowledgement

Work was supported by the Hungarian Government and the European Social Fund through the EFOP-3.6.2-16-2017-00018 program.

PROCESS MODEL OF MEDIUM COMPLEXITY FOR DYNAMIC SIMULATION OF AGROFORESTRY SYSTEMS - PART IV: SIMPLIFIED PPS MODEL OF PLANT CULTIVATION

MONIKA VARGA

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Kaposvar Campus

varga.monika@uni-mate.hu

Structure of plant cultivation Model

Need for plant cultivation models appears in the planning and management of better adapted plant cultivation systems. Here, it is important to predict the effects of meteorological, managerial and other environmental factors, quantitatively. Similarly, we have to use crop models in agroforestry systems, re-invented in the past decades, as a sustainable and effective way for utilization of sunlight-produced biomass on those areas that are not really suitable for crop production. In these combined systems, the conscious planning of coexisting tree – plant species is impossible purely on an experimental basis, so dynamic simulation has an important role. For example, crop models can help to predict quantitative effects of limited radiation (ARTRU ET AL, 2018), modified evaporation or wind conditions, competition for soil water, component replenishment by tree litter in soil, etc.

In the stepwise model development strategy we started from individually developed crop and tree models, and then combined them into the agroforestry model.

Accordingly, our plant cultivation model, as a stand-alone sub-model of the agroforestry model, was developed to simulate the behavior of plant – soil - atmosphere system under investigation. The respected structure and functionalities were implemented in the PPS framework. In line with Fig.1, the surrounding atmosphere is represented by micrometeorological data (explained in Part III, in detail). Taking into account the material-balance related main processes (photosynthesis, growth, respiration, evapotranspiration, uptake, flows, transport processes), the model simulates the change of component in a half-day time step.

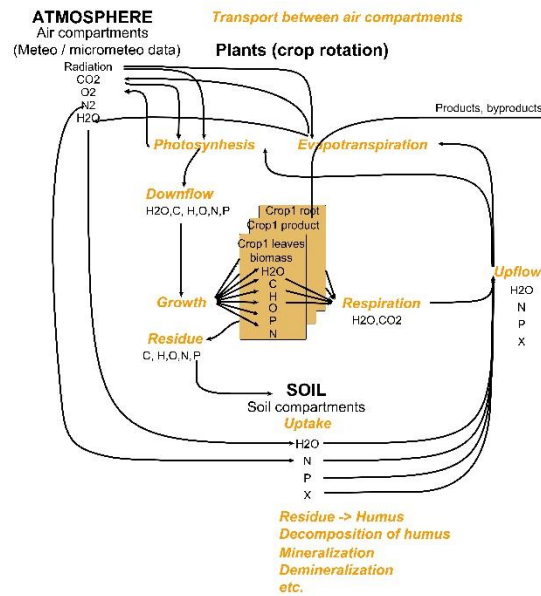


Figure 1: Illustration of plant cultivation model (for middle plant compartment)

Phenological cycle of the investigated crop is taken into account both by a time- and an event-driven approach. Accordingly, changes between the various phenological states are determined by both the calendar period, as well as by the temperature conditions. For various types of plants, heuristic knowledge is available, in most cases.

For the implementation of the model, first step is the description of process network for the automatic model generation, in form of the ontology of PPS modeling framework. The description contains:

- the state elements (parts, phases, signal containers) in the various compartments,
- the conservational measure based components within the state elements,
- the informational (signaling) components within the state (signal elements,
- the transitions (transformations, transportation) in the various compartments, represented in the model,
- the transition based definition of conservational measure and signaling based connections amongst the state and transition elements.

The respective description of the process network can be seen in Table 1.

Table 1: Description of the underlying process network for plant

State variable	states(List_of_compartments,List_of_states_in_the_compartment)
----------------	--

states([land,upper],[res,hum,solution,inorg]).

states([land,lower],[solution,inorg]).

states([land,ground],[solution,inorg]).

states([air],[air]).

states([atmosphere],[air]).

states([],[meteorology,env,product]).

states([plant],[leaves,product,root,xylem,phloem,signals]).

Content of state variable

(refer to underlying measures)

dcode(State_name,List_of_components_in_state_element)

dcode(leaves,[biomass,surf,h2o,c,h,o,n,p,x]).

dcode(root,[biomass,h2o,surf,c,h,o,n,p,x]).

dcode(product,[biomass,h2o,c,h,o,n,p,x]).

dcode(xylem,[biomass,n,p,x,h2o,co2]).

dcode(phloem,[biomass,c,h,o,n,p,x,h2o,o2]).

dcode(res,[mass,c,h,o,n,p,x]).

dcode(hum,[mass,c,h,o,n,p,x]).

dcode(solution,[mass,h2o,c,h,o,n,p,x]).

dcode(inorg,[mass,p,x]).

dcode(air,[h2o,o2,co2,n2]).

dcode(env,[mass,h2o,c,h,o,n,p,x]).

dcode(product,[mass,h2o,c,h,o,n,p,x]).

Content of state variable

(refer to signals)

dcodesign(State_name,List_of_signals_in_state_element)

dcodesign(signals,[num,from,to,diffbiomass]).

dcodesign(meteorology,[meteo]).

Transition variables

transitions(List_of_compartments,List_of_transitions_in_the_compartment)

(refer to considered processes in the given compartments)

transitions([plant],[photosynthesis,evapotranspiration,sowing,growth_plant1,growth_plant2,respiration_plant,uptake_plant,harvesting,ploughing]).

transitions([land,upper],[air_land,downflow,transform]).

transitions([land,lower],[downflow,miner_deminer]).

transitions([land,ground],[env_downflow,miner_deminer]).

transitions([air],[mixing]).

Description of connections **trans(Transition_name,Compartment,List_of_from_compartments_elements,List_of_to_compartments_elements)**

(refer to the connections between state and transition variables)

trans(sowing,[plant],[n([plant],[phloem]),n([plant],[leaves,product,root,phloem]),n([plant],[signals]),n([plant],[signals]))).

trans(growth_plant1,[plant],[n([plant],[phloem]),n([plant],[leaves,product,root,phloem]),n([plant],[signals]),n([plant],[signals]))).

trans(growth_plant2,[plant],[n([plant],[phloem]),n([plant],[leaves,product,root,phloem]),n([plant],[signals]),n([plant],[signals]))).

trans(respiration_plant,[plant],[n([plant],[phloem,leaves,product,root,xylem]),n([plant],[phloem,leaves,product,root,xylem]),n([plant],[signals]),[]).

trans(uptake_plant,[plant],[n([plant],[root,xylem,phloem]),n([land,upper],[solution]),n([plant],[root,xylem,phloem]),n([land,upper],[solution]),n([plant],[signals]),[]).

trans(downflow,[land,upper],[n([land,upper],[solution]),n([land,upper],[solution]),n([land,lower],[solution]),[],[]).

trans(downflow,[land,lower],[n([land,lower],[solution]),n([land,lower],[solution]),n([land,ground],[solution]),[],[]).

trans(env_downflow,[land,ground],[n([land,ground],[solution]),n([land,ground],[solution]),n([],env)],[],[]).

trans(mixing,[air],[n([air],[air]),n([atmosphere],[air]),n([air],[air]),n([atmosphere],[air]),n([],meteorology)],[],[]).

trans(air_land,[land,upper],[n([land,upper],[solution]),n([land,upper],[solution]),n([air],[air]),n([],meteorology)],[],[]).

```
trans(transform,[land,upper],[n([land,upper],[res,hum,solutio
n,inorg])),[n([land,upper],[res,hum,solution,inorg])),[n([met
eorology]),[]).
```

```
trans(miner_deminer,[land,lower],[n([land,lower],[solution,in
org])),[n([land,lower],[solution,inorg])),[n([meteorology]),[]
).
```

```
trans(miner_deminer,[land,ground],
[n([land,ground],[solution,inorg])),[n([land,ground],[solution,i
norg])),[n([meteorology]),[]).
```

```
trans(harvesting,[plant],[n([plant],[phloem,leaves,product,xyle
m])),[n([plant],[phloem,leaves,product,xylem]),n([product])],
[n([plant],[signals]),[]).
```

```
trans(ploughing,[plant],[n([plant],[root])],[n([plant],[root]),n([l
and,upper],[res,solution]),[n([plant],[signals]),[]).
```

Functionalities of Plant cultivation model

State prototypes

The functionalities (calculating local programs of state elements) are described by the *state prototypes*. In context of the additive measures, the essential role of state elements is summarizing of extensive quantities (N.B. these are "model specific conservation law-based" quantities), followed by the calculation of the given intensive properties (e.g. concentrations). These concentrations determine the rate of transportations and transformation by the respective transition elements. The mass concentration (in kg/m³ or kg/pc) of state elements is calculated for volume or number of the respective compartments or species, while the concentrations of the components or atoms (in kmol/kg) are calculated for the mass (biomass) of the respective state elements. Remember, that the volume and number of plants are represented as parameters of the compartments.

A dedicated part of state prototypes are applied for the transformation of signals, like meteorological and hydrological data, or the standard evapotranspiration, calculated from the meteorological data by a specific state prototype.

Transition prototypes

The plant cultivation and crop model related functionalities are described by the *transition prototypes*. The basic characteristics of these prototypes can be summarized, as follows:

photosynthesis: This prototype program calculates the amount of the daylight synthesized organic (C, H, O, N, P, optional X, etc. containing) pool with a given (plant specific) stoichiometry. The rate of synthesis depends on the radiation (from meteorological database, half-day values, see Part III) and on the leaf surface (calculated, dynamically), as well as limited by the available xylem water, and by the actual (season and temperature affected) life cycle of the crop. The C and O (as CO₂) comes from the atmosphere, the H, N and P arrives from the xylem (via uptake), while the O₂, produced by water decomposition is emitted to the atmosphere. The synthesized organic pool is distributed via the "logistic storage" of down-flow related phloem.

The intercepted radiation by plants (f_t) is calculated according to the following equation (van der Werf et al, 2007):

$$f_t = 1 - e^{-k_t L_t} \quad \text{Eq. 1}$$

where

k_t is the radiation extinction coefficient,

L_t is the leaf area index.

Based on this equation, the production of biomass during the actual (changing) daylight period DT is calculated as follows. (It is to be noted, that the time step DT is calculated dynamically, based on the sunrise and sunset data). In the following, the declarative description of the respective equations will be provided. The notations, actual values and dimensions of parameters of the equations are summarized in Section 3 below, as well as in the Notions part.

$$LAI_{act} = LeavesSurf * Num / (LAI_{ratio} * Landsurf)$$

$$F_t = 1 - \exp((-1) * K_t * LAI_{act})$$

$$R_o = Num / (LAI_{ratio} * Landsurf)$$

$$DBiomass_{dry} = Num * Rad * F_t * Et / R_o * 3600 / 1000000 * DT$$

The change of wet biomass and the mass of associated water are calculated in the knowledge of water content $Mass_{ratio}h2o$ by the expressions

$$DPhloemh2omass = DBiomass_{dry} * Mass_{ratio}h2o / (1 - Mass_{ratio}h2o)$$

$$DPhloemh2o = DPhloemh2omass / 18$$

The changes of components in the "logistic storage" of down-flow sap containing phloem (actually C, H, O, N, P, X moles and total biomass) are calculated according to the plant specific stoichiometries SC, SH, SO, SN, SP, SX and the from the respective atomic weights:

$$DPhloemc = SC * DBiomass_{dry}$$

$$DPhloemh = SH * DBiomass_{dry}$$

$$DPhloemo = SO * DBiomass_{dry}$$

$$DPhloemn = SN * DBiomass_{dry}$$

$$DPhloemp = SP * DBiomass_{dry}$$

$$DPhloemx = SX * DBiomass_{dry}$$

$$DPhloembiomass = DPhloemc * 12 + DPhloemh * 1 + DPhloemo * 16 + DPhloemn * 14 + DPhloemp * 31 + DPhloemx$$

Analogously, we calculate the related changes N, P, X and biomass in the up-flow sap containing "logistic storage" of xyleme:

$$DXylemn = (-1) * SN * DBiomass$$

$$DXylemp = (-1) * SP * DBiomass$$

$$DXylemx = (-1)*SX*DBiomass$$

$$DXylembiomass = DXylemh2o*18+DXylemn*14+DXylemp*31+DXylemx*0$$

Finally, we calculate the additional changes, determined by the CO₂ sequestration and O₂ production, as follows:

$$DPhloemo2 = DPhloemh2o*18*Sapo2content/32$$

$$DAirco2 = (-1)*SC*DBiomassdry$$

$$DAiro2 = SC/2*DBiomassdry-DPhloemo2$$

The notations, actual values and dimensions of parameters in the equations are summarized in the Notations.

evapotranspiration: According to the conventional calculation (FAO, 2021), we start from the standard evapotranspiration, determined in the state element of *meteo* in line with interpretation of the meteorological database, as follows:

$$ET0 = \frac{0.408 * Slope * Net_swrad + Psychrometric_constant * 900 * Wind * SatVapPressDeficit}{0.5 * (Temp^2 + 273)} / (Slope + Psychrometric_constant * (1 + 0.34 * Wind))$$

where

ET0 = the basic evapotranspiration, mm/day

$$SatVapPress = 0.6108 * \exp(17.27 * Temp / (237.3 + Temp))$$

$$SatVapPressDeficit = SatVapPress - ActVapPress$$

$$Slope = 4098 * \exp(Temp / (237.3 + Temp))^{**2}$$

$$Psychrometric_constant = 0.000665 * 101.3 * (((293 - 0.0065 * Elevation) / 293)^{**5.26})$$

$$Day_length = DT$$

$$Solar_rad = (Rad/1000) * 0.0864, \text{ (kW/m}^2 \text{ is converted to MJ/m}^2\text{day by 0.0864)}$$

$$Net_swrad = Solar_rad * 0.77$$

The basic evapotranspiration rate (ET0) is converted from mm/day to kmol/(m².h) resulting ETM:

$$ETM = ET0 / 1000 / 24 * 1000 / 18$$

next the model calculates the land and plant related parts according to the Ke and Kcb coefficients, in sense of the conventional methodology, as follows.

$$ET_land = Ke * ETM * Landsurf * DT$$

$$ET_bot = Kcb * ETM * Surf * Num * DT$$

The plant based water demand is increased by the amount of water decomposed (and calculated) by the photosynthesis model (Synthdemand):

$$ET_bot_sum = ET_bot + Synthdemand$$

Considering the calculated plant and land based evaporations and the available amounts, the model determines the respective changes of H₂O in the xylem, in the land and in the air by the following equations:

$$DXylemh2o = (-1) * \max(\min(ET_bot_sum, Xylemh2o), 0) \text{ (regarding xylem)}$$

$$Landh2o = Landdepth * Landsurf * Solutionmass * Solutionh2o$$

$$Availablelandh2o = \max(\min(ET_land, 0.001 * Landh2o), 0) \text{ (regarding land)}$$

$$DSolutionh2o = (-1) * Availablelandh2o$$

$$DAirh2o = (-1) * (DXylemh2o + DSolutionh2o) \text{ (regarding air)}$$

Next the model calculates the change of the respiration determined CO₂ from the xylem to the air, as follows:

$$DXylemco2 = (-1) * Xylemco2$$

$$DAirco2 = Xylemco2$$

Finally the related mass changes are calculated in the knowledge of the molecular weights:

$$DXylembm = DXylemh2o * 18 + DXylemco2 * 44$$

$$DAirmass = DAirh2o * 18 + DAirco2 * 44$$

$$DSolutionmass = DSolutionh2o * 18$$

growth of plant: According to heuristically assumed push logistics, crop growth is modelled by the appropriate distribution of the available synthesized biomass. The ratios of distribution depend on the actual (time- and/or event driven) phenological phase of the plant.

The general distribution scheme is controlled by the actually used data, as follows:

- Rleaves ratio for the leaves:

$$DLbiomass = Phloembiomass * Rleaves * Num$$

$$DLsurf = Surfratio_leaves * DLbiomass$$

$$DLh2o = Rleaves * Phloemh2o$$

$$DLc = Rleaves * Phloemc$$

$$DLh = Rleaves * Phloemh$$

$$DL0 = Rleaves * Phloemo$$

$$DLn = Rleaves * Phloemn$$

$$DLp = Rleaves * Phloemp$$

$$DLx = Rleaves * Phloemx$$

- Rproduct ratio for the product:

$$DPrbiomass = Phloembiomass * Rproduct * Num$$

$$DPrh2o = Rproduct * Phloemh2o$$

$$DPrC = Rproduct * Phloemc$$

$$DPrh = Rproduct * Phloemh$$

$$DPro = Rproduct * Phloemo$$

$$DPrn = Rproduct * Phloemn$$

$$DPrp = Rproduct * Phloemp$$

$$DPrx = Rproduct * Phloemx$$

- Root ratio for the root:

$$DRbiomass = Phloembiomass * Rroot * Num$$

$$DRsurf = Surf ratio_root * DRbiomass$$

$$DRh2o = Rroot * Phloemh2o$$

$$DRc = Rroot * Phloemc$$

$$DRh = Rroot * Phloemh$$

$$DRo = Rroot * Phloemo$$

$$DRn = Rroot * Phloemn$$

$$DRp = Rroot * Phloemp$$

$$DRx = Rroot * Phloemx$$

- while the phloem represented logistic storage is emptied:

$$DPbiomass = (-1) * Phloembiomass * Num$$

$$DPh2o = (-1) * Phloemh2o$$

$$DPc = (-1) * Phloemc$$

$$DPh = (-1) * Phloemh$$

$$DPo = (-1) * Phloemo$$

$$DPn = (-1) * Phloemn$$

$$DPp = (-1) * Phloemp$$

$$DPx = (-1) * Phloemx$$

The special features of consecutive phenological phases are represented by the following processes:

phenological_phases:

1) sowing

After the scheduled sowing, during the germination the available biomass is released from the grain according to Seedrate (kg/hour) (Note: in the model, the initial phloembiomass is recharged from applied seed):

$$\text{Phloembiomass} = \text{Seedrate} * \text{DT}$$

while this amount is distributed between leaves and root, while and Rproduct = 0.

2) growth_plant1

In the next period until the development of crop product the distribution ratio for product compartment is zero, i.e. Rproduct = 0.

3) growth_plant2

Finally during crop production until harvesting or until the end of life cycle, the given portion of photosynthesized biomass covers the crop growth, including product.

respiration_plant: The respiration produces energy, by the oxidation of carbon and hydrogen into carbon-dioxide and water byproduct. The conversion between mass and atomic balance is supported by the auxiliary variable SRate, calculated in the knowledge of Mx atomic weight and Ny stoichiometric coefficients, as follows:

$$M_c = 12; M_h = 1; M_o = 16; M_{o2} = 32; M_{co2} = 44; M_{h2o} = 18$$

$$SRate = M_c * N_c + M_h * N_h + M_o * N_o$$

The energy demand (especially the part for the synthesis of the various organic materials from the photosynthesized pool) is produced from the same pool of the phloem, while the maintenance related energy utilizes the already built-in biomass. These two parts are represented by the coefficients of K and C, respectively. Accordingly, the program calculates the change of mass and molar amounts of atoms in the compartments of

- leaves

$$RLeaves = K * DMLeaves + C * Leavesbm * Num * DT$$

$$DLeaveso = (-1) * RLeaves * (M_o * N_o / SRate) / M_o$$

$$DLeavesh = (-1) * RLeaves * (M_h * N_h / SRate) / M_h$$

$$DLeavesc = (-1) * RLeaves * (M_c * N_c / SRate) / M_c$$

- product

$$RProduct = K * DMProd + C * Productbm * Num * DT$$

$$DProducto = (-1) * RProduct * (M_o * N_o / SRate) / M_o$$

$$DProducth = (-1) * RProduct * (M_h * N_h / SRate) / M_h$$

$$DProductc = (-1) * RProduct * (M_c * N_c / SRate) / M_c$$

- and root

$$RRoot = K * DMRoot + C * Rootbm * Num * DT$$

$$DRooto = (-1)*RRoot*(Mo*No/SRate)/Mo$$

$$DRooth = (-1)*RRoot*(Mh*Nh/SRate)/Mh$$

$$DRootc = (-1)*RRoot*(Mc*Nc/SRate)/Mc$$

Next the program summarizes

- the mass increase of the plant compartments:

$$DLeaves = DLeaveso*Mo+DLeavesh*Mh+DLeavesc*Mc$$

$$DProduct = DProducto*Mo+DProducth*Mh+DProductc*Mc$$

$$DRoot = DRooto*Mo+DRooth*Mh+DRootc*Mc$$

- the O₂ consumption related decreases in the phloem:

$$DPhloemo2 = DLeavesc+DProductc+DRootc$$

$$DPhloembm = DPhloemo2*Mo2$$

- and the CO₂ and H₂O production related increases in the xylem (that produces the exhaled CO₂ of the plant):

$$DXylemco2 = (-1)*(DLeavesc+DProductc+DRootc)$$

$$DXylemh2o = (-1)*(DLeaveso+DProducto+DRooto)$$

$$DXylembm = DXylemco2*Mco2+DXylemh2o*Mh2o$$

uptake_plant: The uptake of water and the necessary components (e.g. N, P, optional X) from the soil is controlled by the pull logistics of the evapotranspiration and by the availability of the respective components in the soil. Availabilities are calculated from the concentrations, as well as from the volume of soil compartment and from the mass concentration of solution, according to the following expressions:

$$Av_upper_h2o = Upperh2o*Uppermass*Landsurf*Udepth$$

$$Av_upper_x = Upperx*Uppermass*Landsurf*Udepth$$

$$Av_upper_p = Upperp*Uppermass*Landsurf*Udepth$$

$$Av_upper_n = Uppern*Uppermass*Landsurf*Udepth$$

The demand of water and dissolved components is determined by the evapotranspiration, as well as by the prescribed lower and upper bounds of the various components in the logistic storage of xylem (*supply_plant()* function). Actually,

if the existing xylem concentration less than the lower bound,

then the uptake tries to fill the storage up to the upper bound, considering the availability;

else the uptake stops.

This rule, together with the respiration and evapotranspiration related changes, organizes the necessary supplies. Finally the program accounts the corresponding mass changes, as follows:

$$DUppermass \text{ is } (DUpperh2o*18+DUpperx*0+DUpperp*31+DUppern*14)$$

$DX_{\text{ylembiomass}} \text{ is } (-1) * DU_{\text{uppermass}}$

harvesting: Harvesting takes place on Oct 20, 2018), when the above ground level parts of plants are removed from the field for further elaboration.

ploughing: In the scheduled day (actually on Oct 30, 2018) the root of plants is transformed into organic residue in the upper soil compartment.

There are some additional transitions, describing the *air/land*, *land and air/atmosphere* transportations and transformations, as follows:

air_land: Calculates the land/air interactions, namely

-the precipitation into the upper layers of land:

$Precip \text{ is } Prec/1000 * A * 1000/18,$

$DC_{\text{landh2o}} \text{ is } (1 - ICL) * Precip,$

$DC_{\text{airh2o}} \text{ is } ICL * Precip,$

-the approximate nitrogen fixation:

$DC_{\text{landn}} \text{ is } N_{\text{fix}} * A * DT,$

$DC_{\text{airn2}} \text{ is } (-1) * DC_{\text{landn}}/2,$

-and the oxidation of organic carbon in the soil:

$DC_{\text{landc}} \text{ is } (-1) * \min(SR * A * C_{\text{landc}} * DT, A * \text{Depth} * C_{\text{landc}} * C_{\text{landmass}}),$

$DC_{\text{airo2}} \text{ is } (-1) * DC_{\text{landc}},$

$DC_{\text{airco2}} \text{ is } DC_{\text{landc}},$

$DC_{\text{landmass}} \text{ is } DC_{\text{landh2o}} * 18 + DC_{\text{landn}} * 14 + DC_{\text{landc}} * 12,$

transform: Determines the simplified model for the transformation of soil state elements and components in the upper and lower soil layers, namely

-the transformation of organic residuals, to humus,

-the transformation of humus into dissolved nutrients,

-the mineralization of the dissolved nutrients (e.g. phosphorus),

-the demineralization of inorganic solid components into dissolved ones, etc.

miner_deminer:: Determines the simplified model for the transformation of soil state elements and components in the ground layer, namely

-the mineralization of the dissolved nutrients (e.g. phosphorus),

-the demineralization of inorganic solid components into dissolved ones, etc.

downflow: Determines the vertical down-flow of the water and of the dissolved components, considering a seepage rate, as well as the water retaining capacity of the given soil layers.

env_downflow: Determines the vertical down-flow of the water and of the dissolved components from the ground layers to the outside environment, considering a seepage rate, as well as the water retaining capacity of the ground layer.

mixing: Calculates the mixing of gas components between the compartments around plants and atmosphere, calculated by the expressions of

MF is $Mix * A * Wind * 3600 + Diff * A$,

$DFromh2o$ is $(-1) * \min(0.1 * Fromvol * Fromh2o, \text{abs}(MF * (Fromh2o - Toh2o) * DT)) * \text{sign}(Fromh2o - Toh2o)$,

$DFromo2$ is $(-1) * \min(0.1 * Fromvol * Fromo2, \text{abs}(MF * (Fromo2 - Too2) * DT)) * \text{sign}(Fromo2 - Too2)$,

$DFromco2$ is $(-1) * \min(0.1 * Fromvol * Fromco2, \text{abs}(MF * (Fromco2 - Toco2) * DT)) * \text{sign}(Fromco2 - Toco2)$,

$DFromn2$ is $(-1) * \min(0.1 * Fromvol * Fromn2, \text{abs}(MF * (Fromn2 - Ton2) * DT)) * \text{sign}(Fromn2 - Ton2)$,

$DToh2o$ is $(-1) * DFromh2o$,

$DToo2$ is $(-1) * DFromo2$,

$DToco2$ is $(-1) * DFromco2$,

$DTon2$ is $(-1) * DFromn2$,

This calculations is based on a wind induced bi-directional mixing MF , supplemented containing also the component diffusion, and taking into consideration also the availability limits.

Initial values and parameters of the implemented crop model

In case of the present illustration of simulation, the applied data are supplied for sweet corn. There is $Num = 9600$ pc of plants (initially sown) in the modeled area of $Landsurf = 1600 \text{ m}^2$.

In this Section the initial values and parameters will be defined by

$d(\text{Name}, [\text{Value}], \text{Dim})$

triplets, where

Name defines the identifying name;

Value corresponds to the actual initial concentration or parameter value; and

Dim declares the dimension and/or some other instruction ($nd = \text{dimensionless}$).

The initial atom concentrations of leaves are the followings:

Surf (surface of leaves): $d(\text{surf}, [0], \text{m}^2_pc)$

Biomass: $d(\text{biomass}, [0], \text{kg_pc})$

H_2O : $d(\text{h}2o, [0.0378], \text{kmol_kg})$

C : $d(c, [3.72E-02], \text{kmol_kg})$

H : $d(h, [6.33E-02], \text{kmol_kg})$

O: d(o,[2.96E-02],kmol_kg)

N: d(n,[1.00E-03],kmol_kg)

P: d(p,[7.23E-05],kmol_kg)

The initial atom concentrations of root are as follows:

Surf (surface of leaves): d(surf,[0],m2_pc)

Biomass: d(biomass,[0],kg_pc)

H₂O: d(h2o,[0.0378],kmol_kg)

C: d(c,[3.79E-02],kmol_kg)

H: d(h,[6.15E-02],kmol_kg)

O: d(o,[2.93E-02],kmol_kg)

N: d(n,[9.78E-04],kmol_kg)

P: d(p,[4.13E-05],kmol_kg)

The parameters of the transitions are summarized in the following part:

photosynthesis: In our test model the photosynthesis period starts from the end of germination (May 9, 2018) and ends before the harvesting (Sept 25, 2018).

Landsurf: d(landsurf,[1600],m2)

LAI: ai: d(lai,[1],nd)

Kt: d(kt,[0.8],nd)

Et: d(et,[0.01409],kg_mJ)

Stoi [SC,SH,SO,SN,SP,SX]: d(stoi,[0.037,0.062,0.029,0.00087,4.78E-05,0],kmol_kmol)

Massratioh2o: d(massratioh2o,[0.682],kg_kg)

Sapo2content: d(sapo2content,[0.01],nd)

evapotranspiration:

Landsurf: d(landsurf,[1600],m2)

Landdepth: d(landdepth,[0.3],m)

Lai: d(lai,[3],nd)

Laiact: d(laiact,[1],nd)

Kt: d(kt,[1],nd)

Et: d(et,[1],nd)

sowing:

Surfratio_leaves:

d(surfratio_leaves,[6.667],m2_kg)
Surfratio_root: d(surfratio_root,[3.003],m2_kg)
Rleaves: d(ratio_leaves,[0.853],nd)
Rroot: d(ratio_root,[0.147],nd)
Seedbiomass: d(seedbiomass,[0.0001],kg)
Seedrate: d(seedrate,[6.579e-07],kg_h)
Germination period is from April 20, 2018 until May 9, 2018.

growth_plant1:

Surfratio_leaves: d(surfratio_leaves,[6.667],m2_kg)
Surfratio_root: d(surfratio_root,[3.003],m2_kg)
Rleaves: d(ratio_leaves,[0.853],nd)
Rroot: d(ratio_root,[0.147],nd)
From the end of germination (May 9, 2018) until the beginning of product development July 25, 2018.

growth_plant2:

Surfratio_leaves: d(surfratio_leaves,[6.667],m2_kg)
Surfratio_root: d(surfratio_root,[3.003],m2_kg)
Rleaves: d(ratio_leaves,[0.637],nd)
Rproduct: d(ratio_product,[0.253],nd)
Rroot: d(ratio_root,[0.110],nd)
From the beginning of product development (July 25, 2018) until the harvesting (Oct 20, 2018).

respiration_plant:

d(constant_K,[0.1],one_h)
d(constant_C,[0.0001],one_h)
d(stoi,[6,12,6,0,0,0],nd)
From the end of germination (May 9, 2018) until the harvesting (Oct 20, 2018).

uptake_plant:

d(landsurf,[1600],m2)
d(landdepth,[0.3,0.4,0.7],m)
d(limit_h2o,[0.04,0.055],kmol_kg)
d(limit_x,[0.0001,0.0002],kmol_kg)

d(limit_p,[0.00001,0.00002],kmol_kg)

d(limit_n,[0.0001,0.0002],kmol_kg)

From the end of germination (May 9, 2018) until the harvesting (Oct 20, 2018).

harvesting: Harvesting takes place on (Oct 20, 2018).

ploughing: The scheduled ploughing date is (Oct 30, 2018)

air_land:

d(area,[1600],m2),

d(depth,[0.3],m),

d(intercept_loss,[0.3],nd),

d(n_fixation,[0.0001],kmol_m2_h),

d(soil_resp,[1.0e-5],kg_m2_h)

transform:

d(volume,[480],m3),

d(res_hum,[0.001],one_hour),

d(hum_sol,[0.0005],one_hour),

d(sol_ox,[1.0e-7],one_hour),

d(minerp,[2.0e-6],one_hour),

d(minerx,[0],one_hour),

d(deminerp,[1.0e-6],one_hour),

d(deminerx,[0],one_hour),

d(available,[0.1],nd)

miner_diminer:

In [land_plant_middle, lower] compartment:

d(volume,[640],m3),

d(minerp,[0.0002],one_hour),

d(minerx,[0],one_hour),

d(deminerp,[0.0001],one_hour),

d(deminerx,[0],one_hour),

d(available,[0.1],nd)

In [land, ground] compartment:

d(volume,[10248.7],m3),

d(minerp,[0.0002],one_hour),

d(minerx,[0],one_hour),

d(deminerp,[0.0001],one_hour),

d(deminerx,[0],one_hour),

d(available,[0.1],nd)

downflow:

In [land_plant_middle,lower] compartment:

d(seepageh2o,[0.0036],kg_m2h),

d(limitmass,[3],kg_m3),

d(area,[1600],m2),

d(fromvol,[670],m3)

In [land_plant_middle,lower] compartment:

d(seepageh2o,[0.0036],kg_m2h),

d(limitmass,[5],kg_m3),

d(area,[1600],m2),

d(fromvol,[480],m3)

env_downflow:

d(seepageh2o,[0.0036],kg_m2h),

d(limitmass,[3],kg_m3),

d(area,[14641],m2),

d(fromvol,[10248.7],m3)

mixing:

d(area,[1600],m2),

d(mixcoeff,[0.1],nd),

d(basemix,[0.1],m_h),

d(fromto,[3200,1000000000],m3)

Results of crop model simulation

The simulated results are illustrated in the following set of Figures. Fig. 2 illustrates the amount of synthesized biomass. At the first part of simulation (from April until mid-May) there are no synthesized biomass at all, in the lack of leave surface. After the appearance of leaves, process of photosynthesis gradually starts to produce the biomass (the photosynthesized biomass is proportional to the leave surface, see Eq.1), right until the harvesting that is considered as an event driven process in the model. Fluctuations are due to the applied half day time step to consider light and dark periods. In Fig.3 we can follow the development of plant compartments (leaves, root, product). After the germination, determined by an event driven process in the model, leaves and root starts to develop. It is also the case with the product development that starts in July. It is to be noted that product refers to grain, and mass of cob is taken into consideration in the leaves (leaves + stem) part.

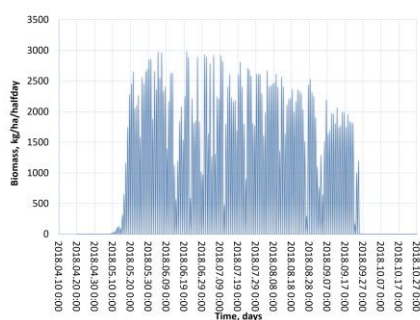


Figure 2. Photosynthesized biomass

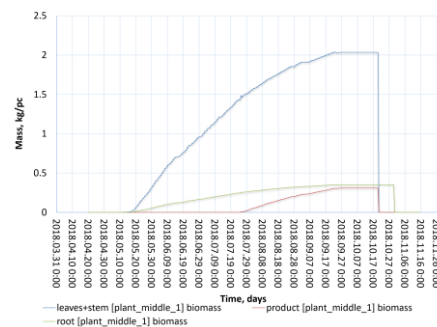


Figure 3. Mass of plant compartments

Fig. 4 shows the amount of fixed CO₂ and produced O₂, which depend on the leaves (leaves+stem) development of the corn plant via the process of photosynthesis. It is to be noted that, in line with the reality, during the dark period photosynthesis does not work, consequently the plant does not utilize atmospheric CO₂, but utilizes the outside O₂ for its respiratory process.

Fig. 5 illustrates the “biomass” of xylem and phloem. As it was mentioned previously, in line with the applied modeling principles, xylem and phloem are considered as fictitious logistic storages for the up-flow and down-flow components, respectively. Accordingly, uptake via the root from the soil put the components to the xylem, from where photosynthesis utilizes the necessary components. Also, the produced new molecules are transferred to the places of utilization via the storage of phloem. Measures in Fig. 5 refer to a single corn plant.

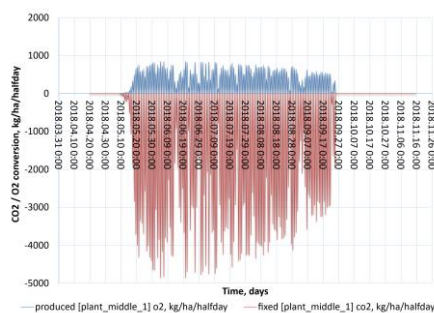


Figure 4. Fixed CO₂ and produced O₂

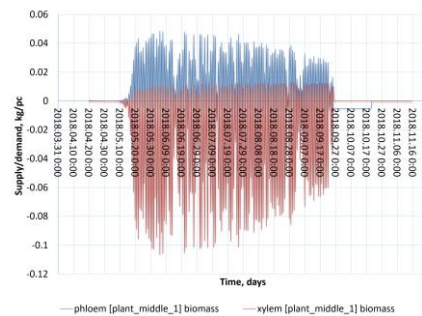


Figure 5. Upflow and downflow logistic storages

Figs. 6 and 7 illustrate the various concentrations in the soil layers. In line with the model compartmentalization (see Part I), we distinguish an upper (0-30 cm), a lower (30-70 cm) and a ground (below 70 cm) layers of soil in the model. Fig.6 shows that the precipitation appears in the upper layer with higher peaks, while ground layer is more balanced in this term. Fig.7 illustrates the process of humus formation, which takes place in the upper layer of the soil and it is taken into consideration with a stoichiometry in the model. It is to be noted, that in each year residue starts with an initial value from.

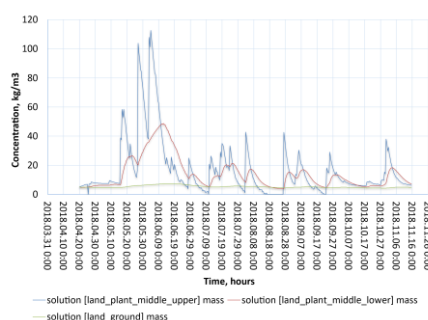


Figure 6. Solution in soil compartments

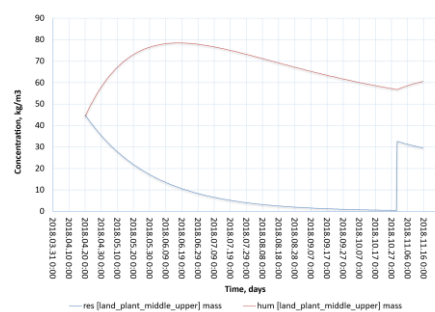


Figure 7. Residue and humus in the upper soil compartment

Fig.8 shows those part of precipitation, which reaches the soil, i.e. the precipitation, decreased by the interception loss. Interception loss is taken into consideration with a heuristic rate for given plant in the model. Fig.9 illustrates the evapotranspiration in the given area that consists of the evaporation of soil surface and the transpiration of the plants.

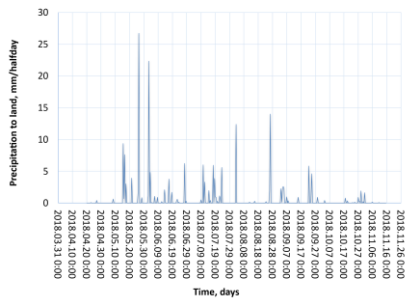


Figure 8. Precipitation that reaches the soil surface

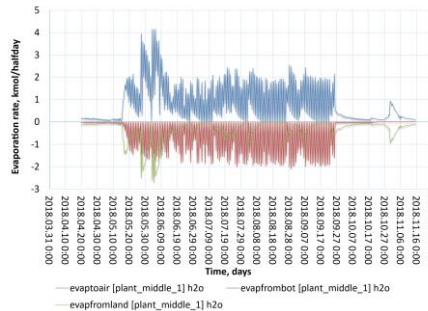


Figure 9. Evapotranspiration

Fig.10 represents the growth rate of plant leaves, root and product. Again, here leaves refer to the organs of leaves, stem and cob, while product refers to grain. Both compartments are displayed in line with the main phenological phases (from sowing to germination, from germination to crop development, and from crop development to harvesting, signed by grown0, grown1 and grown2, respectively). It is to be noted, that during the dark period, plant doesn't produce new biomass, but utilizes O_2 for respiration and emits CO_2 , that appears in the negative process rates during night periods.

Fig.11. illustrates the hydrological state of soil layers under the crop. In the diagram, flow between upper and lower, lower and ground, as well as ground layer and the environment below can be followed. It is to be noted, that observable upper limit regarding upper and lower layer refers to the soil water retention capacity. Also, down-flow peaks appear in lower layers with an observable time shift.

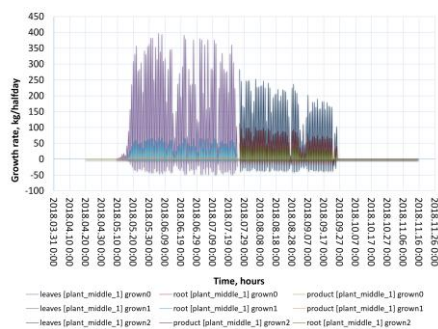


Figure 10. Plant growth rate

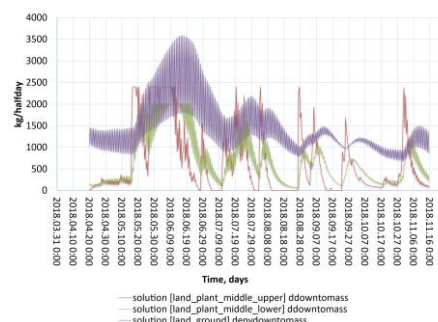


Figure 11. Vertical transport of solution in the soil layers

Acknowledgement

Work was supported by the Hungarian Government and the European Social Fund through the EFOP-3.6.2-16-2017-00018 program.

Notations

Parameter	Meaning	Unit
PHOTOSYNTHESIS		
LAlact	actual leaf area index, calculated in each time step	nd
LeavesSurf	surface of leaves in the given plant (containing stem surface)	m ²
Num	number of plants	piece
LAlratio	ratio of leaf area index	nd
Landsurf	land surface of the given stand	m ²
Ft	intercepted radiation by plants, as the portion of incoming radiation	nd
Kt	radiation extinction coefficient	nd
DBiomassdry	change in dry biomass during a time step	kg
Rad	solar radiation	mJ/m ²
Et	radiation use efficiency of the plant	kg/mJ
Ro	$\text{Num}/(\text{LAlratio} * \text{Landsurf})$	pc/m ²
DT	time step, exact length is calculated according to the sunrise / sunset data to capture photosynthetic period, appropriately	changing “half “day
Massratioh2o	water content	kg/kg
DPhloemh2omass	change in wet biomass and the mass of associated water	kg

DPhloemh2o	change in wet biomass and the mass of associated water in kmol	kmol
SC, SH, SO, SN, SP, SX	stoichiometric ratios of carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen, phosphorus and x components, respectively	kg/kmol
DPhloemc, DPhloemh, DPhloemo, DPhloemn, DPhloemp, DPhloemx	molar change of carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen, phosphorus and x components in phloem, respectively	kmol
DPhloembiomass	change of phloem biomass	kg
DXylemh2o	change in wet xylem biomass, calculated analogously from the change in phloem biomass	kmol
DXylemn, DXylemp, DXylemx	molar change of nitrogen, phosphorus and x components in xylem, respectively	kmol
DXylembiomass	change in xylem biomass	kg
DPhloemo2	change in phloem O ₂	kg
Sapo2content	O ₂ content of sap	nd
DAirco2	change in CO ₂ in the surrounding air	kmol
DAiroo2	change in O ₂ in the surrounding air	kmol

EVAPOTRANSPIRATION

ETO	standard evapotranspiration	mm/day
Slope	the slope of the saturation vapour pressure curves	kPa/C ⁰
Solar_rad	solar radiation, kW/m ² is converted to MJ/(m ² day) by 0.0864	MJ/(m ² day)

Net_swrad	rate of solar radiation absorbed by plants	MJ/(m ² day)
Psychrometric_constant	relates the partial pressure of water in air to the air temperature	nd
Wind	Wind speed	km/h
SatVapPressDeficit	vapour pressure deficit in the air	
Temp	temperature	C°
ETM	evapotranspiration, converted from mm/day to kmol/(m ² h)	kmol/(m ² h)
ET_land	Land related part of evapotranspiration	kmol
ET_bot	Plant related part of evapotranspiration	kmol
Synthdemand	demand of photosynthesis, calculated by the previous local program	kmol
ET_bot_sum	plant based water demand, increased by the amount of water decomposed (and calculated) by the photosynthesis model (see Synthdemand)	kmol
Ke	coefficients for land related evapotranspiration	nd
Kcb	coefficients for plant related evapotranspiration	nd
Landsurf	land surface	m ²
Surf	plant surface	m ²
DXylemh2o	changes of H ₂ O in the xylem, calculated as the minimum of ET_bot_sum and Xylemh2o	kmol
Landh2o	changes of H ₂ O in the land compartment	kmol

Landdepth	depth of the given soil compartment	m
Solutionmass	amount of solution in the land compartment	kg_m3
Availablelandh2o	total available H ₂ O in the land compartment	kmol
DSolutionh2o	changes of H ₂ O in the xylem	kmol
DAirh2o	changes of H ₂ O in the air compartment	kmol
Xylemco2	CO ₂ in the xylem	kmol
Dxylemco2	changes of CO ₂ in the xylem (respiration determined CO ₂ , decreasing xylem CO ₂ content)	kmol
DAirco2	changes of CO ₂ in the air (respiration determined CO ₂ , increasing air CO ₂ content)	kmol
DXylembm	total change in xylem, calculated in the knowledge of molecular weight	kmol
DAirmass	total change in air, calculated in the knowledge of molecular weight	kmol
DSolutionmass	total change in solution, calculated in the knowledge of molecular weight	kmol

PLANT GROWTH

Rleaves, Rproduct, Root	mass ratio of leaves, product, root, respectively (average values, determined for each growth stages)	nd
Surfratio_leaves, Surfratio root	surface ratio of leaves and root	nd
DLbiomass, DPrbiomass, DRbiomass	changes in the biomass of leaves, product and root, respectively	kg

DLsurf, DRsurf	changes in the surface of leaves, roots	m ²
DLx, DRx, DPx	changes in various components (C, H, O, N, P, H ₂ O) in the leaves (L), root (R) and product (P), respectively. E.g. DL _c refer to the change of carbon mass in the leaves).	kmol

PHENOLOGICAL PHASES (SOWING, GROWTH_PLANT1, GROWTH_PLANT2)

Seedrate		kg/hour
Seedbiomass		kg

RESPIRATION_PLANT

Mx	atomic weights	kg/kmol
Ny	stoichiometric coefficients	nd
SRate	auxiliary variable for the conversion of mass balance to atomic balance	nd
K	coefficients for the calculation of energy demand from the photosynthesized pool	nd
C	coefficients for the calculation of energy demand from the already built-in biomass	nd
RLeaves, RProduct, RRoot	changes in mass in the leaves, product and root, respectively	kg
DPart _{component}	change in molar amount of atoms, where Part refers to the actually calculated plant part (leaves, product, root), and component refers to the actually calculated component (C, H, O)	kmol
DPart	summarized change in mass of the given plant part (leaves, product, root)	kg

DPhloemo2	O ₂ consumption related decreases in phloem	kmol
DPhloembm	respiration related decreases in phloem biomass	kg
DXylemco2	respiration related CO ₂ increase in the xylem	kmol
DXylemh2o	respiration related H ₂ O increase in the xylem	kmol
DXylembm	respiration related biomass increase in the xylem	kg
UPTAKE_PLANT		
Upperh2o, Upperx, Upperp, Uppern	concentration of H ₂ O, P, N, and optional X components in the upper layer (0-30 cm) of soil	kmol/kg
Uppermass		kg/m ³
Av_upper_h2o	available H ₂ O in the upper layer (0-30 cm) of the soil, calculated by concentrations and from the volume of the given soil compartment	kmol
Av_upper_x, Av_upper_p, Av_upper_n	available P, N, X components in the upper layer (0-30 cm) of the soil	kmol
DUpperh2o, DUpperx, DUpperp, DUppern	change in h2o, x, p, n components, calculated by the supply_plant() function, according to the described rules	kmol
DUppermass	the total change in mass, calculated from DUpperh2o, DUpperx, DUpperp, DUppern, considering the atomic weight of the components	kg/m ³
Dxylembiomass	the opposite amount of the previously calculated DUppermass	kg/m ³

AIR_LAND

Prec	precipitation data from the meteorological database	mm
Precip	calculated amount of precipitation	kmol
A	land surface	m ²
DClandh2o	change in land H ₂ O content	kmol
ICL	rate of interception loss	nd
DCairh2o	change in air H ₂ O content	kmol
DClandn	change in the N content of soil by nitrogen fixation	kmol
Nfix	nitrogen fixation coefficient	kmol/m ² h
DCairn2	decrease in the N content of atmosphere by nitrogen fixation	kmol
DClandc	change in carbon in the soil by the oxidation of organic carbon	kmol
DCairo2	change in O ₂ in the soil by the oxidation of organic carbon	kmol
DCairco2	change in CO ₂ in the soil by the oxidation of organic carbon	kmol
DClandmass	change in total mass of soil	kmol
DT	time step	half day
MIXING		
MF	wind induced bi-directional mixing	
Mix	mixcoeff, the mixing coefficient	
A	land surface	m ²
Wind	wind speed from the meteorological database	
Diff	basic mixing	m ³ /h m ²
DFromh2o	total change in H ₂ O in the from compartment	kmol

DToh2o	total change in H ₂ O in the to compartment	
Fromvol	volume of from compartment (driving force is the concentration difference)	m ³
Fromh2o	H ₂ O concentration in the from compartment	kmol
Toh2o	H ₂ O concentration in the to compartment	kmol
DFromo2	total change in O ₂ in the from compartment	kmol
DToo2	total change in O ₂ in the to compartment	
Fromo2	O ₂ concentration in the from compartment	kmol
Too2	O ₂ concentration in the to compartment	kmol
DFromco2	total change in CO ₂ in the from compartment	kmol
DToco2	total change in CO ₂ in the to compartment	
Fromco2	CO ₂ concentration in the from compartment	kmol
Toco2	CO ₂ concentration in the to compartment	kmol
DFromn2	total change in N ₂ in the from compartment	kmol
DTon2	total change in N ₂ in the to compartment	
Fromn2	N ₂ concentration in the from compartment	kmol
Ton2	N ₂ concentration in the to compartment	kmol

Acknowledgement

The research was supported by the Agroforestry (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) project.

References

- VAN DER WERF, W., KEESMAN, K., BURGESS, P., GRAVES, A., PILBEAM, D., INCOLL, L.D., METSELAAR, K., MAYUS, M., STAPPERS, R., VAN KEULEN, H., PALMA, J., DUPRAZ, C. 2007. Yield-SAFE: A parameter-sparse, process-based dynamic model for predicting resource capture, growth, and production in agroforestry systems, *Ecological Engineering*, 29(4) 419-433.
- FAO, 2021. Annex 3. Background on physical parameters used in evapotranspiration computations. Accessed on Feb 2, 2021 from [HTTP://WWW.FAO.ORG/3/X0490E/X0490E0B.HTM#TOPOFPAGE](http://www.fao.org/3/X0490E/x0490E0B.htm#TOPOFPAGE)
- BRISSON N., MARY B., RIPOCHE D., JEUFFROY M.-H., RUGET F., NICOUILLAUD B., GATE P., DEVIENNE-BARRET F., ANTONIOLETTI R., DURRC., RICHARD G., BEAUDOIN N., RECOUS S., TAYOT X., PLENET D., CELLIER P., MACHET J.-M., MEYNARD J.-M., DELÉCOLLE R., STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances. I. Theory and parameterization applied to wheat and corn, *Agronomie* 18 (1998) 311–346.
- BRISSON N., RUGET F., GATE P., LORGEOU J., NICOUILLAUD B., TAYOT X., PLENET D., JEUFFROY M.-H., BOUTHIER A., RIPOCHE D., MARY B., JUSTES E., STICS: a generic model for simulating crops and their water and nitrogen balances. II. Model validation for wheat and maize, *Agronomie* 22 (2002) 69–92.
- ARTRU, S., DUMONT, B., RUGET, F., LAUNAY, M., RIPOCHE, D., LASSOIS, L., GARRÉ, S. 2018. How does STICS crop model simulate crop growth and productivity under shade conditions?, *Field Crops Research*, 215, 83-93, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.10.005>.
- MAHARJAN, G.R., ANNE-KATRIN PRESCHER, CLAAS NENDEL, FRANK EWERT, CHO MILTIN MBOH, THOMAS GAISER, SABINE J. SEIDEL, Approaches to model the impact of tillage implements on soil physical and nutrient properties in different agro-ecosystem models, *Soil and Tillage Research*, Volume 180, 2018, 210-221, <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.03.009>.
- STISCS 2021, Available form: [HTTPS://WWW6.PACA.INRAE.FR](https://www6.paca.inrae.fr)

PROCESS MODEL OF MEDIUM COMPLEXITY FOR DYNAMIC SIMULATION OF AGROFORESTRY SYSTEMS – PART V: SIMPLIFIED PPS MODEL OF TREE PLANTATIONS

MONIKA VARGA

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Kaposvar Campus

varga.monika@uni-mate.hu

Structure of Tree Model

As it was highlighted in the crop model related Part IV, dynamic process models are practical tools, not only in the daily process control, but also in the long-term planning and management for better adapted systems. Agroforestry systems are good examples for the sustainable and effective utilization of resources in the production areas of lower quality, accordingly there is a growing need for the quantitative assessment of combined tree-crop systems, so coupling of their models came to the fore, too (HOLZWORTH ET AL, 2014;).

According to the stepwise model development strategy, preparation of crop model was followed by the tree model.

Our medium-complexity tree model, as a standalone and modular part of the agroforestry model, was developed to simulate the behavior of tree – soil - atmosphere system under investigation. The structure and functionalities were implemented in PPS framework (see Fig.1). Similarly to the plant model, the local atmosphere (up to the tree height) is represented by the micrometeorological environment. Taking into account the material-balance related main processes (photosynthesis, growth, respiration, evapotranspiration, uptake, transport processes), the model simulates the change of component with a half-day time step.

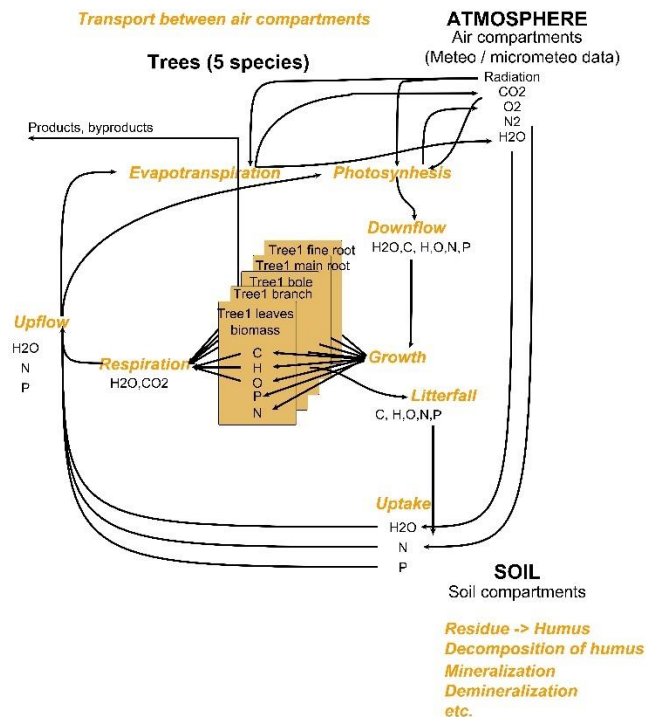


Figure 1: Illustration of the cognitive model of a tree stand

Phenological cycle of the investigated trees (or bushes) are taken into account both by a time- and an event-driven approach. The changes, according to the subsequent phenological states may be determined by both the calendar period, and the temperature conditions. For various kinds of trees, heuristic knowledge is available, in some cases (E.G VEPERDI, 2008; FÜHRER ET AL, 2014; ISHIHARA ET AL, 2016, ETC.).

In implementation of the model, the first step is the description of process network for the automatic model generation, in form of the ontology of PPS modeling framework. The description contains:

- the state elements (parts, phases, signal containers) in the various compartments,
- the conservational measure based components within the parts and phases,
- the informational (signaling) components within the signal containers,
- the transitions (i.e. transformations, transportation) in the various compartments, represented in the model, and
- the transition based definition of conservational measure and signaling based connections amongst the state and transition elements.

The respective description of the process network can be seen in Table 1.

Table 1: Description of the underlying process network for the tree model

State variable	states(List_of_compartments,List_of_states_in_the_compartment)
	states([land_tree_ns,upper],[res,hum,solution,inorg]).
	states([land_tree_ns,lower],[solution,inorg]).
	states([land,ground],[solution,inorg]).
	states([air_tree_ns],[air]).
	states([atmosphere],[air]).
	states([],[meteorology,env,clippings]).
	states([tree_ns,1],[leaves,product,branch,bole,main_root,root,xylem,phloem,signals]).

Content of state variable

(refer to underlying measures)

dcode(State_name,List_of_components_in_state_element)

dcode(leaves,[biomass,surf,h2o,c,h,o,n,p,x]).

dcode(product,[biomass,h2o,c,h,o,n,p,x]).

dcode(branch,[biomass,h2o,c,h,o,n,p,x]).

dcode(bole,[biomass,h2o,c,h,o,n,p,x]).

dcode(main_root,[biomass,h2o,c,h,o,n,p,x]).

dcode(root,[biomass,h2o,surf,c,h,o,n,p,x]).

dcode(xylem,[biomass,n,p,x,h2o,co2]).

dcode(phloem,[biomass,c,h,o,n,p,x,h2o,o2]).

dcode(res,[mass,c,h,o,n,p,x]).

dcode(hum,[mass,c,h,o,n,p,x]).

dcode(solution,[mass,h2o,c,h,o,n,p,x]).

dcode(inorg,[mass,p,x]).

dcode(air,[h2o,o2,co2,n2]).

dcode(env,[mass,h2o,c,h,o,n,p,x]).

dcode(clippings,[mass,h2o,c,h,o,n,p,x]).

Content of state variable

(refer to signals)

dcodesign(State_name,List_of_signals_in_state_element)

dcodesign(signals,[num,from,to,diffbiomass]).

dcodesign(meteorology,[meteo]).

Transition variables

(refer to considered processes in the given compartments)

transitions(List_of_compartments,List_of_transitions_in_the_compartment)

transitions([tree_ns,1],[photosynthesis,evapotranspiration,growth_tree1,growth_tree2, respiration_tree,uptake_tree,pruning,littering]).

transitions([land_tree_ns,upper],[air_land,downflow,transform]).

transitions([land_tree_ns,lower],[downflow,miner_deminer]).

transitions([land,ground],[env_downflow,miner_deminer]).

transitions([air_tree_ns],[mixing]).

**Description
of
connections**

(refer to the
connections
between state
and
transition
variables)

trans(Transition_name,Compartment,List_of_from_compartments_elements,List_of_to_compartments_elements)

trans(photosynthesis,[tree_ns,1],
[n([tree_ns,1],[leaves,xylem])],
[n([tree_ns,1],[xylem,phloem]),n([air_tree_ns],[air])],
[n([tree_ns,1],[signals]),n([],[meteorology])],
[]).

trans(evapotranspiration,[tree_ns,1],
[n([tree_ns,1],[leaves,xylem]),n([air_tree_ns],[air]),n([land_tree_ns,upper],[solution])],
[n([tree_ns,1],[xylem]),n([air_tree_ns],[air]),n([land_tree_ns,upper],[solution])],
[n([tree_ns,1],[signals]),n([],[meteorology])],
[]).

trans(growth_tree1,[tree_ns,1],
[n([tree_ns,1],[phloem])],
[n([tree_ns,1],[leaves,product,branch,bole,main_root,root,phloem])],
[n([tree_ns,1],[signals])],
[n([tree_ns,1],[signals])]).

trans(growth_tree2,[tree_ns,1],
[n([tree_ns,1],[phloem])],

```
[n([tree_ns,1],[leaves,product,branch,bole,main_root,root,phloem]]),  
[n([tree_ns,1],[signals]]),  
[n([tree_ns,1],[signals]])].
```

```
trans(respiration_tree,[tree_ns,1],  
[n([tree_ns,1],[phloem,leaves,product,branch,bole,main_root,root,xylem]]),  
[n([tree_ns,1],[phloem,leaves,product,branch,bole,main_root,root,xylem]]),  
[n([tree_ns,1],[signals]]),  
[]).
```

```
trans(uptake_tree,[tree_ns,1],  
[n([tree_ns,1],[root,xylem,phloem]),n([land_tree_ns,upper],[solution]),n([land_tr  
ee_ns,lower],[solution]),n([land,ground],[solution]])],  
[n([tree_ns,1],[root,xylem,phloem]),n([land_tree_ns,upper],[solution]),n([land_tr  
ee_ns,lower],[solution]),n([land,ground],[solution]])],  
[n([tree_ns,1],[signals]]),  
[]).
```

```
trans(downflow,[land_tree_ns,upper],  
[n([land_tree_ns,upper],[solution]])],  
[n([land_tree_ns,upper],[solution]),n([land_tree_ns,lower],[solution]),[],[]]).
```

```
trans(downflow,[land_tree_ns,lower],  
[n([land_tree_ns,lower],[solution]])],  
[n([land_tree_ns,lower],[solution]),n([land,ground],[solution]),[],[]]).
```

```
trans(env_downflow,[land,ground],  
[n([land,ground],[solution]])],  
[n([land,ground],[solution]),n([],[env]),[],[]]).
```

```
trans(mixing,[air_tree_ns],
```

[n([air_tree_ns],[air]),n([atmosphere],[air]),
[n([air_tree_ns],[air]),n([atmosphere],[air]),[n([],[meteorology])],[])].

trans(air_land,[land_tree_ns,upper],
[n([land_tree_ns,upper],[solution])],
[n([land_tree_ns,upper],[solution]),n([air_tree_ns],[air]),[n([],[meteorology])],[])
.

trans(transform,[land_tree_ns,upper],
[n([land_tree_ns,upper],[res,hum,solution,inorg])],
[n([land_tree_ns,upper],[res,hum,solution,inorg]),[n([],[meteorology])],[])].

trans(miner_deminer,[land_tree_ns,lower],
[n([land_tree_ns,lower],[solution,inorg])],
[n([land_tree_ns,lower],[solution,inorg]),[n([],[meteorology])],[])].

trans(miner_deminer,[land,ground],
[n([land,ground],[solution,inorg])],
[n([land,ground],[solution,inorg]),[n([],[meteorology])],[])].

trans(pruning,[tree_ns,1],
[n([tree_ns,1],[leaves,branch])],
[n([tree_ns,1],[leaves,branch]),n([],[clippings])],
[n([tree_ns,1],[signals])],[]).

trans(littering,[tree_ns,1],
[n([tree_ns,1],[leaves,product])],
[n([tree_ns,1],[leaves,product]),n([land_tree_ns,upper],[res,solution])],
[n([tree_ns,1],[signals])],[]).

Functionalities of the Tree model

State prototypes

The functionalities (calculating local programs of state elements) are described by the *state prototypes*. In context of the additive measures, the essential role of state elements is summarizing of “model specific conservation law-based” extensive quantities, followed by the calculation of the given intensive properties (e.g. concentrations). These concentrations determine the rate of transportations and transformation by the respective transition elements, similarly to the plant, described in Part IV. The mass concentration (in kg/m³ or kg/pc) of state elements is calculated for the volume or for the number of the respective compartments or species, while the concentrations of the components or atoms (in kmol/kg) are calculated for the mass (biomass) of the respective state elements. Remember, that the volume of compartments and the number of trees are represented as parameters of the compartments.

A dedicated part of state prototypes are applied for the transformation of signals, like meteorological and hydrological data, or the standard evapotranspiration, calculated from the meteorological data by a specific state prototype.

Transition prototypes

The functionalities of tree (or bush) models are described by the *transition prototypes*. The basic characteristics of these prototypes can be summarized, as follows:

photosynthesis and evapotranspiration are described exactly with the same model structure, as in the case of plants (see in Part IV), while the parameters are different, depending also the actual kind of tree or bush.

growth of trees: According to heuristically assumed push logistics, tree growth is modelled by the appropriate distribution of the available synthesized biomass. The ratios of distribution depend on the actual (time- and/or event driven) phenological phase of the tree.

The general distribution scheme is controlled by the actually used data, as follows:

- Rbole ratio for the bole:

$$DL_{biomass} = Phloem_{biomass} * R_{bole} * Num$$

$$DL_{surf} = Surf_{ratio_leaves} * DL_{biomass}$$

$$DL_{h2o} = R_{bole} * Phloem_{h2o}$$

$$DL_c = R_{bole} * Phloem_c$$

$$DL_h = R_{bole} * Phloem_h$$

$$DL_o = R_{bole} * Phloem_o$$

$$DL_n = R_{bole} * Phloem_n$$

$$DL_p = R_{bole} * Phloem_p$$

$$DL_x = R_{bole} * Phloem_x$$

- Rbranch ratio for the branch:

$$DL_{biomass} = Phloembiomass * Rbranch * Num$$

$$DL_{surf} = Surfratio_leaves * DL_{biomass}$$

$$DL_{h2o} = Rbranch * Phloemh2o$$

$$DL_c = Rbranch * Phloemc$$

$$DL_h = Rbranch * Phloemh$$

$$DL_o = Rbranch * Phloemo$$

$$DL_n = Rbranch * Phloemn$$

$$DL_p = Rbranch * Phloemp$$

$$DL_x = Rbranch * Phloemx$$

- Rleaves ratio for the leaves:

$$DL_{biomass} = Phloembiomass * Rleaves * Num$$

$$DL_{surf} = Surfratio_leaves * DL_{biomass}$$

$$DL_{h2o} = Rleaves * Phloemh2o$$

$$DL_c = Rleaves * Phloemc$$

$$DL_h = Rleaves * Phloemh$$

$$DL_o = Rleaves * Phloemo$$

$$DL_n = Rleaves * Phloemn$$

$$DL_p = Rleaves * Phloemp$$

$$DL_x = Rleaves * Phloemx$$

- Rproduct ratio for the product:

$$DPr_{biomass} = Phloembiomass * Rproduct * Num$$

$$DPr_{h2o} = Rproduct * Phloemh2o$$

$$DPr_c = Rproduct * Phloemc$$

$$DPr_h = Rproduct * Phloemh$$

$$DPr_o = Rproduct * Phloemo$$

$$DPr_n = Rproduct * Phloemn$$

$$DPr_p = Rproduct * Phloemp$$

$$DPr_x = Rproduct * Phloemx$$

- Root ratio for the root:

$$DR_{biomass} = Phloem_{biomass} * R_{root} * Num$$

$$DR_{surf} = Surfratio_{root} * DR_{biomass}$$

$$DR_{h2o} = R_{root} * Phloem_{h2o}$$

$$DR_c = R_{root} * Phloem_c$$

$$DR_h = R_{root} * Phloem_h$$

$$DR_o = R_{root} * Phloem_o$$

$$DR_n = R_{root} * Phloem_n$$

$$DR_p = R_{root} * Phloem_p$$

$$DR_x = R_{root} * Phloem_x$$

- RMainroot ratio for the root:

$$DR_{biomass} = Phloem_{biomass} * R_{Mainroot} * Num$$

$$DR_{h2o} = R_{Mainroot} * Phloem_{h2o}$$

$$DR_c = R_{Mainroot} * Phloem_c$$

$$DR_h = R_{Mainroot} * Phloem_h$$

$$DR_o = R_{Mainroot} * Phloem_o$$

$$DR_n = R_{Mainroot} * Phloem_n$$

$$DR_p = R_{Mainroot} * Phloem_p$$

$$DR_x = R_{Mainroot} * Phloem_x$$

- while the phloem represented logistic storage is emptied:

$$DP_{biomass} = (-1) * Phloem_{biomass} * Num$$

$$DP_{h2o} = (-1) * Phloem_{h2o}$$

$$DP_c = (-1) * Phloem_c$$

$$DP_h = (-1) * Phloem_h$$

$$DP_o = (-1) * Phloem_o$$

$$DP_n = (-1) * Phloem_n$$

$$DP_p = (-1) * Phloem_p$$

$$DP_x = (-1) * Phloem_x$$

The special features of consecutive phenological phases are represented by the following processes:

phenological_phases:

1) sprouting

This is an initiating period to avoid the deadlock, caused by the situation that photosynthesis needs leaves, but during sprouting there are still no leaves. Sprouting starts with the reserves of phloem, which are used only for production of leaves in the first period, determined by the meteorological conditions.

2) growth_tree1

In the next period until the development of product, the distribution ratio for product compartment is zero, i.e. $R_{product} = 0$.

3) growth_tree2

Finally during product production until littering (or until optional harvesting) or until the end of life cycle, the given portion of photosynthesized biomass covers the tree growth, including product.

respiration_tree: The respiration produces energy, by the oxidation of carbon and hydrogen into carbon-dioxide and water byproduct. The conversion between mass and atomic balance is supported by the auxiliary variable SR_{rate} , calculated in the knowledge of M_x atomic weight and N_y stoichiometric coefficients, as follows:

$$M_c = 12; M_h = 1; M_o = 16; M_{o2} = 32; M_{co2} = 44; M_{h2o} = 18$$

$$SR_{rate} = M_c * N_c + M_h * N_h + M_o * N_o$$

The energy demand (especially the part for the synthesis of the various organic materials from the photosynthesized pool) is produced from the same pool of the phloem, while the maintenance-related energy utilizes the already built-in biomass. These two parts are represented by the coefficients of K and C , respectively. Accordingly, the program calculates the change of mass and molar amounts of atoms in the compartments of

- bole

$$R_{Bole} = K * DM_{Bole} + C * Bole_{bm} * Num * DT$$

$$D_{Boleo} = (-1) * R_{Bole} * (M_o * N_o / SR_{rate}) / M_o$$

$$D_{Boleh} = (-1) * R_{Bole} * (M_h * N_h / SR_{rate}) / M_h$$

$$D_{Bolec} = (-1) * R_{Bole} * (M_c * N_c / SR_{rate}) / M_c$$

- branch

$$R_{Branch} = K * DM_{Branch} + C * Branch_{bm} * Num * DT$$

$$D_{Brancho} = (-1) * R_{Branch} * (M_o * N_o / SR_{rate}) / M_o$$

$$D_{Branchh} = (-1) * R_{Branch} * (M_h * N_h / SR_{rate}) / M_h$$

$$DBranchc = (-1)*RBranch*(Mc*Nc/SRate)/Mc$$

- leaves

$$RLeaves = K*DMLeaves+C*Leavesbm*Num*DT$$

$$DLeaveso = (-1)*RLeaves*(Mo*No/SRate)/Mo$$

$$DLeavesh = (-1)*RLeaves*(Mh*Nh/SRate)/Mh$$

$$DLeavesc = (-1)*RLeaves*(Mc*Nc/SRate)/Mc$$

- product

$$RProduct = K*DMProduct+C*Productbm*Num*DT$$

$$DProducto = (-1)*RProduct*(Mo*No/SRate)/Mo$$

$$DProducth = (-1)*RProduct*(Mh*Nh/SRate)/Mh$$

$$DProductc = (-1)*RProduct*(Mc*Nc/SRate)/Mc$$

- main root

$$RMainroot = K*DMMainroot+C*Mainrootbm*Num*DT$$

$$DMainrooto = (-1)*RMainroot*(Mo*No/SRate)/Mo$$

$$DMainrooth = (-1)*RMainroot*(Mh*Nh/SRate)/Mh$$

$$DMainrootc = (-1)*RMainroot*(Mc*Nc/SRate)/Mc$$

- and root

$$RRoot = K*DMRoot+C*Rootbm*Num*DT$$

$$DRooto = (-1)*RRoot*(Mo*No/SRate)/Mo$$

$$DRoot h = (-1)*RRoot*(Mh*Nh/SRate)/Mh$$

$$DRootc = (-1)*RRoot*(Mc*Nc/SRate)/Mc$$

Next the program summarizes

- the mass increase of the tree compartments:

$$DBole = DBoleo*Mo+DBoleh*Mh+DBolec*Mc+...$$

$$DBranch = DBrancho*Mo+DBranchh*Mh+DBranhc*Mc+...$$

$$DLeaves = DLeaveso*Mo+DLeavesh*Mh+DLeavesc*Mc+...$$

$$DProduct = DProducto*Mo+DProducth*Mh+DProductc*Mc+...$$

$$DMainroot = DMainrooto*Mo+DMainrooth*Mh+DMainrootc*Mc+...$$

$$DRoot = DRooto*Mo+DRoot h*Mh+DRootc*Mc+...$$

- the O₂ consumption related decreases in the phloem:

$$DPhloemo2 = DBolec+DBranhc+DLeavesc+DProductc+DMainrootc+DRootc$$

$$DPhloembm = DPhloemo2 * Mo2$$

- and the CO₂ and H₂O production related increases in the xylem (that produces the exhaled CO₂ of the tree):

$$DXylemco2 = (-1) * (DBolec + DBranchc + DLeavesc + DProductc + DMainrootc + DRootc)$$

$$DXylemh2o = (-1) * (DBolec + DBranchc + DLeavesc + DProductc + DMainrootc + DRootc)$$

$$DXylembm = DXylemco2 * Mco2 + DXylemh2o * Mh2o$$

uptake_tree: The uptake of water and the necessary components (e.g. N, P, optional X) from the soil is controlled by the pull logistics of the evapotranspiration and by the availability of the respective components in the soil. Availabilities are calculated from the concentrations, as well as from the volume of soil compartments and from the mass concentrations of solution, according to the following expressions:

$$Av_upper_h2o \text{ is } Upperh2o * Uppermass * Landsurf * Udepth,$$

$$Av_lower_h2o \text{ is } Lowerh2o * Lowermass * Landsurf * Ldepth,$$

$$Av_ground_h2o \text{ is } Groundh2o * Groundmass * Landsurf * Gdepth,$$

$$Av_upper_p \text{ is } Upperp * Uppermass * Landsurf * Udepth,$$

$$Av_lower_p \text{ is } Lowerp * Lowermass * Landsurf * Ldepth,$$

$$Av_ground_p \text{ is } Groundp * Groundmass * Landsurf * Gdepth,$$

$$Av_upper_n \text{ is } Uppern * Uppermass * Landsurf * Udepth,$$

$$Av_lower_n \text{ is } Lowern * Lowermass * Landsurf * Ldepth,$$

$$Av_ground_n \text{ is } Groundn * Groundmass * Landsurf * Gdepth$$

Considering the actual xylem concentrations, the lower and upper bounds, as well as the availabilities, the component changes are calculated according to the following expressions:

$$\text{supply_tree}(Xylemh2o, Low_h2o, High_h2o, Av_upper_h2o, Av_lower_h2o, Av_ground_h2o, DXylemh2o, DUpperh2o, DLowerh2o, DGroundh2o),$$

$$\text{supply_tree}(Xylemp, Low_p, High_p, Av_upper_p, Av_lower_p, Av_ground_p, DXylemp, DUpperp, DLowerp, DGroundp),$$

$$\text{supply_tree}(Xylemn, Low_n, High_n, Av_upper_n, Av_lower_n, Av_ground_n, DXylemn, DUppern, DLowern, DGroundn)$$

where,

$$\text{supply_tree}(Xylem, Low, High, Av_upper, Av_lower, Av_ground, DXylem, DUpper, DLower, DGround) \text{ if}$$

$$Av_sum \text{ is } Av_upper + Av_lower + Av_ground,$$

Ratio_upper is Av_upper/Av_sum ,
 Ratio_lower is Av_lower/Av_sum ,
 Ratio_ground is Av_ground/Av_sum ,
 demand_tree(Xylem,Low,High,DXylem),
 DUpper is $(-1)*Ratio_upper*DXylem$,
 DLower is $(-1)*Ratio_lower*DXylem$,
 DGround is $(-1)*Ratio_ground*DXylem,!.$

demand_tree(Xylem,Low,High,Demand) :-
 Xylem =< Low,
 Demand is High-Xylem, !.
 demand_tree(_,_,_ ,Demand) :-
 Demand is 0.0,!

Accordingly,

if the existing xylem concentration less than the lower bound,

then the uptake tries to fill the storage up to the upper bound, considering the availability;

else the uptake stops,

while the uptake from the upper and lower layers are distributed according to the respective availabilities.

This rule, together with the respiration and evapotranspiration related changes, organizes the necessary supplies. Finally the program accounts the corresponding mass changes, as follows:

DUppermass is $(DUpperh2o*18+DUpperp*31+DUppern*14)$,

DLowermass is $(DLowerh2o*18+DLowerp*31+DLowerm*14)$,

DXylembiomass is $(-1)*(DUppermass+DLowermass)$

pruning: Pruning of prescribed (e.g. 15%) of branches takes place on Nov 10, 2018), when the above amount are moved to clippings for further utilization.

littering: Determined by the meteorological circumstances (actually from Oct 1, 2018) the leaves and the remaining products of trees are moved into residue of the upper soil layer.

The local models of the transitions *air_land*, *transform*, *miner_deminer*, *downflow*, *env_downflow* and *mixing* are almost identical to the same models, described for the plans in Part IV.

Initial values and parameters of the implemented TREE model

In case of the present illustration of simulation, the applied data are supplied for oak (*Quercus robur*). There is Num = 536 pc of plants (initially planted) in the modeled area of Landsurf = 4221 m².

The initial values and parameters are uniformly defined by

d(Name, [Value],Dim)

triplets, where

Name defines the identifying name;

Value corresponds to the actual initial concentration or parameter value; and

Dim declares the dimension and/or some other instruction (nd = dimensionless).

The initial atom concentrations of leaves are the followings:

Surf (surface of leaves): d(surf,[0],m2_pc)

Biomass: d(biomass,[0],kg_pc)

H2O: d(h2o,[0.0247],kmol_kg)

C: d(c,[4.22E-02],kmol_kg)

H: d(h,[6.38E-02],kmol_kg)

O: d(o,[2.62E-02],kmol_kg)

N: d(n,[6.81E-04],kmol_kg)

P: d(p,[4.15E-05],kmol_kg)

optional X atoms: d(x,[0],kmol_kg)

The initial atom concentrations of branch are as follows:

Biomass: d(biomass,[3.1E+02],kg_pc)

H2O: d(h2o,[0.0247],kmol_kg)

C: d(c,[4.22E-02],kmol_kg)

H: d(h,[6.38E-02],kmol_kg)

O: d(o,[2.62E-02],kmol_kg)

N: d(n,[6.81E-04],kmol_kg)

P: d(p,[4.15E-05],kmol_kg)

optional X atoms: d(x,[0],kmol_kg)

The initial atom concentrations of bole are as follows:

Biomass: $d(\text{biomass}, [6.67\text{E}+02], \text{kg_pc})$

H₂O: $d(\text{h}_2\text{o}, [0.0247], \text{kmol_kg})$

C: $d(\text{c}, [4.22\text{E}-02], \text{kmol_kg})$

H: $d(\text{h}, [6.38\text{E}-02], \text{kmol_kg})$

O: $d(\text{o}, [2.62\text{E}-02], \text{kmol_kg})$

N: $d(\text{n}, [6.81\text{E}-04], \text{kmol_kg})$

P: $d(\text{p}, [4.15\text{E}-05], \text{kmol_kg})$

optional X atom: $d(\text{x}, [0], \text{kmol_kg})$

The initial atom concentrations of main root are as follows:

Biomass: $d(\text{biomass}, [2.67\text{E}+02], \text{kg_pc})$

H₂O: $d(\text{h}_2\text{o}, [0.0247], \text{kmol_kg})$

C: $d(\text{c}, [4.22\text{E}-02], \text{kmol_kg})$

H: $d(\text{h}, [6.38\text{E}-02], \text{kmol_kg})$

O: $d(\text{o}, [2.62\text{E}-02], \text{kmol_kg})$

N: $d(\text{n}, [6.81\text{E}-04], \text{kmol_kg})$

P: $d(\text{p}, [4.15\text{E}-05], \text{kmol_kg})$

X: $d(\text{x}, [0], \text{kmol_kg})$

The initial atom concentrations of fine root are as follows:

Surface: $d(\text{surf}, [9.497], \text{m}_2\text{_pc})$

Biomass: $d(\text{biomass}, [8.02\text{E}+01], \text{kg_pc})$

H₂O: $d(\text{h}_2\text{o}, [0.0247], \text{kmol_kg})$

C: $d(\text{c}, [4.22\text{E}-02], \text{kmol_kg})$

H: $d(\text{h}, [6.38\text{E}-02], \text{kmol_kg})$

O: $d(\text{o}, [2.62\text{E}-02], \text{kmol_kg})$

N: $d(\text{n}, [6.81\text{E}-04], \text{kmol_kg})$

P: d(p,[4.15E-05],kmol_kg)

X: d(x,[0],kmol_kg)

The parameters of the transitions are summarized in the following part:

photosynthesis: In our test model, the photosynthesis starts from sprouting (April 20, 2018) and ends by littering period (Oct 1 – Nov 1, 2018).

Landsurf: d(landsurf,[4221],m2)

LAI: ai: d(lai,[3],nd)

Kt: d(kt,[0.8],nd)

Et: d(et,[0.007],kg_mJ)

Stoi [SC,SH,SO,SN,SP,SX]: d(stoi,[0.042,0.064,0.026,6.8E-04,4.15E-05,0],kmol_kmol)

Massratioh2o: d(massratioh2o,[0.44],kg_kg)

Sapo2content: d(sapo2content,[0.01],nd)

evapotranspiration:

Landsurf: d(landsurf,[4221],m2)

Landdepth: d(landdepth,[0.3],m)

Lai: d(lai,[3],nd)

Laiact: d(laiact,[1],nd)

Kt: d(kt,[1],nd)

Et: d(et,[1],nd)

growth_tree1, from the sprouting (April 20, 2018) until the beginning of product development (July 10, 2018):

Surfratio_leaves: d(surfratio_leaves,[4.62],m2_kg)

Surfratio_root: d(surfratio_root,[1.18],m2_kg)

Rleaves: d(ratio_leaves,[0.025],nd)

Rroot: d(ratio_product,[0.023],nd)

Rbranch: d(ratio_branch,[0.2],nd)

Rbole: d(ratio_bole,[0.494],nd)

Rmainroot: d(ratio_mainroot,[0.198],nd)

Rroot: d(ratio_root,[0.059],nd)

growth_tree2, from the beginning of product development (July 10, 2018) until the littering (Oct 1, 2018):

Surfratio_leaves: d(surfratio_leaves,[4.62],m2_kg)

Surfratio_root: d(surfratio_root,[1.18],m2_kg)

Rleaves: d(ratio_leaves,[0.225],nd)

Root: d(ratio_product,[0],nd)

Rbranch: d(ratio_branch,[0.223],nd)

Rbole: d(ratio_bole,[0.249],nd)

Rmainroot: d(ratio_mainroot,[0.198],nd)

Root: d(ratio_root,[0.059],nd)

respiration_tree:

d(constant_K,[0.1],one_h)

d(constant_C,[0.00001],one_h)

d(stoi,[6,12,6,0,0,0],nd)

uptake_tree:

d(landsurf,[4221],m2)

d(landdepth,[0.3,0.4,0.7],m)

d(limit_h2o,[0.04,0.055],kmol_kg)

d(limit_x,[0.0001,0.0002],kmol_kg)

d(limit_p,[0.00001,0.00002],kmol_kg)

d(limit_n,[0.0001,0.0002],kmol_kg)

From the sprouting (April 20, 2018) until the littering (Oct 1, 2018).

pruning Pruning takes place on Nov 10, 2018.

littering: According to the circumstances it starts at Oct 1 and ends at Nov 1, 2018

The parameters of *air_land*, *transform*, *miner_deminer*, *downflow*, *env_downflow* and *mixing* processes are identical to the same data, presented for the the plants in Part IV.

Results of TREE model simulation

The simulated results are illustrated in the following set of Figures. Fig. 2 illustrates the amount of synthesized biomass. In the first part of simulation, a small portion of existing biomass is realized for sprouting that start to produce the leaves. After the appearance of leaves, process of photosynthesis gradually starts to produce more and more biomass, right until the littering that is considered as an event driven process in the model. Fluctuations are due to the applied

half day time step to consider light and dark periods. In Fig.3 we can follow the development of tree compartments (bole, branch, leaves, product, main_root, root). After the sprouting, determined by an event driven process in the model, compartments start to develop. If the product development starts, then the distribution of the photosynthesized biomass changes. Littering (as sudden decrease of leaves and products), as well as pruning (as sudden decrease of branch) can be seen in the Fig. 3, too.

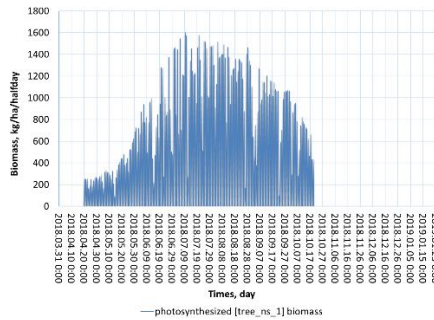


Figure 2. Photosynthesized biomass

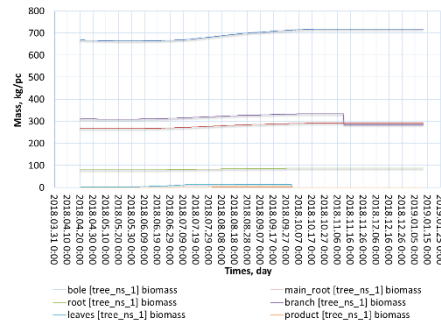


Figure 3. Mass of tree compartments

Fig. 4 shows the amount of fixed CO₂ and produced O₂, which depend on the leaves development of the tree via the process of photosynthesis. It is to be noted that, in line with the reality, during the dark period photosynthesis does not work, consequently the trees do not utilize atmospheric CO₂, but utilizes the outside O₂ for its respiratory process.

Fig. 5 illustrates the “biomass” of xylem and phloem. As it was mentioned previously, in line with the applied modeling principles, xylem and phloem are considered as fictitious logistic storages for the up-flow and down-flow components, respectively. Accordingly, uptake via the roots from the soil put the components to the xylem, from where photosynthesis utilizes the necessary components. Also, the produced new molecules are transferred to the places of utilization via the storage of phloem. Measures in Fig. 5 refer to a single tree.

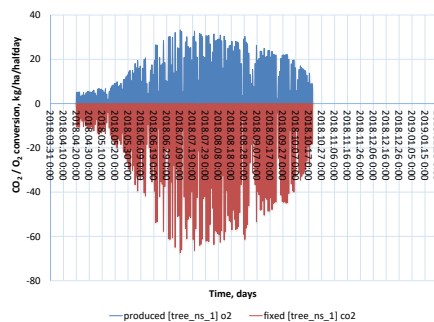


Figure 4. Fixed CO₂ and produced O₂

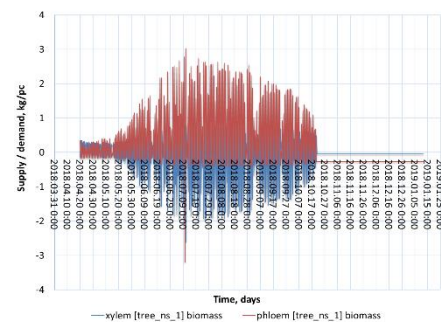


Figure 5. Upflow and downflow logistic storages

Figs. 6 and 7 illustrate the various concentrations in the soil layers. In line with the model compartmentalization (see Part I), we distinguish an upper (0-30 cm), a lower (30-70 cm) and a ground (below 70 cm) layers of soil in the model. Fig.6 shows that the precipitation appears

in the upper layer with higher peaks, while lower and ground layers are more balanced in this term. Fig.7 illustrates the process of humus formation, which takes place in the upper layer of the soil and it is taken into consideration with a stoichiometry in the model. It is to be noted, that in each year residue starts with an initial value from. Residue is transformed to humus slowly, while littering supplies the exhausting residue, again.

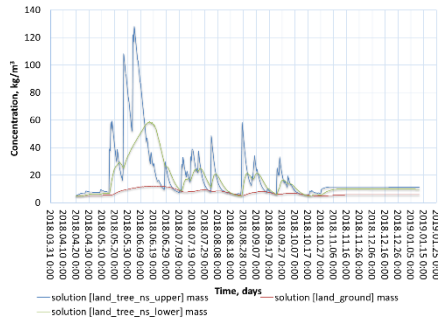


Figure 6. Solution in soil compartments

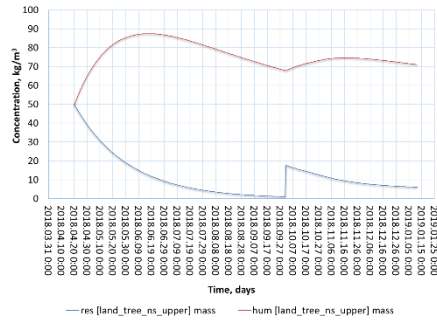


Figure 7. Residue and humus in the upper soil compartment

Fig.8 shows those part of precipitation, which reaches the soil, i.e. the precipitation, decreased by the interception loss. Interception loss is taken into consideration with a heuristic rate for the given trees in the model. Fig.9 illustrates the evapotranspiration in the given area that consists of the evaporation of soil surface and the transpiration of the trees.

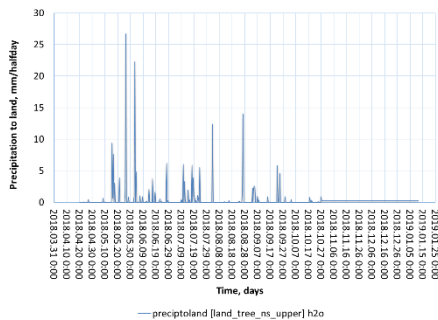


Figure 8. Precipitation that reaches the soil surface

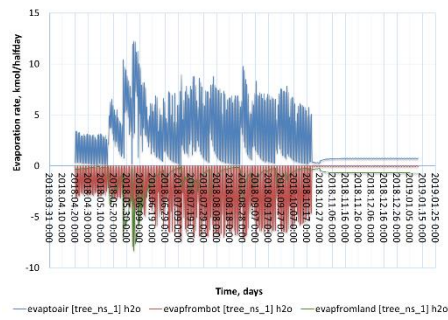


Figure 9. Evapotranspiration

Fig.10 represents the growth rate of tree bole, branch, leaves, product, main_root and product during the subsequent phenological phases. It is to be noted, that during the dark period, plant doesn't produce new biomass, but utilizes O₂ for respiration and emits CO₂, that appears in the negative process rates during night periods.

Fig.11. illustrates the changes in the hydrological state of soil layers under the trees. In the diagram, flow between upper and lower, lower and ground, as well as ground layer and the

environment below can be followed. It is to be noted, that observable upper limit regarding upper and lower layer refers to the soil water retention capacity. Also, down-flow peaks appear in lower layers with an observable time shift.

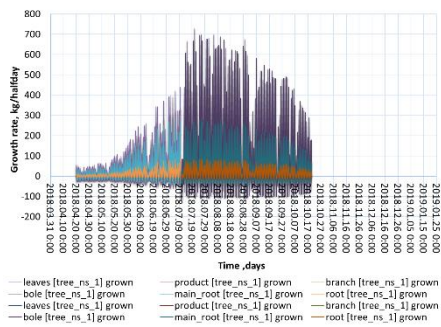


Figure 10. Growth rates of tree compartments

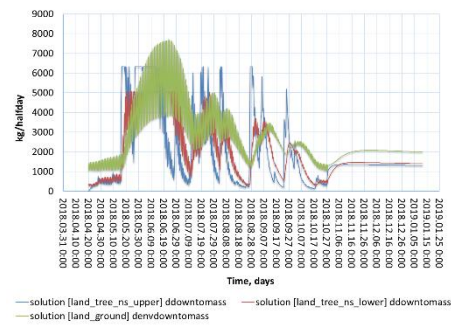


Figure 11. Vertical transport of solution in the soil layers

Acknowledgement

Work was supported by the Hungarian Government and the European Social Fund through the EFOP-3.6.2-16-2017-00018 program.

Notations

It is to be noted that because of locally executable Prolog variables and programs same parameter names may appear multiple times, with optionally different (local interpretable) meaning.

Parameter	Meaning	Unit
PHOTOSYNTHESIS		
LAIact	actual leaf area index, calculated in each time step	nd
LeavesSurf	surface of leaves in the given tree (containing stem surface)	m ²
Num	number of trees	piece
LAIratio	ratio of leaf area index	nd
Landsurf	land surface of the given stand	m ²
Ft	intercepted radiation by plants, as the portion of incoming radiation	nd
Kt	radiation extinction coefficient	nd
DBiomassdry	change in dry biomass during a time step	kg
Rad	solar radiation	mJ/m ²
Et	radiation use efficiency	kg/mJ
Ro	Num/(LAIratio*Landsurf)	pc/m ²
DT	time step, exact length is calculated according to the sunrise / sunset data to capture photosynthetic period, appropriately	changing "half "day
Massratioh2o	water content	kg/kg
DPhloemh2omass	change in wet biomass and the mass of associated water	kg
DPhloemh2o	change in wet biomass and the mass of associated water in kmol	kmol
SC, SH, SO, SN, SP, SX	stoichiometric ratios of carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen, phosphorus and x components, respectively	kg/kmol

DPPhloemc, DPhloemh, DPhloemo, DPhloemn, DPhloemp, DPhloemx	molar change of carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen, phosphorus and x components in phloem, respectively	kmol
DPhloembiomass	change of phloem biomass	kg
DXylemh2o	change in wet xylem biomass, calculated analogously from the change in phloem biomass	kmol
DXylemn, DXylemp, DXylemx	molar change of nitrogen, phosphorus and x components in xylem, respectively	kmol
DXylembiomass	change in xylem biomass	kg
DPhloemo2	change in phloem O ₂	kg
Sapo2content	O ₂ content of sap	nd
DAirco2	change in CO ₂ in the surrounding air	kmol
DAiroo2	change in O ₂ in the surrounding air	kmol

EVAPOTRANSPIRATION

ETO	standard evapotranspiration	mm/day
Slope	the slope of the saturation vapour pressure curves	kPa/C ⁰
Solar_rad	solar radiation, kW/m ² is converted to MJ/(m ² day) by 0.0864	MJ/(m ² day)
Net_swrad	rate of solar radiation absorbed by trees	MJ/(m ² day)
Psychrometric_constant	relates the partial pressure of water in air to the air temperature	nd
Wind	Wind speed	km/h
SatVapPressDeficit	vapour pressure deficit in the air	

Temp	temperature	C°
ETM	evapotranspiration, converted from mm/day to kmol/(m ² h)	kmol/(m ² h)
ET_land	Land related part of evapotranspiration	kmol
ET_bot	Plant related part of evapotranspiration	kmol
Synthdemand	demand of photosynthesis, calculated by the previous local program	kmol
ET_bot_sum	plant based water demand, increased by the amount of water decomposed (and calculated) by the photosynthesis model (see Synthdemand)	kmol
Ke	coefficients for land related evapotranspiration	nd
Kcb	coefficients for plant related evapotranspiration	nd
Landsurf	land surface	m ²
Surf	plant surface	m ²
DXylemh2o	changes of H ₂ O in the xylem, calculated as the minimum of ET_bot_sum and Xylemh2o	kmol
Landh2o	changes of H ₂ O in the land compartment	kmol
Landdepth	depth of the given soil compartment	m
Solutionmass	amount of solution in the land compartment	kg_m3
Availablelandh2o	total available H ₂ O in the land compartment	kmol
DSolutionh2o	changes of H ₂ O in the xylem	kmol

DAirh2o	changes of H ₂ O in the air compartment	kmol
Xylemco2	CO ₂ in the xylem	kmol
Dxylemco2	changes of CO ₂ in the xylem (respiration determined CO ₂ , decreasing xylem CO ₂ content)	kmol
DAirco2	changes of CO ₂ in the air (respiration determined CO ₂ , increasing air CO ₂ content)	kmol
DXylembm	total change in xylem, calculated in the knowledge of molecular weight	kmol
DAirmass	total change in air, calculated in the knowledge of molecular weight	kmol
DSolutionmass	total change in solution, calculated in the knowledge of molecular weight	kmol

TREE GROWTH

Rbole, RBranch, Rleaves, Rproduct, RMain_root, Rroot	mass ratio of bole, branch, leaves, product, main_root, root, respectively (average values, determined for each growth stages)	nd
Surfratio, Surfratio root	surface ratio of leaves and root	nd
DBbiomass, DBrbiomass, DLbiomass, DPbiomass, DMrbiomass, DRbiomass	changes in the biomass of bole, branch, leaves, product main_root and root, respectively	kg
DLsurf, DRsurf	changes in the surface of leaves, roots	m ²
DBx, DBrx, DLx, DPx, DRx, DMrx, DRx	changes in various components (C, H, O, N, P, H ₂ O) in the bole (B), branch (Br), leaves (L), product (P), main_root (Mr) and root [®] respectively. E.g. DLc	kmol

refer to the change of carbon mass in the leaves).

RESPIRATION_TREE

Mx	atomic weights	kg/kmol
Ny	stoichiometric coefficients	nd
SRate	auxiliary variable for the conversion of mass balance to atomic balance	nd
K	coefficients for the calculation of energy demand from the photosynthesized pool	nd
C	coefficients for the calculation of energy demand from the already built-in biomass	nd
RBole, RBranch, RLeaves, RProduct, RMainroot, RRoot	changes in mass of the bole, branch, leaves, product main_root and root, respectively	kg
DPart _{component}	change in molar amount of atoms, where Part refers to the actually calculated tree part (bole, branch, leaves, product main_root and root), and component refers to the actually calculated component (C, H, O, etc.)	kmol
DPart	summarized change in mass of the given plant part (bole, branch, leaves, product main_root and root)	kg
DPhloemo2	O ₂ consumption related decreases in phloem	kmol
DPhloembm	respiration related decreases in phloem biomass	kg
DXylemco2	respiration related CO ₂ increase in the xylem	kmol

DXylemh2o	respiration related H ₂ O increase in the xylem	kmol
DXylembm	respiration related biomass increase in the xylem	kg
UPTAKE_TREE		
Upperh2o, Upperx, Upperp, Uppern	concentration of H ₂ O, P, N, and optional X components in the upper layer (0-30 cm) of soil	kmol/kg
Uppermass	mass concentration of upper layer	kg/m ³
Av_upper_h2o	available H ₂ O in the upper layer (0-30 cm) of the soil, calculated by concentrations and from the volume of the given soil compartment	kmol
Av_upper_x, Av_upper_p, Av_upper_n	available P, N, X components in the upper layer (0-30 cm) of the soil	kmol
DUpperh2o, DUpperx, DUpperp, DUppern	change in h2o, x, p, n components, calculated by the supply_plant() function, according to the described rules	kmol
DUppermass	the total change in mass, calculated from DUpperh2o, DUpperx, DUpperp, DUppern, considering the atomic weight of the components	kg/m ³
Lowerh2o, Lowerx, Lowerp, Lowern	concentration of H ₂ O, P, N, and optional X components in the lower layer (0-30 cm) of soil	kmol/kg
Lowermass	mass concentration of lower layer	kg/m ³
Av_upper_h2o	available H ₂ O in the lower layer (0-30 cm) of the soil, calculated by concentrations and from the volume of the given soil compartment	kmol

Av_upper_x, Av_upper_p, Av_upper_n	available P, N, X components in the lower layer (0-30 cm) of the soil	kmol
DLowerh2o, DLowerx, DLowerp, DLowern	change in h2o, x, p, n components, calculated by the supply_tree() function, according to the described rules	kmol
DLowermass	the total change in mass, calculated from DLowerh2o, DLowerx, DLowerp, DUppern, considering the atomic weight of the components	kg/m ³
Dxylembiomass	the opposite amount of the previously calculated DUppermass+ DLowermass	kg/m ³
AIR_LAND		
Prec	precipitation data from the meteorological database	mm
Precip	calculated amount of precipitation	kmol
A	land surface	m ²
DClandh2o	change in land H ₂ O content	kmol
ICL	rate of interception loss	nd
DCairh2o	change in air H ₂ O content	kmol
DClandn	change in the N content of soil by nitrogen fixation	kmol
Nfix	nitrogen fixation coefficient	kmol/m ² h
DCairn2	decrease in the N content of atmosphere by nitrogen fixation	kmol
DClandc	change in carbon in the soil by the oxidation of organic carbon	kmol
DCairo2	change in O ₂ in the soil by the oxidation of organic carbon	kmol

DCairco2	change in CO ₂ in the soil by the oxidation of organic carbon	kmol
DClanmass	change in total mass of soil	kmol
DT	time step	half day
MIXING		
MF	wind induced bi-directional mixing	
Mix	mixcoeff, the mixing coefficient	
A	land surface	m ²
Wind	wind speed from the meteorological database	
Diff	basic mixing	m ³ /h m ²
DFromh2o	total change in H ₂ O in the from compartment	kmol
DToh2o	total change in H ₂ O in the to compartment	
Fromvol	volume of from compartment (driving force is the concentration difference)	m ³
Fromh2o	H ₂ O concentration in the from compartment	kmol
Toh2o	H ₂ O concentration in the to compartment	kmol
DFromo2	total change in O ₂ in the from compartment	kmol
DToo2	total change in O ₂ in the to compartment	
Fromo2	O ₂ concentration in the from compartment	kmol
Too2	O ₂ concentration in the to compartment	kmol
DFromco2	total change in CO ₂ in the from compartment	kmol

DToco2	total change in CO ₂ in the to compartment	
Fromco2	CO ₂ concentration in the from compartment	kmol
Toco2	CO ₂ concentration in the to compartment	kmol
DFromn2	total change in N ₂ in the from compartment	kmol
DTon2	total change in N ₂ in the to compartment	
Fromn2	N ₂ concentration in the from compartment	kmol
Ton2	N ₂ concentration in the to compartment	kmol

Acknowledgement

The research was supported by the Agroforestry (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) project.

References

- HOLZWORTH, DEAN P., NEIL I. HUTH, PETER G. DEVOIL, ERIC J. ZURCHER, NEVILLE I. HERRMANN, GREG MCLEAN, KARINE CHENU, ET AL. 2014. "APSIM – Evolution towards a New Generation of Agricultural Systems Simulation." *Environmental Modelling & Software* 62 (December 2014): 327–350. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.ENVSOFT.2014.07.009](https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.07.009)
- VEPERDI, G. 2008. ERDŐBECSLÉSTAN (IN HUNGARIAN). SOPRON.
- FÜHRER, E., CSIHA, I., SZABADOS, I., PÖDÖR, Z., JAGODICS A. 2014. Egy cseres faállomány föld feletti és föld alatti szerves-anyagának meghatározása. *Erdészeti Közlemények*, 4(2): 109-119.
- ISHIHARA, M.I., KONNO, Y., UMEKI, K., OHNO, Y. 2016. A new model for size-dependent tree growth in forest. *PlosOne*, DOI:10.1371/journal.pone.0152219

PROCESS MODEL OF MEDIUM COMPLEXITY FOR DYNAMIC SIMULATION OF AGROFORESTRY SYSTEMS – PART VI: SIMPLIFIED PROGRAMMABLE PROCESS NETWORK OF COMBINED AGROFORESTRY SYSTEMS

BELA CSUKAS, MONIKA VARGA

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Kaposvar Campus

varga.monika@uni-mate.hu

Nowadays, re-discovering advantages of physical coupling of tree and cropping systems (i.e. agroforestry), combining of their models came to the fore, too. The understanding of interacting processes under various environmental conditions became even more difficult in these combined systems. Both APSIM (Holzworth et al, 2014) and Hi-sAFe (Dupraz et al, 2019) work toward this direction.

APSIM is a modular tool, not only for the agroforestry, but also for the modeling of agricultural production systems, in general, with a continuously increasing knowledge base behind.

In Hi-sAFe, there are a few validated tree model, parameterized for the combined use with plants via the embedded plant model of STICS (Brisson et al, 2009).

WaNulCAS is also a widely used tool for agroforestry modeling, based on the SD concept, implemented in the STELLA platform, developed mainly for tropical agroforestry systems.

Structure of combined model of Tree and plant compartments

According to the stepwise model development strategy, preparation of crop and tree models was followed by the combined agroforestry model.

In implementation of the model, the first step is the description of process network for the automatic model generation, in form of the ontology of PPS modeling framework. Actually, the formerly developed plant and tree models were combined and extended as follows:

- the state elements (parts, phases, signal containers) were multiplied for two tree stand (east-west - ew, in addition to north-south - ns) and for three crop stand (ns and ew, in addition to middle) compartments,
- the conservational measure based components within the parts and phases remained the same,
- the informational (signaling) components within the signal containers remained the same,
- the transitions (i.e. transformations, transportation) in the various compartments were extended by the transportations, representing horizontal side-flows between the neighboring land and air compartments, as well as
- the transition based definition of conservational measure and signaling based connections amongst the state and transition elements were extended, accordingly.

The respective description of the process network can be seen in Table 1.

Table 1: Elements of process network for the combined model

State variable	<p>states([land_tree_ns,upper],[res,hum,solution,inorg]).</p> <p>states([land_tree_ns,lower],[solution,inorg]).</p> <p>states([land_tree_ew,upper],[res,hum,solution,inorg]).</p> <p>states([land_tree_ew,lower],[solution,inorg]).</p> <p>states([land_plant_ns,upper],[res,hum,solution,inorg]).</p> <p>states([land_plant_ns,lower],[solution,inorg]).</p> <p>states([land_plant_ew,upper],[res,hum,solution,inorg]).</p> <p>states([land_plant_ew,lower],[solution,inorg]).</p> <p>states([land_plant_middle,upper],[res,hum,solution,inorg]).</p> <p>states([land_plant_middle,lower],[solution,inorg]).</p> <p>states([land,ground],[solution,inorg]).</p> <p>states([air_tree_ns],[air]).</p> <p>states([air_tree_ew],[air]).</p> <p>states([air_plant_ns],[air]).</p> <p>states([air_plant_ew],[air]).</p> <p>states([air_plant_middle],[air]).</p> <p>states([atmosphere],[air]).</p> <p>states([],[meteorology,env,clippings,product]).</p> <p>states([tree_ns,1],[leaves,product,branch,bole,main_root,root,xylem,phloem,signals]).</p> <p>states([tree_ew,1],[leaves,product,branch,bole,main_root,root,xylem,phloem,signals]).</p> <p>states([plant_ns,1],[leaves,product,root,xylem,phloem,signals]).</p> <p>states([plant_ew,1],[leaves,product,root,xylem,phloem,signals]).</p> <p>states([plant_middle,1],[leaves,product,root,xylem,phloem,signals]).</p>
Content of state	<p>dcode(State_name,List_of_components_in_state_element)</p>

variable

(refer to underlying measures)

```
dcode(leaves,[biomass,surf,h2o,c,h,o,n,p,x]).
dcode(product,[biomass,h2o,c,h,o,n,p,x]).
dcode(branch,[biomass,h2o,c,h,o,n,p,x]).
dcode(bole,[biomass,h2o,c,h,o,n,p,x]).
dcode(main_root,[biomass,h2o,c,h,o,n,p,x]).
dcode(root,[biomass,h2o,surf,c,h,o,n,p,x]).
dcode(xylem,[biomass,n,p,x,h2o,co2]).
dcode(phloem,[biomass,c,h,o,n,p,x,h2o,o2]).
```

```
dcode(res,[mass,c,h,o,n,p,x]).
dcode(hum,[mass,c,h,o,n,p,x]).
dcode(solution,[mass,h2o,c,h,o,n,p,x]).
dcode(inorg,[mass,p,x]).
dcode(air,[h2o,o2,co2,n2]).
dcode(env,[mass,h2o,c,h,o,n,p,x]).
dcode(clippings,[mass,h2o,c,h,o,n,p,x]).
```

Content of state variable

(refer to signals)

dcodeesign(State_name,List_of_signals_in_state_element)

```
dcodeesign(signals,[num,from,to,diffbiomass]).
dcodeesign(meteorology,[meteo]).
```

Transition variables

(refer to considered processes in the given compartments)

```
transitions([tree_ns,1],[photosynthesis,evapotranspiration,
start_sprouting,growth_tree1,growth_tree2,
respiration_tree,uptake_tree,pruning,littering]).
transitions([tree_ew,1],[photosynthesis,evapotranspiration,
start_sprouting,growth_tree1,growth_tree2,
respiration_tree,uptake_tree,pruning,littering]).
```

transitions([plant_ns,1],[photosynthesis,evapotranspiration,start_sowing,sowing,growth_plant1,growth_plant2,respiration_plant,uptake_plant,harvesting,ploughing]).

transitions([plant_ew,1],[photosynthesis,evapotranspiration,start_sowing,sowing,growth_plant1,growth_plant2,respiration_plant,uptake_plant,harvesting,ploughing]).

transitions([plant_middle,1],[photosynthesis,evapotranspiration,start_sowing,sowing,growth_plant1,growth_plant2,respiration_plant,uptake_plant,harvesting,ploughing]).

transitions([land_tree_ns,upper],[air_land,downflow,sideflow,transform]).

transitions([land_tree_ns,lower],[downflow,sideflow,miner_deminer]).

transitions([land_tree_ew,upper],[air_land,downflow,transform]).

transitions([land_tree_ew,lower],[downflow,miner_deminer]).

transitions([land_plant_ns,upper],[air_land,downflow,sideflow,transform]).

transitions([land_plant_ns,lower],[downflow,sideflow,miner_deminer]).

transitions([land_plant_ew,upper],[air_land,downflow,sideflow,transform]).

transitions([land_plant_ew,lower],[downflow,sideflow,miner_deminer]).

transitions([land_plant_middle,upper],[air_land,downflow,sideflow,transform]).

transitions([land_plant_middle,lower],[downflow,sideflow,miner_deminer]).

transitions([land,ground],[env_downflow,miner_deminer]).

transitions([air_tree_ns],[airsideflow,mixing]).

transitions([air_tree_ew],[airsideflow,mixing]).

transitions([air_plant_ns],[airsideflow,mixing]).

transitions([air_plant_ew],[airsideflow,mixing]).

transitions([air_plant_middle],[airsideflow,airsideflow_middle,mixing]).

Description of connections

(refer to the connections between state and

trans(Transition_name,Compartment,List_of_from_compartments_elements,List_of_to_compartments_elements)

trans(mixing,[air_plant_ew],
[n([air_plant_ew],[air]),n([atmosphere],[air])],

transition
variables)

```
[n([air_plant_ew],[air]),n([atmosphere],[air]),[n([],[meteorology])],[]).  
trans(mixing,[air_plant_middle],  
[n([air_plant_middle],[air]),n([atmosphere],[air])],  
[n([air_plant_middle],[air]),n([atmosphere],[air]),[n([],[meteorology])],[]).  
  
trans(air_land,[land_tree_ns,upper],  
[n([land_tree_ns,upper],[solution])],  
[n([land_tree_ns,upper],[solution]),n([air_tree_ns],[air]),[n([],[meteorology])],  
,[]).  
trans(air_land,[land_tree_ew,upper],  
[n([land_tree_ew,upper],[solution])],  
[n([land_tree_ew,upper],[solution]),n([air_tree_ew],[air]),[n([],[meteorology])],  
),[]).  
trans(air_land,[land_plant_ns,upper],  
[n([land_plant_ns,upper],[solution])],  
[n([land_plant_ns,upper],[solution]),n([air_plant_ns],[air]),[n([],[meteorology])],  
),[]).  
trans(air_land,[land_plant_ew,upper],  
[n([land_plant_ew,upper],[solution])],  
[n([land_plant_ew,upper],[solution]),n([air_plant_ew],[air]),[n([],[meteorology])],  
),[]).  
  
trans(air_land,[land_plant_middle,upper],  
[n([land_plant_middle,upper],[solution])],  
[n([land_plant_middle,upper],[solution]),n([air_plant_middle],[air]),[n([],[meteorology])],  
),[]).  
  
trans(transform,[land_tree_ns,upper],  
[n([land_tree_ns,upper],[res,hum,solution,inorg])],  
[n([land_tree_ns,upper],[res,hum,solution,inorg]),[n([],[meteorology])],[]).  
trans(transform,[land_tree_ew,upper],  
[n([land_tree_ew,upper],[res,hum,solution,inorg])],
```

[n([land_tree_ew,upper],[res,hum,solution,inorg]),[n([],[meteorology])],[]).
 trans(transform,[land_plant_ns,upper],
 [n([land_plant_ns,upper],[res,hum,solution,inorg])],
 [n([land_plant_ns,upper],[res,hum,solution,inorg]),[n([],[meteorology])],[]).
 trans(transform,[land_plant_ew,upper],
 [n([land_plant_ew,upper],[res,hum,solution,inorg])],
 [n([land_plant_ew,upper],[res,hum,solution,inorg]),[n([],[meteorology])],[]).
 trans(transform,[land_plant_middle,upper],
 [n([land_plant_middle,upper],[res,hum,solution,inorg])],
 [n([land_plant_middle,upper],[res,hum,solution,inorg]),[n([],[meteorology])],
 []).

trans(miner_deminer,[land_tree_ns,lower],
 [n([land_tree_ns,lower],[solution,inorg])],
 [n([land_tree_ns,lower],[solution,inorg]),[n([],[meteorology])],[]).
 trans(miner_deminer,[land_tree_ew,lower],
 [n([land_tree_ew,lower],[solution,inorg])],
 [n([land_tree_ew,lower],[solution,inorg]),[n([],[meteorology])],[]).
 trans(miner_deminer,[land_plant_ns,lower],
 [n([land_plant_ns,lower],[solution,inorg])],
 [n([land_plant_ns,lower],[solution,inorg]),[n([],[meteorology])],[]).
 trans(miner_deminer,[land_plant_ew,lower],
 [n([land_plant_ew,lower],[solution,inorg])],
 [n([land_plant_ew,lower],[solution,inorg]),[n([],[meteorology])],[]).trans(min
 er_deminer,[land_plant_middle,lower],
 [n([land_plant_middle,lower],[solution,inorg])],
 [n([land_plant_middle,lower],[solution,inorg]),[n([],[meteorology])],[]).
 trans(miner_deminer,[land,ground],
 [n([land,ground],[solution,inorg])],
 [n([land,ground],[solution,inorg]),[n([],[meteorology])],[]).
 trans(pruning,[tree_ns,1],


```

[n([tree_ns,1],[leaves,branch]]),
[n([tree_ns,1],[leaves,branch]),n([],[clippings])],
[n([tree_ns,1],[signals])],[]).
trans(pruning,[tree_ew,1],
[n([tree_ew,1],[leaves,branch]]),
[n([tree_ew,1],[leaves,branch]),n([],[clippings])],
[n([tree_ew,1],[signals])],[]).

trans(littering,[tree_ns,1],
[n([tree_ns,1],[leaves,product]]),
[n([tree_ns,1],[leaves,product]),n([land_tree_ns,upper],[res,solution])],
[n([tree_ns,1],[signals])],[]).
trans(littering,[tree_ew,1],
[n([tree_ew,1],[leaves,product]]),
[n([tree_ew,1],[leaves,product]),n([land_tree_ew,upper],[res,solution])],
[n([tree_ew,1],[signals])],[]).

trans(harvesting,[plant_ns,1],
[n([plant_ns,1],[phloem,leaves,product,xylem]]),
[n([plant_ns,1],[phloem,leaves,product,xylem]),n([],[product])],
[n([plant_ns,1],[signals])],[]).
trans(harvesting,[plant_ew,1],
[n([plant_ew,1],[phloem,leaves,product,xylem]]),
[n([plant_ew,1],[phloem,leaves,product,xylem]),n([],[product])],
[n([plant_ew,1],[signals])],[]).
trans(harvesting,[plant_middle,1],
[n([plant_middle,1],[phloem,leaves,product,xylem]]),
[n([plant_middle,1],[phloem,leaves,product,xylem]),n([],[product])],
[n([plant_middle,1],[signals])],[]).

```

```

trans(ploughing,[plant_ns,1],
[n([plant_ns,1],[root])],
[n([plant_ns,1],[root]),n([land_plant_ns,upper],[res,solution])],
[n([plant_ns,1],[signals])],[]).
trans(ploughing,[plant_ew,1],
[n([plant_ew,1],[root])],
[n([plant_ew,1],[root]),n([land_plant_ew,upper],[res,solution])],
[n([plant_ew,1],[signals])],[]).
trans(ploughing,[plant_middle,1],
[n([plant_middle,1],[root])],
[n([plant_middle,1],[root]),n([land_plant_middle,upper],[res,solution])],
[n([plant_middle,1],[signals])],[]).

```

Additional functionalities of the COMBINED model

State prototypes

The functionalities (calculating local programs of state elements) are described by the *state prototypes*. The combined model contains the integration of state prototypes from the tree and plant models.

Transition prototypes

The functionalities of PPS models are described by the *transition prototypes*. The basic characteristics of the additional prototypes of the combined model can be summarized, as follows:

sideflow: calculates the horizontal solution transport. The transport rate of the solution between the horizontally neighboring compartments are calculated by multiplication of the concentration difference, the lateral surface between the compartments, and a rate coefficient. In addition, the calculation checks whether the respective compartments contain the necessary amount. If not, only a prescribed portion of the available amount is transferred. The components are transported with the solution, according to the same rules.

air_sideflow: calculates the horizontal air transport between the neighboring compartments. The rate of this transport is determined by the windspeed-driven convection, with a superposed bi-directional mixing. Considering convection, the calculating formula multiplies the optionally decreased wind speed and the lateral surface. It is to be noted, that in our model, the wind speed is decomposed into a north-south, and an east-west component. We use this fictitious wind speeds for the calculation. The effect of trees is taken into account by a decreasing rate coefficient. There might be a superposed bi-directional mixing, additionally.

start_sowing: it describes the management-determined date of sowing. At this point of time, the initial content of seeds is added to the phloem, and the development of leaves follows with

a specific rate during the sowing process. The appearance of leaves starts the photosynthesis-driven biomass production, as well as the evapotranspiration driven processes.

start_sprouting: this prototype transports some previously synthesized biomass into the phloem, when the environmental circumstances makes possible the sprouting process.

Programmable process structure of the combined model

The GraphML representation of the combined model can be checked e.g. in the yEd graph visualization tool in Fig.1.

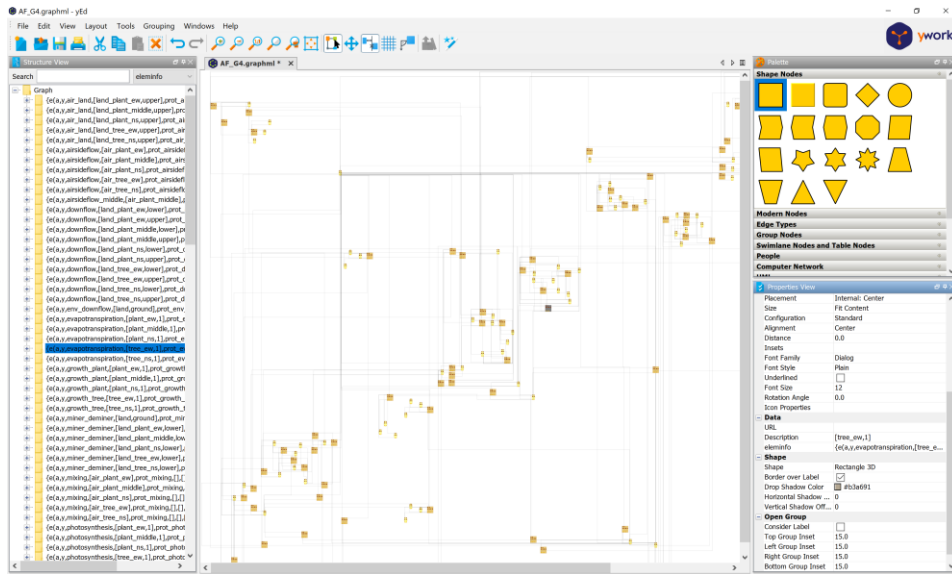


Figure 1. Programmable Process Structure of the combined model

The program prototypes are illustrated in Fig.2.

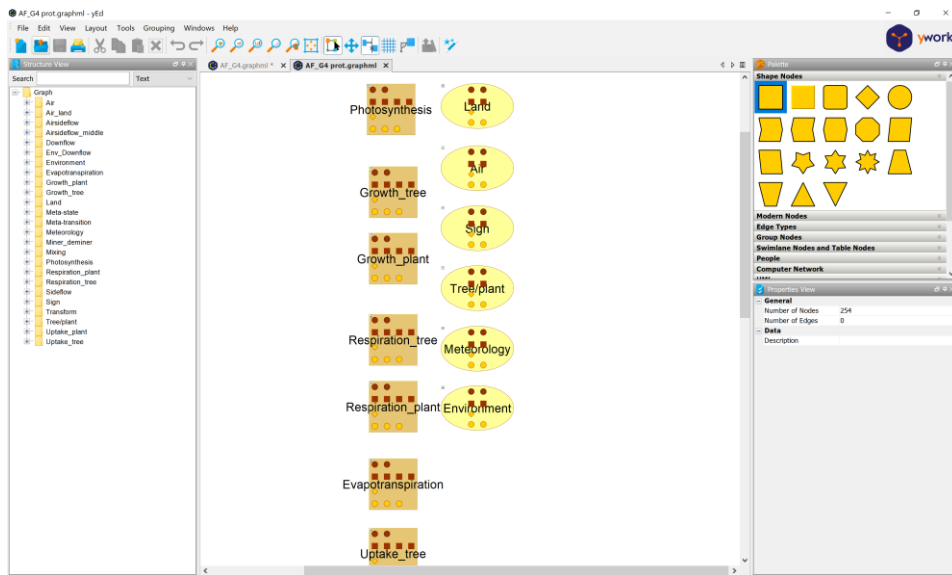


Figure 2. Program prototypes of the combined model

Summary of results (published more detailed)

As the most obvious advantages, shelterbelts help to create a favorable microclimate by reducing wind speed. Less air movement decreases excessive evaporation and evapotranspiration, while trees release significant amount of water (and nutrients) from the deeper layers of the soil, and also intensify the morning dew formation. Higher humidity content of soil and air improves the water supply of crops, which can lead to an increased yield. The lower wind speed is favorable also to physiological processes. Besides the obvious advantages, clear evaluation of competition between trees and plants for water and nutrients is also a point that require quantitative calculations.

Considering this, model-based description and evaluation of observations, as well as planning and operation of such complex systems require flexibly modifiable and extensible, multiscale biophysical models. The developed process model provide a framework for the combined utilization of available data and expert knowledge. It can be utilized for the quantitative analysis of interacting crop/tree systems under various management and climate scenarios, as well as for the long-term quantitative analysis of component (atom) balances (e.g. C, H, O, N, P, etc.) under changing environmental conditions.

More detailed reports about the applied methodology, as well as about the investigated system are under publication.

The agroforestry model inspired also the further development of the method and tool of Programmable Process Structures. Recently, motivated by various example problems, including agroforestry, we prepared a new, more effective implementation of PPS. It is an ongoing work, that before the closing of agroforestry project we will implement the components of this model in the new environment. Afterwards, we shall upload an experimental version that can be used by collaborating experts, while our research group will support the utilization in the post-project period.

Acknowledgement

Work was supported by the Hungarian Government and the European Social Fund through the EFOP-3.6.2-16-2017-00018 program.

References

- HOLZWORTH, D.P., HUTH, N.I., DEVOIL, P.G., ZURCHER, E.J., HERRMANN, N.I., ET AL. 2014. APSIM - evolution towards a new generation of agricultural systems simulation. *Environ. Modell. Softw.*, 62, 327-350, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.07.009>
- DUPRAZ, C.; WOLZ, K.J.; LECOMTE, I.; TALBOT, G.; VINCENT, G.; MULIA, R.; BUSSIÈRE, F.; OZIER-LAFONTAINE, H.; ANDRIANARISOA, S.; JACKSON, N.; LAWSON, G.; DONES, N.; SINOQUET, H.; LUSIANA, B.; HARJA, D.; DOMENICANO, S.; REYES, F.; GOSME, M.; VAN NOORDWIJK, M. HI-SAFE. 2019. A 3D Agroforestry Model for Integrating Dynamic Plant–Crop Interactions. *Sustainability* 11, 2293, <https://doi.org/10.3390/su11082293>
- BRISSON, N., LAUNAY, M., MARY, B., BEAUDOIN, N., 2009. Conceptual Basis, Formalisations and Parameterization of the STICS Plant Model. QUAE, Versailles.
- VAN NOORDWIJK, M., LUSIANA, B., KHASANAH, N., MULIA, R. 2011. WaNuLCAS version 4.0, Background on a model of water nutrient and light capture in agroforestry systems. Bogor, Indonesia. World Agroforestry

**V. AGRÁRERDÉSZETI RENDSZEREK
KOMPLEX ÖKOLÓGIAI ÉS
KÖRNYEZETI ÉRTÉKELÉSE**

AN OVERVIEW OF AGROFORESTRY FROM ANTIQUITY TO THE PRESENT DAY

BALINT NEMETH , BALINT TOTH , GABOR KOVACS , BALINT HEIL

*University of Sopron, Faculty of Forestry, Institute of Environmental and Earth Sciences, Sopron,
Hungary*

heilbalint2@gmail.com

Abstract

The practice of maintaining or integrating trees in the agricultural landscape has existed from ancient times around the world and has constituted the default practice in terms of land use management. It was only during the last centuries that farming and trees became dissociated as monocropping became more common, in an effort to intensify food production. The creation of modern agroforestry finds its origins in the solutions to development problems, its benefits are also recognized now in developed countries, and government support has grown accordingly.

Discussion

Throughout the world, at one period or another in its history, it has been the practice to cultivate tree species and agricultural crops in intimate combination. The examples are numerous.

In Europe, the Spanish Dehesas, a system in which pasture (cattle, swine, sheep) is covered by scattered oaks, is said to have its origins dating back 4 500 years. In Germany, until the Middle Ages, farmers would start growing crops on small pieces of land they just cleared from trees. They would then have trees grow anew on the land, parallel to the crops grown. It was the general custom in Europe, at least until the Middle Ages, to clear-fell derelict forest, burn the slash, cultivate food crops for varying periods on the cleared areas, and plant or sow tree species before, along with, or after the sowing of the agricultural crop. This "farming system" is, of course, no longer popular in Europe. But it was still widely followed in Finland up to the end of the last century, and was being practised in a few areas in Germany as late as the 1920s (KING, 1968).

In the Americas, numerous people during the pre-Columbian period practiced what is termed today as multi-story agriculture, whereby vertical space is maximized, as the farmers made an effort to mimic complex forest ecosystems, in order to enjoy their multiple benefits. In tropical America, many societies have traditionally simulated forest conditions in their farms in order to obtain the beneficial effects of forest structures. Farmers in Central America, for example, have long imitated the structure and species diversity of tropical forests by planting a variety of crops with different growth habits. Plots of no more than one-tenth of a hectare contained, on average, two dozen different species of plants each with a different form, together

corresponding to the layered configuration of mixed tropical forests: coconut or papaya with a lower layer of bananas or citrus, a shrub layer of coffee or cacao, tall and low annuals such as maize, and finally a spreading ground cover of plants such as squash (WILKEN, 1977).

In Asia, in the Indian peninsula, traditional homegardens have existed for millennia, while rulers have formally encouraged certain systems at specific periods. The Hanunoo of the Philippines practised a complex and somewhat sophisticated type of shifting cultivation. In clearing the forest for agricultural use, they deliberately left certain selected trees which, by the end of the rice-growing season, would "provide a partial canopy of new foliage" to prevent excessive exposure to the sun "at a time when moisture is more important than sunlight for the maturing grain". Nor was this all. Trees were an indispensable part of the Hanunoo farming system and were either planted or conserved from the original forests to provide food, medicines, construction wood and cosmetics, in addition to their protective services (CONKLIN, 1953).

The situation was little different in Africa. In southern Nigeria, yams, maize, pumpkins and beans were typically grown together under a cover of scattered trees (FORDE, 1937). In Zambia, in addition to the main crop in the homestead, there were traditionally numerous subsidiary crops that were grown in mixture with tree species (ANON., 1938). Indeed, the Yoruba of western Nigeria, who have long practised an intensive system of mixed herbaceous, shrub and tree cropping, explain that the system is a means of conserving human energy by making full use of the limited space laboriously won from the dense forest. They compare the method to a multistoreyed building in a congested area in which expansion must perforce be vertical rather than horizontal. They also claim that it is an inexpensive means of combating erosion and leaching, and of maintaining soil fertility (OJO, 1966). As they picturesquely described it, "the plants eat and drink, as it were, not from one table, but from many tables under the same sky" (HENRY, 1949).

These examples indicate the wide geographical coverage of the system and its early origins. What is more important perhaps, they clearly point to the fact that the earliest practitioners of what has now become known as agroforestry perceived food production as the system's *raison d'être*. Trees were an integral part of a farming system. They were kept on established farmland to support agriculture. The ultimate objective was not tree production but food production. (STEPPLER AND NAIR, 1987).

There are plenty of other examples of how people would combine the ecological functions of species of trees and plants in order to provide themselves with various goods and services.

The term agroforestry was coined in the late 1970s, reflecting a significant change in agricultural development. During this period, the rural poor gained more attention from the international development community. Moreover, the environmental and social side effects of the high input agriculture induced by the Green Revolution, which brought tremendous increase in yields of cereal crops, were starting to be felt.

FAO therefore redirected its thrust and assistance in the direction of the rural poor. Its new policies, while not abandoning the traditional areas of forestry development, emphasized the importance of forestry for rural development, the benefits which could accrue to both the farmer and the nation if greater attention was paid to the beneficial effects of trees and forests on food and agricultural production, and advised land managers in the tropics to "eschew the false

dichotomy between agriculture and forestry" (KING, 1979). They also stressed the necessity of devising systems which would provide food and fuel and yet conserve the environment. (FAO, 2013).

As a result of this change in policy, FAO prepared a seminal paper "Forestry for Rural Development" (FAO, 1976) and, with funding from the Swedish International Development Authority (SID A), organized a series of seminars and workshops on the subject in all the tropical regions of the world, and formulated and implemented a number of rural forestry projects throughout the developing world. In these projects, as with the World Bank's social forestry projects, agroforestry plays a pivotal role (see Spears, this volume). FAO also utilized the Eighth World Forestry Congress, which was held in Jakarta, Indonesia in 1978, to focus the attention of the world's leading foresters on the important topic of agroforestry. The central theme of the Congress was "Forests for People", and a special section was devoted to "Forestry for Rural Communities" (STEPPLER AND NAIR, 1987).

In this context, many stakeholders started to look at alternatives, such as intercropping and integrated farming, involving trees and animals. The creation of the International Centre of Research on Agroforestry (ICRAF) was an indication of the international development community's recognition of agroforestry as an important land use practice deserving intensified research. With these research efforts, modern agroforestry can use science to improve already well-established local traditions (VITYI ET AL., 2014).

Agroforestry is increasingly recognized as a beneficial land use practice and is thus becoming more widespread. The government of the Philippines was among the first to support agroforestry as a viable strategy for rural development. More recently, in 2014, the government of India adopted a National Agroforestry Policy. Such institutionalization in developing countries demonstrate their commitment to support wider adoption of agroforestry.

Although the creation of modern agroforestry finds its origins in the solutions to development problems, its benefits are also recognized now in developed countries, and government support has grown accordingly. Here are some examples of this.

In the United States, after a long period of sporadic interest, notably during the 1930's Dust Bowl, the USDA Interagency Working Group on Agroforestry in 1996 took on the issue of institutionalization. Its work and subsequent follow-up reports led to the adoption of the 2011-2016 Strategic Framework, which seeks to (1) increase use of agroforestry by landowners and communities, (2) advance the understanding of, and tools for, applying agroforestry and (3) incorporate agroforestry into an all-lands approach to conservation and economic development.

In 2001, in Europe, tree-based intercropping systems were accepted for access to funding support from the Common Agricultural Policy (CAP) of the European Union. In 2004, the European Commission launched Article 44 for support to agroforestry. In the new CAP of 2014, agroforestry is seen as a solution to enhance biodiversity on farms and also as a mean to improve forest areas and rural development. It therefore provides funding for establishment and maintenance agroforestry practices to this effect.

Australia and New Zealand are also recognizing the diverse benefits of agroforestry, or farm forestry. Through their respective programs, Landcare and the Sustainable Farming Fund, growing trees on farms is seen as a way to gear agricultural practices towards a more sustainable path, notably with agroforestry projects (FAO, 2013).

Today, agroforestry is taught as a part of forestry and agriculture degree courses in many universities in both the developing and developed world; and specific degrees in agroforestry are already offered in a few. Today, instead of agroforestry being merely the handmaiden of forestry, the system is being more and more utilized as an agricultural system, particularly for small-scale farmers. Today, the potential of agroforestry for soil conservation is generally accepted. Indeed, agroforestry is fast becoming recognized as a system which is capable of yielding both wood and food and at the same time of conserving and rehabilitating ecosystems.

Hungary is a traditionally agricultural country, therefore the traditional agroforestry technologies (windbreaks, shelter-belts, hedgerows, small-scale orchards and vineyards, wooded meadows, grazed forest and wood pastures had been applied in large scale in the past centuries. With the aim to increase the domestic agricultural productivity and wood production basis, and to decrease the national wood import dependency, a large-scale state-financed research project on protective wood lands started in the early sixties, led by the University of Forestry and Timber Industry.

The aim of the research were to identify the ecosystem services and the effects on agricultural productivity of protective woodlands, so as to justify their positive effects observed or measured only fragmented up to that time. As a result of that multi-annual research and development activity the area of forest belts increased further until the 80's. From the early nineties the positive trend of increasing area of protective forest belts first stopped, then reversed. As the outcome of the privatization, the landscape of the Great Plain had undergone a structural transformation, resulting in more diversified land use, a lot of small parcels together with new large estates (VITYI ET AL., 2014).

University of Sopron has several research areas: meteorological, hydrological and soil-related aspects of agro-forestry. Our group deals with the soil part in detail.

Our experimental area is Dejtár, a small settlement in Nógrád county, 13 km from Balassagyarmat. The experimental plantation is located to the east of the settlement, at an earlier nursery site. The examined area lies in the Cserhát countryside in a forest landscape, and within the Ipoly basin landscape. A brief description is as follows:

Over the last few years, the area has been used as an energetic “populus x americana” plantation, with several soil preparation and soil improvement interventions. It was harvested in 2016.

During the project, we will carry out several measurements. We apply soil water exploration, soil moisture and meteorological data, we also measure yields, nutrient composition and water absorption. The soil moisture is determined by automatic TDR probes at several depths. This parameter can be one of the most important interfaces for hydrological modeling when subsequent data analysis is performed. At the same time, soil temperature and matrix potential (pore pressure) are also planned.

As regards the soil, we expect positive effects, such as a more balanced nutrient, in particular the nitrogen economy, with decreasing nitrogen depletion. We expect a reduction in soil erosion due to the reduction of the wind strength of the trees and the soil binding ability of the frostbite. We expect to improve the carbon storage capacity of the soils.

Hypothesis

Without compromising the agrarian sector that would bring significant economic benefits to the national economy, there are probably large areas available in Hungary, where agro-forestry can be an alternative that can be both economically and ecologically competitive with today's traditional agricultural practices. In order to be able to provide quantifiable data, we must first evaluate the operation of agro-forestry systems in domestic conditions.

Acknowledgement

The project was supported by EFOP-3.6.2-16-2017-00018 in University of Sopron project.

References

- ANON.: Report on the financial and economic position of Northern Rhodesia. British Government, Colonial Office, Vol. 145. (1938)
- CONKLIN, H.C.: Hanunoo Agriculture. Rome: FAO. (1957)
- FAO.: Forests for research development. Rome: FAO. (1976)
- FAO: Advancing Agroforestry on the Policy Agenda: A guide for decision-makers, by G. Buttoud, in collaboration with O. Ajayi, G. Detlefsen, F. Place & E. Torquebiau. Agroforestry Working Paper no. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome. 37 pp. (2013). available from: <http://www.fao.org/3/i3182e/i3182e00.pdf>
- FORDE, D.C.: Land and labour in a Cross River village. Geographical Journal. Vol. XC, No. 1. (1937)
- HENRY, J.: Agricultural practices in relation to soil conservation. Emp. Cotton Growing Rev. Vol. XXVI (1). (1949)
- KING K.F.S.: Agri-Silviculture. Bulletin No. 1, Department of Forestry, University of Ibadan, Nigeria. (1968)
- KING K.F.S.: Agroforestry. In Agroforestry: Proceedings of the Fiftieth Symposium on Tropical Agriculture (1979)
- OJO G. J. A.: Yoruba culture. University of Ife and London Press (1966)
- STEPPLER, H.A. and Nair P.K.R.: Agroforestry – a decade of development. International Council for Research in Agroforestry, Nairobi. pp. 1-345. (1987). Available from: http://old.worldagroforestry.org/Units/Library/Books/PDFs/07_Agroforestry_a_decade_of_development.pdf?n=28
- WILKEN G.C.: Integrating forest and small-scale farm systems in Middle America. Agro-ecosystems Vol. 3:291-302. (1977)
- VITYI A., Marosvölgyi B., Szalai Z., Varga A.: Agroforestry research and development in Hungary. (2014) Available from: https://core.ac.uk/download/pdf/61472825.pdf?fbclid=IwAR32JujMEVe1VG6xAWzaobrLgk7W8w4SUVecjxAw1BVFJDTN8s_kbduHjyA

ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF AGROFORESTRY AS A SUSTAINABLE, ENVIRONMENTALLY FRIENDLY FARMING SYSTEM

JUDIT SZENTESI, GABOR KOVACS, BALINT HEIL

*University of Sopron, Faculty of Forestry, Institute of Environmental and Earth Sciences, Sopron,
Hungary*

heilbalint2@gmail.com

Abstract

The efficiency of agricultural production has been increasing at accelerating rate since the beginning of the Industrial Revolution. The pace of mechanization, the scale of industrial production of chemicals, has increased so much in the last 50 years that we now produce food for more than 7 billion people.

Agri-forestry systems have been established in recent years to protect the fertility of soils and their sustainable use as a natural resource. Intensive farming has increased the rate of resource exploitation beyond sustainability. There is a need for more extensive, environmentally friendly, sustainable cultivation technologies in agriculture and forestry.

Ecological advantages of agroforestry systems are following: preservation of microclimate, reduction of soil erosion, habitat preservation, connection of fragmented habitats as ecological corridor, reduction of pesticide use, high carbon storage effect, maintenance of extensive animal husbandry, to provide habitat for protected species occurring in the Carpathian Basin, such as wildlife conservation and increasing species, population and landscape diversity.

Recognizing these benefits, support for the implementation of agroforestry systems combined with arable crops, wooded pastures, wooded meadows and grassland plantations is now an integral part of the EU's Common Agricultural Policy.

Agroforestry

Agroforestry was defined by the FAO (Food and Agriculture Organization) in 2015 as landusing systems and technologies where woody and perennial plants (trees, shrubs, palms, bamboos, etc.) are intentionally used on the same land farming unit like agricultural plants and / or animals, in any spatial or temporal order. Two main types of agriculture on one agricultural land are the "silvopastoral" systems, which typically integrate trees with pastures and domesticated animals, and "silvoarable" systems that integrate trees and cultivated plants. The combination of trees, animals and agricultural crops is sometimes called "agrosilvopastoral" systems (GARCIA DE JALÓN, 2017).

Compared to monoculture, the efficiency of agroforestry systems is averagely 36% higher. In Europe, Spain currently has 4 million ha, Portugal 2 million ha and Greece 2 million ha agroforestry area which are the most important at EU level. In France until the year 2040, 500.000 hectares of agroforestry systems are planned to establish. In regards of the Hungarian

conditions, presence of wooded pasture, pasture forest, line spacing plantation and the significantly larger field protective forest belts are used to be determinative. Together the intensification of mechanization, growth of chemicals and the increase in the ownership of large-scale holdings led to the separation of forestry (wood-growing), agricultural crop production and animal husbandry. As a result, disappearance of traditional agroforestry systems, professional knowledge and the experience of farmers have disappeared; landscape has changed and environmental problems appeared: soil erosion, wind erosion (deflationary damage), water pollution, significant carbon release, loss of biodiversity, narrowing habitats of the natural enemies of pests, while farmers have lost a significant amount of their alternative income (BOROVICS ET AL., 2017).

Impact of agroforestry

The number and age of trees in an agroforestry system can be very different. An energy tree plantation can be cut from 3 to 15 years old, while fruit or industrial wood producers have to sustain their plantation for decades. Agroforestry systems can therefore be extremely versatile. Trees and crops affect each other. Trees provide protection and reduce wind speed, thus protecting the soil from destruction. Trees standing near water collect nutrients and bind the pollutants ensuring better water quality. These areas are not regularly fertilized, thus less nitrogen is leached into the groundwater under the trees also reduced amount of greenhouse gas is released into the air. Wooded area also provides habitat and shelter due to the low level of disturbance and several bird and insect species find their live conditions within the trees. Livestock farming can also be involved in agroforestry. Grassy areas can be grazed by cattle, sheep or goats, enjoying the shade of the trees, while hens and geese also feel comfortable under the trees. The alleys influence the growth of neighboring arable crops, too. The strength of this effect depends on the height and distribution of the trees and the grown species.

Ecological benefits of agroforestry system:

- microclimate conservation,
- changing windspeed dynamics,
- reducing the effects of deflation,
- soil protection,
- conservation and creation of habitats,
- ensuring the connectivity of fragmented habitats as an ecological green corridor,
- reducing pesticide loads on the site,
- high carbon storage effect,
- the maintenance of extensive animal husbandry traditions,
- increase landscape mosaicism, diversity,
- Providing habitats for protected species occurring only in the Carpathian Basin, such as wildlife conservation and increasing species, population and landscape diversity (SZALAI & DÓSA, 2018).

Land use opportunities within the agroforestry system

Land Equivalency Ratio (LER): mixed 1 ha agricultural forestry = 0.8 ha agriculture + 0.6 ha in a separated forest systems. Thus, agroforestry mixed 1 hectare LER is equivalent to 1.4 hectare LER in a separated land-system (MEAD AND WILLEY, 1980). In other words, agro-

forestry mixed 1 hectare LER is equivalent to 1.4 hectares LER separate land, which means that the farmers can produce the same or even higher yields of the woody or herbaceous crops with a smaller land-use.

Agroforestral systems classification due to management types can be as follows:

- Rows of woods in arable land (intermediate cultivation): Plantation in a wide row spacing under which annual or perennial arable crops are produced. Agricultural crops provide annual and trees provide a long run income.
- Wooded pastures: networked or grouped tree plantation, under which crop cultivation or grazing is performed. Afforestation provides favorable living conditions for livestock.
- Field hedges and shelter belts: Tree-line shrubs with well-enclosed tree structure and linear placement between individual agricultural fields. Its role is to protect agricultural fields from wind damage, thus ensuring a favorable microclimate.
- Tree groups: small-scale afforestation, which is less suitable for arable cultivation or is planted in areas that are not cultivated. They provide alternative land use opportunities (SZALAI AND DÓSA, 2018).

A good example of the latter is the tree groups established in the agricultural areas on the border of Bősárkány. The pictures (Picture 1) show that the herbaceous culture is unable to produce in stagnant water-covered areas, so that parts of the area can be used alternatively by planting a noble poplar trees in these areas. Furthermore, by abandoning arable cultivation in these areas, they also create habitat for the wildlife and game.

Forest-like shelter belts are well suited to ensuring protection of agricultural lands against erosion and deflation. Research over the past decades confirms the positive effects of these shelter belts on agricultural productivity and yields so as the quality of the environment. However, environmental problems have intensified as a result of the large-scale spread of large-scale monocultures and mechanization, the widespread chemical pesticides, in parallel, the decrease of the spatial extent of the Hungarian forest belts and shelter belt systems. Since the 1950s, forest belt systems have been planted in Hungary for approximately 2,500 km, of which 1,500 km in the Great Plain and 1,000 km in Transdanubia. The plantations lasted until the early 1960's and covered some 273,000 hectares. Later, for the reasons already mentioned, the area of forest-like belts began to decrease drastically (GÁL AND KÁLDY, 1977).



Picture 1. Alternative land use in inland areas (photos of the author)

For the implementation of agroforestral systems combined with arable crops cultivation, wooded pastures, wooded hayfields, shelter belt afforestation within the framework of the call for proposals VP5-8.2.1-16 "Implementation of agroforestry systems" establishment and maintenance of grassland, new establishment and maintenance of wooded pasture or meadow in combination with grassland management and establishment and maintenance of field protective woods or shelter belts (URL1).

Conclusions

Compared to monocultural farming system, agroforestry gives a wide-range of opportunities to the farmers, because agroforestral systems are diverse and variable. Several types can be created in a given landscape that elements are complement and help each other. For instance, a wooded fields, wooded pastures, meadows, meadows and waterfront forests-belt are situated next to each other, the latter protects the water from the pollution effects of agriculture and also the arable land from the destructive effects of water. In addition, trees play a wind shelter role in all types and protect the soil from erosion. Trees on the wooded pasture provide a better microclimate as well shade for animals and herbaceous plants.

Acknowledgement

The project was supported by EFOP-3.6.2-16-2017-00018 in University of Sopron project.

References

- BOROVICS A., SOMOGYI N., HONFY V., KESERŰ ZS. & GYURICZA CS. 2017: Agrárerdészet, a klímatudatos, természetközeli termelési mód. Erdészeti lapok. Vol. CLII. No. 6. pp. 178-182.
- GÁL J. AND KÁLDY J. 1977: Erdősítés. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 449-606.
- GARCIA DE JALÓN S. 2017.: How is agroforestry perceived in Europe? An assessment of positive and negative aspects by stakeholders. Agroforest Syst. (2018) 92:829–848. Springer Science+Business Media B.V.
- MEAD, R., WILLEY, R.W., 1980, The Concept of a "Land Equivalent Ratio" and Advantages in Yields from Intercropping. Experimental Agriculture, 16, pp. 217-228.
- SZALAI K. AND DÓSA I. 2018: Agrárerdészet – A többcélú mezőgazdasági területhasználat. Vidékfejlesztési kézikönyv 1. NAK. Budapest.

URL1: VP5-8.2.1-16 számú „Agrár-erdészeti rendszerek létrehozása” című támogatási felhívás:
<https://www.palyazat.gov.hu/vp5-821-16-agrr-erdszeti-rendszerek-ltrehozsa-1> 2019.05.26.

AGRÁRERDÉSZET A KLÍMAVÁLTOZÁSBAN

NÉMETH BÁLINT

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet-és Földtudományi Intézet

nemeth10balint@gmail.com

A klímaváltozás korunk egyik legnagyobb környezeti kihívását jelenti, amellyel lassan minden nap találkozunk valamilyen formában. Hallunk róla a médiából, tanulunk róla az iskolákban, tapasztaljuk kint a terepen. A legösszetettebb földi életközösségnek számító erdőségek a klímaváltozás következményeként nemcsak jelentős változásokon mennek keresztül, hanem tudatos tevékenységgel, odafigyeléssel fenntartható eszközt jelentenek a klímaváltozás káros hatásainak mérséklésében is. A Kárpát-medence élővilága különösen érzékeny a környezeti változásokra, a klímaváltozás hatásai a hazai erdőkben már napjainkban is érezhetők. Nem dughatjuk homokba a fejünket, mert mindezek nem rajtunk kívül álló, tőlünk független folyamatok: napi életvitelünkkel befolyásoljuk, befolyásolhatjuk őket. Így ha okosan sáfárkodunk a környezeti örökségünkkel, akkor élhető környezetet hagyhatunk örökül utódaink számára. A klímavédelem és klímaváltozás szempontjából rendkívül fontos lehet az olyan járható ösvény alkalmazása, mint az agrárerdészet. Hazánkban 600-900 ezer hektár kedvezőtlen adottságú mezőgazdasági terület található, ahol ökológiailag és gazdaságilag fenntartható módon nem alkalmazhatók a hagyományos technológiák. Ezeken a területeken hozhat megoldást az agrárerdészet.

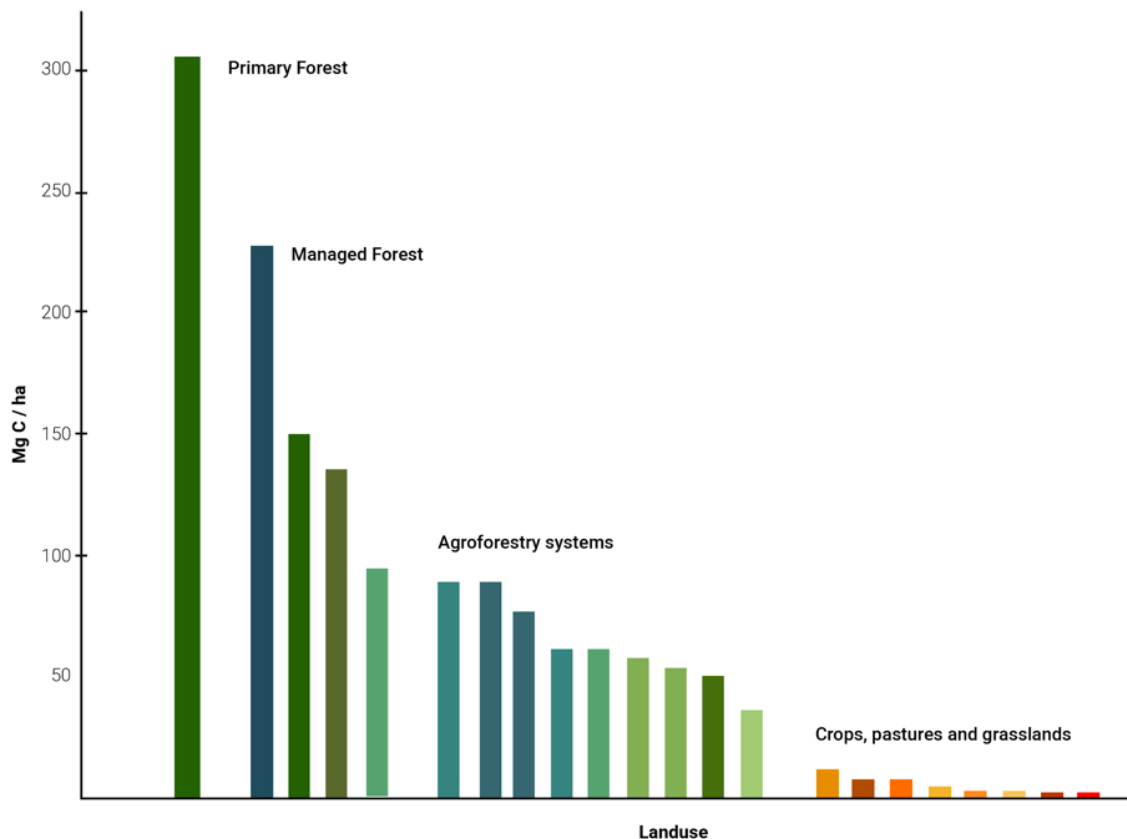
Világszerte a mezőgazdaság az az emberi vállalkozás, amely a leginkább ki van téve az éghajlatváltozásnak. A trópusi mezőgazdaság, azon belül is az önellátó mezőgazdaság különösen sérülékeny, mivel a kisgazdák nem rendelkeznek megfelelő forrásokkal az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodáshoz. Míg az agrárerdészet jelentős szerepet játszhat az üvegházhatású gázok légköri felhalmozódásának mérséklésében, szerepet játszik abban is, hogy segítse a kisgazdákat az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásban. Az agrárerdészet különös példát mutat be olyan innovatív gyakorlatokra, amelyek célja a termelékenység növelése oly módon, amely a fokozott szén-dioxid-megkötés révén gyakran hozzájárul az éghajlatváltozás mérsékléséhez, és amely szintén erősítheti a rendszer képességét a változó éghajlati viszonyok káros hatásainak kezelésére (IPCC 2000).

A fák természetét más szántóföldi mezőgazdasági tevékenységekkel, például a növénytermesztéssel és az állatok nevelésével együtt, általában agrárerdészeti rendszernek nevezhetjük. Az agrárerdészeti gyakorlatok a mezőgazdaságon és az éghajlatváltozás mérséklésénél jelentősen hozzájárulnak, de ezeket sem a globális széndioxid-költségvetés, sem a nemzeti szén-dioxid-elszámolás nem szisztematikusan veszi figyelembe. Az agrárerdészet hagyományosan a világ mérsékelt égövi régióinak fontos eleme volt. Ez a gyakorlat számos előnnyel jár, többek között a biztosított élelmiszerbiztonság, a megnövekedett biológiai sokféleség, az ökoszisztéma megnövekedett erőforrásokkal való gazdagítása és a különböző környezeti célok elérése, például a légköri CO₂ bizonyos korlátokig történő fenntartása. (AJAYI ET AL. 2011) Ezenkívül a mezőgazdasági területek 3-5%-ára most ültetett fák növelik a mezőgazdasági termelékenységet, csökkentik az éghajlatváltozással szembeni érzékenységet és csökkentik az üvegházhatású gázok kibocsátását. (POSSU ET AL. 2016) Az agrárerdészeti gyakorlatok által végzett szénmegkötést hasznosnak tekintették az éghajlatváltozás hatásainak mérséklésében. Az agrárerdészetnek számos előnye van, például a növények jelentős növekedési sebességük és gyors biomassa-termelékenységük miatt jelentősen elnyelik a légköri szén mennyiségét. A mezőgazdasági földhasználati rendszerek fái javíthatják a

szénmegkötést a talajban fenntartott földművelésben, ugyanakkor lehetővé teszik az élelmiszer-növények termesztését. (KURSTEN 2000) A talaj lefolyóként működik, hogy hosszabb ideig tárolja a légkörből származó szenet. A szén-dioxid-készletek és -kibocsátások történelmi globális becslései alapján a talaj hasznos szénelnyelőt biztosít a környezeti problémák szükséges megoldásához (LAL 2004C). Mivel a mezőgazdaság globálisan a szántóterületek több mint egyharmadát foglalja el (WORLD BANK 2015); ezért az agrárerdészet nagy lehetőséget kínál a szén megkötésének fokozására a mezőgazdasági területeken.

Az éghajlatváltozás hatása több szinten is érzékelhető lesz a mezőgazdasági ágazatban: az egyes növényfajok, a gazdálkodási rendszer (az egész gazdaság) szintjén, valamint azokon a természeti erőforrásokon, amelyeken a vidéki közösségek függenek. Az előzetes sebezhetőségi becslések túlságosan pesszimisták lehetnek sok magas alkalmazkodóképességű agrárrendszer számára, de a mezőgazdaságban egyértelműen vannak korlátozások az alkalmazkodásra, és ez nyomást gyakorolhat más ágazatokra a hatás egy részének elnyelésére. A hatásokat a fejlődő országok vidéki szegényei fogják leginkább érezni, akik alacsony alkalmazkodóképességük miatt a legkiszolgáltatottabbak. A fejlődő országok mezőgazdasági termelőinek alkalmazkodóképességét súlyosan korlátozza a természeti tényezőkre való erős támaszkodás, valamint a kiegészítő inputok és az intézményi támogatási rendszerek hiánya. A rugalmasság és a fenntarthatóság fogalmai jól beváltak a mezőgazdaságban, és közvetlenül összekapcsolhatók az éghajlatváltozási arénában az alkalmazkodásról és az enyhítésről folytatott vitákkal. Így a politikai döntéshozók jelentős ismeretekre támaszkodhatnak arról, hogyan lehet fokozni az agrárrendszerek alkalmazkodóképességét és enyhítési potenciálját. Az agrárerdészeti irányítási rendszerek fontos lehetőségeket kínálnak a szinergiák megteremtésére az enyhítés érdekében tett és az alkalmazkodási tevékenységek között. A nemzetközi fórumokon belül sok szó esik a „mainstreaming” adaptációról a tervezési folyamatokba. A „fenntarthatóság” fogalma konstruktív keretet nyújt a nemzeti tervezéshez, hogy csökkentse az agrárágazat éghajlatváltozással szembeni sérülékenységét (FAO 1999).

A mezőgazdaság a klímaváltozás mozgatórugója helyett megoldássá változtatható. Ezt a megoldást regeneratív agrárerdészetnek hívják. A regeneratív agrárerdészet nagy potenciállal rendelkezik az éghajlatváltozás mérséklésében, mivel jelentős mennyiségű üvegházhatást okozó anyagot képes eltávolítani a légkörből - ezáltal úgynevezett „szénelnyelő”. És ezt – ami CO₂ megkötés – sokkal jobban teszi, mint a hagyományos mezőgazdaság (1. ábra). Tehát miért van az, hogy az agrárerdészet az éghajlatváltozás mérséklésének megoldása, míg a hagyományos mezőgazdaság az éghajlatváltozás mozgatórugója? Egy mágikus elem miatt: a fák!



1. ábra Különböző mezőgazdasági területek szén elnyelő kapacitása (forrás: <https://www.renature.co/articles/why-agroforestry-is-a-promising-climate-change-solution/>)

Illusztráció a trópusok különböző földhasználat-kezelési rendszereiről és azok szén-dioxid-tárolási lehetőségeiről. Az egyes kategóriák oszlopai különböző esettanulmányokat képviselnek. Az agrárerdészeti rendszereken belül az esettanulmányok közé tartozik a Szumátra dzsungelgumirendszere, Kamerun vegyes kakaó- és gyümölcsfa-ültetvényei, Peru barackpálma-rendszerei vagy Kelet-Jáva fenyő-banán-kávé rendszere. (VERCHOT ET AL. 2007) Ana Somaglino által a reNature által elvégzett kiigazítások.

Kormányzati és nemzetközi támogatásra lesz szükség a kutatás, az oktatás és a kiterjesztés terén, hogy a fejlődő országok mezőgazdasági termelői könnyebben megbirkózhassanak az éghajlatváltozás és a fokozott éghajlati változékonyság által okozott további stresszekkel. Az agrárerdészet nagy valószínűséggel hozzájárulhat a trópusi gazdálkodási rendszerek ellenálló képességének növeléséhez. Az agrárerdészet azon lehetőségeinek megértése, hogy hozzájárulhatunk az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodáshoz, legjobb esetben is kezdetleges. Jobb információra van szükség az agrárerdészetnek a biofizikai (hidraulikus emelés, talajtermékenység) és a pénzügyi (diverzifikáció, jövedelemkockázat) szempontból a pufferelésben bekövetkező pufferelésben betöltött szerepéről mind biofizikai (hidraulikus emelés, talaj termékenység) szempontból (IPCC 2001).

Az agrárerdészet szinergiák kialakítására kínál lehetőséget az éghajlatváltozás mérséklésére irányuló erőfeszítések és a veszélyeztetett lakosságnak az éghajlatváltozás negatív következményeihez való alkalmazkodását segítő erőfeszítések között. A kutatási menetrend ezen a területen meglehetősen jól meghatározott. Mégis, sok minden ismeretes, és ezek az

ötletek a kistermelőkkel való gyakorlati megvalósítása lehetővé teszi számunkra, hogy gyakorlati tapasztalatok révén fontos tanulságokat tanuljunk.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék:

- AJAYI OC, PLACE F, AKINNIFESI FK, SILESHI GW (2011) Agricultural success from Africa: the case of fertilizer tree systems in southern Africa (Malawi, Tanzania, Mozambique, Zambia and Zimbabwe). *Inter J Agri Sustain* 9:130–136
- FAO (1999) The state of food insecurity in the world. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, p 35
- IPCC (2001) Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability. Report of the working group II. Cambridge University Press, UK, p 967
- IPCC (2000) Land-use, land-use change and forestry. Special report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, UK, p 375
- KURSTEN E (2000) Fuelwood production in agroforestry systems for sustainable land use and CO2 mitigation. *Ecolog Eng* 16:S69–S72
- LAL R (2004C) Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Sci* 304:1623–1627
- LOUIS V. VERCHOT, MEINE VAN NOORDWIJK, SERIGNE KANDJI, TOM TOMICH, CHIN ONG, ALAIN ALBRECHT, JENS MACKENSEN, CYNTHIA BANTILAN, K. V. ANUPAMA, CHERYL PALM (2007) Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry *Mitig Adapt Strat Glob Change* 12:901–918
- POSSU WB, BRANDLE JR, DOMKE GM, SCHOENEBERGER M, BLANKENSHIP E (2016) Estimating carbon storage in windbreak trees on U.S. agricultural lands. *Agroforest Syst* 90:889. doi:10.1007/s10457-016-9896-0
- VERCHOT, L. V., VAN NOORDWIJK, M., KANDJI, S., TOMICH, T., ONG, C., ALBRECHT, A., MACKENSEN, J., BANTILAN, C., ANUPAMA, K.V. AND PALM, C. (2007) Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 12(5), pp.901–918.
- WORLD BANK (2015) Agricultural land (% of land area). Available at <http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS/countries?display=graph> (verified 16 September 2015)

AZ AGRÁRERDÉSZETI RENDSZEREK ÉS A BIOLÓGIAI SOKFÉLESÉG KAPCSOLATA

NÉMETH BÁLINT

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet-és Földtudományi Intézet

nemeth10balint@gmail.com

A biológiai sokféleség a mintegy 3,5 milliárd éves evolúció eredményeképpen létfontosságú szerepet játszik az ember életében és a bolygónk egészségének fenntartásában. Az erdei biodiverzitás megőrzése, illetve „regenerálása” a természetvédelem egyik fő célkitűzése. Ugyanakkor a biodiverzitás jelentősen csökkentheti az erdőkárok kockázatát, stabilizálja az erdőket, erősíti az erdő immunrendszerét, azaz az erdőgazdálkodás céljait is nagyban szolgálja. Az erdőgazdálkodás módja negatív és pozitív irányban is meghatározó módon befolyásolja az erdei biodiverzitást. Európán kívül, számos kontinensen kemény munka zajlik az agrárerdészeti rendszerek és az adott terület biológiai sokféleségének megőrzését elősegítő eljárások kifejlesztésére, alkalmazására. Főként az angol nyelvű szakirodalomra támaszkodva igyekeztem áttekinteni az agrárerdészeti rendszerek és a biodiverzitás kapcsolatát.

A biodiverzitás avagy biológiai sokféleség meglehetősen bonyolultan értelmezhető, összetett fogalom. Maga a diverzitás tulajdonképpen egy statisztikai fogalomként definiálható, amely azt mutatja meg, hogy egy vizsgált mintában hányféle összetevő van, és azok milyen arányban képviseltetik magukat. A sokféle alkotóelem egyenletes eloszlásban magas diverzitást eredményez, míg a kevés alkotóelem és az egyenlőtlen eloszlás a kisebb diverzitás irányába hat. Az alkotóelemek meghatározása meglehetősen önkényes is lehet (fajok, méretkategóriák, színek stb.). A diverzitás szó hallatán szinonimaként sokakban először a fajgazdagság, az erdővel foglalkozó szakembereknek pedig ezen belül is az elegyesség merül fel. Való igaz, a elegyesség az erdei biodiverzitás egyik jelentős (de korántsem egyedüli) összetevője. A diverzitás építőkövei az esetek túlnyomó részében nem függetlenek egymástól, hanem egymásra épülnek, egymás függvényei és igen szövevényes, „többrétegű”, általában csak töredékesen ismert, kifinomult kapcsolatrendszerben állnak. Azaz kijelenthető, hogy a változatosság tulajdonképpen változatosságot szül. Ez a tény ugyanakkor arra is figyelmeztet, hogy egy-egy „építőköckö” kiiktatása diverzitási szempontból sokkal nagyobb negatív hatást válthat ki, mint ahogyan felületes ismereteink birtokában azt feltételeznénk (CSÓKA, GY. 2016).

Az ökoszisztéma működéséről szóló szakirodalmat Woodward (1993) és Heywood (1996) tekintették át. Működésük két szempontja releváns a mezőgazdaságban. Az egyik az, hogy a fajok sokszínűsége hozzájárul a biomassza előállításának állandóságához, míg a második az, hogy az ökoszisztéma-szolgáltatások nyújtása a biodiverzitással kapcsolatos. Mindkét tulajdonságot ökoszisztéma-funkcióknak nevezték, ami összhangban áll a természet értelmezésének mechanizmusai sorozatával. Az egyezmény alapvetően a kényelem, amelynek elsődleges célja az elemzés megkönnyítése (A. R. MAIN 1999).

Az agrárerdészeti rendszerek környezeti hatásaira és különösképpen a biológiai sokféleségre gyakorolt hatásukra csupán az utóbbi évtizedek során terjedt ki szélesebb körben a figyelem, holott a fákkal tarkított tájat már a mezőgazdaság létrejöttékor előnyben részesítették a gazdák. Ez a jelenség nem meglepő, hiszen a fák menedéket, árnyékot, energiát és táplálékot is nyújtottak cserébe a gazdálkodónak. A trópusi tájakon a fák lényeges összetevői voltak az ugaroltatott területen található vegetációnak, minden különösebb cél nélkül is megtartották azokat a faegyedeket, amelyek nem zavarták a terület használatát. Egyes párás trópusi területen meglehetősen nehéz lett volna az edzetlen szemnek megkülönböztetni azt, hogy az adott

területen egy idős ugar terület, erdő vagy intenzíven kezelt ültetvény volt-e jelen. A fák kezdetek óta tartó jelenlétének a mezőgazdasági termelésben ellenére a tudásunk a használhatóságukról valamint hasznukról csak nemrégiben vált eggyé az agrárerdészet tudományával és még mindig sokat kell tanulnunk a fák, a haszonnövények és a környezet között található kapcsolatokról. (MCNEELY AND SCHERR 2003; SCHROTH ET AL. 2004)

Az agrárerdészeti rendszerek azon mechanizmusait, amelyekkel hozzájárulnak a biológiai sokféleséghez, változatos vizsgálatok vették górcső alá. (PL., SCHROTH ET AL. 2004; MCNEELY 2004; MCNEELY AND SCHROTH 2006; HARVEY ET AL. 2006; JOSE 2009) Általánosságban elmondható, hogy az agrárerdészeti rendszerek öt fő szerepet tölthetnek be a biológiai sokféleség megőrzésében: (1) az agrárerdészet olyan fajok számára biztosít élőhelyet, amelyek el tudnak viselni egy bizonyos fokú zavarást; (2) az agrárerdészet elősegíti az érzékeny fajok csíraplazma megőrzését; (3) az agrárerdészet hozzájárul a természetes élőhelyek átalakulásának csökkentéséhez azáltal, hogy termelékenyebb és fenntarthatóbb alternatívát kínál a hagyományos mezőgazdasági rendszerekhez képest, amely magában foglalhatja a természetes élőhelyek tisztítását is; (4) az agrárerdészeti rendszer összeköttetést biztosít azáltal, hogy ökológiai folyosókat hoz létre az élőhelymaradványok között, amelyek elősegítik ezen maradványok integritását és a területre érzékeny növény- és állatfajok megőrzését valamint; (5) segíti a biológiai sokféleség védelmét azáltal, hogy egyéb ökoszisztéma-szolgáltatásokat nyújt, mint például az erózió csökkentése és a talajvíz készletek újratöltése, ezáltal megakadályozva a környező élőhelyek pusztulását és elvesztését (1. ábra).

A megőrzési célokkal rendelkező agrárerdészeti rendszer megtervezéséhez és irányításához a teljes tájösszefüggésben kell dolgozni, és kevésbé intenzív kulturális gyakorlatokat kell elfogadni a maximális előnyök elérése érdekében. A legfontosabb tervezési jellemzők, amelyekről ismert, hogy növelik az agrárerdészeti rendszer értékét a következők: (1) magas szerkezeti és florisztikai sokféleség; (2) minimális szinten tartott beavatkozási intenzitás; (3) természetes zavarási mód, amennyiben lehetséges (pl. ritkítás az állomány sűrűségének csökkentésére vagy előírt tűz használata); (4) hosszú vágásforduló használata; (5) a tájban stratégiaileg meghatározott helyen (pl. természetes állományok mellett vagy között).

Míg az alacsony biológiai sokféleségű értékkel jellemezhető mezőgazdasági területeken és legelőkön létrehozott agrárerdészeti rendszerek minden bizonnyal fokoznak a biológiai sokféleséget, addig az erdei élőhelyek vagy más, nagy biológiai sokféleségű természetközeli élőhelyek szabaddá tétele az agrárerdőgazdálkodás számára negatív hatást eredményezhet a biológiai sokféleségben. (S. JOSE 2012)

A földmegőrzés az agrárerdészeti rendszerek révén hatékony eszköz a pusztult ökoszisztémák helyreállításához és a gazdálkodók megélhetésének javításához. A fákkal együtt a természetes ökoszisztémaként működő multifunkcionális agrárerdészeti rendszerek lehetővé teszik a rendszer fokozatos öngazdagodását, a biológiai sokféleség hatékony megőrzését. Továbbá jól alkalmazkodik a kistérségekhez és a helyi gazdákhöz.

Összegzésképpen elmondhatjuk tehát, hogy a tengeren túli példák alapján az agrárerdészeti rendszerek biológiai sokféleségre gyakorolt hatása meglehetősen változatos lehet. Amennyiben egy magas diverzitású élőhely helyére terveznek ilyen rendszert, úgy inkább káros hatás figyelhető meg, ellenben a monokulturális termesztés, degradált élőhelyek (pl. legelők, alacsony diverzitású mezőgazdasági területek) helyén létrehozott agrárerdészeti rendszer jó eséllyel növeli a terület biológiai sokféleségét. A fentiekben felsorolt szerepük a biológiai sokféleség megőrzésében mindenképpen figyelemre méltó, akár hazánkban is eredményesen modellezhető, idővel talán a gyakorlati gazdálkodásban is alkalmazható véleményem szerint.



1.ábra Példa trópusi agrárerdészeti rendszerre

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék:

- A. R. MAIN (1999): How much biodiversity is enough? *Agroforestry Systems* 45. 23–41
- CSÓKA GY. (2016): "Erdő és Biodiverzitás" - NAIK ERTI Szeminárium 4. (elérhető: <https://www.okologia.mta.hu/node/8559>)
- J.A. MCNEELY (2004): Nature vs. nurture: managing relationships between forests, agroforestry and wild biodiversity. *Agroforestry Systems* 61. 155–165
- JEFFREY A. MCNEELY – GÖTZ SCHROTH (2006): Agroforestry and biodiversity conservation – traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. *Biodiversity and Conservation* 15. 549–554
- ROCÍO ROSA GARCÍA – MARIECIA D. FRASER – RAFAEL CELAYA – LUIS MIGUEL MENDES FERREIRA – URCESINO GARCÍA – KOLDO OSORO (2012): Grazing land management and biodiversity in the Atlantic European heathlands: a review. *Agroforest Syst* (2013) 87. 19–43
- SHIBU JOSE (2012): Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity. *Agroforest Syst* 85. 1–8

REKULTIVÁCIÓS TERÜLETEK AGRÁRERDÉSZETI HASZNOSÍTÁSA

PEKLER JÁNOS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

janos.pekler@gmail.com

Bevezetés

A rekultiváció alatt általában valamely emberi tevékenység folytán bekövetkező tájbéli – illetve ezzel együtt más értelemben vett, pl.: természetvédelmi-, termőhelyi potenciálban, stb. okozott – kár, jelentős átalakulás helyreállítását, legalábbis tájképbe való visszaillesztését értünk. Leggyakrabban hulladéklerakók és meddőhányók bezárását, külszíni bányák és anyagnyerőhelyek felhagyását követően, de ide sorolandók a termőpotenciáljukat elvesztett szántók, egykori – ma csonka – erdőtalajok is, amelyeket valamilyen formában újra hasznosítható, esetleg művelésbe vonható állapotba hozunk, ezzel a kihasználatlan területet mező vagy erdőgazdasági újraművelésbe vonjuk (de a károsított területek újrahasznosításának számos egyéb formája is lehetséges (gyepgazdálkodás, kertészet és ültetvény, üdülés és sport, kommunális hasznosítás, üzemi terület, ipari és mezőgazdasági létesítmények, út- és csatornahálózat, stb.) (ANTOS ET AL., 2006; FENYŐ, 2010; 20/2006. [IV. 5.] KVVM RENDELET; KÁDÁR, 1998).

Rekultivációs talajok

A mai gyakorlatban használatos rekultivációs eljárások során az adott helyreállítandó területtől függően az előkészítési munkálatok (tereprendezés, vízzáró réteg létrehozása, stb.) után gyakran egy mesterséges talajkeverékből termőréteget helyeznek el a területen, amelyek különböző szerves (mint szennyvíziszap; komposzt; stb.) és szervesetlen anyagokból (gyakran ipari melléktermékek – mint téglapor, cement, pernye, homok, vörösiszap, stb.) tevődnek össze. Általában alapvető összetevő a szennyvíziszap vagy egyéb szerves összetevők, melyeket kiegészítenek a szervesetlen anyagok. (SIMON, 2006; ANTOS ET AL., 2006; KURDI, 2011; KLEBERCZ ET AL., 2013; KÓNYA ET AL., 2015).

A potenciális talajkeverék-komponensek felhasználása során olyan hulladékanyagok elhelyezéséről, esetleg hasznosításáról beszélhetünk, amelyek általában megoldandó problémakört jelentenek. Amennyiben rekultiváció során felhasználhatók, azzal további előnyre tehetünk szert az elhelyezésen és a helyreállításon kívül, ugyanis a gazdálkodó számára jövedelmező lehet mindez -legalábbis hosszú távon-, ha akár agrárerdészeti rendszerben lágyszárú és fás szárú növényzetet telepít rajta, azzal gazdálkodik (KÓNYA ET AL., 2015).

A talajkeverékek a felsorolt hasznosítási formák közül a rekultivációs intézkedések során, -a szennyezett talajok esetén- kémiai stabilizációra és akár a mezőgazdaságban is használatosak lehetnek különböző összetételben (FEIGL, 2011; KÓNYA ET AL., 2015). Például pernye és szennyvíziszap mesterséges talajkeverékét alkalmazzák az almásfüzitői zagytározó rekultivációja során is, melyet így írt le egy jelentés: „vizsgálatok szerint a fedőréteg kialakítását követően a benne meginduló talajosodási folyamatok révén alkalmas élettérré válik a vegetáció számára.” (ELTE-KKKK 2007) a talajvédelmi szakvélemények alapján elhelyezett egy-másfél méter fedőréteg (URL 1).

Kedvező lehet a sokak által megkérdőjelezett vörösiszap talajkeverék formájában való hasznosítása is akár pernyével, akár szennyvíziszappal, esetleg további szerves és ásványi anyagokkal. A pernye szennyvíziszappal alkotott keveréke a vörösiszapon eddig is alkalmazott

és bevált illetve ajánlott vegyítési forma, általában stabilizálószerként, sőt vörösiszappal keverve is; egy kutatás például vörösiszapot, szennyvíziszapot, lápi vasércet, további vastartalmú hulladékot alkalmazott kadmiummal és cinkkel szennyezett, kikötői üledék stabilizálására, stb. (FEIGL 2011). Barnaszén-hamu és szennyvíziszap együttes használata több vizsgálat alapján kedvezően hat, leginkább a talaj szorpciós kapacitására, így a növények számára hatékonyabb tápanyag-felvételt tesz lehetővé (GABNAI ÉS GÁL, 2016). Az említett anyagokat magával a vörösiszappal is keverve tehát (a széntüzelési pernyéhez némileg hasonló anyagként azt pótolva akár, így kevesebb talajt szállítva a rekultiválandó vörösiszaptározóra), emellett kiegészítve egyéb szervesetlen alapanyagokkal (pl. vázanyagokkal, mint agyag, homok, stb.) összességében kedvező közeget kaphatunk. Említést tesz az ajkai vörösiszap elemzését végző Feigl is (URL 2) magáról az anyagról, aki szerint: „Lúgossága és reológiai tulajdonságai miatt elvileg alkalmas lehet természetközeg előállítására. Vörösiszaphoz kevert pernyével és szerves anyagokkal természetközeg is előállítható.”, míg Klebercz és munkatársai egy előadás során (KLEBERCZ ET AL. 2013) a felsorolt hulladékok között említik többek közt a három anyagot, melyek növényi természetközeg létrehozására alkalmasak lehetnek. Kérdés ezeknek az aránya, mely az adott helyzetben (alkalmazott konkrét összetevőktől függően) megítélendő.

A stratégia (URL 2) szerint a földhasználati adatok alapján jelenleg rekultivációra alkalmas terület Magyarországon 800-1000 ha, ahol csupán szennyvíziszap-elhelyezéssel 1500 tsza/haral számolva ez összesen 1,2–1,5 millió t_{sza} felhasználható szennyvíziszap. Jelentős hasznosító telephelyek: Székesfehérvár-téglaipari telephely; Várpalota erőművi zagytér; Lőrinci erőművi zagytér; Dorog-Kesztlőc pernyehányó; Ajka erőművi zagytér; stb. A meglévő hulladéklerakók (akár timföldgyári hulladéklerakók sérült területei) rehabilitációja és a bányaterületek tájrendezése belátható időn belül -nagyjából 10-15 év- véget érhet, így a rekultivációs alkalmazási lehetőségek csökkenni fognak. Ettől eltekintve továbbra is fennmarad a szennyvíziszap és további komponensekből álló mesterséges talajkeverékek rekultivációs területeken való alkalmazási lehetősége, hiszen folyamatosan keletkezhetnek új tájsebek a természetes környezetben a későbbiekben felhagyásra kerülő anyagnyerőhelyek, hulladéklerakók, illetve leromló szántók rekultivációja által. Az egyéb, mint a közösségi területek fenntartása (parkok, különböző zöldfelületek, autópályák környezete, stb.) ún. landscaping formájában is fennáll a lehetőség, sőt a már rehabilitált területek fedőrétegének tápanyagpótlására is fel lehet használni (URL 3). Mindemellett fontos megemlíteni a rekultivációs fedőrétegek fokozatos elhelyezését többszöri alkalommal visszatérve (a megfelelő talajosodási folyamatok végett), így lehetővé téve komolyabb növénytermesztési lehetőséget is, ha erre lehetőség van (KÓNYA ET AL., 2015; URL 4).

Szemléltetésképp ilyen rekultivációs példaképp említhető az almásfüzitői vörösiszap zagytározón elhelyezett talajkeverék is, ahol 16,85 millió tonna vörösiszapról beszélhetünk. A területen (172 ha) olyan -ökológiailag is értékelhető- élőhelyet teremtve, ahol a növekvő -több védett- növény és madár fajlétszám mellett a megfigyelhető vad illetve egyéb csoportok (rágcsálók, rovarok, stb.) faj- és egyedlétszáma is jelentős, a környékbeli patakokban pedig ismét megtelepedett a tiszta vizet igénylő hód. A gyakori környezetvédelmi vizsgálatok a környezet folyamatos javulását mutatják, emellett a talajvíz minták is megerősítik az egyre tisztább talajvizet. (URL 5, URL 1). Hasonló példaképp szolgál a székesfehérvári agyagbánya rekultivációja is (URL 6).

Agrárerdészeti hasznosítás

A rekultivációs területeken létesített agrárerdészeti növénytermesztéssel érvényesülnek a korábban leírt előnyök (az elhelyezett és hasznosításra fordított mesterséges talajkeverékek),

emellett az agrárerdészet jelentősége is, mely az általánosan kedvező agrárerdészeti termesztési jellemzőkön kívül egyrészt abban rejlik, hogy az eltérő fajok különböző módon és más szintjeit hasznosítják a termőközegnek, ezért ezzel a módszerrel eredményesebben használhatjuk a talajt, mivel a fák gyökerei a tápanyagért mélyebb szintre nőnek, mint az lágyszárúaké. Ennek az is oka, hogy a rendszeres talajművelés a fák élő gyökereit -lényegében gyökérmetszéssel- mélyebb szintekre kényszeríti (így a tápanyagkonkurencia kisebb mértékű, mint ahogy elsőre képzelnénk) (ZAMOZNY, 2018). Másrészt arra enged következtetni, hogy így a rekultivációs talajok (például mesterséges talajkeverékek) talajosodási folyamatai és remediációja a termőközeg sekélyebb és mélyebb rétegeiben is hatékonyan lezajlik, ezáltal egy kedvező állapotú -akár élelmszer vagy takarmány célú növénytermesztést biztosító- termőtalajt elérve főleg, ha a fasorokat vagy az elszórtan elhelyezkedő faegyedeket kitermelésüket követően mindig egy újabb területen pótoljuk (ahol azelőtt lágyszárúak foglaltak teret). A remediációs célok mihamarabbi elérése érdekében tehát erőteljes gyökézzel és szárral rendelkező, nagyobb termetű és gyors növéssű -agrárerdészeti rendszer esetén lágyszárú és fásszárú- fajokat célszerű alkalmazni, a fejlődésüket támogatva (mint ökofiziológiai, talaj erőfokozó, és a szennyezőanyagok felvehetősége érdekében mobilizáló adalékokkal, kiegészítő szerekekkel, stb.), ugyanakkor szervesanyagban gazdag talajkeverék esetén kevésbé lehet szükséges a tápanyagutánpótlás (PEREI ET AL., 2013; GABNAI ÉS GÁL, 2016).

A rekultiváció során számos jogszabályt kell figyelembe venni. Meghatározó a terület újrahásznosításának formája és az alkalmazott rekultivációs talajkeverék összetétele, így a kívánt földhasználati forma szerint – mely legtöbbször szántó agrárerdészet esetén –, az annak megfelelően egyedileg – a rekultivációs talajvédelmi tervben – előírt határértékek alapján szükséges eljárni a rekultivációs anyagok (talajkeverékek) alkalmazása során; bányarekultiváció esetén szintén szükségesek a műszaki rekultivációhoz és az azt kiszolgáló bányászati tevékenységhez elengedhetetlen fontosabb hatósági határozatok, mint környezetvédelmi működési engedély, jóváhagyott műszaki üzemi terv és hulladékkezelési engedély (HEIL ET AL., 2018). Emellett meg kell felelni szennyvíziszap felhasználásakor a 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet (a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának szabályairól) előírásainak is. Az általánosan érvényes – kiindulási – határértékeket a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet (a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről) írja elő – például művelés alól kivett terület esetén.

A rekultiváció során alkalmazott mesterséges talajközegek és azok összetevőinek (mint szennyvíziszap, agyag, homok, vörösiszap, pernye, stb.) bizonyos mértékű toxikus elem és egyéb -élelmszerlánc, illetve népegészségügyi- kockázatot jelentő komponens koncentrációja tehát növénytermesztési korlátokat jelent, azonban a megfelelő állapotú talaj kialakulásáig célszerű energetikai céllal hasznosítani mind a lágyszárú, mind a fásszárú növényállományt (KÓNYA ET AL., 2015; GABNAI ÉS GÁL, 2016). Ilyen lágyszárú fajok lehetnek például a csicsóka (*Heilanthus tuberosus*), sida (*Sida hermaphrodita*, melynek magas nehézfémfelvétele különösen alkalmassá teszi a remediációra), energiafűvek (*Agropyron elongatum*, *Elymus elongatus*, stb.), a kínai nád (*Miscanthus spp.*), olasz nád (*Arundo donax*), stb. (GABNAI ÉS GÁL, 2016; TAMÁS ÉS BLASKÓ, 2008). Az agrárerdészeti rendszerben telepíthető fafajokat a hatályos erdőtörvény (2009. évi XXXVII. törvény) határozza meg, emellett alkalmazhatók megfelelő certifikációval rendelkező gyömlöcsfafajták is (ZAMOZNY, 2018).

Székesfehérváron az egykori téglaiipari agyagbánya területén a – ma is folyamatban lévő – rekultiváció során elhelyezett talajkeveréken a különféle növénykísérletek és eredményes fásítások mellett agrárerdészeti hasznosítási formával is találkozhatunk, melynek egy része az 1. ábrán is látható; császárfű (*Paulownia tomentosa*), olasz nád és kínai nád fajokkal. A

felhasznált rekultivációs talajkeverék a helyszíni agyag és szennyvíziszap 1:2 arányú keveréke (HORVÁTH SÁNDOR BÁNYAIGAZGATÓ ÚR SZÓBELI KÖZLÉSE, 2019. március 8.).



1. ábra Agrárerdészeti rendszer bányarekultivációs területen (fotó: Horváth Sándor)

Diplomamunkám során – szintén ezen bányarekultivációs területen – mesterséges talajkeverékeket vizsgáltam, a tenyészedényekben nevelt növények fejlődésének tükrében. A korábban említett almásfüzitői és a székesfehérvári rekultiváció során alkalmazott talajkeveréken – mint kontroll alapkeverékeken – elért biomassza produktumot viszonyítottam az alapkeverékekhez különböző arányban adagolt ipari melléktermékeket (pernyét, és vörösiszapot) tartalmazó keverékek produktumához a következő vizsgált növényfajokkal: simalevelű mezei szil (*Ulmus minor* var. *minor*), csicsóka, sida és olasz nád. Elmondható, hogy a két – gyakorlatban már használatos és eredményes – rekultivációs talajközeg a kísérlet során is megfelelő közeget jelentett, azonban a további – bizonyos arányú – hulladékot tartalmazó keverékek növénycsoportjai szignifikánsan nagyobb hozamot mutattak a legtöbb esetben. Ezen kedvezőnek bizonyult közegek az 'AF50' (50 w/w% almásfüzitői alapkeverék, 30% székesfehérvári alapkeverék és 20% pernye) illetve a 'V30' (70 w/w% székesfehérvári alapkeverék és 30% vörösiszap) keverék volt. Ennek oka valószínűleg az összetevők előnyös hatásainak érvényre jutása, egymást kiegészítve, a kedvezőtlen hatásukat pedig mérsékelve (pl. a szennyvíziszap sótartalmának koncentrációja csökkenve, míg a benne található jelentős nitrogén hasznosulva), így kedvezőbb szerkezeti és tápelem-ellátottsági állapotot elérve.

Lényeges megállapítás – korábbi kutatásokkal összhangban (KÓNYA ET AL., 2015) –, hogy a vizsgálat során előállított mesterséges talajkeverékek még a kifejezett talajosodási folyamatok lejárás előtt is alkalmas közeget jelentenek növényi remediációs, illetve rekultivációs feladatokban történő felhasználásra, idővel hasznosításra. Ezért a keverékek a környezetvédelmi szempontokkal, valamint hulladékgazdálkodással összefüggő jogi szabályozással összhangban alkalmasak lényegében már az előállításuk időpillanatától növényzettel történő borítottság létrehozására, ezzel a szukcessziós felgyorsítva és a talajosodási folyamatokat elősegítve.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- ANTOS, G., ÁRENDÁS, T., BIRKÁS, M., BLASKÓ, L., CSERNI, I., FARKAS, CS., GYURICZA, CS., JAKAB, P., JOLÁNKAI, M., JUHÁSZ, CS., KADLICKÓ, B., KALOCSAI, R., LEHOCZKY, É., MEGYES, A., MESTERHÁZI, P. Á., PECZE, ZS., PERCZE, A., RÁTONYI, T., SCHMIDT, R., SZEMŐK, A., SZÖLLŐSI, I., TÓTH, Z., ZSEMBELI, J., ZSIGRAI, GY.(2006): Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- ELTE-KKKK (2007): Zagyatározók vizsgálata, rekultivációs ártalmatlanítása. (Környezetterhelési vizsgálatok). Környezettudományi kooperációs Kutató Központ alapítása az Eötvös Loránd tudományegyetemen, részletes projektzáró szakmai jelentés. Budapest.
- FEIGL, V. (2011): Toxikus fémekkel szennyezett talaj és bányászati hulladék remediációja kémiaival kombinált fitostabilizációval. PhD értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Budapest.
- FENYŐ, GY. (2010): Földjog és földügyi intézmény-hálózat 5., Földvédelem és földhasználat. Kiadó: Nyugat-magyarországi Egyetem. Sopron.
- GABNAI, Z., GÁL, B. S. (2016): A szennyvíziszap-hasznosítás energetikai és egyéb lehetőségei. Journal of Central European Green Innovation 4 (1). 13- 30.
- HEIL ET AL., 2018 HEIL, B., HORVÁTH, S., KLING, I., KOVÁCS, G. (2018): Művelt/felhagyott bányák, degradált területek gazdaságos ökológiai hasznosítása <http://mek.oszk.hu/18900/18937/18937.pdf>
- KÁDÁR, I. (1998): Kármentési kézikönyv 2. A szennyezett talajok vizsgálatáról. Környezetvédelmi Minisztérium. Budapest.
- KLEBERCZ O., BÖRÖNDI T., ULLMANN O., ZAJÁROS A., FEIGL V., MOLNÁR M., GRUIZ K. (2013): Növényi termőközeg (mesterséges talaj) létrehozása hulladék alapanyagokból. Előadás: Soilutil-Talajjavítás hulladékokkal, Záró konferencia. Budapest, November 15.
- KÓNYA, A., HEIL, B., KOVÁCS, G. (2015): Szennyvíziszap hasznosítása talajkeverékek kialakításával. In: Szennyvizek és szennyvíziszapok hasznosítása a régió fenntartható mezőgazdaságáért. (Ed.: Simon, L., Vincze, Gy.) 81- 87. Kiadó: Nyíregyházi Főiskola. Nyíregyháza.
- KURDI, R. (2011): Vegyipari folyékony hulladékok. Tankönyvtár. Hivatkozva: 2020.03.08. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Vegyipari_hulladekok/ch01s02.html
- PEREI, K., PERNYESZI T., LAKATOS, GY. (2013): Bioremediáció. Kiadók: Szegedi Tudományegyetem; Debreceni Tudományegyetem; Pécsi Tudományegyetem. Szeged, Debrecen, Pécs.
- SIMON L. (2006): Toxikus elemek akkumulációja, fitoindikációja és fitoremediációja a talaj-növény rendszerben. MTA Doktori értekezés. Nyíregyházi Főiskola. Nyíregyháza.
- TAMÁS, J., BLASKÓ, L. (2008): Environmental management. Kiadó: Debreceni Egyetem. Debrecen.
- ZAMOZNY, G. (2018): Agrárerdészeti ismeretek. Útmutató Környezetbarát és Jövedelmező Gazdálkodási Módszerekhez. Magyar Elektronikus Könyvtár. Hivatkozva: 2020. 04. 30.
URL 1: <http://www.tkv.hu/images/prezentacio.pdf>
Hivatkozva: 2020. 03. 26.
URL 2:
http://www.mokkka.hu/db1/rec_list.php?db_type=mysql&lang=hun&sheet_type=36&datasheet_id=1059&sorszam=1059&order=user&sheet_type_filter=0&sheet_lang_filter=HU&alluser

- _filter=
Hivatkozva: 2020. 03. 28.
- URL 3: http://biopsol.hu/files/file/Szennyviziszap_kezelesi_es_hasznositasi_strategia_2018_2023.pdf
Hivatkozva: 2020. 02.3.
- URL 4: <https://www.alfoldviz.hu/cegunkrol/kornyezetvedelem/szennyviziszap-hasznositas>
Hivatkozva: 2020. 02.20.
- URL 5: <http://almasfuzito.tkv.hu/rekultivacio-celja/rekultivacios-folyamat>
Hivatkozva: 2020. 03. 26.
- URL 6:
https://www.teglasszovetseg.hu/index.php?option=com_k2&view=item&id=1110:teglagyarbo-l-talajgyar&year=2019&month=6&Itemid=95&lang=hu
Hivatkozva: 2020. 04. 22.

REMEDIÁCIÓS LEHETŐSÉGEK AGRÁRERDÉSZETI RENDSZEREKBE

PEKLER JÁNOS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

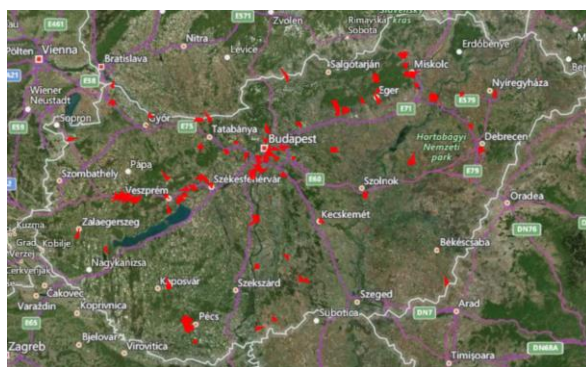
janos.pekler@gmail.com

Talajszennyezés

A termőtalajok szennyezettsége komoly ökológiai és közegészségügyi problémát jelenthet, hiszen az élelmiszerlánc kiinduló eleme, a termesztett növények fejlődési közege, így a szennyezőanyagok végsősoron bekerülhetnek az alapvető élelmiszerekbe. Emellett potenciális veszélyforrás az efféle talajokon legeltetett vagy az innen származó takarmánnyal tenyésztett állatokra, ezáltal közvetve szintén közegészségügyi kérdéseket vethet fel (URL 1; KÁDÁR, 1998; TARACZKÖZI, É.N.; PEREI ET AL., 2013). A jogszabályok a legtöbb talaj- és vízszennyező anyag esetében meghatározzák azt az mennyiségi értéket, amely már beavatkozást igényel, mivel jelentős ökológiai és egészségügyi kockázatot jelent (PEREI ET AL., 2013). Ezt a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet (a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről) számszerűsítve határozza meg anyagsopontonként. Mivel a talajba kerülő toxikus anyagok megkötődése változik az adott talaj tulajdonságaitól függően (mint mechanikai összetétel, kémhatás és redoxipotenciál, kationviszonyok, stb.), ezért ezeket figyelembe véve, talajtani háttér tudással kiegészítve lehet alkalmazni a megadott határértékeket (TARACZKÖZI, É.N.; URL 2).

A talajt szennyező anyagok forrása sokrétű, ilyenek lehetnek az ipari tevékenységek (annak számos formája, mint a fosszilis energiahordozók égetése, metallurgiai ipar, bányászat, stb.), a járműforgalom, az egyre növekvő mértékű – ipari és lakossági – hulladék elhelyezés, a növényvédő és gyomirtó vegyszerek használata, a műtrágyázás és egyéb kijuttatott tápanyagpótló anyagok (mint szerves trágya, hígtrágya, szennyvíziszap, stb.). A szennyezés mértéke általában a kibocsátás helyétől függ, attól távolodva csökkenő mértékben számolhatunk a szennyezőanyagok koncentrációjával, azonban a légszennyezésből közvetve jelentkező talajszennyezés esetén figyelembe kell venni a transzmissziót is (KÁDÁR, 1998; CSICSEK ET AL., 2014.; PEREI ET AL., 2013; SIMON, 2006).

A talajok és felszín alatti vizek szennyezettségének feltárásával az Országos Környezeti Kármentesítési Program foglalkozott részletesen, a szennyezett területek, szennyezőforrások száma eredményeik szerint 30-40 ezerre tehető (URL 1). Az 1. ábrán száz jelentősebb, magyarországi környezetszennyezéssel érintett terület látható (egy National Geographic-os cikkben található interaktív térképen, ahol a részletes leírást is megtaláljuk). A szennyezett területek bizonyos hányadát mentesítették (URL 3).



1. ábra Szennyezéssel érintett területek (forrás: URL 3)

A szennyezőanyagok lehetnek szervetlen anyagok (mint fémek, nitrát, cianid, foszfát, radioaktív anyagok, stb.), és szerves anyagok (mint petrokémiai anyagok; szintetikus szerek, pl. peszticidek, halogén tartalmú vegyületek; valamint élelmiszeripari hulladékok: pl. zsír, fehérje, cellulóz, keratin) (PEREI ET AL., 2013). Kiemelkedően fontos kérdés, hogy milyen formában vannak jelen a talajban az egyes szennyezők a vízdoldhatóság szempontjából, ettől függően mosódhatnak a talajvízbe vagy érhetők el a növények gyökerei által a termőrétegben (FEIGL, 2011; SIMON, 2006).

Fémek, mint szennyezőanyagok

Az említett anyagsz csoportok közül az egyik legjelentősebb talajszennyező a fémek, ezen belül is a nehézfémek csoportja. Ezen fémek és félfémek mai értelmezése magába foglalja toxikus biológiai hatásukat egy bizonyos koncentráció fölött. Előfordulnak természetes komponensként is a talajképző folyamatok eredményeképp, azonban arányuk jelentősen antropogén hatásra növekszik meg (TARACZKÖZI, É.N.; FEIGL, 2011; PEREI ET AL., 2013). A talaj folyadékfázisában minimális a koncentrációjuk, a még megengedett nehézfém-terhelés esetén is, mivel kötődnek az agyagásványokhoz és a szervesanyagokhoz, ezzel a feltalajban akkumulálódnak. Ellenben kicsapódva vagy szervesfém komplexként is előfordulnak, amik jól oldódnak (SZILI-KOVÁCS, 1985). A kémhatás ez esetben is lényeges tényező, ugyanis a talajsavanyodással a nehézfémek mobilizálódnak és megjelennek a talajoldatban és a talajvízben (SIMON, 2006), ha azonban az átszivárgó víz pH-értékét csökkentjük hígítással vagy semlegesítéssel, ezeknek az anyagoknak a mobilitása lecsökken és a felszín alatt újra megkötődnek (KÉKESI, 2011/2011). A növények leginkább a nehézfémek a víz-oldható és könnyen kicserélhető formáit tudják felvenni, azok felvehetősége függ a növény faj/fajtától, a talaj kémhatásától (savanyú talajokban szignifikánsan nagyobb a felvehetőség), nedvességtartalmától, kation-kicserélő képességétől és a szervesanyag-tartalmától. A felvett fémek közvetlenül a növényre, közvetve pedig az azt elfogyasztó állatra, emberre lehetnek veszélyesek tehát, emellett csökkentik bizonyos mikroorganizmusok aktivitását, mint a N-kötő és nitrifikáló baktériumok esetében (SIMON, 2006; SZILI-KOVÁCS, 1985). A diffúz környezetszennyezés, pl. légszennyezettség következménye lehet a savaseső, mely elősegíti a fémek mobilizálódását (PEREI ET AL., 2013; TARACZKÖZI, É.N.). A termőtalajok mikroelem mérlege legtöbbször pozitív (több a „bemenő” mennyiség, mint a „kimenő”), viszont a talaj egy bizonyos határig pufferként viselkedik, megköti a nehézfémeket és így tompítja azok hatását, ám egy későbbi időpontban maga is szennyezővé válik. A legtöbb környezeti problémát az ólom (Pb), kadmium (Cd), higany (Hg), réz (Cu), króm (Cr), nikkel (Ni) és cink (Zn) okozza (SIMON, 2006).

A nehézfémekhez hasonlóan jelentős az alumínium-szennyezés hatása is, amely általában alumínium-hidroxidok formájában van jelen a talajban. A növények alumínium mérgezésével, amely potenciálisan a világ szántóterületének 40%-át veszélyezteti, leginkább csak 5,0-ös pH érték alatt kell számolni. Ily savanyú kémhatás esetén beoldódhatnak a talajvízbe (talajoldatba), ahol az alumínium ionformái kémhatástól függően változók. Ezek mozgékonyasága fokozatosan növekszik (pH<5,5), mely hatékonyan csökkenthető kalcium-karbonát és kalcium-szulfát, illetve szerves anyagok segítségével. A növények alumíniumtartalma általában néhány tíz vagy néhány száz mg/kg. Egyes fajokban meghaladhatja a 0,1%-ot, amit jelentősen befolyásolnak talaj- fizikai és kémiai tulajdonságok (SIMON, 2006). Az említett rendelet (6/2009. [IV. 14.]) alapján az 1. táblázat mutatja be a fémek és félfémek szennyezettségi határértékét a földtani közegre (B; mg/kg) és a veszélyességet jellemző besorolást (K_i; mely szerint K1 a minden esetben veszélyes anyagokat jelöli).

1. táblázat Fémek („összes” kioldható) és félfémek szennyezettségi határértéke (forrás: 6/2009. [IV. 14.] KvVM-EüM-FVM együttes rendelet)

CAS szám		B	K _i
7440-47-3	Króm összes	75	K2
	Króm VI.	1	K1
7440-48-4	Kobalt	30	K2
7440-02-0	Nikkel	40	K2
7440-50-8	Réz	75	K2
7440-66-6	Cink	200	K2
7440-38-2	Arzén	15	K1
7782-49-2	Szelén	1	K2
7439-98-7	Molibdén	7	K2
7440-43-9	Kadmium	1	K1
7440-31-5	Ón	30	K2
7440-39-3	Bárium	250	K2
7439-97-8	Higany	0,5	K1
7439-92-1	Ólom	100	K2
7440-22-4	Ezüst	2	K2

A nehézfémek (és toxicitása révén az alumínium) humán egészségügyi hatását illetően a belélegzett vagy az ital és étel elfogyasztásával bekerülő szennyezőanyagok különböző mértékben és módon terhelik szervezetünket. A nyomelemek és nem toxikus fémeken kívül beszélhetünk enyhén toxikus (mint ón: Sn; alumínium: Al; stb.) és erősen toxikus fémekről (mint higany: Hg; kadmium: Cd; ólom: Pb; arzén: As) (URL 4; TARACZKÖZI, É.N.). A cink és a kadmium a növények számára az egyik legkönnyebben felvehető nehézfém, és a növényen belül is könnyen szállítódik. A növényekben sokszor mérgezési tünetek nélkül halmozódnak fel nagy mennyiségben (KÁDÁR, 1998). Jelenlétüket nem lehet észlelni közvetlenül, általában hosszú távon halmozódnak fel és fejtik ki hatásukat (URL 4; KOVÁCS, 2013). Ezen hatások összeadódnak, ezzel nem csak egy-egy funkciót vagy szervet veszélyeztetve, hanem az emberi szervezet egészét érintő károsodást jelenthet a mérgezés (érintheti az idegrendszert, vese és a máj funkcióit, vérképzést, a légzőszerveket, okozhat szaporodási és a genetikai anomáliákat, rákképződést stb.). Közülük is talán legsúlyosabbak a káros genetikai elváltozások, melyek akár az utódgenerációkban is megjelenhetnek öröklődéssel (KÁDÁR, 1998; URL 4).

A mezőgazdálkodás során – a terméshozam érdekében – alkalmazott különböző tápanyagpótló (szerves-, mű-, és hígtrágya, szennyvíziszap) és talajjavító anyagokkal továbbá -növényvédelmi célból felhasznált vegyszerekkel esetleg a nem megfelelő minőségű öntözővízzel kedvező tulajdonságaik mellett nehézfémforrásként is számolni kell. Ma már ugyan szigorúbb

szabályozások vonatkoznak ezen anyagok összetételére, korábban nagy mennyiségben használtak jelentősen szennyező – főleg növényvédő – szereket (mint pl. higannyal csávázott vetőmag), amelyek felhalmozódva, akkumulálódva ma is megoldandó problémát jelenthetnek bizonyos területeken. Emellett a ma alkalmazott műtrágyákban (esetleg bizonyos szennyvíziszapokban), és vegyszerekben is nagy szórással találhatunk nehézfémeket (CSICSEK ET AL., 2014; GABNAI ÉS GÁL, 2016). Kiemelkedő közülük is a foszforműtrágya és a szennyvíziszap melyek nagy szórással akár több száz mg kg⁻¹ mennyiségben tartalmazhatnak nehézfém elemeket. Ez figyelhető meg a 2. táblázatban is (CSICSEK ET AL., 2014).

2. táblázat Különböző mezőgazdasági célú anyagok elemtartalma (Csicsek et al., 2014)

Elem	Foszforműtrágyák	Szervestrágya	Szennyvíziszap	Peszticidok
As	2-1200	3-25	1-60	20-60
B	5-120	1-60	4-50	-
Cd	1-170	1-40	4-120	-
Cu	1-300	2-60	10-2400	10-50
Pb	7-225	6-15	20-2200	60
Hg	0,01-1,2	0,09-0,2	1-9	1-40
Zn	50-1450	15-350	175-12500	1-25

Fitoremediáció

A szennyezett termőterületek helyreállítása számos módszerrel történhet a szennyezés mértékétől és jellegétől, de leginkább a terület helyszínétől függően in-situ és ex-situ fizikai-kémiai és biológiai (esetleg hőkezelési) technológiai eljárásokkal (KOVÁCS, 2013). Agrárerdészeti rendszer formájában alkalmazható megoldásnak ítélem meg az in-situ biológiai eljárásokhoz sorolandó fitoremediációt, melynek során a szerves vagy szervetlen szennyezések eltávolítása, átalakítása, megkötése a növények segítségével történik – kihasználva azt a folyamatot, mely során a nehézfémek könnyen bejutnak a vegetációba, ahol mérgező koncentrációban is felhalmozódhatnak (sok esetben mérgezési tünetek nélkül) –, majd ezen növényeket eltávolítva a szennyezőanyagokat is eltávolítjuk. Ezzel megtisztítva a talajt, az akár élelmezési célú haszonnövények alkalmazására lehetőség nyílik (újra) (TARACZKÖZI, É.N.). Ezt a hatékony és környezetbarát módszert gyakran alkalmazzák nehézfémekkel szennyezett talajok illetve talajvizek kármentesítésére, viszont számolni kell azzal, hogy hosszútávú folyamat, a gyors regenerálásra és a magas koncentrációjú toxicitás esetén kevésbé alkalmas (KOVÁCS, 2013; PEREI ET AL., 2013). Az eljárás lényege, hogy a növények a szennyező elemeket, molekulákat akkumulálják magukban a fitoextrakciós folyamat révén, azaz gyökérzet által közrefogott talajtérhez képest magasabb koncentrációban halmozzák fel magukban a szennyezőket. A különböző anyagokat egyes fajok más-más szervükben halmozzák fel (KOVÁCS, 2013; PEREI ET AL., 2013). Átfogó kísérletek megállapították, hogy ez fűfélék esetében a hajtásokat, erősebb gyökérzetű növények esetében pedig általában a gyökeret jeletni, ugyanakkor a fás szárúaknál amellett, hogy mélyebb szintek illetve talajrétegekből is felveszik a szennyezőket, jobban el is oszlatják a gyökérzet és a felszín feletti szervek között (KOVÁCS, 2013) – ezzel megkönnyítve a káros elemek elszállítását, ha a gyökérzetet nem tudjuk eltávolítani. Megállapítottak kevésbé és kifejezetten jól akkumuláló fajokat, utóbbira példa a kukorica (Cd), a fűz fajok (Cd, Zn), a sóska (Cd, Cu, Zn), a retek (Cd, Zn) és a fekete bodza (Pb). További kísérletekről is beszélhetünk, ahol sikeresen vonta ki a talajból a nádas csenkesz (*Festuca arundinacea*), a Szarepta mustár (*Brassica juncea*) és a kosárkötő fűz (*Salix viminalis*) a rezet, a cinket és az ólmot; a közönséges búza (*Triticum aestivum*), az árpa (*Hordeum vulgare*)

és a sárga csillagfürt (*Lupinus luteus*) a higanyt; a *Populus deltoides* × *Populus maximowiczii* hibrid nyár és az I-214-es nemesnyár a rezet, cinket és a krómot, ugyanakkor a kadmiumot kevésbé; ellenben a törékeny fűz és a kosárkötő fűz föld feletti növényi részekben magas kadmiumot és cinket mértek; továbbá kiemelkedő akkumulációs tulajdonságokkal bírt a fehérfűz (*Salix alba*) a réz és a cink, lombzatában pedig további elemek (arzén és higany) tekintetében; emellett hasonlóan kedvező tulajdonságokkal bírt a feketefenyő (*Pinus nigra*) is (KOVÁCS, 2013).

Az agrárerdészeti rendszerben való fitoremediációs eljárás számos kedvező tulajdonsággal jellemezhető. A különböző mértékben szennyezett talajú szántó területeket úgy hasznosítjuk (fás szántó, fás legelő, stb.), hogy a fasorok és a természetett lágyszárúak biológiai és természetstechnológiai egységet alkotnak, ezzel a termőréteg több szinten hasznosul, illetve tisztulhat meg a szennyezőanyagoktól (ZAMOZNY, 2018). A kikerülő növényzettel eltávolítjuk a toxikus elemeket, ugyanakkor energetikai, esetleg ipari célra hasznosítható terméssel számolhatunk (KÓNYA ET AL., 2015; GABNAI ÉS GÁL, 2016). Célszerű olyan növényeket választani, amelyek az adott körülményeknek és a remediációs célnak a legmegfelelőbbek, figyelembevéve az ökológiai igényeket és a szennyezettség mértékét, összetételét; emellett az eltávolítandó növényeket a szennyezőanyagot nagy mértékben tartalmazó részeikkel -az adott fajtól és toxikus elemektől függően- együtt érdemes eltávolítani, így sok esetben egész fás (gyökérszettel) vagy teljes fás (leveles hajtásokkal) kitermelés formájában. Javasolható az a termesztési modell, miszerint a fasorokat a fakitermelést követően megfelelő távolságkülönbséggel az előző ciklusban telepített soroktól eltérő nyomon létesítsék, így idővel a fák gyökere minden talajrészt érinthet.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- CSICSEK, G., ORTMANN-NÉ AJKAI, A., LÓCZY, D. (2014): Rekultivált meddőhányó fásításának vizsgálata a Mecsek-hegységben. Tájökológiai Lapok 12 (1). 159–171.
- FEIGL, V. (2011): Toxikus fémekkel szennyezett talaj és bányászati hulladék remediációja kémiaival kombinált fitostabilizációval. PhD értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Budapest.
- GABNAI, Z., GÁL, B. S. (2016): A szennyvíziszap-hasznosítás energetikai és egyéb lehetőségei. Journal of Central European Green Innovation 4 (1). 13- 30.
- KÉKESI T. (2011/2011): Vörösiszap – veszélyes hulladék, vagy értékes nyersanyag? Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat. 144/3. 34-38.
- KÁDÁR, I. (1998): Kármentési kézikönyv 2. A szennyezett talajok vizsgálatáról. Környezetvédelmi Minisztérium. Budapest.
- KOVÁCS, H. (2013): Nehézfémekkel szennyezett bányaterületről származó fás szárú biomassza égetéssel történő ártalmatlanítási feltételeinek vizsgálata. Doktori értekezés. Miskolci Egyetem, Tüzeléstan és Hőenergia Intézeti Tanszék. Miskolc.
- KÓNYA, A., HEIL, B., KOVÁCS, G. (2015): Szennyvíziszap hasznosítása talajkeverékek kialakításával. In: Szennyvizek és szennyvíziszapok hasznosítása a régió fenntartható mezőgazdaságáért. (Ed.: Simon, L., Vincze, Gy.) 81- 87. Kiadó: Nyíregyházi Főiskola. Nyíregyháza.
- PEREI, K., PERNYESZI T., LAKATOS, GY. (2013): Bioremediáció. Kiadók: Szegedi Tudományegyetem; Debreceni Tudományegyetem; Pécsi Tudományegyetem. Szeged, Debrecen, Pécs.
- SIMON, L. (2006): Toxikus elemek akkumulációja, fitoindikációja és fitoremediációja a talaj-növény rendszerben. MTA Doktori értekezés. Nyíregyházi Főiskola. Nyíregyháza.

- SZILI-KOVÁCS T. (1985): A szennyvíziszap-elhelyezés talajmikrobiológiai problémái. Agrokémia és Talajtan 34 pp. 486-493. TARACZKÖZI, K. (é.n.): Nehézfémek a mezőgazdasági talajokban. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Mezőgazdaságtudományi Kar, Földműveléstani Tanszék. Debrecen.
- ZAMOZNY, G. (2018): Agrárerdészeti ismeretek. Útmutató Környezetbarát és Jövedelmező Gazdálkodási Módszerekhez. Magyar Elektronikus Könyvtár. Hivatkozva: 2020. 04. 30.
- URL 1: [HTTP://EDKVF.ZOLDHATOSAG.HU/TARTALOM/VIZVED/FSZA_OKKP.HTML](http://edkvf.zoldhatosag.hu/tartalom/vizved/fsza_okkp.html)
Hivatkozva: 2020. 04. 29.
- URL 2: [HTTPS://WWW.AGRONAPLO.HU/SZAKFOLYOIRAT/2009/08/SZANTOFOLD/A-TALAJOK-NEHEZFEMTARTALMANAK-MEGITELESE](https://www.agronaplo.hu/szakkfolyoirat/2009/08/szantofold/a-talajok-nehezfemtartalmanak-megitelese)
Hivatkozva: 2020. 05. 01.
- URL 3: [HTTPS://NG.HU/BLOG/JOVONK-ZALOGAI/2018/06/25/ELTEKOZOLT-EGESZSEG-MAGYARORSZAG-VESZELYES-SZENNYEZETT-TERULETEI/](https://ng.hu/blog/jovonk-zalogai/2018/06/25/eltekozolt-egeszseg-magyarorszag-veszelyes-szennyezett-teruletei/)
Hivatkozva: 2020. 05. 04.
- URL 4:
[HTTP://PHYSIOLOGY.ELTE.HU/ELOADAS/NEUROTOXIKOLOGIA/NEUROTOX_7_2016_NEHEZFEMEK.PDF](http://physiology.elte.hu/eloadas/neurotoxikologia/neurotox_7_2016_nehezfemek.pdf)
Hivatkozva: 2020. 05. 10.

FAÜLTETVÉNYEK HELYE AZ AGRÁRERDÉSZETBEN

SZABÓ MIKLÓS ÁRPÁD

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet-és Földtudományi Intézet

szabomiklos997@gmail.com

Az agrárerdészet mint földhasználati rendszer sokak szerint fentarthatóbb alternatívát jelent a ma elterjedt mezőgazdasággal szemben, azonban a fogalom jelentése közel sem egyértelmű sokak számára, ezért tisztázni szeretném, mit is jelent az agrárerdészet. Az agrárerdészet a fák és cserjék állattartással és/vagy mezőgazdasági növénytermesztéssel integrált rendszere. A mezőgazdasági és erdészeti technológiák felhasználásával egy diverzebb, produktívabb, jövedelmezőbb, egészségesebb és fentarthatóbb földhasználati forma. Az agrárerdészeti rendszerekben a fákat és a cserjéket tudatosan integrálják mezőgazdasági rendszerekbe, vagy erdei melléktermékeket (nem fatermékeket) állítanak elő erdőkben (UMRANI, JAIN 2010).

Hazai szerzők az agrárerdészeti rendszereket a következő típusokba sorolják be: (1) Köztes termesztés, azaz szántóföldi növények termesztése fasorok között. (2) Fás legelők, azaz fás szárú kultúra fenntartása legelőkön. (3) Erdei melléktermékek, az erdőben megtermelt nem fa termékek. (4) Erdősávok, a mezőgazdasági területek köré telepített fás kultúrák, melyek főként a szél ellen védik a területet. (5) Gyümölcsészetek, a természetes ökoszisztémák mintájára kialakított gyümölcsstermő rendszer. (6) Faültetvények, mezőgazdasági területen létrehozott energetikai vagy ipari faültetvények (GYURICZA, BOROVICS 2018).

Fás szárú ültetvények, illetve létrehozásuk és megszüntetésük jogszabályi háttere:

A faültetvények vagy fás szárú ültetvények fogalmát is szeretném tisztázni. Ma Magyarországon a hatályban lévő jogszabály, a 135/2017. (VI. 9.) Kormányrendelet a fás szárú ültetvényekről a következő képpen határozza meg a faültetvény fogalmát: „fás szárú ültetvény: legalább 5000 négyzetméter összefüggő területi kiterjedésű, az 1. mellékletben meghatározott alapfafajok és azok erdészeti és energetikai célra engedélyezett fajtáikból álló, legfeljebb 20 évig fenntartott, energetikai hasznosításra szánt hengeres energetikai célú fás szárú ültetvény, energetikai hasznosításra szánt legfeljebb 5 éves vágásfordulóval kezelt sarjzatú energetikai célú fás szárú ültetvény és a faipari alapanyag termelését szolgáló ipari célú fás szárú ültetvény”

Faültetvények esetén a földterület művelési ága is hangsúlyos szerepet kap. A fent idézett rendelet azt is meghatározza, hogy milyen területen szabad ültetvényt létrehozni.

„(1) Tilos fás szárú ültetvényt telepíteni

- a) az Evt. szerinti erdő- és erdőgazdálkodási tevékenységet közvetlenül szolgáló földterületen,
- b) borszőlő termőhelyi kataszterbe, valamint gyümölcs termőhelyi kataszterbe tartozó földrészleten, valamint
- c) védett természeti területen, valamint
- d) Natura 2000 területen a szántó művelési ágú földterület kivételével.

(2) Természetes vagy természetszerű erdő, valamint nem szántó, nem erdő és nem fásított terület művelési ágú védett természeti terület, illetve Natura 2000 terület 100 méteres

körzetében intenzíven terjedő idegenhonos fafajjal fás szárú ültetvényt telepíteni tilos, kivéve, ha a terjedését természetes vagy mesterséges akadály gátolja.”

A kormányrendelet tehát meghatározza a telepítésre törvényileg alkalmas területeket, és ezáltal válik érthetővé az agrárerdészeti rendszereken belül elfoglalt helye a faültetvényeknek. Az agrárerdészet meghatározásában olvasottakkal ellentétben a faültetvényeknél nem találhatók mezőgazdasági növények, és állattartást sem szokás alkalmazni, tehát a faültetvények és a többi agrárerdészeti rendszer között az a legszembevetőbb különbség, hogy a fás szárú ültetvényen nem folyik élelmiszertermelés a fás kultúra fenntartásával egyidejűleg. Azonban a faültetvények esetében a fákat tudatosan integrálják mezőgazdasági rendszerekbe, ugyanis a földterület a jogszabályi szabályozás miatt szántó művelési ágba tartozik, itt engedélyezi a faültetvény létesítését. A művelési ág miatt az ültetvény létrehozása előtt, vagy annak megszüntetése után a szántó lehetőséget nyújt mezőgazdasági növények termesztéséhez.

A fás szárú ültetvények létrehozása bejelentés köteles, melyet az erdészeti hatóság irányába kell megtenni. A jogszabály meghatározza, hogy mit kell rögzíteni a bejelentésben. Fontos kiemelni, hogy faültetvényt létrehozni csak az adott termőhelyhez alkalmas, igazolt származású és minőségű szaporítóanyag felhasználásával szabad.

A fás szárú ültetvények kitermelése, megszüntetése szintén bejelentés köteles. „A fás szárú ültetvény területét a megszüntetését követően... az eredeti művelési ágnak megfelelő állapotba kell hozni.” Ez alól kivételt jelenthet, ha a faültetvényt megújítják vagy ismételtlen azt kívánják létrehozni, ezek a tevékenységek szintén bejelentés kötelesek.

Magyarországon a jogszabály több fafajjal is engedélyezett faültetvényeket létrehozni (2. ábra), azonban a különböző nemesnyár klónokból létrehozott ültetvények a legelterjedtebbek.

Fás szárú ültetvények létrehozása történhet ipari vagy energetikai céllal. Az energetikai célú faültetvényeken a betakarításkor az 1-5 éves növényeket hasznosítják, majd biomassza erőművekben égetéssel energiát nyernek belőle. Az energetikai célú faültetvényeken termelt biomassza két fontos előnye, hogy megújuló energiaforrás és hogy csak olyan szenet bocsájt ki a légkörbe, melyet a növény életének ideje alatt a légköri szén-dioxidból vont ki. (Fás biomassza Energetikai hasznosítása -7 oldal) A különböző klónok közül energetikai ültetvény létrehozására az olasz nemesítésű klónok a legmegfelelőbbek, már az első években is nagy termés hozamot produkálnak. A dugványok megeredési aránya körülbelül 80-90% (szemben a fűzek akár 95-100%-ával). A biomassza hozam 2-3 évente betakarítva elérheti a 20-30 tonnát hektáronként.

Az ipari célú faültetvényeken intenzív technológiával állítanak elő értékes választékokat a faipar számára. Ebben az esetben az ültetvényeket nem takarítják be olyan gyakran, a cél nem a minél nagyobb biomassza hozam, hanem az értékes választékok előállítására. A faegyedeket ilyenkor intenzíven kezelik, törzsalakítás céljából nyesik, a cél a minél szabályosabb, egyenes, hengeres, hibátlan választékokat adó törzsek nevelése (GYURICZA, BOROVICS 2018).

A faültetvények környezeti szerepét is ki kell emelni, ugyanis több előnyös tulajdonsággal is rendelkeznek. A fás szárú növények szén megkötése és raktározása is fontos szempont, amely jelentősebb, mint a mezőgazdasági kultúráké, így általánosságban is elmondható, hogy az agrárerdészeti rendszerekben jelen lévő fák által a területek szén megkötése is nagyobb mértékű lesz, ami pedig a klímaváltozás elleni védekezésben fontos szempont (UMRANI, JAIN 2010).

A faültetvényeknek a mezőgazdasági rendszerekbe illesztve több előnyös hatása is van a talajra és ezáltal a földterületre, illetve a környező földterületekre is kifejtheti kedvező hatását. Mezőgazdasági területeken gyakori probléma az erózió és a defláció, melyek ellen a fás szárú

kultúrák hatékony védelmet jelentenek. A különböző szántóföldi növényekhez mérten igazoltan kisebb az erózió mértéke a faültetvényekben, főleg a kukoricához viszonyítva. A mezőgazdasági területeken létrehozott faültetvények az erózió és a defláció ellen nem csak a saját területük talaját védik, hanem a környező szántók talaját is. Ez a hatás főként erdőben szegény vidékeken jelentős, ahol a mikro- és mezoklímát előnyösen befolyásolják, bár nem szabad elfelejteni, hogy a mezővédő erdősávok szélmérséklő hatását a faültetvények nem tudják helyettesíteni (GYURICZA, BOROVICS 2018).

Sok kritika éri a faültetvényeket természetvédelmi oldalról, hiszen a biológiai sokféleség szempontjából elég sivár élőhelyek, és bármilyen erdő mögött sokkal elmaradnak ökológiai szempontból. Azonban azt nem szabad elfelejteni, hogy szántó művelési ágban egy faültetvény jelenléte ökológiailag is kívánatosabb, mint bármilyen mezőgazdasági kultúra. Fontos tehát kihangsúlyozni, hogy a szerepük szántó művelési ágban jelentős, tehát nem faültetvények létrehozásával nem erdőket rontanak le, hanem a különböző szántóföldi kultúrákat cserélik fás kultúrára. A titok nyitja szerény véleményem szerint a faültetvények helyén kezelése és szabályozása, hogy létrehozásuk csak a megfelelő helyen és céllal történjen.



9. ábra Harmadszor sarjaztatott nemesnyár ültetvény az aratást követő első év végén

1. melléklet a 135/2017. (VI. 9.) Korm. rendelethez

Fás szárú ültetvény telepítésére használható alapfafajok

	A	B
1.	Nyár fajok	<i>Populus spp.</i>
2.	Fehér fűz	<i>Salix alba</i>
3.	Fehér akác	<i>Robinia pseudoacacia</i>
4.	Dió fajok	<i>Juglans spp.</i>
5.	Kosárfonó fűz	<i>Salix viminalis</i>
6.	Mézgás éger	<i>Alnus glutinosa</i>
7.	Magas kőris	<i>Fraxinus excelsior</i>
8.	Magyar kőris	<i>Fraxinus angustifolia danubialis</i>
9.	Vörös tölgy	<i>Quercus rubra</i>
10.	Korai juhar	<i>Acer platanoides</i>

10. ábra A kormányrendeletben fás szárú ültetvény telepítésére engedélyezett fafajok (forrás: [HTTPS://NET.JOGTAR.HU/JOGSZABALY?DOCID=A1700135.KOR](https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1700135.kor))

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészlet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

135/2017. (VI. 9.) Korm. rendelet a fás szárú ültetvényekről (2020.12.13.)

GYURICZA CSABA – BOROVIK ATTILA: Agrárerdészlet, Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs központ, Gödöllő, 2018.

JÁGER LÁSZLÓ-SCHIBERNA ENDRE (szerk.): Fás biomassza Energetikai hasznosítása, Fenntartható Erdőgazdálkodásért Alapítvány, Sopron, 2014.

RAMESH UMRANI – C.K. JAIN: Agroforestry Systems and Practices, Oxford Book Company, Jaipur, 2010.

[HTTPS://WWW.AGRONAPLO.HU/SZAKFOLYOIRAT/2010/02/SZANTOFOLD/ENERGETIKAI-ULTETVENYEK-LETESITESERE-ALKALMAS-FAFAJOK](https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2010/02/szantofold/energetikai-ultetvenyek-letesitesere-alkalmas-fafajok)

FAÜLTETVÉNYEK TÖBBCÉLÚ HASZNÁLATÁNAK ELMÉLETI LEHETŐSÉGEI

SZABÓ MIKLÓS ÁRPÁD

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet-és Földtudományi Intézet

szabomiklos997@gmail.com

Az agrárerdészet olyan földhasználati forma, amely a fák és cserjék állattartással és/vagy mezőgazdasági növénytermesztéssel integrált rendszere. A mezőgazdasági és erdészeti technológiák felhasználásával egy diverzebb, produktívabb, jövedelmezőbb, egészségesebb és fenntarthatóbb földhasználati forma. Az agrárerdészeti rendszerekben a fákat és a cserjéket tudatosan integrálják mezőgazdasági rendszerekbe, vagy erdei melléktermékeket (nem fatermékeket) állítanak elő erdőkben. Hazai szerzők az agrárerdészeti rendszereket a következő típusokba sorolják:

- Köztes művelés
- Fás legelők
- Erdei mellékhasználat
- Faültetvények
- Erdősávok
- Gyümölcsészetek (GYURICZA, BOROVICS 2018)

Bár az egyik típusnak a faültetvényt jelölik meg, ezek kissé kivételes helyzetűek. A faültetvények lényege, hogy szántó művelési ágban hoznak létre vagy energia ültetvényt vagy ipari célú faültetvényt. Mivel azonban a faültetvényekben nem valósul meg a közvetlen élelmiszertermelés, azt gondolom, hogy érdemes megvizsgálni annak a lehetőségét, hogy a faültetvényeket hogy lehet átalakítani, illetve hogy lehet a faültetvényekhez hasonló, de élelmiszertermelés célját közvetlenül is szolgáló rendszert létrehozni.

A köztes termesztés azt jelenti, hogy a szántóföldi növényeket fasorok közé telepítik. Az ily módon létrehozott rendszerekben tehát jelen vannak az évente betakarított haszonnövények és a több évig vagy évtizedig fennálló fás kultúra is. A köztes termesztés célja, hogy egy ökológiailag előnyösebb mezőgazdasági rendszert hozzon létre úgy, hogy a gazdálkodói szempontok se csorbuljanak (UMRANI, JAIN 2010).

A köztes termesztés legfontosabb ökológiai előnyei a biológiai sokszínűség, a szél elleni védelem és a talaj védelem. A biodiverzitás mértéke az agrárerdészeti rendszerekben magasabb, mint az átlagos mezőgazdasági területeken. Ez a köztes termesztésbe vont területeken a termesztett növények fajsámának és az általuk alkotott komplexebb élőhelynek köszönhető, a fák és a cserjék jelenléte miatt jóval több állatfaj találja meg az életfeltételeit a területen.

Nagyon fontos, hogy a fák gyökerei mélyebbre hatolnak a talajban, mint a lágyszárú növényeké, ezáltal a talajnak más rétegében található tápanyagokat és vizet hasznosítják. A fák ugyanakkor a mélyebben található tápanyagok felhasználásával azokat a később a területre kerülő lágyszárú növények számára is elérhetővé teszik, ezáltal javítva a talaj termőképességét. Emellett a

csaknem folyamatos fedettség szintén a talajra fejt ki jótékony hatását. Szintén a fák mélyebben található gyökerei miatt fákkal kombinált területeken jóval kisebb a talajban a kimosódás mértéke, mint általában a mezőgazdasági művelés alatt álló területeken (GYURICZA, BOROVIĆS 2018).

Ökonómiai szempontból is több előnnyel rendelkeznek a köztes termesztésű rendszerek. Nagyon fontos, hogy a gazdálkodó jövedelme több forrásból áll, hiszen évente származik bevétel a lágyszárúakból, míg a fák hosszabb időközönként egy jelentősebb bevételt jelentenek, illetve a gazdálkodó vagy a gazdaság tűzifa szükségletét is biztosíthatják. Bevétel szempontjából jelentős, hogy nem egy forrásból áll a gazdálkodó bevétele, így jelentős károk esetén sem megy tönkre. A területen jelen lévő fasorok olyan élőlényeknek, például énekes madaraknak adhatnak otthont, amelyek a károkozók természetes ellenségeiként, azokat fogyasztva egyfajta biológiai védelmet képviselnek, ezáltal is csökkentve a gazdálkodó növényvédelemre fordított költségeit.

Hogy a faültetvényekből köztes termesztésű rendszereket kreáljunk, technológiai szempontokat kell figyelembe vennünk. Ha egyszerűen szántóföldi növényeket ültetünk a faültetvény sorközeibe, a fák hamar olyan fénykonkurenciát jelenthetnek a lágyszárúak számára, hogy azok nem lesznek alkalmasak a gazdaságos termesztésre. Megoldást az jelenthet, ha olyan növényeket telepítünk a sorközökbe, amik túrik az árnyalást. Az első évben, amíg a dugványok nem érnek el nagy méretet, és sarjak még nincsenek jelen az ültetvényen, a sorközökben más növények is termesztethők. Ilyenkor fontos technológiai szempontokat figyelembe venni, például hogy mennyire gépesíthető a gazdálkodás a sortávolságok függvényében. Később azonban főként árnytűrő, akár kevésbé elterjedt növényeket célszerű telepíteni, például gyógynövényeket. A termesztett növények megválasztásánál fontos a vízigény, nyár fasorok sorközeiben például cukorrépat nem javasolt termesztetni a két növény vízért folyó versengése miatt.

Törökországban egy agrárerdészeti projektben, amit az állami erdészet irányított, nemesnyár faültetvényekben végeztek köztes termesztést. Az első években kukoricát, tököt és szóját, később pedig többek között mentát, zsályát és bazsalikomot telepítettek a faültetvény állományára alá. Ezzel az ökológiai előnyök mellett szeretnének plusz jövedelmet elérni és a vidéki lakosság számára munkahelyet teremteni (GYURICZA, BOROVIĆS 2018).

A másik agrárerdészeti rendszer, melyhez hasonló haszonvételt a faültetvényekben is kialakíthatunk, a fás legelők rendszere. A sorközökbe különböző gyepek keverékek vetésével lehet a legelő funkciót elérni. A legelőkön a fák és a gyepek együttes jelenléte növeli a területen élőhelyre találó fajok számát, illetve a legelő állomány számára is élhetőbb közeget biztosít, ugyanis a legelhető növények mellett a fák árnyékot, pihenő helyet, szélárnyékot biztosítanak.

A jól szervezett fás területen történő legeltetés jelentősen csökkentheti a különböző gyomirtók és műtrágyák használatát, ezáltal kevésbé terheli a környezetet, illetve a gazdálkodó kiadásait is csökkenti. Az állomány ürüléke természetes trágyát jelent, ami jelentősen javítja a talaj minőségét.

A fás szárú növények szén megkötése és raktározása is fontos szempont, amely jelentősebb, mint önmagukban a gyepek területé, tehát a legelőkön jelen lévő fák által ugyanakkora területen a növényzet szén megkötése is nagyobb mértékű lesz, ami a klímaváltozást mérséklő hatásként jelentkezik.

A fás legelőknél bevett szokás, hogy a fák telepítését követő években nem kezdik meg a terület legeltetését, nehogy a jószág kárt tegyen bennük. Mikor a fák már elég nagyok, csak akkor kezdik meg a legeltetést. Természetesen villanypásztorral vagy egyéb védőeszközökkel az állatokat távol lehet tartani a fáktól, azonban ezek a megoldások költség- és energiaigényesebbek (UMRANI, JAIN 2010). A rövid vágásfordulóval kezelt energia ültetvények esetében sok haszonállat tartása nem célszerű a fák károsítása miatt, az ipari faültetvények idősebb korában ez azonban már nem okoz problémát.

A fás legelők kapcsán érdemes megjegyezni, hogy a középkori és újkori paraszti társadalomban a legeltetés rendszeresen fákkal tarkított területen, erdei tisztásokon vagy akár erdőkben zajlott, gondoljunk csak a népművészeti alkotásokban a fa árnyékában heverő pásztorokra. A módszer egyértelműen nem újkeletű, azonban a nagyüzemek terjedésével erősen visszaszorult, ezért a felélesztése érdekében szükség van a gazdálkodók ösztönzésére és segítségére. A kültéri állattartás, mint hagyomány és a tájkép megőrzés a fás legelőkkel inkább kulturális jelentőségű, azonban mint földhasználati forma, emiatt is vonzóvá válhat egyesek számára, illetve különböző támogatások is részben a tájkép és hagyományőrzést tűzik ki célul.

A faültetvények önmagukban is fontos szerepet játszanak az agrárerdészetben, azonban azt gondolom, hogy a tovább gondolásuk vagy átalakításuk komoly lehetőségeket rejthet magában, mellyel érdemes foglalkozni.



11. ábra Kecskék legelnek Észak-Olaszországban olajfák között (forrás: [HTTPS://ELIZAPPLES.COM/TAG/SILVOPASTURE/](https://elizapples.com/tag/silvopasture/))



*12. ábra Kukorica és nyár köztes termesztése (forrás:
[HTTPS://WWW.FORESTRYIMAGES.ORG/BROWSE/DETAIL.CFM?IMGNUM=1399106](https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=1399106))*

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

GYURICZA CSABA – BOROVICS ATTILA: Agárerdészet, Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs központ, Gödöllő, 2018.

RAMESH UMRANI – C.K. JAIN: Agroforestry Systems and Practices, Oxford Book Company, Jaipur, 2010.

[HTTP://EPA.HU/03400/03455/00016/PDF/EPA03955_KUTATOI_NAP_2015_029-032.PDF](http://EPA.HU/03400/03455/00016/PDF/EPA03955_KUTATOI_NAP_2015_029-032.PDF)

[HTTP://FIATALKUTATO.NAIK.HU/IMAGES/PUBLIKACIOK/KUEP_1_LOW.PDF#PAGE=97](http://FIATALKUTATO.NAIK.HU/IMAGES/PUBLIKACIOK/KUEP_1_LOW.PDF#PAGE=97)

[HTTPS://AGRARAGAZAT.HU/HIR/PALYAZATI-AKTUALITASOK-2/](https://AGRARAGAZAT.HU/HIR/PALYAZATI-AKTUALITASOK-2/)

AGRÉRERDÉSZETI RENDSZEREK CO₂ MEGKÖTÉSE

TÓTH BÁLINT

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet-és Földtudományi Intézet

toth.tb129@gmail.com

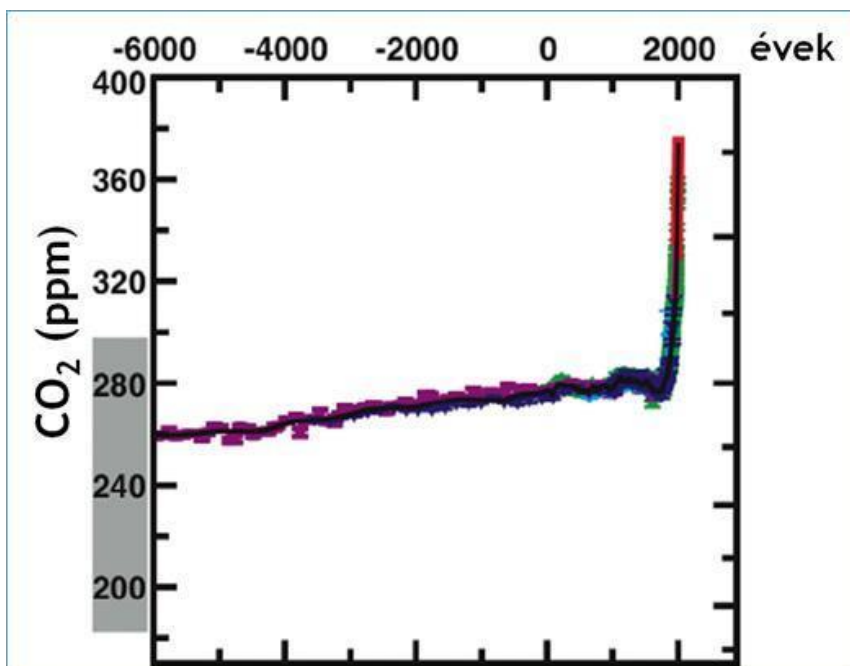
Az agrárerdőszet

Az agrárerdőszet, vagy más néven agrár-erdőszet olyan többfunkciós földhasználati mód, amelyben a mezőgazdasági tevékenységbe folyamatosan fenntartandó fás kultúrákat integrálnak (KESERŰ 2014). Ez a dinamikus, ökológiai alapú természeti erőforrás- használati rendszer (a fák agrár területekre integrálása által) diverzifikálja és növeli a termést, miközben szociális, gazdasági és környezeti hasznot közvetít a gazdálkodók felé.

Európai viszonylatban a széndioxid termelése, megkötése és az erre vonatkozó intézkedések

Az EU Emissions Trading System-et (EU kibocsátáskereskedelmi rendszer) 2005-ben hozták létre az üvegházhatásúgáz-kibocsátás költséghatékony és gazdasági szempontból eredményes csökkentésének ösztönzése érdekében. A rendszer korlátozza az energiaigényes iparágak, az erőművek és a légitársaságok által kibocsátható üvegházhatású gázok mennyiségét. A kibocsátási egységek mennyiségére az EU által meghatározott felső határérték vonatkozik, és a vállalatok számára kiutálnak ilyen egységeket, illetve azok vásárolhatnak ilyeneket. Az idő múlásával csökkentik a felső határértéket, így a kibocsátások mennyisége is fokozatosan csökken. A 2030-ig tartó időszakra vonatkozó éghajlat- és energiapolitikai keret részeként az Európai Tanács azt a célt tűzte ki, hogy 2030-ra (az 1990-es szinthez képest) legalább 40%-kal csökkenjen az üvegházhatású gázok kibocsátása az EU-ban.

A levegő szén-dioxid koncentrációja az utóbbi néhány ezer évben igencsak komoly, gyorsuló változás mutat.



1. ábra A széndioxid-koncentráció alakulása az elmúlt 8 ezer évben. Amíg az isz. sz. 1500-t megelőző mintegy 7500 év alatt 20 ppm-nyit fokozatosan, lassan emelkedett a koncentráció, addig ugyanennyi koncentráció-növekedéshez ezután már csak kb. 600 évre volt szükség. 1850 óta viszont 90 ppmv volt az emelkedés mértéke, s ebből 55 ppmv az elmúlt mintegy négy évtizedre esik. (IPCC, 2007)

Egyértelműnek látszik, hogy a koncentráció-növekedésnek az utóbbi másfél évszázadban megfigyelt felgyorsulása az ember tevékenységével van összefüggésben: 1750 óta 555 milliárd tonna szén került a levegőbe különböző emberi tevékenységek következtében. (Összehasonlításképpen: ez kb. akkora mennyiség, mint ami a szárazföldi növényzetben jelenleg tárolt szén mennyisége; IPCC, 2013).

Tudjuk, hogy a földi légkör jelenlegi összetétele döntő mértékben biológiai folyamatok eredménye, a földi élővilág fejlődésének következménye. A Föld keletkezése után sokáig széndioxidban, vízgőzben és metánban gazdag légkörből a fotoszintetizáló növényzet folyamatosan megkötötte a szén-dioxidot, és ugyanakkor felszabadította az oxigént. Ennek egyik legújabb bizonyítéka a levegő oxigéntartalmának 300 millió évvel ezelőtti hirtelen megemelkedése – és ezzel egyidejűleg a szén-dioxid koncentráció jelentős csökkenése –, amit nagy valószínűséggel a fák és más edényes szárazföldi növények megjelenése és elterjedése okozhatott (BERNER, 2000). Ma emberi behatásra ennek az ellenkezője történik.

Bizonyos mérések és becslések szerint a szárazföldi biomassza széntartalmának csaknem háromnegyede van erdőkben lekötve. Ez a szénmennyiség valamivel kevesebb, mint a levegőben lévő összes szén fele. Hatalmas mennyiséget, a szárazföldi biomassza széntartalmának mintegy a négyszeresét, a levegőben lévő szénnek pedig majdnem a háromszorosát tárolja a talaj, különböző lebomlottsági fokú elhalt szervesanyag formájában. E három nagy széntároló közötti áramlást a biológiai folyamatok kontrollálják. Érdekes ugyanakkor, hogy a tengeri élőlények biomasszája az erdőkének kevesebb mint 1%-a. Ezért habár az igaz, hogy méretükhöz képest sok szenet kötnek le, ill. sokat bocsátanak ki, nettó szénelnylőként nem vehetők számításba.)

Biom	Terület (millió ha)	Globális szénkészlet (%)	
		Növényzet	Talaj
Trópusi erdők	11.6	45.5	10.7
Mérsékeltövi erdők	6.9	12.7	5.0
Boreális erdők	9.1	18.9	23.4
Trópusi szavannák	14.9	14.2	13.1
Mérsékeltövi szavannák	8.3	1.9	14.7
Sivatagok és félsivatagok	30.1	1.7	9.5
Tundra	6.3	1.3	6.0
Vizes-nedves élőhelyek	2.3	3.2	11.2
Művelt területek	10.6	0.6	6.4
Összesen	100.0	100.0	100.0

2. *ábra* A szárazföldi biomok szénkészleteinek arányai a növényzetben és a talaj felső 1 m-es rétegében (WBGU, 1998 alapján)

Szén megkötése agrárerdészeti rendszerekben

Az agrár erdőgazdálkodás életképes lehetőséget kínálhat az éghajlatváltozással kapcsolatos kérdések kezelésére, mivel képes hosszú távon elkülöníteni és tárolni a légköri CO₂-t (ALBRECHT ÉS KANDJI 2003; LORENZ ÉS LAL 2014). A fenntartható módon kezelt agrárerdészeti rendszerekben a szerves szén nagy része visszakerül a talajba növényi maradványok és egyéb szerves anyag formájában (OELBERMANN ET AL. 2004). Ezek a visszakerülő szénforrások hozzájárulhatnak a talaj szerves anyagának stabilizálásához és csökkenthetik a biomassza lebomlási sebességét és a szerves anyag tartalom destabilizálódását (YOUNG 1997; OELBERMANN ET AL. 2004; LAL 2004A; SOLLINS ET AL. 2007).

Az agroerdőgazdálkodás elősegítheti az eredeti erdészeti szén állomány akár 35% -ának helyreállítását, amelyet a mezőgazdasági égetés idézett elő (SANCHEZ 2000). Tanulmányok kimutatták a földhasználat változásának és a gazdálkodási gyakorlatoknak a szerves anyag tartalomra gyakorolt általános hatását, megmutatva, hogy az erdőirtás, valamint az intenzív mezőgazdaság negatívan hat a talaj szervesanyagtartalmára (ALLEN 1985; DETWILER 1986; MANN 1986; SCHLESINGER 1986; NEILL ET AL. 1997; FEARNSTIDE ÉS IMBROZIO BARBOSA 1998; CONANT ET AL. 2001).

Egy 2007-ben végzett kutatás során a talaj szervesanyagtartalmát vizsgálták bizonyos területeken, melyeket később agrárerdészeti rendszerré alakítottak. A talaj szén tartalmát vizsgálták 0–15, 0–30, 0–60, 0–100 és 0 ≥ 100 cm-es mélységben. Az eredmények azt mutatták, hogy a szervesanyagtartalom szignifikánsan változott, 26%-kal, és 24%-kal csökkentek a földhasználat mód változása által, amely során erdős területek aroerdészeti rendszerré alakítottak. A szervesanyagcsökkenés első sorban a 0–15, illetve 0–30 cm-es mélységben volt megfigyelhető. A mezőgazdasági üzemmódból az agrár erdőgazdálkodásig történő áttérés azonban jelentősen megnöveli a talaj szervesanyag készletét, 26, 40, illetve 34%-kal 0–15, 0–30 és 0–100 cm mélységben. A legelőkből kialakított agrár erdőgazdálkodás szintén jelentős szervesanyag állománynövekedést eredményezett, 0–30 cm-nél (9%) és 0–30 cm-en (10%). A művelés nélküli/egyéb földhasználatról az agrár erdőgazdálkodásra való áttéréskor a szervesanyagtartalom 25%-kal nőtt 0–30 cm-nél, míg 0–60 cm-nél (23%) csökkent. Ezek alapján elmondható, hogy a mezőgazdasági területről, illetve az egyéb területekről való áttérés az agrárerdészeti rendszerekre kedvező hatást gyakorolt a területek talajának szervesanyagtartalmára, mely pozitív visszajelzés a szénmegkötés szempontjából.

Összességében elmondható, hogy a talajok szervesanyag tartalma nőtt azáltal, hogy egy komplexebb rendszerré lettek átalakítva. Ezen pozitív hatás mellé felsorakoztatható továbbá, hogy ezen rendszerek növelik a diverzitást, valamint gazdaságosság szempontjából is akár több mint 20%-os növekedést is generálhatnak.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék:

- ALBRECHT A, KANDJI ST (2003): Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agric Ecosyst Environ* 99:15–27.
- ALLEN JC (1985): Soil response to forest clearing in the United States and the tropics: geological and biological factors. *Biotropica* 17:15–27.
- CONANT RT, PAUSTIAN K, ELLIOTT ET (2001): Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecol Appl* 11:343–355.
- DETWILER RP (1986): Land use change and the global carbon cycle: the role of tropical soils. *Biogeochemistry* 2:67–93
- FEARNSIDE PM, IMBROZIO BARBOSA R: (1998) Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazonia. *For Ecol Manag* 108:147–166
- IPCC, 2013. Fifth Assessment Report (AR5).
- KESERŰ ZS. (2014): Agrárerdészet Magyarországon. *Erdészeti lapok_ CXLIX. évf. 2. szám: 49-50.*
- LORENZ K, LAL R (2014): Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. *Agron Sustain Dev* 34:443–454.
- MANN LK (1986): Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Sci* 142:288–289.
- NEILL C, MELILLO JM, STEUDLER PA ET AL (1997): Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. *Ecol Appl* 7:1216–1225.
- OELBERMANN M, PAUL VORONEY R, GORDON AM (2004): Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. *Agric Ecosyst Environ* 104:359–377.
- SANCHEZ PA (2000): Linking climate change research with food security and poverty reduction in the tropics. *Agric Ecosyst Environ* 82:371–383.
- SOLLINS P, SWANSTON C, KRAMER M (2007): Stabilization and destabilization of soil organic matter—a new focus. *Biogeochemistry* 85:1–7.
- <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/climate-change/reform-eu-ets/>
- <http://klima.erti.hu/home/a-hazai-erdok-szenlekotese/>
- <http://ostermelo.com/amit-az-agroerdeszettrol-tudni-erdemes>

ERDŐGAZDÁLKODÁS A TARVÁGÁSOK ELTÖRLÉSE UTÁN – AZ AGRÁRERDŐGAZDASÁGI RENDSZEREK, MINT LEHETSÉGES MEGOLDÁS

TÓTH BÁLINT

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet-és Földtudományi Intézet

toth.tb129@gmail.com

Az alkotmánybíróság döntése az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény 2017. évi módosításainak törvényességéről

Az Alkotmánybíróság 2020 június 5-én közzétett határozatában megállapította, alaptörvény-ellenes az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény 2017. évi módosításának számos eleme. Az Alkotmánybíróság ezért e rendelkezéseket megsemmisítette, lehetővé téve az erdészeti, illetőleg természetvédelmi hatóság számára, hogy valamennyi erdőben az adott erdő egyedi természeti értékeire tekintettel rendelhesse el az értékek megóvásához feltétlenül szükséges intézkedéseket.

Az ügyben az alapvető jogok biztosa fordult az Alkotmánybírósághoz, mert a jövő nemzedékek érdekeinek védelmét ellátó biztoshelyettessel egyetértve úgy ítélte meg, hogy az erdőtörvény módosítása elsősorban az erdőgazdálkodók érdekeit szolgálja, és a környezetvédelmi szempontok háttérbe szorulnak.

Az Alkotmánybíróság határozatában leszögezte, hogy az Alaptörvény P) cikk (1) bekezdése alapján az állam a jövő nemzedékek, mint kedvezményezettek számára egyfajta bizalmi vagyonkezelőként kezeli a rábízott, a nemzet közös örökségébe tartozó természeti és kulturális kincseket, ekként a jelen generációk használati és hasznosítási joga nem korlátlan. Ezek a jogok csak addig terjedhetnek, ameddig azok sem magukat az önállóan is védelemben részesítendő természeti értékeket, sem pedig a jövő nemzedékek érdekeinek megóvását nem veszélyeztetik. Ez az általános zsinórmérték az erdőkre, mint a P) cikk (1) bekezdése szerint a nemzet közös örökségének részét képező természeti értékekre vonatkozó jogi szabályozás alkotmányossági vizsgálata során is irányadó.

A Natura 2000 területek olyan gazdasági területek, amelyeken az adott területen élő növény- és állatfajok megóvása érdekében gazdálkodási tevékenység csak jelentős korlátozásokkal, speciális környezet- és természetvédelmi előírások betartásával folytatható. 2017-től kezdődően azonban a jogalkotó a Natura 2000 védelmi rendeltetés fogalmát akként változtatta meg, hogy az ilyen minősítésű erdőterületek jelentős része elveszítette Natura 2000 védelmi rendeltetését, ezáltal az erdő fenntartásának egyetlen célja a gazdasági szempontok maximális érvényesítése lett. Az Alkotmánybíróság rámutatott: valamely terület éppen azért tartozik a Natura 2000 hálózatba, mert ott valamilyen különleges védelemre szoruló növény- vagy állatfaj él. Az Alkotmánybíróság ezért úgy ítélte meg, hogy a magán-erdőtulajdonosok tulajdonhoz való joga nem igazolhatja a gazdasági érdekek előmozdítását a természeti értékek védelmével szemben, és az erdőgazdálkodók nem formálhatnak alkotmányosan védett jogot arra, hogy a természeti értékkel bíró erdőkben további gazdálkodási jogosultságokat kapjanak a természetvédelmi szempontok érvényesítésének kárára. Az Alkotmánybíróság ezért az erdőtörvény 2017. évi módosításának a Natura 2000 erdőterületeket érintő elemeit megsemmisítette. Az Alkotmánybíróság szintén alaptörvény-ellenesnek találta és megsemmisítette az erdőtörvény módosításának azon elemét, amely a védett természeti területen levő erdők esetében lehetővé tette a gazdasági rendeltetés megjelölését.

Az Alkotmánybíróság megsemmisítette továbbá azokat a törvényi rendelkezéseket, amelyek a helyi jelentőségű védett természeti területek védelmi rendeltetésének bejegyzését a korábbi szabály megváltoztatásával immáron az erdőgazdálkodó előzetes beleegyezéséhez kötötték, valamint a hagyásfák és holtfák visszahagyására vonatkozó egyes szabályokat is. Az Alkotmánybíróság megítélése szerint nem ellentétes ugyanakkor az Alaptörvénnyel az erdőtörvény azon módosítása, amely alapján az egyes erdők védelmi rendeltetéseinek sorrendje úgy változott meg, hogy immáron az árvízvédelmi és honvédelmi rendeltetés megelőzi a természetvédelmi rendeltetést.

Az Alkotmánybíróság vizsgálta az erdőtörvény 2017. évi módosításának azon szabályát is, amely az állami tulajdonú erdőkben lényegében általánossá tette a tarvágás lehetőségét. Az Alkotmánybíróság megállapította: a tarvágás rendkívül súlyos és visszafordíthatatlan kárt okoz az ökoszisztémában, mellyel az állami tulajdonú erdők esetében semmilyen alapvető jog vagy alkotmányos érték nem állítható szembe, ekként az alkotmányosan nem igazolható. Ezért az erre vonatkozó rendelkezéseket is megsemmisítette.

A tarvágás jelentése

Magyarországon a XIX. században terjedt el és vált általánossá a véghasználat – erdőfelújítás – állománynevelés – véghasználat vágásciklusokra épülő vágásos erdőgazdálkodás, melynek egyik fő jellemzője az azonos korosztályú és fajösszetételű faállomány. A tarvágás a véghasználat azon kedvelt formája, amikor egy nagyobb területet egy lépésben termelnek le.

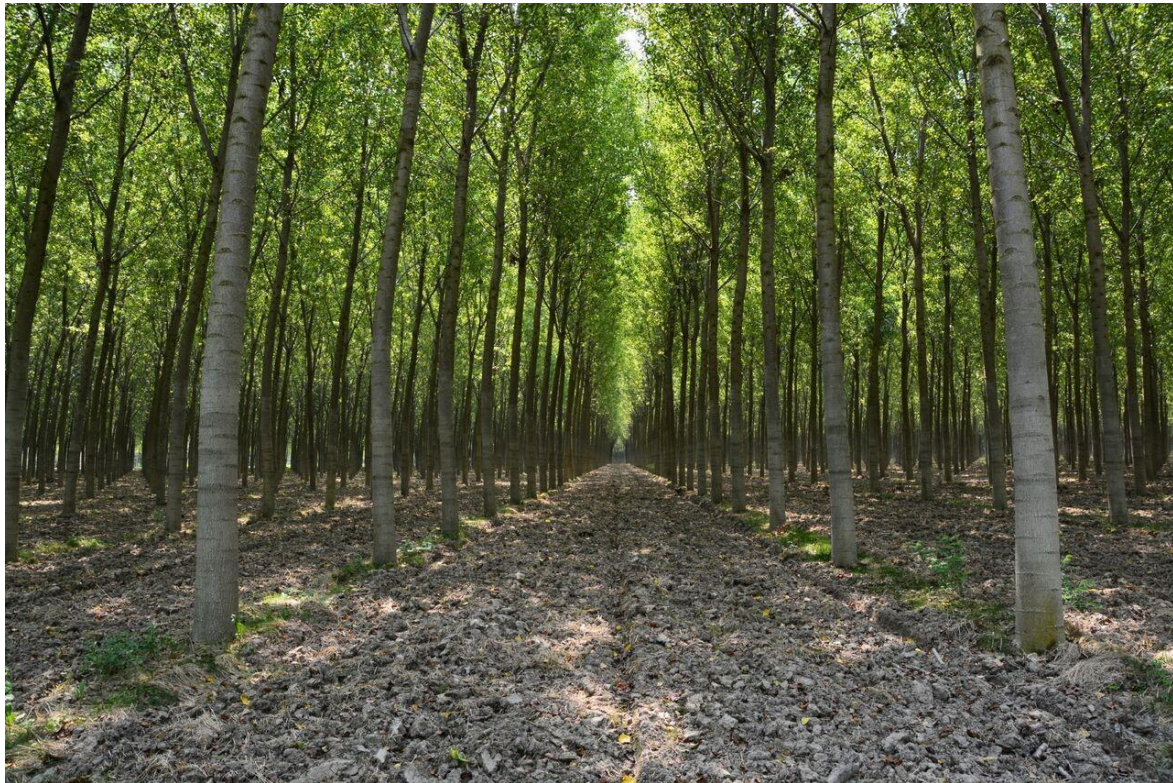
A tarvágás hatásai

A természetes állapotú erdők számos jellemzője közül az egyik legfontosabb, hogy fajállományuk és a növények életkori megoszlása változatos, azaz egy időben mindenféle életkorú egyed megtalálható a magonctól a fa matuzsálemekig. Mindezeknek köszönhetően a természetes erdőkben a világ legösszetettebb ökológiai rendszere alakult ki fajok tíz- és százazezreivel, melyek rendkívül hosszú táplálékláncokat alkotnak. A tarvágást követő erdőfelújítás során létrejövő gazdasági erdők, különösen a faültetvények biológiai sokfélesége töredéke a természetes erdőkének, arról nem is beszélve, ha a fák kivágásának célja szántóterület kialakítása, melynek keretében a tuskókat is eltávolítják a talajból.

A fent említett negatív hatások ellenére azonban bizonyos mesterséges állománytípusokban elkerülhetetlen a tarvágás. Ilyen állománytípus például a vöröstölgyesek. A vörös tölgyesekben alkalmazható természetes felújítási iránytechnológiák változatait a főhasználati vágásmódokhoz és a hozzájuk tartozó természetes felújítási lehetőségekhez igazodóan kell kialakítani. A vizsgált fafaj esetében a tarvágás jellegű felújítóvágás, illetve a fokozatos felújítás alkalmazására van reális, a gyakorlat számára is ajánlható lehetőség. A tarvágás jellegű felújítóvágás alkalmazásával a vágásérett faállományt a már meglévő újulat fölül egy lépcsőben termeljük le. A tarvágás jellege egy lépcsőben – egy időben – végrehajtott véghasználatból következik, de a „normál” tarvágástól a természetes újulat megléte különbözteti meg. Az erdőrészleten belül a tarvágást többféle módon, így időben fokozatosan egymás után következő sávokban és foltokban is végre lehet hajtani.

Fenyveseink esetében szintén hasonló a helyzet. Ezen állományok karakterükből adódóan fokozottan kivannak téve a széldöntés, széltörés veszélyének. Amennyiben ezen állományokban komolyabb beavatkozást hajtunk végre, tovább növeljük az ökológia, valamint a gazdasági károk bekövetkezésének esélyét.

Ipari célú nemesnyár ültetvények esetében szintén nélkülözhetetlen a tarvágás alkalmazása. A gyorsan növekvő, lombhullató nemesnyár a faipar egyik igen sokoldalúan hasznosítható fafajtája. A NAIK Erdészeti Tudományos Intézetében olyan „módszertant” dolgoztak ki, mely segítségével az ipari célú nemesnyár ültetvényeken magas fa-és pénzügyi hozam érhető el, ráadásul, akár olyan területeken is, amik mezőgazdasági termelésre kevésbé alkalmasak. Az ipari célú nemesnyár ültetvény gyors növekedésű és tág hálózatú, intenzíven művelt terület, melynek különlegessége a hagyományoshoz képest rövidebb vágásforduló. A kutatók által meghatározott paraméterek figyelembevételével és teljesítésével igen gazdaságos és jó minőségű faállomány hozható létre ezeken az ültetvényeken.



1. ábra A helyesen megválasztott fajta, megfelelő termőhely és gondos technológia együttes eredménye

Az agrárerdészeti rendszerek, mint lehetséges megoldás

A fent említett állománytípusok közül a nemesnyár esetében egyértelműen alkalmazható az agrárerdészeti rendszer kialakítása. Az agrárerdészet mezőgazdasági kultúra és fák harmonikus együtt-termesztése, kiegészítve esetleg más területhasználati módokkal, egy jövedelmező gazdálkodás kialakítása érdekében. Az agrárerdészeti rendszerekben tehát egy időben és azonos földhasználati egységen belül több területhasználati módot ötvöznek (pl. fatermesztés, mezőgazdasági növénytermesztés és állattenyésztés), ezáltal megvalósítva a területek többcélú hasznosítását. Az agrárerdészeti rendszerek keretei között a fásítás, a természetes növényzet, a termesztett haszonnövények, valamint a haszonállatok egymással szoros kölcsönhatásban álló együttese tartamosan hatékony gazdálkodási formát biztosíthat. Az agrárerdészeti rendszerek emellett környezet- és természetvédelmi szempontból is fontos szerepet tölthetnek be például a szénmegkötés, a víz- és talajvédelem, a biológiai sokféleség megőrzése terén, valamint a turisztikai lehetőségeket is befolyásoló tájképi változatosság biztosítása révén.

Fasorok szántóföldi művelés alatt álló területen

Széles sortávban telepített fasorokból álló, mezőgazdasági táblán létesített fásítás, amely alatt egyéves vagy évelő szántóföldi növényeket termelnek. Az így kialakított agrárerdészeti rendszer előnye, hogy a mezőgazdasági termények éves jövedelmet generálnak, a fák pedig hosszabb távon akkumulálják a jövedelmet, miközben kifejtik a korábban említett kedvező környezeti hatásokat. Mivel a fák olyan erőforrásokat hasznosítanak, amely a köztes növények számára elérhetetlen, például a talaj mélyebb rétegeiben található vizet, az agrárerdészeti rendszer produktivitása meghaladja az egyenértékű területen, kizárólag szántóföldi termesztéssel vagy erdőgazdálkodással elérhető produktumot. A vizsgálatok szerint 1,0 ha agrárerdészeti rendszerben annyi hozam érhető el, mint 0,8 ha szántóföldön és 0,6 ha erdőben összesen. A fásítást az említett gazdasági előnyök biztosítása érdekében célszerű gyorsan növő fafajú faegyedekből telepíteni (fehér akác, nemesnyár, stb.).

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészet mint új kiterjesztési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- RÉDEI, K. (2010): Vöröstölgyesek termesztése. Agroinform Kiadó, Budapest
- RÉDEI K., CSIHA I. & KESERŰ ZS. (2011): Vöröstölgyesek nevelése. Erdészeti Lapok 146(11): 333–334
<https://agrariumblog.hu/index.php/2018/04/04/igy-lesz-gazdasagos-nemesnyar-termesztes/>
<https://www.alkotmanybirosag.hu/kozlemeny/alaptorveny-ellenes-az-erdotorveny-2017-es-modositasa/nyomtatasi-nezet>
<https://www.mynest.hu/feszekfoglalo/esemenyek/tarvagas/>
<https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/2642-agrarerdeszeti-a-tobbcelu-mezogazdasagi-terulethasznalat/file>

A CSEREBOGARAK (*MELOLONTHIDAE*) ELLENI GOMBASZUSZPENZIÓS (*BEAVERIA SPP.*) BIOLÓGIAI VÉDEKEZÉS HATÉKONYSÁGA

HORVÁTH ESZTER, TUBA KATALIN

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet

hoeszter88@gmail.com

Bevezetés

Az európai erdőgazdálkodásban jelentős problémát okoznak a *Melolonthidae* család fajai. Főként két faj – a májusi és az erdei cserebogár (*Melolontha melolontha* és *M. hippocastani*) pajorjai mező- és erdőgazdasági területeinken is jelentős károkat okoznak az utóbbi évtizedekben. Ezek kiküszöbölésére számos védekezési mód ismert. A kémiai és mechanikai védekezés helyét egyre inkább a biológiai védekezési eljárások veszik át napjainkban. A biológiai védekezés előtérbe kerülésével új módszerek és hatóanyagok használata és vizsgálata vált szükségessé. Ezek közül az egyik, mellyel kapcsolatban már évtizedek óta folynak kutatások; a rovarpatogén *Beauveria* fajokkal történő kezelés, melyek eredményei változatos képet mutatnak. A rovarpatogén gombák kijuttatása azonban önmagában általában nem elegendő, hiszen egyéb kár- és kórokozók ellen is védekezni kell a csemetekertekben, erdészeti és mezőgazdasági kultúrákban. A cserebogárpajorok által leginkább kedvelt és károsított kultúrákban használt szerek hatóanyagainak *Beauveria* fajokra gyakorolt hatását azonban nem ismerjük.

A föld több mint 4000 cserebogár-alakúakhoz tartozó faja közül a Kárpát-medencében 81 faj fordul elő. Ezen fajok elterjedési területe és környezeti igénye jelentősen különbözik (ÁDÁM, 2003). Általánosságban elmondható, hogy az imágók viszonylag közismertek, többnyire nappali bogarak.

Magyarországon a *M. melolontha* és a *M. hippocastani* közül a májusi cserebogár a gyakoribb és jelentősebb. Országunkban hét törzséből három van jelen. Mivel a rovar fejlődési ciklusa 3, egyes magasabban fekvő területeken 4 éves, a 3 jelen lévő törzsnek köszönhetően minden évben várható az országban valahol rajzás. A májusi cserebogár kártételére a fent jelzett területeken, az erdei cserebogáréra leginkább az alföldi tölgyesekben kell számítani (HOMONNAY és HOMONAYNÉ 1970; ENKERLI és mtsai. 2008).

A *Melolonthinae* alcsaládba tartozó fajok mindegyikének lárvái – melyeket pajornak nevezünk – földalatti fejlődésük során előbb humusszal, bomló növényi részekkel, később gyökerekkel, imágók pedig levelekkel és hajtásokkal táplálkoznak. A lárva a gyökeret elrágja, hámozza, gödrös mélyedéseket készít. Rágásával a másodlagosan károsító kórokozóknak is utat nyit. A pajorok is polifágok és táplálkozásuk során alkalmazkodtak a különböző tápértékű növények fogyasztásához (HOMONNAY és HOMONAYNÉ 1970; SUKOVATA és mtsai. 2015).

A májusi és az erdei cserebogár kártételét hasonlóságuk miatt nem lehet elkülöníteni. Az erdőtelepítések és erdőfelújítások sikertelenségének sokszor a cserebogár az oka.

A kémiai védekezés első ismert említése 1891-ből való. Ekkor egy pajorfertőzött csemetekertet kezeltek naftalinnal, melynek hatása gyors volt és tartós pajormentességet biztosított. További kísérleteket végeztek kainittal (LONKAY, 1902), benzinnel (VADAS, 1904), szénkénegezéssel

(PÉCH, 1895; HIBBJÁN, 1897; HANGAI, 1900) és egyéb különféle kémiai szerekkel, de egyik sem bizonyult elég hatásosnak.

Az 50-es években HCH-t (hexaklórciklohexán) és DDT-t (diklórdifenil-triklór-etán) tartalmazó készítményeket is bevetettek a cserebogarak elleni védekezésben, ugyan ezeket a szereket kb. 20 éves pályafutás után a 60-as évek vége felé be is tiltották.

Ezeket a szerves foszforsav-észter hatóanyagú készítmények váltották fel, melyek hatástartama rövidebb ugyan, de nem halmozódnak fel. Sajnálatos módon azonban a melegvérűekre ezek is letális hatással voltak.

1984 óta eredményesen alkalmazzák a Decis ULV készítményt szegélypermetezésre a cserebogarak ellen.

A cserebogaraknak sok természetes ellensége van, többször próbálkoztak ezek betelepítésével, kíméletével a fokozottan fertőzött területeken. A gerinceseken kívül parazita darazsak, entomofág rovarok, egysejtűek, fonalférgék, baktériumok és gombák (pl. *Bortyitis* és *Beauveria* fajok) is tizedelik. A pajorok betegségeinek terjesztésével is próbálkoztak korábban, nem sok eredménnyel. A nemzők ellen a *Bacillus thuringiensis* készítményeket és a kitinszintézis gátlókat tartják eredményesnek (VARGA és MOLNÁR, 2013).

Egy vizsgálatban kimutatták, hogy a tanninok kedvezőtlen hatással vannak a pajorokra, ezért a tannin tartalmú gyökérrel rendelkező fajokat vizsgálták, hogy vajon fel lehet-e őket használni a biológiai védekezésben (SUKOVATA, 2015). Egy másik vizsgálatban szintén a különböző fajok gyökerének a pajorokra gyakorolt hatását vizsgálták és arra a következtetésre jutottak, hogy az L1-es pajorok a legérzékenyebbek a táplálék összetételére, illetve hogy az enyves éger (*Alnus glutinosa*) gyökerének fogyasztása a legkedvezőtlenebb a *Melolontha* pajorok fejlődésére (WORETA és mtsai. 2013).

A steril hím technika alkalmazásával is kísérleteztek, melynek eredménye képpen arra jutottak, hogy ezzel a módszerrel a pajorok mennyisége 1/16-ra csökkenthető. (HORBER, 1963; JERMY és NAGY, 1967; VARGA és MOLNÁR, 2013)

A rovarpatogén *Beauveria* fajokkal már évtizedek óta kísérleteznek az egész világon.

Ausztriában pl. 2000-ben regisztrálták a *B. brongniartii*-t, mint szelektív és virulens mikrobiális szert a *M. melolontha* és a *M. hippocastani* ellen. A célszervezeten kívül semmilyen más élőlényre nem jelent veszélyt, így hatásos és biztonságos szerként tartják nyilván. Az elmúlt 20 évben több nagyterületű kísérletet is végeztek vele Ausztriában, Svájcban és Olaszországban is. (KELLER, 2000)

A *B. bassiana* több rovarkártevő agresszív parazitája. A bakteriális és vírusos fertőzésektől eltérően a gomba kontakt módon hat, a spórák közvetlenül a rovar bőrén keresztül fertőznek. Megfelelő hőmérsékleten és nedvesség esetén a spóra kicsírázik. A spórából növvő gombafonal a kutikulát megtámadó és feloldó enzimeket termel, ezáltal utat nyitva a rovar testébe. A gomba átjárja az állat testét, belsejében beauvericin nevű toxint termel, ami legyengíti a gazda immunrendszerét és elvonja a tápanyagokat a gazdatestből. Egy fertőzött rovar elpusztításához a gombának 3-5 napra van szüksége. (ZIMMERMANN, 2007)

Vizsgálati anyag és módszer

A kísérletet a Soproni Egyetem Erdővédelmi Intézetének kórtani laboratóriumában végeztük el. A labor felszereltsége megfelelő a reprodukálható körülmények biztosítására; mint az állandó hőmérséklet (22 ± 1 °C), és a kiszámolt anyagmennyiségek precíz kiadagolása.

A kísérlet időtartama 3 hét volt. A gombatorzsek táptalajra történő helyezésétől számított két hét múlva történt azok vegyszeres kezelése, majd a méréseket további egy hét után végeztük el.

A biológiai védekezésben cserebogár pajorok ellen használt *Beauveria bassiana* és *Beauveria brongniartii* rovarpatogén gombák négy törzsét választottuk ki, melyeket BORA, ART8,

ART64 és ART315 jelöléssel láttunk el. A gombatörzseket steril, főzött táptalajra oltottuk petricsészában, törzsenként 15 ismétléssel, majd 2 hét után beoltásra kerültek a telepek 4 kiválasztott vegyszerrel, melyeket a gyakorlatban is használnak a csemetekertekben. A használt vegyszerek az 1. táblázatban láthatók.

1.táblázat A beoltáshoz használt vegyszerek fő tulajdonságai

név	hatóanyag	célcsoport
Taifun 360	360 g/l glifozát	gyomirtó
Basudin	5% diazinon	rovarölő, talajfertőtlenítő
Vegesol eReS	23% m/m kén	gombaölő
Topaz	10% penkonazol	gombaölő

Mind a négy szerből oldatot készítettünk az ajánlott kijuttatási mennyiség alapján, melyet először kiszámoltunk egy petricsésze területére (63,6 cm²) vetítve, majd a perzselést megakadályozandó, desztillált vízzel elegyítettük a 2. táblázat szerint.

2.táblázat Felhasznált szermennyiségek

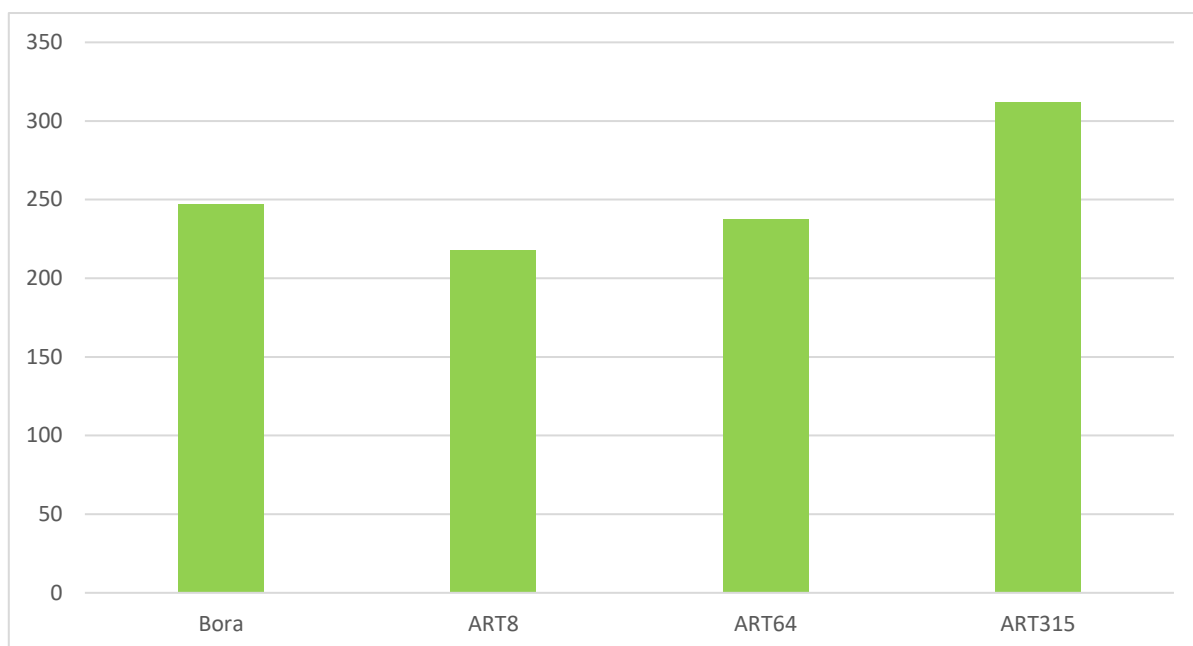
név	ajánlott kijuttatási mennyiség	mennyiség/petricésze	oldatban	
			szer	víz
Taifun 360	5 l/ha	3,2 µl	64 µl	6,4 ml
Basudin	35 kg/ha	22,4 µg	448 µg	6,4 ml
Vegesol eReS	5 l/ha	3,2 µl	64 µl	6,4 ml
Topaz	0,5 l/ha	0,32 µl	0,64 µl	6,4 ml

Az oldatokból az egyes petricsészekbe 320 µl mennyiséget juttattunk pipetta segítségével. Minden gombatörzs esetében szerenként 3-3 mintát kezeltünk és 3 kontroll mintát is hagyunk. A vegyszeres kezelést követően 7 nap múlva, azaz a leoltást követő harmadik héten történt az ellenőrzés.

A petricsészek mindegyikéről fényképet készítettem úgy, hogy milliméterpapírra helyeztem őket. A számolásokat ezen méretskála alapján végeztem el. Egyes esetekben (a 60 petricsésze közül összesen 9-ben) penész is megjelent a mintákban, ezek közül 7 gombatelep mérését nem végeztem el, mert az adat torzította volna az eredményt, a penész ugyanis blokkolta a gombatelep növekedését, így nem kaptam volna reális eredményt. A penészesedés és a kezeléshez használt szer között nem találtam összefüggést.

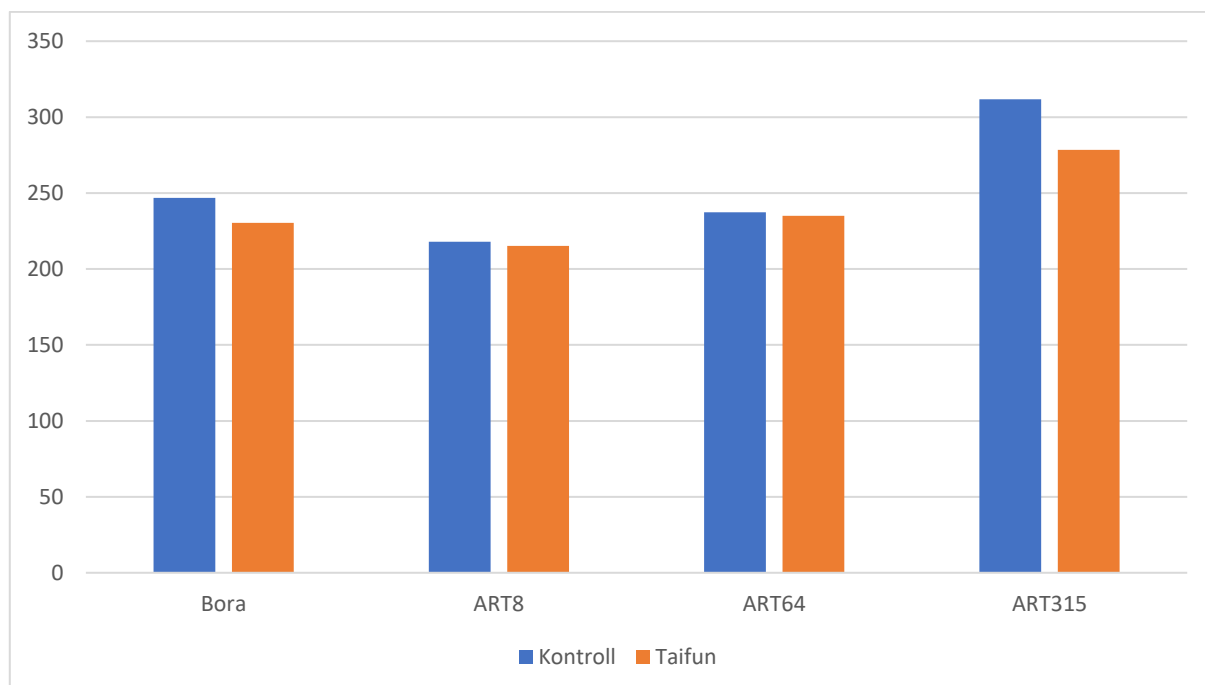
Vizsgálati eredmények

Először a kontroll telepek növekedését vizsgáltam, hiszen a négy törzsnél ez sem azonos.



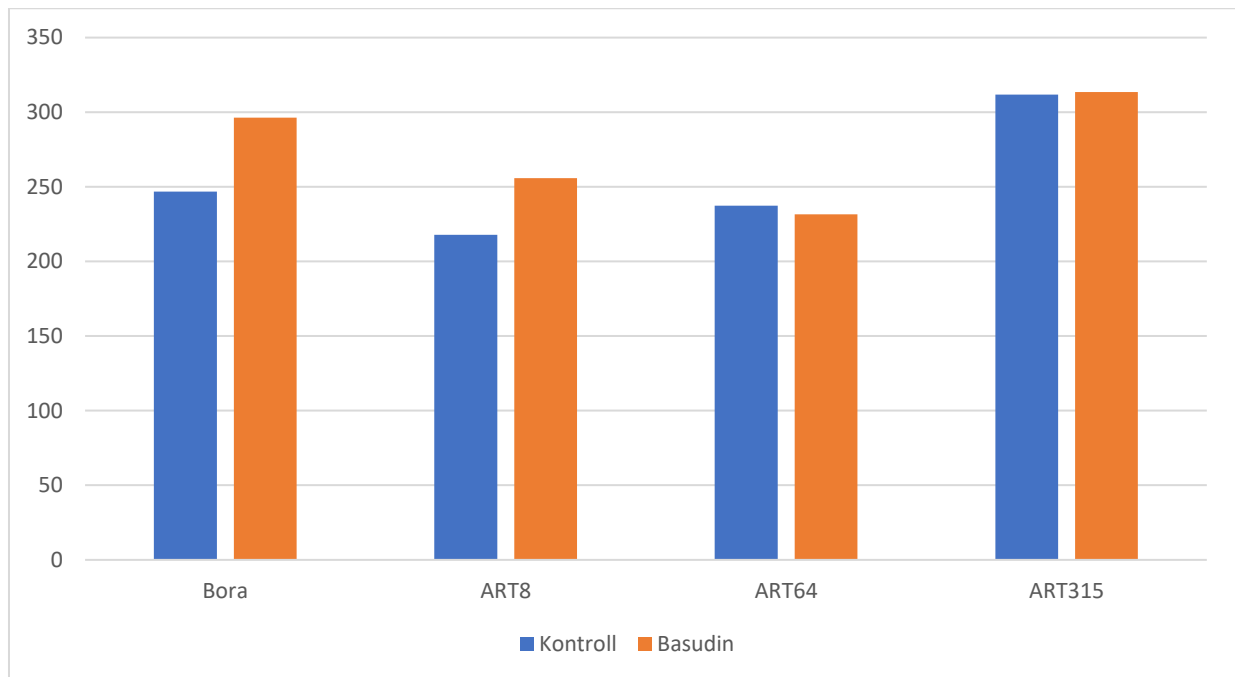
1. ábra A kontroll minták átlagos növekedése a tenyésztés harmadik hetében, %-ban

A kontroll minták, melyek fejlődése zavartalanul történhetett, törzsenként eltérő növekedést mutattak, mint az az 1. ábrán látható. Legkisebb mértékben az ART8 jelű - 217,88%-kal –, legnagyobb mértékben pedig az ART315 jelű - 311,78%-kal – növekedett. Tehát még a legkevésbé terjeszkedő törzs is átlagosan több mint duplájára nőtt az utolsó egy hét alatt, míg a legagresszívabban terjeszkedő háromszorosánál is nagyobb méretet ért el zavartalan körülmények között.



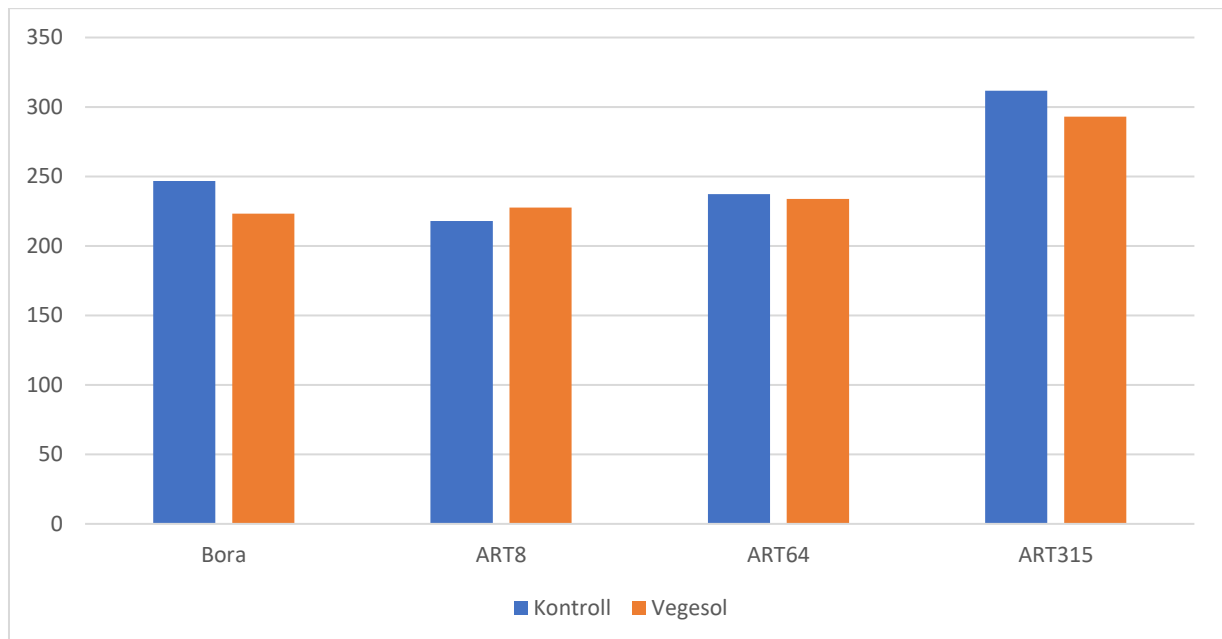
2. ábra Taifun 360 szer hatása a gombatelepek növekedésére a tenyésztés harmadik hetében

A Taifun 360-nal való kezelés mindegyik gombatörzs esetében a kontrollhoz képest kis mértékben visszavetette a növekedés ütemét, de a csökkenés nem számottevő. Ez olvasható le a 2. ábráról is. Mivel kontakt gyomirtóról beszélünk, az eredmény nagyjából várható volt.



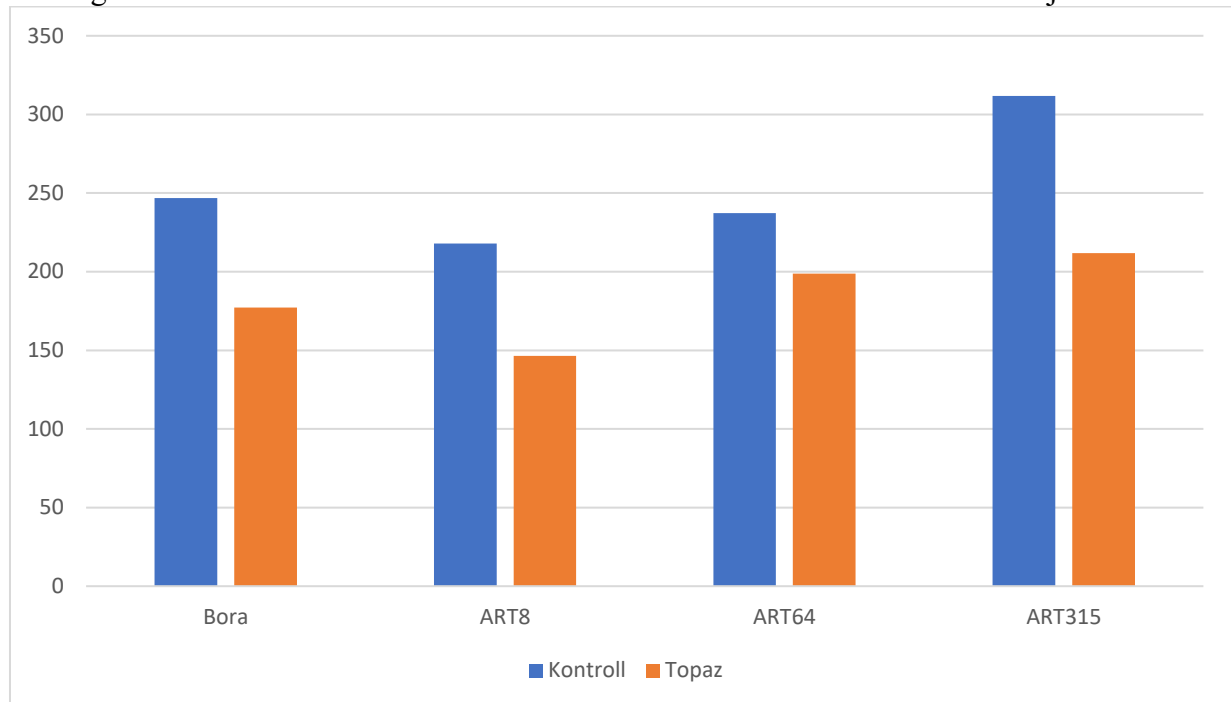
3. ábra Basudin hatása a gombatelepek növekedésére a tenyésztés harmadik hetében

A 3. ábrán látható, hogy a Basudin az ART64 kivételével pozitívan befolyásolta a telepek növekedését, jelentősebb segítséget a BORA és az ART8 esetében jelentett a hifáknak. A rovarölő és talajfertőtlenítő hatás valószínűleg elősegítette a steril körülményeket, ezért járulhatott hozzá a telepek növekedéséhez.



4. ábra Vegesol hatása a gombatelepek növekedésére a tenyésztés harmadik hetében

A Vegesolos kezelés hatása az ART8 törzs kivételével kismértékű növekedéscsökkenést idézett elő, ezt támasztja alá a 4. ábra. Az ART8-ra gyakorolt enyhén pozitív hatás viszont meglepő, mivel gombaölő szerről van szó – akár a véletlen műve is lehet. További kísérlet javasolt.



5. ábra Topaz hatása a gombatelepek növekedésére a tenyésztés harmadik hetében

A Topaz, mint gombaölő jóval erősebbnek bizonyult a Vegesolnál. Ennek egyrészt magyarázata lehet a szerek hatásmechanizmusának különbsége, miszerint a Topas felszívódó, a Vegesol pedig kontakt szer. A kezelt telepek esetében az 5. ábrán látható, igen látványos eredmények mutatkoztak mindegyik gombatorzs esetében. A legkisebb eltérés esetében (ART64 minták) is a kontrollhoz képest átlagosan 474 mm²-rel csökkent a telepek növekedése, míg ez a legnagyobb mértékű csökkentés esetében (ART315) átlagosan 1886 mm² volt.

Következtetések

A kísérletben felhasznált négy vegyszer hatása a gombatorzsek fejlődésére eltérő volt. Míg az első két szer, melyek gyomirtó, talajfertőtlenítő és rovarirtó hatásúak, pozitív, semleges vagy enyhén negatív hatással voltak a minták növekedésére, addig a két gombaölő hatású szer csökkentette a növekedés ütemét.

A javasolt kijuttatási mennyiséget használva egyik szer sem gátolta nagymértékben a gombatorzsek növekedését, így szükség esetén bármelyikkel együtt használhatók a *Beauveria* fajokat tartalmazó készítmények, viszont lehetőség szerint a gombaölő szerekkel való párhuzamos használatot mellőzni kell, mert a növekedés ütemének csökkentésével a hatékonyságot is csökkentheti a *Melolontha* pajorokkal szemben. A kontakt hatású kén kevésbé bizonyult gátló hatásúnak a *Beauveria* fajokkal szemben, mint a felszívódó penkonazol, így ha mindenképpen gombaölő szer használata szükséges a *Beauveria*val kezelt területen, inkább az előbbi hatóanyagot tartalmazó készítményeket kell előnyben részesíteni. A diazinon tartalmú szerek adott esetben javíthatják a gomba hatékonyságát, de ezzel kapcsolatban további vizsgálatok szükségesek.

A *Beauveria* fajok előtt nagy jövő állhat a cserebogarak elleni biológiai védekezést tekintve, ha használatuknál megfelelő körültekintéssel, precíz kijuttatással járunk el. Mivel a gomba más

élő szervezetre kevésbé veszélyes, a szabványok alapján biztonságosnak tekinthető, a használata előtt korlátok szinte nincsenek.

Ki kell használni egy ilyen hatóanyag pozitív tulajdonságait az erdészeti és mezőgazdasági kultúrák, így közvetve a saját magunk érdekében is.

A továbbiakban célszerű lenne a kísérlet kiterjesztése más hatóanyagú szerekre is, adott esetben nem csak csemetekertekben, hanem egyéb mezőgazdasági kultúrákban használt vegyszerekkel is érdemes lenne megismételni a vizsgálatot.

Félüzemi és szabadföldi kísérletek beállítása gyakorlatiasabb eredménnyel szolgálna, mint az optimális körülmények közötti tenyésztés, így jövőbeni kutatások során ez is jó irány lehet.

Köszönetnyilvánítás:

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- ÁDÁM L.(2003): Faunisztikai adatok a Kárpát-medencéből (Coleoptera: Scarabaeoidea). Folia Historico Naturalia Musei Matraensis, 27. 101 - 136.
- ENKERLI, J. - GISLER, A. - KÖLLIKER, R. - WIDMER, F. (2008): Development of 16 microsatellite markers for the European cockchafer, *Melolontha melolontha*. Molecular Ecology Resources, 8. 158 - 160.
- HANGAI G. (1900): A pajoroknak szénkéneggel való irtásáról. Erdészeti Lapok, 39: 799–805.
- HIBBIÁN J. (1897): Vidéki levél (A cserebogárpajorok szénkéneggel való irtásáról). Erdészeti Lapok, 36: 789–792.
- HOMONNAY F. - HOMONNAYNÉ Cs. É. (1970): Az erdei cserebogár (*Melolontha hippocastani* F.) és hazai fejlődésmenetének rövid ismertetése. Növényvédelem, 6: 539–545.
- HORBER, E. (1963): Maikafer gegen Maikafer. Mitt. Schweiz. Landwirtschaft., 11: 145–155.
- JERMY, T. - NAGY, B. (1967): Laboratory experiments to control the cockchafer (*Melolontha melolontha* L.) by the sterile male technique. Acta Phytopathologica Hungarica, 2: 211–21.
- KELLER, S. (2000): Use of *Beauveria brongniartii* in Switzerland and its acceptance by farmers. Bulletin, 23/8. 67-71.
- LONKAY A. (1902): A pajoroknak kainittal való pusztítása. Erdészeti kísérletek, 32–33.
- PÉCH K. (1895): A cserebogár pajorok irtása szénkéneggel. Erdészeti Lapok, 34: 1127–1129.
- SUKOVATA, L. - JAVORSKI, T. - KAROLEWSKI, P - KOLK, A. (2015): The performance of *Melolontha* grubs on the roots of various plant species. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 39. 107 – 116.
- VADAS J. (1904): Az akácfa (*Robinia Pseudoacacia* L.) ellenségei, betegségei és az ellenük való védekezés. Erdészeti Kísérletek, 6: 59–73.
- VARGA SZ. - MOLNÁR M. (2013): A májusi és az erdei cserebogár, valamint az ellenük való védekezési lehetőségek. Erdészettudományi Közlemények, 3/1. 215 – 227.
- WORETA, D. - SUKOVATA, L.(2014): Survival and growth of the *Melolontha* spp. grubs on the roots of the forest's main tree species. Lesne Prace Badawcze, 75 (4) 375 – 383.
- ZIMMERMANN, G. (2007): Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria brongniartii*. Biocontrol Science and Technology, 17/6. 553-596.

AGRÁRERDÉSZETI RENDSZEREK ÖKOSZISZTÉMA SZOLGÁLTATÁSAI ÉS PRODUKTIVITÁSA AZ ERDŐKERT PÉLDÁJÁN

HEISZIG BENEDEK

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet

hebenedek@gmail.com

Bevezetés

A mérsékelt övben végzett tanulmányok egyértelműen kimutatták, hogy az agrárerdészeti rendszereknek köszönhetően nagyobb komplexitású mezőgazdasági tájak megbízhatóbb és eredményesebb ökoszisztéma szolgáltatásokat nyújtanak, mint a konvencionális monokultúras tájhasználat. Ezek közül a legfontosabbak a szén-dioxid elnyelés, a biodiverzitás fenntartása, a vízminőség megőrzése, a felvehető nitrogén előállítása, a talajminőség javítása és az erózió csökkentése (TSONKOVA ET AL. 2012; KIM ET AL. 2016; TORRALBA ET AL. 2016; WILSON AND LOVELL 2016)(KARIN & SCHAFFER, 2018).

A déli féltekén az erdőkertekben („homegardens”) való élelmiszertermelés nagy hagyományokkal rendelkezik a kisgazdaságok szintjén, ezek társadalmi és ökológiai előnyei egyértelműen elismertek az összes kontinensen, amelyen trópusi éghajlat előfordul. (LANDRETH ÉS SAITO 2014; PULIDO ET AL. 2008; BARDHAN ÉS MTSAI 2012; MATSSON ÉS MTSAI 2015; WILLEMAN ÉS MTSAI 2013). Európában ezek a kertek általában kisebb léptékű rendszerek, amelyek hozzájárulnak a városi vagy elővárosi háztartások önellátásához, leginkább Közép- és Kelet-Európában találhatóak (MOSQUERA-LOSADA ET AL. 2009; KARIN & SCHAFFER, 2018). Magyarországon számos erdőkert működik vidéki környezetben is, jellemzően családi gazdaságok és kisbirtokok részeként, valamint felsőoktatási kutatóhelyhez kapcsolódóan, kísérleti-demonstrációs céllal.

Produktivitás

Bármely mezőgazdasági rendszer biológiai hatékonysága meghatározható, ha a befektetett erőforrásokat viszonyítjuk a termeléssel nyert erőforrásokhoz, figyelembe véve nem csupán az előállított biomassza mennyiségi, hanem a minőségi paramétereit is. Az erdőkertek nagy hatékonyságát alacsony erőforrásigényük adja. A mérsékelt övben a záró társulás az erdő, így a szukcesszió végeredményeként a felhagyott területek is erdővé alakulnak idővel. Minél távolabb áll egy mezőgazdasági rendszer az erdei ökoszisztémától, annál nagyobb energiát követel a művelése, annál kevésbé fenntartható hosszútávon. Az intenzív kultúrák művelése igényi a legtöbb energiabefektetést (pl. egyéves lágyszárú mezőgazdasági kultúra, intenzív gyümölcsös), a legelőtől, a gyümölcsösön keresztül az erdőig haladva csökken a műveléssel járó munkaigény. Mivel az erdőkert a gyümölcsös és a természetes erdő között helyezkedik el, így talán ez az egyik legkevesebb energiabefektetéssel működtethető termelési rendszer (CRAWFORD, 2010).

Az erdőkertek hozama a kialakítástól és az alkalmazott fajoktól függően igen változó. Nytofte és Henriksen (2019) tanulmányában egy skóciai 0,08 hektáros erdőkert tényleges

élelmiszertermelési potenciálját vizsgálta, az itt termesztett 99 faj átlagos éves hozamának nyilvántartása alapján. Az eredmények azt mutatják, hogy a vizsgált erdőkert átlagos hozama évi 713 kg termény, ami összesen 415 075 kcal energiát, 9868 g fehérjét, 8394 g zsírt és 85 627 g szénhidrátot tartalmaz. Szénhidrátban gazdag étrend feltételezése mellett, ahol az energia ajánlott 60%-a származik szénhidrátból, a fennmaradó 40% pedig 25% zsírból és 15% fehérjéből, egy hektárnyi erdőkert, amelynek faji összetétele megegyezik a vizsgáltéval 3 felnőtt férfi teljes élelmiszerszükségletét képes fedezni. Ugyanakkor ez az erdőkert akár 7 felnőtt éves szénhidrátszükségletét is képes lenne ellátni, így több fehérje- és zsírnövény alkalmazásával, (pl. hüvelyesek és a diófélék,) az ellátottak száma potenciálisan növelhető.

Bodó (2013) szerint megfelelő tervezéssel már egy 200 m² méretű erdőkert is képes fedezni egy felnőtt évi vitamin- és ásványianyag-szükségletét a B12 vitamin kivételével. (Karin & Schaffer, 2018)

Az erdőkert tervezés során a két legfontosabb hozamnövelő eljárás a niche felosztás és a növénytársítás. Amennyiben eltérő gyökérszerkezetű és magasságú fajokat vegyítünk, a fák a napfényt és a talajban található tápanyagokat hatékonyabban hasznosítják. Az erőforrások eltérő használata miatt a fajok közti kompetíció minimálisra csökken, így produktivitásuk nő, míg a fajok közötti előnyös kölcsönhatások segítenek megőrizni a rendszer egészségi állapotát (MOLLISON ÉS HOLMGREN, 1978).

Ahhoz, hogy az erdőterek komoly szerepet játszassanak a fenntartható élelmiszertermelésben a jövőben, jelentősen meg kell sokszoroznunk az ilyen sokszínű és összetett rendszerek kezeléséhez, valamint a magas hozamú fajok tenyésztéséhez megfelelő technológiák kifejlesztésére irányuló erőfeszítéseket. Arra is következtethetünk, hogy a többszintes termelés hatékony megvalósításához az erdőkert kialakításának a lehető legjobban kell illeszkednie a helyi viszonyokhoz (KARIN & SCHAFFER, 2018).

A mérsékelt övi erdőterek potenciális produktivitását tekintve jelentős tudáshiánnyal nézünk szembe, mivel egyes fajokról kevés összehasonlítható adattal rendelkezünk.

Ökoszisztéma szolgáltatások és értékek

A globális környezeti problémák, mint a robbanásszerű népességnövekedés, a klímaváltozás és a rablógazdálkodásból fakadó környezetpusztítás kihívásaival szembenézve mezőgazdasági rendszereinket kiegyensúlyozottabb és fenntarthatóbb megoldásokkal kell helyettesítenünk, melyek képesek előmozdítani és fokozni a biodiverzitás növekedését, illetve biztosítani bizonyos ökoszisztéma-szolgáltatásokat.

A globális élelmezési rendszer jelentősen hozzájárul a komplex és mindannyiunkat érintő környezeti kihívásokhoz. Jelenleg a mezőgazdaság komoly szerepet játszik az azonosított ökológiai „bolygóhatárok” (STEFFEN ÉS MTSAI 2015) átlépésében, beleértve a négy határt, amelyet már vélhetően áthágtunk vagy legalábbis veszélyesen megközelítettünk: globális felmelegedés, fennakadások a nitrogén-körforgásban, a földhasználat változásai és a fajok kihalása (FOLEY 2011). A nem megújuló erőforrásoktól, például a foszfortól és a fosszilis tüzelőanyagoktól való állandó függőség kritikus szerepet játszik a bolygó egészségi állapotában és a jövőbeni élelmiszertermelésben is (KARIN & SCHAFFER, 2018).

Mindez a mezőgazdaság céljainak alapvető újratárgyalását követeli. A kizárólag a termelésre összpontosító szemlélet helyett a továbbiakban egyenlő értéket kell tulajdonítanunk az alapvető ökoszisztéma-szolgáltatások előállításának is (DE SCHUTTER ÉS VANLOQUEREN, 2011).

Ökoszisztéma szolgáltatásoknak nevezzük az ökoszisztémák közvetlen és közvetett hozzájárulását az emberiség túléléséhez, életminőségének és jólétének biztosításához. Az ökoszisztéma szolgáltatások lehetnek ellátási-, szabályozási-, kulturális- és fenntartási szolgáltatások (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Ellátási szolgáltatások

Az erdőterekben termelhető javak sokfélék lehetnek: gyümölcsök, magvak, zöldségek, salátanövények, gyógynövények, fűszerek, tűzifa, tuskókon termesztett gombák, póznák, vesszőanyag kosárfonáshoz, festőnövények, kötözőanyagok, szappankészítésre alkalmas növények, méz (CRAWFORD, 2010).

A kereskedelmi célú erdőtereknél a termelők általában hajlamosak szakosodni bizonyos termékekre a maximális költséghatékonyság érdekében és a piaci igények szerint. Az ilyen vállalkozások még mindig meglehetősen ritkák, de az erdőter-rendszerek alaposabb megismerése és elterjedése után várhatóan virágzásnak indulnak majd. A begyűjtött termés nagy részét feldolgozás után gyümölcsként vagy lekvárként értékesítik a helyi üzleteknek vagy termelői piacon közvetlenül a fogyasztónak jótékonyan megspórolva így az ellátási lánc költségeit és káros környezeti terhelését. Egy másik lehetőség a költséghatékonyság növelésére az önszedő rendszerek működtetése, ahol az ügyfél maga jön az erdőterbe leszedni a termést (VARGAS POVEDA, 2016).

A termékek értékesítése történhet alternatív valután (pl. szívességbank) alapuló vállalkozás keretében is, sőt léteznek olyan gazdaságok is, ahol semmit sem kérnek közvetlenül a fogyasztótól cserébe, a termék a bizalom és a kölcsönösség összetett közösségi rendszerének része.

Szabályozási szolgáltatások

A szabályozási szolgáltatásokat az ökoszisztéma-folyamatok szabályozásából származó előnyök jelentik.

- **Az erózió megelőzése és a nedvesség visszatartása**

A fásszárúakra alapozott mezőgazdaság kíméli a talajt és javítja annak szerkezetét. A fák lombkoronája, a kialakított cserje- és lágyszárúszint és a felhalmozódott avar megvédi a talajt a szél és a víz okozta eróziótól. Ezek a védőrétegek a talajnedvesség ingadozásait jótékonyan csökkentik, és a megnövekedett szerves anyagtartalom jobban tartja a nedvességet is. A fa gyökerei megtartják a talajt, a rizoszférában, fellazítják azt és javítják a porozitást a megüresedő gyökérjáratok révén (SANCHEZ 1997).

- **Szénmegkötés**

Az erdőter fái a légköri szén-dioxid megkötésével csökkentik az üvegházhatású gázok káros hatásait, mérséklik a klímaváltozást. A fásszárúakra alapozott mezőgazdasági rendszerek és a hagyományos monokultúras termesztés ötvözése csökkenti a (sok országban erdőirtással nyert)

termőföld iránti igényt, tovább csökkentve ezzel a szén légkörbe jutását (DECLERCK ÉS NEGREROS-CASTILLO 2000, SANCHEZ 1997).

- **Talajegészség**

Az egészséges talaj a produktív ökoszisztéma alapja. Napjainkban a világ nagy részén egyéves mezőgazdasági növényeket termesztnek a korábban erdővel borított területeken, mely fokozza az erózió veszélyét és hosszútávon a talaj kimerülését okozza. Ha a degradáció folytatódik az erdőirtást követően, a termékenységet biztosító talajélet fokozatosan csökken, így sok országban az erdőterületek helyén nyert termőföldek előbb-utóbb alkalmatlanná válnak az egyéves mezőgazdasági kultúrák művelésére, intenzív legeltetés következtében akár elsivatagosodás is bekövetkezhet. Az egynyári növények helyett az évelő fűszárúak alkalmazása jelentősen enyhíti a mezőgazdaság talajkielésének pusztító hatásait. Az erdőkert rendszerek hosszútávon képesek helyreállítani a degradálódott termőföldeket (SINGH ET AL 1995).

- **Mikroklíma**

A megfelelően zárt és többszintes erdőkert alatt hűvösebb és párásabb mikroklíma alakul ki, amely lehetővé teszi az egyébként az adott termőhelyen nehezen vagy egyáltalán nem termesztendő fajok alkalmazását is.

Kulturális szolgáltatások

Az erdőkert kulturális szolgáltatásai általában nem anyagi természetű előnyök, amelyek elősegítik a szellemi és spirituális fejlődést, rekreációs, edukációs célokat szolgálnak vagy esztétikai értékek. A következők lehetnek:

- társadalmi értékek, melyekkel egy erdőkert hozzájárulhat az emberi kapcsolatok kialakulásához és kielégíti az ember alapvető összetartozási igényét
- közösségi értékek: az erdőkertet fenntartó helyi közösség személyes kapcsolatai
- hálózatok: kapcsolatok az erdőkertészkedés vagy más „zöld” gyakorlati tevékenység iránt érdeklődő emberek szélesebb hálózatával.
- oktatási és kutatási értékek: Az inspiráció és az erdőkertre vonatkozó ismeretekbe ágyazott értékek megosztása másokkal vagy kutatási tevékenység
- rekreációs értékek és szabadidő: minden olyan szabadidős tevékenységet felölel, amely az erdőkertben végezhető, például a kertben végzett fizikai munka, a szemlélődés, gyerekek számára megmászható fák, látogatható erdőkertek
- egészségügyi értékek a gyógynövények termesztése és felhasználása vagy a nyugalmat hozó természetes környezet megteremtése révén
- jól-lét: a személyes egészség elősegítésére irányul a földdel való kapcsolat révén
- terápia → „gyógyító kertek” létrehozása terápiás jelleggel

(VARGAS POVEDA, 2016)

Fenntartási szolgáltatások

A többi ökoszisztéma szolgáltatás fenntartásához járulnak hozzá.

- **Tápanyagforgalom**

A fák a talajképződést jól szolgálják fokozva a tápanyagok belső körforgását (SANCHEZ 1997). A fák képesek visszanyerni az altalajba kimosódott tápanyagokat, és visszajuttatni azokat a

felsőbb talajrétegekbe. A legtöbb légyszárú növények gyökereinek már hozzáférhetetlen mélységben található tápanyagokat a fák felveszik, és avar formájában a talaj felszínére kerül, ahol azután más, sekélyebben gyökerező fajok számára is elérhető lesz.

- **Talajélet**

A fák kedvező hatást gyakorolnak a talajéletre mikorrhiza gombákkal létrehozott szinergikus kapcsolatok hálózatán keresztül. A mikorrhizákról jól tudott, hogy megkönnyítik a tápanyagok (pl. foszfor) felvételét és enyhítik számos talajlakó kórokozó negatív hatásait (BOROWICZ 2001, NEWTON ÉS PIGOTT 1991). A talajban található micélium-hifák kiterjedt hálózata lehetővé teszi az erdei ökoszisztéma számára, hogy bolygatást követően megőrizze integritását (PERRY ET AL 1990).

- **A nitrogén megkötése**

A hüvelyes fák és cserjék ültetése lehetővé teszi a biológiai nitrogénmegkötést, felvehető nitrogént juttatva a rendszer más, nem nitrogénmegkötő fajai számára szivárgó gyökérvadékok, a gyökerek lebomlása és avar szerves anyaga révén. Ezek a szerves nitrogénformák kevésbé érzékenyek a kioldódásra, mint a szerves formák, és kompatibilisek a talajmikrobák által használt szénforrásokkal. A változatos és egészséges talajbióta stabilitást és ellenálló képességet eredményez (SANCHEZ 1997).

- **Biológiai sokféleség**

A biodiverzitás jelenleg érvényben lévő definíciója a későbbiekben ismertetett Biológiai Sokféleség Egyezmény 2. cikkelye szerint a következő: „A bármilyen eredetű élőlények közötti változatosságot jelenti, beleértve többek között a szárazföldi, tengeri és más vízi-ökológiai rendszereket, valamint az e rendszereket magukban foglaló ökológiai komplexumokat; ez magában foglalja a fajokon belüli, a fajok közötti sokféleséget és maguknak az ökológiai rendszereknek a sokféleségét” (AGRÁRMINISZTERIUM, 2006). A biodiverzitás teremti meg a stabilitást és az ellenálló képességet, javítja a tápanyagok körforgását, fokozza a beporzást, csökkenti az invazív fajok hatását és enyhíti a kártevők és a betegségek nyomását, amelyek mind pozitív hatással vannak az ökoszisztéma működésére, az erdőkert gazdaságosságára (ELEVITCH ÉS WILKINSON 2001). A biológiailag sokszínű rendszerek menedéket jelentenek egyes veszélyeztetett és védett fajok számára és elősegítik a genetikai sokféleség megőrzését, fokozva ezzel a betegségekkel szembeni ellenálló képességet és az alkalmazkodóképességet. A változatos növényvilág elősegíti a kiegyensúlyozott rovarfauna kialakulását, életteret biztosít a kártevők predátorai és a beporzó rovarok számára (JACKE ÉS TOENSMEIER 2005, WHITEFIELD 2004). Crawford (2010) erdőkertjében a gerinctelen fauna felmérését célzó vizsgálatok során magasabb biodiverzitás értékeket találtak, mint hasonló korú természetes erdőállományokban.

Összefoglalás

Az agrárerdészeti rendszerek nagyobb komplexitásúak és jóval több ökoszisztéma szolgáltatást nyújtanak, mint a konvencionális monokultúrás tájhasználat. Az erdőterek általában kisebb léptékű agrárerdészeti rendszerek, amelyek hozzájárulnak a háztartások önellátásához és a minőségi élelmiszerek előállításához. Jellemzőjük a magas produktivitás és a rendelkezésre álló terület multifunkcionális, hatékony kihasználása. Az erdőkertben folyó többszintes termelés eredménye egy diverz termékpalletta és az ökoszisztéma szolgáltatások széles köre.

Köszönetnyilvánítás:

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- AGRÁRMINISZTERIUM 2006. Fogalmak használata. A Biológiai Sokféleség Egyezmény magyarországi honlapja. Biodiverzitás és Génmegőrzési Főosztály. Budapest <http://www.biodiv.hu/convention/F1117799202/fol669967/doc968101>
- BARDHAN S, JOSE S, BISWAS S ET AL (2012) Homegarden agro-forestry systems: an intermediary for biodiversity conservation in Bangladesh. *Agroforest Syst* 85:29–34
- BODÖ L (2013) En skogstradgards potential att tacka en manniskas narings-och energibehov. Bachelor Thesis. School of Science and Technology, Örebro University, Örebro
- CRAWFORD, M., 2010. Creating a Forest Garden. Working With Nature to Grow Edible Crops. Green Books, Cambridge, UK.
- CSISZÁR, V. (2019). Permakultúrás biodiverzitás-teszt alkalmazása és értékelése. Szent István Egyetem, Budapest, 1-67.
- DE SCHUTTER O, VANLOQUEREN G (2011) The new green revolution: how twenty-first-century science can feed the world. *Solutions* 2:33–44
- JACKE, D. AND E. TOENSMEIER. 2005. Edible forest gardens: volume one vision & theory. Chelsea Green Publishing. p.378.
- JACKE, D. AND E. TOENSMEIER. 2005. Edible forest gardens: volume two design and practice. Chelsea Green Publishing. p.655.
- KARIN, J. B., & SCHAFFER, E. C. (2018). Exploring the potential of edible forest gardens: experiences from a participatory action research project in Sweden. *Agroforest Syst* (2019) 93:1107–1118
- LANDRETH N, SAITO O (2014) An ecosystem services approach to sustainable livelihoods in the homegardens of Kandy, Sri Lanka. *Aust Geogr* 45:355–373
- FOLEY A (2011) Can we feed the world & sustain the planet? *Sci Am* 305:60–65
- VARGAS POVEDA, C. (2016). Forest Garden Archetypes Booklet. University of Copenhagen, 1-41.
- Pulido MT, Pagaza-Calderón EM, Martínez-Ballesté (2008). Homegardens as an alternative for sustainability: challenges for sustainability and perspectives in Latin America. Current topics in ethnobotany. In: De Albuquerque UP, Ramos MA (eds) Current Topics in Ethnobotany Homegardens in Latin America. Kerala, Research Singpost, pp 1–15
- TSONKOVA P, BÖHM C, QUINKENSTEIN A, FREESE D (2012) Ecological benefits provided by alley cropping systems for food production of woody biomass in the temperate region: a review. *Agroforest Syst* 85:133–152
- TORRALBA M, FAGERHOLM N, BURGESS PJ, MORENO G, PLIENINGER T (2016) Do European agroforestry systems enhance bio-diversity and ecosystem services? a meta-analysis. *AgriEcosyst Environ* 230:150–161
- KIM D-G, KIRSCHBAUM MUF, BEEDY TL (2016) Carbon sequestration and net emissions of CH₄ and N₂O under agroforestry: synthesizing available data and suggestions for future studies. *Agri Ecosyst Environ* 226:65–78
- WHITEFIELD, P. 2004. The earth care manual: a permaculture handbook for Britain and other temperate climates. Permanent Publications.
- WILSON MH, LOVELL ST (2016) Agroforestry—The next step in sustainable and resilient agriculture. *Sustainability* 8:574.
- WILLEMANN L, HART A, NEGRA C ET AL (2013) Taking tree based ecosystem approaches to scale. Evidence of drivers and impacts on food security and carbon sequestration. *EcoAgriculture Discussion Paper No. 10*. EcoAgriculture Partners, Washington DC.
- NYTOFTE J., HENRIKSEN C. 2019. Sustainable food production in a temperate climate – a case study analysis of the nutritional yield in a peri-urban food forest In: “Urban Food Forestry: current state and future perspectives” *Urban Forestry & Urban Greening* 45C, 2019

- MATSSON E, OSTWALD M, NISSANKA SP, PUSHPAKUMARA DKNG(2015) Quantification of carbon stock and tree diversity of homegardens in a dry zone area of Moneragala district, Sri Lanka. *Agroforestry Syst* 89:435–445
- MOLLISON B. HOLMGREN, D. 1978. *Permaculture one : A perennial agriculture for human settlements*. Tyalgum: Tagari. Ausztrália.
- MOSQUERA-LOSADA MR, MCADAM JH, ROMERO-FRANCO R ET AL(2009) DEFINITIONS AND COMPONENTS OF AGROFORESTRY PRACTICES IN EUROPE. IN: RIGUEIRO-RODRÍGUEZ AR, MCADAM J, MOSQUERA-LOSADA MR (eds) *Agroforestry in Europe: current status and future prospects*. Springer, New York, pp 3–19
- STEFFEN W, RICHARDSON K, ROCKSTRÖM J ET AL (2015) Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*.
- SANCHEZ, P.A. ET AL. 1997. Trees, soils, and food security. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*. 352: 949-961.
- DECLERCK, F.A.J. AND P. NEGREROS-CASTILLO. 2000. Plant species of traditional Mayan homegardens of Mexico as analogs for multistrata agroforests. *Agroforestry Systems*. 48:303-317.
- SINGH, P. ET AL. 1995. *Agroforestry systems for sustainable land use*. Science Publishers, Inc.
- SMITH, R.J. 1929. *Tree crops: a permanent agriculture*. New York: Harcourt, Brace. Chapters 1-3.
- BOROWICZ, V.A. 2001. Do Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alter Plant-Pathogen Relation Ecology. 82:3057-3068
- NEWTON, A.C. AND C.D. PIGOTT. 1991. Mineral Nutrition and Mycorrhizal Infection of Seedling Oak and Birch. I. Nutrient Uptake and the Development of Mycorrhizal Infection During Seedling Establishment. *New Phytologist*. 117:37-44.
- PERRY, D.A., ET AL. 1990. Species Migrations and Ecosystem Stability During Climate Change: The Belowground Connection. *Conservation Biology*. 4:266-274.
- ELEVITCH, C.R. AND K.M. WILKINSON. 2001. *The overstory book*. Permanent Agriculture Resources
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA). 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. 29 January 2013. Island Press Washington. 155pp.

AZ ERDŐKERT TERVEZÉS SZEMPONTJAI ÉS ALAPELVEI

HEISZIG BENEDEK

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet

hebenedek@gmail.com

Bevezetés

Az erdőkert többcélú növények évelő polikultúrája, széles termékpalettájú ökoszisztéma, amely egymásra kölcsönösen előnyösen ható növények és állatok tudatosan tervezett közössége (JACKE AND TOENSMEIER 2005). Az erdőkert koncepcióját elsőként Robert Hart dolgozta ki az 1970-es években az Egyesült Királyságban. Hart a természetes rendszerekben megfigyelhető növényi interakciók és kapcsolatok megfigyelése mellett főként a Brit-szigetek mérsékelt éghajlatára jellemző klimax társulással, a lombhullató erdőkkel foglalkozott, valamint vizsgálta a dél-indiai Kerala bőségesen termő „házikertjei-t” (home gardens) is. Megfigyelte, hogy sok művelt kerttel ellentétben a természet nem rendezi parcellákba magát, a természetes ökoszisztémában a „dísznövények”, a „zöldsegnövények” és a fák egy térben nőnek. Az erdőben számos növény, például a nagy és közepes méretű fák, cserjék, kúszónövények és alacsony termetű lágyszárúak ugyanazon területet hasznosítják, de különböző szinteket alkotva megtalálják saját életfeltételeiket a rendszeren belül. Az erdei ökoszisztémát modellező polikultúra tervezés első lépése, hogy meghatározzuk a létesítendő kert kívánt funkcióit, mely alapján megkülönböztethetünk termelési (produktív), környezetvédelmi, közösségi, oktatási, egészségvédelmi és rekreációs célú erdőkerteket (VARGAS POVEDA, 2016). A továbbiakban a produktív, elsősorban családi gazdaságban megvalósuló önellátást támogató erdőkert-archetípus tervezését tárgyalom részletesebben.

A terület felmérése

A célok meghatározása után a tervezett erdőkert létesítéséhez szükséges terület adottságait kell felmérni, a rendelkezésre álló területméret, a fekvés, a kitétség, a lejtés, ez erdészeti klímaosztály, a mikroklíma, az évi csapadékeloszlás és összeg, a napsütéses órák száma, az átlagos szélesebesség, az átlaghőmérséklet és a hőmérsékleti szélsőségek alapvetően határozzák meg az alkalmazható fajok skáláját. Az információgyűjtés során érdemes részletes termőhelyfeltárást is végezteni, hogy a talajtani erőforrásokkal és korlátokkal is számolni tudjunk.

Az erdőkert struktúrája

A produktív erdőkert tervezésekor a legfontosabb limitáló tényező a bejutó fény mennyisége. Azokban az erdőkben, ahol a felső lombkoronaszint zárt, túl kevés fényenergia jut el az alsóbb szintekre ahhoz, hogy eredményes lehessen a gyümölcsstermesztés. A mérsékelt övi erdőkert tervezésénél a klimax erdőkre jellemző záródott felső lombkoronaszint helyett a pionír, a

szukcesszió folyamatának korai stádiumában járó, cserjésből átalakuló fiatal erdő struktúráját kell alapul vennünk, melyben a fák egymástól távolabb helyezkednek el, így elegendő fényt kaphat a jól fejlett cserjeszint is. Ritkásabb vagy kisebb levelű fajok választásával vagy magasabb koronájú fák ültetésével is növelhetjük az alacsonyabb szintekre jutó fény mennyiségét, valamint az alsó ágak lenyeseése is fokozhatja a kedvező fényviszonyokat, továbbá ezzel a rendelkezésre álló tér is megnő (CRAWFORD, 2010).

A mérsékelt övi erdőkertek tervezésekor az eredeti koncepció szerint 7 szint alkotja az „erdőt”.

1. Magas lombkoronaszint→ A közepes méretű vagy magasabb fák 10 méterig. Klimax fafajok, elsősorban csonthéjas gyümölcsfák, faanyagtermelésre alkalmas fajok, nitrogén-fixáló fák. A termés egyes esetekben nehezebben hozzáférhető.
2. Alacsony lombkoronaszint és nagyobb cserjék→ Alacsonyabbra növekvő fák vagy magasabb cserjék 3-tól 9 méterig. A gyümölcsfák többsége itt található, lehetnek gyógyhatású fák, nitrogén-fixáló fajok. A termés hozam itt a legjelentősebb.
3. Cserjeszint → maximum 3 méter magas gyümölcsstermő bokrok, nitrogén-fixálók,
4. Évelő lágyszárúak és örökzöldek szintje → néhány centimétertől 3 méterig évelő gyógynövények, évelő zöldségfélék, félcserjék, festőnövények.
5. Takarónövények szintje → Talajtakarást biztosító évelő lágyszárúak és kúszónövények (horizontálisan), „gyomok”. Az elsődleges cél itt a kedvező talajállapot és szerkezet fenntartása a talajtakarás által.
6. Gyökérszóna és gombák→ Ehető vagy hasznosítható gyökerű fajok. A gombák a fák tápanyagfelvételét segítve fontos szerepet töltenek be az erdőkertben, emellett termőtestük sok esetben étkezési célra is használható.
7. Vertikális szint → A magasabb szintek növényeire felkúszó növények, liánok. (CRAWFORD 2010, VARGAS POVEDA, 2016)

Fajválasztás

Az erdőkert létrehozásának céljai meghatározzák a tervezést és a faj(ta)választást. A mindennapi élelmiszerfogyasztást biztosító, vagy azt jelentős mértékben kiegészítő kert sokféle faj(tá)t tartalmazhat, míg a kereskedelmi célra termelő erdőkertnek kevesebb féle, inkább nagy értékű, könnyen kezelhető és egyszerűen, munkacsúcsokban betakarítható termékekre kell összpontosítani (KARIN & SCHAFFER, 2018).

A trópusi erdőkertek esetében az ideális fajszám általában 100-200 között mozog, mérsékelt kontinentális klímán 50 faj is elég lehet (CRAWFORD, 2010).

A morfológia szerinti fajválasztás csak az első lépés, hogy valóban dinamikus, produktív növényközösséget alkossunk. Elsőként az éghajlatnak és a biorégióknak megfelelő fajokat kell meghatároznunk, majd alaposan át kell tanulmányoznunk a szóba jöhető fajok ökológiai igényeit, niche-jét a következő szempontok szerint:

- mulcs és szervesanyag előállítás
- tápanyagfelhalmozás
- hasznos (beporzó) rovar csalogató növény
- nitrogénmegkötés
- nemkívánatos fajok elnyomása
- talajképző képesség

- a talaj tápanyagtartalmának növelése
- hasznos termékek előállítása, mint élelmiszer, gyógyszer, rostanyag, faanyag, tűzifa, takarmány

További fontos tulajdonságok az árnyéktűrés, az aszálytűrés, az árvíz tolerancia, a talaj- és tápanyagigény, kártevőkkel és betegségekkel szembeni ellenállóképesség, a virágzás ideje és a megporzás követelményei, a növények növekedése és a termés hozam (MOLLISON 1988, JACKE ÉS TOENSMEIER 2005, SHEPARD 2005).

A továbbiakban ki kell választanunk az így leszűkített fajlistából azokat a növényeket, amelyek a leginkább multifunkcionálisak.

Ezeknek a multifunkcionális növényeknek a dinamikus előnyös kapcsolatok kialakítására elkülönített csoportját társításnak (guild) nevezzük (HEMENWAY 2000, WHITEFIELD 2004). A társítást alkotó fajok kiválasztásának legjobb módja az, ha megfigyeljük az őshonos fajokat egy beavatkozásuktól mentes természetes rendszerben, és lehetőség szerint ezeket használjuk. (SHEPARD 2003, SHEPARD 2005). Ha az őshonos fajok nem megfelelőek, célszerű ezeket velük szoros rokonságban állókkal, vagy az adott fajok nemesített változataival helyettesíteni. A legfontosabb szempont az, hogy a választott növény azonos niche-el rendelkezzen, mint a natív analóg. Ezeket a guildeket ezután össze kell kapcsolni, hogy szerkezetében, összetételében és funkcióiban sokszínű tájat alkossunk (HART 1980, SHEPARD 2003, SHEPARD 2005).

Tápanyag- és vízgazdálkodás

A fiatal erdőtársulásokban gyakran találunk nitrogén-kötő fákat és cserjéket, melyek általában pionír fajok, megtelepedésükkel igényesebb fajoknak készítik elő a terepet. Az erdőterben megfelelő fényviszonyok között alkalmazva őket rendkívüli módon fokozzák a talaj termékenységét (CRAWFORD 2010). A növények számára legfontosabb tápanyagok a nitrogén és a kálium. A talajból felvehető nitrogén mennyiségét leginkább a Fabales rend nitrogén-kötő Rhizobium baktériumokkal együtt élő fajainak telepítésével növelhetjük. A fixált légköri oxigén a magas nitrogéntartalmú levelek, vékonyabb gallyak és a hajszálygökrzet lebomlása folytán kerül a talajba, illetve a mikorrhizás gombafonalak transzportjának útján jut el a többi növényhez, akár több tíz méterre is a nitrogénmegkötő növénytől. A nitrogénkötő fajok gyakran pionírok, így fényigényesek, amennyiben nem kapnak kellő napot a nitrogén fixálás is visszaesik. További hátrány, hogy helyet vonnak el az ehető termésű fáktól, de a tápanyagellátásban betöltött szerepük ezt bőségesen ellensúlyozza, emellett tűzifaként és méhlegelőként is jól hasznosíthatóak, illetve egyes Eleagnus fajok termése ehető is. A nitrogénkötő fákat célszerű a felső lombkoronaszintbe tervezni, mert lombzatuk gyakran ritkás, így az alsóbb szintek növényei is elegendő fényhez jutnak, valamint a magas fák nagyobb területet képesek betéríteni nitrogénben gazdag leveleikkel. A hosszúkás, kúpos koronaalak jobb térkihasználást biztosít.

A kálium- és foszforszükséglet kielégítésére eredményesen használható a fekete nadálytővel (*Symphytum officinale*) való mulcsozás vagy fahamu kijuttatása (CRAWFORD, 2010).

Ahogy a permakultúrában, így az erdőter tervezésénél is fontos alapelv, hogy törekedni kell a talajfelszín élő növényekkel, vagy ezek elhalt szerves anyagaival való takarására, mert így

megőrizhető a kedvező talajállapot és talajnedvesség, sőt, a konvencionális rendszerekre jellemző csupasz talajfoltok miatt jelentkező gyomosodás is minimálisra csökken.

A térbeli rend kialakítása

Az erdőkert létesítési céljainak megfelelő fajlista összeállítása után a fák térbeli rendjének megtervezése következik, mely a tervezés kétségkívül legkritikusabb pontja. Általánosságban egy fára 20-40 négyzetmétert kell számítanunk az erdőkert méretétől függően. A szomszédos fák lombkoronáinak érintkezése kerülendő, mert ez esetben nem engednek át megfelelő mennyiségű fényt az alsóbb szintekre és a kórokozók is könnyebben terjednek fáról fára. Természetesen a koronák átlapolódása az eltérő szinteken kívánatos. Az északi mérsékelt éghajlaton a gyümölcstermő fák esetében érdemes egy negyed - fél lombkoronányi rést hagyni a szomszédos faegyedek közt, ezzel áttört lomboronát képezve. Amennyiben az alsóbb lombkoronaszint egyedeit a magasabb fák déli oldalára ültetjük, elegendő minimális rést hagyni, így ugyanis több fényhez jutnak és magasabb lesz a terméshozam. A faállomány szerkezetét lehetőleg úgy kell kialakítani, hogy minden oldalról zárt legyen, csökkentve ezzel a szélesebbéget és fokozva az állomány mikroklímájának kedvező hatását. Amennyiben nem egységes szerkezetű erdőkeretet tervezünk, javasolt az alacsonyabb faegyedeket az erdőkert déli felébe tervezni, míg észak felé haladva fokozatosan nőhet a fák átlagmagassága, ezzel mintegy napcsapdát képezhetünk az állományprofilból. Az elsősorban termelési célú erdőkeretekben a gyümölcsfák magas aránya miatt fokozott a tápanyaigény, itt javasolt a nitrogénkötő fűszárúak az összes fafajhoz viszonyított mintegy 30%-os arányára törekedni, de kevésbé produkcióorientált kertekben is érdemes 10%-ot fenntartani számukra (CRAWFORD 2010).

A növényi interakciók maximalizálása érdekében a lehetőségekhez mérten kerülni kell a rendszertanilag egymáshoz közel álló fajok egy csoportba való telepítését. Minél elegebben helyezkednek el a fajok, annál ellenállóbb lesz a rendszer egésze, mivel a fajspecifikus kórokozók és károsítók nehezebben jutnak egyik gazdanövényről a másikra. Kivételt képez a kétlaki fajok esete, ezeket a megfelelő beporzást elősegítendő lehetőleg egymás közelébe kell ültetni.

A néhány évente törevágással hasznosított fafajoknál az érett fa paramétereikhez képest csökkentett mérettel számolhatunk.

A fafajok térbeli rendjének meghatározásakor figyelemmel kell lenni:

- a faállomány kívánatos magassági profiljára
- a koronák közti rések méretére
- a kitettségre és a fekvésre
- a talaj jellemzőinek térbeli változatosságára
- a kertben már jellemző és a várhatóan kialakuló mikroklímára
- az egyes fafajok fény-, tápanyag- és vízigényére
- a beporzási feltételekre (a keresztbeporzást igénylő fajok viszonylag közel ültetendők egymáshoz)
- az egyes fafajok allelopatikus hatására és a kompetíciós képességekre
- az egyes fafajok kedvező kölcsönhatásaira (árnyalás, nitrogén-kötő képesség)
- a famagasságra (a gyümölcsöt nem termő magasabb fajok esetében érdemes lenyesni az alsó ágakat a fényviszonyok kedvezőbbé tétele érdekében)

- a nitrogén-kötő faegyedek elhelyezésére (lehetőleg magas hozamú gyümölcsfák északi oldalára)
- a fajok megfelelő elegyítésére (a kórokozók terjedésének nehezítése érdekében a genetikai rokonságban lévő fajok lehetőleg ne egymás mellé kerüljenek, természetesen tekintettel kell lennünk a beporzási igényekre is)
- az esztétikai szempontokra
- a háromdimenziós struktúrára (CRAWFORD 2010).

Összefoglalás

A többcélú növények évelő polikultúráját jelentő erdőkert létrehozása összetettségéből fakadóan gondos tervezést igényel. Ennek első lépése a létesítendő kert funkcióinak meghatározása (termelési, környezetvédelmi, közösségi, oktatási, egészségvédelmi és/vagy rekreációs). Egy produktív, önellátást támogató erdőkert tervezése több lépcsőben történik: a terület előzetes felmérése, a szintek „feltöltése” a termőhelyi viszonyok, ökológiai igények, morfológia, multifunkcionalitás, fény-és tápanyagigény, rezisztencia valamint produktivitás alapján kiválasztott fajokkal, majd a megfelelő térbeli struktúra megtervezése. A jól működő erdőkertek tervezése és üzemeltetése szorosan összefonódik a permakultúrás gazdálkodással.

Köszönetnyilvánítás:

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészeti mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalmi hivatkozások

- CRAWFORD, M., 2010. Creating a Forest Garden. Working With Nature to Grow Edible Crops. Green Books, Cambridge, UK.
- JACKE, D. AND E. TOENSMEIER. 2005. Edible forest gardens: volume one vision & theory. Chelsea Green Publishing. p.378.
- HART, .D. 1980. A natural ecosystem analog to design of successional crop systems for tropical forest environments. The Assoc. for Tropical Bio. and Conservation. Biotropica. 12:73-82.
- VARGAS POVEDA, C. (2016). Forest Garden Archetypes Booklet. University of Copenhagen, 1-41.
- KARIN, J. B., & SCHAFFER, E. C. (2018). Exploring the potential of edible forest gardens: experiences from a participatory action research project in Sweden. Agroforest Syst (2019) 93:1107–1118
- MOLLISON, B. 1988. Permaculture: a designers manual. Tagari Publications. p.575.
- SHEPARD, M. 2005. Forest agriculture enterprises. consulting papers and personal interview

MIKROKLÍMA VIZSGÁLATOK ERDEI KÖZTES TERMESZTÉSES RENDSZERBEN

KOVÁCS KLAUDIA – VITYI ANDREA

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet

kovacs.klaudia@uni-sopron.hu

Bevezetés

A Kisalföldi Erdőgazdaság Zrt. Kapuvári Erdészet területén már évtizedek óta alkalmaznak köztestermesztéses agrárerdészeti rendszereket az erdősítésekben. Korábbi vizsgálataink eredményeire és tapasztalataira alapozva, együttműködve az erdészet szakszemélyzetével mikroklíma vizsgálatokat folytattunk a 2020-ban kialakított kísérleti területen. Az erdősítésben az erdészet célkitűzése a terület maximális kihasználása, a nemesnyár dugványok védelme, a tervszerinti sikeres befejezett erdősítés, illetve a vadtakarmányozás volt.

A klímaváltozás egyre nagyobb problémát jelent a mező-és erdőgazdálkodás számára. Az időjárási szélsőségek egyre jellemzőbbek, a vegetációs zónák eltolódása, a biotikus és abiotikus tényezők okozta károk gyakoriságának és kiterjedésének növekedése azt jelzi, hogy az eddigi gyakorlat módosítására van szükség. Kutatásunk az erdőterületen alkalmazott köztestermesztés vizsgálatára irányul, mely gyakorlat tulajdonképpen a régen vákáncsoknak nevezett területek művelési gyakorlatának modern körülmények közé átültetett változata (VITYI ET AL. 2016, 2018).



1. ábra A Kapuvári Erdészet területén létesített nemesnyár kukorica köztes rendszer

A terület bemutatása

A kísérletbe vont erdősítés területe 2,34 ha, melynek egyik felén agroerdészeti rendszert alakítottunk ki. Az így létrejött köztesvetésű és kontroll területek termőhelyi jellemzői megegyeznek, mint ahogy azt az erdőrészlet leíró lapból származó adatok is tanúsítják. (1. táblázat) Az erdőrészlet talaj-homogenitásának vagy imparitásának vizsgálata céljából talajmintavételezésre is sor került.

1.táblázat A vizsgált terület részletes leírása

	Köztes	Kontroll
Helyrajzi szám	0542/1c	0542/1c
Klíma	Kocsánytalan-tölgyes	Kocsánytalan-tölgyes
Hidrológia	Felszínig vizes	Felszínig vizes
Talaj	Lápos réti talaj	Lápos réti talaj
Termőréteg	Középmély	Középmély
Textura	Homok	Homok
Főfafaj	Nemesnyár	Nemesnyár
Helység	Kapuvár	Kapuvár
Tag	21	21
Részlet	C2	C2
Erdészeti táj	Fertő-Hanság medence	Fertő-Hanság medence
Natura 2000	Nem része a hálózatnak	Nem része a hálózatnak
Tulajdonos	Állam	állam
Elsődleges rendeltetés	Faanyagtermelő	Faanyagtermelő
Következő tervezés éve	2026	2026
Védettség	nem	nem
Tűzveszély	kismértékben	kismértékben

Az Erdészet területén több évtizede létesítenek hasonló rendszereket, ahol kizárólag kukoricával kombinált nemesnyár erdősítéseket alakítanak ki, lényegében ugyanazokkal a paraméterekkel. Ennek a gyakorlatnak a csemeték fejlődésére gyakorolt pozitív hatásával kapcsolatos tapasztalatokat magyarázó folyamatokat azonban mostanáig nem vizsgálták.

Az erdészet fekvéséből adódóan (sík terület) az erdősítésekben a nemesnyár dugványokat kétméteres tőtávval és négyméteres sortávolsággal ültetik. Az agroerdészeti köztes rendszer használatának idő intervalluma a fafajtól függ. Egy gyorsan növény fafajnál (ill. dugványoknál) értelmetlen egy vegetációs időszakon túl alkalmazni ezt a gyakorlatot, mert az állomány lombkoronája hamar zárul és a kiegészítő kultúra hozamának drasztikus visszaesését vagy teljes exitálását idézné elő. A lassabban növény fafajok esetében, mint például a hazai tölgyekkel erdősített területek, (ahol minimum 3 méteres sortávolságot alkalmaznak) lehet akár három vegetációs időszakon keresztül is alkalmazni a köztes termesztés adott területre adaptált formáját. 19. századi dokumentumokban (MIKLÓS 1974) fellelhető, hogy ugyanazon a területen akár öt egymást követő évben is ültettek és vetettek a fasorok közé. A kapuvári nemesnyár ültetvényekben jellemzően négy soros kukorica közbevetést alkalmaznak. A kukorica sorokat 75 cm-es sortávval vetik (2. táblázat). A jó terméshozam elérése miatt olyan területeket

választanak ki az agrárerdészeti rendszer kialakítására, amelyek nem kerülnek víz alá az év egyetlen szakaszában sem.

2.táblázat A kísérleti rendszer főbb jellemzői

	Köztes	Kontroll
Terület	~1,0 ha	~1,0 ha
Kultúra	Nemesnyár, kukorica	nemesnyár
Sorköz(cm)	~90 -75-75-75- ~90	400
Fák tőtávolsága (cm)	200	200
Sorok tájolása	ÉNy-DK-i	ÉNy-DK-i
Lejtés	sík	sík
Öntözés	csatorna	csatorna
Vadvédelem	kerítés	kerítés
Növényvédelem	-	-
Terméshozam	~80 q/ha	-
Időtartalom	1 év	1 év

Anyag és módszer

A 2020. július, augusztus és szeptember hónapjában végzett mérések a talajhőmérsékletre és a talaj vezetőképességének meghatározására, a léghőmérsékletre és páratartalomra, valamint a fás állomány fejlődési paramétereire terjedt ki (3. táblázat). Ezeket a méréseket korábbi, hasonló rendszerben végzett vizsgálatok alapozták meg (KOVÁCS, 2020; KOVÁCS ÉS VITYI, 2019).

A talaj vezetőképességének mérése a két terület talajnedvesség szempontjából történő összehasonlítását szolgálta. Hazai kutatási eredmények szerint szoros összefüggés van a talaj elektromos vezetőképessége és a talaj nedvességtartalma között (NAGY, 2014), így azonos talajadottságok mellett a vezetőképesség változásából a két terület talajnedvesség-viszonyainak eltéréseire is következtethetünk.

3.táblázat Vizsgálati időpontok, paraméterek, eszközök

Vizsgált paraméter	Talaj-hőmérséklet	Talaj vezetőképesség	Növekedési paraméter	Lég-hőmérséklet és páratartalom	Talajvíz szint mérés
Időpont	Júl. 1-aug. 31.	Júl. 1-aug. 31.	Július, augusztus szeptember	Júl. 1-aug. 31.	Júl. 1-aug. 31.
Mérési pontok	2 szegmens/terület 10 pont/szegmens (2020)	2 szegmens/terület 10 pont/szegmens (2020)	6 db mérési parcella (264 db)	2 szegmens/terület 3 pont/szegmens (2020)	2 szegmens/terület 1 pont/szegmens (2020)
Vizsgálati módszer/eszköz	HANNA HI-98331 Tenziométer	HANNA HI-98331 Tenziométer	Famagasság mérés mérőszalaggal ill. mérőruddal	Kestrel 4500 DT mezőgazdasági meteorológiai kéziműszer	Fúrt talajvíz-kút

A mikroklíma méréseket július és augusztus hónapokban hajtottuk végre, kétnaponta, mindig azonos időpontban. (Ritkán, de előfordult, hogy csapadékesemény miatt egy-egy mérés kimaradt).

A 2-2 horizontális mérési szelvény kijelölése a teljes erdőrészlet területén úgy történt, hogy reprezentatív képet adjon a terület szélével párhuzamosan futó csatorna hatásáról, továbbá kizárjuk a szegélyhatást. Hasonlóképpen jártunk el a fanövededés mérését szolgáló parcellák kijelölése során.

A léghőmérséklet és páratartalom vizsgálatát szolgáló mérési szelvényeket a sorokra merőlegesen jelöltük ki úgy, hogy azok mindegyike két szemközt lévő nemesnyár egyedet és a köztük lévő szegmenst foglalta magába. A méréseket a következőképpen végeztük el:

- a talajhőmérséklet és talaj-vezetőképesség mérés kétnaponta, szelvényenként 5 pontban történt, a talajfelszínen és 10 cm-es mélységben, a kukorica sorközökben, valamint a szélső kukorica sor és a nyárfasor sorközében.
- léghőmérsékletet és páratartalmat kétnaponta, pontonként három magasságában (200 cm, 100 cm, 0 cm) mértünk. A pontos mérések elvégzéséhez mérőrudat használtunk.
- A famagasság mérése, a tőátmérő és mellmagassági átmérő meghatározása az állomány 10 %-ánál, 264 db fa esetében történt meg, júliusban, augusztusban és szeptemberben.
- A talajvíz szint mérésére talajvíz-kutakat telepítettünk (részterületenként 1-1 darabot). A talajvíz szinteket minden másnap vizsgáltuk.

Az előző évi vizsgálatok körét hidrológiai mérésekkel egészítettük ki, amelyek eredményeiből az állomány által felhasználható vízmennyiségről kapunk információt, valamint vizsgálható az esetleges különbség az agroerdészeti és kontroll területek vízfelhasználása között. Megalapozott következtetések levonására a laboratóriumi talajvizsgálatok elvégzését követően kerülhet sor, az erdőrészlet talajának durva rajzolata és a területrészek közötti esetleges különbségek figyelembe vételével.

A talaj- és levegő mikroklíma vizsgálatok eredményeinek feldolgozása jelen cikk összeállításakor még folyamatban van. A normál eloszlású populációs adatok kiértékelését független mintás t-próbát alkalmazva, a TIBCO Statistica™ 13. verziója segítségével végezzük el.

A vizsgálatok folytatására vonatkozó tervek

Középtávú együttműködés keretében az elkövetkezendő években új kísérleti rendszereket tervezünk kialakítani a Kapuvári Erdészet területén. A tervezett vizsgálatok köre alapvetően változatlan marad, de új lehetőségek megnyílása esetén kiegészíthető. Az új kísérleti rendszerek létesítésénél nagyobb hangsúlyt kell fektetni a vadnyomás csökkentésének lehetőségeire, mivel tapasztalataink szerint meglévő vadkerítés esetén is igen erős vadnyomás alá kerülhet a terület.

Köszönetnyilvánítás:

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- KOVÁCS, K ; SZIGETI, N; VITYI, A (2020). Results of soil microclimate research in forestry intercropping systems in Hungary, REGIONAL AND BUSINESS STUDIES (2020)
- KOVÁCS, K; VITYI, A (2019). Köztesnövény alkalmazása erdőfelújításokban: az eddigi hazai vizsgálatok eredményei és tapasztalatai, In: Csiha, Imre; Csiha, Sára; Nagy, Angelika (szerk.), Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap : Tudományos eredmények a gyakorlatban, Kecskemét, Magyarország : Alföldi Erdőkért Egyesület, (2019) pp. 91-103. 13 p.
- MIKLÓS ZS. (1974). A debreceni vákáncsosok, Debrecen pp.260-264.
- NAGY G. (2014). A talaj nedvességtartalmának meghatározása az elektromos vezetőképesség vizsgálatával
- VITYI, A ; KOVÁCS, K (2018):Improve the efficiency of afforestation by the use of alley cropping system,In: Nuria, Ferreiro-Domínguez; María, Rosa Mosquera-Losada (szerk.) Proceedings of the 4th European Agroforestry Conference : Agroforestry as Sustainable Land Use, Nijmegen, Hollandia : European Agroforestry Federation, (2018) pp. 457-461. , 5 p.
- VITYI, A ; KOVÁCS, K ; DUFLA, F ; BÁCSMEGI, L ; NAGY, I (2016): Improve the efficiency of afforestation by the use of agroforestry practices, In: Marie, Gosme; Paulo, JA; Borek, R; Burgess, PJ; Dupraz, C; Domínguez, NF; Freese, D; González-Fernández, P; Hartel, T; Lamersdorf, N; Lawson, G; Lojka, B; Mézière, D; Moreno, G; Mosquera-Losada, M; Palma, J; Pantera, A; Paris, P; Pisanelli, A; Plieninger, T; Reubens, B; Rois, M; Rosati, A; Smith, J; Vityi, A (szerk.), 3rd European Agroforestry Conference, Montpellier, Franciaország : European Agroforestry Federation, (2016) pp. 144-145. , 2 p.

PLANT INVASION IN AGROFORESTRY SYSTEMS

SZIGETI NÓRA

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet

szigeti.nora@uni-sopron.hu

Introduction

Globalization has many benefits, but a harmful consequence of this trend is the movement of organisms among the world's regions. When species become established in alien environments, they often exhibit explosive population growth resulting in severe impacts on native communities. Forests are currently experiencing invasions by non-native insects, pathogens, plants and other organisms, many of which profoundly alter forest ecosystem properties and sometimes cause massive economic impacts on forest resources (IUFRO).

Spreading of invasive species causes a serious problem for biodiversity, economical and sociological aspects as well. EEA (European Environment Agency) estimates the value of economic damage (impacts on health, agronomy, forestry, fishing...) in Europe 12 milliard Euro per year. On natural sites, invasive plants endanger the restoration and subsistence of the original biome. That is why the defence against invasive species is a part of the handling plan of many protected natural sites (CSISZÁR AND KORDA, 2015).

Biological invasion is considered to be one of the most serious problems affecting biodiversity by many researchers (DOWNEY AND RICHARDSON, 2016, GENOVESI, 2011). Although the use of invasive plants may in some cases provide an economically favourable response to the challenges posed by climate change (SCHWEIGER ET AL. 2010), the number, and community characteristics of native species generally decrease as a result of the emergence of aggressively spreading alien species (PYSEK ET AL. 2012). The combined effect of invasion and climate change may be beneficial for a group of generalist species, while specialist species are more negatively affected (SCHWEIGER ET AL. 2010). This effect is influenced by some characteristics of invasive species, such as lifestyle or pollination pattern, regardless of the geographical location of the invaded area, so a more thorough understanding of these relationships may be important for predicting expected processes (PYSEK ET AL. 2012). According to some researchers, both the deterioration of the stability of natural ecosystems and the decline in the economic benefits of cultivated land may become more significant in the future (VAN WILGEN ET AL. 2008).

Undesirable invasion has serious effects on economy-designated sites – even on agro and industrial sites- too: decreasing production or higher costs of pest control, aesthetical and health problems can occur. Many invasive plant species are allergen. Shelterbelts, tree-plantations can help spreading invasive plants from agricultural or industrial sites to natural, semi-natural biomes.

In the process of planning and planting an agroforestry system, it is very important to involve solutions against positive effects on invasion, and decrease them, as it is possible for protecting natural and anthropogenic landscape too.

Agroforestry systems, as spreading corridors for invasive plants

Agroforestry is the practice of deliberately integrating woody vegetation (trees or shrubs) with crop and/or animal systems to benefit from the resulting ecological and economic interactions. There are several types of this form of land usage, from wood pastures through intercropping systems to riparian and agricultural shelterbelts.

Shelterbelts have been planted with different goals in Hungary, mostly in agrarian environment, and by linear infrastructure. The aim of plantation is defending a (usually agricultural) site from wind, erosion, or (in case of roadsides) decreasing pollution and noise. Some aesthetical-purpose tree rows are important for hunting, and nature conservation too, offering an ecological corridor for many insect, bird and small mammal species.

These biomes are standing under anthropogenic power: they contain few (quickly growing, well regenerating) tree species and mostly no shrub layer is planted (they settle later from the surrounding sites). The grass layer is weak; ruderal herbs are dominant.

Shelterbelts have two dangerous effects on invasion: many of the planted tree species are exotic, and they might allocate generative material into the environment. On the other hand, these biomes can help spreading of not-planted invasive herbs (MIHÁLY ET AL, 2004).

A study of Centre for Environmental Management of Degraded Ecosystems found, that two important ecological factors make a habitat prone to invasion: resource fluctuations and disturbance, and the combination of these factors has a synergistic effect on plant invasion. Disturbance leads to the destruction of resident biomass, which results in the increase of resource availability and less competition for invaders (CEMDE, 2005).

A typical biome for invasion are riparian forest ecosystems, where the invasion dynamics of exotic species could be dependent to a large extent on the physical characteristics of the watershed, particularly the interconnectivity between invaded upstream sites and uninvaded downstream sites. Thus, floodplains may be more prone to invasion by exotics than surrounding landscapes because of increased opportunities for propagule dispersal in water, and the physical disturbances created by water movement and flooding on the floodplain. Certain natural environments may be more conducive to the long-term storage of propagules than others, so that manipulations of the environment could be useful in the reduction of propagule banks of invasive species. For example, thick peat or litter layers can slow or prevent the germination of certain species, so that ultimately propagules deposited in thick layers of litter or peat may be maintained longer in propagule banks. In the case of invasive species, this may mean that the potential period for invasion could be extended by the presence of litter. Therefore, management to reduce litter amounts could remove an environmental factor that would otherwise extend the retention time of viable propagules. After germination, litter could also provide a slow release of nutrients, which could facilitate invasion (THOMAS ET AL, 2006).

Maheu-Giroux - de Blois (2007) found, that riparian habitats along streams and rivers are little invaded compared to anthropogenic linear wetlands, except when they intersected transportation rights-of-way. It is possible that differences in disturbance and hydrological regimes or competitive vegetation in the riparian habitats contribute to limit invasion.

Trammel-Carreiro (2011) studied the urban forest belts, and found, that compared with forest communities in many rural areas, those located in urban environments, particularly alongside roads, are susceptible to the introduction and spread of exotic invasive species. In addition to direct planting of exotics next to forested verges, vehicles can disperse viable seeds from many plant species and thus roadside environments and urban areas may be more susceptible to introduced plant species than habitat types in other locations. Many studies have shown an increased abundance of exotic invasive species in urban forests compared with rural forests. Transportation corridors have also been shown to increase the presence of exotic invasive species in protected areas in the United States.

Shelterbelts as propagule- source for invasive tree species

Besides offering opportunity for spreading of invasive herbs, the other hazard of agroforestry systems is that the planted exotic tree species might allocate their propagules (seeds, fruits, or other regenerative parts) to the environment. Only a few of them is able to aggressive spread, for example (description of species is from Csiszár 2012):

Boxelder maple (*Acer negundo* L.) is native to North America. It was planted in the Hungarian Great Plain at the 1960's years in a very large amount. It introduced in riparian forests and in Robinia plantations on sand soil, and became an invasive species. The herb layer of a closed boxelder stand is nudum.

Tree of heaven (*Ailanthus altissima* [MILL.] SWINGLE) is native to Asia, China. The seeds are able to germinate for a very long time, and the tree successfully regenerates in a vegetative way too. The first plantations in Hungary were established in 1841-43, and it introduced in Great Hungarian Plain to the middle of the XX.th century and became the one of the most dangerous invasive species.

False indigo (*Amorpha fruticosa* L.) is native to North America, it is a relative short-life species: in Hungary not elder than 25 years. The first specimen was brought to England for decorative goals at 1724 and introduced almost everywhere in Europe. In Hungary, the first data of this species are from 1907, nowadays it is very common in riparian forests. It was planted to shelterbelts for defending soil from erosion. It is able to spontaneous spread, degrades grass with its shadow, which causes problems for nature protection.

Green ash (*Fraxinus pennsylvanica* MARSH) is native to North America, often planted to riparian forests and shelterbelts in Hungary, due to its quick growth at a young age. The seed is able for germination for 2-3 years, but the species also can spread on a vegetative way. Invasion occurs mostly near by the plantations. Its roll back is quite difficult, made by mechanic methods.

Black cherry (*Prunus serotina* EHRH) is native North-East America and was one of the tree species firstly brought to Europe. It was introduced in Hungary at the end of the XIX.th century planted in gardens and forestry trials. It is commonly planted on sand soils, and spreads

spontaneously. The seeds are transported by animals in high distance, and also can regenerate on a vegetative way, setting back the regeneration of original species, for example oaks.

Common lilac (*Syringa vulgaris* L.) is native to East Europe and Asia. The date of the introduction in Central Europe is not registered, the first data are from the XVI.th century. Nowadays is very popular in gardens, and spreads often to shelterbelts and verges. The very efficient vegetative spread endangers the grass vegetation.

Siberian elm (*Ulmus pumila* L.) is native to Asia, and was brought to Europe in the XVII.th century due to its quick growth and resistivity. In Hungary it was first planted in forestry trials on halophile sites, later in different plantations, for example shelterbelts. Not only the spread of the Siberian elm tree is dangerous, but it makes opportunity for invasion of herbs too.

Russian olive (*Eleagnus angustifolia* L.) is also native to Asia. It might have been brought to Hungary during the Turkish reign to plant on halophile sites and weak soils. Often used in shelterbelts, while it is quite resistant against drought. Its fruit is vitamin- rich, and the leaves are used as medicine too. It often spreads out from plantations and can change the original biome.

Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) is native to North-East America and was brought to Europe at the beginning of the XVV.th century. It was planted in rows as décor-tree, later in shelterbelts against deflation. In the middle of the XVIII.th century it was used for afforestation of eroded sites, and later, in the Great Hungarian Plain on sand soils. Black locust can be grown easily but spreads very effective too also on vegetative and generative way. Under Robinia plants, the nitrogen concentration in the soil increases, which is a preference for ruderal vegetation.

The most common invasive herb species spreading in shelterbelts

Giant goldenrod (*Solidago gigantea* AIT.) and Canadian goldenrod (*Solidago canadensis* L.) are an herbaceous perennial plants of the family Asteraceae native to northeastern America and Canada. They were planted to European botanical gardens in the XVII. century, and later became an invasive plant. They are very common in poplar shelterbelts and riparian forest belts in Western and Northern Hungary. They are valuable for beekeeping, but the pollen can be allergen as well. Their closed stands degrade the original ecosystem, which has a negative effect on bird and mammal populations too (MIHÁLY ET AL, 2004).

Common milkweed (*Asclepias syriaca* L.) is common flowering plant species, originating from Canada and Eastern America. It appeared in Europa in the XVII, in Hungary in the XVIII. century, spreading from the Mediterranean. In shelterbelts, we can find it mostly in Robinia stands on slack sand soils. The *Asclepias* stand decreases under closed vegetation, but open plantations, verges are endangered with its invasion, and natural regeneration might be set back.

Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is native to North America, and was brought to Europe in the XIX.th century. Due to agriculture and transportation, it spread through Hungary to the second half of the XX.th century. Rural species of disturbed areas, shelterbelts and verges are often propagule-sources.

Some species are not called invasive, while they are native to Hungary, but due to their very effective spread, make the same problems for nature protection, as their invasive herbs.

Shelterbelts, plantation rows and riparian forests are specifically endangered by the dominance of these species.

Wood small-reed (*Calamagrostis epigeios* L.) is a species of GRASS in the POACEAE family which is native to Eurasia and Africa. It can be found almost everywhere, but very common in forest plantations, causing a serious ecological and economical problem by inhibiting natural regeneration of the forest (URL1).

Blackberry (*Rubus fruticosus* L.) is the ambiguous name of a European blackberry species in the genus *Rubus* in the rose family. They are very common across Europe, Asia and North Africa. The fruit of them are valuable for human and animal nutrition too. They appear in every plantation, and the cutting is very difficult (URL2).

Elderberry (*Sambucus nigra* L.) is a species complex of flowering plants in the family Adoxaceae native to most of Europe and North America (URL3). Becomes dominant under Robinia plantations, on nitrogen-rich soils.

Stinging nettle (*Urtica dioica* L.) is native to Europe, Asia, northern Africa, and western North America, and introduced elsewhere. The plant has a long history of use as a source of medicine, food, and fibre. Multitudinous in riparian areas, verges and Robinia plantations (URL2).

Summary

Spreading of invasive species causes a serious problem for biodiversity, economical and sociological aspects. The combined effect of invasion and climate change may be beneficial for a group of generalist species, while specialist species are more negatively affected. In addition to the ecosystem services they provide, tree plantations can also have negative effects such as spreading invasive plants from agricultural or industrial sites to natural, semi-natural biomes. Therefore, in the procession of planning and planting an agroforestry system, it is very important to involve solutions against positive effects on invasion, and decrease them, as it is possible for protecting natural and anthropogenic landscape too. The study briefly summarizes which species require more attention in this regard, especially for shelterbelts.

Acknowledgement

The project was supported by EFOP-3.6.2-16-2017-00018 in University of Sopron project.

References

- CEMDE (2005): Plant invasions: Habitat invasibility and dominance of invasive plant species. *Plant and Soil* Vol. 277, No. 1/2 pp. 1-5
- CSISZÁR Á – KORDA M. (szerk.) (2015): *Özönnövények visszaszorításának Gyakorlati tapasztalatai. Rosalia kézikönyvek. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.*
- CSISZÁR Á. (szerk.) (2012): *Inváziós növényfajok Magyarországon. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron.*
- DOWNEY PO, RICHARDSON DM. 2016. Alien plant invasions and native plant extinctions: a six-threshold framework. *AoB PLANTS* 8: plw047.
- GENOVESI P. 2011: Invasive alien species in a changing world. *Biodiversity*, 10:2-3, 3-4, <https://doi.org/10.1080/14888386.2009.9712838>
<https://doi.org/10.1093/aobpla/plw047>

- IUFRO: Forests and biological invasions. <http://www.iufro.org/science/task-forces/biological-invasions>
- J. R. THOMAS, B. MIDDLETON, D. J. GIBSON (2006): A landscape perspective of the stream corridor invasion and habitat characteristics of an exotic (*Dioscorea oppositifolia*) in a pristine watershed in Illinois Biological Invasions (2006) 8: 1103–1113
- M. MAHEU-GIROUX – S. DE BLOIS (2007): Landscape ecology of *Phragmites australis* invasion in networks of linear wetlands. *Landscape Ecol.* 22: 285–301.
- MIHÁLY B. - BOTTA-DUKÁT Z. (szerk.) (2004): Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények. A KvVM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei 9. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest.
- PYSEK P, JAROSIK V, HULME PE, PERGL J, HEJDA M, SCHAFFNER U, VILA M. 2012. A global assessment of invasive plant impacts on resident species, communities and ecosystems: the interaction of impact measures, invading species' traits and environment. *Global Change Biology* 18:1725–1737. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02636.x>
- SCHWEIGER O, BIESMEIJER J, BOMMARCO BET AL.(2010) Multiple stressors on biotic inter-actions: how climate change and alien species interact to affect pollination.*Biological Reviews*,85, 777–795. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00125.x>
- T. L. E. TRAMMELL – M. M. CARREIRO (2011): Vegetation composition and structure of woody plant communities along urban interstate corridors in Louisville, KY, U.S.A. *Urban Ecosyst.* (2011) 14:501–524.
- URL 1: A siska nádtippán (*Calamagrostis epigeios*) elleni védekezési kísérlet szelektív egyszikűirtókkal, légi és földi technikával. <http://www.nyme.hu/index.php/9248/?&L=1>
- URL2: <http://www.gyomnovenyek.hu>
- URL3: [HTTP://WWW.TERRA.HU](http://www.terra.hu)
- VAN WILGEN BW, REYERS B, LE MAITRE DC, RICHARDSON DM, SCHONEGEVEL L. 2008: A biome-scale assessment of the impact of invasive alien plants on ecosystem services in South Africa. *Journal of Environmental Management* 89:336–349. doi: [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.JENVMAN.2007.06.015](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.06.015)

MEZŐVÉDŐ ERDŐSÁVOK LÁGYSZÁRÚ NÖVÉNYZETE

SZIGETI NÓRA

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet

szigeti.nora@uni-sopron.hu

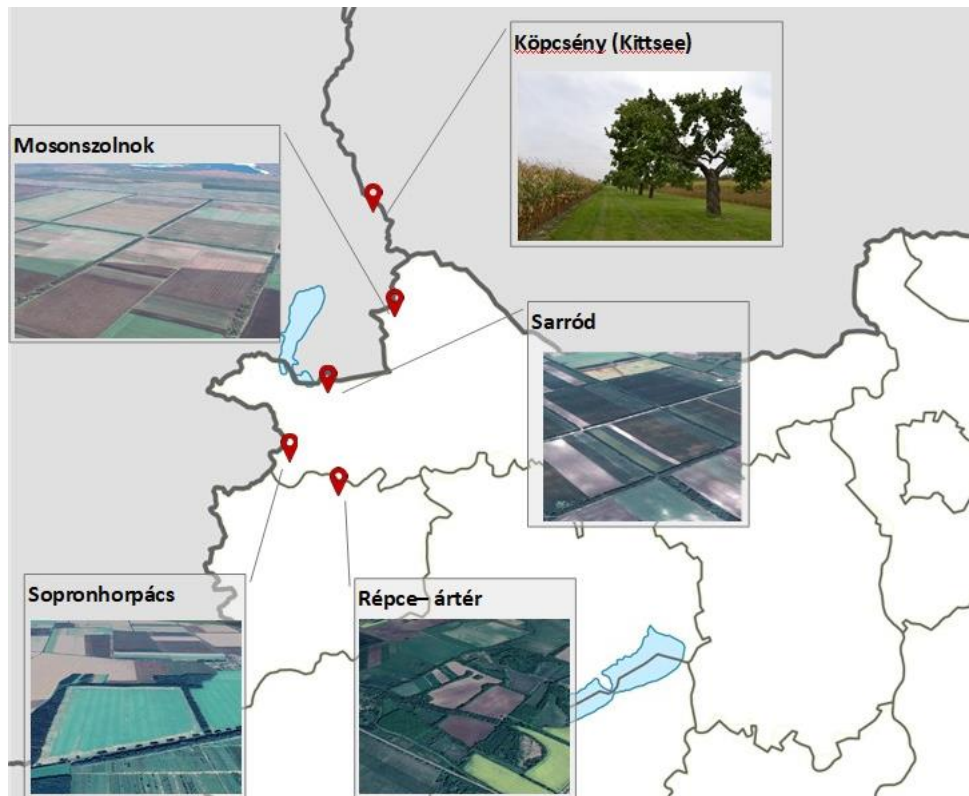
Bevezetés

Az intenzív mezőgazdasági földhasználat talajra gyakorolt negatív hatása összetett: szennyeződés, csökkenő biológiai aktivitás, a termékenység csökkenése stb. (BAYSAL – SAYGIN 2018, KRAUT – COHEN et al. 2019, LI et al. 2020). Ezenkívül a szélsőséges időjárás, az aszály és az áradások megnövekedett gyakorisága veszélyezteti a természetes növényzetet, valamint a mezőgazdasági termelés mennyiségi és minőségi paramétereit és biztonságát (AKPOTI et al. 2019, LUETZENBURG et al. 2019, WIRÉHN 2018). Az erózió, a szennyezés, a hófűvés, a fagy és az aszály mind problémákat okozhat az infrastrukturális létesítmények (pl. utak) és az életminőség szempontjából is (ECHAVARREN et al. 2019, KHAVARIAN – GARMSIR 2019). Egyes intenzív földhasználati rendszerek sérülékenysége miatt az emberi tevékenységek gyakran talajromláshoz vezetnek: erózió, a talaj tápanyagviszonyainak kiegyensúlyozatlansága, talajsavasodás és a talaj funkcionális sokféleségének csökkenése (TIWARI et al. 2017). Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás egyik ígéretes aspektusa az agrárerdészet, amely a fás növényzetet integrálja a mezőgazdasági művelésbe, kihasználva annak különböző gazdasági, társadalmi és ökológiai előnyeit. Általában a komplex földhasználat szélesebb körű ökológiai, gazdasági és társadalmi előnyöket kínál, mint az intenzív mezőgazdasági termelési rendszerek (BEUKEMA et al. 2007, BARAN – ZGLOBICZKA et al. 2012, HADDAWAY et al. 2018). A táj bonyolultságának növelésének egyik módja az erdősávok létesítése intenzív művelésű mezőgazdasági területeken, amelyek a második világháború után nagy lendületet vettek Magyarországon. Az erdősávok kutatása elsősorban a termesztett mezőgazdasági növényekre gyakorolt hatásukat célozza, de a biodiverzitás növelésében betöltött szerepüket is gyakran említik (FARAGÓ 2012), ellenben a lágyszárú növényzetük kiterjedt vizsgálatára még nem került sor.

Az EFOP 3.6.2 „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” projekt keretében azt vizsgáltam, hogy a különböző eredetű és fafaj-összetételű erdősávok lágyszárú növényzete mennyire fajgazdag, milyen mértékben tartalmaz erdei fajokat, és milyen természetességi értékkel bír.

Vizsgálati anyag és módszer

Vegetációfelvételezéseket négy, nyugat-magyarországi mintaterületen végeztem, erdősávokban és a közelükben elhelyezkedő kontroll erdőkben (1. ábra).



1. ábra A mintaterületek elhelyezkedése

Mosonszolnokon az 1950-es években telepítettek mezővédő erdősáv rendszert túlnyomóan idegenhonos fafajok: akác (*Robinia pseudoacacia*) és amerikai kőris (*Fraxinus pennsylvanica*) alkalmazásával, míg máshol őshonos mezei juhar (*Acer campestre*) a fő fafaj.

Sarródon hasonló célból történt a mezővédő erdősáv telepítése, de itt nagyobb részt őshonos fafajokkal: mezei szil (*Ulmus glabra*), és mezei juhar (*Acer campestre*). Az idegenhonos narancseper (*Maclura pomifera*) csak elegyfaként fordul elő.

Sopronhorpácson az 50-es években telepített kísérleti erdősáv mellett korábbi erdőállomány maradványaként létrejött sáv is megtalálható. Fő fafajok a kocsányos tölgy (*Quercus robur*), csertölgy (*Q. cerris*) és a mezei juhar (*Acer campestre*).

A Répce-ártér erdősávjai a korábbi ártéri erdők maradványai kocsányos tölgy (*Q. robur*) és magyar kőris (*Fraxinus angustifolia*) állományokkal.

Köpcsény (Kittsee) mintegy kitekintésként került a kutatás fókuszába: a szántóföldi köztes termesztés egyik ritka példája, ahol gyümölcsfa sorok között gabonát, cukorrépat termesztnek, a fasorok alatt pedig kaszált gyepsáv található.

Minden kiválasztott élőhelyen három, 25 m² területű kvadrátot jelöltem ki, amelyekben felmértem az előforduló lágyszárú növényfajokat és százalékos felszínborításukat. A kvadrátokat 2019 kora tavaszán, nyár közepén és őszén ismételtelen felmértem.

Az egyes kvadrátokban előforduló növényfajok természetességét a Borhidi-féle szociális magatartástípusok segítségével határoztam meg (BORHIDI 1995), míg az erdőhöz kötődést a floraweb.de adatbázis alapján elemeztem.

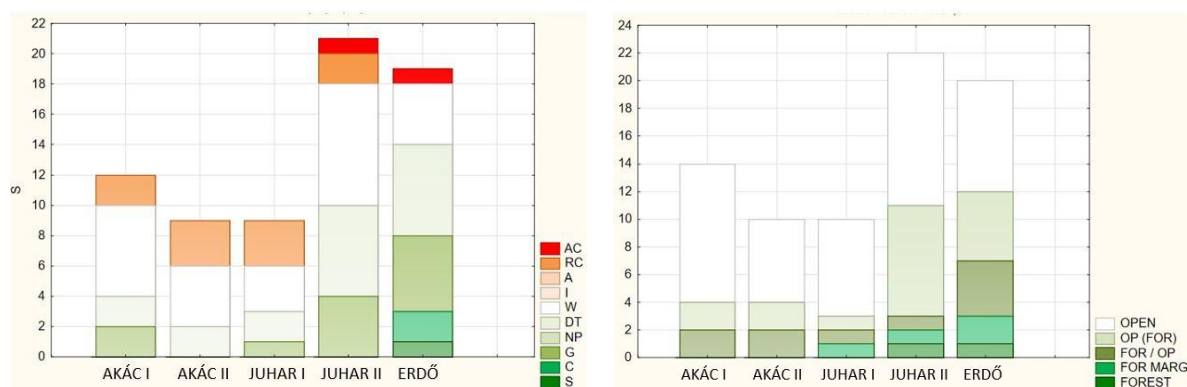
Vizsgálati eredmények

Az erdősávokban és kontroll erdőállományokban felvett 63 kvadrátban a háromszori felmérés során összesen 129 lágyszárú növényfaj fordult elő. A vizsgált élőhelyeken és kvadrátokban előforduló lágyszárú fajok számát az 1. táblázat foglalja össze. A legmagasabb fajszám Köpcsényben adódott, míg Sarródon, ahol vizsgálatra alkalmas kontroll erdő nem található, nagyon kevés faj jelent meg.

1. táblázat A vizsgált élőhelyek és kvadrátok száma, valamint az előforduló lágyszárúak fajszáma az egyes mintaterületeken

	Mosonszolnok	Sarród	Sopronhorpács	Köpcsény	Répcse-ártér
Erdősávok száma	4	4	3	3	3
Kontroll erdő	1	0	1	1	1
Kvadrátok összesen	15	12	12	12	12
Lágyszárú fajsám	44	18	34	69	29

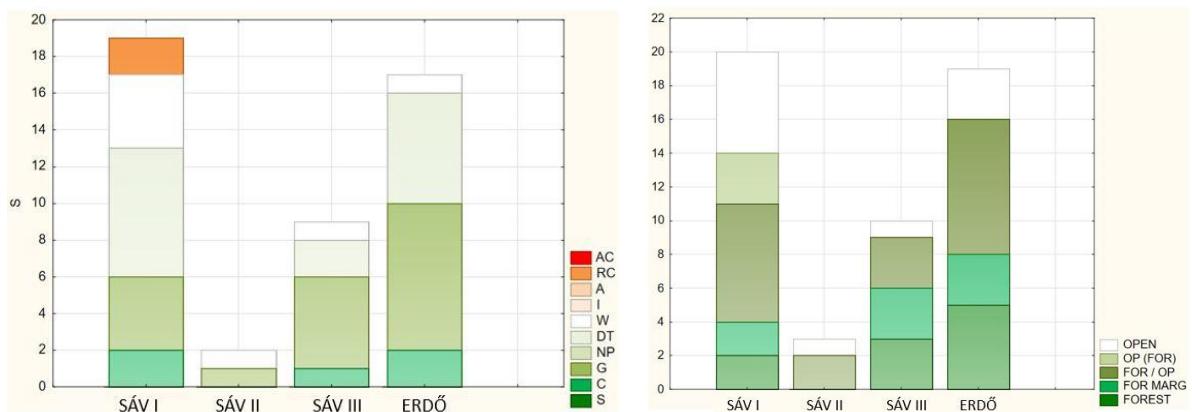
A növényzet természetessége tekintetében Mosonszolnok mintaterületen az látható, hogy mind az akácos, mind a juharos erdősávok lágyszárú fajainak többsége a gyom és zavarástűrő (DT) kategóriákba tartozik. Specialista (S) és kompetitor (C) fajok, mint például *Scilla drunensis*, *Vinca minor* és *Aegopodium podagraria* kizárólag a kontroll erdőben jelennek meg, és a gyomok (W) részaránya itt sokkal kisebb, mint az erdősávokban. A legkedvezőtlenebb kategóriákba tartozó fajok (RC és AC) mindenütt jelen vannak, de fajsámuk a kontroll erdőben a legkisebb. Erdőhöz, erdőszegélyekhez kötődő lágyszárú növényfajok szintén a kontroll erdőben jelentek meg legnagyobb számban, az erdősávok növényzetét inkább a kifejezetten nyílt területekre jellemző, vagy mindenütt előforduló fajok alkotják (2. ábra).



2. ábra Az egyes természetességi (balra) és erdőhöz kötődési (jobbra) kategóriákba tartozó lágyszárú fajok száma a mosoni mintaterületen (FOREST=erdőhöz kötődő fajok, FOR MARG=erdőszegélyek fajai, FOR/OP=erdőben és fátlan területeken egyaránt előforduló fajok, OP (FOR)=inkább fátlan területek fajai, OP=tipikusan nyílt, fátlan területeken előforduló fajok)

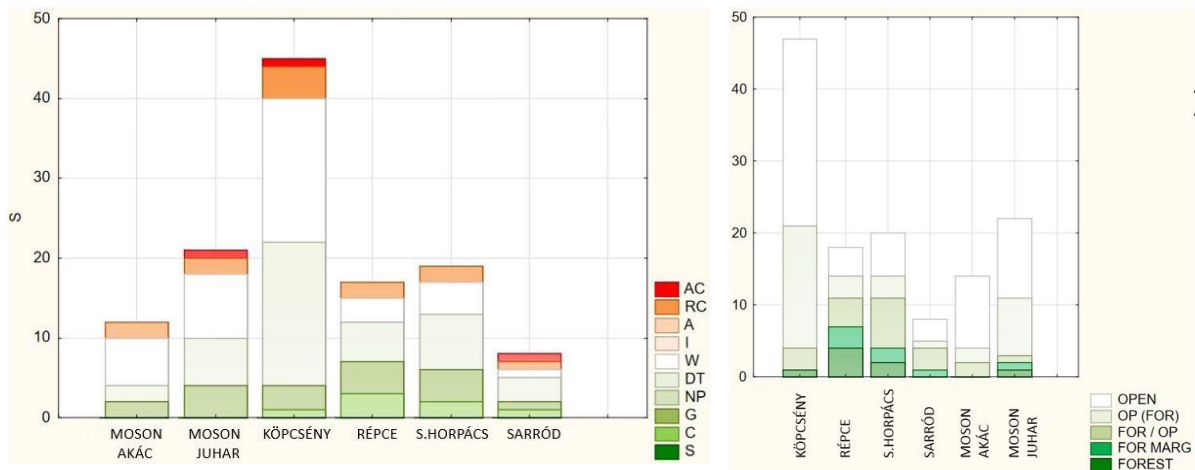
Sopronhorpácscon a különböző eredetű erdősávok közti különbségek figyelhetők meg jól a lágyszárú növényzet tükrében. Az I. erdősáv egy korábbi, fákkal szegélyezett szekérút

nyomvonalán húzódik, itt nagy lágyszárú fajszám található, de a fajok többsége zavarástűrő (DT) és gyom (W). Ruderális kompetitorok (RC) is előfordulnak az elenyésző számú generalista (G) faj mellett. A lágyszárúak többsége inkább a nyílt élőhelyekhez kötődik, vagy mind erőkben, mind fátlan területeken megtalálható. A II. erdősáv egy kísérleti mezővédő ültetvény, amely szántóterületen létesült. Itt a mindent beborító borostyán szinte teljesen elnyomja a lágyszárú növényzetet, mindössze két faj jelent meg. A III. erdősáv egy korábbi erdőállomány maradványa, ennek megfelelően ennek a lágyszárú növényzete áll legközelebb az erdőéhez: a fajszám nem túl magas, de azok túlnyomó többsége a kedvezőbb természetességi kategóriákba (C és G) tartoznak, valamint tipikusan erdőkhöz, vagy erdőszélekhez kötődnek (3. ábra).



3. ábra Az egyes természetességi (balra) és erdőhöz kötődési (jobbra) kategóriákba tartozó lágyszárú fajok száma a sopronhorpácsi mintaterületen

Összehasonlítva az egyes mintaterületek legkedvezőbb természetességű erdősávjait az látható, hogy a köpcsényi nyílt fasorok alatti gyepek fajszáma kiugróan magas, azonban a fajok túlnyomó többsége zavarástűrő (DT) és gyom (W), illetve a ruderális kompetitorok (RC) is itt jelennek meg legnagyobb fajszámmal. Az élőhely nyíltságának megfelelően itt a fényigényes, erdőhöz nem kötődő növények élnek többségében. Az erdősávok közül azok mutatnak jobb képet mind természetesség, mind a lágyszárúak erdőhöz kötődése szempontjából, amelyek korábbi erőtársulások maradványai. Ilyenek a korábban bemutatott sopronhorpácsi III. jelű sáv, illetve a Répce árterén található állományok mindegyike. A sarródi, túlnyomórészt őshonos fafajokból álló erdősáv a lágyszárúak fajszámát tekintve még a mosoni akácsonál is gyengébb, és a fajok természetessége sem kedvezőbb (4. ábra).



4. ábra Az egyes természetességi (balra) és erdőhöz kötődési (jobbra) kategóriákba tartozó lágyszárú fajok száma a vizsgált mintaterületeken

Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

A kutatás eredményei azt mutatják, hogy az intenzív művelésű agrár területekre ültetett erdősávok még 20- 50 éves korukban sem alkalmasak az erdei lágyszárú közösségek kialakulására, függetlenül a fafajösszetételüktől és struktúrájuktól. Hasonló eredményre jutott CARLIER – MORAN (2019) a szántóföldi fás-bokros sövények vizsgálata során. REIF – ACHTZIGER (1999) szerint a jelenség oka a fragmentáció. Az erdősávok, kis szélességi kiterjedésük miatt teljes területükön a szegélytársulás jellemzőit mutatják például fényviszonyok, hőmérséklet, légmozgás, illetve talaj- és légnedvesség tekintetében. A szegélytársulások ugyan sokszor diverzebbek, mint a szegélyt képző két társulás bármelyike, azonban a zárt erdők környezeti viszonyaihoz alkalmazkodott fajok számára ezek az élőhelyek nem megfelelőek. Ezen felül az erdei vegetációt képző fajok többnyire nagyon lassan képesek új fásított területeket elfoglalni (WILSON 2019), így még évtizedek alatt sem jelennek meg nagyobb mennyiségben a szántóföldön létesített erdősávokban.

Bár az akácosok lágyszárú szintje általában kifejezetten fajszegény az őshonos faállományokhoz viszonyítva (FERUS et al. 2019), szántóföldre telepített erdősávok esetében ez nem egyértelmű. Mivel a társulásra jellemző lágyszárú növényzet nem tud megjelenni az ültetvényekben, ezért fafajtól függetlenül hasonló zavarástűrő és gyomnövényzet foglalja el ezeket az élőhelyeket.

Erdei lágyszárú vegetációt csak a korábbi erdőállományok maradványaiként létrejött erdősávok őriznek. Ezt felismerve ROSE (1999) fajlistát állított össze azokról a lágyszárú növényekről, amelyek korábbi fás vegetáció létét jelzik a jelenlegi faállományokban. A lista több faja is felbukkant a Répce árterén vizsgált erdősávokban. Ezek az erdősávok elsősorban nem a lágyszárú fajgazdagságuk miatt figyelemre méltóak, hanem a korábbi erdőállományokból megmaradt fajok természetességi értéke miatt.

Az eredmények felhívják a figyelmet a meglévő erdősávok védelmének és fenntartásának fontosságára, különösen azokon a területeken, ahol korábbi erdők lágyszárú növényzete még megtalálható az állományokban.

Köszönetnyilvánítás:

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- AKPOTI, K. – KABO-BAH, A. – ZWART, S. J. (2019): Agricultural land suitability analysis: State-of-the-art and outlooks for integration of climate change analysis. *Agricultural Systems* 173: 172–208. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.02.013>
- BARAN-ZGŁOBICKA, B. – ZGŁOBICKI, W. (2012): Mosaic landscapes of SE Poland: should we preserve them? *Agroforestry Systems* 85: 351–365. <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9436-x>
- BAYSAL, A. – SAYGIN, H. (2018): Effect of zinc oxide nanoparticles on the trace element contents of soils, *Chemistry and Ecology* 34 (8): 713–726 <https://doi.org/10.1080/02757540.2018.1491556>
- BEUKEMA, H. – DANIELSEN, F. – VINCENT, G. (2007): Plant and bird diversity in rubber agroforests in the lowlands of Sumatra, Indonesia. *Agroforestry Systems* 70: 217–242. <https://doi.org/10.1007/s10457-007-9037-x>
- BORHIDI, A. (1995): Social behaviour types, the naturalness and relative ecological indicator values of the higher plants in the Hungarian flora. *Acta Botanica Hungarica* 39: 97–181.
- CARLIER, J. – MORAN, J. (2019): Landscape typology and ecological connectivity assessment to inform Greenway design. *Science of the Total Environment* 651 (2): 3241–3252. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.077>
- FARAGÓ, S. (szerk. 2012): A Lajta project. Nyugat-magyarországi Egyetemi Kiadó, Sopron.
- FERUS, P. – BOSIAKOVA, D. – KONOPKOVA, J. – HOTKA, P. – KÓSA, G. – MELNYKOVA, N. – KOTS, S. (2019): Allelopathic interactions of invasive black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) with secondary aliens: the physiological background. *Acta Physiologiae Plantarum* 41: 182. <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2974-y>
- HADDAWAY, N.R. – BROWN, C. – EGGERS, S. – JOSEFSSON, J. – KRONVANG, B. – RANDALL, N. – UUSI-KÄMPPÄ, J. (2018): The multifunctional roles of vegetated strips around and within agricultural fields. *Environmental Evidence* 7: 14. <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0126-2>
- KRAUT-CUHEN, J. – ZOLTI, A. – SHALTIEL-HARPAZ, L. – ARGAMAN, E. – RABINOVICH, R. – GREEN, S.J. – MINZ, D. (2019): Effects of tillage practices on soil microbiome and agricultural parameters. *Science of the Total Environment* 705: 135791. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135791>
- LI, X – LIU, L. – XIE, J. – WANG, Z. – YANG, S. – ZHANG, Z. – QI, S. – LI, Y. (2020): Optimizing the quantity and spatial patterns of farmland shelter forests increases cotton productivity in arid lands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 292: 106832. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106832>
- LUETZENBURG, G. – BITTNER, M. J. – CALSAMIGLIA, A. – RENSCHLER, C. S. – ESTRANY, J. – POEPL, R. (2019): Climate and land use change effects on soil erosion in two small agricultural catchment systems Fugnitz – Austria, Can Revull – Spain. *Science of the Total Environment* 704: 135389 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135389>
- REIF, A. – ACHTZIGER, R. (1999): Gebüsch, Hecken, Waldmäntel, Feldgehölze. In: Konold, – W. Böcker, R. – Hampicke, U. (eds): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. Wiley
- ROSE, F. (1999): Indicators of ancient woodland. *British Wildlife* 10: 241–251.
- TIWARI, P. – KUMAR, R. – THAKUR, L. – SINGH, R. (2017): Soil Treatment through Agroforestry: A Review, *Indian Journal of Pure and Applied Biosciences* 5(1): 24–30. doi: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.2426>
- WILSON, P.J. (2019) Restoring pollinator communities and pollination services in hedgerows in intensively managed agricultural landscapes. In: *The ecology of hedgerows and field margins*. Dover, J.W. (ed.) Routledge, New York, USA. pp. 163–185.
- WIRÉHN, L. (2018): Nordic agriculture under climate change: A systematic review of challenges, opportunities and adaptation strategies for crop production. *Land Use Policy* 77: 63–74. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.LANDUSEPOL.2018.04.059](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.04.059)

A LÁGYSZÁRÚ NÖVÉNYZET ÉS A TALAJLAKÓ MEZOFAUNA DIVERZITÁSA ERDŐSÁVOKBAN

SZIGETI NÓRA¹ – WINKLER DÁNIEL²

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet

²Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézet

szigeti.nora@uni-sopron.hu

Bevezetés

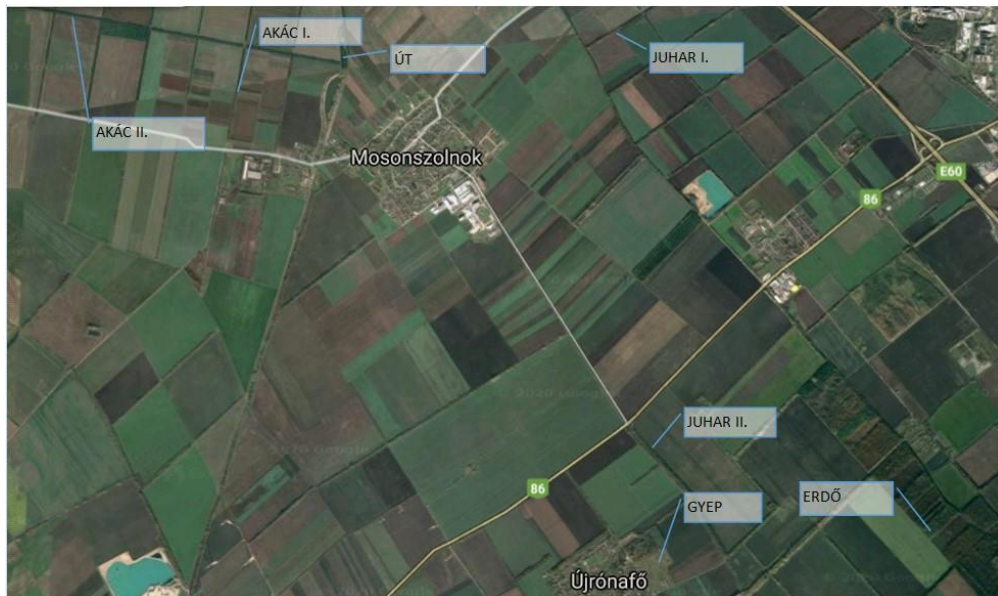
A mezővédő erdősávok telepítése a második világháború után nagy lendületet vett Magyarországon. Számos kutatás foglalkozott ezeknek a fásításoknak a mezőgazdasági termelésre gyakorolt hatásaival (GÁL 1963, FRANK – TAKÁCS 2012). Később a nagyüzemi gazdálkodás igényei miatt jelentős részüket felszámolták (VITYI – MAROSVÖLGYI 2014). Jelenleg az agrár-erdészet fogalmába tartozó, az Európai Unió közös agrárpolitikája keretében is támogatott tevékenység a gazdasági érdekek mellett az ökoszisztéma szolgáltatások révén is intenzíven kutatott terület. Általában a biodiverzitást növelő hatásukat emelik ki, főként a madár- és ízeltlábú közösségekben végzett kutatásokra alapozva (BONIFACIO et al 2011, FARAGÓ 2012), míg alig esik szó a lágyszárú vegetáció és a talajlakó mezofauna alakulásáról erdősávokban és környezetükben (OLEJNICZAK 2007, JOSE 2012). A szántóföldi gyomok jelenlétének a gazdasági hátrány mellett számos előnye is van: a folyamatos növényborítás csökkenti a talajeróziót, a talaj mikroorganizmusaira kedvező hatást gyakorol, ezen kívül táplálékforrása és élőhelye a gazdálkodás szempontjából hasznos rovaroknak, például a beporzó szervezeteknek, illetve a mezőgazdasági kártevők természetes predátorainak is (PINKE – PÁL 2005). A talajlakó mezofauna befolyásolja az agrárterület produktivitását, és a mennyiségüknek vagy fajgazdagságuknak egészen kis változása is kedvezőtlenül hat a tápanyagok elérhetőségére (HENEGHAN - BOLGER 1998). Mind a gyomvegetáció, mind a mezofauna diverzitása erősen befolyásolhatja a rá épülő tápláléklánc összetételét, gazdagságát, így az agrárerdészeti rendszer teljes biodiverzitását is.

Az EFOP 3.6.2 „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” projekt keretében azt vizsgáltuk, hogy az erdősávok és szegélyük lágyszárú és mikroízeltlábú fajkészletét és diverzitását milyen módon befolyásolja a faállomány jelenléte, szerkezete és természetességi állapota.

Vizsgálati anyag és módszer

Vegetációfelvételezéseket 93 darab, egyenként 25 m² területű kvadrátban végeztünk kora tavasszal, nyáron, és ősszel, Mosonszolnok környékén, intenzíven művelt mezőgazdasági területen. Négy erdősávot vizsgáltunk, amelyek közül kettőt túlnyomóan idegenhonos fafajok: akác (*Robinia pseudoacacia*) és amerikai kőris (*Fraxinus pennsylvanica*) alkotnak, míg a másik kettőben őshonos mezei juhar (*Acer campestre*) a fő fafaj. Az erdősávokat szántóföldi területre telepítették, a faállományok 40-50 évesek. 3-3 kvadrátot jelöltünk ki az erdősávok belsejében,

mindkét oldali gyepes szegélyükben, valamint mindkét oldalon a hozzájuk kapcsolódó szántóföld szegélyében és belsejében. További 3-3 kvadrátot vizsgáltunk egy fátlan gyepes útszéli társulásban, egy kontroll erdőállományban és egy nagyobb kiterjedésű kontroll gyepben (1. ábra).



1. ábra A vizsgált élőhelyek elhelyezkedése

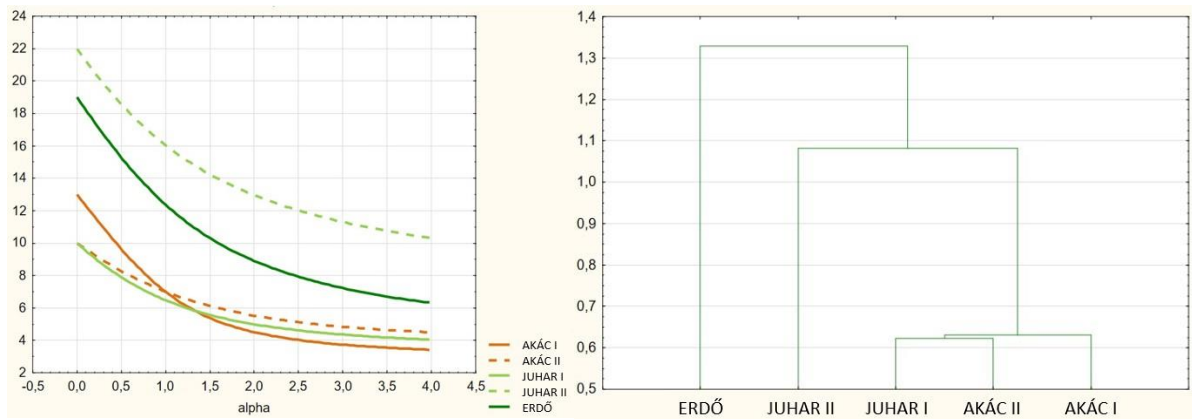
Az egyes kvadrátokban előforduló növényfajok és százalékos borítási értékei alapján elkészítettük a különböző élőhelyek diverzitási profiljait a PAST szoftver segítségével, valamint Bray-Curtis hasonlósági indexen alapuló hierarchikus klaszteranalízist alkalmaztunk az élőhelyek közötti kapcsolatok megjelenítésére.

A talajlakó mezofauna vizsgálatát az előbbiekből kiválasztott 36 mintavételi ponton végeztük el, hasonlóan 3 ismétléssel egy akácos és egy juharos erdősáv belsejében, gyepes szegélyükben, a kapcsolódó szántóföld belsejében, a kontroll erdőben és gyepben. A vizsgálatához 100 cm³ mennyiségű talajmintát vettünk pontonként, amelyekből Berlese-Tullgren futtató segítségével nyertük ki az ízeltlábúakat. A talaj biológiai minőség index (QBS) számításához a főbb csoportokat azonosítottuk, míg az ugróvillásokat (Collembola) faj szinten határoztuk.

Vizsgálati eredmények

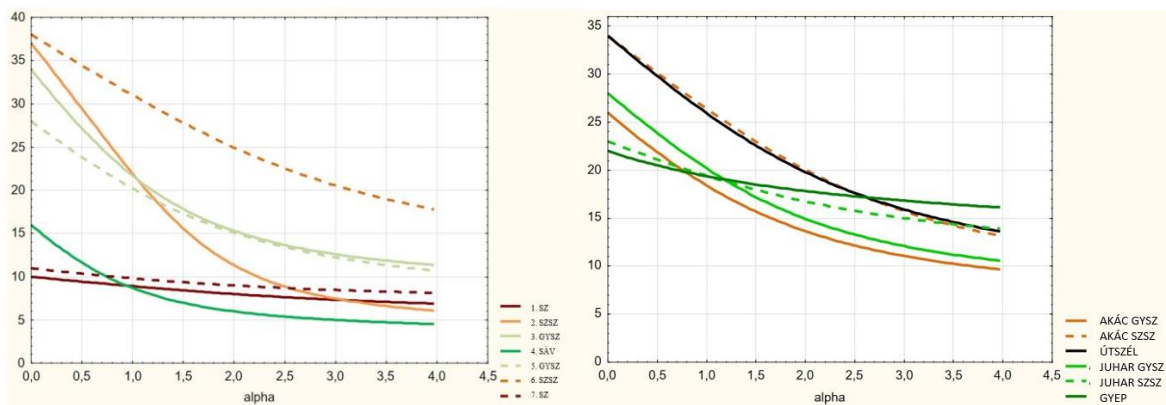
A vizsgált 93 kvadrátban összesen 121 lágyszárú növényfaj jelent meg a három vegetációs időszakban.

Az erdősávok és a kontroll erdő diverzitási profiljai alapján látható, hogy az egyik juharos (JUHAR II) erdősáv diverzitása jelentősen meghaladja az akácosokét (AKÁC I, II), a másik juharos (JUHAR I) diverzitása kifejezetten alacsony (2. a ábra). A Bray-Curtis hasonlósági indexen alapuló klaszter analízis azt is megmutatja, hogy mind a négy erdősáv lágyszárú fajösszetétele jelentősen eltér a kontroll erdőétől (2. b ábra).



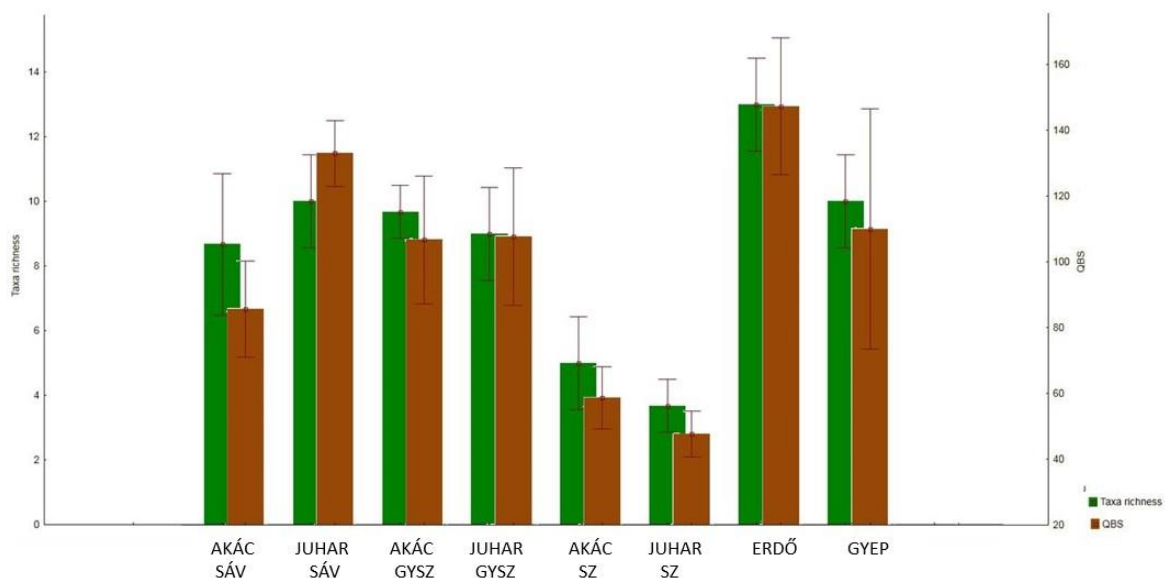
2. ábra Az erdősávok és kontroll erdő lágyszárú diverzitási profiljai (balra) és a Bray-Curtis hasonlósági indexen alapuló klaszter analízise

Az erdősávok lágyszárú diverzitását összehasonlítva a kapcsolódó szegélyek és szántók növényzetével az látható, hogy az erdősáv belseje sokkal fajszegényebb, mint a gyepes (GYSZ), vagy szántóföld szegélyek (SZSZ) (3. a ábra). Mind az erdősávok gyepes szegélyei, mind a szántószegélyek diverzitása eléri a kontroll gyep diverzitását. Kiemelkedő az útszéli gyepes sáv (ÚTSZÉL), valamint egy szántószegély (AKÁC SZSZ) fajgazdagsága.



3. ábra a) az erdősávok és hozzájuk kapcsolódó élőhelyek lágyszárú diverzitási profiljai (SZT=szántó, SZSZ=szántószegély, GYSZ=az erdősáv gyepes szegélye, SÁV=erdősáv belseő). b) a gyepes erdősávszegélyek, szántószegélyek és útszéli gyepes sávok és a kontroll gyepdiverzitási profiljai

A talajlakó mezofauna vizsgálata azt mutatta, hogy mind az ízeltlábú csoportok száma, mind a talaj biológiai minőség index tekintetében a kontroll erdő a legkedvezőbb élőhely. Mindkét mutató tekintetében kedvezőbb a juharos erdősáv az akácsonál. A gyepes szegélyek hasonlóan jó élőhelyet jelentenek, mint a kontroll gyep, míg a kultivált területek mutatói kifejezetten alacsonyak (4. ábra).



4. ábra Mikroizeltlábú csoportok száma (taxa richness) és a talaj biológiai minőség indexe (QBS) a vizsgált élőhelyeken

Az ugróvillás (*Collembola*) közösség karakterisztikáit az 1. táblázat foglalja össze. Ebben a tekintetben a kontroll gyepek mutatja a legkedvezőbb képet, amelyet a kontroll erdő követ. Az erdősávok és gyepek szegélyeik hasonló fajszámot tartalmaznak, míg a szántóföldek minden közösségi jellemzőt tekintve a legkedvezőtlenebbek.

1. táblázat Ugróvillás (*Collembola*) közösségi jellemzők (A =abundancia, S =fajszám)

	AKÁC SÁV	JUHAR SÁV	AKÁC GYSZ	JUHAR GYSZ	AKÁC SZ	JUHAR SZ	ERDŐ	GYEP
A	5267	3856	3033	3278	711	866	6433	3422
S	23	26	28	29	10	10	33	34

Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

Az erdősávok és szegélyeik, valamint a fátlan szegélyek növényzete nem tér el jelentősen egymástól, fajkészletüket jellemzően ugyanazok a szántóföldi gyomok alkotják, de a szegélyek a kedvező fényviszonyoknak köszönhetően jóval fajgazdagabbak. Hasonlóan CARLIER – MORAN (2019) eredményeihez, az erdősávok többségében elenyésző számú, nagyrészt bolygatástűrő, igénytelen lágyszárú növényfajt találtunk. Az erdőhöz kötődő lágyszárúak teljes mértékben hiányoztak. Ennek oka lehet egyrészt a fragmentáció, amelynek hatására az erdősáv teljes kiterjedésében szegélytársulás-jelleget mutat például fényviszonyok, hőmérséklet, légmozgás, illetve talaj- és légnedvesség tekintetében (REIF – ACHTZIGER 1999). Másrészt az erdei vegetációt képző fajok többnyire nagyon lassan képesek új fásított területeket elfoglalni (WILSON 2019). A négy vizsgált erdősáv közül az egyik juharos diverzitása kiemelkedő volt, még a kontroll erdőt is meghaladta. Ennek oka lehet, hogy a XIX. században az erdősáv mentén egy fákkal szegélyezett szekérút haladt, amelynek nyomvonala ma is felfedezhető. Valószínűleg az út nyomvonalát nem vonták művelés alá, így a korábbi vegetációból őrizhet

elemeket, amit kiegészít a szántóföldi gyomnövényzet egy része, míg a többi erdősávban csak az utóbbi növényfajok találhatók meg. Alátámasztja ezt a feltételezést, hogy a kontroll erdőben szintén csak egy határozott sávban találhatók erdőhöz kötődő lágyszárú fajok. Ez a sáv ugyanannak az egykori szekérútnak a nyomvonala, amely az előbb említett erdősáv tengelyében haladt. Az erdő többi része az erdősávokhoz hasonlóan korábbi fátlan területen található, és ennek megfelelően fajszegény.

A szántó- és erdősávszegélyek hozzájárulása a szántóföldi környezet lágyszárú diverzitásához sokkal jelentősebb, mint az erdősávoké. ROMERO et al. (2008) szintén kiemelte a szegélyek fontosságát a diverzitás megőrzésében, míg FRIED et al. (2009) megállapította, hogy ezek az élőhelyek értékes szegetalis gyomnövényzet megjelenésére is alkalmasak. Ezek a fajok ugyanis igénylik az extenzív kultivációt, a zárt gyepekből kiszorulnak (PINKE – PÁL 2005). Ilyen módon az újan létrehozott erdősávos agrárerdészeti rendszerek lágyszárú diverzitásának növelése szempontjából kulcsfontosságúak a gyepes szegélyek, amelyekben a vegyszerhasználat mellőzése esetén értékes, szegetalis gyomnövényzetnek is teret adó vegetáció alakulhat ki. Ezek a virágos társulások fontos élő- és táplálkozóhelyet jelentenek a beporzó szervezetek, és a mezőgazdasági károsítók természetes predátorai számára. Az agrárerdészet, ezen belül az erdősávos természetési rendszerek akkor töltik be igazán a biodiverzitást növelő funkciójukat, ha a fa – mezőgazdasági haszonnövény összetétel mellett a gyep, és a vegyszermentes táblaszegély is teret kap.

Hasonló eredményt hozott a területen a talajképződésben részt vevő ugróvillás-közösségek vizsgálata is, melyben a mezsgyék, árokpartok hasonlóan gazdag fajösszetételű és egyedszámú élőhelyeknek bizonyultak, mint az erdősávok, hasonlóan OLEJNICZAK (2004) eredményeihez. Az erdősávokban kevés erdei faj jelent meg, amelynek oka lehet egyrészt a környező területeken a nagyobb kiterjedésű erdők hiánya, másrészt, a lágyszárú növényekhez hasonlóan, ezek a fajok is lassan telepednek meg új területeken. A különböző mikroízeltlábú csoportok tekintetében a juharos sáv kedvezőbbnek bizonyult az akácossal. Hasonló eredményre jutott LAZZARO et al. (2018), különösen a Protura, Acarina, Collembola, Diplopoda, Coleoptera és Thysanoptera csoportok esetében figyeltek meg csökkenést akác állományokban. Ennek oka az akác allelopatikus hatása lehet, amely sok faj számára előnytelen (NASIRI et al. 2005).

Összességében a szántóföldre telepített erdősávok inkább a talajlakó mezofauna számára jelentenek jó életteret, amelyek elősegítik a csatlakozó szántóföldek mikroízeltlábú diverzitásának növekedését (ALVAREZ et al. 2000), amely kedvező hatással van a művelt terület lebontó folyamataira és tápanyagforgalmára (MENTA 2012). A lágyszárú növényzet diverzitását, a szegetalis gyomflóra megőrzését a fátlan, gyepes, vagy ültetett, vegyszermentes szegélyek szolgálják jobban.

Köszönetnyilvánítás:

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- ALVAREZ, T. – FRAMPTON, G.K. – GOULSON, D. (2000): The role of hedgerows in the recolonization of arable fields by epigeal Collembola. *Pedobiologia* 44: 516–526. [https://doi.org/10.1078/S0031-4056\(04\)70068-2](https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70068-2)
- BONIFACIO, R.S. – KINROSS, C.M. – GURR, G.M. – NICOL, H. (2011): The effect of woody plant diversity and other stand and landscape factors on the diversity and abundance of birds using farm shelterbelts. *Pacific Conservation Biology* 17 (1): 22–35. <https://doi.org/10.1071/PC110022>
- CARLIER, J. – MORAN, J. (2019): Landscape typology and ecological connectivity assessment to inform Greenway design. *Science of the Total Environment* 651 (2): 3241–3252. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.077>
- FARAGÓ S (szerk. 2012): A Lajta project. Nyugat-magyarországi Egyetemi Kiadó, Sopron.
- FRANK, N. – TAKÁCS, V. (2012) Hó- és szélfogó erdősávok minősítése szélesség-csökkentő hatásuk alapján (Qualification of windbreaks and shelterbelts based on their effects on windspeed). *Erdészettudományi Közlemények* 2(1): 151-162.
- FRIED, G. – PETIT, S. – DESSAINT, F. – REBOUD, X. (2009): Arable weed decline in Northern France: Crop edges as refugia for weed conservation? *Biological Conservation* 142 (1): 238–243 [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.BIOCON.2008.09.029](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.09.029)
- GÁL, J. (1963): A mezőgazdasági terméshozamok növekedése az erdősávok védelmében. In: *Erdészettudományi Közlemények* 1963. 1-2 pp41-83
- HENEGHAN, L. – BOLGER, T. (1998): Soil microarthropod contribution to forest ecosystem processes: The importance of observational scale. *Plant and Soil* 205(5):113-124.
- JOSE, S. (2012): Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity. *Agroforestry Systems* 85:1–8. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9517-5>
- LAZZARO, L. – MAZZA, G. – D'ERRICO, G. – FABIANI, A. – GIULIANI, C. – INGHIRESI, A. F. – LAGOMARSINO, A. – LANDI, S. – LASTRUCCI, L. – PASTORELLI, R. – ROVERSI, P. F. – TORRINI, G. – TRICARIO, E. – FOGGI, B. (2018): How ecosystems change following invasion by *Robinia pseudoacacia*: Insights from soil chemical properties and soil microbial, nematode, microarthropod and plant communities. *Science of the Total Environment* 622–623: 1509–1518. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.017>
- MENTA, C (2012): Soil Fauna Diversity - Function, Soil Degradation, Biological Indices, Soil Restoration. In: LAMEED, G.A.: *Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World*. IntechOpen [HTTPS://DOI.ORG/10.5772/51091](https://doi.org/10.5772/51091)
- NASIRI, H. – IQBAL, Z. – HIRADATE, S. – FUJII, Y. (2005): Allelopathic potential of *Robinia pseudoacacia* L. *Journal of Chemical Ecology* 31: 2179–2192. <https://doi.org/10.1007/s10886-005-6084-5>
- OLEJNICZAK, I. (2004): Communities of soil microarthropods with special reference to Collembola in midfield shelterbelts. *Polish Journal of Ecology* 52 (2): 123–133.
- OLEJNICZAK, I. (2007): Soil mesofauna (Acarina and Collembola) along transects crossed shelterbelts of different age and adjacent fields. *Polish Journal of Ecology* 55 (4): 637–646.
- PINKE, GY. – PÁL, R. (2005): *Gyomnövényeink eredete, termőhelye és védelme*. Alexandra Kiadó, Pécs, 231 p.
- REIF, A. – ACHTZIGER, R. (1999): Gebüsche, Hecken, Waldmäntel, Feldgehölze. In: Konold, – W. Böcker, R. – Hampicke, U. (eds): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. Wiley
- ROMERO, A. – CHAMORRO, L. – SANS, F. X. (2008): Weed diversity in crop edges and inner fields of organic and conventional dryland winter cereal crops in NE Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 124: 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.08.002>
- VITYI, A. – MAROSVÖLGYI, B. 2014: Hagyományos és új agrárerdészeti technológiák lehetséges szerepe az Alföld klímaérzékenységének mérséklésében. In: *Kutatói nap XII. Alföldi Erdőkért Egyesület, Lakitelek*
- WILSON, P.J. (2019) Restoring pollinator communities and pollination services in hedgerows in intensively managed agricultural landscapes. In: *The ecology of hedgerows and field margins*. Dover, J.W. (ed.) Routledge, New York, USA. pp. 163–185.

**VI. AGRÁRÖKONÓMIAI ÉS
TÁRSADALOMTUDOMÁNYI
KUTATÁSOK**

AGRÁRERDÉSZETI RENDSZEREK ÖKONÓMIAI VONATKOZÁSAI

TÓTH BÁLINT

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

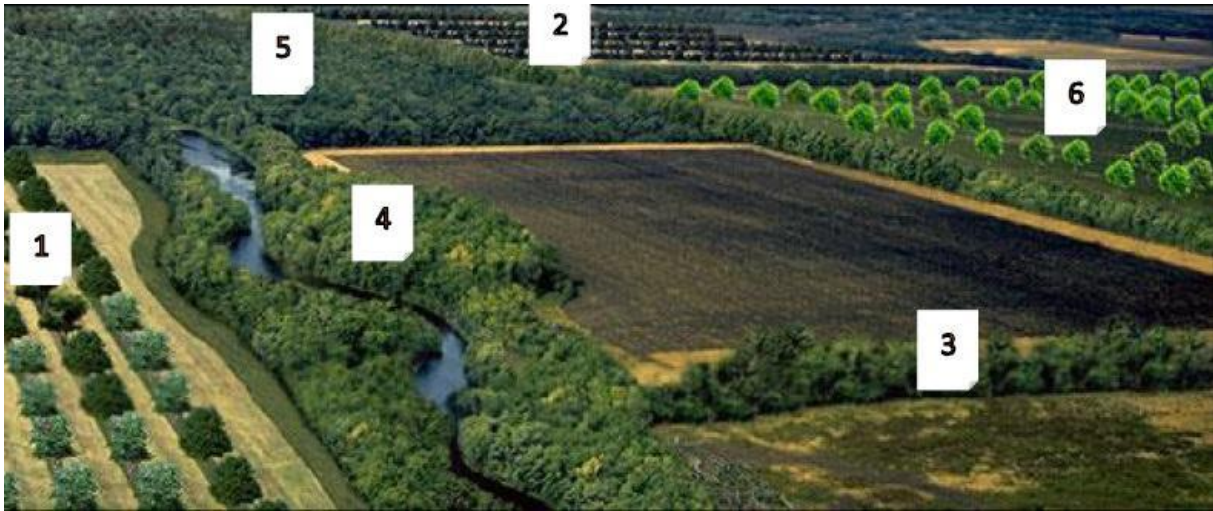
toth.tb129@gmail.com

Az agrárerdészet

Az agrárerdészet olyan földhasználati forma, melyben különböző mezőgazdasági ágazatok kombinációja valósul meg fás szárú növények (fák és cserjék) termesztésével, adott helyen, egyidejűleg. A tudatosan tervezett együttes gazdálkodás célja az interakciókon alapuló ökológiai és gazdasági előny kihasználása. Az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezete (FAO) által készített tanulmány szerint a fák és cserjék tudatos integrálása a mezőgazdasági termesztési rendszerekbe hozzájárulhat a sérülékeny mezőgazdaság klímaváltozáshoz való alkalmazkodásához, az általa okozott negatív hatások mérsékléséhez és az élelmiszerbiztonsághoz, ami a Fenntartható Fejlődési Célok között szerepel. Az agrárerdészeti rendszereket típusaik szerint a következőképpen csoportosíthatjuk: fás legelő, legelő erdő, mezővédő erdősáv, köztes termesztési rendszerek, fás ugar, szórványgyümölcsösök, illetve ide sorolhatjuk az erdei melléktermékeket is. Ezek a gazdálkodási rendszerek gazdasági, társadalmi és környezetvédelmi előnyökkel járhatnak a hagyományos gazdálkodással szemben. A szántóföldi termesztés szempontjából a fák védelmet nyújtanak a mezőgazdasági növények és állatfajok számára, árnyékot nyújtanak a nap, védelmet az eső (jégverés) és a szél ellen. Erdőgazdasági szempontból azok a fafajok is alkalmazhatók a rendszerben, amelyeknek nincs nagy erdőgazdasági jelentősége, azonban értékesek (pl. gyümölcsfák). Környezetvédelmi szempontból a víz- és a talajvédelmi funkciót kell kiemelni, valamint az agrár-erdészeti rendszerek szénmegkötő képességét, ami jelentős szerepet tölthet be a klímaváltozás negatív hatásainak mérséklésében. A fák jelenléte által javulnak a mikroklimatikus tényezők is: az enyhébb sugárzás, és a magasabb relatív páratartalom következtében csökken a légköri aszály mértéke. Szocio-ökonómiai hatásuk is jelentős a vidéki lakosság megtartásával, munkahelyteremtés és alternatív jövedelemforrások biztosítása által. Kiemelkedő az ökológiai (tájképi mozaikosság, biodiverzitás) és méhészeti jelentőségük. A megfelelően kiválasztott különböző fa- és cserjefajok (és fajták) jelentősen megnyújthatják a méhek természetes táplálkozási ciklusát, különböző időben történő virágzásuk folytán a teljes vegetációs periódusban táplálékot biztosíthatnak a méheknek. A megtermelt méz növeli az agrár-erdészeti rendszer jövedelmezőségét (KESERŰ ET AL., 2015).

Agrárerdészet típusai

Bizonyos agrárerdészeti rendszerek Magyarországon is komoly hagyományokkal rendelkeznek, ilyenek például a fás legelők, vagy a mezővédő erdősávokkal tarkított szántóföldi művelés, amelyeknek egy jelentős részét - elsősorban a nagyüzemi gazdálkodásban alkalmazott légi növényvédelem miatt sajnos felszámolták (VITYI- MAROSVÖLGYI 2014). Európában a faültetvények köztes legeltetésének is évezredek hagyományai vannak, manapság pedig egyre nagyobb szerepet kap a köztes termesztés, azaz a fasorok közötti szántóföldi művelés. Az agrárerdészeti művelési módokhoz sorolják továbbá a sövénykerítések alkalmazását, az erdőket, a part menti védősávokat is.



1. ábra Agrárerdészeti tájkép (forrás: United States Department of Agriculture)
 1. Köztes termesztés, 2. Köztes legeltetés, 3. Mezővédő erdősáv 4. Part menti fás védősáv 5.
 Legeltetett erdő 6. Fás legelő

Az agrárerdészeti rendszerek jelentőségét az adja, hogy nagyon sok szempontból tudnak kedvező hatást kifejteni a gazdálkodás minőségére. Megfelelő technológia alkalmazásával kedvező megtérülési mutatókkal rendelkeznek: a mezővédő erdősávok például akár 30%-os termés-növekedést is eredményezhetnek azáltal, hogy védik a veteményt az időjárás szélsőségeitől (GÁL, 1963). A lecsökkentett légmozgás csökkenti a növények párologtatását és a talaj párolgását, emiatt jobb a vízgazdálkodás, kevesebb energiát kell a vízfelvételre fordítani, a vízvesztéséget pótolni. Kisebb szélben a sztómák sem záródnak be, ami lehetővé teszi a zavartalan légcserét. A kisebb légmozgás kevésbé hűti a környezetet, ebből temperáló hatás érvényesül, ami kedvez a csírázásnak, a növényi sejtek működésének, és a talajban élő mikrobáknak is (SZARVAS 2010). Magyarországon a 60-as években a hét legfontosabb termény (őszi búza, őszi és tavaszi árpa, lucerna, kukorica, répa, legelőfű) statisztikailag értékelt terméselemzését végezték el 18 mintaterületen. Az eredmények azt mutatják, hogy az égtáji elhelyezkedéstől függetlenül, az erdősávok mindkét oldalán kimutatható a termésmenvelő hatás. A legjobb eredmény a jellemző szélirányra merőleges fekvésű erdősávok esetében jelentkezik. A hatássáv az erdősáv magasságának 6-15-szörösére tehető a sáv északi és déli oldalán, míg a keleti és nyugati oldalakon 8-10-szeres értékeket vesz föl, míg a legnagyobb terméshozam-emelkedés a sáv magasságának 3-10-szeres távolságában alakult ki. Minél szélsőségebb viszonyok között, minél aszályosabb területen található az erdősáv, a kedvező hatás a klímában és a terméshozamban annál fokozottabban jelentkezik (GÁL, 1963).

Agrárerdészeti rendszerek kedvező gazdasági hatásai

A biodiverzitás növekedése nem csak természetvédelmi, de közvetlen gazdasági hasznot is hozhat, ugyanis az erdősávokat, fasorokat átmeneti, vagy állandó pihenőhelyül választó állatfajok egy része a mezőgazdasági kártevők fogyasztói. Egy megfelelően strukturált fás biotóp vonzó fészkelő, illetve a vonuló madarak számára pihenő- és táplálkozóhely lehet. A leggyakoribb fajok mellett megfigyelték már parlagi sas és réti sas fészkelését is erdősávokban (FARAGÓ, 2012). A talaj mikroflóra- és fauna diverzitásának növekedése, a talajélet fokozott intenzitása a terméseredményekben is megnyilvánul.

Külön említésre méltók azok a rendszerek, ahol a fás vegetációt annak magas értéke miatt ültetik, és ennek megfelelően kezelik, például a termése miatt (legeltetett, vagy köztes termesztésű gyümölcsösök), vagy értékes faanyagáért. A gazdasági és ökológiai előnyök mellett kiemelendő a rekreációs érték is, hiszen a tájképi változatosság a turizmus és a helyi lakosság életminősége szempontjából is kedvező. Az agrárerdészeti rendszerekben 100-200 db/ha törzsszámmal 20-30 év alatt akár 5-6 méter magas, ágtiszta törzset nevelhetünk olyan ritka nemes lombos fajokból is (barkóca berkenye, vadcseresznye), amelyek faanyaga egyre ritkább kincs, emiatt keresett, exkluzív terméket ad.

Az Egyesült Királyságban az alföldi területeken végzett számítások szerint a fátlan legelővel szemben a magas körises legelő 15%-kal nagyobb termelési értéket biztosított, a járulékos hasznok mellett azáltal is, hogy tíz év átlagában a fa értékesítési ára gyorsabban nőtt (átlag 25%), mint a legeltetett juhok valamennyi termékének értékesítési árai (átlag 1%).

A növények egymásra is hatással vannak. A megfelelő agrárerdészeti rendszerekben fellépő kölcsönhatások következtében az egyes növények hozama magasabb, mint a külön-külön termesztetteké. Spanyolországban, Franciaországban és Hollandiában végzett kísérletek eredményei szerint a lombhullató fák közé vetett őszi vetésű növények esetében volt a leginkább kihasználható ez az előny. A legnagyobb bevétel értékes faanyagú fák (dió), vagy gyorsan növő fajok, fajták (nemesnyár) alkalmazásával érhető el. Ez a rendszer Hollandiában azért is népszerű, mert a szántók ára európai viszonylatban is kiemelten magas, míg az erdők jelentősen alacsonyabb értéket képviselnek. A két rendszer ötvözésével az értékes szántókon is termelhető jelentősebb mennyiségű faanyag.

További lehetőség a gyümölcs, valamint a zöldségek együttes termesztése, amivel akár 30 százalékkal nagyobb biomassza-mennyiséget is el lehet érni a hagyományos termesztéssel szemben. A természetes ökoszisztéma mintájára fölépülő, gyümölcsfák és zöldségnövények alkotta növényegyüttes optimálisan képes fölhasználni a felszínre jutó napenergiát. Minél több növényfajt termesztünk, annál nagyobb a biodiverzitás, ezáltal az ökoszisztéma-szolgáltatások is javulnak.

Egy ilyen agrárerdészeti rendszerben több beporzó tevékenykedik, ami a termés mennyiségének növekedését és minőségének javulását eredményezi.

A vegyes kultúra a hasznos szervezetek számára is kedvező életfeltételeket nyújt, segítségükkel a kártevők eredményesen visszaszoríthatók, alig van szükség növényvédelmi beavatkozásra.

A zöldségfélék gyümölcsfákkal való együttes termesztése esetén számos előnyös hatással számolhatunk. A gyümölcsfák jelentős mértékben hozzájárulnak a talajtermékenység javulásához azáltal, hogy a csapadékvíz könnyebben behatol a talajba, így csökken az erózió és javul a talaj vízmegtartó képessége. Fontos szerepük van a talaj tápanyag-utánpótlásában is, a falevelek és gyökerek lebomlása során nő a talaj humusztartalma. A fák gyökereinek a talajvizet szennyező anyagok, így a nitrát megkötésében is jelentős a szerepük. A gyökérsavak elősegítik a kőzetek mállását, aminek következtében nő a talajvízben oldott, ezáltal könnyen fölvehető ásványi anyagok mennyisége. A gyümölcsfák kiterjedt gyökérhálózatuk révén tulajdonképpen a „tápanyagpumpa” szerepét töltik be a rendszerben. Mindemellát a gyümölcsfák a kedvező mikroklíma kialakulásához is hozzájárulnak az ültetvényben. A fák a légköri szén megkötésében, így a globális fölmelegedés elleni küzdelemben is jelentős szerepet játszanak (az évente elhaló gyökérzet révén elsősorban a talajban halmozódik föl a szén). Megkötik a

káros anyagokat, így a légszennyezés csökkentéséhez is hozzájárulnak. A gyümölcs-zöldség vegyes kultúra létrehozásakor nem elhanyagolható szempont az sem, hogy ezek az ültetvények tájlesztettkai szempontból is kedvező látványt nyújtanak.

Köszönetnyilvánítás:

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel! - Az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- BOROVICS A., SOMOGYI N., HONFY V., KESERŰ ZS., GYURICZA CS. (2017): Agrárerdészet, a klímatudatos, természetközeli termelési mód. Erdészeti lapok. CLII. évf. 6. szám. 178–182
- FARAGÓ S. (SZERK.) (2012): Lajta project 20 év. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron.
- GÁL J. (1963): A mezőgazdasági terméshozamok növekedése az erdősávok védelmében. In: Erdészettudományi Közlemények 1963. 1-2 pp41-83
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development) (2009): Agriculture at a Crossroads.
- SZARVAS P. (2010): Mezővédő erdősávok, fasorok jellemzése, ökológiai feltárása, kihatásai. Doktori disszertáció, Debreceni Egyetem
- VITYI A. – MAROSVÖLGYI B. (2014): Agrárerdészet egykor és ma Agroforum 25. Évf. 10. Sz.
- Young A. (1997): Agroforestry for Soil Management. CABI, Wallingford, UK
- <https://agroforum.hu/agrarhirek/agrarkozelet/fokuszban-az-agrar-erdeszeti-termeljunk-egyutt-a-termeszettel/>
- <http://climate.org/climate-and-economic-benefits-of-agroforestry-systems/>
- <https://magyarmezogazdasag.hu/2020/02/18/agroerdeszeti-gyumolccsel-es-zoldseggel>

AZ AGRÁRERDÉSZET FOGALMÁNAK ISMERETE, AGRÁRERDÉSZETI TERMÉKEK POTENCIÁLIS VÁSÁRLÁSÁNAK MEGÍTÉLÉSE A MAGYAR LAKOSSÁG KÖRÉBEN

SZIGETI ORSOLYA, SZENTE VIKTÓRIA, OLSOVSZKYNÉ NÉMEDI ANDREA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus, Gazdaságtudományi Intézet

szigeti.orsolya@uni-mate.hu

Absztrakt

Kvantitatív kutatásunk célja az agrárerdészeti termékek magyarországi piaci lehetőségeinek növeléséhez való hozzájárulás. Online kérdőíves felmérésünkben arra a kérdésre kerestük a választ, vajon hogyan lehet ismertebbé tenni a vizsgált termelési rendszert, és milyen termékek lehetnek a leginkább keresettek. A potenciális válaszadókhoz hólabda módszerrel juttattuk el a kérdőívet, amelyet 186 válaszadó töltött ki. Az eredmények alapján a lakosság közel kétharmada ismeri az agrárerdészet fogalmát, és megfelelő asszociációt társít a definícióhoz. Legtöbben az Intereneten találtak a meghatározással, illetve sokan az oktatásban, tanulmányaik során szerezték ismereteiket. A különböző termék kategóriákat vizsgálva kiderült, hogy a kutatásba résztvevők közel fele tűzifáját agrárerdészetekből biztosítja, és a méhészeti termékek jelentős részét is innen szerzik be. A válaszadók ötöde a tojás és baromfi hús, a gomba, a vad hús és a vadgyümölcsök esetén vásárol agrárerdészetből. Csekély mértékben vásárolják viszont a fenyőgallyat, tobogt és a fenyőgyantát. Az is figyelemre méltó eredmény, hogy a kitöltők közel ötöde egyik terméket sem ilyen módon veszi meg, illetve nem ismeri a beszerzett termékek eredetét, ami az agrárerdészet csekély ismertsége tükrében sajnos nem meglepő eredmény. Amennyiben szélesebb körű ismereteik lesznek a potenciális vásárlóknak a termékekről, azok minőségéről, környezetbarát mivoltukról, esetlegesen növelhető lehet keresletük. Ehhez elsősorban az ismeretterjesztést, a termelési mód előnyeinek tudatosítását tarjuk fontosnak különböző platformokon, ill. a közoktatásban, tanfolyamokon.

Bevezetés

Horváth et al. (2020) szerint az agrárerdészet szerepe a magyar mezőgazdaságban mind gazdasági, mind környezeti szempontból egyaránt jelentős lehet, ezt pedig a klímaváltozás csökkentésével, a kevésbé magas minőségű termőterületek művelésben tartásával, a tevékenységek komplex diverzifikálásával érhető el. Ezért a világ számos részén választják termelők ezt a módszert, különösen Ázsiában és Afrikában találhatunk jelentős agrárerdészeteket. Európában különösen a mediterrán térségben figyelhető meg, de Románia és Bulgária is egyre nagyobb területeken folytat agrárerdészetet (KESERŰ ET AL., 2018; LOVRIC ET AL., 2018; BOROVIČ ET AL., 2017). Nem meglepő, hogy a hazai szakemberek mindegyike pozitív várakozással tekint e termelési módra (HORVÁTH ET AL., 2020).

Az agrárerdészeti rendszerek (*agroforestry systems – AFS*) az elfogadott definíciók szerint egy vegyes hasznosítású szántóföldi gazdálkodást jelent, ahol a fás növényzetet kombinálják állatállomány legeltetésével vagy növénytermesztéssel (MOSQUERA-LOSADA ET AL., 2018). Az agrárerdészetek így gazdasági, társadalmi és ökológiai szempontból is előnyösek lehetnek, és hozzájárulnak a fenntarthatósághoz (CSONKA ET AL., 2018).

Az agrárerdészeti termékek közé tartoznak jellemzően a mezőgazdasági és erdészeti termékek, például gyümölcsök, zöldségek, hús (főképp vad hús és legeltetett állatok húsa), tojás,

tejtermékek, virágdíszek, fa és egyéb fatermékek, gomba, gyógynövény, méz és az abból származó termékek (SZERB ET AL., 2020).

Bár társadalmi haszna rendkívül jelentős, a lakosság, a fogyasztók körében sem maga az agrárerdészet, sem annak termékei nem ismertek Magyarországon (MAUL ET AL., 2020), de más kontinenseken és országokban is csekély a kínálat. Örvedetes ugyan, hogy már elindultak új élelmiszer márkák, amelyek agrárerdészetekből származnak (DELIZA ET AL., 2003; ELGHANNAM ET AL., 2020), de az agrárerdészet hozzáadott értéke kevésbé ismert, és nem egyértelműen elkülöníthető más rendszerektől, pl. szabad tartású baromfi, ami származhat agrárerdészetből is (HANNACHI ET AL., 2017). Erre utal a spanyol példa, ahol egy fogyasztói fókuszcsoporthoz tartozó interjú eredményei szerint a lakosság egyáltalán nem ismeri az agrárerdészeti rendszereket, és nem is tudja összefüggésbe hozni azt élelmiszerekkel (GASPAR ET AL., 2016). Az eredmény elsősorban azért meglepő, mert Spanyolországban megközelítőleg 3 millió hektáron folytatnak ilyen tevékenységet, így európai viszonylatban talán a legnagyobb agrárerdészeti termőterülettel rendelkezik (BOROVICS ÉS SOMOGYI, 2018). Egy másik kutatás is alátámasztja a problémát, amely a fogyasztók termelési rendszerek iránti érdektelenségére világít rá Olaszországban. Itt a megkérdezettek mintegy 74%-a nem tudta megnevezni az agrárerdészeti termékek előnyeit (BONDESAN ET AL., 2016). Hasonló példát azonban bárhol találhatunk, amelynek oka lehet, hogy a fogyasztók a rengeteg védjegy és jelölés között elvesznek, azok jellemzői nem követhetők számukra (GASPAR ET AL., 2016).

Mindenképpen említést kell tennünk azonban néhány konkrét termék esetén pozitív példáról is. Ezek közé tartozik az Amazonia Hub (www.amazoniahub.com), ahol a termelők gasztronómiai és kozmetikai termékeket állítanak elő és értékesítenek sikeresen. Afrika déli részén egzotikus gyümölcsöket vásárolhatunk agrárerdészetekből (JAMNADASS ET AL., 2011), míg Új-Zélandon „erdei tojás”-sal találkozhatunk (<http://www.woodlandeggs.co.nz>). Európában 3 nagyon figyelemre méltó rendszert említhetünk: a galíciai méz (www.mieldeg Galicia.org) jól ismert termék Spanyolországban, amelyet galíciai agrárerdészetekben állítanak elő hagyományos módon. Szintén itt kiemelkedő az ibériai sertés sonka. Olaszországban szintén a legelő sertések keresettek, amelyekért a fogyasztók jelentős felárat is hajlandók fizetni (GASPAR ET AL., 2016; MORENO ET AL., 2018; BONDESAN ET AL., 2016).

Jól látszik, hogy az alternatív élelmiszerrendszerek, a minőség és az eredet tudatos keresése kapcsán az agrárerdészet termékei is kezdenek felsorakozni a fogyasztók körében népszerű ellenőrzött ökológiai, környezetbarát, natúr, helyi, fair trade és egészségvédő (funkcionális) termékek mellé (DEN HERDER ET AL., 2017). Éppen ezért célul tűztük ki a gazdálkodási mód termékeinek magyarországi piaci lehetőségeinek növeléséhez való hozzájárulást. Arra a kérdésre kerestük a választ a kutatásunkban, vajon hogyan lehet ismertebbé tenni a vizsgált termelési metódust, és milyen termékek lehetnek a leginkább keresettek.

Anyag és módszer

A téma feltárását a szekunder forrásokon túl primer kutatások keretében végeztük el. A másodlagos információforrások megfelelő kiindulási alapot nyújtottak a vizsgálandó terület körvonalazásához. A primer kutatás során pedig közvetlenül, elsődleges vizsgálatokkal gyűjtöttünk információkat a piac szereplőinek magatartásáról, véleményéről. A kutatócsoport által korábban végzett kvalitatív kutatási eljárások (szakértői interjúk és fókuszcsoporthoz tartozó interjúk) eredményeit alapul véve (MAUL ET AL., 2020; SZENDRŐ ET AL., 2020) online megkérdezést bonyolítottunk le. A fogyasztók preferenciáinak megismerését célzó országos kérdőívvezetés előkészítése és lebonyolítása az alábbi mintavételi terv alapján történt.

A kvantitatív kutatási eljárást kérdőíves felmérés keretében kivitelezte. A https://docs.google.com/forms/d/1NI4UGudMqLB_IadVIJx3Vg3AdVzbHBnxiaYL-

aT2ZU8/edit felületen közzétett űrlapot a kutatócsoport résztvevői hólabda módszerrel juttatták el a potenciális kitöltőkhöz 2021. februárjában azzal a kéréssel, hogy a válaszadók osszák tovább ismerőseik körében a kérdőívet. A mintavétel így nem véletlenszerű, és a reprezentativitás sem biztosított egyetlen háttérváltozó esetében sem. A válaszadási hajlandóság nagyon gyenge volt annak ellenére, hogy a megosztásokat többször ismételtük, és újabb referenciaszemélyeket vontunk be. 5 hónap alatt mindössze 186 kitöltést sikerül elérni, azonban a projektzárás miatt a további válaszadásokat nem tudtunk megvárni. Így a minta elemszáma jelentősen a tervezett alatt maradt, de az elért mintaszám azért elegendő volt ebben az esetben ahhoz, hogy a különböző háttérváltozók alapján képzett alcsoportok már megfelelő méretűek legyenek a statisztikailag megbízható eredmények eléréséhez.

Az elkészített kérdőív jelen közleményre vonatkozó kérdései jellemzően zárt kérdésekre épültek, egy kérdésnél pedig lehetőséget biztosítottunk a megkérdezettek egyéni meglátásainak kifejtésére. A kérdőív végén a válaszadó személyére vonatkozó kérdések zárták a felmérést. A kutatás során összegyűjtött adatok feldolgozása a célnak leginkább megfelelő számítógépes matematikai-statisztikai programcsomag segítségével történt. Az SPSS for Windows 22.0 szoftver alkalmazásával gyakorisági eloszlásokat számoltunk, kereszttáblázatok segítségével vizsgáltuk az összes változó valamennyi háttérváltozóval való kapcsolatát. A szignifikancia-vizsgálatokat Chi²-próbával végeztük el.

A válaszadók szocio-demográfiai háttérét, és a háttérváltozók megoszlását az *1. táblázat* szemlélteti.

1. táblázat Kérdőív minta válaszadóinak megoszlása (N=186)

Megnevezés	Válaszadók száma, fő	Válaszadók aránya, %
<i>Összes megkérdezett</i>		
	186	100,0
<i>Nem szerint</i>		
Férfi	112	60,2
Nő	72	38,7
NT/NV	2	1,1
<i>Életkor csoport szerint</i>		
18-29 éves	46	24,7
30-39 éves	36	19,4
40-49 éves	32	17,2
50-59 éves	34	18,3
60 év feletti	36	19,4
NT/NV	2	1,1
<i>Településtípus szerint</i>		
Város	112	60,2
Község, falu	72	38,7
NT/NV	2	1,1
<i>Iskolai végzettség szerint</i>		
Maximum 8 általános	0	0,0
Szakiskola, szakmunkásképző	10	5,4
Gimnázium, középiskola	40	21,5
Főiskola, egyetem	134	72,0
NT/NV	2	1,1
<i>A téma érintettsége szerint</i>		
Mezőgazdasággal vagy (agrár)erdészettel foglalkozó szaktanácsadó vagy más, de a szakmában dolgozó	48	25,8
Mezőgazdasággal vagy (agrár)erdészettel foglalkozó tanár/kutató	32	17,2
Egyéb mezőgazdasági vagy (agrár)erdészeti területen dolgozó (pl. pályázatok, szakigazgatás)	20	10,8
<i>A háztartás nettó jövedelme szerint</i>		
Rendszeresen megélhetési gondjai vannak	0	0,0
Néha arra sem elég, hogy megéljen belőle	4	2,2
Éppen elegendő, hogy megéljen belőle, de félretenni már nem tud	22	11,8
Megél belőle, de keveset tud félretenni	108	58,1
Nagyon jól megél belőle és félre is tud tenni	34	18,3
NT/NV	18	9,7

Eredmények és értékelésük

A primer kutatás során két fő területet vizsgáltunk, az agrárerdészet fogalmának ismertségét, és ennek információforrásait, valamint az agrárerdészetből vásárolt termékek körét. Az információgyűjtés szakaszában már jól érzékelhető volt, hogy a lakosság az agrárerdészetet alig

ismeri, ebben a témakörben nem érzi magát érintettnek, ezért a válaszadási kedv is csekélynek mutatkozott.

Az agrárerdészet ismertsége

A kutatás első részében arra kerestük a választ, hogy a kérdőívet kitöltők ismerik-e az agrárerdészet fogalmát. A megkérdezettek 65,6%-a saját bevallása szerint tisztában van a kifejezés jelentésével, 34,4%-uk viszont még nem hallott róla. A kapott eredmény bár öröndetes, azért meglepő, mert korábbi kvalitatív kutatásunk alapján a fogyasztók körében sem maga az agrárerdészet, sem annak termékei nem ismertek Magyarországon (Maul et al., 2020), sőt, nálunk fejlettebb agrárerdészeti tevékenységet folytató országok lakosai körében sem (Gaspar et al., 2016; Bondesan et al., 2016).

Nem meglepő módon azok, akik mezőgazdasággal vagy (agrár)erdészettel foglalkozó szaktanácsadók, vagy más, de a szakmában dolgozók szignifikánsan ($p=0,000$) nagyobb arányban ismerték az agrárerdészet fogalmát (87,5%) a más foglalkozásúakkal szemben (58,8%). Mindez igaz a mezőgazdasággal vagy (agrár)erdészettel foglalkozó tanárok, kutatók esetében is (81,8%; $p=0,049$), ellentétben a más foglalkozásúakkal (63,2%). Szignifikáns összefüggés mutatkozott az agrárerdészet ismeret és a jövedelem között is ($p=0,009$). Legnagyobb arányban azok voltak tisztában az agrárerdészet jelentésével, akik jövedelmükből megélnék, és egy keveset félre is tudnak tenni (74,1%), majd azok, akik a megélhetés mellett félretenni már nem tudnak (63,6%).

Kíváncsiak voltunk arra is, akik ismerik az agrárerdészet fogalmát, azok hol hallottak róla. Egy-egy válaszadó több lehetőséget is megjelölhetett. A kapott válaszokat a 2. táblázat szemlélteti.

2. táblázat *Információforrások az agrárerdészet fogalmával kapcsolatban (N=186)*

Információforrások	Említések száma, db	Említések aránya, %
<i>Internet</i>	86	46,2
<i>Oktatás, tanulmányok során</i>	60	32,3
<i>Ismerősök/barátok</i>	38	20,4
<i>Konferencia</i>	38	20,4
<i>Nyomtatott sajtó</i>	30	16,1
<i>TV</i>	16	8,6
<i>Termelő</i>	14	7,5
<i>Rádió</i>	6	3,2
<i>Egyéb forrás</i>	8	4,3
<i>Nem hallott még róla</i>	34	18,3

A kapott válaszok alapján a legtöbben (46,2%) az interneten találtak az agrárerdészet fogalmával, illetve sokan az oktatásban, tanulmányaik során (32,3%) szereztek ismereteiket. Az internetes megjelenés széleskörű alkalmazásának lehetőségeit Aschman (2003) munkája is alátámasztja. A szerző kiemeli az online marketing nyújtotta lehetőségek kiaknázásának

fontosságát, melynek köszönhetően az agrárerdészeti termékek piaca bővíthető, az üzenet a fogyasztók szélesebb köréhez eljuttatható, továbbá hangsúlyozza a helyi jelleg megtartásának fontosságát a kommunikáció során. Mind online, mind offline eszközökkel fontosnak tartja a közösségépítés szerepét is, mely által betekintés nyerhető a fogyasztói szokásokba, valamint hasznos piaci információk juthatnak el az egyéni termelőkhez (Aschmann, 2003).

Azonos említési arányban (20,4%) szerepeltek az ismerősök/barátok, valamint a konferenciák információforrásként, valamint 16,1%-ban a nyomtatott sajtót nevezték meg a megkérdezettek. A televízióból a kutatásba bevontak 8,6%-a kapott információt, 7,5%-uk pedig közvetlenül valamelyik termelőtől hallotta az agrárerdészet fogalmát. A rádió, mint hírforrás említési aránya nagyon alacsony, 3,2% volt. Az egyéb kategóriában magát a kérdőívet említették meg néhányan, volt, aki kutatásokban találkozott a definícióval, vagy saját kútjából nézett utána a fogalomnak, illetve egy-egy válaszadó maga is ültetvényvel rendelkezik, van saját agrárerdészeti területe.

Szignifikáns összefüggést 23 esetben kaptunk, azonban az alacsony elemszám miatt az első két legtöbb említést kapott kategória eredményeiről számolunk csak be. Az agrárerdészetről jellemzően ($p=0,031$) az internetről szereznek információt inkább a falvakban, községekben élők (55,6%), mint a városi lakosok (39,3%). Az agrárerdészet fogalmával a mezőgazdasággal vagy (agrár)erdészettel foglalkozó tanárok, kutatók szignifikánsan jellemzőbben ($p=0,002$) az oktatásban, tanulmányaik során találkoztak (56,2%), mint a más foglalkozású válaszadók (27,6%).

Nyitott kérdés formájában fogalmazhatták meg a kutatás résztvevői, hogy mi jut eszükbe az agrárerdészet szóról. A megkérdezettek közel 10%-a egyáltalán nem hallotta még korábban ezt a kifejezést, vagy semmi nem jutott eszébe róla. A legtöbben (19,4%) a mezőgazdasági területek és az erdő kombinációját értették alatta, vagy az állattenyésztés és az erdőhasznosítás együttes alkalmazását (11,8%). Jelentősebb említésszám (8,6%) érkezett az erdőhasznosítás, erdőgazdálkodás területére, és több válaszadó (4,3%) asszociált a fás legelőkre, a fenntarthatóságra, a mezővédő erdősávokra is. Ezekon kívül néhány kitöltő említette még az energia-erdőket, a természet, természetes, természetközeli fogalmakat, a környezetbarát vagy komplex gazdálkodás fogalmát, és egy-egy asszociáció érkezett az egészséges termék, természetes termék, hazai termék kifejezésekre is.

A kérdés után ismertettük a kérdőívben a fogalom hivatalos definícióját: *„Az agrárerdészet olyan többfunkciós földhasználati mód, amelyben ugyanazon területen a fás vegetációt (fák, bokrok) tudatosan kombinálják mezőgazdasági haszonnövény kultúrákkal és/vagy állattartással”*, majd néhány képpel is segítettük a meghatározás értelmezését (1. ábra).



1. ábra Agrárerdészeti rendszerek megjelenési lehetőségei

Az 1. ábra bemutatását követően, új oldalon folytatódtak a kérdések, amelyek kapott eredményeit a következő fejezetben mutatjuk be.

Az agrárerdészet ti termékek vásárlási preferenciái

A következő kérdésben olyan termékeket soroltunk fel, amelyek akár agrárerdészetekből is származhatnak. Az érdekelt bennünket, hogy az egyes termékkategóriákat fogyasztják, használják-e a válaszadók. A kérdés során nem hívtuk fel a figyelmet arra, hogy ezek a termékek potenciálisan agrárerdészeti termelésben is előállíthatók, kizárólag arra voltunk kíváncsiak, hogy általánosságban milyen fogyasztói magatartás jellemzi a megkérdezetteket. A kapott válaszokat a 3. táblázat szemlélteti.

3. táblázat Potenciális agrárerdészeti termékek fogyasztása, használata (N=186)

Termékkategória	Említések száma, db	Említések aránya, %
Tojás, baromfihús	172	92,5
Méhészeti termékek	150	80,6
Fa (tűzifa, egyéb alapanyag)	136	73,1
Gomba	114	61,3
Vadhús	98	52,7
Vadgyümölcs, vadvirág, gyógynövény, bodza	92	49,5
Fenyőgally, toboz, díszítőlomb	18	9,7
Fenyőgyanta	4	2,2
Egyéb termék	8	4,3

Válaszadóink szinte teljes körűen (92,5%) fogyasztanak tojást és baromfihúst, de nagyon magas a méhészeti termékek fogyasztók aránya is (80,6%), valamint közel $\frac{3}{4}$ -ük (73,1%) használ tűzifát. A gombafogyasztók aránya 61,3%, emellett közel azonos mértékben fogyasztanak vadhúst (52,7%), valamint különféle vadterméseket, vadgyümölcsöt, gyógynövényeket és bodzát (49,5%). Az egyéb agrárerdészeti termékek használata, mint a fenyőgally, toboz alacsony mértékű (9,7%), és a fenyőgyantát is csupán 2,2%-uk jelölte meg. Az egyéb termékek fogyasztása közé sorolták a nyúlhúst, halat, zöldségeket (paradicsom, paprika, uborka) és a sertéshúst.

A termékkategóriáknál több szignifikáns összefüggést is találtunk. A tojás és baromfihús fogyasztás a megkérdezett nők teljes körére (100,0%) jellemző, míg a férfiaknak csupán 87,5%-ára ($p=0,002$). E termékkategória fogyasztása nem meglepő módon szignifikáns összefüggést mutatott a jövedelemmel ($p=0,031$), ami alacsony árfekvésének köszönhető. Az alacsonyabb jövedelemből élők 100,0%-ban, míg a jövedelmükből jól megélők, akik keveset félre is tudnak tenni, azok 87,0%-ban fogyasztják.

A tűzifa használata szoros összefüggést ($p=0,000$) mutat a foglalkozással, inkább mezőgazdasággal vagy (agrár)erdészettel foglalkozó szaktanácsadók, vagy más, de a szakmában dolgozók használják (95,8%), mint az egyéb foglalkozásúak (64,7%).

Érdekes eredmény, hogy a vadhús fogyasztása során több szignifikáns eredmény született. Leginkább a kor függvényében ($p=0,045$) az 50-59 évesek (64,7%) és a 18-29 évesek (60,9%) fogyasztják, míg a 60 év felettiak csak 33,3%-ban. Szoros a kapcsolat a foglalkoztatás vonatkozásában is. Akik a mezőgazdaságban dolgoznak, vagy e területen oktatnak, kutatnak jellemzőbben ($p=0,004$) fogyasztanak vadhúst (75,0%), mint a más területen dolgozók (47,4%).

Mivel több országban megjelentek olyan élelmiszer márkák, amelyek agrárerdészetekből származnak (DELIZA ET AL., 2003; ELGHANNAM ET AL., 2020), szeretnénk volna megtudni, hogy Magyarországon a korábban felsorolt termékkategóriák közül melyeket szerzik be a válaszadók agrárerdészeti rendszerekből. A kapott válaszokat a 4. táblázat szemlélteti.

4. táblázat Különböző termékkategóriák agrárerdészetből történő beszerzése (N=186)

Termékkategória	Említések száma, db	Említések aránya, %
<i>Fa (tűzifa, egyéb alapanyag)</i>	90	48,4
<i>Méhészeti termékek</i>	78	41,9
<i>Tojás, baromfihús</i>	40	21,5
<i>Gomba</i>	40	21,5
<i>Vadhús</i>	36	19,4
<i>Vadgyümölcs, vadvirág, gyógynövény, bodza</i>	34	18,3
<i>Fenyőgally, toboz, díszítőlomb</i>	6	3,2
<i>Fenyőgyanta</i>	4	2,2
<i>Egyiket sem, vagy nem ismerem az eredetét</i>	34	18,3

A fogyasztott termékek sorrendje jelentősen módosult. A kutatásba résztvevők közel fele (48,4%) tűzifáját agrárerdészetekből biztosítja, amely korábban csak a harmadik helyen szerepelt. Maradtak a második helyen, igaz kisebb arányban méhészeti termékek (41,9%), amely a galíciai méz (www.mieldegalicia.org) példájából kiindulva Magyarországon is potenciálisan tovább fejleszthető agrárerdészeti termék lehet a későbbiekben. Egyaránt 20% körüli értékkel szerepel a beszerzésben a tojás és baromfihús, a gomba, vadhús és a vadgyümölcsök. A kapott eredmények alapján az Új-Zélandon elterjedt „erdei tojás” (<http://www.woodlandeggs.co.nz>) akár magyar viszonylatban is alkalmazható megoldás lehet. Csekély mértékben vásárolják agrárerdészetből a fenyőgallyat, tobozt (3,2%), és a fenyőgyantát (2,2%). Az is figyelemre méltó eredmény, hogy a kitöltők 18,3%-a egyik terméket sem ily módon veszi meg, illetve nem ismeri a beszerzett termékek eredetét, ami az agrárerdészet csekély ismertsége tükrében sajnos nem meglepő eredmény, és alátámasztja Hannachi et al., (2017) megállapítását is, hogy az agrárerdészet nem egyértelműen elkülöníthető más rendszerektől.

A tűzifa beszerzése során szignifikáns különbség mutatkozott a településtípusokat tekintve ($p=0,04$). Ez inkább a falun és közégben élőkre jellemző (58,3%), mint a városi lakosokra (42,9%). A jövedelem függvényében is szignifikáns az eltérés ($p=0,038$). Leginkább a legalacsonyabb jövedelemmel rendelkezők (100,0%), ezután a jövedelmükből megélők, és keveset félre tenni tudók (53,7%), s végül legkevésbé a legjobb anyagi körülmények között élőknek (47,1%) ez a beszerzés forrása.

A méhészeti termékeket jellemzően a nők vásárolják (63,9%) agrárerdészetből ($p=0,000$), míg a férfiak kevésbé (28,6%). E termékkör vásárlása is szorosan összefügg a jövedelmi helyzettel. Leginkább a magas jövedelemmel rendelkezők (58,8%) vesznek agrárerdészetekből méhészeti termékeket, őket 45,5%-kal követik, akik jövedelmükből megélnek, de nem tudnak belőle már félre tenni, és 35,2%, akik megélnek, s keveset félre is tudnak tenni. Egyáltalán nem vásárolják e termékkört (0,0%) a megélhetési nehézségekkel küszködők.

Következtetések, javaslatok

Primer felmérésünk alapján kiderült, hogy az agrárerdészet fogalma még sokak számára ismeretlen, vannak, akik egyáltalán nem is hallottak róla, vagy hiányosak ismereteik e téren. Bővebb ismerettel rendelkeznek a mezőgazdasággal vagy (agrár)erdészettel foglalkozó szaktanácsadók, vagy más, de a szakmában dolgozók és az (agrár)erdészettel foglalkozó oktatók, kutatók. A témával kapcsolatos információkat többnyire az Internetről, vagy az oktatásban, tanulmányaik során szerezték a válaszadók. Érdekes ugyanakkor, hogy a

megkérdezettek több mint harmada (34,4%) válaszolta, hogy nem ismeri az agrárerdészet fogalmát, 18,3%-uk vallotta, hogy még soha nem is hallott erről a meghatározásról, és 9,7%-uk nem tudott egyáltalán gondolatot sem társítani a definícióhoz. Akik viszont bevallottan ismerik a fogalmat, azok valóban megfelelő asszociációt kapcsoltak az agrárerdészet meghatározásához.

A kutatás során olyan termékkategóriák fogyasztását vizsgáltuk, amelyek akár agrárerdészeti termékek lehetnek. Mivel kiderült, hogy a vizsgált termékek egy része jellemzően fogyasztott, vagy használt a válaszadók körében, úgy tűnik, potenciálisan igény mutatkozhat e termékekre, amelyek lehetséges beszerzési forrása az agrárerdészet.

Jelenleg egy szűk réteg ismeri és vásárolja az agrárerdészeti termékeket. Eredményeink alapján a két fő termékkategória a tűzifa és a méhészeti termékek, viszont nagyon kedvező a lehetőség az agrárerdészetből származó barboomfihús és tojás számára, különösen a hölgyek körében. A vásárlási döntést azonban nagyban befolyásolja a válaszadók jövedelmi helyzete. Amennyiben szélesebb körű ismereteik lesznek a potenciális vásárlóknak a termékekről, azok minőségéről, környezetbarát mivoltukról, esetlegesen növelhető lehet keresletük. Ehhez elsősorban az ismeretterjesztést, a termelési mód előnyeinek tudatosítását tarjuk fontosnak különböző platformokon, ill. a közoktatásban, tanfolyamokon.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel!– Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- ASCHMANN, S. (2003) Direct Marketing of Agroforestry Products. Agroforestry Note 27. USDA National Agroforestry Center (NAC), Lincoln, Nebraska. <http://www.unl.edu/nac>.
- BONDESAN, V., SARTORI, A., RICARDI, F. AND BURGESS, P.J. (2016): Consumer perceptions and behaviours regarding traditional pork products from agroforestry pigs in Veneto region (north-east Italy). 12th European International Farming Systems Association (IFSA) Symposium, Social and technological transformation of farming systems: Diverging and converging pathways, 12-15 July 2016, Harper Adams University, Newport, Shropshire, UK, 1-7.
- BOROVICS A., SOMOGYI N., HONFY V., KESERŰ ZS., GYURICZA Cs. (2017): Agrárerdészet, a klímatudatos, természetközeli termelési mód, Erdészeti Lapok, 152, (6), 178-182.
- BOROVICS A., SOMOGYI N. (2018): Agrárerdészeti tapasztalatok a világban, In: Gyuricza Cs., Borovics A. (szerk.): Agrárerdészet, S-Press 5 Kft., Gödöllő, 41-73.
- CSONKA, A., BAREITH, T., GÁL, V.A. AND FERTŐ, I. (2018): Spatial Pattern of CAP Measures Promoting Agroforestry in Hungary. AgBioForum, 21 (2), 127–134
- DELIZA, A ROSENTHAL, A.L.S SILVA (2003): Consumer attitude towards information on non conventional technology. Trends in Food Science & Technology, 14 (1–2), 43-49. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00240-6](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00240-6).
- DEN HERDER, M., MORENO, G., MOSQUERA-LOSADA, R.M., PALMA, J.H., SIDIROPOULOU, A., FREIJANES, J.J.S., CROUS-DURAN, J., PAULO, J.A., TOME, M., PANTERA, A., PAPANASTASIS, V.P., MANTAZANAS, K., PACHANA, P., PAPAPOPOULOS, A., PLIENINGER, T. AND BURGESS, P.J. (2017): Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. Agriculture, Ecosystems & Environment 241, 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.005>
- ELGHANNAM, A., MESIAS, F.J., ESCRIBANO, M., FOUAD, L., HERRILLO, A. AND ESCRIBANO, A.J. (2020): Consumers' Perspectives on Alternative Short Food Supply Chains Based on Social Media: A Focus Group Study in Spain. Foods, 9 (1), 1–22. <https://doi.org/10.3390/foods9010022>

- GASPAR, P., ESCRIBANO, M. AND MESIAS, F.J. (2016): A qualitative approach to study social perceptions and public policies in dehesa agroforestry systems. *Land Use Policy*, 58, 427–436. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.040>
- HANNACHI, Y., BALAGUER, F., BOREK, R., BURGESS, P., CONSIDINE, W., CSIKVARI, J., GRANDGIRARD, D., PECENKA, R., LLORENTE, P., RAMOS-FONT, E., SEPP, M., VITYI, A. AND ZOLLER, D. (2017): EIPAGRI Focus Group Agroforestry MINIPAPER 1: Organising added value of agroforestry. Retrieved from EC Europe: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/fg22_mp1_organising_added_value_2017_en.pdf
- HORVÁTH, J; SZERB, B, SZENTE, V. (2020): Agrárerdészeti rendszerek megítélése az erdőgazdálkodó szakemberek szemszögéből. *GAZDÁLKODÁS* 64 : 6, 505-518. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.308452>
- JAMNADASS, R.H., DAWSON, I.K., FRANZEL, S., LEAKEY, R.R.B., MITH-ÖFER, D., AKINNIFESI, F.K. AND TCHOUNDJEU, Z. (2011): Improving livelihoods and nutrition in sub-Saharan Africa through the promotion of indigenous and exotic fruit production in smallholders' agroforestry systems: a review. *International Forestry Review*, 13 (3), 338–354. <https://doi.org/10.1505/146554811798293836>
- KESERŰ ZS., BOROVICS A., HONFY V. (2018): Agrárerdészet, a klímatudatos és fenntartható gazdálkodás módja, *Debreceni Szemle*, 26, (1), 76-81.
- LOVRIĆ, M., ROIS-DÍAZ, M., DEN HERDER, M., PISANELLI, A., LOVRIĆ, N., BURGESS, P.J. (2018): Driving forces for agroforestry uptake in Mediterranean Europe: application of the analytic network process, *Agroforestry Systems*, 92, (4), 863-876.
- MAUL K, NAGY M., OLSOVSKYNÉ NÉMEDI A. (2020): Who is interested in buying agroforestry products? In: Koponicsné Györke D., Barna R. (eds) *Proceedings of the International Conference on Sustainable Economy and Agriculture*. Kaposvár, Hungary: Kaposvár University, Faculty of Economic Science, 449-455.
- MORENO, G., AVIRON, S., BERG, S., CROUS-DURAN, J., FRANCA, A., DE JALÓN, S.G., HARTEL, T., MIRCK, J., PANATERA, A., PALMA, J.H.N., PAULO, J.A., RE, G.A., SANNA, F., THENAIL, C., VARGA, A., VIAUD, V. AND BURGESS, P.J. (2018): Agroforestry systems of high nature and cultural value in Europe: provision of commercial goods and other ecosystem services. *Agroforestry Systems*, 92, 877–891. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0126-1>
- MOSQUERA-LOSADA MR, SANTIAGO-FREIJANES JJ, ROIS-DÍAZ M, MORENO G, DEN HERDER M, ALDREY-VÁZQUEZ JA, FERREIRO-DOMÍNGUEZ N, PANTERA A, PISANELLI A, RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A (2018) Agroforestry in Europe: a land management policy tool to combat climate change. *Land Use Policy* 78, 603–613. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.06.052>
- SZENDRŐ, K., PINTÉR, A., SZIGETI, O. (2020): Branding Opportunities for Agro-forestry Products. In: Koponicsné, Györke D., Barna, R. (ed.): *Proceedings of the International Conference on Sustainable Economy and Agriculture*. Kaposvár University, Faculty of Economic Science, Kaposvár, 187-190
- SZERB B, HORVÁTH J, SZENTE V. (2020): Consumer perception of Hungarian agroforestry products – results of a Q-methodology attitude research study. *Studies In Agricultural Economics* 122 3, 124-131. [HTTPS://DOI.ORG/10.7896/J.2077](https://doi.org/10.7896/J.2077)

AGRÁRERDÉSZETI TERMÉKEK MARKETINGKOMMUNIKÁCIÓS LEHETŐSÉGEI

PINTÉR ATTILA, BENCE-KISS KRISZTINA, SZABÓ-SZENTGRÓTI GÁBOR

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus, Gazdaságtudományi Intézet

pinter.attila@uni-mate.hu

Absztrakt

Az alábbiakban bemutatásra kerülő 186 fő online megkérdezésével történő kutatásban arra kerestük a választ, hogy az agrárerdészeti gazdálkodásból származó termékek marketingjéhez kapcsolódóan a fogyasztók milyen kommunikációs megoldásokat, eszközöket részesítenek előnyben. Ehhez illeszkedően azt is megvizsgáltuk, hogy a fogyasztók milyenek írják le az agrárerdészeti termékek ideális, vagy tipikus fogyasztóját, valamint azt is, hogy kik azok a személyek és milyen ismérvek alapján, akik az agrárerdészeti termékek népszerűsítésében leginkább szerepet vállalhatnak. Ugyanakkor a kutatás arra is keresi a választ, hogy a fogyasztók milyenek ítélik meg az agrárerdészeti rendszerek magyarországi jövőjét.

Bevezetés

Az agrárerdészeti gazdálkodás többféle aspektusból megközelítve is nagy jelentőséggel rendelkező gazdálkodási forma, ugyanis kimutatható előnyöket kínál a fenntartható mezőgazdaság, a helyi gazdaság és a klímavédelem számára is. Mindemellett van olyan szerző (ASCHMANN, 2003), aki pedig a közösségépítésre gyakorolt társadalmi hatásra is hívja fel a figyelmet. Általánosnak tekinthető szakmai álláspont, hogy a magyarországinál jóval elterjedtebb agrárerdészeti gazdálkodással rendelkező országokban is gondot okoz az ilyen gazdálkodásból származó termékek hatékony értékesítése. Ennek okaként a szerzők általában a fogyasztók tájékozatlanságát, alulinformáltságát, míg vállalkozói oldalról a kellő marketingismeretek, illetve -erőforrások hiányát nevezik meg. A cikkben bemutatott vizsgálat az imént említett problémának a kommunikációs metszetével kíván foglalkozni, azon belül is azokkal a fogyasztói véleményekkel, amelyek megismerése hozzájárulhat az agrárerdészeti gazdálkodásban érintett szereplők hatékonyabb marketing és kommunikációs tevékenységének kialakításához, amely összességében az agrárerdészeti termékek eredményesebb értékesítését segítheti elő. A 186 fő online megkérdezését lehetővé tevő kutatásban nem csupán arra kerestük a választ, hogy a fogyasztók milyen kommunikációs megoldásokat preferálnának az agrárerdészeti termékekről és azok előnyeiről szóló tájékoztatásban, hanem arra is, hogy kiket tartanának a kommunikáció leghitelesebb szereplőinek, „reklámarcának”. Mindemellett a vizsgálat arra is kiterjedt, hogy a fogyasztók milyenek látják az agrárerdészeti termékek ideális fogyasztóját, illetve az agrárerdészeti gazdálkodás magyarországi jövőjét.

Az agrárerdészet napjainkban egy egyre nagyobb jelentőséggel bíró ágazat, többek között környezetkímélő, és versenyképességet fenntartható módon növelő mivolta miatt, mely tényezők szerepe a fogyasztói döntésekben szignifikánsan megnövekedett az utóbbi évtizedek során. Bár a növekvő környezettudatosság jótékony hatással volt az organikus, zöld, bio- és öko-termékek keresettségére és fogyasztására; az agrárerdészet ezidáig kevésbé ismert fogalom volt a vásárlók körében (BURROWS ÉS SANNESS, 1998; SZENDRŐ ET AL., 2020).

Definícióját tekintve agrárerdészeti tevékenységnek tekinthető minden olyan földhasználati technológia, melyben egyazon területen célzottan folyik erdészeti, valamint mezőgazdasági hasznosítás (például állattenyésztés, vagy növénytermesztés). Ez a művelési forma a trópusokon már régebb óta elterjedt megoldás, más éghajlati övezetekben – például Európában, vagy Észak-Amerikában – azonban egyelőre kisebb népszerűségnek örvend (GARCÍA ET AL., 2018). Gold et al. (2004) szerint ennek is köszönhető, hogy az agrárerdészeti termékekhez kötődő marketingtevékenység egy igen speciális terület, hiszen hiányos a fogyasztók informáltsága; az agrárerdészeti értékteremtő folyamatok sok esetben csupán „fekete doboz” jelentenek számukra, amely kedvezőtlen hatást gyakorol a termékek eladhatóságára. A fogyasztói edukáció tehát az agrárerdészeti marketing kiemelt célja, különösen az európai- és észak-amerikai régióban, amely tudatosan felépített, versenyelőnyökre alapozó stratégiát kíván. Roshetko és Yuliyanti (2002) azonban kihangsúlyozta, hogy a stratégia megvalósíthatósága legtöbb esetben komoly akadályokba ütközik, mivel az agrárerdészettel foglalkozó gazdák általában szűkös kapacitással, kapcsolati tőkével és anyagi forrásokkal rendelkeznek, valamint nem birtokolják a szükséges piaci- és marketingismereteket sem. Legfőbb javaslatuk a probléma áthidalására a gazdák tevékenységi körének bővítése olyan irányokba, amelyek lehetővé teszik a többi piaci szereplővel való kommunikációt (például termékfejlesztés, félkész termékek értékesítése). Ezáltal nem csak információt szereznek a fogyasztókról, hanem tudást is biztosítanak partnereik számára az agrárerdészeti termékek előnyeiről, melyek a viszonteladókön keresztül a végső felhasználókhoz is eljutnak majd (GOLD ET AL. 2004; ROSHETKO AND YULIYANTI, 2002).

Aschmann (2003) ezzel szemben a direkt marketing nyújtotta lehetőségeket helyezi előtérbe a termelők aktív közreműködésével, mivel ők azok, akik ismerik az előállítási folyamat nyújtotta többletelőnyöket, valamint ily módon többet profitálhatnak az értékesítésből is. Aschmann (2003) és Magsi (2006) az agrárerdészeti termékek esetében kiemelkedő fontosságúnak tartja a helyi termékértékesítést, amely csökkenti a logisztikai költségeket, növeli viszont a helyi termékek iránti elköteleződést; Agea et al. (2005) viszont az agrárerdészeti termékek piacának bővítését sürgetik a szélesebb körű lehetőségek kiaknázása érdekében. A jelenlegi gyakorlat azt mutatja, hogy a termelők a legnagyobb hangsúlyt a helyi jellegű, általában a termelés helyén történő értékesítésre fektetik, ezen felül azonban a legtöbb előállító alig alkalmaz más módszereket termékei népszerűsítésére (AGEA ET AL.. 2005; ASCHMANN, 2003; MAGSI, 2006).

Aschman (2008) kiemeli az online marketing nyújtotta lehetőségek kiaknázásának fontosságát, melynek köszönhetően a piac bővíthető, az üzenet a fogyasztók szélesebb köréhez eljuttatható, továbbá hangsúlyozza a helyi jelleg megtartásának fontosságát a kommunikáció során. Mind online, mind offline eszközökkel fontosnak tartja a közösségépítés szerepét is, mely által betekintés nyerhető a fogyasztói szokásokba, valamint hasznos piaci információk juthatnak el az egyéni termelőkhez (ASCHMANN, 2003).

Anyag és módszer

A kutatás szekunder és primer információforrásokra épült. Szekunder kutatás keretében a témakör jelentősebb szakirodalmát dolgoztuk fel. Kvantitatív kutatásként online kérdőíves felmérést végeztünk. A megkérdezést a https://docs.google.com/forms/d/1NI4UGudMqLB_IadVIJx3Vg3AdVzbHBnxiaYL-aT2ZU8/edit felületen bonyolítottuk le, a közzétett űrlapot a kutatócsoport résztvevői hólabda módszerrel juttatták el a potenciális kitöltőkhöz. A kutatási eszköz 2021. február és június között volt elérhető, ezen időszak alatt 186 válaszadást sikerül elérni. Az elkészített kérdőív

jellemzően zárt kérdésekre épültek, néhány témakörnél pedig lehetőséget biztosítottunk a megkérdezettek egyéni meglátásainak kifejtésére. A kérdőív végén a válaszadó személyére vonatkozó kérdések zárták a felmérést. Az adatok értékelése során elsősorban leíró statisztikai módszereket alkalmaztunk. A háttérváltozók és az egyes válaszok közötti összefüggések kimutatása érdekében keresztábra elemzést végeztünk SPSS statisztikai program segítségével. A változók közötti összefüggések statisztikai szignifikanciájának mérésére Pearson-féle KHI négyzet (χ^2) próbát végeztünk, ezen kívül a keresztábrás elemzés során megvizsgáltuk a Cramer-féle V együtthatót is. A statisztikai próba eredményeit $p < 0,05$ esetén tekintettük szignifikánsnak. Az 1-től 5-ig terjedő Likert skála és a háttérváltozók összefüggéseinek statisztikai elemzésére egyszempontos varianciaelemzést alkalmaztunk. A varianciaelemzés előfeltétele a szórás homogenitás, amelynek statisztikai vizsgálatát Levene-teszt segítségével végeztük el. Az ANOVA vizsgálat következő lépésében az átlagos eltérés által okozott varianciát vizsgáltuk szignifikanciateszt ($p < 0,05$) segítségével. A kutatás célcsoportjának a felnőttkorú lakosságot választottuk. A felmérésben résztvevők demográfiai összetételét az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat A kérdőív válaszadóinak megoszlása (N=186)

Megnevezés	Válaszadók száma, fő	Válaszadók aránya, %
<i>Összes megkérdezett</i>		
	186	100,0
<i>Nem szerint</i>		
Férfi	112	60,2
Nő	72	38,7
NT/NV	2	1,1
<i>Életkor csoport szerint</i>		
18-29 éves	46	24,7
30-39 éves	36	19,4
40-49 éves	32	17,2
50-59 éves	34	18,3
60 év feletti	36	19,4
NT/NV	2	1,1
<i>Településtípus szerint</i>		
Város	112	60,2
Község, falu	72	38,7
NT/NV	2	1,1
<i>Iskolai végzettség szerint</i>		
Maximum 8 általános	0	0,0
Szakiskola, szakmunkásképző	10	5,4
Gimnázium, középiskola	40	21,5
Főiskola, egyetem	134	72,0
NT/NV	2	1,1
<i>A háztartás nettó jövedelme szerint</i>		
Rendszeresen megélhetési gondjai vannak	0	0,0
Néha arra sem elég, hogy megéljen belőle	4	2,2
Éppen elegendő, hogy megéljen belőle, de félretenni már nem tud	22	11,8
Megél belőle, de keveset tud félretenni	108	58,1
Nagyon jól megél belőle és félre is tud tenni	34	18,3
NT/NV	18	9,7

A válaszadók 38,7%-a nő, 60,2%-a férfi. Iskolai végzettség alapján az érettségivel és a felsőfokú végzettséggel rendelkezők a leginkább reprezentáltak az adatbázisban. Az online kérdőíves felmérés egyik hátránya, hogy nehezebb megszólítani az alacsonyabb iskolai végzettségű és fizikai munkakörben dolgozó személyeket. A mintában a felnőttkorú lakosság szerepel, amelynek életkori megoszlása kiegyensúlyozott az egyes korosztályok szerint. A válaszadók többsége városban (60,2%), míg kisebb része vidéken él (38,7%).

A válaszadók többsége a relatív jövedelmi helyzet megítélése alapján a jobb anyagi körülményekkel rendelkező személyek közé sorolható. A vizsgált személyek 76,4%-a havi jövedelméből képes megtakarítani, és kisebb arányban szerepelnek a mintában a szerényebb anyagi helyzettel rendelkezők.

Eredmények és értékelésük

Az agrárerdészeti terméket fogyasztók és népszerűsítő személyek ismérvei

A megkérdezés elsőként arra irányult, milyen az ideális agrárerdészeti terméket fogyasztó személy. Nyitott kérdés formájában arra kértük a válaszadókat jellemezzék különböző szempontok figyelembevételével (nem, megjelenés, lakóhely, foglalkozás, információszerezési forrás, táplálkozás) az ideális fogyasztót. A meghatározó ismérveket az 1. ábra mutatja be.



13. ábra Az ideális agrárerdészeti termék fogyasztó (N=186)

A válaszadók szerint az ideális fogyasztó 25 és 50 év közötti nő vagy férfi, aki tudatos életmódot folytat. E fogyasztó típust a környezettudatosság jellemzi, amely megjelenik mind életvitelében, mind táplálkozásban. Az agrárerdészeti termékek iránt elkötelezett ideális vásárlók elsődlegesen az interneten tájékozódnak, amely mellett a szaklapokból származó információk is fontos tényezők. A lakóhelyet illetően alapvetően két csoport rajzolódott ki: városias és a vidéki fogyasztó. Az első csoportban tartozó személyek magasan képzettek, átlag feletti jövedelemmel rendelkeznek, míg a második csoportba mezőgazdasággal foglalkozó, átlagos jövedelműek tartoznak.

Az agrárerdészeti termékek kommunikációs stratégiájának kialakításához szükséges megismerni a vizsgált termékcsoport hiteles kommunikációját biztosító személyek vagy szervezetek körét. Az eredményeket a 2. táblázat mutatja be.

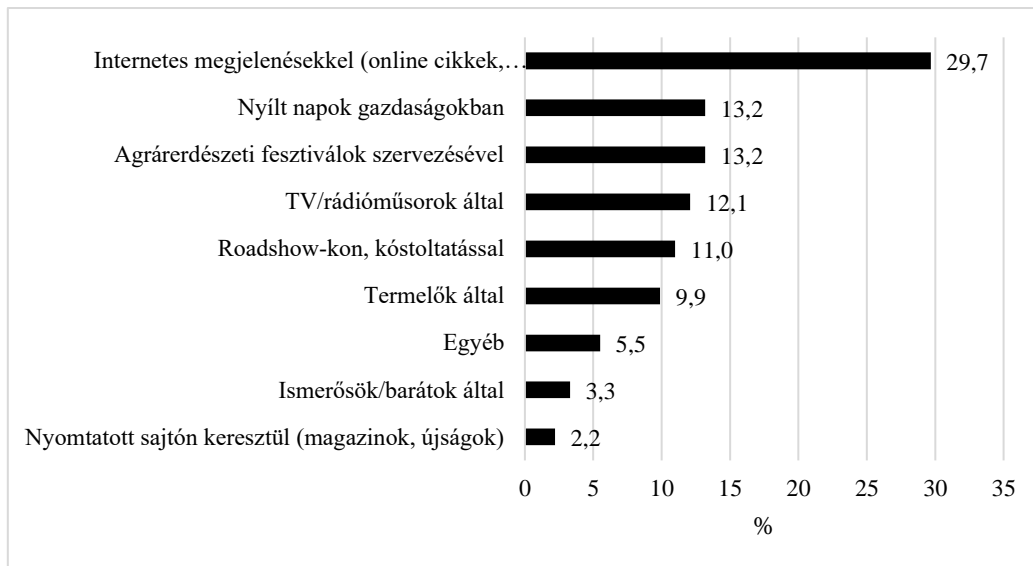
1. táblázat Az agrárerdészeti termékek lehetséges „reklámarca”

Megnevezés	Megoszlás (%)
Termelő	36,1
Ismert személy	23,6
Agrárregytem professzora/hallgatója	6,9
Fiatal személy	6,9
Környezettudatos személy	6,9
Nem személy	6,9
Idősebb személy	5,6
Tudatos fogyasztó	5,6
Sportoló	1,4

A válaszadók véleménye alapján két meghatározó személyi kör lehet alkalmas agrárerdészeti termékek reklámarcának: a termelők (36,1%) és az ismert személyek (23,6%). A potenciális fogyasztók gondolkodásában a termelők kategória egy összetett fogalomrendszert alkot. Véleményük szerint olyan *termelő* lehet alkalmas az agrárerdészeti termékek imázsának növelésére, aki már évtizedes tapasztalattal rendelkezik a környezettudatos és fenntartható gazdálkodás területén. Speciális szegmensenként jelölték meg a városból elköltöző lakost, aki valamilyen egészségügyi vagy városból való elvagyódás miatt kezdett mezőgazdasággal foglalkozni, és az agrárerdészet alapjain nyugvó termelésbe kezdett. Továbbá az olyan személyt tekintik hitelesnek, akinek több lábbon álló gazdasága van, ahol az ökológiai gazdálkodás szabályai szerint végzi termelő és élelmiszer feldolgozó tevékenységét. Az *ismert személyek* esetében is a válaszok sokszínűségét tapasztaltuk. Általános megközelítésben az ismert személyek olyanok, akik a szakmájukban jártasak, hajlandóak és képesek aktív szereplőként a modern kommunikációs csatornákat használni. Az ismert személyek egyrészt a TV adások rendszeres szereplői (pl.: műsorvezető, sztárchef, színművész), akik a vidéki életformák, szokások és gasztronómia népszerűsítésének elkötelezett képviselői.

Agrárerdészeti termékek népszerűsítése

A nemzetközi tendenciák alapján az agrárerdészeti termékek fogyasztói érdeklődése folyamatosan növekszik. Magyarországon a tudatos és egészségorientált fogyasztói magatartás erősödése már tapasztalható, azonban az agrárerdészeti termékek ismertsége még fejlesztésre szorul. Az agrárerdészeti termékek népszerűsítésére alkalmazható kommunikációs felületek megítélését a 2. ábra mutatja be.



14. ábra Agrárerdészeti termékek preferált kommunikációs felületei

A potenciális fogyasztók megítélése alapján leginkább az internetes megjelenésekkel (29,7%) lehet népszerűsíteni ezt a termékkört. Az online kommunikációs platformok alatt az ismeretterjesztő cikkek megjelentetését és az információk közösségi médián keresztüli megosztását értettük. Népszerű megoldások közé tartozik a nyílt napok szervezése a gazdaságokban (13,2%), agrárerdészeti fesztiválok rendezése (13,2%), TV/rádióműsorokon keresztüli megjelenés (12,1%), továbbá a roadshow-kon, kóstoltatással történő népszerűsítés (11,0%), vagy az agrárerdészet termelők általi (9,9%) bemutatása. Az ismerősök (3,3%) és a nyomtatott sajtón keresztüli (2,2%) népszerűsítés lehetőségét kevésbé értékelték hasznosnak. Szignifikáns különbség mutatkozott a nem és a preferált kommunikációs felületek megítélése között ($p=0,000$). Elmondható, hogy a nők inkább a roadshow-kat (22,9%), internetes megjelenéseket (20,0%) és a nyílt napokat (17,1%), a férfiak pedig az internetes megjelenéseket (35,7%), TV műsorokat és fesztiválokat (16,1%) tartják meghatározónak a népszerűsítés szempontjából.

Az életkor és a preferált kommunikációs felületek megítélése között is szignifikáns kapcsolat volt tapasztalható ($p=0,016$). Minden korosztály az internetes megjelenéseket nevezte meg legfontosabb tényezőnek, azonban a fontosság mértékében már különböznek a vélemények. A 18-29 éves személyek körében az előző tényezőt követő rangsorban a nyílt napokat (18,2%) és a TV/rádióműsorokat (18,2%), a 30-39 évesek az agrárerdészeti fesztiválokat (16,7%) és termelők általi népszerűsítést (11,1%) emelték ki. A roadshow és a kóstoltatás (25,0%) a 40-49 éves korosztály körében fontos tényező. Érdekes hasonlóság mutatkozott a 30-39 éves és az 50-59 éves korosztály között, az utóbbiak szintén az agrárerdészeti fesztiválok szervezését (17,6%) tartják meghatározónak. A 60 év felettek körében pedig a TV/rádióműsorok (16,7%) és nyílt napok (16,7%) bizonyulhatnak hatékonyak.

Agrárerdészeti rendszerek jövője

A kutatás következő részében az agrárerdészeti rendszerek magyarországi jövőjét vizsgáltuk. A válaszadók 1-5 terjedő skálán értékelték, megítélésük szerint milyen jövője lehet hazánkban ennek a termelési módnak. A skála szélső és középső értékei előre definiált módon szerepelt a kérdőívben (1= Teljesen feleslegesnek tartom; 3= Szerintem semmi különleges; 5= Nagy lehetőséget látok benne), így a válaszadók egyértelmű választ tudtak adni kérdésünkre.

A megkérdezettek 37,0%-a kifejezetten nagy, és 35,9%-a pedig jó lehetőséget lát ebben a termelési rendszerben, míg 22,8%-a semmi újdonságot nem vélt felfedezni, és csupán a 4,3%-át jellemzi pesszimista hozzáállás az agrárerdészeti termékek jövőjét illetően.

Két háttérváltozó összefüggésében tapasztaltunk szignifikáns különbséget, amelyet ANOVA vizsgálattal állapítottunk meg. A különböző életkori kategóriába tartozó személyek eltérő ($p=0,001$) véleményt fogalmaztak meg a vizsgált téma jövője kapcsán. A 30-39 éves korosztály egy sajátos fogyasztói csoportként jellemezhető, mivel ez a korosztály szkeptikus az agrárerdészeti rendszerek jövőbeli elterjedésével kapcsolatban. Továbbá a szubjektív jövedelmi helyzet és az ágazat várható jövőképe ($p=0,002$) között azonosítottunk szignifikáns összefüggést, azonban nem volt túl nagy értékbeli eltérés az egyes jövedelemcsoportok válaszai között. Akik jövedelmükből éppen megélnek, de félretenni már nem tudnak 4,45 átlagértéket adtak a kérdésre, a legjobb anyagi körülmények között élők 4,29-re értékelték az agrárerdészet jövőbeli lehetőségeit, míg a szűkös anyagi helyzetű fogyasztók (Néha arra sem elég, hogy megéljünk belőle: 4,00) és a kedvező életmódúak (Megélünk belőle, de keveset tudunk félretenni: 3,98) véleménye szinte azonos volt.

Következtetések és javaslatok

Az eredmények értékeléséből egyértelműen kitűnik, hogy az agrárerdészeti termékek ideálisnak leírt fogyasztója azon túl, hogy életmódját és táplálkozását az egészségorientáltság, valamint a környezettudatosság jellemzi, leginkább az internetről tájékozódik. Így nem meglepő, hogy a megkérdezettek legnagyobb arányban az agrárerdészeti termékek népszerűsítésére elsődlegesen preferált megoldásként az internetes megjelenéseket nevezték meg. Ehhez képest a hagyományos médiumokon keresztüli kommunikációs formákat, illetve a rendezvény típusú tájékoztatási eszközöket jóval kisebb arányban tartanák kívánatosnak. Mindezekkel együtt megállapítható, hogy a megkérdezettek az agrárerdészeti rendszerek magyarországi jövőjének megítélését illetően meglehetősen komoly várakozást mutatnak, hiszen a válaszadók túlnyomó többsége kifejezetten nagy, illetve jó lehetőséget lát ebben a speciális piaci szegmensben. Annak érdekében is, hogy ez az alapvetően optimista fogyasztói várakozás realizálható legyen, elengedhetetlenül fontos lenne, hogy az agrárerdészeti gazdálkodásban érintettek képessé váljanak a marketing, és azon belül a kommunikációs eszközök tudatos és tervszerű használatára. A szakirodalmakból kiderül, hogy az agrárerdészeti marketing célja alapvetően a fogyasztói edukáció, de vannak szerzők, akik arra is felhívják a figyelmet, hogy a gazdák is meglehetősen kevés marketingismerettel és -erőforrással rendelkeznek. Mindenesetre az online kommunikációs felületek mind a két érintetti kör tájékoztató, ismeretszerzési igényeinek kielégítésére meglehetősen költséghatékony megoldásokat kínálnak. Nem véletlen, hogy a megkérdezett fogyasztók is elsődlegesen az internetes megjelenési formákat nevezték meg, mint az agrárerdészeti termékek népszerűsítésére leginkább alkalmas felületet, ugyanis ez egyértelműen összhangban van a tartalomfogyasztási szokások átalakulásával. A kutatás eredményeiből kiindulva a kommunikációnak egyszerre két célt is szolgálnia kell: edukálni és a fogyasztást ösztönözni. Az előbbi cél elérését valószínűleg leginkább az online PR eszközei, a tartalommarketing és a közösségi média alkalmazása segíti a leghatékonyabban, míg az utóbbit az online, illetve digitális marketing megoldások. Ráadásul, akár az információ hitelesítőjeként, akár a termék népszerűsítőjeként az online térben történő kommunikációhoz remekül illeszthető a megkérdezett fogyasztók által kívánatosnak vélt „reklámarcok” a termelő és azt ismert személyek, akiknek részvételére alapozva napjaink egyik trendszerűen alkalmazott marketing megoldása, az influencer marketing is alkalmazható. A kommunikáció online eszközökre való építésének további előnye lehet az interaktivitás és a bevonódást is lehetővé tevő fogyasztói részvétel a kommunikációban, amelyben egyszerre van helye a felhasználók által létrehozott

tartalomnak (UGC), a felhasználók által szerkesztett tartalomnak (UEC) és a felhasználók által terjesztett tartalomnak (UDC).

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kiterjesztési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- AGEA, J. G.; SSEBULIBA, E. & OBAA, B. (2005) Marketing of agroforestry products in Nama sub-county, Mukono district, Uganda; African Crop Science Conference Proceedings, Vol. 7. pp. 537-540
- ASCHMANN, S. (2003) Direct Marketing of Agroforestry Products. Agroforestry Note 27. USDA National Agroforestry Center (NAC), Lincoln, Nebraska. <http://www.unl.edu/nac>.
- BURROWS, J. AND SANNESS, B. (ed.) (1998) The competitive climate for wood products and paper packaging; the factors causing substitution with emphasis on environmental promotions. ISBN: 82-91994-10-2. A study performed by the Subgroup Substitution Project of the Joint FAO/ECE Team of Public Relations Specialists in Forestry and the Forest Industries Sector. More information on the Team's website: <http://www.unece.org/trade/timber/pr>
- GARCÍA DE JALON, SILVESTRE; BURGESS, PAUL J.; GRAVES, ANIL; MORENO, GERARDO; MCADAM, JIM; POTTIER, ERIC; NOVAK, SANDRA; BONDESAN, VALERIO; MOSQUERA-LOSADA, ROSA; CROUS-DURAN, JOSEP; PALMA, JOAO H. N.; PAULO, JOANA A.; OLIVEIRA, TANIA S.; CIROU, ERIC; HANNACHI, YOUSRI; PANTERA, ANASTASIA; WARTELE, REGIS; KAY, SONJA; MALIGNIER, NINA; VAN LERBERGHE, PHILIPPE; TSONKOVA, PENKA; MIRCK, JACONETTE; ROIS, MERCEDES; KONGSTED, ANNE GRETE; THENAIL, CLAUDINE; LUSKE, BOKI; BERG, STAFFAN; GOSME, MARIE; VITYI, ANDREA (2018) How is agroforestry perceived in Europe? An assessment of positive and negative aspects by stakeholders. *Agroforestry Systems*, 92:829-848.
- GOLD, M., GODSEY, L. & JOSIAH, S. (2004) Markets and marketing strategies for agroforestry specialty products in North America. *Agroforestry Systems* 61, 371–384. <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000029011.42829.83>
- HEGEDŰS A. (2007) A nem-fa erdei termékek és szolgáltatások hasznosítása és marketingje. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar Doktori (PhD) értekezés
- MAGSI, HABIBULLAH (2006) Marketing agroforestry products in Sindh province of Pakistan, Sindh Agriculture University Tando Jam, Pakistan - Master of Science 2006
- ROSHETKO, JAMES & YULIYANTI,. (2002) Marketing smallholder farmers agroforestry products: An introduction. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) and Winrock International Editors: James M Roshetko, Mulawarman, WJ Santoso, IN Oka
- SZENDRŐ, KATALIN; PINTÉR, ATTILA; SZIGETI, ORSOLYA (2020) Branding Opportunities for Agro-forestry Products In: Diána, Koponicsné Györke; Róbert, Barna (szerk.) Proceedings of the International Conference on Sustainable Economy and Agriculture, Kaposvár, Magyarország: Kaposvár University, Faculty of Economic Science 462 p. pp. 187-190. , 4 p.

AZ AGRÁRERDÉSZETI ÉS A HAGYOMÁNYOS ÚTON ELŐÁLLÍTOTT TERMÉKEK MEGÍTÉLÉSE A MAGYAR FOGYASZTÓK KÖRÉBEN

FÜLÖP NIKOLETTA, SZENDRŐ KATALIN

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus, Gazdaságtudományi Intézet

fulop.nikoletta@uni-mate.hu

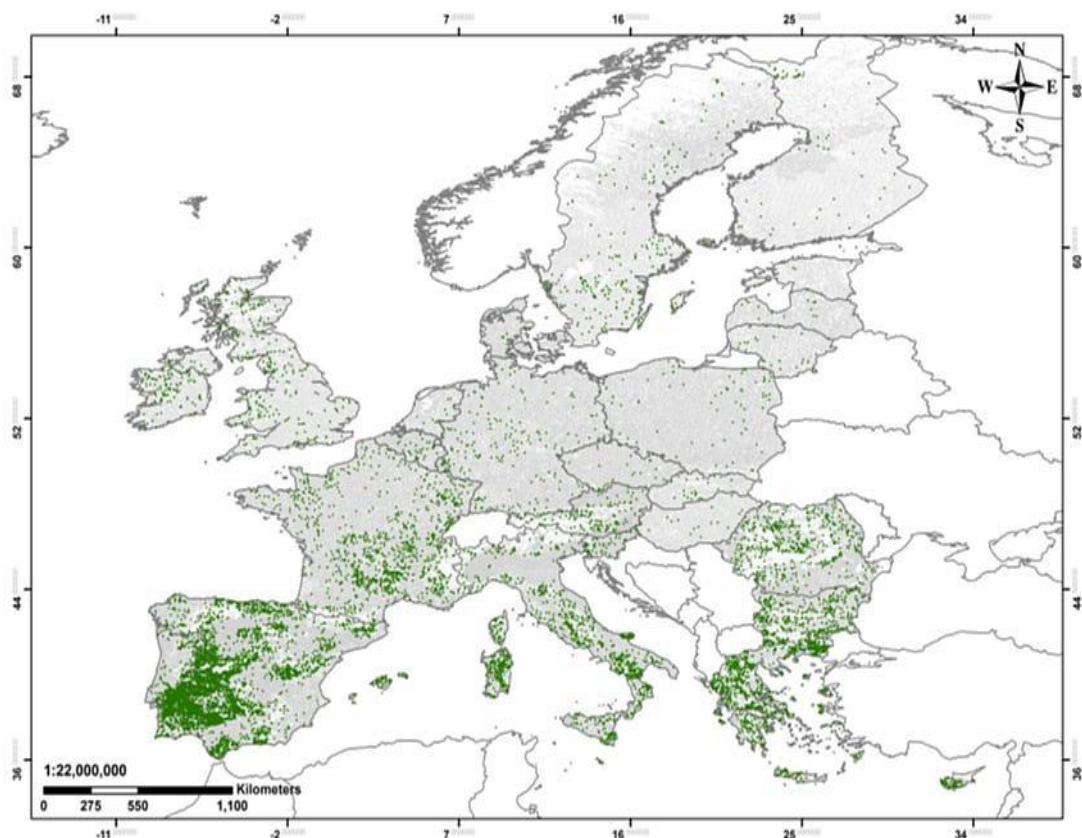
Absztrakt

A felmérés célja annak vizsgálata, hogy a fogyasztók hogyan ítélik meg az agrárerdészeti termékeket a hagyományosan előállítottakhoz képest. A potenciális válaszadókhoz hólabda módszerrel eljuttatott online kérdőívet 186 válaszadó töltötte ki. A megkérdezettek az agrárerdészeti termelést munkaigényesebbnek, ugyanakkor kevésbé jövedelmezőnek tartották. A profitot és a költséghatékonyságot tekintve a hagyományos termelés esetén adtak magasabb átlagértéket. A környezetre gyakorolt hatásra, az egészségességre és a minőségre – az 1-5 skálán – 4 feletti pontszámot adtak az agrárerdészeti termékek vonatkozásában. Magas átlagponttal értékelték a tudatosságot, a fenntarthatóságot, a komplexitást és a többes hasznosítást. Az agrárerdészeti termelés eredményességének feltétele a célzott marketingkommunikációs tevékenység. Minden termék esetében be kell mutatni honnan származik, hogy természetes körülmények között állították elő, illetve milyen előnyei vannak a hagyományos termékekkel szemben.

Bevezetés

Az agrárerdészet egy olyan mezőgazdasági gyakorlat, amelyben a fás növényzetet (fák és/vagy cserjék) a növénytermesztéssel vagy az állattenyésztéssel kombinálják (VITYI ÉS MTSAL, 2019). Más megfogalmazás szerint folyamatosan fenntartott fás kultúrákkal integrálják a növénytermesztést és/vagy az állattenyésztést ugyanazon földterületen (KESERŰ, 2014). Az így nyert multifunkcionális rendszer elemeinek egymásra gyakorolt kedvező hatásaiból ökológiai és gazdasági vonatkozásban is fenntarthatóbb gazdálkodás jöhet létre.

Valamikor természetes volt, hogy az agrárgazdálkodással foglalkozók földjén a gazdasági növények mellett fás területek is megtalálhatók voltak. A későbbiekben – a nagyüzemek létrejöttével – a mezőgazdaság és az erdőgazdálkodás elvált egymástól. Az 1. ábra térképén látható, hogy napjainkban az agrárerdészet elsősorban a dél-európai országokban fordul elő, Magyarországon viszont kevésbé jellemző termelési forma. Leggyakoribb Európában a fás legelő, ami nálunk is több helyen megtalálható.



1. ábra Agrárerdészeti területek eloszlása az EU-27 országokban (forrás: AGFORWARD)

A nagyüzemi gazdálkodást megelőzően gyakran lehetett látni mezővédő erdősávokat, útminti fákat, fás-bokros legelőket, de a nagytáblás növénytermesztés és a légi növényvédelem terjedésével ezeket a fákat kiirtották (VITYI, 2014). Az agrárerdészet napjainkban viszont ismét kezd elterjedni. Támogatás igényelhető a legelőfásításra, ismét létesülnek mezővédő erdősávok, többen keresik a fás terület és növénytermesztés vagy az állattenyésztés kedvező egyensúlyát.

A FAO által közölt tanulmány szerint a fák és cserjék beillesztése a mezőgazdasági termelési rendszerekbe elősegítheti a mezőgazdaság klímaváltozáshoz való alkalmazkodását, mérsékelheti a klímaváltozás okozta negatív hatásokat, hozzájárulhat az élelmiszerbiztonsághoz, és egyben a fenntartható fejlődést is szolgálja (FAO, 2010).

Keserű (2014) szerint nálunk elsősorban a kisgazdaságoknál és a magán erdőgazdálkodóknál valósítható meg ez a gazdálkodási forma. A támogatási rendszerben előnyt élveznek a Natura 2000, a védett természeti és a kedvezőtlen adottságú területek, emellett az őshonos gazdasági állatfajok legeltetése, a méhlegelők kialakítása (KISS-SZIGETI ÉS VITYI, 2017). Magyarország megkezdte annak az EU rendeletnek a végrehajtását, amely értelmében agrárerdészeti rendszereket hoznak létre mezőgazdasági földterületeken.

Az agrárerdészet azonban akkor lehet sikeres, ha tudományosan megalapozott, és mintagazdaságok gyakorlatban bevált bázisára épül. Gazdálkodókkal készített szakértői mélyinterjúk eredményei szerint mind gazdasági, mind környezeti szempontból jelentős lehet az agrárerdészet szerepe a mezőgazdaságban (SZENDRŐ ET AL., 2020). Jelen vizsgálatunk célja, hogy minél szélesebb körben megismerjük a fogyasztók agrárerdészettel kapcsolatos ismereteit és véleményét.

Anyag és módszer

A kutatócsoport által korábban végzett szakértői és fókuszcsoportos interjúk eredményeit alapul véve (MAUL ET AL., 2020; SZENDRŐ ET AL., 2020) online megkérdezést végeztünk. A kérdőívben – többek között – a konvencionális és az agrárerdészeti termékekkel kapcsolatos ismeretekről, fogyasztási/használati jellemzőkről, az agrárerdészeti terméket fogyasztó egyén jellemzőiről, valamint népszerűsítési lehetőségekkel kapcsolatos kérdéseket tettünk fel. Jelen közlemény a konvencionális (szokványos), valamint az agrárerdészeti termelésre vonatkozó állítások értékelését elemzi. A kérdőív a https://docs.google.com/forms/d/1NI4UGudMqLB_IadVIJx3Vg3AdVzbHBnxiaYL-aT2ZU8/edit felületen volt elérhető. A nem valószínűségi mintavételi technikák közül az adatgyűjtéshez hólabda módszert alkalmaztuk. A válaszadók 1 (egyáltalán nem ért egyet) és 5 (teljesen egyetért) közötti skálán adhatták meg válaszukat, véleményüket. Összesen 186 hibátlanul kitöltött, feldolgozásra alkalmas kérdőív érkezett. A kérdőívre kapott válaszokat SPSS for Windows 20.0 segítségével értékeltük ki, átlagot és szórást számítottunk.

Eredmények és értékelésük

A konvencionális termelésből származó és az agrárerdészeti termékek előállításának gazdaságosságáról, természetre, környezetre és egészségre gyakorolt hatásáról, valamint a termelés jellegéről alkotott véleményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat A konvencionális termelésből és az agrárerdészeti körülmények között előállított termékek fogyasztói megítélése

Állítás	Hagyományos			Agrárerdészeti		
	N	Átlag	Szórás	N	Átlag	Szórás
Zavaros a fogalma	164	2,32	1,21	154	2,65	1,39
Költséghatékony	174	3,53	1,09	166	3,14	1,06
Olcsó	176	2,94	1,13	162	2,72	1,16
Jövedelmező	178	3,81	1,09	158	3,01	0,87
Nagy profitot termel	174	3,63	1,17	160	2,81	0,95
Időigényes	182	3,26	1,23	170	4,15	0,88
Környezetbarát	182	2,80	1,35	172	4,42	0,76
Vegyszermentes	184	2,11	1,28	164	3,52	1,06
Természetközeli	182	2,68	1,41	176	4,53	0,67
Egészséges termék előállítás	180	3,30	1,16	176	4,19	0,72
Minőségi terméket állít elő	186	3,45	1,08	174	4,06	0,78
Jó minőségű terméket állít elő	184	3,49	1,02	176	4,11	0,72
Tudatos tevékenység	174	3,84	1,11	178	4,53	0,74
Fenntartható	182	3,07	1,29	172	4,27	0,77
Multifunkciós	174	3,08	1,34	176	4,18	0,91
Többes használatú	170	2,98	1,38	164	4,34	0,79
Komplex	178	3,26	1,28	172	4,10	0,95

Az agrárerdészet és a hagyományos termelés fogalma

Az agrárerdészet az agroforestry angol elnevezés pontos fordításának is tekinthető, a mezőgazdaság és az erdészet közös tevékenységét kívánja kifejezni, amint a bevezetés első bekezdése is kifejezi. A válaszadók – korábbi fókuszcsoportos felméréssel ellentétben (MAUL ET AL., 2020) – érthetőnek vélik az agrárerdészet fogalmát, nem tartják zavarosnak, amit az

átlagosnál alacsonyabb pontszám is jelez (1. táblázat). A konvencionális termelésre sem adtak lényegesen kisebb pontszámot.

Költség, jövedelmezőség, időráfordítás

A költségekkel, a munkaráfordítással és a gazdaságossággal kapcsolatos vélemények szerint egyértelműen a konvencionális gazdálkodás tűnik kedvezőbbnek: kevesebb munka, olcsóbb, nyereségesebb (1. táblázat). Annak ellenére, hogy az agrárerdészeti termelést sokkal időigényesebbnek tartják, mint a hagyományos termelést, költséghatékonyságban csak kis különbség alakult ki. Természetesen az agrárerdészeti jövedelmezőnek kell lennie, mert anélkül nem foglalkoznának vele. Ennek ellenére erre a kérdésre a válaszadók csak átlagos pontszámot adtak.

Kovács és mtsai (2019) szerint megfelelően kidolgozott és kipróbált technológia alkalmazása esetén jelentős termelés-növekedés érhető el. Ez részben a kedvezőbb mikroklimának, biodiverzitásnak köszönhető, de minőség-javulásra is lehet számítani. Természetesen számottevő lehet az a famennyiség is, amit a mezőgazdasági területen elő lehet állítani. A megtérülési mutató szerencsés esetben 30-40%-os is lehet, de általában nagy profitszerzésre nem lehet számítani.

Ugyanakkor nem szabad megfeledkezni arról, hogy agrárerdészetben történő termelés költségesebb és a munkaráfordítás is nagyobb. A nagyüzemi táblákon intenzív a termelés, minden gépesített, hatékony, terjed a precíziós gazdálkodás. Ezzel szemben a növénytermesztés és az erdő vagy gyümölcsös kombinációja esetén a munka kevésbé hatékony.

Az erdészet, a faállomány oldaláról nem mindegy, hogy milyen fáról van szó. A fák telepítése ugyanis költséges és lassan térül meg. Gyümölcsfák esetén minden évben van termés. A hengeresfa lassan lesz vágásérett, az ipari fa – bár kisebb értékű, de – rövidebb idő alatt hoz jövedelmet. Érdemes külön megemlíteni az akácot és más méhlegelőként is hasznot hozó fafajokat. Ezek különösen akkor hasznosak, ha a tulajdonos egyben méhész is, vagyis a méz is egy bevételi forrás.

Ugyanez mondható el, ha az erdészetet állattenyésztéssel kombinálják. Itt a legeltetett állattenyésztés kivételt képez, mert ott kifejezetten hasznos a fák árnyékoló, védő szerepe, a lehulló makkot vagy vad gyümölcsöt is elfogyasztják az állatok. Az ártéri erdőknél a legelő állatok az aljnövényzetet rendben tartják, nem gyomosodik el (VITYI, 2014). Sertés és baromfi esetén agrárerdészetben csak extenzív tartás valósítható meg. Az állatok kisebb termelését, lassúbb növekedését leginkább az kárpótolhatja, ha valamilyen márkavédjeggyel tudják ellátni vagy biotermékként értékesítik.

Akár növény, akár állati eredetű termékről van szó, a helyi fajokból származó piacképes áru előállítására az egyik cél, amelynek a vidéki emberek jobb megélhetését is szolgálnia kell (LEAKEY, 2010). A potenciális fogyasztók pedig hajlandóak magasabb árat is fizetni, ha vonzó terméket találnak az agrárerdészeti rendszerből (SZERB ET AL., 2020).

Biodiverzitás

A mezőgazdaság és az erdészet számtalan kombinációjában valósulhat meg (FAO, 2010; KESERŰ, 2014; VITYI ÉS MTSAI, 2019). Bármilyen formában is folytatják az agrárerdészetet, mindenképpen több lábon áll a gazdaság, ami biztonságot jelent.

Ráadásul az agrárerdészet a vidéki tájat szebbé, változatosabbá teszi. Ilyen környezetben javul a lakosok életminősége, és a falusi turizmusra is kedvező hatással lehet (KISS-SZIGETI ÉS VITYI, 2017). Dombos területen a rétegvonal mentén telepített fasorok megkötik a talajt, és köztük művelni lehet a földet. Egyéb területeken is kialakítható a köztes termesztés, vagyis a fasorok közötti szántóföldi művelés.

A változatosság, azaz a „biodiverzitás” napjainkban kulcsfontosságú (BÍRÓ, 2021). Az agrárerdészet fontos következménye a biodiverzitás gazdagodása. A nagyüzemi táblákon beszűkült a károsítók természetes ellenségeinek élőhelye (Keserű, 2014). Az agrárerdészeti rendszerekben a beporzó rovaroktól a kis emlősökön keresztül a madarakig több állatfaj is megfelelő élő-, rejtőzködési- és szaporodási helyet talál.

Agrárerdészetben általában egészségesebb termékeket állítanak elő, mert kevesebb vegyszert használnak, vagy eleve az ökológikus termelést választják.

A válaszadók a környezetbarát, a vegyszermentes és a természetközeli kérdésekre az agrárerdészetből származó termékekre sokkal magasabb pontszámot adtak, mint a hagyományos körülmények közt előállítottakra (1. táblázat). A minőséggel kapcsolatos kérdésekben is számottevő pontszám-különbség volt az agrárerdészet javára, de kisebb, mint az előző három esetében. Emellett egészségesebbnek is tartják az agrárerdészeti termékeket.

Fenntarthatóság

Az agrárerdészetnek fontos szerepe van a gazdaságilag, társadalmilag és környezetileg fenntartható vidékfejlesztésben és ennek segítésében (LEAKEY, 2010). Élhetőbb munkakörnyezetet teremt a benne dolgozóknak, és örömforrás a gazdának, akinek büszkesége lesz egy ilyen, szakmai kihívásokkal teli, összetett rendszert működtetni.

A globális felmelegedés miatti szélsőséges időjárás, a fagy, a hőség, a szárazság, az árvizek, a belvizek gyakoribb előfordulása kedvezőtlenül befolyásolja a termést. A fák részben csökkenteni képesek ezeket a negatív hatásokat. A mikroklímát megváltoztatják, árnyékolják a földet és emiatt sokkal kevesebb vizet veszít a feltalaj. Jobban megfogják az esővizet, csökken a párolgás, javul a vízgazdálkodás, kisebb az erózió esélye, valamint csökkenti a szél erejét (KISS-SZIGETI ÉS VITYI, 2017).

A rendszer ráadásul kevesebb fosszilis energia felhasználásával működik. Az erdős területek a CO₂ megkötésben is fontos szerepet töltenek be (fotoszintézis), és ezzel csökken a mezőgazdaság karbon lábnyoma.

A felmérés eredményei azt mutatják, hogy a fogyasztók a konvencionális termeléssel összehasonlítva, az agrárerdészeti termelést komplexitásában, multifunkciós mibenlétében, valamint többes hasznóvétel szempontjából is magasabb értékekkel jellemezték.

Következtetések

Az agrárerdészet egy alig ismert, kevés tapasztalattal rendelkező termelési forma. Sokféleképpen megvalósítható, amelyek közül a helyi tényezők ismerete alapján lehet előzetes terveket készíteni, majd döntést hozni. Mint minden termelés esetében, itt is a termék jó áron történő értékesítése a végső cél. Ehhez célzott marketingkommunikációs tevékenységre van szükség. Minden termék esetében be kell mutatni, hogy honnan származik, természetes körülmények között állították elő, illetve milyen előnyei vannak a konvencionális termékekkel szemben.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kiterjesztési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

AGFORWARD [HTTPS://WWW.AGFORWARD.EU/INDEX.PHP/HU/](https://www.agforward.eu/index.php/hu/)

- BÍRÓ B. 2021. A klímaváltozás kivédésének egyik eszköze a szénmegkötés fokozása a talajban. Milyen lehetőségek állnak rendelkezésre? *Agronapló*, 6, 23-25.
- FAO, 2010. *Global Forest Resources Assessment, Main report*, FAO Forestry Paper, Rome
- KESERŰ ZS. 2014. Agrárerdészet Magyarországon. *Erdészeti Lapok*, CXLIX., 2, 49-50.
- KISS-SZIGETI N., VITYI A. 2017. Amit az agrárerdészetéről tudni érdemes. *Őstermelő*, 2017. 09. 28.
- KOVÁCS K., VITYI A., SZALAY D. 2019. Az agrárerdészet szerepe az erdőfelújításban és a növekvő faanyagigény kielégítésében. *Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok*, XIV., 2, 59–63.
- LEAKEY R.R.B. 2010. Agroforestry: A delivery mechanism for multi-functional agriculture. In *Handbook on Agroforestry: Management Practices and Environmental Impact*, 461-471, Ed. Lawrence R. Kellimore, Nova Science Publishers. Environmental Science, Engineering and Technology Series, ISBN: 978-1-60876-359-7. 2010 Nova Science Publishers, Inc.
- MAUL K, NAGY M., OLSOVSKYNÉ NÉMEDI A. 2020. Who is interested in buying agroforestry products? In: Koponicsné Györke D., Barna R. (eds) *Proceedings of the International Conference on Sustainable Economy and Agriculture*. Kaposvár, Hungary: Kaposvár University, Faculty of Economic Science, 449-455.
- SZERB B., HORVÁTH J., SZENTE V. 2020. Consumer perception of Hungarian agroforestry products – results of a Q-methodology attitude research study. *Studies in Agricultural Economics*, 122
- VITYI A. 2014. Első Magyar Agrárerdészeti Fórum. A mezőgazdasági kultúrák és a fás vegetációk társítása a fókuszban. *Erdészeti Lapok* CXLIX., 12, 405-406.
- VITYI A., KISS-SZIGETI N., KOVÁCS K. 2019. Az agrárerdészet magyarországi helyzete. *Kutatások a 210 éves Erdőmérnöki karon*, Sopron
- SZENDRŐ, K., PINTÉR, A., SZIGETI, O. 2020. Branding Opportunities for Agro-forestry Products. In: Koponicsné, Györke D., Barna, R. (ed.): *Proceedings of the International Conference on Sustainable Economy and Agriculture*. Kaposvár University, Faculty of Economic Science, Kaposvár, 187-190.

A FÁS LEGELŐS RENDSZEREK JELLEMZŐI ÉS ELŐNYEI – 1. RÉSZ: SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

BÉRCES BENCE

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

bersesben@gmail.com

Mi az agrárerdészet?

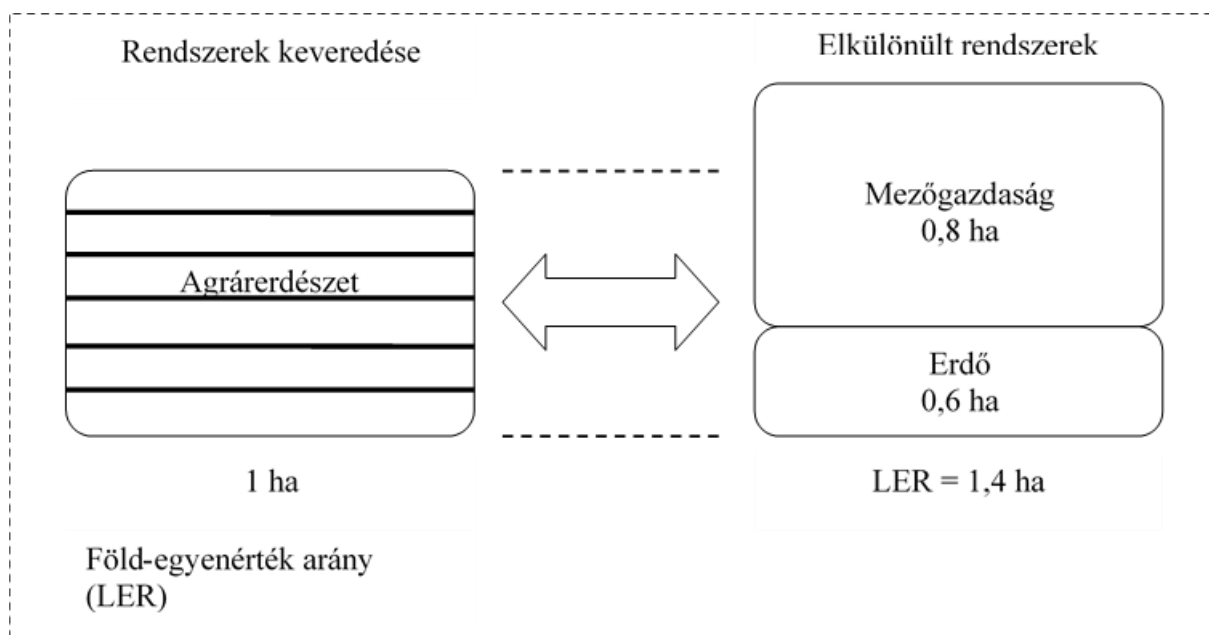
Az agrárerdészet nem más, mint fák harmonikus együtt-termesztése egy vagy több mezőgazdasági kultúrával, kiegészítve esetleg más területhasználati módokkal, mely célja többek között egy jövedelmező gazdálkodás kialakítása. Az agrárerdészet olyan földhasználati forma, melyben különböző mezőgazdasági ágazatok kombinációja valósul meg fás szárú növények (fák és cserjék) termesztésével, adott helyen, egyidejűleg. Gazdasági előny kihasználása a cél, a tudatosan tervezett együttes gazdálkodás s az interakciókon alapuló ökológiai kölcsönhatások révén.

Az agrárerdészeti rendszerekben tehát egy időben és azonos földhasználati egységen belül több területhasználati módot ötvöznek (pl. fatermesztés, mezőgazdasági növénytermesztés és állattenyésztés), ezáltal megvalósítva a területek többcélú hasznosítását.

Az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezete által készített tanulmány szerint a fák és cserjék tudatos integrálása a mezőgazdasági termesztési rendszerekbe hozzájárulhat a sérülékeny mezőgazdaság klímaváltozáshoz való alkalmazkodásához, az általa okozott negatív hatások mérsékléséhez és az élelmiszerbiztonsághoz, ami a Fenntartható Fejlődési Célok között szerepel.

Az agrárerdészeti rendszerek keretei között a fásítás, a természetes növényzet, a természetett haszonnövények, valamint a haszonállatok egymással szoros kölcsönhatásban álló együttese tartamosan hatékony gazdálkodási formát biztosíthat. Az agrárerdészeti rendszerek emellett környezet- és természetvédelmi szempontból is fontos szerepet tölthetnek be például a szénmegkötés, a víz- és talajvédelem, a biológiai sokféleség megőrzése terén, valamint a turisztikai lehetőségeket is befolyásoló tájképi változatosság biztosítása révén.

A produkció, termelés tekintetében a hagyományosnak tekinthető módszerek keresztezésével létrehozható rendszerek összehasonlítását az egyoldalú gazdálkodási típusokkal egy erre a célra szolgáló speciális arányszámmal tehetjük meg. Ez a föld-egyenérték arány (Land Equivalent Ratio - LER), mellyel megállapítható az agrárerdészeti rendszer hozzávetőleges terület kihasználtsága (1. ábra). A köztes rendszer 1 hektárnyi területére eső produktumát hasonlíjtja össze az azonos biomassza kategóriába tartozó monokultúrák fajlagos hozamával.

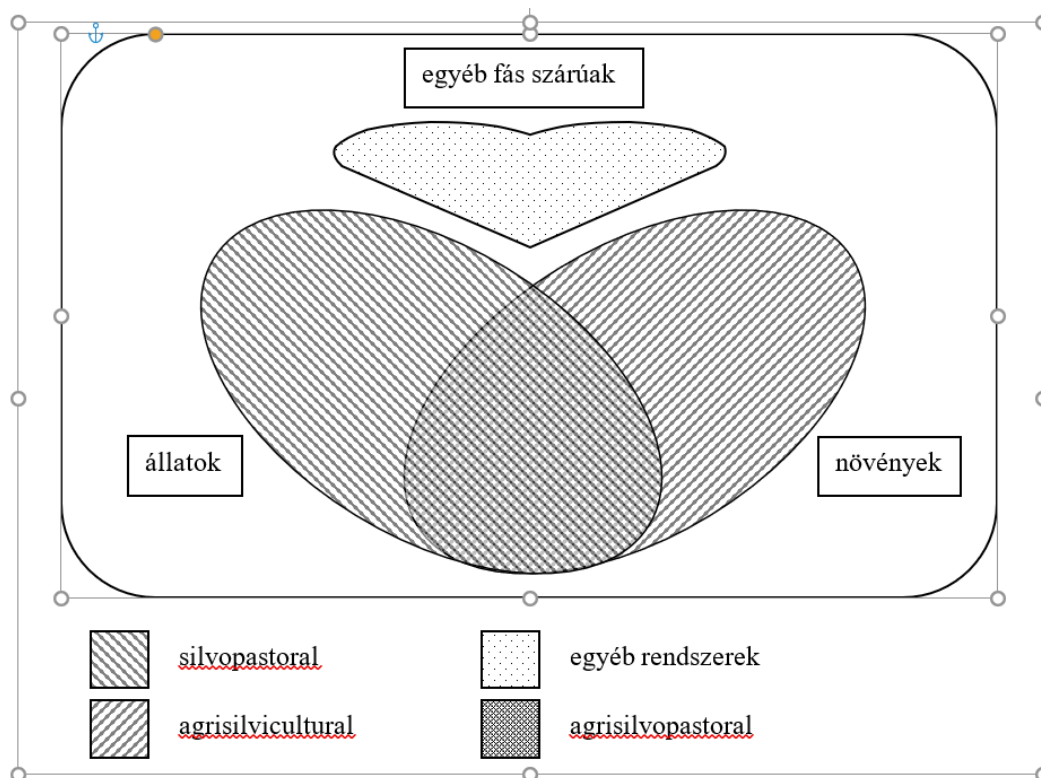


1. ábra Föld-egyenérték arány az agrárerdészetben

Forrás: saját szerkesztés a NAK kiadványa alapján (Szalay & Dósa, 2018)

Az agrárerdészeti rendszerek három alapvető elemekből vagy komponensből állhatnak, ezek: a fák vagy fás szárú cserjék, a növényzet (szántóföldi növénykultúrák) és az állatok. Ahhoz, hogy agrárerdészeti rendszerről beszélhessünk, a fa komponens feltétlenül szükséges. A három komponens variációi alapján - figyelembe véve a fa komponens szükséges jelenlétét - négy kategóriába sorolhatjuk az agrárerdészeti rendszereket: többfajú fás rendszer (és/vagy egyéb rendszerek); fák s növények rendszere (agrosilvicultural); fák s állatok rendszere (silvopastoral); s a három komponens egyidejű ötvözése (agrosilvopastoral) (lásd: 2. ábra).

Ahogy fentebb említve van, léteznek más agrárerdészeti rendszerek, például többcélú erdősávok (amik gazdaságilag és ökológiailag kapcsolódik más földhasználati komponensez, s ezért számítanak agrárerdészeti rendszereknek), méhészet fás kultúrákban, vagy fák és cserjék integrálása a hal termék orientált tógazdaságba (nevezhetnénk aquasilviculture-nak?), amik nem esnek bele a Nair által lehatárolt 3 fő kategóriába, kerülnek a más- vagy egyéb agrárerdészeti rendszerek kategóriájába.



2. ábra Agrárerdészeti rendszerek csoportosítása komponenseik alapján
 Forrás: saját szerkesztés Nair alapján (Nair, 1993)

Az agrárerdészeti rendszerek típusai Európában előforduló példái mentén még tovább bonthatjuk a kategorizálást, bővítve többek között a mezővédő erdősávokkal. Ez a módszer csak lazább kapcsolatban áll a növényekkel vagy állatokkal, de azok életkörülményére kihat, sőt, javítja őket. Emellett, az erdőgazdálkodáson belül, erdős területen termesztett gyógy- és/vagy dísnövények, gombák termesztése is ide sorolható.

Szántó és fák együttese	Széles térállásban elhelyezett fák, alattuk szántóföldi kultúrák
Erdőgazdálkodás	Erdős területeken termő növények gyógyászati, díszítő vagy étkezési célra
Pufferzónák, mezővédő erdősávok	Erdősávok érzékeny természeti területeken, vagy táblák között
Fás ugar	Erős növekedési erélyű fajok ültetése a talajtermékenység javítása miatt
Szórványgyümölcsösök	Gyümölcstermő fák és szántó, vagy legelő kombinációja
Fás legelők	Fák és legeltető állattenyésztés kombinációja

2. táblázat Európában jellemző agrárerdészeti típusok. Forrás: saját szerkesztés Erdészeti Lapok alapján

A fás legelők (silvopastoral rendszerek) jellemzői

Fás legelők, mint hagyományos gazdálkodási mód, Magyarországon is régóta létező, hagyományos agrárerdészeti rendszer. A fás legelő nem más, mint fákkal tarkított legelő, vagy kaszált rét, ahol a fák szabályos hálózatban, vagy elszórtan állnak. Gépi kaszálás esetén a szabályos hálózatban telepített fák megfelelőbb körülményt teremtenek a gazdálkodásra. Egy

fás legelőnek többféle előnye lehet a fátlan legelővel, kaszálóval szemben. A száraz, meleg vagy szeles időben kedvezőbb mikroklímát, vagyis kedvezőbb körülményeket teremt a növényzetnek és az állatnak. Gyümölcsöt, faanyagot, takarmányt szolgáltat. Madarak, denevérek és rovarok sokaságával növeli a táj fajgazdagságát. A fák gyökerei javítják a talaj szerkezetét, és növelik a szervesanyagtartalmát. Megkötik a klímaváltozást felgyorsító CO₂-t a levegőből. A forró nyári időszakban a fák árnyéka biztosít nyugalmat és jobb közérzetet a legelő állatoknak, ami a fejlődésükre is kihat. Nem kell annyi energiát fordítaniuk a hőháztartásra (ZAMOZNY & BÖHM, 2018).

Vannak fafajok, melyek kifejezetten kedveltek a legelő jószágok körében, míg más fák levelét, kérget kevésbé fogyasztják. A fának lehet kifejezetten takarmányozási célja is. Az egyik legősibb takarmányfa a Fehér eperfa (*Morus Alba*), melyet a selyemhernyó táplálására termesztettek. Egy vietnámi kutatás szerint az eperfa friss lombja nagyobb tápértékkel bír, mint a trópusi füvek. Magas fehérjetartalma miatt a tejlő állatok fontos kiegészítő takarmánya lehet.

A gyümölcsültetvényeken a fák közötti területet tárcsázzák, kaszálják, vagy gyom irtózzák. Ez kb. 20-30% közvetlen hasznot nem hozó hasznosítatlan terület. Az agrárerdészet megoldása erre: állatok legeltetése a gyümölcsösben, így a sorközöknek közvetlen haszna van, az állatok táplálása révén. Másik megoldás, hogy tágabb hálózattal már egy másik növényt is természetünk a sorközökben. Így lecsökkentjük a hasznosítatlan terület nagyságát, nagyobb bevételt érhetünk el, ugyanakkor számolnunk kell a felmerülő többletmunkával és költségekkel. Természetesen ez nem minden gyümölcsösben ajánlott és megfelelő védelem hiányában az állatok komoly károkat is okozhatnak (ZAMOZNY & BÖHM, 2018).

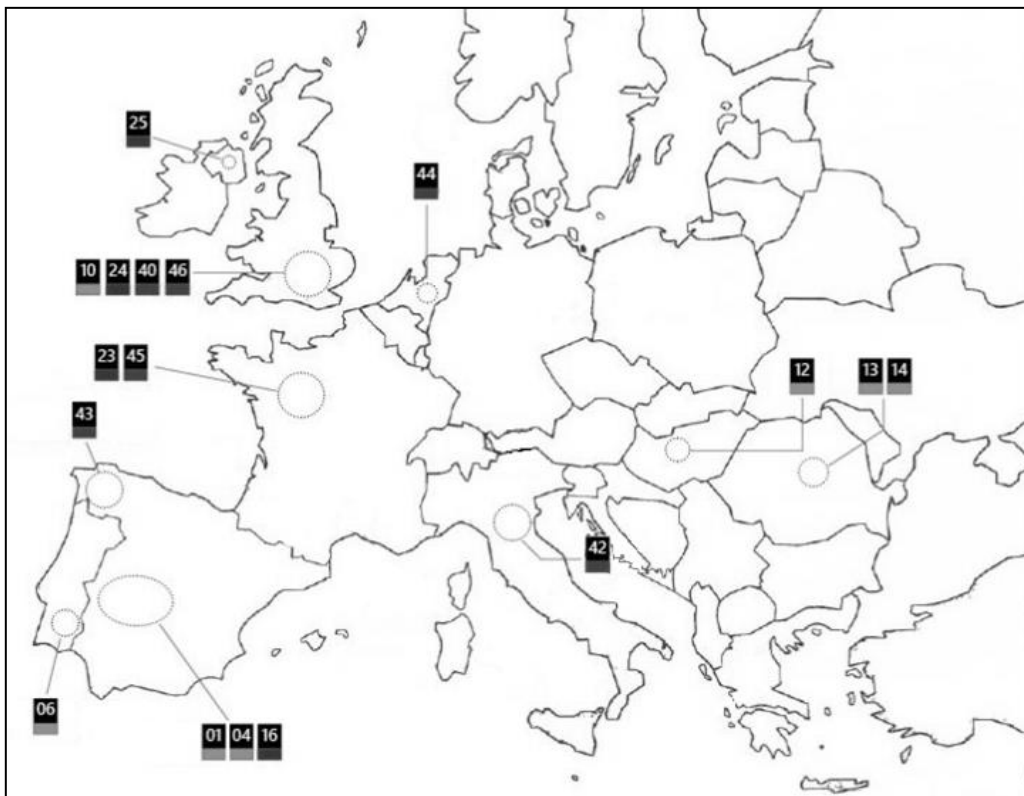
A komoly hazai hagyományai vannak a legeltetett állattartásnak, ám napjainkra jelentősen háttérbe szorult. A fás legelők – elsősorban kérődzőkkel történő – hasznosítása azonban ma is fellelhető. Varga és Bölöni (2009) rámutatnak, hogy ez a tájhasználati forma is jelentősen visszaszorult: a többségében felhagyott fás legelők és legelőerdők teljes hazai kiterjedése mindössze 5500 hektár. Ennek a területnek majdnem fele (2500 ha) a Dél-Dunántúlon található. Kisebb mennyiségű fás legelő lelhető még fel a Dunántúli-középhegységben (1300 ha), Északi-középhegységben (500 ha), az Alföld észak-keleti részén (400 ha) és a Kisalföldön (250 ha). Ez a tájhasználati örökség jó alapot adhat a fás legelők nagyobb mértékű elterjedéséhez (SZERB ET AL, 2019).

Európai és Észak-Amerikai példák bizonyítják, hogy az ilyen típusú, ún. silvopasture rendszerek jelentős környezetvédelmi szolgáltatások mellett (BRANN, 1988; SHRESTHA–ALAVALAPATI, 2004) komoly gazdasági-társadalmi előnyöket is nyújtanak (ESCRIBANO ET AL., 2015; GASPARET AL., 2007; GASPARET AL., 2016). A legeltetési állattartás egy igen jelentős részét képezi számos fejlődő ország mezőgazdaságának. Például Nyugat-Afrika Szudán-Száhel-övezet országainak GDP-jének 30-40 százalékát teszi ki az állattartás. India, a 182 milliós marha-, és 61 milliós bivaly-állományával rendre a világ marha- és bivaly-számának 15, illetve 50 százalékát birtokolja. Az ilyen legeltetett állatok fenntartása a rendelkezésre álló fás szárú vegetációk kihasználásával, nomád legeltetéssel (elsősorban afrikai és egyes ázsiai országokban), vagy az intenzívebb ültetvények legeltetésével is jobb területi kihasználtságot jelent (NAIR, 1993).

A Silvopastoral agrárerdészeti rendszer előnyei

Az AGFORWARD (AGroFORestry that Will Advance Rural Development) közzétett, gyakorlatból vett tanulmányai közül azokra a cikkekre alapozva, melyek silvopastoral agrárerdészeti rendszerek példáit sorakoztatják fel, összegyűjtöttük azokat a potenciális előnyöket, melyek előnyös hatással bírnak a fás legelők három legfontosabb szereplője számára; a fás vegetációk-, az állati szereplők- s az ember (vagyis a gazda/termelő/vállalkozó).

Az ilyen potenciális előnyöket külön oszlopokba csoportosítottuk a 2. táblázatban. Az első oszlopban található az AGFORWARD (Innovation Leaflet) cikk sorszáma, majd a gyakorlat neve – a név alatt a cikk szerzői - ezt követi a gyakorlat alkalmazásával elérhető előny, s végül a hatás, mely ezt a gyakorlatot kísérve hatást fejt ki a három fő szereplőre (fák, állatok és a gazda) (INNOVATION LEAFLETS - AGFORWARD, 2020).



15. ábra Kielemezett Agforward cikkek által vizsgált gazdaságok elhelyezkedése Európában
Forrás: módosított képfájl Agforward webhelyéről (Innovation Leaflets - Agforward, 2020)

A 2. táblázatban, tételesen összegyűjtött és tömören leírt 17 vizsgált fás legeltetésre alapozott cikk szinte mindegyike rámutat arra a tényre, hogy a fás területeken folytatott legeltetés jobb terület-kihasználtságot jelent, ami tekinthető a gazdaság számára megtakarításnak is. Ilyen megtakarításnak tekinthető, ha a területen legeltetett állomány számára szükséges takarmányozási igényt részben – vagy egészében – kiváltja ez a gyakorlat (Agf. 1, 23, 40, 43, 44, 45). Nem elhanyagolható szempont, hogy az állati trágya is jó hatással van a faállomány gyarapodására (Agf. 14, 24, 40).

Agf	gyakorlat	előny	fák	állat	gazda
1	hüvelyesekben gazdag fás legelők (Hernandez-Esteban & Moreno, 2017)	közel 3-szoros hozam növekedés a legeltető részéről N megkötés a talajban	- -	protein bevitel duplázódik -	takarmány költség-, tápanyag utánpótlás költség csökken N műtrágya költség csökken
4	fa-újra ültetés a fás legelőkön, védve a csemetéket az állatokkal szemben (Caceres, Puldio, & Gerardo, 2017)	fa-állomány megújulása biztosított	fa-állomány előregedése- kipusztulásának megelőzése	-	-
6	Fás legelők használata (Palma, Oliveria, Gerardo, Crous Duran, & Amaral Paulo, 2017)	enyhébb mikroklíma a lombok alatt mérsékeli a párolgást	-	kevesebb hő sokk	nő az éven belüli legeltetett napok száma
10	"láthatatlan bekerítés"; GPS nyomkövetőkkel (Burgess, és mtsai., 2017)	rugalmas kijelölt legelő módosítás GPS nyomkövetés	megújulást elősegíti -	- -	a fizikai bekerítés terétől megszabadul állomány nyomon követése egyszerűbb
12	fás legelők helyreállítása cserjeirtással (Varga, 2017)	új legeltethető területek válnak elérhetővé	-	-	új legelők elérése
13	nagy, idős fák védelme a fás legelőkön (Hartel, Agforward, 2017)	öko- és kultúr turizmus helyi termék brand-építése biodiverzitás és genetika megőrzés	- - a fák számára	- - -	- magasabb hozzáadott érték -
14	gyér fás legelők cserjékkel (Hartel, Agforward, 2017)	biodiverzitás értékének növelése elszórt felnőtt fák és cserjék nem vesznek el sok teret a legelő állatoktól a természetes önmegújulást elősegítik a cserjés szórványok	- - megújulást elősegíti	- - -	- nem szükséges a kompromisszum akár megspórolt beruházásnak is tekinthető

Agf	gyakorlat	előny	fák	állat	gazda
16	juh legeltetés diófák alatt, bevetve hüvelyesekkel (Moreno, 2017)	vágásra telepített dió ültetvény esetén rövid- és hosszú távú eredménnyel jár	fiatal csemeték védettek az árvakeléssel szemben; több tápanyag (N)	hozam minősége nő	összetettebb, jobb minőségű hozam
23	juh legeltetett almaültetvény (Corroyer, 2017)	legelés eltünteti a lehullott leveleket/gyümölcsöket, megelőzi a gyeperővését	hullott levél/gyümölcsben lévő kártevők száma csökken	gazdagabb táplálék forrás	hozam veszteség a gyümölcsből, de tágabb hozam struktúra
		juhok csökkentik a mezei egér populációt	kevesebb kártevő	-	több hozam
24	juh legeltetett almaültetvény (Burgess, és mtsai., 2017)	N újrahasznosítást elősegít	több tápanyag	-	kevesebb műtrágya igény
25	juh legeltetett almaültetvény - veszélyei nem megfelelő almafajoknál (McAdam, 2017)	-	alacsony ágakat/bimbókat megrongálják az állatok	-	termés veszteség (akár 50%-os)
40	változatos gyeperő a fás-szárnyaslegeltetéshez (silvopoultry) (Westaway, 2017)	gazdagabb táplálék a szárnyasoknak (növény-s közvetve- rovarok formájában)	erózió-védelem; gyomok háttérbe szorítása	gazdagabb táplálék forrás	kevesebb takarmány igény
42	konda és nyárfá ültetvény (Bondesan, 2017)	sűrűn növő fák hatékonyan kötik meg a trágyát	intenzívebb növekedés	árnyék miatti mérsékelt klíma	több fa hozam
		állat-barát környezet plusz értéket képviselhet a fogyasztói piacon	-	-	magasabb hozzáadott érték
43	faeper legeltetéshez (Mosquera-Losada, Fernandez-Lorenzo, Rigueiro-Rodríguez, & Ferreiro-Dominguez, 2017)	magas biomassa hozam; takarmány-pótló a nyárvégi időkben (terület-függő)	konkurens nyomok eltávolítása	magas protein forrás	szén-dioxid csökkenése
44	takarmány-fák ültetése a tejelő legelőkön a mikro tápanyagok miatt (Luske, Altinmazis, & Roelen, 2017)	árnyék - állatjólét (plusz értéket képviselhet a fogyasztói piacon)	-	jólét	magasabb hozzáadott érték
		fűzfa tápanyagai	-	hasznos mikro tápanyagok	kevesebb takarmány igény
		szénmegkötés	-	-	szén-dioxid csökkenése

Agf	gyakorlat	előny	fák	állat	gazda
45	takarmány-fák ültetése a tejelő legelőkön (Novak, 2017)	tápanyagot biztosít a "nehezebb időszakokban"	-	nyár végén/ősszel is elérhető a tápanyag legeltetéssel	kevesebb takarmány igény
		mélyre nyúló gyökerek több vizet és tápanyagot kötnek meg, hoznak így a felszínre	-	gazdagabb táplálék forrás	kevesebb műtrágya igény
46	organikus legeltetés és bioenergia termelés kombinálása (Smith J. , 2017)	a gazda számára egy önálló rendszer, ami kevés irányítást igényel	-	fedél/árnyék	több forrású bevétel

3. táblázat Silvopastoral előny-mátrix

Forrás: saját szerkesztés az Agforward cikkei alapján (Innovation Leaflets - Agforward, 2020)

A megtakarítások mellett magasabb hozamot is realizálhattak egyes gyakorlat alkalmazása mellett a gazdák a vizsgált cikkek példáján (Agf. 16, 23, 42, 46), sőt, magasabb hozzáadott értéket is képviselhet a fás legelőkön való állattartás, különösen, ha a létrejövő produktumban megjelenik az, hogy honnan is származik maga a termék (Agf. 13, 42, 44) – emellett a megjelölt cikkekben szerepel az állatjólét, mint képviselt plusz érték is. Az állatok számára a kedvezőbb mikroklíma, védelem a hősokktól szintén fontos plusz szolgáltatásnak tekinthető, amit ilyen rendszer fenntartásával értek el a gazdák.

Érdeemes megfigyelni, hogy a juhokkal foglalkozó esettanulmányok nagy hangsúlyt fektettek arra, hogy a kaszálás szükségessége gyakorlatilag megszűnt (Agf. 16, 23, 24, 25), illetve a tejelő állományokat bemutató cikkek (Agf. 44, 45, 46) hatékonyabb, jövedelmezőbb rendszert mutattak be. Ezzel szemben a fákat, illetve legelőt helyreállító kísérletek (Agf. 1, 4, 6, 12, 14) nem járultak közvetlen gazdasági haszonnal.

Az elemzett gyakorlatokhoz szükség volt beruházásokra, de a legtöbb gazdaság rendelkezett a fás legelő két legfontosabb eleme közül legalább az egyikkel: legeltetett állomány vagy fás terület. A rendelkezésre álló állomány, illetve a terület mértéke arányos a szükséges beruházások mértékével, s a karbantartási szükségletekkel is – gondoljunk az állatvásárlásra, vagy a bekerítésre, esetenként a fatelepítésre.

Néhány cikk bemutatta az előforduló veszélyeket is, ami leggyakrabban a rosszul megválasztott fa- és állatfajok társítása révén fordulhat elő. Az Agf. 25 cikkben az alacsonyan növekvő almafa állományt rongálta meg az ott legeltetett juhállomány.

Agrárerdészeti rendszerek létrehozásának támogatása

A Magyar Állam és az Európai Unió 2014 és 2020 között futó programtervezete, a Széchenyi 2020 Program, első pontjai között szerepel a mezőgazdaság és vidék fejlesztése. A Széchenyi 2020 operatív programjai között van a Vidékfejlesztési Program, amin keretén belül az Agrárerdészeti rendszerek létrehozása c. felhíváson keresztül támogatták többek között a fás legelők létrehozását, fenntartását és megvalósítását. Bővebben (a felhívás 3.1.1.1 B. pontja) gyepgazdálkodással kombinált fás legelő vagy fás kaszáló újonnan történő létrehozása vagy

gyep és fa telepítésével, avagy meglévő gyep esetében fatelepítéssel. Érdemes megemlíteni, hogy a mezővédő fásítás létrehozása (a felhívás 3.1.1.1 C. pontja) fasor, avagy facsoport telepítéssel is támogatható volt. (Agrárminisztérium, 2019)

(B) Gyepgazdálkodással kombinált fás legelők támogatásának feltételei **(C) Mezővédő fásítás támogatásának feltételei**

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Terület min. 0,3 ha• legalább 150 db, legfeljebb 250 db fa lehet a területen /ha• 5 évig támogatható a fásítás ápolása• szántó/rét/legelő művelési ágon nyilvántartott terület | <ul style="list-style-type: none">• Terület min. 1 ha<ul style="list-style-type: none">○ fasor esetén 15-20 m széles, két oldalán 1-1 m cserjesávval○ facsoport esetén 0,1-1,5 ha kiterjedésű két oldalán 1-1 m cserjesávval• 5 évig támogatható a fásítás ápolása• rét/legelő művelési ágon nyilvántartott terület |
|---|--|

3. táblázat Agrárerdészeti támogatás igénybevételeinek feltételei

Forrás: saját szerkesztés a NAK kiadványa alapján (SZALAY & DÓSA, 2018)

Továbbá a támogatást igénylő köteles a gyeptelepítés esetén legalább négy fajból – amiből egy pillangós – álló fűmagkeveréket alkalmazni, a fásítás esetében pedig igazolt származású szaporítóanyaggal elvégezni azt (AGRÁRMINISZTERIUM, 2019).

A motivációról pár szóban

A klasszikus közgazdaságtani iskola - főáramú közgazdaságtan - alapfeltételezése az, hogy az emberek homo oeconomicus-ként racionálisan viselkednek, vagyis maximalizálják a hasznosságukat, minimalizálják erőfeszítéseiket (MUZSLAY, 1995). De vajon a környezettudatosnak nevezhető gazdálkodási forma – mint a fás legeltetés – racionális és profitmaximalizáló tevékenység lenne? A pármiai egyetem munkatársai 2013-ban a fenntartható gazdálkodással kapcsolatban kérdeztek meg 73 olasz farmert, akik 73%-ban egyet értettek azzal, hogy a fenntartható gazdálkodás jó hatással van a környezet minőségére, viszont kevesebb, mint a megkérdezettek fele értett egyet azzal, hogy ez jövedelem növeléssel járhat. Ezzel szemben több, mint két harmaduk gondolja úgy, hogy a fenntartható gazdálkodás növeli az életminőséget (MENOZZI ET AL., 2014).

Egyre több tudományos műhely dolgozik a magatartás-gazdaságtani ismereteink kitágításán, hogy jobban megértsük az gazdasági szereplők viselkedését. Bruno Frey, - aki a Zurichi Egyetem közgazdász professzoraként - magatartás-gazdaságtannal foglalkozik - azt állítja, hogy túl kell lépnünk a homo oeconomicus ideálján. Ő egy kicsit más irányba indulna el, a homo oeconomicus maturus, vagyis az érett gazdálkodó ember felé. „Ez az ember - mondja Frey - sokkal érettebb elődjénél, abban az értelemben, hogy sokkal kifinomultabb a motivációs struktúrája.” Más szóval, ahhoz, hogy teljesen megértsük az ember gazdasági viselkedését, el kell sajátítanunk egy új teóriát. Ahogy Frey írja, „... minden gazdasági tevékenységben nagy jelentőséggel bír a belső motiváció. Elképzelhetetlen, hogy az embereket kizárólag vagy legalábbis nagyrészt külső ösztönzők motiválják...” (PINK, 2010).

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel!– Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- AGRÁRMINISZTERIUM. (2019. 04 04). Agrár-erdészeti rendszerek létrehozása. VP5-8.2.1-16. számú pályázati felhívás, Széchenyi 2020 program. Magyarország Kormánya.
- BONDESAN, V. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Pigs and poplars: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/42_Pigs_and_poplars.pdf
- BOROVICS, A., SOMOGYI, N., HONFY, V., KESERŐ, Z., & GYURICZA, C. (2017. 06). Agrárerdészet, a klímatudatos, természetközeli termelési mód. Erdészeti Lapok, 152. évf. 6. sz., old.: 178-182.
- BRANN, G. (1988). Farm scale agroforestry in the eastern Bay of Plenty. Bulletin 139, 45-52. Rotorua, New Zealand: McLaren P (Ed) Agroforestry Symposium Proceeding Forest Research Industry.
- BURGESS, P., CHINERY, F., ERIKSSON, G., PERSHANGEN, E., PÉREZ-CASENAVE, C., & GIANNITSOPOULOS, M. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Invisible fencing in wood pasture: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/10_Invisible_fencing_in_wood_pasture.pdf
- BURGESS, P., CHINERY, F., ERIKSSON, G., PERSHANGEN, E., PÉREZ-CASENAVE, C., & GIANNITSOPOULOS, M. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Economic benefits of grazed apple orchards in England: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/24_Economic_benefits_of_grazed_apple_orchards_in_England.pdf
- CACERES, Y., PULDIO, F., & GERARDO, M. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Tree regeneration in grazed wood pastures: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/04_Tree_regeneration_in_grazed_wood_pastures.pdf
- CORROYER, N. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Apple orchards grazed in France: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/23_Apple_orchards_grazed_in_France.pdf
- ESCRIBANO, A., ESCRIBANO, M., GASPAS, P., & MESIAS, F. (2015). The contribution of organic livestock to sustainable rural development in sensitive areas. International Journal of research Studies in Agricultural Sciences, 1. évf. 1.sz. 21-34. o.
- GASPAS, P., ESCRIBANO, M., & MESIAS, F. (2016). A qualitative approach to study social perceptions and public policies in dehesa agroforestry systems. Land Use Policy, 58. évf. 427-436. o. doi:10.1016/j.landusepol.2016.06.040
- GASPAS, P., MESIAS, F., ESCRIBANO, M., & RODRIGUES DE LEDESMA, A. (2007). Economic and management characterization of dehesa farm: implications for their sustainability. Agroforestry Systems, 71. évf. 3. sz. 151-162. o.
- GYURICZA, C., & BOROVICS, A. (2018). Agrárerdészet. Gödöllő: NAIK. ISBN: 978-615-5748-05-9.
- HARTEL, T. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Protecting large old trees in wood pastures: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/13_Protecting_large_old_trees_in_wood_pastures.pdf
- HARTEL, T. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Grazing and biodiversity in Transylvanian wood pastures: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/14_Grazing_and_biodiversity_in_Transylvanian_wood_pastures.pdf

- HERNANDEZ-ESTEBAN, A., & MORENO, G. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Establishing pastures rich in legumes: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/01_Establishing_pastures_rich_in_legumes.pdf
- INNOVATION LEAFLETS - AGFORWARD. (2020). Forrás: AGFORWARD: <https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html>
- LUSKE, B., ALTINALMAZIS, A., & ROELEN, S. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Fodder trees for micronutrient supply in grass based dairy systems: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/44_Fodder_trees_for_micronutrient_supply_in_grass_based_dairy_systems.pdf
- MCADAM, J. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Key challenges of orchard grazing: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/25_Key_challenges_of_orchard_grazing.pdf
- MENOZZI, D., FIORAVANZI, M., & DONATI, M. (2014). Farmer's motivation to adopt sustainable agricultural practices. *Bio-based and Applied Economics*, IV: évf. 2. sz., 125-147.
- MORENO, G. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Grazing sheep under walnut trees: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/16_Grazing_sheep_under_walnut_trees.pdf
- MOSQUERA-LOSADA, M. R., FERNANDEZ-LORENZO, J. L., RIGUEIRO-RODRIGUEZ, A., & FERREIRO-DOMINGUEZ, N. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Mulberry *Morus* spp for livestock feeding: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/43_Mulberry_Morus_spp_for_livestock_feeding.pdf
- MUZSLAY, I. (1995). *Gazdaság és erkölcs*. Budapest: Márton Áron. ISBN: 963-7947-50-7.
- NAIR, P. R. (1993). *An Introduction to Agroforestry*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. ISBN: 978-0-7923-2134-7.
- NOVAK, S. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Fodder trees on dairy farms: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/45_Fodder_trees_on_dairy_farms.pdf
- PALMA, J. H., OLIVERIA, T. S., GERARDO, M., CROUS DURAN, J., & AMARAL PAULO, J. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Modelling livestock carrying capacity in montados: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/06_Modelling_livestock_carrying_capacity_in_montados.pdf
- PINK, D. H. (2010). *Motiváció 3.0*. Budapest: HVG Kiadó Zrt. ISBN: 9789633040201.
- SHRESTRA, R., & ALAVALAPATI, J. (2004). Valuing environmental benefits of silvopasture practice: a case study of the Lake Okeechobee watershed in Florida. *Ecological Economics*, 49. 349-359. o.
- SMITH, J. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Combining organic livestock and bioenergy production: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/46_Combining_organic_livestock_and_bioenergy_production.pdf
- SZALAY, K., & DÓSA, I. (2018). *Agrárerdészet - A többcélú mezőgazdasági területhasználat*. Budapest: Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (NAK).
- SZERB, B., SZERB, A., & CSONKA, A. (2019). Globális mezőgazdasági felelősségvállalás: agrárerdészeti rendszerek szerepe a fenntartható élelmiszer-termelésben. (Z. Gál, & A. Ricz, szerk.) pp. 187-200. 14 p.
- TEXANER. (2020. 02. 03). Wikipédia Commons. Forrás: Wikipedia: https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Somogy_location_map.jpg
- VARGA, A. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Restoration of abandoned wood pasture: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/12_Restoration_of_abandoned_wood_pasture.pdf
- VARGA, A., & BÖLÖNI, J. (2009). Erdei legeltetés, fás legelők, legelőerdők tájtörténete. *Természetvédelmi Közlemények*, 15. évf. 68-69. o.

- VÖRÖS, E. (2020). Agrárerdészet - Előnyök a gazdálkodók szemszögéből. 38-39. o. Kaposvár: Szent István Egyetem Kaposvári Campus, Gazdaságtudományi Kar.
- WESTAWAY, S. (2017. 11). Agforward. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Silvopoultry establishing a sward under the trees: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/40_Silvopoultry_establishing_a_sward_under_the_trees.pdf
- ZAMOZNY, G., & BÖHM, C. (2019. 04). Agrárerdészet: gazdálkodás a természettel együttműködve. Mezőhír, old.: XXIII. évf. 4. sz. 70-72 o. Letöltés dátuma: 2020. 03, forrás: Mezőhír: [HTTPS://MEZOHIR.HU/HIR/AGRARERDESZETI-ISMERETEK#Mi%C3%A9rt%20AGR%C3%A1rerd%C3%A9szet](https://mezohir.hu/hir/agrarerdeszeti-ismereitek#Mi%C3%A9rt%20AGR%C3%A1rerd%C3%A9szet)

A FÁS LEGELŐS RENDSZEREK JELLEMZŐI ÉS ELŐNYEI – 2. RÉSZ: ESETTANULMÁNYOK A DÉL-DUNÁNTÚLRÓL

BÉRCES BENCE

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

bersesben@gmail.com

Bevezetés

A cikksorozat előző részében szakirodalmak segítségével tártuk fel az agrárerdészeti rendszerek, ezen belül a fás legelők jellemzőit. Fontos elemét képezték a szakirodalmak feldolgozásának az AGFORWARD gyakorlatból vett esettanulmányai, melyek megvalósult példák minták elemzésével sorakoztatnak fel számos példát a fás legeltetésre. A feldolgozott AGFORWARD esettanulmányok segítségével már olyan megközelítésből kaptam rálátást a fás legelőkre, ami lehetővé tette, hogy releváns kérdéseket tudjak felsorakoztatni a mélyinterjúkban, amiket ilyen gazdasági ágazatban operáló gazdákkal készítettem el.

Anyag és módszertan

A nyolc tervezett mélyinterjú-alany közül három friss egyetemi diplomával rendelkező fiatal gazdálkodó, két tudományos körökben is ismert juhász, s a gazdaságok közül kettőben a lótenyésztés a „vezérágazat”. Az interjú-alanyok között van egy „erdő-gazda”, aki összefogott a szomszédos kecskefarm tulajdonosával, így hozva létre egy egyedülálló társulást. A megkérdezettek között helyet kapott egy igen jelentős Somogyi szarvasmarha farm képviselője is. Az alanyok kiválasztása ismerettség alapján történt, reprezentativitásra nem törekedtem. Az interjú-alanyok neveit – az anonimitás megőrzése érdekében – nem tettem közzé a dolgozatomban.

A mélyinterjúk egy részét 2020. áprilisában, egy részét októberben tartottam meg, telefonon keresztül, előzetes egyeztetés alapján – az egyeztetés része volt az elektronikusan megküldött kérdéssor is, ami alapján gördülékenyebben tudtak az alanyok felkészülni a mélyinterjúra. A megtartott interjúk során az alanyok az előre definiált kérdéseken kívül kitértek a beszélgetés közben felmerülő témákra is. A mélyinterjúk külön-külön minimum egy órát vettek igénybe.

A mélyinterjú-kérdéssor szerkezetileg három nagy részből lett összeállítva; (lásd: 1. melléklet) háttérváltozók a gazdáról; háttérváltozók a fás legelőről; végül a motivációt és gazdaságot érintő kérdések, amelyeket négy nagyobb témakörbe lettek szétbontva. Ez a négy témakör a gazdasági-, hatékonysági-, környezeti- és közösségi kategória. Minden kategórián belül tematikusan a kérdések a következő alkategóriákba lettek besorolva: motiváció; előny; nehézség.

Az írásban és élőszóban kapott eredmények – az összesítést követően – elemezve lettek annak érdekében, hogy a leírás, bemutatás mellett az összefüggések, kapcsolatok is feltárássá kerüljenek. Mivel a kapott eredmények nehezen számszerűsíthetők a kiértékelés során a kvalitatív információk elemzésénél gyakran használt tartalomelemzés módszerét alkalmaztam.

Eredmények

A mélyinterjúkat minden esetben párbeszéd formájában folytattam le nyolc olyan gazdával, akik tartanak állatokat olyan legelőn, mely többé-kevésbé fával borított. A nyolc interjúalany által fenntartott gazdaságok igen kevésbé hasonlítanak, szinte teljesen különböző paraméterekkel rendelkeznek, így az összehasonlítást a mélyinterjú eredmények kielemezésének végére helyeztem, miután egyesével röviden beszámolok a felmért gazdaságokról, s kiértékelem őket.

A nyolc megkérdezett gazdálkodó mindegyike Somogy megyében- vagy Somogy megyével szomszédos megyében található meg (lásd: 4. ábra). A gazdaságok többségén kisebb területen – 1 ha és 10 ha között – foglalkoznak fás legeltetéssel (A, C, D, E és F), kettőn közepes – 40-120 ha – a területnagyság (G és H), egyen pedig nagyobb területen (2000 ha) folyik gazdálkodás (B): Az eredményeket a mélyinterjú megtartásának kronológiai sorrendjében összegzem lentebb.

(A) Gazdaság

Az első gazdaság (A) Csebény településen fekszik, ahol körülbelül 10 ha-on ridegtartásban legeltetnek szarvasmarhákat, bivalyokat és lovakat (összesen valamivel több, mint 100 egyed). Ebben a családi gazdaságban a fő gazdasági tevékenység a szántóföldi növénytermesztés. A legeltetett területen generációk óta csak legeltetést végeznek, mivel egy alacsony termékenységű töltés területről van szó. Az idők folyamán fás foltok jelentek meg a területen, amit karbantartanak. A fafajok közül a fűz dominál s jelenleg körülbelül 40 fával 5%-os a fával borítottság mértéke. A legeltetésnek sajnos jóval alacsonyabb a jövedelmezősége a gazdaságuk más tevékenységeihez képest, mint például a főtevékenységként folytatott szántóföldi növénytermesztésnek – a gazda elmondása alapján fele akkora az állattartásuk jövedelmezősége, mint a növénytermesztésé. Viszont, az állattartásnak köszönhetően jobban ki tudják használni a rendelkezésre álló területet, s állattartás révén előnyt élvezhetnek a jövőbeli földvásárlásoknál.

A fás legeltetés az állatok takarmányigényét ugyan nem elégíti ki, de a földterület tápanyag-visszapótlásához teljes mértékben hozzájárul, kielégíti azt. Gyepboronálással lazítják a talajt a jobb vízgazdálkodás érdekében, amihez hozzájárulnak a fás részek is. Mindemelett, a fák által biztosított hűs árnyék jó hatással van az állatokra a nyári hőségben, sőt, az erózió ellen is megoldást ad a maguktól teret hódító fák a generációk előtti időkhöz képest. Fontos megemlíteni, hogy mivel húsmarhákat tartanak, azok fejve nincsenek, azaz nincs szükség emberi beavatkozásra, s a ridegtartásnak köszönhetően viszonylag szabadon mozoghatnak az állatok, akiket nehezebb kezelni, mert nem szoktak annyira emberhez, mint istállóban tartott társaik.

A kérdésekre a gazda elmondta, hogy nem volt példa, amit követtek volna ezzel a gyakorlattal, csak a terület legjobb kihasználtságát igyekeztek elérni. Ugyanakkor, képesek lennének mintagazdaságként működni, viszont ahhoz szükségük lenne 2-3 év felkészülési időre. Ez egy bizonyos státuszt jelenthetne a gazdaságra nézve. Nehézségként felmerült korábban, hogy az állatok átterelése keveredést okozott a szomszédos gazda állatállományával, de ez nem fordult elő, mióta felére csökkentették az állatok számát.

(B) Gazdaság

A megkérdezett második mélyinterjú alany (B) egy jelentősen nagyobb gazdaság képviseletében válaszolt a kérdéseinkre. Ez a fás legeltetett terület Balatonfenyvestől délre fekszik 2000 ha-on. A fával borítottság mértéke 2% körüli, őshonos fafajok jelennek meg nagyobb számban (mint a nyár és zöldjuhar). Ezeket telepítik is, a szél elleni védelem miatt. A legeltetett állomány kizárólag szarvasmarha, s már 2015 óta büszkén tudják produkálni a „termőföldtől az asztalig” címszavakkal aposztrófált gyakorlatot, ugyanis, a szarvasmarhák tenyésztésétől, a hízaláson át (a vágás kivételével) a feldolgozásig, sőt, saját étteremben való elkészítéséig maguk adják hozzá az értéket termékükhöz. Interjúalanyom elmondása alapján a föld legeltetéssel történő hasznosításának jövedelmezősége jelentős mértékben alacsonyabb, viszonyítva a szántóföldi növénytermesztéshez, ugyanakkor az alapanyag magasabb hozzáadott értékkel történő értékesítése hozzájárul a magasabb profithoz. A területről elmondható, hogy olyan alacsony termőképességgel rendelkeznek, hogy másra nem lenne alkalmas, illetve 30 éve – az állami gazdaság megszűnése óta, s még az előtti időtől – ezt a gyakorlatot alkalmazzák. Alternatívaként a vadgazdálkodás merülhetne fel, viszont azok a területek, ahol a régi gazdaság vadgazdálkodást folytatott, átkerült a nemzeti parkhoz (Nagyberek), s ezt a gazdálkodást ők viszik tovább.

A jobb hatékonyságot elősegítendő álltak át az Angus marhatartásra, ami egy szívósabb fajta, jobban tud a helyi körülményekhez alkalmazkodni. Gyeptelepítéssel próbálkoztak még – hatékonyságot növelendő –, ám az őshonos vegetáció gyorsan visszanyerte ezeket a tereket. A gazdaság hatékonyságát élénkítően ruháztak be a húsfeldolgozó üzembe is. Viszonylag olcsó így fenntartani a legelőt, viszont jelentős mértékben megnöveli a szükséges ráfordításokat a terület vízgazdálkodása, ugyanis ez egy mélyfekvésű terület, ezért több száz kilométer csatornahálózatra van szükség.

Ez a gazdaság egy jó minta azoknak a gazdák számára, akik hasonló méretekben szeretnének egy másra nehezen használható területet kiaknázni. Egy ilyen gazdaság mintaként való bemutatása kevés gazdasági előnnyel, inkább felelősséggel jár maga a gazdaság számára. Ugyanakkor tekintélyes előnyt jelent a környezet számára, hiszen számos munkahelyet teremt, s egy értéket a helybélieknek, akik eddig csak az állatok miatt keletkező szaghatások miatt panaszkodtak.

(C) Gazdaság

A harmadik megkérdezett gazda (C) Döbröközön társult egy másik gazdával, aki kecskefarmot tart fenn, így hazánkban egyedinek számító társulást alakítottak ki: az egyik gazda biztosítja a 3 ha nagyságú fás legelőt (kb. 40%-os borítottsággal), míg a másik gazda a legeltetett állományt, kecskéket. Maga a társulás létrehozása sem államilag, sem más módon anyagilag támogatva nem volt, ez inkább a terület hasznosabb kihasználtsága miatt lett kezdeményezve. A fák tekintetében az akác dominál, viszont a vadon növekvő hajtásokból, illetve csemeték telepítésével igyekeznek a tájra jellemző őshonos fajokat diverz módon beintegrálni a területre. A legelő felállításának alacsony volt a bekerülési költsége; az erdő adott volt, csak ritkítani kellett, onnantól fogva a kecskék segítenek megfékezni a burjánzást, a fenntartáshoz csupán gyérítő vágásra van szükség. A kecskegazda részéről a villanypásztor és kerítés építés igényelt nagyobb beruházást, a fenntartási költségek között pedig elsősorban az állatok takarmányozása szerepel. A legelő ugyanis az állatok tápanyag szükségletét teljes mértékben nem elégíti ki, így

szükség van szálás-, zöld- és abraktakarmányra is, fokozottan a téli időkben, illetve a tejhozam fokozása érdekében, ami megnöveli a sajt készítés és tejértékesítés volumenét.

A legeltetés 30-40%-ban kiváltja a szükséges takarmányokat, s a keletkezett trágya teljes mértékben elegendő a legelő tápanyagainak visszapótlására. A gazda elmondása szerint az ágazat kevésbé stabil és jövedelmező, mint a szántóföldi növénytermesztés, emellett igen érzékeny a piacra. Viszont fontos megemlíteni, hogy az ilyen módon történő gazdálkodás egyik velejárója az a termelői védjegy, ami magasabb értékkel látja el az itt létrehozott termékeket a piacon megtalálható hasonló – viszont hagyományosabb módon készített – termékekkel szemben. Ez részben javítja, kompenzálja a jövedelmezőséget.

Az erdei mikroklíma kialakulásának hála nyáron az állatok jobban bírják a hőséget, s sokkal jobb a vízháztartása a legelőnek, sokkal kevésbé van kitéve az aszályos időknek. Előfordult már, hogy a kecskék megrongálták a faállományt, de ezt dinamikus orvoslják új csemeték beszerzésével, vagy bekerítéssel.

Példa nem volt előttük, hogy hogyan alakítsanak ki egy ilyen gazdaságot, de cél volt egy olyan példát mutatni, amit lehet követni, sőt kijárni ezt az utat, hogy úttörőként mutathassák meg ennek a gyakorlatnak a működését. Ez a gazdaság már most is bemutatógazdaságként működik, és azon kívül, hogy sokan látogatják meg a birtokot, ez különösebb gazdasági előnnyel nem jár.

(D) Gazdaság

Kaposvártól délre, Patosfán található a megkérdezett negyedik gazda (D) gazdasága, amiben egy 1 ha-os területen alakítottak ki fás legelőt nem egészen egy éve. A terület korábban egy elhanyagolt erdős terület volt, amit kiritkítottak, s egy ma 9 egyedet számláló juh állományt vásároltak, amit ridegtartással legeltetnek ezen a területen. Törzsállományról van szó, termékelőállítás nem cél. A fák zöme akác, a ritkítás után a fával borítottság mértéke 50% körüli. A legelő az állatok takarmányigényét a téli időszakot leszámítva kielégíti – téli időszakokra pedig szálás és szemes takarmányt kapnak. Egy féltető, és egy kisebb istálló-szerű építmény biztosít a szélsőségesebb időszakokban, illetve az ellés időszakára menedéket a juhok számára.

A fás legelő felállítása valójában nem gazdasági célt szolgált, hanem esztétikai okai voltak; a juhok segítségével tisztán tudják tartani a fás területet a burjánzástól, és a kaszálási igény is jelentősen lecsökken. A takarmány 50-60%-ban megoldott a legelővel, viszont a tápanyag-visszapótlás az állatok segítségével nem mondható megoldottnak, mivel alacsony az állomány egyedszáma. A legnagyobb beruházási költséget a legeltetés beindításának az állatállomány megvásárlása jelentette, emellett költségként felmerült a faritkítás és villanypásztor telepítése is. Fontos társadalmi hozadéka a kialakított fás legelőnek, hogy a gazdaságban eddig csak ideiglenesen alkalmazott munkaerő így egész évben tudja a gazdaság foglalkoztatni.

A régóta fennálló fás területen kialakult mikroklíma nem borult fel a kialakított legelővel, így kellemes hatásait most is ki lehet használni; az árnyék nagyon fontos szerepet kap. A hőtől védve nem kell a ki- és behajtásról gondolkodni. Több juhásztól hallotta (D) gazda, hogy a nyári nagy delelő hőségben több órára behajtják az állatokat, hogy tudjanak pihenni, ugyanis a melegben – illetve, ha sokat mozog a juh – nagyobb a tápanyagigénye az állatnak. Itt viszont nem csak helyben maradhat, de a hőséggel sem kell megküzdeniük a juhoknak. A terület vízgazdálkodása is kitűnő; érezhetően ellenállóbb az aszályos időszakokra, a nap sem égeti ki a nyári tűző napsütésben a gyepet.

Nem volt előttük konkrét példa a legelő kialakításakor, amihez nyúlhattak volna, csak a racionális gondolkodást követve hozták meg a döntéseket. Részben motiváló volt, hogy az önkormányzat nyomására tisztították ki a területet, ugyanis a területtel szomszédos a falu foci pályája, és játszótér. Eleinte tiltakozott az önkormányzat vezetése, félve az állatszagtól, de ez a félelem alaptalannak bizonyult. (D) gazda úgy gondolja, ez a fenntartott legeltetett erdő terület esztétikailag sokat emel a falu értékén is, mint ahogy egy tiszta rendezett park egy város szívében, úgy egy rendezett fás legelő is ékkő lehet a falu peremvidékén.

(E) Gazdaság

Az ötödik mélyinterjú alanya (E), egy közel 70 éves bárdudvarnoki gazda volt, aki több mint 10 éve foglalkozik a gazdasággal. Fás legelőjének területe 3,3 hektár, melyből 2% fával borított a falu melletti völgyben. Az őshonos fafajok közül az akác dominál, de mellette megjelenik a hárs, a cser, a fűz valamint a dió is. Tudatos erdőgazdálkodással nem foglalkozik. A területen legeltetett állomány kizárólag juh (30 egyed), az állatoknak télen-nyáron biztosított a kijárás a hodályból. A takarmányigénye az állatoknak tavasztól ősziig a legelő által 90%-ban fedezve van, viszont ez télen csak 20%-ban képes biztosítani a juhok számára szükséges takarmányigényt, ezért ilyenkor a kiegészítő takarmányozás elengedhetetlen. Az anyaállat számára a borjú születése előtt és közvetlen után szintén kiegészítő abrak takarmány kell. A juhokat tenyészállatként értékesíteni tudja.

E gazda kizárólag hobbiból vágott bele a gazdálkodásba, így kihasználva a területi adottságokat, mely költséghatékony megoldást jelentett számára. Elmondta, hogy korábban elvadult volt a terület, melyet rendbehozott, fix kerítésrendszert alakított ki, valamint évi szinten szárazúzózza és kaszálja, viszont ennél többet nem lehet belőle kihozni. Talajkímélő megoldásként egy régi vízelvezető árkot tett rendbe. Az első év egy amolyan tanulóév volt, a környezet igazodott a juhokhoz és fordítva. Fontosnak tartom megemlíteni a biodiverzitást. Olyan rovar- és madárfajok jelentek meg a területen, melyek korábban nem voltak jellemzők.

Interjúalanyom elmondta, hogy nem volt cél a gazdaság nyereségessége, viszont maga az életmód, a fenntarthatóság igen. Szerette volna optimálisan kihasználni a rendelkezésre álló kapacitásokat, ésszerű kereteken belül. Ebből kifolyólag, nem volt célja a mintagazdaság létrehozása sem, mert ehhez nem tartja elég nagy volumenűnek. Elmondta viszont, hogy gazdasági szempontból mintaértékű, ha azt vesszük figyelembe, hogy hobbiként csinálja. Összeütközésbe sem a szomszédos területek gazdáival, sem a helybéliekkel nem került, de a magasabban fekvő szomszédos szántóról erős esőzés idején előfordul, hogy bemosódik a víz. A hatóságokkal viszont volt nézeteltérése; az erdőterület, melyet korábban megvett, üzemtervezett volt, és emiatt nem tudott rajta legeltető gazdálkodást folytatni, így az erdő nagy részéről el kellett kerítenie a juhállományát.

(F) Gazdaság

Kaposfőn alakított ki egy lovardát a következő, fiatal 38 éves gazda, s töltötte fel a Kapos melletti lápos területét, ahol az így kialakított füves kifutót, fás legelőt tudják lovai 3 ha-on kihasználni. A gazda igen fiatalon kezdte, s egész életében a lovaknak szentelte éveit. Külföldön is dolgozott nagyobb lovardáknál, hogy az ott megszerzett praktikákat itthon tudja gyümölcösöztetni. A lovarda felállítása és a terület feltöltése több éven át tartott, ugyanis 50-60 cm-rel kellett emelni a mocsaras talaj szintjét, hogy megfelelő gyepek alakulhassanak ki. A területen honos akác- és égerfák találhatóak meg, fával borítottsága 5%. Jelenleg 18 lónak ad otthont a

lovarda, melyből több bértartásban van, ami a szolgáltatások közül az egyik fő jövedelemforrása a gazdának, a lovagoltatás mellett.

A gazda elmondta, hogy egy ló legelő igénye magas, átlag 1 ha. Természetesen ez a legelő terület nem elég lovainak, ezért fenntart még egy – nem fás – legelőt 20 ha-on, ahol a „fő” legeltetést oldja meg. Ez a terület alig 1%-ban váltja ki a takarmányigényt, ha munkára vannak fogva, akkor abrak is szükséges. A jövedelmezősége az ágazatnak rossz. Ez egy rabszolgaélet, ahogy a gazda mondja. A ráfordítás igény igen magas, mind a lovak fenntartása, mind a gondozása (munkaerőigény) miatt, bevételt viszont csak a szolgáltatásokon keresztül tud elérni. Régebben versenyztetett és túrákat is tartott, de ezekkel felhagyott, mert úgy tapasztalta, hogy nagyon bürokratikus lett a magyar lótarás, s elvesztette a régi erkölcsi értékeit is.

A terület minden évben feltöltést igényel a kimosódások miatt, de a védő fasor sokat segít az erózió ellen. Az égerek vízmegtartó képessége ugyanakkor sokat segít a száraz időben. Ez összességében pozitív vízgazdálkodást eredményez. A lovak szívesen kihasználják a fák menedékét viharos időben, s a port is megfogják. Nyári hőségben viszont a rovarok (főleg böglyök) sokat kínozzák a lovakat a fák alatt, így lehet akármilyen meleg, a lovak nem mennek a fák közé, csak amikor már lement a nap és leesett a hőmérséklet. Beruházásként szükséges volt villanypásztor telepítése is.

Felmenői voltak java részt, akik erre az útra ösztönözték, s számára is mindig fontos volt példával elől járni. Ennek ellenére mintalovardaként nem biztos, hogy szeretne működni. A környékbéli falvakból így is sok gyerek jár lovagolni, s megtanulják kezelni a lovakat, s azt, hogy milyen is ez az élet. Ez pozitív gazdasági hatásokat von Kaposfőre is; akik idejönnek, azok itt fogják elkölteni a pénzüket a faluban.

(G) Gazdaság

A hetedik mélyinterjút Szennában készítettem, melynek alanya (G) gazda. Fás legelőjének területe 40 hektár, melynek 15%-a fával borított. A területen 70%-ban található meg a vöröstölgy, ezen kívül pedig akác, erdeifenyő, kökény és gyümölcsfa a jellemző. A terület alternatív hasznosításaként a terület erdősítését jegyezte meg G gazda. A tudatos erdőgazdálkodás kapcsán pedig megemlítette, hogy saktábla-szerűen tervezi megújítani a legelőt. Jelenleg a legeltetett állomány a juh. 3-4 fajta keveréke jelenik meg a gazdaságban. Az állatok ridegtartásban vannak a legelőn. A jószágokat élőállatként értékesíti.

Interjúalanyom elmondta, hogy 1992 körül kezdett a területtel foglalkozni, jelenleg két családtagjával együtt gazdálkodik. Anno nem gondolta, hogy a takarmányigényt 80%-ban kiváltja ez a legeltetésforma. Elmondása szerint, nem nagy jövedelem, ezzel szemben viszont alacsony a ráfordítás és nem fordul elő tápanyag probléma. Úgy véli továbbá, hogy a birka biztosabb jövedelemforrás, mint például a baromfi. Nehézségként a tőkehiányt, valamint a jogszabályokat említette, illetve, hogy a megtérüléséhez minimum 10 évre van szükség. Fejlődést az állatkezelésben lát, szeretnének birkaválogató-karámrendszert kialakítani. Jelenleg a juhok mellett, egy lámát tart a legelőn, mely bizonyos szempontokból jobbnak bizonyul, mint egy kutya. A láma hűségesen őrzi a területet, az idegeneknek nekimegy, és nem utolsó sorban nem kíván plusz táplálékot, bőven beéri azzal, amit a juhok legelnek. Negatívumként említette G gazda a földminőséget, ugyanis savanyú a talaj, viszont jelenleg nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű tőke a javítására. Ugyanakkor a fáknak valamint a legeltetésnek hála, sikerült az eróziót megkötni, illetve a talaj humusztartalmát a korábbihoz képest kétszeresére

növelni, az elmúlt 30 évben. A gazda elmondta, hogy a területen nem található istálló, ennek ellenére számára a hóguta idegen fogalom, ugyanis a fák mellett, hogy árnyékot adnak, mikroklímájuk által jó szellőzésről is gondoskodnak. A terület villanypásztorral van körbe kerítve, interjúalanyom azonban megemlítette, hogy a gyenge állatokat előfordul, hogy elviszi a róka.

G gazda elégedett a családi kisgazdasággal, jó projektnek tartja, valamint fontos számára a jó példamutatás a fiatalabb nemzedék felé és a természetközelség élménye. Elmondta, hogy korábban, amikor még szarvasokat tartott, a bögésük zavaró volt a szomszédok számára, jelenleg azonban nem áll konfliktusban egyetlen szomszédal sem, soha nem volt igazi rosszakarója. A nagyobb gondot számára is inkább azok az állatvédők és jogszabályaik jelentik, akik azt is rossz szemmel nézik, hogy saját, természetes forrásból itatja állatait.

(H) Gazdaság

Bőszénfán felügyel egy tekintélyes lovardát a nyolcadik, 40 éves gazda, aki 9. éve felel a gazdaság lovakat tartó ágazatáért, ahol 80 magyar hidegvérűből álló ménest tartanak fenn, többek között a magyar génállomány megőrzése érdekében. A legelőrendszer körülbelül 120 ha-on terül el, ahol a ménest forgatva legeltetik. Kezdetben a gazdaság által folytatott vadlegeltetés utáni legelőváltásnál lovakkal történő legelő letisztítás miatt kezdtek lovakat tartani. Ez nem jött be, mert a gyakorlatban a lovak több gazdasági kárt okoztak, mint hasznot, ugyanis a ló költséges, minden fának és kerítésnek nekidörgölőzik, így károsítja azt, vagy kidönti. Továbbá a fákra a ló főleg csemete korukban igen kártékony, így védeni kell a fákat velük szemben.

Az agyagos terület minősége alacsony, így éves szinten műtrágyát, s 2-3 évente szerves trágyát is használnak, amit boronálással terítenek dolgoznak be a talajba. A legelő így május- július között 100%-ban kiváltja a szükséges takarmányozást, télen egyáltalán nem, a köztes időszakokban pedig időjárás függvénye az átmenet alakulása. Foltokban fák nőnek maguktól is, telepíteni csak a villanypásztor vonalában telepítettek fákat. Ennek oka az, hogy a villanypásztor körül a kaszálás igény állandó – az állat a közelében normál esetben nem legel, a felnövő gyep pedig elveszi az erejét a villanypásztornak, ha hozzáér a villanypásztorhoz. Az efféle kaszálás elhagyásával pedig a gyenge erejű villanypásztort kidönthetik a lovak. Ha viszont árnyékol egy fasor, akkor mérsékelt lesz ott a gyep növekedése. A fák szerepe továbbá fontos az amúgy igen dombos agyagos talajú területen az erózióval szemben. A klímát kevésbé befolyásolja, de a lovak számára a rekkenő hőségben a fák csak a böglyök kínzását jelentik, így inkább állnak a napon, egy olyan helyen, ahol természetes szellő-folyosóban állva tudnak hűsölni (például egy fás folt melletti domboldalon).

Összefoglalás

Az esettanulmányok feldolgozása során a gazdasági tényezőkön túl az egyéb motiváló tényezőkkel is foglalkoztunk. Így egy pontosabb képet alkothattunk a gazdaságok kialakítása mögött álló „miért”-ekről. A feldolgozott esettanulmányok kiértékelése tette lehetővé, hogy megfelelő megközelítésből térképezzük fel a fás legelőket hasznosító Dél-Dunántúli gazdák véleményét. A mélyinterjúk kutatásunk eredményei rámutatnak, hogy pusztán a profimaximalizáláson felül más indítékok is vezérelhetik a gazdákat a fás legelőre alapozott állattartás működtetésére: a természetközelibb, nyugodt életstílus. Fontos megfigyelés, hogy egyik vizsgált gazdaság sem tudott elérhető ösztönző támogatást igénybe venni, ami betudható

a szigorú, és igen specifikus kötelezettségeknek – az elvárt fasűrűség kialakítása nem volt életszerű ezekben a pályázati kiírásokban.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, Termeljünk együtt a természettel – az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

A FÁS LEGELŐS RENDSZEREK JELLEMZŐI ÉS ELŐNYEI – 3. RÉSZ: ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK

BÉRCES BENCE

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

bersesben@gmail.com

A mélyinterjúk összesítése

Bár elmondható, hogy a megkérdezett nyolc gazda mindegyike más-más paraméterekkel, indítékkal és háttérrel gazdálkodik fás legelőn, néhány szempont és jellemző mind a nyolc gazdaságnál előfordult.

Mindegyik gazda elmondta, hogy vagy egy már meglévő, vagy könnyen átalakítható fás területet szeretett volna hatékonyabban kihasználni; olyat, amin más mezőgazdasági termelést, gazdálkodást nem lenne érdemes folytatni. Minden interjúban elhangzott a fás legelők mellett, azok előnyeként a segítségükkel elért jobb vízgazdálkodás és ellenállóbb mikroklíma, erózióval szemben védettebb legelő. Emellett a területen korábban szükséges rendszeres kaszálás, vagy cserjeirtás igénye is jelentősen visszaesett a legeltetésnek köszönhetően. Ugyanakkor, az ágazat rosszabb jövedelmezőségét is többen kiemelték, összehasonlítva a szántóföldi növénytermesztéssel – amit ezeken a területeken a minőségüktől fogva nem lehet alkalmazni, mint gyakorlat –, különösen a lovakat tartó gazdák.

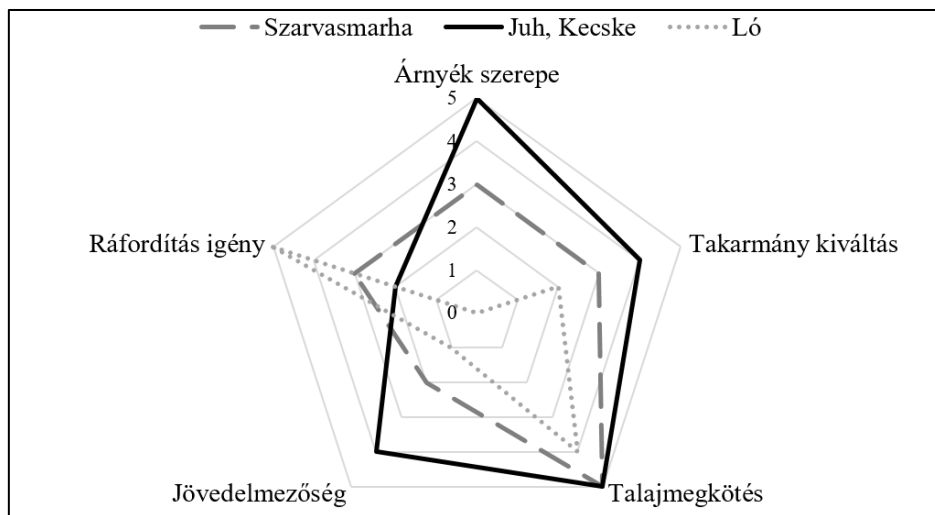
Gazdaság	Gazda életkora	Gazdaság helye	Terület (ha)	Fával borítottság	Minőség (AK)	Domináns fafajok	Legeltetett fajok	Hozzáadott érték növelése?
A	24	Csebény	10	5%	10	fűz dominál	ló; szarvasmarha; bivaly	-
B	47	Balatonfenyves	2000	2%	5	Nyár; Zöldjuhar	Szarvasmarha	hizláló üzem, feldolgozó üzem, étterem
C	41	Döbrököz	3	40%	15	akác	kecske	sajtkészítés és kecsketej
D	36	Patosfa	1	50%	-	akác, tölgy	juh	-
E	69	Bárdudvarnok	3,3	2%	5,5	akác	juh	tenyészállat-értékesítés
F	38	Kaposfő	3	5%	20	akác, éger	ló	szolgáltatások (lovagoltatás, bértartás)
G	67	Szena	40	15%	6	vöröstölgy	juh	élőállat értékesítés
H	40	Bószénfa	120	2%	4	akác, fűz	ló	értékesítés, szolgáltatás (lovaskocsi)

1. táblázat Vizsgált gazdaságok és kérdezett gazdák fontosabb paramétereit
 Forrás: saját szerkesztés

Fontos eredmény, hogy a válaszadók közül senki sem azért kezdett bele vagy folytatja a fás legeltetést, mert ösztönző támogatás elérésére lehetőségük lett volna.

Érdekes megemlíteni, hogy egyik gazda számára sem volt egy olyan előjáró példa, ami okán alakította volna legelőjét. (A) és (B) gazdaság gyakorlatilag egy generációs örökséget vezetett tovább, míg a többi gazda egy új dologba vágott bele, saját ötlettől vezérelve.

A mélyinterjú alanyok közül ketten foglalkoztak lovakkal, négyen juhokkal, vagy kecskékkal, illetve szarvasmarhákkal ketten (a csebényi gazdát, aki lovakat, szarvasmarhákat, és bivalyokat tart, ide soroltam, ugyanis nem a ló dominál gazdaságában, az állattartással foglalkozó ágazat gazdaságán belül főleg a szarvasmarhákkal, s bivalyokkal foglalkozik). Ebbe a három kategóriába sorolva a mélyinterjú alanyokat, az 1. számú ábra összesíti a tapasztalatokat, melyek elmondhatók.



1. ábra A fás legelő hatásainak jelentősége a különböző állatállományokra nézve
 Forrás: saját szerkesztés a mélyinterjú eredményei alapján

A fák által biztosított árnyék szerepe igen magas a juh-, kecske-, illetve igen kedvező a szarvasmarhák számára. A lovakkal kapcsolatban ez nem mondható el. A takarmányszükségletet minden esetben évszaktól függően tudja a fás legelő kiváltani ugyan, viszont a juh és kecske-gazdák éves takarmányigényét váltja ki nagyobb arányban. A balatonfenyvesi szarvasmarhafarm takarmányigényét szinte teljes mértékben, ám a csebényiét egyáltalán nem elégíti ki, a lovak tekintetében Bószénfán időszakosan elég, Kaposfőn a lovardánál aligha elég. A talajmegkötő tulajdonsága a fákkal tarkított legelőnek minden gazda számára kedvező hatásként jelenik meg.

Jövedelmezősége, szemben a ráfordításokkal, a juh és kecske gazdaságoknak a legmagasabb, míg a példaként felsorolt szarvasmarhagazdaságok közül a kisebb nem kimondottan jövedelmező, míg a nagygazdaság tudatosan épít a hozzáadott értékre, így tud nyereséget elérni.

A lovakkal foglalkozó két gazda pedig a többi gazdához viszonyítva igen alacsony jövedelmet realizálhat a relatív magas szükséges ráfordítások mellett.

A fák által biztosított árnyék szerepe igen magas a juh-, kecske-, illetve igen kedvező a szarvasmarhák számára. A lovakkal kapcsolatban ez nem mondható el. A takarmányszükségletet minden esetben évszaktól függően tudja a fás legelő kiváltani ugyan, viszont a juh és kecske-gazdák éves takarmányigényét váltja ki nagyobb arányban. A balatonfenyvesi szarvasmarhafarm takarmányigényét szinte teljes mértékben, ám a csebényiét egyáltalán nem elégíti ki, a lovak tekintetében Böszénfán időszakosan elég, Kaposfőn a lovardánál aligha elég. A talajmegkötő tulajdonsága a fákkal tarkított legelőnek minden gazda számára kedvező hatásként jelenik meg.

Jövedelmezősége, szemben a ráfordításokkal, a juh és kecske gazdaságoknak a legmagasabb, míg a példaként felsorolt szarvasmarhagazdaságok közül a kisebb nem kimondottan jövedelmező, míg a nagygazdaság tudatosan épít a hozzáadott értékre, így tud nyereséget elérni. A lovakkal foglalkozó két gazda pedig a többi gazdához viszonyítva igen alacsony jövedelmet realizálhat a relatív magas szükséges ráfordítások mellett.

Következtetések és javaslatok

A mélyinterjúkra adott válaszok alapján elmondható, hogy a fás legelők létrehozásával elsősorban nem a jövedelem növelése volt a gazdálkodók célja, hanem a meglévő erőforrásokkal való hatékonyabb gazdálkodás. Eddig nem ismert, új előnyök is felszínre kerültek a fás legeltetés rendszerében úgy, mint a jó példával való elöljárás (kvázi innováció) és az esztétika.

C gazdának szándéka volt egy olyan jó példát mutatni hazánkban, amire nem – vagy kevés – példa volt eddig: mintagazdásként működni. Végig akarták járni az utat, mint úttörők, s így egy követendő példát adni az érdeklődőknek.

D (fiatal) gazdának fontos motivációja volt megmutatni az idősebb generációnak az új gyakorlatokban rejlő lehetőségeket, hogy ezzel rámutasson arra, hogy a régi jól bevált tradíciókkal érdemes szakítani (vagy, hogy a bevezető fejezet szavaival fogalmazzak: visszatérni a jól bevált tradíciókhoz.) Az esztétika ugyancsak D gazda példáján volt tetten érhető: rendezett esztétikus erdős foltot akart létrehozni a falu peremén, amit esztétikai értékében úgy írt le, mint egy parkot egy kis városban.

E és G gazdák egy életstílust, családi értéket látnak munkájukban, amiben a gazdaságosság csak huszad rangú kérdés, nem úgy, mint a nyugodt életstílus, ami a velejárója egy vidéken fenntartott természetközeli gazdaságnak.

Az AGFORWARD esettanulmányai nagymértékben a gazdasági hatékonyság, s a környezeti kvantitatív hatások, előnyök köré épültek fel. Viszont kihagyták az egyik fontos szereplőjét a fás legelőnek; a gazdát, aki a nap végén elégedetten pihen meg, gondolván, hogy környezettudatos, s értékes gazdálkodást tart fenn.

A dolgozat nem tér ki a hazai területek lehetőség-elemzésére, nem kívánja átfogóan és kielégítően feltérképezni a szántóföldi növénytermesztés, s hagyományos erdőgazdálkodás alá nem vonható mezőgazdasági területek mértékét, amik potenciális fás legelők lehetnek, csupán a pontosabb kép kialakítása érdekében lett közölve néhány irányadó adat – így a megfelelő

fókuszba helyezve a vizsgált szempontokat. Ugyancsak nem sorakoztat fel a dolgozat olyan mért adatokat, amik képesek lennének egyértelműen összehasonlítani a megvalósított fás legelők gazdasági paramétereit – különös tekintettel a jövedelmezőségre – szemben a területen megvalósítható egyéb gazdálkodási formákkal. Viszont, ezek a mutatók jól szemléltethetnék a törvényhozók által abból a célból meghozható döntések fontosságát, melyek az ilyen gazdálkodásra való átállást ösztönöznék, támogatnák, mint gazdaságilag és etikailag.

Összességében elmondható, hogy a mélyinterjú eredményeit feldolgozva határozottan állíthatjuk, hogy ha egy gazdának van olyan mezőgazdasági területe, amin nem - esetleg nem is áll módjában – szántóföldi növénytermesztést végez, azt remekül kihasználhatja, ha fás legeltetésre alkalmassá formázza, s így gazdálkodik rajta a jövőben. Amennyiben a gazda rendelkezik ilyen – szántóföldi növénytermesztésre nem alkalmas – területtel, s a terület eleve rendelkezik faállománnyal, vagy legeltetésre alkalmas jószágokkal, főleg juhokkal, kecskékkal, esetleg szarvasmarhákkal (esetleg mind állatállománnyal és erdős területtel is), úgy igen indokolt, hogy a fás legeltetésre való átállást megfontolja a gazda. Kivéve, ha lovakról van szó, ugyanis a lovak tovább növelik a beruházási és fenntartási költségeket, mindamellett, hogy jövedelmezőségük is messze elmarad a juhokhoz, vagy szarvasmarhákhöz képest. A beruházás költségei ugyan függenek a meglévő paramétereiktől és a kívánt gazdaság felállításától, a mélyinterjúkra adott válaszokra alapozva kijelenthetjük, hogy gazdaságilag is egy igen racionális döntés, mind az erre a rendszerre való átállás, illetve a már meg lévő rendszer fenntartása/megőrzése.

Fontos megfigyelésnek tartom, hogy egyik gazdaság sem tudott elérhető ösztönző támogatást igénybe venni, ami talán betudható a szigorú, és igen specifikus kötelezettségeknek, amiket az elmúlt programozási időszakban állítottak az ilyen célból meghirdetett felhívásokban. Ezek az agrárerdészeti támogatások mind vagy új telepítésű erdőterületeket-, vagy olyan nehezen teljesíthető feltételek mellett kínáltak volna ösztönző támogatást, amit a mélyinterjúalanyok nem tudtak teljesíteni, vagy nem érte volna meg nekik gazdaságilag. Legtöbb esetben egy már meglévő erdő-, vagy fás terület átalakításával hozták létre fás legelőt, így fák telepítésére nem volt szükség, az erdők ritkítása pedig nem tartozott a támogatott módszerek közé. A 150-250 fa/ha fasűrűség kialakítása pedig nem volt életszerű.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, Termeljünk együtt a természettel – az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Melléklet – az alkalmazott mélyinterjú kérdéssor

BEMUTATKOZÁS

Bérces Bence vagyok, a Kaposvári Egyetem hallgatója. Dolgozatom a fás legelők előnyeit tárja fel, s azok motivációs tényezőit elemzem, melyhez segítségét szeretném kérni. Nagyon megköszönöm, ha a kért adatokra vonatkozóan (hozamok, inputanyag-felhasználás, beruházási költségek) tud számomra konkrét kimutatásokkal szolgálni.

A következő mélyinterjúban az Önnel, s gazdaságával kapcsolatos adatok felvétele után négy főbb kategóriát – ezek: gazdasági előnyök; hatékonyság, termelés; környezeti hatások; közösségi és személyes okok – érintve szeretnék egy képet kialakítani az Önt motiváló

tényezőkről, melyek gazdasága kiépítése és fenntartása mellett szólnak. Kategóriákon belül külön fogjuk megvizsgálni az adott kategóriát érintő előnyöket, hátrányokat, s a felmerülő nehézségeket.

HÁTTÉRVÁLTOZÓK

Az Ön neme? Férfi Nő

Életkora? _____

Lakóhelye: _____

Mi az ön jelenlegi lakóhelyének a település típusa?

- A) Főváros
- B) Megyei jogú város (megyeszékhely)
- C) Város
- D) Község, falu
- E) Egyéb _____

Iskolai végzettsége?

- A) Legalább általános iskola 8. évfolyam
- B) Legalább érettségi
- C) Egyetem, főiskola stb. oklevéllel
- D) Egyéb _____

A végzettsége tanulmányi terület szerint

- A. Oktatás
- B. Humán tudományok és művészetek
- C. Társadalomtudományok, gazdaság, jog
- D. Matematika, számítástechnika, egyéb természettudományok
- E. Műszaki, ipari és építőipari képzések
- F. Mezőgazdaság és állatorvosi tudományok
- G. Egészségügyi és szociális gondoskodás
- H. Szolgáltatások
- I. Ismeretlen

Amennyiben a végzettsége a „Mezőgazdaság és állatorvosi tudományok”, melyik szakirányba tartozik?

- A. Növénytermesztés és állatorvosi tudományok
- B. Kertművelés
- C. Erdőgazdálkodás
- D. Halgazdálkodás
- E. Állatorvosi tudományok

Van-e erdeje Önnek vagy valamelyik közeli családtagjának? Igen Nem

Gazdálkodik-e a közeli családban valamelyik hozzátartozója?	Igen	Nem
Hallott már korábban az agrárerdészetről?	Igen	Nem
Foglalkozott korábban az agrárerdészettel?	Igen	Nem
Környezettudatosnak vallja-e magát?	Igen	Nem

FÁS LEGELŐ RENDSZER LEÍRÁSA

Terület nagysága (ha)	
Fával borítottság mértéke (%)	
Minőség: átlag AK érték	
Milyen alternatív hasznosítás lehetséges e területeken?	
Milyen fafajok találhatóak meg?	
Milyen legeltetett fajok találhatóak meg?	

Történik-e tudatos tervezett erdőgazdálkodás (fatelepítés, fahasználat tudatos tervezése), ha igen, milyen?	
Takarmányozás- és tartástechnológia rövid leírása	
Humánerőforrás menedzsment	
Hozzáadott érték növelése: (tovább-feldolgozás, értékesítési csatornák)	

I. GAZDASÁGI ELŐNYÖK

I.1. Motiváció

- Milyen gazdasági okai vannak, hogy a fás legelőre alapozott állattartással foglalkoznak?
- Számításba vette-e az ágazat és kihasznált gyakorlat költség/hozam arányát (az esetleges korábbi gyakorlathoz mérten)?
- Ösztönző támogatás igénybevételére volt-e lehetősége? Igen Nem

I.2. Előny

- Mennyiben tudja a legeltetés kiváltani a vásárolt takarmányokat? (%)
- Mennyiben tudja az állati trágya a területek tápanyag-visszapótlását kiváltani? (%)
- Melyek azok a főbb gazdasági előnyök, amelyek más, alternatív tevékenység esetén elvesznének?
- Milyen az ágazat jövedelmezősége, illetve a jövedelem stabilitása más – a vállalkozásnál meglévő – ágazatokhoz képest?
- Milyen más előnyöket tudna még felsorolni?

I.3. Nehézség

- (Támogatáshoz való megfelelés?- amennyiben igénybe vett támogatást)
- Befektetés megtérülési eltelt idő hossza?
- Milyen más gazdasági nehézségek merültek fel gazdasága beindítása óta?

II. TERMELÉKENYSÉG, HATÉKONYSÁG

II.1. Motiváció

- Szükségessé tette-e az állat-/faállomány, vagy termőföld minőségének javítása érdekében tett változás alkalmazása?
- Milyen lépéseket tettek/tesznek a kezdetek óta a fás legelőre alapozott állattartás hatékonyságának, termelékenységének növelésére? (Ha tett)
- Melyek voltak a fő indokai, illetve hátráltató tényezői, hogy saját feldolgozó kapacitásokat alakítsanak ki?

II.2. Előny

- Milyen előnyökkel járt ezek a kapacitások kiépítése?
- Milyennek ítéli az ágazat hatékonyságát, termelékenységét a vállalkozás más tevékenységeihez képest?
- Milyennek ítéli az ágazat hatékonyságát, termelékenységét az ország más gazdaságaihoz képest?
- Milyen más előnyöket tudna még felsorolni?

II.3. Nehézség

- Milyen más termelékenységi, hatékonysági nehézségek merültek fel gazdasága beindítása óta?

III. KÖRNYEZETI

III.1. Motiváció

- Milyen mértékben befolyásolta a jelenlegi rendszer (legeltetési állattartás) kialakítását a talajromlás (degradáció)?
- A talaj „kizsákmányolása” és mesterséges tápanyag visszapótlása, mint gyakorlat, közre játszott-e abban, hogy erre a rendszerre váltott?

III.2. Előny

- Hogyan ítéli meg a fák nyújtotta árnyék szerepét az állatok termelésében?
- A vállalkozás más ágazataihoz/tevékenységeihez képest milyen ökoszisztéma szolgáltatásokat nyújt a fás legelőre alapozott állattartás a környezetnek?

- A vállalkozás más ágazataihoz/tevékenységeihez képest milyen mértékben van kitéve a fás legelőre alapozott állattartás a klímaváltozásnak?
- Milyen más előnyöket tudna még felsorolni?

III.3. Nehézség

- Milyen környezeti investációt igényelt az Ön részéről a rendszerre való átállás? (kerítés/ fatelepítés)
- A kemikáliák mellőzése nehézségeket okozott?
- Milyen más Környezeti nehézségek merültek fel gazdasága beindítása óta?

IV.KÖZÖSSÉGI/SZEMÉLYES

IV.1. Motiváció

- Kik voltak az ágazat fejlesztésének kulcsszereplői az elmúlt évtizedekben? Milyen indíttatásból vettek részt az ágazat fejlesztésében?
- Példaértékűnek tartja gazdaságát? Cél volt-e példával elől járni?

IV.2. Előny

- Mit gondol, az ön gazdasága tudna-e mintagazdaságként ún. bemutató gazdaságként működni? Igen Nem
 - Milyen előnyökkel járhat ez a társadalom számára?
 - Mit gondol, milyen előnyökkel járhat ez az Ön számára?
- Milyen más előnyöket tudna még felsorolni?

IV.3. Nehézség

- Szomszédos gazdasági területeken történő gazdálkodás gátat szabott az Ön gazdaságának?
- Került konfliktusba más gazdák nemtetsző véleménye miatt a gazdaságára tekintettel?
- Milyen más társadalmi nehézségek merültek fel gazdasága beindítása óta?

FENNTARTHATÓSÁG ÉS ANNAK A LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA AZ EGYÉNI GAZDÁLKODÓK KÖRÉBEN – 1. RÉSZ: ELMÉLETI ALAPOK

HERKE CSABA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

csabaherkeh@gmail.com

Bevezetés

Témaválasztásom alapjául az a megfigyelésem szolgált, hogy a környékemben élő családi és egyéb egyéni gazdálkodók, régebbi – a nyolcvanas, kilencvenes évekből származó – technológiákat alkalmaznak, melyek már akkor sem számítottak csúcstechnológiának. Ezek alacsony költségek és alacsonyabb hozam mellett működtethetők, a gazdák szerint pedig biztonságosabb, kipróbált módszerek és technológiák.

Ezek a technológiák – habár általánosan tényleg alacsonyabb költségekkel járnak –, de rendkívül környezet szennyezőek és a termelékenységi potenciál is kihasználatlan marad, ami nagyon fontos a mai mezőgazdasági élelmiszertermelésben, hiszen így nem tudjuk kihasználni az intenzív technológia adottságait. A környezetünk szennyezése egyértelműen veszélyes és felesleges, főleg egy olyan ágazatnál, mint a mezőgazdaság, amely egész terjedelmében teljesen összefonódva létezik a környezetünkkel, természeti kincseinkkel.

Ugyanakkor a kisebb mezőgazdasági vállalkozások nagy része nem képes versenybe szállni a versenyképes, nagyobb és intenzívebb technológiát használó, tőkeerős vállalatokkal szemben. Ezért csáládóm családí gazdaságát is figyelembe véve, szerettem volna megoldást találni erre a problémára. Arra, hogy hogyan miként lehet a mezőgazdaságot, a termelékenység fenntartásával és növelésével, kisebb gazdaságok számára is megfizethetően környezetbaráttá fejleszteni, egyszóval fenntarthatóvá tenni, mind környezetileg, mind gazdaságilag, mind társadalmi értelemben.

A fenntartható mezőgazdaság az emberiség élelmiszer készletét a bolygó károsítása nélkül termelheti meg, hozzájárulva ezzel a klímaváltozás elleni harchoz, valamint az ökoszisztémánk fenntartásához és javításához. Tanulmányom célja ezekre a feladatokra, kihívásokra keresni a megoldást, a mezőgazdaság tekintetében megoldást keresni, feltéve a kérdést, mit lehetne tenni, és mi az, amit már megtettünk feltárva a konkrét cselekvési lehetőségeket.

A céljaim megvalósítása érdekében a dolgozatban a fenntarthatóság és a családi gazdaságok témakörök közötti kapcsolat részletes kifejtését követően az egyéni gazdaságokban alkalmazott vagy alkalmazható technológiákat vizsgálom. Szekunder forrásaimat kiegészítve, egy mélyinterjú primer kutatás alapján szeretném meghatározni, értékelni a környék gazdálkodóinak fenntarthatósággal kapcsolatos viszonyát, a fenntarthatóságról alkotott képüket, valamint a gazdaságaik fenntarthatóságát.

A fenntartható mezőgazdaság fogalma, értelmezései

A fenntartható mezőgazdaság fogalma nagyon tág és homályos, ezáltal alkalmazásai és megközelítései is akadnak nagy számmal. A különböző kutatási területek kutatócsoportjai eltérő megfogalmazásokat és fogalmi elemeket határoztak meg, ezekben közös elemként jelenik meg (VALKÓ, 2017):

- Természeti erőforrások, környezet védelme és/vagy állapotuk javítása;
- Gazdasági életképesség, jövedelmezőség;
- Vidék fejlesztése, életminőség javítása;
- Élelmiszer-ellátás biztosítása.

A fenntarthatóságnak ezek alapján tehát három fő dimenziója van: gazdasági, (természeti) környezeti és társadalmi fenntarthatóság. Ebből a hármasságból, illetve a mezőgazdaság modern, multifunkcionális megközelítéséből adódóan a fenntartható mezőgazdaság definiálása rendkívül nehéz feladat (VELTEN, NEWIG, JAGER, & LEVENTON, 2015).

A fent felsorolt dimenziók változó súllyal szerepelnek a különböző elméleti vagy gyakorlati szakemberek által megfogalmazott definíciókban. Az egyes dimenziók között sokszor ellentmondás is tapasztalható, nehezen található meg a helyes egyensúly a gazdasági, környezeti és társadalmi szempontok között. Gáthy megállapítása szerint: „a fenntartható agrárfejlődés csak úgy valósítható meg Magyarországon, ha a társadalom, illetve a nemzetgazdaság minden rétege és területe szintén megvalósítja a fenntarthatóság alapelveit. Ha a társadalom egésze környezetromboló és erőforrás pazarló termelési és fogyasztási eljárásokat alkalmaz, akkor az agrárágazat önmagában nem képes a megújulásra. Vagyis a társadalom- és a gazdaságpolitika teljes vertikumát a fenntartható fejlődés koncepciójának megfelelően kell kialakítani” (GÁTHY, 2006/20).

A téma megközelítései közül a technológiai-technikai és irányítási nézetek dominálnak, nagy hangsúly helyeződik a gyakorlati, termelés orientált nézetekre, ezeken belül is a már létező, különböző technológiák a termelésbe való beépítésére irányuló javaslatokra. Ezzel egyidőben kevés figyelem helyeződik a termelés mellett a farmon kívüli (ellátási lánc, fogyasztók) szereplőket is figyelembe vevő nézetekre. Ezek mellett az együttműködést, oktatást és a kutatás-fejlesztést és környezeti célok elérését szorgalmazó nézetek is a téma periferiáján találhatóak (VELTEN, NEWIG, JAGER, & LEVENTON, 2015).

Napjainkban a fenntartható mezőgazdaság témában a gyakorlat-orientált kutatások a leginkább hangsúlyosak. Ennek ellenére, a kutatások kiindulópontja zömében az elméleti tudásra alapuló megközelítés, amíg a gazdák gyakorlati tudását sokszor ignorálják a különböző alkalmazási szinteken a döntéshozók, kutatók (ŠŪMANE, KNICKEL, TISENKOPFS, STRAUSS, & ET.AL, 2016).

Ezek nem feltétlenül káros tendenciák, de a téma komplexitását figyelembe véve egyértelműen szükség van a kutatók, döntéshozók és gazdálkodók közötti együttműködésre. Kis túlzással kijelenthetjük, hogy a téma minden eddig ismert területét kutatják már, de ezek a kutatások sokszor egymástól elszigetelten valósulnak meg, így rontva a hatékonyságot és az innováció lehetőségét.

Sok esetben a haszonelvűség – a lassú megtérülés miatt – miatt olyan technológiák és kutatások maradhatnak parlagon – gondolok itt az elektromos meghajtású erőgépekre – amelyek hosszabb távon sokkal tovább vihetnék a fenntarthatóság fejlődését. Ezért szeretném hangsúlyozni a gyakorlati oldal (gazdálkodók) és az elméleti oldal (pl. kutatók) közötti együttműködés fontosságát, amelyre vannak jó példák (szakmai rendezvények, kutatók közötti együttműködések), de alapvetően hiánycikk a fenntartható mezőgazdaság körében.

Aktuális fenntarthatósági kihívások a globális élelmiszertermelésben

Az élelmiszertermelés a mezőgazdaság egyik fő, ha nem a legfőbb tevékenysége és célja, és a hazai élelmiszertermelés megfelelt a növekvő belső fogyasztás és az export állította kihívásoknak, az élelmiszertermelés karakteréből és felépítéséből kifolyólag magában hordozza a termelési folyamat által végzett környezet károsítás komoly veszélyét (HOLLÓ, KOVÁCS, 1982), (BRKLACICH, BRYANT, & SMIT, 1991), (MCKENZIE & WILLIAMS, 2015).

Ezek a környezetkárosító hatások súlyos helyzetet idéznek elő és nehéz dilemma elé állítják az emberiséget, a víz, a levegő és a talaj szennyezéssel, hogy csak néhány példát említsek. A dilemma egyszerűnek tűnik: élelmiszertermelés vagy a természeti környezet megóvása? Hogyan döntünk ebben a dilemmában, ha a mérleg mindkét oldala elengedhetetlen a túléléshez? Hinnünk kell abban, hogy az az élelmiszertermelés fenntarthatóvá tételével mindkét kihívásnak meg tud felelni a 21. századi emberiség. A továbbiakban ezt az irányt szeretném ismertetni.

Először is fontos megállapítanunk, hogy a fenntartható élelmiszertermelés nem tisztán mezőgazdasági, termelési probléma, mert ahogyan magát a fenntarthatóságot, úgy ezt is számtalan nem-mezőgazdasági tényező befolyásolja. Ilyen például az élelmiszerek utáni kereslet, az ellátási lánc hossza és típusa, vagy a jogi keretek. Különböző közgazdasági forgatókönyvek léteznek az élelmiszertermelés jövőjére vonatkozóan: (CSIMA, 2019)

- optimista (az élelmiszertermelés zökkenőmentesen ki tudja majd elégíteni a növekvő igényeket);
- pesszimista (az élelmiszertermelés nem tudja majd kielégíteni az igényeket);
- tradicionális (minden ország termelje meg a saját magának szükséges mennyiséget);
- nyugati országok modellje (a fejlett nyugati országok látják el haszonért a fejletlenebb országokat) – a legrealisabb, de fontos benne a fejletlen országok fizetőképessége, ezért törékenyebb modell.

Az élelmiszertermelés szegmensének ugyanakkor jelentős része mezőgazdasági, termelési megoldások útján közelíti meg a fenntarthatóságot, és a továbbiakban én is erről az oldalról szeretném megközelíteni a témát. A fenntartható élelmiszertermelés főbb feladatai:

- a víz-, levegő- és talajszennyezés csökkentése,
- a mezőgazdaság károsanyag kibocsátásának csökkentése,
- az input felhasználásának optimalizálása,
- több és tartalmasabb élelmiszer előállítása,
- foglalkoztatás növelése (HOBBS, 2006)

Egy 2017-ben megjelent FAO kiadvány a következő kihívásokat említi a fenntartható élelmiszertermelés kapcsán:

- Fenntarthatóan növelni a termelékenységet, a növekvő kereslet kielégítése céljából.
- Fenntartható természeti kincs készletek biztosítása.
- Klímaváltozás és természeti veszélyek megállapítása.
- Társadalmi különbségek csökkentése és a mélyszegénység felszámolása.
- Éhezés és alultápláltság megszüntetése.
- Az élelmiszer rendszerek hatékonyabbá, ellenállóbbá és több szolgáltatást lefedővé tétele.
- A migráció alapjainak megértése, a vidéki keresetek, munkahelyek javítási lehetőségeinek vizsgálata.
- Elhúzódó krízisek, katasztrófák, konfliktusok elleni ellenálló képesség kialakítása.
- Átterjedő élelmiszer rendszeri és mezőgazdasági veszélyek megelőzése.
- Összefüggő és hatékony nemzeti és nemzetközi kormányzás fontosságának bemutatása. (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2017)

Jól látszik, hogy amíg Hobbs 2006-ban megjelent könyvében a hangsúly a mezőgazdaságon belül a technológiákon, módszereken és azok fejlesztésén van, addig a FAO által 2017-ben megjelentetett kiadványban a hangsúly elsősorban a termelés és a mezőgazdaság stabilitásán van, legyen az politikai, gazdasági vagy társadalmi. Mind az ágazat ellenálló képességének növelésével, mind a fenntarthatóság technológiákkal ezt a célt kívánják elérni.

Látható továbbá, hogy amíg Hobbs (2006) listája csak a mezőgazdasággal foglalkozik, addig a FAO (2017) listája sokkal tágabb, szinte minden a mezőgazdaságot érintő, akár mezőgazdaságon kívüli kérdés is megtalálható benne.

Mint minden fenntartható ágazatnál, a három cél, a környezeti fenntarthatóság, a gazdasági fenntarthatóság és a társadalmi fenntarthatóság elérésére kell törekedni.

Erre sok módszer létezik, a különböző megközelítéseknek ötvözniük kell ezeket a módszereket, mint:

- az input anyagok csökkentése vagy kizárása (biogazdálkodás);
- a víz felhasználás és talajszennyezés csökkentése: Kiváló példa erre az AeroFarms által megteremtett technológia, ahol a növényeket benti körülmények között, termőföld nélkül, a fontos tápanyagokat vízpermet formájában megkapó zöldségtermesztés (CURIOSITY, 2016);
- levegő szennyezés csökkentése: Ezt leginkább a munkafolyamatok modernizálásával és a precíziós gazdálkodással lehet elérni, de léteznek egyéb innovációk is, pl.: elektromos hajtású erőgépek, új típusú membrán szűrők alkalmazása (HOLLÓ, SIVIK, & HALLSTRÖM, 1982); (SCHLESINGER, ANEJA, & ERISMAN, 2009) (DE SOTO, EMMI, GARCIA, ISAIAS, & DE SANTOS, 2015), (SCHROEDER, ÉS MTSAL., 2013);

- egyéb innovációk és kutatások: A főbb problémák részproblémáira való megoldások keresése és nagyobb, átfogó innovációk, kutatások is ide tartoznak

A mai élelmiszertermelésnek az intenzív növekedés és az azzal járó károkozások kiküszöbölésének egyensúlyát kell szem előtt tartania, a hatékonyság növelésével egyetemben. (CSÁKI, 1988), (FISCHER, ÉS MTSAL., 2012)

Mindezen célok és feladatok teljesítése lehetővé teszi, hogy megteremtjük a fenntartható élelmiszertermelést, amelynek számítások szerint 2050-re 9-10 milliárd embert kell majd eltartania mialatt a környezet károsítását kiküszöböli, munkahelyeket teremtven nagy létszámú csoportoknak (SMITH & GREGORY, 2013).

Habár ez lehetetlen feladatnak tűnik, láthattuk, hogy ez egy lehetséges, sőt, szükségszerű lépés is a világunk megőrzése szempontjából.

A családi gazdaságok fogalma, gazdasági sajátosságai

A családi gazdaság egy tág, eltérő módokon meghatározott fogalom, amely azonban a mindennapi életben és a jogi szabályozásokban is használatos, így célszerű a magyar termőföld szabályozásról szóló 2001. évi CXVII. Törvényt normának tekinteni, amely a következőként határozza meg a családi gazdaság fogalmát: „...legfeljebb 300 hektár nagyságú termőföld (ideértve a mező-, erdőgazdasági művelés alatt álló belterületi földet is) tulajdonával, illetőleg haszonbérletével, használatával rendelkező gazdálkodó család valamennyi termőföldje, az ahhoz tartozó leltárban megjelölt ingatlan és ingó vagyontárgyak (épület, építmény, mezőgazdasági berendezés, felszerelés, gép, állatállomány, készlet stb.) hasznosításával, legalább egy családtag teljes foglalkoztatásán és a többi családtag közreműködésén alapuló gazdálkodási forma...” (SZABÓ, 2010).

Családi gazdálkodó a családi gazdaságot a családi gazdaság központja szerint illetékes megyei (fővárosi) földművelésügyi hivatal nyilvántartásába bejegyeztető személy, aki:

- a családi gazdaság vezetőjeként annak tevékenységi körében jogokat szerezhet és kötelezettségeket vállalhat;
- hivatásszerűen mezőgazdasági, illetve mezőgazdasági és kiegészítő tevékenységet folytat;
- mezőgazdasági vagy erdészeti szakirányú képzettséggel rendelkezik, vagy ennek hiányában igazolja, hogy legalább 3 éve folytatja a mezőgazdasági, illetve mezőgazdasági és kiegészítő tevékenységét és ebből árbevétele származott;
- legalább 3 év óta a bejelentett állandó lakhelye a családi gazdaság központjaként megjelölt településen van (NEMZETI ADÓ ÉS VÁMHIVATAL, 2007).

Mint láthatjuk, a családi gazdaság fogalma jogilag pontosan meghatározott, ugyanakkor a különböző témák és nézetek által eltérően alkalmazott fogalom.

A családi gazdaságok száma és gazdasági súlya az elmúlt években csökkent, az egyéni gazdaságok számával egyetemben, nem ideszámítva a háztáji, nem életvitelszerűen gyakorolt mezőgazdasági tevékenységeket. Ugyanakkor fontos kijelenteni, hogy az egyéni gazdaság nem

egyenlő a családi gazdasággal, hiszen, mint láhattuk, ahhoz, hogy egy gazdaságot családi gazdaságként tartsanak számon, szigorú feltételeknek kell megfelelni.

A 2000-ben összeírt 959 ezer darab egyéni gazdaság 2016-ra 416 ezer darabra csökkent (KSH, 2016), ami egybeesik a mezőgazdasági területként Magyarországon felhasznált földterület csökkenésével (KSH, 2018). Ezzel szemben, a gazdasági társaságok számában kisebb növekedés megfigyelhető (KSH, 2016), ami arra enged következtetni, hogy a kisebb gazdaságok helyét a nagyüzemek veszik át, a kisebb termelők tömegei hagytak fel a mezőgazdasági tevékenységekkel. Fontos adat ugyanakkor, hogy amíg az mezőgazdasági terület csökkent, addig a szántóterületek nagysága nem vagy alig változott.

A családi gazdaságok gazdasági súlya csökkent ugyan, de még mindig jelentős, hiszen ezek a gazdaságok a vidéki foglalkoztatás, a bio- és technológiai diverzitás, a mezőgazdasági valamint a vidékfejlesztési programok, stratégiák alapját képezik (SVRZNJAK, KANTAR, JERCINOVIC, & KAMENJAK, 2014), (FERTŐ, 1999/2).

Utolsó gondolatként megszeretném említeni, hogy az Európai Unióban fontos cél a fiatal gazdák piacra lépésének ösztönzése és támogatása, akik döntő részben családi gazdálkodók, és elsősorban kisüzemi méretben folytatják tevékenységet. Az EU Közös Agrárpolitikájában a 2000-es évek elejétől egyre hangsúlyosabban jelenik meg ennek a gazdálkodói rétegnek a célzott támogatása. Feltételezhetően ez a fiatal réteg az, amelyik fogékonyabb az innovációra és érdekeltbb is talán a jövő nemzedékéért, így talán a fenntarthatóság is velük érhető el a leghatékonyabban.

Fenntartható technológiák alkalmazása a családi gazdaságokban

A fenntartható mezőgazdaság alkalmazása bonyolult folyamat, a fogalom összetettségét nézve, ugyanakkor a különböző nézetek technológia orientáltsága ezt ellensúlyozva megpróbálja minél egyszerűbben, technológiai-technikai oldalról megoldani a problémát. Mind az új innovációk megjelenése, mind a már bevált technológiák alkalmazása kiemelten fontos a mezőgazdaság fenntarthatóvá tételéhez. E tanulmány célja a családi gazdaságok által használt és használható technológiák bemutatása, figyelembe véve, hogy az átlagos családi gazdaságok méretei 30-100 ha között ingadoznak (BARANYAI & TAKÁCS, 2007).

Látható, hogy a nagyobb technológiai beruházások túl magas kockázatot jelentenek a családi gazdaságok nagy részére nézve, ezért számukra a fenntartható gazdálkodás csupán gazdasági, társadalmi, ritkán jelentkezik ezek mellett a környezeti fenntarthatóság is fő célként. Éppen ezért a fenntartható mezőgazdaságnak mindhárom cél elérésére, és a célok elérésének megkönnyítésére kell fókuszálnia. Szerencsére léteznek törekvések a célok egyesítésére, amelyek a családi gazdaságoknak is elérhetőek relatíve alacsonyabb tőkeigény mellett. A következőkben néhány ilyen technológiát szeretnék ismertetni.

Az egyik legkézenfekvőbb módszer, a precíziós gazdálkodás, amely mind környezeti, mind gazdasági, és a gazdasággal egyetemben általában társadalmi célok megvalósítása felé törekszik, ugyanakkor elmondható, hogy alapmotivációja a gazdasági érdekek előtérbe helyezése. A precíziós gazdálkodás lényege, hogy a növénytermelés során az adott tábla tulajdonságaihoz (tápanyagtartalom, tápanyag feltáró képesség), a növényállomány fejlettségéhez (tőszám, beállottság), valamint a károsító szervezetek (gyomborítottság, fertőzöttség), az időjárás és várható alakulása (fertőzés dinamikája) ismeretében történik az

eltérő táblarészeknek megfelelően a célzott kezelés. Mindez azt jelzi, hogy a tényleges helyzetnek megfelelően annyi kemikália kerül kijuttatásra, amely az elvárt hozam realizálásához szükséges (TAKÁCSNÉ GYÖRGY, 2003-2006). Előnye, hogy csökkenthetjük a költségeinket, a talajrombolást és az egyéb szennyezéseket, hátránya, hogy nagyobb méretű befektetést igényel, amennyiben nem csak egy részét szeretnénk a gazdaságunkba adaptálni.

Külön említést érdemel a helyspecifikus növényvédelem, amely nemcsak a precíziós gazdálkodás részeként, de külön álló technológiaként is előnyös, mert mind a költségeket, mind a környezeti károkat csökkentheti a termelékenység fenntartásával (ez igaz a precíziós gazdálkodásra is), ugyanakkor a precíziós gazdálkodástól eltérően nem igényel nagyobb méretű befektetést.

Ezen kívül még létezik igen sok alternatív technológia, amelyek nagyrésze a hulladék újra-hasznosításra helyezi a hangsúlyt, mint például: ételpazarlás csökkentése, csomagolások, üzemanyagok, kemikáliák újra-hasznosítása (SZÜCS, 2018).

Meg kell még említenünk a biogazdálkodást és annak különböző válfajait, amelyek általában az input anyagok, nagyrésztben a különböző kemikáliák kizárását veszik alapul, természetes módszerekkel helyettesítve a mesterséges növényvédelmet. Ezt szigorú rendelkezések szabályozzák és teljes átállást követel a gazdálkodóktól, ezáltal nem biztos, hogy a legjobb választás, ezek mellett ráadásul fontos faktort képeznek benne a helyi adottságok is (NAGY, 2004).

Szintén említésre méltó még az agrárerdészet, amely a szántóföldi növénytermesztés és az erdészet kombinációjával, mind a környezeti (méhlegelők, időjárás viszonyosságaitól védelem, faanyag és gyümölcsösök, talaj és levegő védelme), mind a gazdasági (ipari fa, faanyag, gyümölcsösök, növények termelékenységének növelés, rekreációs turizmus) fenntarthatóságához hozzáadó technológia. A hazai agrárerdészetek nagy része állattartással kombinált rendszer, feltételezhetően a kisebb fenntartási költségek miatt.

Hazánkban is hagyománya van a technológiának, de csupán mostanában éli reneszánszát, a technológián belüli újításoknak és a fenntarthatóság terjedésének köszönhetően (VITYI, KISS-SZIGETI, & KOVÁCS, 2018).

Pluszként még hadd említsem meg, hogy ezek mellett fontos a hatékony és fenntartható energiagazdálkodási technológiák alkalmazása is, amely a gazdálkodók házának energia hatékonnyá tételétől egészen az egyes gépek, felszerelések, akár egész folyamatok energia hatékonnyá tételéig terjednek, mert minden energiát, általában elektromos áramot használ, így ezzel is költségeket spórolhatunk és szennyezést csökkenthetünk (DINYA, 2010/8).

Összefoglalva, nem létezik tökéletes technológia, amely minden célt maradéktalanul elérhetővé tesz, de a technológiák kombinálásával, kutatások összehangolásával egyre közelebb kerülhetünk ezen célokhoz, és nem utolsó sorban egyre olcsóbban elérhetővé válnak, amely megkönnyíti a gazdaságban nagy, ugyanakkor egyenlőre csökkenő számban jelenlévő családi gazdaságok modernizációját és fenntarthatóvá tételét, amely egy igen jelentős szempont, mind a környezet védelme, mind a gazdaság, mind a társadalom szempontjából, könnyítve így minden szektor fejlődését, a világunk megóvásával.

Fenntarthatóság három pillére

A fenntarthatóság három oszlopa, környezeti, gazdasági és társadalmi fenntarthatóság egymással szorosan összefügg, inkább gyűjtő fogalom, mint egzakt fogalom, a legelterjedtebb fogalma „A jelen generáció szükségleteinek kielégítése anélkül, hogy a következő generációk lehetőségeit erre csökkentenénk”

A fenntarthatóság, gazdasági, környezeti és társadalmi értékek összeütközéséből született kompromisszum, egy integrált szemlélet, amely a nyereségesség elérését, a környezet szennyezése nélkül, a társadalmi értékek fenntartásával kívánja elérni. Az, hogy ezt a három fogalmat pilléreként emlegetjük, jól tükrözi, hogy a felelős fenntarthatóság nem nélkülözheti egyik elemet sem, egyszerre fejezve ki a bolygó, az emberek és a profit véleményét.

Általában a legnehezebb feladat, ezeknek a pilléreknek az érdekeit egyensúlyba hozni, de sokszor még a pillérekben is konfliktusok akadnak az egyes érdek csoportok között, ezért sokszor az egy pilléren belüli kompromisszum előtérbe kerül a pillérek közötti kompromisszummal szemben.

Mind három pillér, mindhárom dimenzió erőteljesen egymásba fonódott, így mind pozitív, mind negatív hatásokat fejtenek ki egymásra, ezért a pillérek közötti együttműködésre törekvés a fenntarthatóság-orientált döntéshozás legnagyobb feladata, ezért is fontos megtalálni a legelőnyösebb, nyert-nyert szituációkat a gyakorlatban, elméleti kompromisszumokkal karöltve. A fentiekből levezethetően látszik, hogy a fenntarthatóság, a fenntartható fejlődés rendszerekben gondolkodást igényel. Jó példa erre, az energia takarékos házak koncepciója, amelynél az energia megtakarítással pénzt spórolunk és csökkentjük a kiadásainkat, ezzel potenciálisan növelve a társadalmi jólétet. Ugyanakkor még nem teljesen meghatározott, a fenntarthatóság pilléreinek mely elemei azok, amelyek elválaszthatatlanul egymásba kapcsolódnak a gyakorlatban (HANSMANN, MIEG, & FRISCHKNECHT, 2012).

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kiterjesztési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BONDESAN, V. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Pigs and poplars: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/42_Pigs_and_poplars.pdf
- BRKLACICH, M., BRYANT, C., & SMIT, B. (1991). Review and appraisal of concept of sustainable food production systems. *Environmental management*, 1-14.
- BURGESS, P., CHINERY, F., ERIKSSON, G., PERSHANGEN, E., PÉREZ-CASENAVE, C., & GIANNITSOPOULOS, M. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Economic benefits of grazed apple orchards in England: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/24_Economic_benefits_of_grazed_apple_orchards_in_England.pdf
- CACERES, Y., PULDIO, F., & GERARDO, M. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Tree regeneration in grazed wood pastures: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/04_Tree_regeneration_in_grazed_wood_pastures.pdf
- CORROYER, N. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Apple orchards grazed in France:

- https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/23_Apple_orchards_grazed_in_France.pdf
- CURIOSITY. (2016). Forrás: curiosity.com: https://curiosity.com/topics/this-huge-indoor-vertical-farm-represents-the-future-of-farming-curious?utm_source=androidapp&fbclid=IwAR2EmLL1ib-bJO8er1fz4BYktVB4zxZ0Ukr0Uq_PQ_1NBSFVDEhdq60aIdI
- CSÁKI, C. (1988). *Az agrárfejlődés dilemmái a rendszerelemzés tükrében*. Budapest: Akadémiai kiadó.
- CSIMA, F. (2019. október 14.). Agrárgazdaságtan. Kaposvár.
- DE SOTO, M., EMMI, L., GARCIA, I., ISAIAS, G., & DE SANTOS, P. (2015). Reducing air pollution with hybrid-powered robotic tractors for precision agriculture. *Biosystems Engineering*, 79-94.
- FERTŐ, I. (1999/2). A magyar mezőgazdaság strukturális problémái az Európai Unió csatlakozás tükrében. *KTK/IE Műhelytanulmányok*, 24-26.
- FISCHER, A., BEERS, P., VAN LATESTIJN, H., ANDEWEG, K., JACOBSEN, E., MOMMAAS, H., VELDKAMP, A. (2012). Transforum system innovation towards sustainable food. A review. *Agronomy, for sustainable development*, 595-608. Forrás: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-011-0067-4>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *The future of food and agriculture, trends and challenges*. Róma, Olaszország.
- GÁTHY, A. (2006/20). A fenntartható mezőgazdaságra vonatkozó koncepciók – a nemzeti fenntartható fejlődési stratégia. *Agrártudományi Közlemények*, 45-47.
- HANSMANN, R., MIEG, H., & FRISCHKNECHT, P. (2012). Principal sustainability components: empirical analysis of synergies between the three pillars of sustainability. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 451-459.
- HARTEL, T. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Grazing and biodiversity in Transylvanian wood pastures: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/14_Grazing_and_biodiversity_in_Transylvanian_wood_pastures.pdf
- HARTEL, T. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Protecting large old trees in wood pastures: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/13_Protecting_large_old_trees_in_wood_pastures.pdf
- HERNANDEZ-ESTEBAN, A., & MORENO, G. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Establishing pastures rich in legumes: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/01_Establishing_pastures_rich_in_legumes.pdf
- HOBBS, P. (2006. március 20-24). *researchgate*. Forrás: https://www.researchgate.net/profile/Peter_Hobbs/publication/231897330_Paper_Presented_at_International_Workshop_on_Increasing_Wheat_Yield_Potential_CIMMYT_Obregon_Mexico_20-24_March_2006_Conservation_agriculture_What_is_it_and_why_is_it_important_for_the_future
- HOLLÓ, J., SIVIK, B., & HALLSTRÖM, B. (1982. szeptember 9-11). *Food industries and the Environment*. Budapest, Pest, Magyarország: Akadémiai kiadó.
- Innovation Leaflets - Agforward*. (2020). Forrás: AGFORWARD: <https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html>
- Ksh*. (2016). Forrás: http://www.ksh.hu/agrarcenzusok_agrarium_2016
- Ksh*. (2016). Forrás: http://www.ksh.hu/agrarcenzusok_agrarium_2016_tablak
- Ksh*. (2018). Forrás: http://www.ksh.hu/docs/hun/agrar/html/tab11_3_1.html
- LUSKE, B., ALTINALMAZIS, A., & ROELEN, S. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Fodder trees for micronutrient supply in grass based dairy systems: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/44_Fodder_trees_for_micronutrient_supply_in_grass_based_dairy_systems.pdf
- MCADAM, J. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Key challenges of orchard grazing:

- https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/25_Key_challenges_of_orchard_grazing.pdf
- MCKENZIE, F., & WILLIAMS, J. (2015). Sustainable food production: constraints, challenges and choices by 2050. *Food security*, 221-233.
- MORENO, G. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Grazing sheep under walnut trees:
https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/16_Grazing_sheep_under_walnut_trees.pdf
- MOSQUERA-LOSADA, M. R., FERNANDEZ-LORENZO, J. L., RIGUEIRO-RODRIGUEZ, A., & FERREIRO-DOMINGUEZ, N. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Mulberry Morus spp for livestock feeding:
https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/43_Mulberry_Morus_spp_for_livestock_feeding.pdf
- Nemzeti adó és vámhivatal. (2007). Forrás: nav.gov.hu:
https://nav.gov.hu/data/cms23242/inf_fuzet_2007_21.pdf
- NOVAK, S. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Fodder trees on dairy farms:
https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/45_Fodder_trees_on_dairy_farms.pdf
- PALMA, J. H., OLIVERIA, T. S., GERARDO, M., CROUS DURAN, J., & AMARAL PAULO, J. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Modelling livestock carrying capacity in montados:
https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/06_Modelling_livestock_carrying_capacity_in_montados.pdf
- SCHLESINGER, W., ANEJA, V., & ERISMAN, J. (2009). *ACS Publications*. Forrás: pubs.acs.org:
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es8024403>
- SCHROEDER, J., DELHAIZE, E., FROMMER, W., GUERINOT, M., HARRISON, M., HERRERA-ESTRELLA, L., SANDERS, D. (2013. Május 02.). *Nature*. Forrás: [Nature.com](https://www.nature.com):
<https://www.nature.com/articles/nature11909>
- SMITH, J. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Combining organic livestock and bioenergy production:
https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/46_Combining_organic_livestock_and_bioenergy_production.pdf
- SMITH, P., & GREGORY, P. (2013. február). *Cambridge university press*. Forrás: [cambridge.org](https://www.cambridge.org):
https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/DE02043AE462DF7F91D88FD4349D38E7/S0029665112002832a.pdf/cli_mate_change_and_sustainable_food_production.pdf
- ŠŪMANE, S., KNICKEL, K., TISENKOPFS, T., STRAUSS, A., & ET.ALL. (2016. július 30). *Researchgate*. Forrás: [researchgate.com](https://www.researchgate.com):
https://www.researchgate.net/profile/Talis_Tisenkopfs/publication/314162826_Local_and_farmers%27_knowledge_matters_How_integrating_informal_and_formal_knowledge_enhances_sustainable_and_resilient_agriculture/links/5a42a4b4458515f6b04fd4b2/Local-and-farmer
- SVRZNJAK, K., KANTAR, S., JERCINOVIC, S., & KAMENJAK, D. (2014). *Rurális Turizmus - Bevezetés a desztináció menedzsmentbe*. Krizevci: Mezőgazdasági Főiskola, Krizevcki.
- SZABÓ, G. G. (2010). *Econ Core*. Forrás: [econ.core.hu](https://www.econ.core.hu):
http://www.econ.core.hu/file/download/szgg/csaladi_gazdasag.pdf
- VALKÓ, G. (2017). *Ksh*. Forrás: [Ksh.hu](https://www.ksh.hu):
<http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/pdf/muhelytanulmanyok10.pdf>
- VARGA, A. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Restoration of abandoned wood pasture:
https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/12_Restoration_of_abandoned_wood_pasture.pdf
- VELTEN, S., NEWIG, J., JAGER, N., & LEVENTON, J. (2015). *mdpi*. Forrás: [mdpi.com](https://www.mdpi.com):
<https://www.mdpi.com/2071-1050/7/6/7833/hum#B22-sustainability-07-07833>

- VITYI, A., KISS-SZIGETI, N., & KOVÁCS, K. (2018). *Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet*. Forrás: publicatio.uni.sopron.hu: http://publicatio.uni-sopron.hu/1619/1/5VA_210_EMK_IL_u.pdf
- WESTAWAY, S. (2017. 11). *Agforward*. Letöltés dátuma: 2020, forrás: Silvopoultry establishing a sward under the trees: https://www.agforward.eu/index.php/hu/1922.html?file=files/agforward/documents/leaflets/40_Silvopoultry_establishing_a_sward_under_the_trees.pdf

FENNTARTHATÓSÁG ÉS ANNAK A LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA AZ EGYÉNI GAZDÁLKODÓK KÖRÉBEN – 2. RÉSZ: PRIMER EREDMÉNYEK

HERKE CSABA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

csabaherkeh@gmail.com

Bevezetés

A kutatás céljainak vizsgálatához jelen dolgozatban olyan módszertant választottam, amely feltárhatja az egyén magatartásának mögöttes indokait is. Ezért döntöttem a kvalitatív kutatáson belül a mélyinterjú alkalmazása mellett, annak feltáró jellege miatt. Ezt tartottam szükségesnek ahhoz, hogy azonosíthatóvá váljon a családi gazdálkodók fenntarthatóságához való viszonya.

Anyag és módszertan

Az interjúkat megelőzően – a szakirodalmi kutatásom alapján – interjúvázlatot készítettem a fenntarthatóság különböző aspektusai szerint: eszerint a kérdéseim a környezeti fenntarthatóság mellett a gazdasági tudatosságra, valamint a társadalmi felelősségvállalásra irányultak.

Interjúalanyaim kiválasztásakor nem törekedtem a teljes sokaság vizsgálatára, részsokaságot sem állapítottam meg, hanem a látókörömben lévő gazdálkodók közül kerestem fel több gazdát kérdéseimmel, melyek közül 4 gazda volt segítségemre válaszaival – az adatgyűjtésem tehát nem reprezentatív. Az interjúkat 2020. március-április között bonyolítottam le személyesen.

Az interjúk során szerzett információkat összesítettem, a kapott eredményeket elemeztem, mely során sikerült azonosítanom a gazdák fenntarthatóságról alkotott képét, és a véleményük szerinti fenntarthatóságát a gazdaságaiknak.

Eredmények és értékelésük

A továbbiakban a mélyinterjúk kutatás eredményeit ismertetem, amelyben a feltett kérdéseket a következő 3 három témakörre osztottam: gazdasági tudatosság, társadalmi felelősségvállalás, környezeti fenntarthatóság. A gazdasági tudatosság esetén kíváncsi voltam a gazdaság információ szerzésiének módjára, a beruházásainak megtervezésére, fejlesztési terveire, tartalékképzéseire. A társadalmi felelősségvállalás esetén – többek között – a gazdaság helyi közösség életében betöltött önkéntes munka, anyagi támogatás, civil, vagy szakmai szervezetek munkájában betöltött szerepvállalása után érdeklődtem. A környezeti fenntarthatóságnál érdekelt a gazda hozzáállása a környezetgazdálkodásra vonatkozó előírásokról, de emellett az is érdekelt, hogy honnan szerzi ismereteit az alternatív, környezetkímélő agrártermelési rendszerekről, hogyan hasznosítják a melléktermékeket, használnak-e megújuló energiaforrásokat.

Az 1. interjúalany által kapott eredmények ismertetése

Az első alanyomról elmondható, hogy fiatal, házas, végzettségét tekintve mezőgazdasági mérnök, a gazdálkodást östermelőként végzi, de elsődleges munkahelye egy 3000 egyedes létszámú tejtermelő tehenészeti telep, ahol társtelepvezető. Másodlagosan foglalkozik körülbelül 0,8 hektáron gyümölcsstermesztéssel, amelyből nagyjából 0,5 hektáron folytat

gyümölcsfákkal való gazdálkodást, a maradék 0,3 hektáron cserjés és palántás gyümölcsöket termeszt, elsősorban málnát és epret.

1. számú alanyom a gazdaság nyereséges működtetéséhez szükséges információkat legfőképpen az internetről, néhány agrárportálról szerzi be, de más fajta, vagy eddig ismeretlen, új weboldalak információit is igénybe veszi, de nem keres rájuk aktívan. Ezek mellett még az elsődleges munkahelyen lévő újításokat is figyelembe venné, de ott sajnos ritkák az újítások és azokat sem igazán lehet a kertészetben alkalmazni, (pl. egy új trágyakihordó, vagy etető automatika nem sok előnyt jelent a kertészetre nézve).

A fenntartható működés kérdéskörénél az ismerősökkel való párbeszéd nyújt számára segítséget a fentiekén kívül.

A beruházásokat általában jóval előre, legalább olyan 4-5 évvel előre megtervezi. Azt is elmondta ugyanakkor, hogy egy nagyon jó ajánlat felülírhatja a terveket, ahogy történt ez tavaly is, amikor egy használt kustraktor beszerzése a régi beszámíttatásával és minimális befektetéssel kihagyhatatlan ajánlatnak tűnt számára, és – bár nem volt betervezve – élt is a lehetőséggel.

Fejlesztési terveivel kapcsolatban megtudtam, hogy azok mindenképpen technológiai fejlesztések, mint ahogyan a tavalyi kustraktor vásárlás is volt, de emellett még a kézi munka igény kiváltása a legnagyobb célja, ami egy nagyon nehéz feladat. Céljai közt említette még emellett az EU-s és a hazai pályázati lehetőségek maximális kihasználását is.

Tartalékképzéséről elmondta, hogy mivel fő állásához tartozó keresetét jónak ítéli, a kertészet eredményeinek nagyrészt vagy vissza tudja forgatni a gazdálkodásába, vagy a számlán tudja tartani szükség esetére.

Megtudtam továbbá, hogy az 1. számú alanyom a helyi közösségekben a helybéli lakosoknak az idénymunkák felajánlásával vállal szerepet, szakmai körökben pedig östermelői és kamarai tagságával vállal szerepet, de nem rendelkezik a kutatóintézetek körében kapcsolatokkal. Megemlítette még, hogy bármely érdeklődővel szívesen megosztja szakmai információit, tapasztalatait.

Az Európai Unió környezetpolitikájáról alkotott nézeteiről megtudtam, hogy az alapvető ideálokat jónak tartja, de a rendszert életszerűtlennek és könnyen kijátszhatónak tartja, amelyet véleménye szerint ki is játszanak, itt példaként említette a kötelező talajvizsgálatot, ahol nem lehet lekövetni a minták származását. Azt is elmondta, hogy kevés ismerettel rendelkezik a környezetkímélő agrártermelési rendszerekről, amelyet legfőképpen az internetről szerzett be, illetve kevés szakmai konferenciáról. Megújuló erőforrásokkal nem rendelkezik, és tervben sincs azok alkalmazása.

A gazdaságban termelt melléktermékeket elsősorban alkohol előállításra alkalmazza, másodsorban komposztként használja fel, amit szerves trágyaként használ fel, harmadsorban a felesleges, éghető anyagokat a szegényebb családoknak osztják szét.

Ugyanakkor megtudtam azt is, hogy lehetségesnek tartja a jövedelmezőségi és környezetvédelmi szempontok összeegyeztetését a mezőgazdaságban, példaként említette az esővizes öntözést, és említette, hogy ők maguk is használnak környezetkímélő eljárásokat, ezek a sorköz művelés elhagyása és a tyúkhúr általi gaz elnyomatás, viszont azt is említette, hogy a két szempontot nem minden esetben lehet összhangba hozni, példaként a permetezést említette.

A 2. interjúalany által kapott eredmények ismertetése

Második alanyomról elmondható, hogy középkorú, évtizedek óta mezőgazdasággal foglalkozó, főállású családi gazdálkodó, őstermelő, aki végzettségét tekintve mezőgazdasági technikusival egyenrangú végzettséggel rendelkezik, házas és körülbelül 70 hektáron foglalkozik szántóföldi növénytermesztéssel, főleg gabonanövényekkel, amelyek mellett jelentős a napraforgó és a kukorica termesztés is.

2. interjú alanyomról megtudtam, hogy a gazdaság gazdaságos működéséhez szükséges információkat kereskedőktől, felvásárlóktól, és a többi gazdától szerzi be, míg a gazdaság fenntartható működéséhez az információit az internetről.

Beruházásait előre tervezi, de nagy jelentősége van a hirtelen ajánlatoknak, döntéseknek is. Fejlesztési tervei között szerepel a géppark fejlesztése, elsődlegesen az amortizáció miatt, illetve új területek vásárlása.

A szélsőséges évekre pénztartalék képzésével és maradék anyagok gyűjtésével készül fel, ezek mellett növénybiztosítást is fenntart, elsődlegesen napraforgóra.

Megtudtam továbbá, hogy a 2. számú alanyom a helyi közösségi életben a helyi önkormányzatnak végzett gépi munkával vállal részt, kisebb földek megművelésével, hóeltakarítással. Szakmai szervezetekben nem vállal részt, csak őstermelői, kamarai és földbizottsági tagsággal rendelkezik, nem rendelkezik kutatóintézeti kapcsolatokkal. Emellett megtudtam, hogy információit, tapasztalatait leginkább a többi gazdával való párbeszéd során osztja meg, de minden érdeklődővel is szívesen megosztja őket.

Az Európai Unió szabályozással kapcsolatos véleményéről megtudtam, hogy a szabályozást életszerűtlennek, átgondolatlanoknak, a vegyszer kivonásokat negatívnak tartja, ezért is nem természet már évek óta repcét és ezért is minimalizálta az ugaroltatott területeit. A környezetkímélő termelési rendszerekről kevés információval rendelkezik, azt is elsősorban az internetről szerzi.

A gazdaságban a melléktermékeket a szalma felbálázásával és a szármaradványok visszaforgatásával hasznosítja, amíg megújuló energiaforrásokkal nem rendelkezik, de tervezi napelemek felszerelését.

A környezetkímélő technológiák közül a méhkímélő permetezést, és a vegyszerek használatának csökkentését alkalmazza, utóbbit elsődlegesen mechanikai gyomirtás és GPS irányítású, szakaszolható permetezővel való kijuttatással éri el. Lehetségesnek tartja a környezetvédelmi és jövedelmezőségi szempontok összeegyeztetését bizonyos helyzetekben, például a forgatás nélküli talajműveléssel, de bizonyos helyzetekben nem tartja lehetségesnek, például a permetezésnél.

A 3. interjúalany által kapott eredmények ismertetése

Harmadik alanyomról elmondható, hogy fiatal és házas mezőgazdasági technikus, őstermelőként és fiatal gazdaként gazdálkodik nagyjából 50 hektáron, ahol szántóföldi növénytermesztés keretében elsősorban gabonanövényeket termeszt, amelyek mellett jelentős a kukorica és napraforgó termesztés is, kevésbé jelentős mennyiségben repcét is termeszt.

A gazdaság fenntartható és gazdaságos működéséhez szükséges információit elsősorban az internetről és a többi gazdával való beszélgetésből szerzi be. Beruházásait előre megtervezi, de

csak részlegesen, a konkrét vásárlást egy hirtelen ajánlat hatására szokta megtenni. Fejlesztési céljai között elsősorban a géppark fejlesztése és új területek növelése áll, de említette, hogy új növények termesztését is kipróbálná. Szélsőséges évekre anyag maradékok és pénztartalék tárolásával készül fel.

Megtudtam továbbá, hogy a 3. számú alanyom a helyi közösségekben a helyi önkormányzatnak végzett gépi munkával vállal részt. Szakmai szervezetekben nem vállal részt, csak östermelői, kamarai és földbizottsági tagsággal rendelkezik, nem rendelkezik kutatóintézeti kapcsolatokkal. Információit leginkább más gazdákkal osztja meg, de említette, hogy bármely érdeklődővel szívesen megosztaná azokat.

Az Európai Unió környezetvédelmi szabályozásáról alkotott véleményével kapcsolatban megtudtam, hogy a szabályozást szigorúnak, de könnyen kijátszhatónak tartja, amelyben negatívak a vegyszer kivonások és kevés tér jut a gazdálkodóknak a szabályozás testreszabásában.

Az alternatív, környezet kímélő rendszerekről kevés információval rendelkezik, nagyrészt az internetről és a többi gazdától. A gazdaság melléktermékeit bálázásként, és a szármadarványok beforgatásaként hasznosítják, megújuló energiaforrásokkal nem rendelkezik, de tervei között szerepel egy termálfűtési kút és kertészet kialakítása.

A környezetkímélő eljárások közül a forgatás nélküli talajművelést és a vegyszerek használatának csökkentését alkalmazza, előbbinél említette, hogy a kötött talajokon sokszor muszáj elvégezni a forgatást, az utóbbinál pedig a vegyszerek hatóanyag csökkenését és ezzel a permetezés szükségességét említette, amelyről úgy tartja, hogy nem lehet a tevékenység során összeegyeztetni a környezetvédelmi és a jövedelmezőségi szempontokat, ugyanakkor más tevékenységben lehetségesnek tartja, például a forgatás nélküli művelésnél.

A 4. interjúalany által kapott eredmények ismertetése

Negyedik interjúalanyomról elmondható, hogy egyedülálló mezőgazdasági technikus, aki tevékenységét fiatal gazdaként és östermelőként végzi. Elsődlegesen szántóföldi növénytermesztéssel foglalkozik 40 hektáron, amelyben főképp gabona növények mellett napraforgót és kukoricát termeszt, jelentős repce termesztéssel kiegészítve, amelyek mellett 19 egyedlétszámos háztáji húsmarha tartással is foglalkozik.

A gazdaságának fenntartható és gazdaságos működtetéséhez szükséges információt elsősorban az internetről és a többi gazdával való párbeszéd alapján szerzi.

Beruházásairól megtudtam, hogy előre tervezi meg őket, felkészülve az előre nem látható meghibásodásokra, miközben megtudtam, hogy jelenlegi fejlesztési céljai elsőként a terület növelés a célja, másod sorban géppark fejlesztés, és tervezi még az istálló modernizációját is, amelyek fontosságát ugyanakkor a háztáji gazdálkodásban megkérdőjelezi.

A szélsőséges időszakokra elsősorban pénz és anyag tartalékkal készül fel, amelyek mellett növénybiztosítással is rendelkezik, elsősorban napraforgóra és búzára.

Megtudtam továbbá, hogy a 4. számú alanyom a helyi közösségekben a helyi önkormányzatnak végzett gépi munkával vállal részt. Szakmai szervezetekben nem vállal részt, csak östermelői, kamarai és földbizottsági tagsággal rendelkezik, nem rendelkezik kutatóintézeti kapcsolatokkal. Információit leginkább más gazdákkal osztja meg, ugyanakkor említette, hogy

internetes fórumokon is aktívan részt vesz, amellett pedig minden érdeklődővel is szívesen megosztja azokat.

Az Európai Unió szabályozásról alkotott véleményéről megtudtam, hogy a szabályozást életszerűtlennek, túl szigorítottnak tartja, a támogatási rendszert pedig nem egyenlőnek és hiányosnak.

A környezetkímélő rendszerekről kevés információval rendelkezik, azt is főképpen az internetről és a többi gazdától szerezte be, amelyek közül a vegyszerek mennyiségének csökkentését és a pontos, éves talajvizsgálaton alapuló trágyakijuttatást alkalmazza.

A gazdaság melléktermékeit bálázással, a szármadarványok beforgatásával, szerves trágya kijuttatással és ritka esetekben marhahús eladással hasznosítja. A gazdálkodáshoz egyenlőre nem tartozik megújuló energiaforrás, de tervezi napelem felszerelését.

Lehetségesnek tartja a jövedelmi és környezetvédelmi szempontok összhangba hozását, például az előbb említett trágya kijuttatásnál, de nem minden esetben példaként említette a permetezést és a hús felhasználásának szigorú szabályait az így keletkező nagy veszteség arányát.

Következtetések

Gazdasági tudatosság:

Interjúalanyaikkal folytatott beszélgetés során világossá vált, hogy az információszerzésük során szembe tűnően magas az internet és a többi gazdával folytatott párbeszéd fontossága, súlya. Emiatt nagyon fontosnak tartom az előbbi az agrárportálok pontos és hiteles információinak fontosságát, meglétét. Emellett érdemes az utóbbi a gazdák közötti együtt működés fontosságát kiemelni ki, azt, hogy figyelnek egymásra. Emellett még kiderült az is, hogy a gazdálkodók a meglévő forrásokat nem használják ki megfelelően, ugyanis csak kevés információval rendelkeznek, különösen igaz ez a különböző újítások témakörében. A javaslatom ebben az irányban a szakmai rendezvények jelentőségének növelése, azok interneten történő kommunikációja, mint információ források, illetve a gazdálkodók felé a meglévő források fokozott használatának ajánlása, biztosítása.

A beruházások előre tervezettek, ugyanakkor a gazdák a hirtelen helyzetekre való igyekeznek felkészülni, mind pénztartalék, mind anyagtartalék formájában. Ezek alapján elmondható, hogy a gazdálkodók megpróbálnak a lehető legbiztonságosabban működni egy egyébként erősen ingadozó szektorban, amely fontos tényező a beruházások, hitelek tervezésekor a gazdálkodók felé.

Érdemes megemlíteni még, hogy szinte minden szántóföldi növénytermesztést folytató gazda a technológiai fejlesztés mellett – amely minden gazdánál tervként jelen van – a gazdálkodási terület növelését tűzte ki célul. Ez – véleményem szerint – , amely egy öngerjesztő fejlődési folyamatra enged következtetni, amelyben a több területhez jobb gépek szükségeltetnek, majd a jobb gépekkel több területet lehet művelni, majd a több területhez ismét jobb gépek szükségeltetnek, hogy a hatékonyság érdekében lehessen művelni.

Társadalmi felelősség:

A fent láthatóak alapján, a gazdálkodók által az önkormányzatnak végzett gépi munka, mint egyetlen társadalmi jelenlét, és a szakmai szervezetek tagságának hiánya is alátámasztja, hogy a gazdák álláspontjában a társadalmi felelősség, mint a fenntarthatóság egyik pillére a

leggyengébb „láb”. A kutatóintézményekkel való kapcsolat hiánya nem meglepő ilyen kis gazdaságot üzemeltető gazdáknál. Figyelemre méltó ugyanakkor a tény, hogy a gazdák álláspontjai szerint bárkivel szívesen megosztanak információkat, akik érdeklődnek, ám ennek a lehetőségét mégsem használják ki. Javaslatom egy gazdákat közvetlenül bevonó, akár egy szakmai rendezvényeken kívüli párbeszéd indítványozása, akár egy vélemény felmérés alapján elkészített adatbázis létrehozása, amely közvetlenül elérhető is lehetne a gazdák számára. Így lehetne egy nyert-nyert helyzetet kialakítani, és a gazdákat a társadalmi felelősségvállalás és az információik szabad megosztása felé orientálni.

Környezeti fenntarthatóság:

Figyelemre méltó a gazdák uniós szabályozásról alkotott képe, amelyben azt életszerűtlennek, túlszigorítottnak, mégis könnyen kijátszhatónak vélik. Ez ellen csak egy még könnyebben elérhető és közérthető adatbázis felállítását tudom javasolni.

A tény, hogy a gazdák nem rendelkeznek információval az alternatív termelési rendszerekről és a tény, hogy a gazdák nem rendelkeznek megújuló energia forrásokkal, és a terveik között is a napelem dominál, arra enged következtetni, hogy sem az érdeklődési körükbe nem tartozik, sem megbízható információ nem áll a rendelkezésükre a témával kapcsolatban.

A gazdák, habár használnak környezet kímélő eljárásokat, de jelentős tényező, hogy a megkérdezett gazdák nagy része a vegyszer használat csökkentését használja, említette, mint környezet kímélő módszer. Emellett viszont ugyanakkor az is jól látszik, hogy minden gazda, mint környezet szennyező tevékenységként említette a permetezést, amely alapján elmondható, hogy a gazdák a permetezést egyfajta szükséges rossznak tartják, amely nélkül nem lehetne termelni. Ez mind a technológia, mind a gazdák beállítottságából is adódik, így a legfontosabb lenne ebben a témában a környezetkímélő vegyszerek kifejlesztése, meglétét felkutatni, összerendezni, és azokról információkkal ellátni a gazdákat.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

SZAKÉRTŐI VÉLEMÉNYEK AZ AGRÁRERDÉSZETRŐL – 1. RÉSZ: ELMÉLETI ALAPOK

HORVÁTH JOLÁN

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

jolan.horvath93@gmail.com

Bevezetés

A mezőgazdasági termelés során egyre több kihívással kell szembenéznük a gazdálkodóknak. Az alapvető funkció, mint az egészséges élelmiszer termelés mellett olyan tényezőket is szem előtt kell tartani, mint a természetvédelem és a biológiai sokféleség megőrzése. A mezőgazdaság fejlődésével azonban bizonyosságot nyert, hogy a fokozott intenzifikáció következtében károsodott a természeti környezet. Az agrárerdészeti rendszerek létrehozása egy korszerű megoldást jelenthet a felmerült problémák kezelésére, amelynek köszönhetően egyaránt teljesülhet a fenntartható gazdálkodás és a versenyképes termelés (SALÁTA, 2017; KRUMMENACHER et al., 2008). Az agrárerdészet egy olyan komplex rendszerként értelmezhető, amely magában foglalja az állattenyésztés, a növénytermesztés és az erdészeti gazdálkodás egyidejű alkalmazását (SALÁTA et al., 2013; VITYI, 2014).

Az agrárerdészet nem újfajta termelési módszer, hiszen nagy hagyományokra tekint vissza. A fejlett országokban az intenzív művelés és a tulajdonviszonyok átalakulása miatt azonban fokozatosan elkülönült egymástól a növénytermesztés, állattenyésztés és az erdészeti gazdálkodás. Európa szerte is hasonló tendencia figyelhető meg, hiszen kulcsfontosságú szerepet játszott az agrárerdészeti rendszerek üzemeltetése mindaddig, amíg a modern mezőgazdasági gyakorlatok elterjedése miatt mára háttérbe szorult. Hazánkban az agrárerdészeti gazdálkodás szintén széles körben ismert és elterjedt módja volt a földhasználatnak (VITYI et al., 2017; SANTIAGO-FREIJANES et al., 2018; KESERŰ, 2014).

Az agrárerdészet fogalmi keretei

Az agrárerdészet fogalmi meghatározására többféle variációt is találunk a szakirodalmi források tanulmányozása során. A szerzők az agrárerdészet, agrárerdészet és agro-erdő gazdálkodás kifejezéseket egymás szinonimájaként alkalmazzák a különféle publikációkban. Ennek megfelelően a dolgozatban felváltva használok majd a kifejezéseket.

A FAO meghatározása szerint az agrárerdészeti gazdálkodás olyan földhasználati rendszer és technológiák együttes neve, amelyben fás évelő növényeket (pl.: fa, cserje, palma, bambusz) ugyanazon földkezelési egységeken használják, mint a szántóföldi növényeket és/vagy állatokat, valamilyen térbeli formában és időbeli sorrendben. Az agrár erdőgazdálkodás dinamikus, ökológiai tényezőkön alapuló természeti erőforrás gazdálkodási rendszerként is definiálható (FAO, 2015). A gazdálkodás célja, a gazdasági és ökológiai előnyök kihasználása, amely az interakciókon alapul. A konvencionális termelési módszerekhez képest még további környezeti és társadalmi előnyöket is biztosíthat (KESERŰ et al., 2018). A többcélú rendszerek alkalmazása az ökológiai és gazdasági előnyök optimalizálását nyújtja, amiben több ezer típusú,

különböző fás és lágyszárú növények termesztését és haszonállatok tartását integrálják az adott hely körülményeihez igazítva (VITYI et al., 2017).

A meghatározások szerint olyan módszernek tekinthető az agrárerdészet, amely magában foglalja a fenntartható földhasználat kritériumait. Ez alatt értendő a természeti erőforrásokat optimalizáló, tudatos tevékenység kombinációk kialakítása, amellyel teljesíthető a mezőgazdaság multifunkcionalitásának megteremtése is (SANTIAGO-FREIJANES et al., 2018).

Az agrárerdészeti földhasználati módszerek közös ismérvei:

- Az agrárerdészet általában két vagy több növényfajt érint, amelyek közül legalább az egyik fás vegetációt jelent,
- A rendszernek mindig legalább két outputja van,
- A termelési ciklus hosszabb, mint egy év,
- A legegyszerűbb agrárerdészeti rendszerek is összetettebbek ökológiai és gazdasági szempontból is, mint a monokultúras gazdálkodással hasznosított területek (NAIR, 1993).

Az agrárerdészeti rendszerek típusai, jellemzése

Az agrárerdészeti rendszereket attól függően, hogy mely tevékenység dominál, kétféleképpen tudjuk elkülöníteni. Ha az adott területen a fás vegetáció mellett az állattartás jelenik meg, akkor úgynevezett Silvopastorale, ha pedig a növénytermesztés a jelentősebb kultúra akkor Silvoarable rendszerekről beszélünk. Az állattenyésztéssel kombinálható kultúrák lehetnek: fás legelők, legelőerdők, kaszált aljú gyümölcsösök és erdészeti célú telepítések legeltetése. A növénytermesztéshez kapcsolható rendszerek lehetnek: mezővédő erdősávok, fasor közteskultúrák, extenzív vadgyümölcs sövények, energiatermelő sövények, szántóterületen lévő szoliterek és magassági szintvonalak mentén kivitelezett fásítások (NYÁRI, 2006).

A fő agrárerdészeti rendszereket a következőképpen lehet jellemezni:

- Szántó és fák együttes rendszere: széles térállásban elhelyezkedő fák, amelyek alatt szántóföldi növénytermesztés folyik. A kombináció előnye abban tapasztalható, hogy a szántóföldi termények éves bevételi forrást jelentenek, míg a fás vegetáció hosszabb távon akumulálja a jövedelmet.
- Fás legelő rendszer: különféle fás vegetációk és legeltető állattartás kombinációja. Az adott terület egészén széles hálózatban, csoportosan vagy tömbben kialakított fákból áll, amely alatt legeltetés, illetve jellemzően takarmánytermesztés folyik, a táji adottságoknak és a gazdálkodói igényeknek megfelelően. Kialakításának elsődleges előnye, a haszonállatok életfeltételeinek javításában rejlik.
- Erdészeti gazdálkodás: erdőterületeken termelhető étkezési, gyógyászati és/vagy díszítő célra felhasználható növények hasznosítása.
- Pufferzónák, mezővédő és part menti védősávok: a természetes vagy telepített mezővédő erdősávok vagy pufferzónák az egyes táblák között helyezkednek el, vagy érzékeny területeket védenek. Fás vegetáció és cserjék alkotják, függőlegesen és vízszintesen is jól záródó szerkezetűek, állhat egy vagy több fasorból is, melyek

különböző táblák között helyezkednek el. A szél erejének csökkentése révén hozzájárul a sáv mellett vetett növények vagy tartott állatok életfeltételeinek javításához.

- Többcélú erdészeti rendszer, szórványgyümölcsösök: gyümölcsfák és legelő vagy szántó kombinációja.

Az előbbi felsorolás esetében definiált rendszerek között nem lehet minden esetben éles határvonalat húzni. Ennek oka, hogy a magán földtulajdonosok mind gazdasági mind szakmai értelemben más-más érdekekkel rendelkeznek. Ezért lehet sokféle kombinációjú termesztési technológiákkal találkozni, hiszen alapvető cél mindenki számára a nyereséges termelés (KESERŰ, 2014; BOROVIČS et al., 2017; SZALAI és DÓSA, 2018).

Az agrárerdészeti rendszerek fő típusai mellett a következő kiegészítő tevékenységek is alkalmazhatók:

- A gyógy- és dísnövények termesztése,
- Gyümölcstermesztés, ha a fásítás részben gyümölcsfákkal történik,
- Méhészet, ha a fátelépítés során méhlegelő fajok kerülnek a rendszerbe,
- Gombatermesztés, ha a fásítás mikorrhizált gyökérzetű csemetékkel történik
- Külterjes baromfitartás fásítással védett területen
- Vadgazdálkodási élőhely fejlesztés fásítással (SZALAI és DÓSA, 2018).

Az agrárerdészet jelentősége

A konvencionális gazdálkodási gyakorlatok számos társadalmi és környezeti problémát idéztek elő. Éppen ezért a hátrányok kiküszöbölésére olyan intézkedéseket kell bevezetni, amelyek hozzájárulnak az éghajlatváltozás, a biodiverzitás csökkenésének, a talajdegradációnak, a vízhiánynak és a társadalmi rendszerekben bekövetkező károk felszámolásának. Az intenzifikációt háttérbe szorítva, szélesebb térben kell értelmezni a társadalmi és környezeti célokat a fenntarthatóság jegyében. A klímaváltozás hatásai a mezőgazdasági termelés során elsőkézből érzékelhetőek, hiszen a gazdálkodás leginkább az éghajlati tényezőktől függ, amelyekhez alkalmazkodni kell. Meg kell fékezni a talajok és az ökoszisztémák folyamatos romlását, hiszen ez veszélyezteti az élelmiszertermelés fenntarthatóságát. Az agrárerdészet jelentős szerepet játszhat a gazdálkodók éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodásához. Ebben két kulcsfontosságú tényezőt kell megemlíteni, a szénmegkötést és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését (HERNÁNDEZ-MORCILLO et al., 2018; WALDRON et al., 2017). A szokványos mezőgazdasági tevékenységek során számos negatív következmény kialakulásával kell számolni. Ide sorolhatjuk a talajeróziót, a műtrágyahasználatból adódó magas nitráttartalmú talajvizet és a biodiverzitás csökkenését. A szélsőséges időjárási viszonyok, a vízhiány, az árvizek és belvizek gyakoribb megjelenése mind-mind hátrányosan érinti a természeti környezetet, végső soron pedig a mezőgazdasági termelés mennyiségi és minőségi paramétereit. Az agrárerdészeti rendszerek létrehozásával azonban sok szempontból kedvező hatást lehet gyakorolni a termelés és a környezet minőségére (KISS-SZIGETI és VITYI, 2017).

A multifunkcionális mezőgazdaság megközelítésének újbóli felismerését pont az eredményezte, hogy az intenzív gazdálkodás nem tekinthető optimális földhasználati

módszerek a termőföldek jelentős hányadán. A gazdálkodóknak ebből kifolyólag figyelembe kell venniük más lehetőségeket is, szem előtt tartva azt, hogy ezeket a földterületeket milyen más módszerrel tudják biztonságosabban és eredményesebben hasznosítani (SZALAI és DÓSA, 2018).

Az agrárerdészeti földhasználati módok közös ismérve, hogy a különböző ágazatok kombinációjával és a megfelelő technológia alkalmazásával a rendszer elemi kölcsönhatásba kerülnek egymással. A kedvező hatások pedig mind ökológiai mind gazdasági vonatkozásban is érvényre jutnak, amely révén egy fenntartható gazdálkodás jöhet létre. A megfelelő technológia kiválasztásával és alkalmazásával akár 30%-kal magasabb területi termelékenységet is el lehet érni a monokultúras termesztéshez viszonyítva vagy az erdőből származó faanyagot tekintve. Ennek oka, hogy a fák együttese növeli a biodiverzitást, véd a szélsőséges időjárási körülményektől, valamint kedvezőbb mikroklimát teremt. A haszonállatok számára is kedvező feltételeket teremt a fás vegetáció, ami a termelésük mennyiségi és minőségi javulásában is megmutatkozik (VITYI et al., 2018; KAESER et al., 2011). A kölcsönhatás abban a tekintetben érvényesül, hogy a fás területeken legeltetett állatok ürüléke képes növelni a talaj termőképességét, ami növeli a termés hozamát. A fák lombja, gallya, termése pedig takarmánycént hasznosítható abban az esetben, ha nem áll rendelkezésre megfelelő fűhozam a legelőkön. A fásítás következtében a növények számára is javulnak a víz és tápanyag ellátási tényezők, hiszen a fák gyökérrendszerre mélyebb talajrétegből képes biztosítani azokat a szántóföldi kultúrák számára. Az együttesen kialakított rendszerben elhelyezett fák csökkentik a szél sebességét ezáltal hozzájárulnak a talaj kiszáradásának csökkentéséhez és a szél eróziójának mérsékléséhez. A mikroklima befolyásoló hatás kiemelkedő, hiszen a magasabb relatív páratartalom és az enyhébb sugárzás következtében csökken a légköri aszály mértéke. A haszonállatok számára kedvező feltételeket biztosít a fás vegetáció, mert árnyékot ad és hozzájárul az átlaghőmérséklet csökkentéséhez is (BOROVICS et al., 2017; NAHM és MORHART, 2017). A gazdasági előnyök a termelők számára a jövedelemszerzési lehetőségek terén érzékelhetők. Emellett az agrárerdészet révén magasabb hozamot lehet elérni összességében egy adott terület egységre nézve úgy, mintha a különféle hasznosítási módokra külön-külön kerülne sor. A rendszerek létrehozásához pedig támogatás is igényelhető. A társadalmi vonatkozásban pedig a foglalkoztatottságban betöltött szerep és a vidéki lakosok helyben tartása a kiemelkedő. A konvencionális gazdálkodással szemben pedig olyan környezetvédelmi szempontokat lehet figyelembe venni, mint a szénmegkötés, a talaj- és a vizek védelme, ökológiai folyosók kialakítása, védett fajok élőhelyének védelme, peszticid terhelés csökkentése és az extenzív állattartás hagyományainak megőrzése. Az agrárerdészet sajátossága még, hogy megfelelő körülményeket teremt a méhészeti tevékenységnek is (HONFY et al., 2016; SZALAI és DÓSA, 2018).

Agrárerdészet nemzetközi kitekintésben

Az agrárerdészet, mint többcélú földhasználati rendszer, a fejlődő országokban nagy jelentőséget képvisel, hiszen a mélyszegénységből való felemelkedést jelenti. A szántóföldi kultúrák és az erdőgazdálkodás tudatos kombinációjával, többféle vegetáció együttes termesztésével, valamint a melléktermékek hasznosításával alternatív jövedelemforrást biztosít (HONFY et al., 2016).

Indiában az agrárerdészetnek jelentős hagyományai vannak. A mezőgazdasági haszonnövények közé fás vegetációt is ültet a falusi népesség. A fátételepítéseket jellemzi, hogy általában

vízfolyások mellett, fasorokban, sávokban történnek. A víz közelsége, a trópusi éghajlat és a nagy növénytér intenzív növekedést és 5-6 éves vágásfordulót biztosít. A gazdák bevonásának elősegítése érdekében kutatásokat folytatnak, ahol másféle klimatikus zónában alkalmazható fás vegetációk és kultúrnövények kombinációit vizsgálják. Az eredmények alapján termesztési eljárásokat ajánlanak a gazdálkodóknak. Összesen hat különböző agrárerdészeti modellt fejlesztett ki az Indiai Erdészeti Tudományos Intézet, amelyet széles körben alkalmaznak India északi területein. Meghatározó szerepet játszik a cukornád és a búza, de emellett megjelenik a chari, fűz, burgonya, kukorica, bajra és a kurkuma is. Punjab tartományában olyan köztestermesztési rendszert dolgoztak ki, ahol 4x6 méteres ültetési hálózatban imafüzérfa, kukorica és búza is megtalálható. India déli részén pedig olyan agrárerdészeti rendszerek terjedtek el, ahol teakfa, akác, illetve kazuárfa is megtalálható, ami bizonyíthatóan magasabb jövedelmezőséget eredményez. A fejlesztések része még a gyorsan növő fajok agrárerdészetben történő alkalmazhatóságának vizsgálata is, valamint a gyógynövénytermesztés népszerűsítésére is sor kerül, hiszen alternatív jövedelemforrásként funkcionál. Az ipari faanyag szükséglet kielégítésére pedig eukaliptusz hibrideket, valamint teakfa klónokat tesztelnek. Az Indiában működő agrárerdészeti kutatások sikerességének kulcsa a közvetlenség. A bemutató agrárerdészeti rendszerek létrehozásával a vidéki lakosság számára is érthetőek és kézzel foghatóak a kutatási eredmények (BOROVICS és SOMOGYI, 2018). Eredményeik és módszereik hazai adaptálása mindenképpen megfontolandó.

Törökország területén az állami erdészet révén indított agrárerdészeti programok által valósítanak meg mintaültetvényeket, emellett fasorok között művelhető földterületeket ajánlanak fel és képzési programokat is indítanak. Ennek célja, a gazdálkodás jövedelemtermelő képességének növelése révén, a vidéki munkavállalók helyben tartása. Igen pozitív tapasztalatok származnak az erdő és a gyümölcsös kombinált rendszeréből. Elsősorban itt az áfonya bükkösök és elegyes tölgyesek alá történő telepítéséről esik szó. A bükkfán történő gombatermesztés szintén fontos területét jelentheti a vidékiek helyben tartásának. Ebben az esetben a kivágás után a tuskó felső részéről levágnak egy korongot, ahova döntően laskagomba oltóanyagot tesznek, ezt követően a korongot visszahelyezik. A módszer segítségével biztosítható egy minimális beruházással járó, olcsó és könnyű termelés. Egy éves viszonylatban mindez 42 kg fogyasztásra vagy értékesítésre alkalmas gombamennyiséget jelent a gazdálkodó számára. Figyelemre méltó a nyarasokban zajló köztestermesztés is. Ebben a rendszerben a nyárállomány alatt tőköt, kukoricát, szóját termesztetnek a gazdák. A lombkorona záródása esetén pedig különféle aromanövényeket lehet telepíteni. A hagyományos erdőgazdálkodás és a vadon termő növények kombinálása révén alakult ki a „Food Forestry”. A rendszerben megtalálható növények egymástól elkülönült szinteken termesztetők. Jellemző, hogy lombkoronaszinten dió, gesztenye, alsó lombkoronaszinten galagonya, som, cserjeszinten áfonya vagy csipkebogyó termesztetők. A kúszó növények közül a szőlő, takarónövényként a kakukkfű, a földalatti növényként pedig az őszi sáfrány telepíthető (BOROVICS és SOMOGYI, 2018).

A világ legnagyobb agrárerdészeti rendszere az afrikai kontinensen kerül kialakításra. A terület a gyakorlatban egy kelet-nyugat irányban lévő 7000 km hosszúságban átszelő, észak-dél irányban pufferezónákkal együtt maximum néhány száz kilométeres sávot jelent. Az APGMV, a Pánafrikai Nagy Zöld Fal Kezdeményezés 11 országot magába foglaló nemzetközi szervezet. Az együttműködés elsődleges célja, hogy a helyi közösségek aktív bevonásával a sivatag elterjedését megfékezzék. A megvalósítás keretében a Száhel-övezet térségeinek fejlesztése

történik meg. Mindeközben a klímaváltozás, talajpusztulás, árvizek, túllegeltetés, égetéses gazdálkodás és migrációs kérdésekre is megoldást keresnek. Már elkezdtek a földterületek biztosítását, az újra erdősítést és a vízkészletek feltárását, mobilizálását. Szocioökonómiai szempontból célként jelenik meg a munkahely teremtés, a szegénység és az alultápláltság elleni küzdelem, valamint az alapvető szociális szolgáltatásokhoz való hozzáférés biztosítása. A végrehajtás során a legjelentősebb eszköz az integrált közösségi gazdaságok rendszere. Ennek keretében öt problémára keresnek megoldást, úgy mint: az ökoszisztéma újítása, egészségügy, oktatás, ivóvíz, illetve szennyvíz tisztítás, valamint a megújuló energiák. A projektek megvalósításán belül a következőkben gondolkodnak: baromfitenyésztés, kiskérődzők tenyésztése, édesvízi akvakultúra, méhészet, kertészet, energiatermelés, ivóvíz, illetve öntözővíz biztosítása. Többek között olyan problémákra próbálnak megoldást találni, mint az elsivatagosodás, jelentős demográfiai nyomás, csapadék mennyiségének csökkenése (SOMOGYI, 2018).

Az agoerdészeti rendszerek előnyeinel a mikroklíma befolyásoló hatás az egyik legjelentősebb. Ebből kifolyólag terjedtek el ezek a rendszerek a forró és száraz éghajlatú Marokkóban. A térségben a pásztoroló állattartásnak vannak nagy hagyományai, ahol számottevő részben juhokat és kecskéket tartanak. Egységes rendszerekről ugyan nem lehet beszélni, de a fő szempont, hogy úgy gazdálkodjanak, hogy védjék az erdőket és elősegítsék a fák megújulását. Az egyedek árnyékot adnak, almot és lombot képeznek. Később termést érlelnek, illetve építési alapanyagot és tüzelőt is biztosítanak. A fás vegetáció szerves részét képezik többek között az argánfa, olajfa, szentjánoskenyérfa és pisztácia. Az argánfa a száraz területeken csaknem az egyetlen megélhetési forrást jelenti. A legmostohább körülmények közepette is jövedelmező gazdálkodást biztosíthat, hiszen termése nagyértékű. Az olajfaültetvények köztes művelése igen elterjedt gyakorlatnak számít. A szentjánoskenyérfa szintén nagy jelentőségű fajnak tekintendő. A felhasználása igen sokrétű, hiszen a szentjánoskenyeret az élelmiszeriparban, kozmetikai területen, papírgyártásban és állati takarmányozásban is alkalmazzák. A jojobát és a pisztáciát elsősorban olajos magjáért termesztik, de levele legeltetésre is alkalmas. (BOROVICS et al., 2017).

Bulgáriában kiemelt figyelmet fordítottak az agrárerdészeti rendszerek létrehozására, tekintettel az energiaváltságra valamint a növekvő üzemanyagárakra. Jó eredményeket értek el olyan rendszerek kialakításában, mint a véderdők, erdőgazdálkodás és a gyorsan növő fafajok tekintetében. Az ültetvényekben pedig kiváló minőségű diót, mogyorót, mandulát és vadcseresznyét is termesztnek. Romániában, Dél-Erdélyben nagyterületen találhatóak fás legelők. A területeken az agrárerdészeti rendszerek kialakítását a zárt tölgyerdők legeltetésével kezdték kialakítani. Csehországban a kiscgazdaságokban olyan agrárerdészeti rendszereket alakítottak ki, ahol elsősorban fákat, gyümölcsösöket és szántóföldi kultúrákat kombinálnak (VITYI et al., 2017).

Az Európai Unió tagországaiban összesen 15,4 millió hektárnyi területen tartanak nyilván agrárerdészeti rendszereket. Ez az arány az összes terület 3,6%-át, míg a mezőgazdasági hasznosítású területek 8,8%-át jelenti. Legnagyobb részben állattartással kombinált agrárerdészeti rendszerek vannak jelen. A fás vegetációval kialakított növénykultúrák 1,1 millió hektáron, míg a szántóföldi növénytermesztéssel összevont agrárerdészeti rendszerek 358 ezer hektáron találhatóak meg. A fák és különféle növények komplex rendszerén belül a

legeltetett rendszerek 0,85 millió hektárt és a köztestermesztéssel hasznosított területek 0,22 millió hektárt jelentenek (VITYI et al., 2018).

Európában az agrárerdészeti rendszerek a legnagyobb területen a mediterrán vidékeken fordulnak elő. Ezeken a területeken a gazdálkodók már évezredek óta folytatják ezt a tevékenységet. A leginkább számottevő országok közé sorolhatjuk Spanyolországot, Portugáliát és Görögországot, ahol 3, másfél illetve 1 millió hektárnyi agrárerdészeti terület található. Sajnálatos módon ezeknek a rendszereknek a kiterjedése folyamatosan csökken. Portugáliában és Spanyolországban elsősorban a legeltetéses állattartás a meghatározó, ideértve a paratölgy és ibér sertés kettőst. Görögországban döntően a biogazdaságok és a kisgazdaságok tevékenységére jellemző ez a termesztési módszer, kiemelten a növénytermesztésben. Komplex rendszerek megtalálhatóak még Görögországon kívül Olaszországban is, ide sorolhatók az ültetvényes vagy legeltetett olívaültetvények. A következő évtizedekben Franciaországban pedig 500 ezer hektáron kívánnak agrárerdészeti gazdálkodást kialakítani. Az Egyesült Királyság területén az állattenyésztést a szórványgyümölcsösökkel kombinálják annak érdekében, hogy a javuló komfortérzet révén jobb minőségű és magasabb értékkel rendelkező terméket tudjanak előállítani. Az egyik ilyen lehetőség a tojástermelés, amely a fás vegetáció között lévő szabad tartású tyúkoktól származik. A tyúkok ebben az esetben magas fehérjetartalmú táplálékot kapnak a kártevők elfogyasztásával, valamint a beteg gyümölcsök felcsipegetésével növényvédelmi hasznot is jelenthetnek. A szigetországban ennek nagy hagyománya van, ezért kulturális örökségként tekintenek rá (KESERŰ et al., 2018; LOVRIC et al., 2018; SOMOGYI, 2014; BOROVIČS et al., 2017).

Az agrárerdészet magyarországi helyzete

Az agrárerdészet fogalmának ismerete még nem általánosan ismert Magyarországon, annak ellenére, hogy ez a földhasznosítási módszer nagy hagyományokra tekint vissza, hiszen már évszázadok óta alkalmazott tevékenység az agráriumban. A kisparaszti gazdálkodás keretein belül igen jellemző volt a tanyák fásítása, a facsoportok telepítése a legelőkön, a mélyen fekvő területek fás vegetációval történő hasznosítása vagy éppen az utak, vízfolyások mentén fasorok kialakítása. A későbbiekben a nagybirtokos, majd a nagyüzemi mezőgazdaság térnyerésével került sor a tervszerűen telepített mezővédő erdősávok kialakítására. Ezen rendszerek felszámolását az egyre inkább elterjedő légi növényvédelmi gyakorlatok tették szükségessé (VITYI, 2014). Az utóbbi évtizedekben a fás legelők és a mezővédő erdősávok területi felmérése történt csak meg. A fás legelők területe nagyjából 8000 hektárra, a mezővédő erdősávok pedig 16 000 hektárra becsülhetők. Az agrárerdészeti területek összességében Magyarország 0,4%-án található meg, 38 100 hektáron, ami a mezőgazdasági művelés alatt álló területek 0,8%-át jelenti. Az állattartással kombinált rendszer a területek 95%-án található meg, ami túlnyomórészt fás legelő. A köztestermesztésre használt területek 2 000 hektáron terülnek el, amelyek alapvetően faanyag előállítását szolgálják (VITYI et al., 2018). Varga disszertációjában a fásszárú növények és az állattartás kapcsolatáról, különösen a fáslegelők tájtörténetéről, természetvédelmi helyzetéről és elterjedéséről értekezik. A kutatásában arra a megállapításra jutott, hogy a hagyományosnak tekinthető legeltető állattartás során jelentős szerepet játszottak a fáslegelők, cserjések, valamint erdők és erdőszélek mind a sertés, juh és a szarvasmarha esetében is. A hazai fáslegelők térinformatikai adatbázisának létrehozása révén pedig 33 000 hektárnyi területet sikerült lehatárolnia és jellemeznie, amelynek 88%-a már 50 évvel korábban is fáslegelő volt. Ezen területek 26%-ról részletesebb tájhasználati, ökológiai

és természetvédelmi információk is rendelkezésre állnak. Az elmúlt 200 évben a fás-erdős rendszerek legeltetése országos viszonylatban kiemelkedő szereppel bírt a tájhasználatban (VARGA, 2017). Ez a típusú agrárerdészeti rendszer legnagyobb kiterjedésben az Észak-Alföldön, a Dunántúli-Középhegységben és a Dél-Dunántúlon fellelhető, de többnyire felhagyott, becserjésedő állapotban. Az elmúlt néhány évben némi változás azonban megfigyelhető, az elhanyagolt fáslegelő kapcsán. Egyre inkább növekvő tendenciát mutat a területtel kombinálható, ehető vadnövények iránti érdeklődés. Ezt támasztja alá, hogy az ország több pontján is megkezdtek a felhagyott fáslegelők cserjeirtását és legeltetését. Az újonnan kialakítandó élőhelytípusoknál pedig támogatás is rendelkezésre áll (VARGA és MOLNÁR, 2013). Egy adott földterületen a következő agrárerdészeti rendszerek megvalósítása támogatható (első kivétel esetén): szántóföldi kultúrával kombinált agrárerdészeti rendszer újonnan történő létrehozása, (872 eurónak megfelelő Ft/ha támogatás), gyepgazdálkodással kombinált fás legelő vagy fás kaszáló újonnan történő létrehozása, (1652 eurónak megfelelő Ft/ha támogatás), mezővédő erdősáv létrehozása (1682 eurónak megfelelő Ft/ha) (SZÉCHÉNYI, 2019).

Közép-európai viszonylatban egyedüli országgént hazánk kezdte meg az EU 222-es intézkedés, (az agrárerdészeti rendszerek első létrehozása mezőgazdasági földterületeken) végrehajtását. Ennek célja, hogy elősegítse a fás legelők létrehozását, valamint hasznosítását, ezzel segítve a hagyományos tájjellegű gazdálkodás fenntartását és a mozaikos tájszerkezet kialakítását. Az intézkedés emellett előmozdítja a lakosság helyben tartását és kibővíti a jövedelemszerzési lehetőségeket a kedvezőtlen adottságú területek esetén és a Natura 2000 területeken is (KESERŰ, 2014).

Összefoglalás

A szekunder kutatás során különféle publikációkat tanulmányoztam át nyomtatott és online formában. A szekunder kutatás első részében az agrárerdészet fogalmi meghatározásait mutattam be. Ezt követően került sor a különböző agrárerdészeti rendszerek tipizálására és jellemzésére. Ezután bemutatásra került a komplex gazdálkodási gyakorlat jelentősége ökológiai, gazdasági és társadalmi szempontból. Végül áttekintettem, hogy milyen típusú agrárerdészeti rendszereket hoztak létre világszerte, Európai majd hazai viszonylatban.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitorési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- A. KAESER, F. SEREKE, D. DUX, F. HERZOG: Agroforstwirtschaft in der Schweiz. *Agrarforschung Schweiz* 2 (3) 128-133 (2011)
- A. WALDRON, D. GARRITY, Y. MALHI, C. GIRARDIN, D.C. MILLER, N. SEDDON: Agroforestry can enhance food security while meeting other sustainable development goals. *Tropical Conservation Science* volume 10. 1-6 (2017)
- BOROVICS A., HONFY V., SOMOGYI N.: Agrárerdészet Marokkóban. *Erdészeti Lapok* 152 (10) 321-323 (2017)
- BOROVICS A., SOMOGYI N.: Agrárerdészeti tapasztalatok a világban. In: Gyuricza Csaba, Borovics Attila (szerk.): *Agrárerdészet*. S-Press 5 Kft., Gödöllő, 2018, 41-73.
- BOROVICS A., SOMOGYI N., HONFY V., KESERŐ ZS., GYURICZA CS.: Agrárerdészet, a klímatudatos, természetközeli termelési mód. *Erdészeti Lapok* 152 (6) 178-182 (2017)
- FAO: Agroforestry definition. 2015 Letöltés dátuma: 2019.10.30. <http://www.fao.org/forestry/agroforestry/80338/en/>
- HONFY V., BOROVICS A., SOMOGYI N., KESERŐ ZS.: Mi fán terem az agrárerdészet? NAIK Kutatói Utánpótlást elősegítő Program I. Szakmai Konferencia. Gödöllő, 2016. március. 3. 95-99
- J.J. SANTIAGO-FREIJANES, A. PISANELLI, M. ROIS-DÍAZ, J.A. ALDREY-VÁZQUEZ, A. RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. PANTERA, A. VITYI, B. LOJKA, N. FERREIRO-DOMINGUEZ, M.R. MOSQUERA-LOSADA: Agroforestry development in Europe: Policy issues. *Land Use Policy* 76 144-156 (2018)
- J. KRUMMENACHER, B. MAIER, F. HUBER, F. WEIBEL: Ökonomisches und ökologisches Potenzial der Agroforstwirtschaft. *Agrarforschung* 15 (3) 132-137 (2008)
- KESERŐ ZS.: Agrárerdészet Magyarországon. *Erdészeti Lapok* 149 (2) 49-50 (2014)
- KESERŐ ZS., BOROVICS A., HONFY V.: Agrárerdészet, a klímatudatos és fenntartható gazdálkodás módja. *Debreceni Szemle* 26 (1) 76-81 (2018)
- KISS-SZIGETI N., VITYI A.: Amit az agrárerdészetéről tudni érdemes. *Őstermelő* 21 (4) 48-49 (2017)
- M. LOVRIĆ, M. ROIS-DÍAZ, M. DEN HERDER, A. PISANELLI, N. LOVRIĆ, P. J. BURGESS: Driving forces for agroforestry uptake in Mediterranean Europe: application of the analytic network process. *Agroforestry Systems* 92 (4) 863-876 (2018)
- M. NAHM, C. MORHART: Multifunktionalität und Vielfalt von Agroforstwirtschaft. *Bäume in der Landwirtschaft- von der Theorie in die Praxis*. 17-24 (2017)
- M. HERNÁNDEZ-MORCILLO, P. BURGESS, JACONETTE MIRCK, A. PANTERA, T. PLIENINGER: Scanning agroforestry-based solutions for climate change mitigation and adaptation in Europe. *Environmental Science and Policy* 80 44-52 (2018)
- NYÁRI L.: Az agroerdő-gazdálkodás termelési rendszerei. *Agrár-Erdészeti Jegyzetek* (3) 1-4 (2006)
- P.K. RAMACHANDRAN NAIR: *An Introduction to Agroforestry*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1993, 14
- SALÁTA D.: Az Északi-középhegység fás legelőinek tipológiája és természetvédelmi vonatkozásai. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, 2017. 5-8
- SALÁTA D., VARGA A., PENKSZA K., MALATINSZKY Á., SZALAI T.: Agrárerdészeti rendszerek és alkalmazási lehetőségeik a hazai ökológiai gazdálkodásban. *Animal welfare, etológia és tartástechnológia* 9 (3) 315-320 (2013)
- SOMOGYI N.: Agrárerdészet Európában. *Erdészeti Lapok* 149 (2) 46-48 (2014)
- SOMOGYI N.: A világ legnagyobb agrárerdészeti rendszere. *Erdészeti Lapok* 153 (5) 162-165 (2018)
- SZALAI K., DÓSA I.: Agrárerdészet. A többcélú mezőgazdasági területhasználat. *Vidékfejlesztési Kézikönyv 1. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara*, 2018, 3-20
- SZÉCHÉNYI 2020 (2019): Pályázati felhívás: VP5-8.2.1-16 Agrárerdészeti rendszerek létrehozása. Letöltés dátuma: 2019.11.05. <https://www.palyazat.gov.hu/node/60681/revisions/93011/view#>
- VARGA A.: A magyarországi fáslegelők, legelőerdők és az erdei legeltetés tájtörténeti, etnoökológiai és természetvédelmi szempontú vizsgálata. PhD értekezés, Pécsi Tudományegyetem, 2017. 117-118
- VARGA A., MOLNÁR ZS.: Ehető vadgyümölcsök és gombák gyűjtése egy bakonyi fáslegelőn. *Dunántúli Dolgozatok A: Természetudományi Sorozat* 13. 93-102 (2013)
- VITYI A.: Első Magyar Agrárerdészeti Fórum. *Erdészeti Lapok* 149 (12) 405-406 (2014)

- VITYI A., KISS-SZIGETI N., KOVÁCS K.: Az agrárerdészet magyarországi helyzete. In: Kutatások a 210 éves Erdőmérnöki Karon, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, 2018, 34-40.
- VITYI A., M. R. MOSQUERA-LOSADA, R. BOREK: The role of Agroforestry Innovation Networks in rural development of the Eastern-European Region. Rural Areas and Development 14 301-310 (2017)

SZAKÉRTŐI VÉLEMÉNYEK AZ AGRÁRERDÉSZETRŐL – 2. RÉSZ: MÉLYINTERJÚS KUTATÁS EREDMÉNYEI

HORVÁTH JOLÁN

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

jolan.horvath93@gmail.com

Bevezetés

A szakirodalmi adatokból jól látszik, hogy az agrárerdészeti termelés nagy hagyományait nem szabad hagyni, hogy feledésbe merüljenek. A gazdálkodók ismereteinek megőrzése és bővítése jelentősen hozzájárulhatna a termelési módszer újbóli elterjesztésében. Ennek előnyei pedig gazdasági és ökológiai szempontból is kiemelkedőek. Mindezek alapján a kutatás célkitűzése az agrárerdészeti rendszerekkel kapcsolatos ismeretek növelése és a termelők belépésének elősegítése.

Anyagok és módszerek

A primer kutatás keretében kvalitatív módszerrel gyűjtöttem információkat és elsőként a szakértői mélyinterjú módszerét alkalmaztam. Az eljárás folyamán olyan ismeretek megszerzése valósítható meg, amelyek nem számszerűsíthető eredményeket szolgáltatnak. A módszer lényege, hogy az adott témával kapcsolatosan felmerülő mögöttes okokat tárjuk fel. A személyes interjúk célkitűzése, hogy különféle értékítéleteket, nézeteket, élményeket, motivációkat térképezzük fel.

A mélyinterjúban résztvevők kiválasztásánál olyan szakértők bevonása volt indokolt, akik egyrészt szakmai és gyakorlati tapasztalatokkal, valamint érdeklőséggel rendelkeznek a kutatott témával kapcsolatban. Ebből kifolyólag reflektáltam az erdőgazdálkodókra, hiszen véleményem szerint az agrárerdészet iránt nagyobb érdeklődést mutathatnak, mint a szántóföldi növénytermesztést végző gazdálkodók. A kutatómunka kezdetén a Kaposvári Járási Agrárügyi és Környezetvédelmi Főosztályának Erdészeti Osztálya volt a segítségemre. A hivatal megkeresésemre adatot szolgáltatott, melyben összesen 421 kaposvári lakhellyel rendelkező erdőgazdálkodó elérhetősége szerepelt. A címlista alapján véletlenszerű kiválasztással kezdődött meg a felkeresés telefonon, de a döntő többségben sikertelen elérhetőség miatt az első eredményes egyeztetés után, hólabda módszerrel folytatódott az interjúalanyok kiválasztása. A primer kutatás során összesen 12 erdőmérnökkel készítettem szakértői mélyinterjút. A résztvevők közül 11 férfi és 1 nő volt. A megkérdezés átlagosan 45 percet vett igénybe, ahol az elhangzott válaszok azonnal rögzítésre kerültek. A személyes beszélgetések során az volt a cél, hogy feltárásra kerüljenek a válaszadók preferenciái, attitűdjei az agrárerdészeti rendszerekkel, tevékenységgel kapcsolatban. A mélyinterjú vázlatát a következőképpen épült fel:

- Asszociáció az agrárerdészet fogalmával kapcsolatban,
- Gazdálkodási tevékenység, motivációk,
- Ismeretek az agrárerdészeti rendszerekkel összefüggésben,

- Erősségek, gyengeségek, lehetőségek, veszélyek azonosítása (SWOT analízis) az agrárerdészeti tevékenység vonatkozásában,
- Agrárerdészeti termékek megkülönböztetésének módszerei,
- Prognózisok az agrárerdészeti tevékenységre vonatkozóan.

Eredmények és értékelésük

Asszociációk az agrárerdészettel kapcsolatban

A mélyinterjú első kérdésének alkalmával egy asszociációs játékkal kezdtük a beszélgetést. Ebben az esetben az volt a feladat, hogy az adott interjúalany elmondja, hogy mi jut eszébe először az agrárerdészet kifejezés kapcsán. Az első erdőgazdálkodó az agrárerdészetre vonatkozóan a konvencionális gazdálkodáshoz viszonyítva egy komplexebb rendszert vázolt fel. Itt olyan meghatározások kerültek elő, mint a „mezőgazdaság és az erdészet kapcsolata valamilyen szinten, valamilyen kapcsolt művelés, gazdálkodás”. A válaszából jól látszik, hogy a megkérdezett személy egy kombinált tevékenységre utal, ami magában foglalja a különböző ágazatokat. Egy másik interjúalany csupán egy szóban fogalmazta meg válaszában, a „legeltetés” kifejezést azonosította az agrárerdészettel. Elhangzott olyan válasz is, amelyben a megkérdezett személy azt válaszolta, hogy „a hagyományos, tradicionális gazdálkodási kultúra jut eszembe”. A válaszával alkalmával egyértelművé vált, hogy az interjúalany széleskörű ismeretekkel, tapasztalatokkal rendelkezik a téma kapcsán. Itt szóba került még az emberi szükségletek kérdése is, hogy a természeti megfigyelések, a domborzati viszonyok, a vízgazdálkodás ismerete kiemelkedő fontosságú, hiszen ezáltal olyan gazdálkodási formát lehet kialakítani, ahol az ökolábnyom a 0-val egyenlő. Az interjúalany elmondása szerint „a világban nagyon jó tendenciák vannak”. Elhangzott olyan meghatározás is az agrárerdészet kifejezés hallatán, ami múltbeli, valamint gyakorlatias szempontokat tükrözött, hogy „igazából ami régen volt, a legelő fásítás, ami eszembe jut, a sorköz hasznosítás különböző növényekkel”. Itt már megjelenik a szántóföldi növénytermesztés, az állattartás és az erdészet kapcsolódási pontja is. Volt olyan asszociáció, amely már egyfajta prognózisnak tekinthető, hiszen a megkérdezett személy azt válaszolta, hogy az agrárerdészet „egy alternatíva a jövő mezőgazdálkodására”. Az interjúalany szerint a megszokott, konvencionális gazdálkodási gyakorlatok helyett másfajta módszerekben kell gondolkodni a továbbiakban. Az egyik interjúalany pedig az jutott eszébe elsőként, hogy „a paraszti régi szálaló erdőgazdálkodás, ami magántulajdonban van”. Ezzel a megkérdezett személy arra utalt, hogy az agrárerdészeti rendszerek kialakítása, üzemeltetése sokkal inkább egy hagyományokkal rendelkező módszer, ami a kisgazdaságokban képzelhető el, mintsem a nagyvállalkozások esetében. Egy negatívabb hangvételű válasz is felszínre került, amikor is a megkérdezett személy nem kapcsolt semmilyen tényezőt az agrárerdészet kifejezéshez, csupán megjegyezte, hogy „nekem ilyenre nincs szükségem a jelenlegi szabályozások miatt”. A kijelentést azt támasztotta alá, hogy az erdész tisztában van a jogszabályi körülményekkel és inkább a hátráltató tényezőket látja. Az egyik résztvevő a definíció megemlékezésénél a régmúlta gondolt vissza, saját tapasztalatait idézte fel. Elmondása alapján a gyermekkorából még ténylegesen visszaemlékszik arra, hogy találkozott köztestermesztéssel, voltak „vad földek”, az emberek takarmányt termeltek vadállatok számára. Az interjúalany azt is elmondta, hogy véleménye szerint ilyen manapság már nem létezik. Az agrárerdészet meggyőződése szerint egy „környezetbarátabb, humánusabb, emberközelibb” gazdálkodási módszer. Elhangzott olyan asszociáció is, hogy „egy régi tevékenység új megfogalmazása”. Ebből arra lehet következtetni, hogy az adott személy tapasztalatai alapján

az agrárerdészet egy régmúlta visszatekintő gazdálkodási módszer, ami napjainkban újra a felszínre kerül. Egy másik interjúalany az agrárerdészet kifejezés hallatán a haszonállatokkal összefüggésben fogalmazta meg válaszáat. Véleménye szerint az agrárerdészet „állattartás fás területen, úgynevezett fás legelő, fás kaszáló”. Az egyik megkérdezett pedig a méhészetre asszociált az agrárerdészet kifejezés hallatán. A következő beszélgetés során két dolog került elő, az agrár és az erdészeti tevékenység. Az interjúalany elmondása szerint ebben az esetben a „kettőt kell összehozni”.

A mélyinterjúk során megkérdezett személyek esetében elmondható, hogy legkevesebb egy, de jellemzően több évtizedes tapasztalattal rendelkeznek az erdészeti gazdálkodással kapcsolatban. Ebből kifolyólag számos értékes gyakorlati tapasztalatot osztottak meg az interjúk alkalmával. Az agrárerdészet kapcsán az asszociációk döntő többsége pozitív volt és a rendszer hagyományaira, valamint komplexitására mutattak. A résztvevők között nem volt olyan, aki ne ismerte volna a földhasználati módszert.

Legvonzóbb agrárerdészeti rendszer meghatározása

Az elsőként megkérdezett erdőmérnök kiemelte, hogy a fás legelőket szimpatikusnak tartja az állatokra nézve, véleménye szerint ez is egy köztes hasznosítást jelent. A mezővédő erdősávot is hasznosnak tartja a mezőgazdaság szempontjából, hiszen „megfogja a vizet, szelet” és emellett rengeteg pozitív hatása is van. Elmondása alapján támogatná a kialakításukat. A köztesműveléssel kapcsolatban előkerült, hogy az az ültetvényszerű mezőgazdasághoz tartozik. Amennyiben ahol a gazdálkodók valamilyen okból kifolyólag nem tudnak köztes tevékenységet végezni, ott nagyon fontos feladat a talaj védelme. A mezőgazdasági gépekkel is csak olyan mértékben szabad rámenni a talajra, amennyire muszáj, „nem lehet belenyúlni a talajba”. A természetszerű erdőgazdálkodásba ugyanakkor nem illik bele a köztestermesztés módszere. Akácokban vagy nemes nyarasokban, soros erdőtelepítéseknél lehet csak elképzelni a köztesművelést. A természetes erdőkben nem találkozhatunk sorokkal, hanem többkorú vegetációt találunk, a csemetétől egészen a 100 éves fáig. Az ökoszisztémát a fokozott gépesítés csak károsítja. Az interjúalany elmondása alapján az új erdőtörvény is kötelezi a gazdálkodókat, hogy közelítő utakat alakítsanak ki, amelyeken a gépeket használhatják. Az egyik szakember szerint a leghasznosabb agrárerdészeti rendszer a mezővédő erdősáv. A válaszáat azzal indokolta, hogy a kialakított erdősávok komoly mikroklíma befolyásoló szereppel bírnak. Egy másik interjúalany a fás legelőket emelte ki, mert meglátása szerint a „tradicionális gazdálkodási formák közé tartozik”. Elmondása alapján ez az egyik legősibb, növénytermesztésre, illetve állattenyésztésre is alkalmazható tevékenységi forma. Ebben az esetben sokszínű gazdálkodási mód adott. A fás vegetáció alatt kialakulhat egy bokor, ami táplálékot jelenthet például a kecskének, az árnyék hasznos a tenyésztett állatnak, táplálékot találnak a madarak és a rovarok is. Szó esett az energia alapanyag kérdéséről is, mint például a biomassza és a dendromassza termelésről. Az erdőgazdálkodó szerint ebben az esetben szalmával égetnek vagy kukoricacsuhával, tapasztalatai alapján ezeket nagyon sok gazdálkodó megtermeli. Emellett ott van az energiafű is. Elhangzott még, hogy a melléktermék, hulladék hasznosításnak kiemelt szerepe. A következő erdész gazdasági szempontból közelítette meg az agrárerdészeti rendszerek megítélését. A jelentőségüket hasznosság és az ár érték arány alapján állapította meg. Véleménye szerint a mezővédő erdősávok mindenképpen kiemelkedők ebből a szempontból, de a köztesművelésre is érdemes lenne nagyobb hangsúlyt fektetniük a gazdálkodóknak. A következő interjúalany szerint Magyarországon nincs kialakult gyakorlata az agrárerdészeti rendszerek kialakításának és alkalmazásának. Elmondása alapján nincs erre

rálátása, nincs gyakorlati tapasztalata erre vonatkozóan. A szakértő francia példákat ismer, ahol azonban nagyon komoly tapasztalatokkal rendelkeznek a gazdálkodók. A következőkben szintén a köztesművelés és a mezővédő erdősávok kerültek előtérbe. Az interjúalany arról beszélt, hogy a „mezővédő erdősáv viszi a prímet”. Ezeknek a rendszereknek már évszázadokkal ezelőtt kialakult a hagyománya. Azért lehetnek hasznosak, mert meggátolják a deflációt, biztosítható a természetes ellenségek a károsítók ellen. Az egész rendszer komplexnek mondható biológiai szempontból. Kiemelte a válaszadó, hogy a monokultúras termesztési mód ezzel szemben „rettentően fajszegény”. Akadt olyan válasz is, ahol a megkérdezett egyik agrárerdészeti rendszert sem tartotta szimpatikusnak. Indoklása szerint a saját gazdálkodási struktúrájába nem építene bele egyiket sem. „Vagy szántóföldön gazdálkodok vagy erdőt telepítek, de nem kombinálom a kettőt”. A következő interjúalany is elsőként a fás legelőket említette, hogy azokat nagyon vonzóan tartja a különféle rendszerek közül. Említésre kerültek a többes hasznosítású gyümölcsösök is, ahol jobb nem szántani és aminek egyik legnagyobb előnye, hogy gyümölcsöt is ad a családoknak. Egy másik erdőmérnökkel folytatott beszélgetés során a fás kaszálók kerültek fókuszba. Az elmondottak alapján azért, mert ezek a területek nemcsak környezetvédelmi szempontból jelentenek előnyt a sokszínű élőhely létrehozásával, hanem kiemelt „tájesztétikai” értékkel is rendelkeznek. A gazdálkodó véleménye alapján ezeket a területeket már meglévő kaszálóréteken is ki lehet alakítani. A következőkben szintén előkerült a szántóföldi mezővédő erdősáv. Az interjú során kiderült, hogy a résztvevő álláspontja szerint ez biztosítja a nagyüzemi gazdálkodás feltételeit. emellett lehetőséget kínál arra vonatkozóan is, hogy fenntartható legyen a biológiai egyensúly is. Az egyik interjúalany úgy fogalmazott, hogy a „köztestermelés híve vagyok”. A válaszát azzal indokolta, hogy a hazánkban megtalálható gyengébb minőségű területeken az erdészeti hasznosítás révén nagyon lassú a megtérülés. Emellett érdemes elgondolkodni a mezőgazdasági vonalon is a gazdaságosság tekintetében.

A legvonzóbb agrárerdészeti rendszerként a legtöbb esetben a mezővédő erdősávokat említették az erdészek, de emellett elhangzott a fás legelők és a köztesművelés is, amelyekre érdemesebb lenne nagyobb hangsúlyt fektetni.

Agrárerdészet szerepe a mezőgazdaságban

Az interjú folytatásában arra a kérdésre kellett válaszolniuk a megkérdezetteknek, hogy miért lehet fontos a mezőgazdaság számára az agrárerdészet. Az első vélemény alapján gazdasági szempontból lehet hangsúlyos ez a terület. Példaként említésre került az ültetvényszerű erdőgazdálkodás, ahol a gyors megtérülés előnyt jelent. A kettős hasznosítás, azaz a mezőgazdasági művelés fásszárú egyedekkel történő kombinálása egy „üzleti célú vállalkozás”. Főként a klímaváltozás időszakában érzékelhető mindez, hiszen a mikroklíma befolyásoló hatás érvényesül. A következő interjúalany szerint az agrárerdészet jelentősége a monokultúrához viszonyítva emelhető ki, hiszen „növeli a tartalmasságot”. Egy másik résztvevő szerint azért lehet meghatározó az agrárerdészet, mert tulajdonképpen két ágazat határán fekvő területet érint, így olyan gazdálkodási formák is bevonhatók a termelésbe, amelyeknek a technológiai és megoldásai természetközelibbek. A következőkben a többcélú hasznosítása került elő a területeknek, ahol a kedvező hatások a terméshozam alakulásában játszanak szerepet. A következő erdőmérnök az agrárerdészetben rejlő lehetőségeket úgy értékelte, mint alternatívát a változó klimatikus és gazdasági feltételekre vonatkozóan. Elmondása alapján vonzó lehet az üzemméret tekintetében a jövőbeli kihívásokra nézve. Ezután egy gazdasági szempontú megközelítés hangzott el. A szakértő szerint azért lehet

létjogosultsága az agrárerdészeti rendszereknek, mert biztosítják a több lábbon állást. A monokultúrás termelés során a gazdálkodókat könnyűszerrel érhetik meglepetések, azonban a komplexebb struktúrák esetén nincsenek ilyen váratlan események. A továbbiakban előkerült az ökológiai szemlélet, mely szerint a környezettudatosság szempontjából lehet kiemelt terület az agrárerdészet a mezőgazdaságon belül. Hasonló tekintetben vélekedett egy másik interjúalany is, hiszen a természetvédelem oldaláról közelítette meg a kérdést. Az agrárerdészet jelentőségét a biodiverzitás növelésében, a biocönózis védelmében, a sokszínűség megőrzésében véli felfedezni. Az elmondottak alapján a rendszer kialakításával a „természetes állapot” visszaállítása valósulhat meg. Az agrárerdészeti rendszerek azért lehetnek hangsúlyosak a következő résztvevő szerint, mert kiegészítő területhasznosításra van lehetősége az adott gazdálkodónak egyazon parcellán belül. Az ökológiai szempontú megközelítés, illetve a már kialakult környezeti problémák kapcsán hangzottak el érvek a továbbiakban. Az interjúalany véleménye szerint a különböző rendszerben telepített faállományoknak (sáv, elszórt stb.) pozitív hatásai vannak a körülöttük lévő mezőgazdasági területre, tágabb értelemben a környezetre nézve. Példaként említésre került a szél erősség csökkentése, valamint az árnyékolás. A következő erdőgazdálkodó meglátása szerint az agrárgazdaság számára azért lehet jelentős az agrárerdészeti rendszerek létrehozása, mert növeli a természetességet. Egy másik interjúalany véleménye alapján a jövedelem megtartó képesség kiemelkedő ebben a vonatkozásban, hiszen ezen a területen a több lábbon állás biztosított.

A válaszokból jól látszik, hogy az agrárerdészet szerepét a mezőgazdaságban kiemelkedőnek vélik az interjúalanyok természetvédelmi és gazdasági szempontból is. Az interjúk során negatív vélemény nem hangzott el.

Az agrárerdészet iránti érdeklődés növelésének lehetőségei

Az interjú folytatásában arra kerestem a választ, hogy az érintettek szerint milyen intézkedések lehetnek szükségesek ahhoz, hogy az agrárerdészet vonzó terület legyen a gazdálkodók számára. Az elsőként megkérdezett szakértő a pályázati rendszerben vélte felfedezni a kérdés megoldását. A jelenlegi helyzet igen nehézkes körülményeket biztosít a gazdálkodók számára, hiszen a pályázatás rendszerint elhúzódó folyamat, gyakran egy év is eltelhet úgy, hogy nem kapnak rá választ. Amennyiben ez az állapot változna és egy-két hónapon belül elbírálásra kerülnének a benyújtott pályázatok, azzal növelhető lenne a termelők kedve. Minden beruházás esetében kiemelten fontos a kívánt összeg megfelelő időben történő folyósítása, amelyhez az államnak is hozzá kell járulnia. A kormányzat megfelelő hozzáállása egy kevésbé bürokratikus rendszer keretein belül tudna eredményt felmutatni. A következő erdész szintén az agrártámogatásokat nevezte meg a legjelentősebb motiváló tényezőként. Egy másik résztvevő hasonlóan a korábbi meglátásokhoz, az anyagi támogatásokat említette. A magasabb ösztönzőrendszer kialakításával növelhető lenne a gazdálkodók motivációja. Jelenleg is vannak ugyan támogatások, gyepgazdálkodás és állattartás terén is, de az elhangzottak alapján az állattenyésztés és a növénytermesztés közötti összhangot lenne érdemes erősíteni. Hasonló szemlélet tükröződött a soron következő beszélgetés alkalmával is. Az interjúalany szerint „próbálkoznak különböző támogatásokkal” amelyek Európai Unió forrásokból származnak, de nagyon fontos még ezen kívül a tájékoztatás is. Az ösztönzés leghatékonyabb módszerének azonban itt is a pénzügyi adottságok a meghatározóak, hiszen „mindenki a számokból ért”. A kompenzáció kiemelten fontos a gazdálkodók számára. A továbbiakban ugyancsak a támogatási rendszer került elő a beszélgetés során. Az interjúalany meglátása szerint olyan támogatások kidolgozása segítené elő a kézzel fogható eredmények kialakulását, amelyek

alternatívát jelentenek a konvencionális gazdálkodás helyett. Emellett elhangzott még a mintaprojektek indítása is, amelyek megismerésével a mezőgazdasági termelők megismerkedhetnének a különböző technológiákkal. Az állami erdészeti cégek szerepvállalása ebben a feladatban meghatározó lenne. A következőkben ugyancsak a támogatás oldaláról hangzottak el érvek. A megfelelő motiváció az agrárerdészeti területek vonatkozásában a pénz tekintetében keresendő. Ennek oka, hogy a pályázati rendszerben várni kell, ami akár 2-3 évig is elhúzódhat. A sikeres pályázati összeg elnyerése esetén is előfinanszírozásra van szükség, ami sok gazdálkodó esetében nem működőképes alternatíva. Akadt egy olyan erdőmérnök is, aki a kérdésre nem tudott egzakt választ adni a kérdés tekintetében. Indoklása alapján nem ismeri a jelenlegi szabályozórendszer meghatározó jellemvonásait. Az agrárerdészeti rendszerek tekintetében szintén a támogatási rendszer került előtérbe. Az interjúalany véleménye szerint ebben az irányban kellene elmozdulni a pénzügyi hozzájárulások révén, ahol a mikro gazdaságokat kellene támogatni a nagyüzemek, „latifundiumok” helyett. A megfelelő pénzügyi és jogszabályi környezet biztosítása egy másik válaszadó szemlélete alapján is elengedhetetlen ugyan, de motiváló tényező lehet még a különböző területhasznosítási rendszerek ötvözésének megismerése is (pl.: erdészet és állattenyésztés). A következő szakértő szerint a motiválatlanság a kellő szaktudás hiányából is fakadnak. Az elmondottak alapján nincs meg a kellő hozzáértés a termelők részéről, ami nehezíti a rendszerek iránti elköteleződést. Másrészt pedig az agrárerdészeti termékeknek magas az előállítási költsége, tehát „nem rentábilis az üzlet”. Egy másik interjúalany szerint olyan intézkedésekre van szükség a terület vonzóbbá tételéhez, amely elsősorban a tudásra épül. A termelőknek elsősorban meg kellene ismerkedniük az agrárerdészeti rendszerekkel. Mivel Magyarországon ez „még nem egy rettenetesen elterjedt dolog, erre fel kell készülni technikailag”. A magasabb támogatások is segíthetik a terület attraktivitásának növelését.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az agrárerdészeti terület attraktivitását elsődlegesen a támogatási oldalról lehetne növelni. Az interjúalanyok egyértelműen ebben látják a legtöbb potenciált. Emellett előkerült még a szaktudás, az ismeretek kérdése is, amelyek a gazdák elköteleződését segítenék elő.

Az agrárerdészeti tevékenység nehézségeinek meghatározása

Az interjúvázlat következő kérdése alapján arra szerettem volna választ kapni, hogy általánosságban véve milyen nehézségek, hátráltató tényezők tapasztalhatók az agrárerdészeti tevékenységekkel kapcsolatban. Az első szakértő a pályázati rendszert említette először, majd szóba került a hazai vízgazdálkodás helyzete is. Az elmondottak alapján „újra kéne élesíteni az öntözési rendszereket”, illetve az infrastrukturális tényezőket. A hajlandósági kedvet az adott szektorban az is növelné, ha az előbb említett területeken is tudnának pályázni a termelők. A következő erdőmérnök is a pályázati rendszerben látja a legnagyobb hátráltatást. Elmondása szerint olyan rendszerszemlélet kialakítására van szükség, amely átlátható. Egy másik személy a nehézségek kereteinek behatárolásánál két fő okot látott. Az egyik a profitorientáltság, hiszen a mezőgazdasági termelők a figyelmüket csak az elérhető jövedelemre fordítják. Másrészt pedig a szaktudás, az ismeretek hiánya is korlátokat jelent. „Addig amíg a gazdálkodók azt látják, hogy csak kukoricát kell termelni 100 hektáron, ez hajtja őket, hiszen nem ismerik a hagyományos gazdálkodási rendszereket”. A problémák körvonalazása kapcsán újfent előkerült a gazdálkodók körében vélt „tudatlanság” ami a tájékoztatás hiányából fakad. Emellett még nehézséget okozhat a termelők számára a területkiesés valamint az agrárerdészeti rendszerekben alkalmazott módszerek kevésbé intenzív tulajdonsága. Egy másik

beszélgetésben ismételten előkerült a profitorientáltság, ami a gazdák részéről megjelenik. Ezt a tényezőt tartotta a megkérdezett a leginkább nehezítő szempontnak. A megszokott módszerekhez való ragaszkodás sem előny, hiszen a termelők „a járt utat a járatlanért nem adják fel”. Mivel az agrárerdészeti tevékenység nem túl népszerű manapság, a fogalmát sem ismerik a termelők. Ezt érdemes lenne tisztázni és meg kellene mutatni a benne rejlő potenciált, hiszen ez már egy több százéves hagyományokkal rendelkező földhasznosítási módszer. Az egyik megkérdezett a feltett kérdésre abszolút nem tudott reagálni, indoklása szerint nem rendelkezik gyakorlati tapasztalatokkal, így nem tud érdemi visszajelzést adni. A soron következő interjúban gyakorlati aspektusok kerültek elő. A résztvevő szerint pont az adja a nehézséget az agrárerdészeti rendszerek esetében, hogy mindenki a monokultúras termesztésben gondolkodik, ahol nagy gépekkel dolgoznak. A kisebb területeken azonban ez nem éri meg a gazdálkodóknak. Hasonló véleményt képviselt a témában egy másik interjúalany is. A termelők elmondása szerint a monokultúrát preferálják, tulajdonképpen mindent, csak az agrárerdészetet nem. A biogazdálkodás például szinte elképzelhetetlen. A jelenlegi szabályozó rendszer is előkerült, mint nehezítő körülmény, hiszen a támogatási struktúrák és a gazdasági környezet miatt szinte lehetetlennek tűnik az agrárerdészeti tevékenység kibontakoztatása. A jogszabályi és pénzügyi keretek a következő beszélgetés során is jelentős szerepet játszottak a nehezítő körülmények meghatározása során. Ezen túl még a hiányos információk és az időtényező (fás kultúrák esetén) is közrejátszanak a problémák azonosításában. Az agrárerdészettel kapcsolatban felmerülő dilemmák az egyik erdész szerint a gyakorlatban a fás vegetációkkal kapcsolatban jelentkezhetnek. Ez pontosan azt takarja, hogy a gépesített mezőgazdasági termelés során a fa vagy fák csoportja terepakadályként funkcionál, amivel külön kell foglalkozni és anyagi vonzata is van. Mivel a faszorok a művelt területekre rányúlnak, erre nem adható területalapú támogatás. A fás kaszálókon a fákat ki kell kerülni, ami azt eredményezi, hogy a művelésből egy adott területrészt kiesik. Az egyik interjúalany röviden összefoglalta, hogy abban látja az agrárerdészeti tevékenység problematikáját, hogy a termelés nem költséghatékony, amelyet a magas előállítási árakkal indokolt meg. A következő beszélgetés alkalmával szintén felmerült az ismeretek, valamint a kellő szaktudás hiányossága. Az elmondottak alapján a gazdálkodók eleve nem is tudnak erről a tevékenységről. Nagyobb propaganda lenne szükséges, a területben rejlő potenciálok kiaknázására. Tanulmányutak szervezésével például láthatnák a termelők, hogy miket tudnának alkalmazni a saját gazdálkodásukban.

Az agrárerdészeti tevékenységek kapcsán felmerülő nehézségek azonosítása során az interjúalanyok véleménye alapján elmondható, hogy a legnagyobb problémát a pályázati rendszer és a szaktudás hiányosságai jelentik. Ezen kívül elhangzott még a technológiai feltételek közül a gépesítés akadályozottsága is.

Az agrárerdészeti rendszerek vonzó tulajdonságainak meghatározása

Az interjú következő részében azokat a szempontokat kellett beazonosítaniuk a résztvevőknek, amelyek vonzónak bizonyulnak az agrárerdészeti tevékenységben. Az első szakértő a feltett kérdést mind gazdasági mind ökológiai vonatkozásban is megközelítette. Az agrárerdészet révén csökkenthetők a klímaváltozás hatásai és befolyásolható a mikroklíma is. A rendszer révén megvalósul a több lábbon állás lehetősége, mivel a kettős hasznosítás stabilabbá, biztosabbá teszi a jövedelmezőséget. Ez egy olyan hosszútávú befektetés, amihez nagy elszántság kell. A második erdész a kérdésre adott válaszában a rendszerek összetettségét nevezte meg, amely vonzó lehet a tevékenység alkalmazása során. Egy másik interjúalany

röviden foglalta össze gondolatait, meglátása szerint a „természetközelség” lehet kiemelt perspektíva a fölhasználati módszerben. A következő beszélgetés során már többszemponútú megközelítés hangzott el. Az egyik ilyen szemlélet a manapság nagyon divatos környezettudatosság, ami felkeltheti az agrárerdészeti tevékenység iránt érdeklődők figyelmét. A gyakorlati aspektusokat tekintve pedig ott jelentkezhetnek az előnyök, hogy a köztestermesztés során plusz bevétel realizálódik. A mezővédő erdősávok telepítésénél pedig csak pozitív hatások érvényesülnek. Az interjúalany megjegyezte, hogy a szemléletváltás szükséges lenne, ami elősegítené, hogy ne csak a pillanatnyi előnyökre gondoljanak a gazdálkodók. A vonzó tulajdonságok tekintetében az egyik erdőmérnök szerint hosszú távon érdemes gondolkodni. Az agrárerdészet távlatokban nézve olyan kiegyenlített ökológiai szemléletű gazdálkodási módot jelent, amely könnyebben megvalósítható, ugyanakkor nagyobb odafigyelést igénylő termelést takar. A gazdálkodás során megvalósul a vizek védelme és a páraegyensúly. Rendelkezésre állnak olyan melléktermékek is, mint a méhlegelő, gyümölcsökből készült félkész és késztermékek, illetve fa alapanyag is hozzáférhető. Ebben az esetben a több lábbon állás lehet a vonzó a gazdálkodók számára. A kedvező tulajdonságok tekintetében a következő interjúalany a több lábbon állás lehetőségét említette. Fontos lenne a „kampányjelleg” széthúzása, amely révén megvalósulhatna az éves árbevétel realizálása olyan feltételek mellett, hogy azt ne két hónap alatt kelljen megtermelni, hanem hosszabb időszakra legyen elnyújtva. Ezután egy igen erőteljes gazdasági szemléletű indoklás hangzott el. A szakértő úgy vélte, hogy egyedüli kedvező szempont csupán a magasabb jövedelem lehet ebben a tekintetben. Mivel minden a pénzről szól, nincs vagy nagyon kevés az olyan mezőgazdasági termelő országos szinten, aki a jövedelmét az ökológiai szempontok érvényesítése miatt feláldozná. Mindenki arra törekszik, hogy a lehető legkisebb energiaráfordítással tudjon termelni. A többlettámogatás ami jelenleg elérhető, nem nyújt elegendő mértékű kompenzációt. Gyakorlati példaként hangzott el, ha valaki egy fás struktúrát készít, azt öt évig köteles fenntartani. Amennyiben ezt nem támogatják és a gazdálkodónak valamilyen okból el kell távolítania a fákat, az többlet kiadással járhat, amit viszont bele kell kalkulálnia a költségeibe. Egy következő Európai Uniós ciklusban pedig előre nem lehet megmondani, hogy mi az, amit garantálni fognak. A következő interjúban elhangzott vélekedés szerint a legvonzóbb tulajdonság az agrárerdészeti tevékenységben a „sokszínűség szépsége”. Ez a módszer emberközelibb, illetve a résztvevő álláspontja szerint a rendszer legfőbb előnye, hogy „a jósa az istentől áldott volta”. Egy másik interjúalany a kérdés tekintetében úgy látja, hogy a kiegészítő területhasznosítás a legkiemelkedőbb vonzó tulajdonsága az agrárerdészeti tevékenységnek. A továbbiakban környezetvédelmi és társadalmi oldalról tett megközelítését ismertette a szakértő. Meglátása szerint az agrárerdészet révén csökkenthetők a deflációs és eróziós problémák, valamint tájformáló hatásából kifolyólag vonzóbbá tehető a környezet, amely a turizmus lehetőségeit képes bővíteni. Ezután szintén előkerült a környezetvédelem szerepe, illetve a fenntarthatóság témaköre, amely növelheti az agrárerdészet iránt érdeklődők figyelmét. Az egyik interjúalany szintén többszemponútú szerint fogalmazta meg választát. Ökológiai tekintetben az lehet a vonzó tulajdonság, hogy ez egy sokkal inkább diverzebb rendszer. Gazdasági oldalról pedig elmondható, hogy nagyobb jövedelmet lehet realizálni, ugyanakkor az elején nagyobb a beruházási összeg is. Magyarországon olyan tényezőkkel kell számolni elsősorban, mint a vadkár vagy a fák egyedüli védelme.

A kérdésre adott feleletekből kiderült, hogy a vonzó tulajdonságok meghatározása az ökológiai és az ökonómiai szempontok terén értelmezhető.

Lehetőségek az agrárerdészeti tevékenységekben

A következőkben olyan potenciális területeket vázoltak fel a szakértők, amelyek mentén kihasználhatók az agrárerdészeti rendszer sajátosságai. Az első erdőgazdálkodó a kérdést a munkalehetőségek kapcsán értelmezte. Amennyiben a földtörvény is támogatja, akkor a családi vállalkozásoknak is adódik lehetőség a tevékenységek kibontakoztatására. Azokon a területeken, ahol kevés a munkalehetőség, ott ez igen jó perspektíva lehet, hiszen a falvakban lenne munka. Időszakosan más munkavállalókat is lehetne foglalkoztatni, „ez egyfajta vidékfejlesztés”. A következő interjúalany röviden megfogalmazta, hogy az agrárerdészeti potenciált a kiegyensúlyozott gazdálkodási folyamatokban látja. Egy másik erdőmérnök a hatékonyságban vélte felfedezni a legnagyobb lehetőségét a rendszernek, amely a fenntartható megoldásoknak az alapja. Elhangzott egy olyan érvelés is, miszerint fontos lenne a tájékoztatás, hiszen ezzel az alternatívával érdemes lenne számolniuk a gazdálkodóknak. Előtérbe kellene helyezni az agrárerdészeti rendszerek, tevékenységek ismeretét, hogy a termelők meglássák benne a fantáziát. A következőkben egy komplexebb megvilágításba került a lehetőségek feltárása. Az interjúalany úgy látja, hogy Magyarországon van pályázati forrás, ami elérhető a gazdálkodók számára, de mindenképpen számottevő a szubjektív megítélés is. Hiszen itt az a kérdéses pont, hogy a termelő meghozza-e azt a fajta áldozatot, hogy elindul-e ilyen irányba. Mivel ez a terület igényli a szaktudást és a pénzügyi forrást is, a pályázati összeg önmagában nem elegendő. Szükséges lenne a vállalkozói kör megléte is, amely segítené a gazdálkodókat, de ez jelenleg még nincs meg. A folytatásban egy másik szakértő tapasztalatai alapján megállapítható, hogy voltak kísérletek korábban már, de azok nem hoztak áttörő sikereket. Az agrárerdészet abban az esetben lehet sikeres terület, ha alapul tudnánk venni a külföldi tapasztalatokat. Ehhez megvannak a természeti adottságaink, amihez még egy átfogó, komplex rendszer lenne még szükséges. Akadt egy olyan felelet is, ahol a megkérdezett nem tudott érdemben választ adni. A lehetőségek a gazdasági körülmények által determináltak, állította a következő interjúalany. Látható ugyan ebben a területben potenciál, de ez jelenleg egy olyan luxus, amit csak nagyon kevesen engedhetnek meg maguknak. „Csak a megszállott emberek foglalkozhatnak vele.” A különböző agrártevékenységek ötvözését nevezte meg egy másik válaszadó, hogy meglátása szerint ez lehet egy kedvező opció a termelők számára. A vonzó támogatások biztosítása és a fórumokon történő ismeretterjesztés a következő interjúalany szerint, kiváló alkalmakat szolgáltatna a gazdálkodók számára az agrárerdészeti tevékenységek lehetőségeinek bemutatására. Az egészségmegőrzés kapcsán merültek fel gondolatok a további beszélgetés során. A nagyüzemi élelmiszerek helyét érdemes lenne az emberek figyelmét ráirányítani ezekre az agrárerdészeti termékekre, hiszen vélhetően egészségesebbek, ebben nagy potenciál van. Példaként említette az interjúalany, hogy a gyógynövények használatát mindenképpen érdemes lenne előtérbe helyezni hiszen azok az egészség megtartásához járulnak hozzá. Az agrárerdészeti tevékenység lehetőségeit egy másik erdőmérnök területi alapon vizsgálta. Amennyiben egy gazdálkodó például egy alacsony termőképességű területtel rendelkezik, ott vagy egy fáslegelőt vagy egy ültetvényt hoz létre, akkor legeltetéssel hasznosíthatja az adott parcellát. Ha jobbak a terület adottságai akkor kombinálható a szántó és a gyümölcsös, illetve például a dió vagy a gyorsan növekvő fafajok. Ezzel szemben teljesen más egy dombvidéki terület, hiszen ott a szántó helyett sokkal inkább állattartás, legeltetés és fás vegetációk jöhetnek szóba.

Összefoglalva levonható a következtetés, hogy az agrárerdészeti tevékenységben többfajta megközelítésből is, számos lehetőség rejlik.

Nehezítő körülmények az agrárerdészeti tevékenységben

A nehezítő körülmények tekintetében az első erdész a „macerás” gazdálkodást említette, amihez hozzájárul, hogy Magyarországon nehéz termőföldre jutni. Jellemző még, hogy a fiatal termelőket támogatják, míg az idősebb generációk tagjait nem. Az interjúalany meglátása szerint sokan átmennének ebbe a szektorba és szívesen fektetnének bele, de ehhez egy reform kellene. A pályázati rendszerben sokkal gyorsabb átutalás lenne szükséges, hogy az összegeket mielőbb folyósítani tudják. A következő válaszadó egyértelműen fogalmazta meg, hogy a szabályozó rendszer hiányossága kifejezetten megnehezíti az agrárerdészeti tevékenységek kibontakoztatását. Egy másik interjúalany is a szabályozó rendszert említette, itt előkerült, hogy a jelenlegi keretek nincsenek megfelelően kidolgozva. A soron következő beszélgetés alkalmával is hasonló érveket sorakoztatott fel az előzőkéhez viszonyítva a válaszadó. A problémák megnevezésénél elsődlegesen a pályázati rendszer került elő. Ezt követte a tájékoztatás hiánya, hiszen az elmondottak alapján a gazdálkodó nem tudnak az agrárerdészeti rendszerekről, ezáltal hiányzik a kollektív szemlélet. Az egyik interjúalany szerint tisztázni kellene és egyben ismertté tenni az agrárerdészet fogalmát, hiszen jelenleg elég kaotikus a definíció a gazdálkodók körében. Emellett említésre kerültek a hazai birtokviszonyok is, mégpedig olyan tekintetben, hogy a résztvevő szerint egészen az osztatlan közös tulajdontól kezdődően a nagy parcellákig nem kifejezetten kedvezőek a feltételek az agrárerdészet számára. Mivel nincsenek mintaprojektek, így nem is ismerik meg a gazdák a tevékenységet. A következő erdőgazdálkodó szerint nagy odafigyelést igényel az agrárerdészeti rendszer esetében, hogy ez egy több évtizedes tevékenység, amelynél a különböző tevékenységeket össze kell hangolni. Ez egy igen bonyolult feladat, ahol a mezőgazdasági termeléssel szemben „az erdészet 30 évtől indul és 120 évig tart”. A hazai magángazdaságokban a termelők nem hosszú távon látnak, hanem elsődlegesen még az életükben akarnak hasznot látni, tartósan. Ezzel szemben külföldön ennek hagyománya van. Az agrárerdészeti tevékenység kibontakoztatásában pont az a nehézség, hogy a gazdálkodók az egyszerű struktúrákat kedvelik. A szántóföldi növénytermesztés esetében ugyanis 5-10 műveletet kell végrehajtani, de ha ebbe a rendszerbe bekerül már egy fás vegetáció, azzal külön kell foglalkozni. Mindez bonyolulttá teszi a műveletet, szegélyeket képez. A támogatási rendszer újfent előkerült, illetve annak hiányosságairól beszélt az interjúalany. Szóba került még a gazdasági környezet is. Másik nehézség, hogy az embereknek nincs a kezébe a döntési lehetőség, mindenben ki vannak szolgáltatva. Az input anyagok (traktor, növényvédő stb.) beszerzésétől kezdődően a termelés során mindvégig felmerülhet ez a helyzet. Előfordul az is, hogy önköltség alatt kell eladni a terményeket, illetve, hogy magunknak se tudjuk megtermelni az alapanyagot. A következő erdőmérnök szerint a hátráltató körülmények ott érzékelhetők, hogy a nagyüzemi termelés paraméterei nem kedveznek egy sokfunkciós gazdálkodási rendszer kibontakoztatására. Az agrárerdészeti tevékenység kibontakoztatásában az lehet a probléma, hogy a rendszer előnyei hosszú távon és nem látványosan mutatkoznak. A fásítás és azok kezelése szintén nehézségeket okozhatnak. A továbbiakban is előkerültek a magas előállítási költségek, amik kockázatosá teszik a termelést. Az interjúalany véleménye, hogy nem látja a biztos piacát ezeknek az agrárerdészeti termékeknek és a tevékenység folytatásánál a kellő szaktudás sem áll rendelkezésre. A korlátozó tényezők esetében újra felmerült az ismeretek, a tájékoztatás, valamint a referenciák hiánya is. Az interjúalany szerint, ha valami iránt érdeklődik, akkor megnézi, hogy csinálják ezt más termelők, igyekeznek oda elmenni, megnézni, hogy mit tud ebből megvalósítani.

A válaszadásokból jól látszik, hogy a nehezítő körülmények meghatározása során a megkérdezettek a pályázati rendszert, az agrárerdészeti tevékenység sajátosságait és az ismeretek hiányosságait említették.

Nehezítő körülmények elkerülésének lehetőségei

Az elsőként megkérdezett erdész szerint, ahhoz, hogy elkerülhetők legyenek a korábban említett problémák, szükséges lenne egy pályázattal reform, ami alapvető fontosságú lenne. Amennyiben kialakulnának a megfelelő piacra jutási lehetőségek, stabilabbá válna a gazdálkodók helyzete is. Mivel a jogszabályi háttér folyamatosan változik, egy stabil rendszer kellene, amely védi a gazdálkodókat, így nem éreznék magukat kiszolgáltatottnak. Egy másik interjúalany is a szabályozó rendszert emelte ki, valamint a tervszerű gazdálkodási formák kialakítását is célszerűnek tartaná a problémás körülmények kiküszöbölése során. A következő beszélgetés alkalmával szintén előkerültek a jogszabályi keretek. A szabályozó rendszer tudományos és gyakorlati alapon történő javítása, megváltoztatása, valamint a marketing és a képzés mind-mind elősegítenék a nehézségek feloldását. A problémás körülmények elkerülésében a tájékoztatásnak fontos szerepe lenne, de az interjúalany szerint kérdéses, hogy ezt kinek kellene felvállalnia. A következő interjúalany álláspontja szerint több oldalról kell megközelíteni a nehezítő körülmények megoldásának lehetőségeit. A korábbi válaszokhoz hasonlóan, említésre került a pályázattal rendszer és az állami támogatás fontossága. Hangsúlyosabb szerepet kellene kapnia az agrárerdészet fogalmi kereteinek meghatározására. Emellett meg kellene jelennie az ismeretterjesztésnek különféle platformokon, például előadásokon, fórumokon, üzemméretnek megfelelő módon. Az interjúalany meglátása szerint előbb utóbb eljutunk ahhoz a felismeréshez, hogy minden véges és nem az extra profit lesz a legfontosabb. Ezen keresztül pedig megfogalmazódik majd a társadalmi igény is, amely egyre több gazdálkodó figyelmét kelti majd fel. Az egyik interjúalany nem adott pontos választ a kérdésre, hiszen elmondása alapján ehhez gyakorlati tapasztalatra lenne szükség, hogy megállapítsa, mik lehetnek azok a tevékenységek, amelyeket a korlátok elkerülése érdekében lehetne alkalmazni. Ugyancsak a megfelelő jogszabályi keretek fontossága hangzott el egy másik beszélgetés során, hiszen a megkérdezett szerint csak így valósítható meg a támogatás, ami nagyobb jövedelmet tud biztosítani. A további interjúban az azonnali változtatás került fókuszpontba. A gyökeres szemléletváltás lenne a megoldás a nehezítő körülmények elkerülésében, amely mind a szabályozó rendszer, mind a gazdálkodók szempontjából értelmezhető. Ahhoz, hogy az agrárerdészeti tevékenységek kibontakoztatása során felmerülő korlátokat el lehessen kerülni, tájékoztatásra lenne szükség. Ennek az lenne a célja, hogy környezeti, gazdasági és társadalmi oldalról is megismerjék az emberek a rendszer előnyeit. A következő résztvevő csupán egy olyan szempontot ismertetett, amely jó lehetőség a problémák kiküszöbölésére, az pedig nem más, mint a korábban is felmerült, megfelelő támogatással való ellensúlyozás. Az egyik erdőgazdálkodó szerint érdemes lenne vizsgálatokat folytatni az agrárerdészeti rendszerekből származó termékekkel kapcsolatban. Az egészségre gyakorolt hatásokról mindenképpen kommunikálni kellene információkat. A szántóföldi növénytermesztéssel szemben sokkal inkább az agrárerdészetet kellene támogatni, viszont a megkérdezett erdész álláspontja szerint jelen pillanatban a szántóföldi növénytermesztés sokkal nagyobb hasznot hoz, mint az erdőgazdálkodás. Át kéne tenni a hangsúlyt az erdőkre, hiszen, ha az elpusztul, mi is megfulladunk. Az erdők fenntartása nem magánügynek, hanem közügynek minősül. Ez nem lehet kizárólag egy gazdálkodó sajátos problémája. Az agrárerdészeti tevékenységgel összefüggő nehézségek elkerülésére egy másik megkérdezett az

ismeretterjesztéssel reagált. Manapság a tájékoztatás a különféle kiadványok már számítógépen is elérhetőek, itt külföldi példákat is meg lehet jelentetni. Szóba került még a falugazdász hálózat szerepe is.

Összefoglalásként elmondható, hogy a nehezítő körülmények elkerülése érdekében a pályázati rendszer reformját és az ismeretterjesztést említették a legtöbb esetben a megkérdezettek.

Lehetőségek kihasználása

Az interjú következő kérdésében arra kellett felelniük az adott személyeknek, hogy mit lehet tenni az agrárerdészet vonzó tulajdonságaira építve, a lehetőségek kihasználásában. Az első beszélgetésben elhangzott, hogy a tájékoztatás jelenleg nem létezik, ezért ezt kéne előmozdítani. Szükség lenne még több rendezvényre, előadásra, illetve prospektusra kamarától, minisztériumoktól. Erről a gazdálkodási formáról kellene bemutatni egy jövőképet, hiszen ez nagyban előlendítené a dolgot. A következőkben a megfelelő marketingtevékenység került elő, amelynek révén kiemelhetők lennének az agrárerdészeti tevékenység előnyös tulajdonságai. Hasonló válasz született a következő interjúban is, hiszen az erdőgazdálkodó meglátása szerint marketingmix vizsgálatra lenne szükség és annak az eredményeknek az alkalmazása elősegíthetné a lehetőségek kihasználását. Egy másik interjúalany több nézőpontból is látja a lehetőségek kiaknázását. Az egyik a példamutatás, méghozzá abban a tekintetben, ha lennének olyan közösségek, akik ezt a tevékenységet végzik, az motiválón hatna a gazdákra, hiszen saját szemükkel látnák, hogy hogyan is működik az agrárerdészeti rendszer a gyakorlatban. A különböző oktatási intézmények, valamint állami cégek is szerepet vállalhatnak a feladatban. A pályázati rendszer ebben a vonatkozásban is kulcsfontosságú, hiszen, ha lenne bemutató jelleggel egy megfelelő keret, a többi gazdára is ösztönző hatással lenne. A tájékoztatás, fogalomtisztázás újfent előkerült a következő beszélgetés alkalmával is. A lakossági fórumok megfelelő alapot teremtenének az ismeretek bővítésének. Az interjúalany úgy véli, hogy „amíg a magyar ember nem lát valamit addig nem hiszi el”. Lehetőleg olyan gyakorlati tudáshoz kellene jutniuk az embereknek, amelyek nem túl drágák és gyorsan adaptálhatók. A hazai oktatási rendszer jellemzően lexikális, mintsem empirikus. Érdeemes lenne az oktatásba ezért belevinni a gyakorlatiasságot, mivel az agrárerdészeti rendszerek üzemeltetése komolyabb szaktudást igényel, mint a konvencionális termesztési struktúrák. Egy másik vélemény szerint, a nehézségek elkerülése érdekében tett tevékenységekhez egy stabil érdekeltségi háttérrel kell kialakítani, ami tervezhető és lehet vele számolni. Ezen a vonalon olyan változás szükséges, amely tartósan jelen van és nem évente változik. Az egyik interjúban a szakértő felhívta a figyelmet arra, hogy minden gazdálkodó tudja, hogy az agrárerdészeti rendszerek létrehozása többletköltségekkel jár. Amennyiben ennek nem látják hosszú távon a jövőjét, akkor ilyen döntést nem hoznak meg. Csak ott lehet ennek létjogosultsága, ahol csekély termőképességű területek vannak, mert ott hamarabb fognak belépni a termelők. Átlagos esetben viszont nem fognak átállni. Szántóföldi struktúra esetén, ahol vadkáros területek is előfordulnak ott hamarabb megfogalmazódhat az elképzelés. A következő beszélgetés során elhangzott, hogy az agrárerdészeti tevékenység vonzó tulajdonságaira reflektálva abban az esetben lehet kihasználni a benne rejlő potenciált, ha gazdasági szemléletváltás történik. A lehetőségeket úgy lehetne kamatoztatni az egyik interjúalany szerint, ha bővülnének az ismeretek a tevékenységgel kapcsolatban és sikerülne kiterjeszteni a támogatási rendszert. A folytatásban szintén az ösztönző rendszer került fókuszpontba, hiszen, ha megfelelően kialakítják a struktúrát, akkor mind a létesítésre, mind a fenntartásra is koncentrálhatnak. A lehetőségek kiaknázását szintén gyakorlati szempontból közelítette meg az interjúalany. Véleménye szerint

olyan gazdaságokat kellene létrehozni, melyeknek a működése mindenki számára átlátható. Ez egy jó irány lenne, de ennek jelenleg még nincsenek meg a feltételei. A monokultúrás szántóföldi növénytermesztés helyett értékesebb lenne ilyen tevékenységet folytatni, de ennek a jövedelmezőségét meg kéne teremteni, illetve támogatni. Ehhez hozzájárul, hogy ebben az ágazatban nagyon magas az élőlátás szükséglet, ami egyre kevésbé áll rendelkezésre. Az erdőgazdálkodást ez igencsak megnehezíti a nyomott erdőművelési árak mellett. A támogatás szintén felvetődött a következő beszélgetés alkalmával is. A szakértő álláspontja, hogy a támogatások mindig arról szólnak, hogy a nulláról indulnak. Amennyiben „már van valami” akkor azt kéne tovább folytatni ahelyett, hogy kivágjuk a már meglévőt. „El tudom képzelni, hogy a már meglévő fasorok egy részét fel lehet használni, nemcsak újakat telepíteni.” Ezért már a fennálló fás legelőknél is kéne támogatás, nemcsak az újakra. „Ne az legyen, hogy kivágjuk a százhusz éves tölgyfát és újra telepítünk, mert arra adnak pénzt.”

A válaszokból arra lehet következtetni, hogy a lehetőségek kiaknázását a megkérdezettek az ismeretterjesztésben, a támogatási rendszer változásában és a mintagazdaságok létrehozásában látják.

Agrárerdészetből származó termékek speciális előnyei

Az elsőként megkérdezett szakértő szerint az emberek úgy gondolják, hogy az agrárerdészeti tevékenység során kevesebb vegyszert alkalmaznak. Ezek a termékek környezetbarátak, ezért vonzóak ezek a kistermelői produktumok. Hiszen a fogyasztók úgy gondolják, hogy egészséges környezetből egészséges termékek származnak, ezért keresettek is. Hasonlóan véleményt közölt a következő interjúalany is, hiszen a végfogyasztók számára speciális előnyt a környezetbarát tulajdonság jelenthet. A következő megkérdezett álláspontja szerint amennyiben egy gazdálkodó agrárerdészeti technológiákat alkalmaz, akkor ott kevesebb a műtrágya, az pedig kihat a termék minőségére, végső soron pedig a fogyasztókra is. A továbbiakban felmerült, hogy nem a termékminőség a jobb, hanem az előállításnak van kulcsfontosságú szerepe. A propagandára nagy szükség lenne. Példaként említette az interjúalany, hogy létrehozták az FSC termékeket is, amelyet, ha valaki meglát, akkor tudja, hogy milyen termékről is van szó. A megkülönböztetésnek az agrárerdészeti termékeknél is lehetne nagyobb szerepe. Hasonlóképpen vélekedett a kérdés megválaszolásáról egy másik interjúalany is. Amennyiben „jól van kimunkálva az agrárerdészeti rendszer, akkor csökken a növényvédelmi feladatkör, vélhetően egy egészségesebb élelmiszer alapanyag kerül ki.” Külföldi példát is említett a szakértő, mégpedig francia mintát, ahol a gabona, krumpli és gyümölcsök esetén kevesebbet kell költeni a növényvédelemre. A következő erdőmérnök nem tudott előnyös tulajdonságot mondani, csupán annyit, hogy a termelési mód természetközelibb az agrárerdészeti tevékenységben. Ezzel szemben viszont számolni kell az alacsonyabb termésátlaggal és a magasabb árakkal. Egy másik interjúalany nem tudott érdemben felelni a kérdésre, mert nem ismer agrárerdészeti termékeket, nincs viszonyítási alapja. Újfént megfogalmazódott, hogy az agrárerdészeti produktumok előnyei abból fakadnak, hogy azok egészségesebbek, természetesebbek, jobbak és élvezhetőbbek. A speciális előnyöket a következő interjúalany a sokféleségben, a természetességben, a helyi specialitásokban látja. Megjegyezte még, hogy a termékek előállítási és eladási árát nem tudja megbecsülni. Egy másik erdőgazdálkodó szerint a végfogyasztók számára kedvező lehet, hogy az agrárerdészeti produktumok könnyen lehetnek biotermékek, ha a gazdálkodók bizonyos előírásokat betartanak a termelés során. (pl.: az ehhez megfelelő vegyszerek alkalmazása). Speciális előnyként a soron következő beszélgetés során újra az egészség került elő. Hiszen az

interjúalany meglátása szerint a szántóföldi tömegtermesztésből származó termékekhez képest az agrárerdészeti produktumok egészségesebbek és jobban is kímélik a környezetet. A megkülönböztető előnyt akkor érzékelik a fogyasztók, egy másik vélekedés szerint, ha például ökológiailag egy jobb körülmények között termesztik a növényt vagy állatot és az valamilyen formában megjelenik a kereskedelemben. Példaként említésre került a kapirgáló tyúk és a ketreces tartásból származó tojás esete. Amennyiben az adott fogyasztó számára fontos a tartási körülmény és hajlandó is megfizetni a magasabb árat, akkor azt fogja megvenni.

A válaszokat összegezve levonható a következtetés, hogy az agrárerdészeti termékek speciális előnyei: a természetesség, egészségesség és a környezetbarát jelleg.

Erdészeti és agrárerdészeti termékek legfőbb különbségei

Az első interjúalany véleménye szerint az a különbség az erdészeti és agrárerdészeti termékek között, hogy „az egyik bio a másik nem bio”. Említette még, hogy számít a fajta is, mert az őshonos fajtákat szívesebben megveszik a vásárlók. A magyar termék, az őshonos fajták teszik vonzóvá az agrárerdészeti produktumokat és természetesen a vegyszermentesség. A következő beszélgetés során a leginkább érzékelhető különbséget a szakértő a minőségben vélte felfedezni. Egy másik erdőmérnök azt válaszolta, hogy az energetikai alapanyagok termesztése kapcsán tud említeni egy különbséget. Elmondása alapján az „agrárerdészeti területen jobb minőséget produkál”. A folytatásban kiemelte a következő erdőgazdálkodó, hogy az agrárerdészeti tevékenység környezetkímélő, kevésbé intenzív gazdálkodási mód, amellyel teszünk az élhetőbb környezetért. Az erdészeti és agrárerdészeti termékek közötti különbséget nem tudta definiálni egy további interjúalany, elmondása szerint mintaprojekt létesítésére kéne törekedni, hiszen ez választ adna a feltett kérdésre. A következő interjúban a fás vegetációra koncentrált a szakértő. Véleménye szerint a hagyományos erdőszetben sokkal jobb minőségű faanyag termelhető, ami ipari célra kiválóan alkalmas. Hasonlóan vélekedett egy másik erdőszet is, hiszen meglátása szerint az agrárerdészeti rendszerből származó fa értéktelenebb, ipari célra alkalmatlan, csak ökológiailag van értéke. A különbségek meghatározása a soron következő interjúalany esetében is arra vonatkozott, hogy a hagyományos erdőszetnél jobb minőségű faanyag termelhető. Az agrárerdészeti viszont a természetessége, vegyszermentessége miatt lehet hasznosabb. Példaként említette a résztvevő a „tisztább” gyümölcsöket. Az egyik szakértő három szempontot sorolt fel a kérdés megválaszolására. A különbségek a termékek volumene, a termelési fegyelem és a minőség egyenletessége terén értelmezhetők. Az erdőszet és agrárerdészeti közötti különbségeket a fa alapanyag kapcsán értelmezte a soron következő interjúalany is. A szokványos erdőszetben sokkal hangsúlyosabb a faanyag-előállítás, mint az agrárerdészeti rendszerekben. Ugyanakkor mindkét esetben kiemelt szempont a környezetre gyakorolt előnyös hatás, amit az erdőterület esetében magától értetődőnek veszünk és nem forintosítjuk. Ezen kívül újra előtérbe kerülhet a tölgyféléknek az állattenyésztésben való hasznosítása. Mindez a vadgazdálkodásban és a szaporítóanyag előállítás során is hasznosul. Jelentős különbséget az egyik interjúalany az élelmiszer kapcsán említett, amelyet egészségesebbnek vél. A termésátlagokat pedig alacsonyabbnak ítélte míg az élők munkát pedig magasnak. A faalapanyag vonatkozásában nem tud különbséget tenni. Egy másik válaszadó pedig nem tudott különbséget említeni a szokványos és az agrárerdészeti gazdálkodásból származó termékek között.

Összefoglalva megállapítható, hogy a minőség és a természetesség a legfőbb különbségek az erdészeti és az agrárerdészeti termékek között, az interjúalanyok véleménye alapján.

Agrárerdészet, jövőképek

Az interjú utolsó kérdésében arra kerestem a választ, hogy milyenek látják az agrárerdészet jövőjét Magyarországon és nemzetközi viszonylatban. Az első interjúalany szerint nemzetközi szinten nagyon jó tapasztalatok vannak, a környező országok közül Ausztriát említette példaként, ahol megvannak a megfelelő birtoknagyságok, ami 100-120 hektár területet jelent. Magyarországon ez még nagyon gyerekcipőben jár, de adaptálni kéne a külföldi gyakorlatokat. Ez mindenki számára előnyös lenne, hiszen az agrárerdészeti rendszereknek van jövője. Ehhez szükséges lenne a megfelelő törvényi háttér plusz a pályázati rendszer is, akkor lenne létjogosultsága a tevékenységnek. A következő erdész röviden fogalmazta meg, hogy az agrárerdészet jövőjét koncepciózusnak, távlatokat nyitónak ítéli meg. Egy másik interjúalany szerint létfontosságú területről van szó, ezért úgy gondolja, hogy intenzív növekedés, elterjedés várható a nemzetközi és hazai szinten is. A folytatásban a következő résztvevő elmondta, hogy úgy véli, a Nyugat-Európai országok előrébb vannak ebben a szemléletmódban, ezért ezeken a területeken fényesebb jövőt prognosztizál. Amennyiben sikerülne Magyarországon is a szemléletváltás és a tájékoztatás, nálunk is lenne esélye az agrárerdészeti tevékenység elterjedésének. Egy másik interjú során elhangzott, hogy a klimatikus folyamatok miatt pozitív lenne az agrárerdészeti rendszerek kialakítása, de hazánkban a kormányzati viszonyok miatt még nem tapasztalható nagymértékű elterjedés. Amíg nincsenek kézzelfogható mintaprojektek, addig nem is lesz változás. Hasonlóan egy korábbi vélekedéshez, az egyik szakértő szintén Ausztriát emelte ki, hogy ott működik az agrárerdészeti rendszerek terjedése. Nálunk nem lesz olyan nagy léptékű, erre számít az interjúalany. Ahol dombvidéki, hegyvidéki területek találhatóak, ott erdők vannak. Sík területeken nem fog nagy mértékűt öltetni, de ahol erdő van, ott kiegészítésként működhet, ahol szántóföld van ott nem. Az egyik interjúalany választását röviden fogalmazta meg, nem tudja prognosztizálni az agrárerdészet jövőképét sem hazai sem nemzetközi vonatkozásban. Elhangzott egy negatív szemléletmód is. A megkérdezett szerint Magyarországon és külföldön is „gyászos” a jövője az agrárerdészeti rendszereknek. „Ha erre lesz akarat, akkor lesz valami.” Eredmény csak abban az esetben lehet, ha szemléletváltás következik be. Ezután egy optimista megközelítésben került sor az agrárerdészet jövőjének a megítélésére. Sikeres lehet hazánkban és külföldön is, a vidéki lakosság helyben tartása szempontjából, nemzetközileg turisztikai értéknövekedést jelenthet. A következő erdész nehézkesnek ítéli meg az agrárerdészet jövőjét, amelyet csak anyagi támogatással lehet kompenzálni. A bizonytalanság újfent megjelent a következő beszélgetés során is. Az interjúalany nem látja a nagyvolumenű, reális piaci igényt. Ennek oka, hogy az előállított termékek ára, a nagy élőmunka igény, munkaerőhiány, alacsony jövedelmezőség. A gépesítés sem valósítható meg úgy, mint a nagyüzemek esetében. Az egyik interjúalany óriási jövőt lát az agrárerdészetben. Elmondása alapján a hazai területek 2/3 részét is át lehetne alakítani vagy egy teljesen vegyes gazdálkodásra lehetne áttérni. Ehhez azonban szükséges egy nagyon jól szervezett megvalósítás. A támogatási rendszer ugyan még kérdéses a következő Európai Unió ciklusban, de a megkérdezett személy információi szerint nagyobb hangsúlyt fog kapni az erdészet, agrárerdészet. Szükséges lenne a hagyományos tudást ezzel kapcsolatban újra feleleveníteni.

Összefoglalva elmondható, hogy az agrárerdészet jövőképét többnyire kedvezően ítélték meg a résztvevők, de az eredményességet több oldalról is támogatni szükséges.

Összefoglalás

A kutatás során 12 erdőmérnökkel készítettem szakértői mélyinterjút. A mélyinterjúk eredményei alapján elmondható, hogy az agrárerdészeti tevékenység ismert földhasználati módszereknek tekinthető. A gazdálkodás különböző típusai közül a mezővédő erdősávok bizonyultak a legelőnyösebbnek. A mezőgazdaságban mind ökológiai mind ökonómiai szempontból kiemelkedőnek tartják az agrárerdészet szerepét. A termelőket az agrárerdészeti rendszerekbe történő belépéssel kapcsolatosan elsődlegesen támogatással lehetne motiválni, de emellett előkerült még az ismeretek bővítése is. A hátráltató tényezők közé a pályázati rendszer és a szaktudás hiányosságai sorolhatók. A földhasználati módszerben rejlő potenciálokat a területi adottságoktól egészen a végtermékig érdemes lenne kihasználni. A lehetőségek kihasználásához azonban szemléletváltásra van szükség. Az agrárerdészetekből származó termékek esetében speciális előnyként a természetesség, egészségesség és a környezetbarát jelleg fogalmazódott meg. Az agrárerdészet jövőjét nemzetközi, valamint hazai viszonylatban összességében kedvezőnek ítélték meg.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitorési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

SZAKÉRTŐI VÉLEMÉNYEK AZ AGRÁRERDÉSZETRŐL – 3. RÉSZ: A Q-MÓDSZERTAN FELMÉRÉS EREDMÉNYEI

HORVÁTH JOLÁN

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

jolan.horvath93@gmail.com

Bevezetés

A mélyinterjúk után a megkérdezett személyektől a hazai viszonylatban még újnak tekinthető, Q-módszer segítségével gyűjtöttem további információkat. Az eljárás valahol a kvantitatív és a kvalitatív kutatások határvonalán helyezkedik el, ahol személyes vélemények, attitűdök és értékek felderítésére kerül sor. A Q-módszertan egyik előnye, hogy alkalmazásának nem feltétele a vizsgálatba bevonandó személyek nagy számú jelenléte. A módszer a megkérdezettek nézőpontját vizsgálja és a köztük lévő azonosságokat reprezentálja. A kutatott témával kapcsolatban egy állítássor összeállítására van szükség. Ezeket az állításokat a megkérdezett személyeknek egy skála különböző értékeihez kell besorolniuk. A mérlegelés célja, hogy egymáshoz viszonyítva kell elrendezni az összes kijelentést. A sorba rendezés megadott szempontok szerint történik, ilyen lehet például az adott meghatározással való egyetértés mértéke. A hasonló Likert-skálához képest a legnagyobb különbség a Q-módszernél, hogy a megkérdezetteknek a különböző állításokat kötött formába kell rendezni. A módszer újszerűsége abban rejlik, hogy az adott személyek véleményének mintázatát számszerűsítve képes megjeleníteni. Az eredmények értékelése során azonban nem szabad számszerű következtetéseket levonni, hiszen az eljárás erre nem alkalmas. A kis számú minta alapján viszont feltérképezhető, hogy egy adott témával kapcsolatosan vannak-e hasonló minták a megkérdezett személyek esetében. A Q-módszertan matematikai háttérét a módosított szemléletű faktoranalízis és a korrelációs számítás adja, amelyek segítségével létrehozható a hasonló vélemények alapján közös csoportok, faktorok.

Anyag és módszerek

A válaszadóknak a kutatás során 25 agrárerdészetre vonatkozó állítást kellett besorolniuk egy 9 fokozatú skálán. A skála egyik végpontja arra az állításra vonatkozik, amellyel az adott személy egyáltalán nem ért egyet, míg a másik szélsőérték azt jelzi, amellyel teljes mértékben egyetért. A skála úgy volt kialakítva, hogy a két szélső ponthoz egy, míg a középben elhelyezkedő semlegesnek vélt kategóriába kerüljön a legtöbb állítás. Az állításkészlet kialakítása során arra törekedtem, hogy a szakirodalmi adatok alapján az agrárerdészeti rendszerekkel kapcsolatosan a lehető legtöbb tényezőt bevonjam a vizsgálatba. Az állítássor egyaránt tartalmazott elméleti és gyakorlati megközelítést is. Így sor került a fogalmi keretektől kezdődően a komplex gazdálkodási gyakorlat sajátosságain keresztül egészen a jövőkép prognosztizálásának beépítésére. Az állítások között szerepelt még a tevékenységre, a termékekre, üzemeltetésre, támogatásra, gazdasági és ökológiai szempontokra vonatkozó megállapítás is. Az eredmények kiértékelése online felületen, a Q Method Software segítségével történt.

Eredmények és értékelésük

A 12 erdőmérnökkel folytatott személyes beszélgetés után került sor a Q-vizsgálatra. Az adatgyűjtés papír alapon történt. A megkérdezettek feladata az volt, hogy 25 agrárerdészetre vonatkozó állítást helyezzenek el egy előre meghatározott szerkezetű rácshálóban. Ennek segítségével minden résztvevő esetében kialakult az adott személyre jellemző Q-rendezés. A kötött rendezést az 1. ábra szemlélteti.

Egyáltalán nem érték egyet	Többnyire nem érték egyet	Nem érték egyet	Inkább nem érték egyet	Semleges	Inkább egyet érték	Egyet érték	Többnyire egyet érték	Teljes mértékben egyet érték

1. ábra Rácsháló a Q-rendezés kialakításához

A résztvevők egy 9 fokozatú skálán helyezték el az állítások sorszámát, amelynek alapja az egyetértés volt. A rácsháló bal oldalára azok a sorszámok kerültek, amelyekkel az adott válaszadó nem értett egyet, a jobb oldalra pedig azok, amelyekkel egyetértett. A fő rendezőelv a kötöttség, mely szerint minden helyre csupán egy sorszám kerülhetett. A két szélsőértékhez egy válasz, míg a semleges részhez a legtöbb, összesen öt sorszám kerülhetett. A válaszadók figyelmesen átolvasták az állításokat, majd ezt követően csoportosították és írták be a megadott sorszámokat a táblázatba. A skála értelmezésének megkönnyítéséhez szöveges magyarázatot alkalmaztam. A résztvevők átlagosan 20 perc alatt alakították ki a saját Q-rendezésüket. Ezt követően az adatokat a Qmethod szoftver segítségével vizsgáltam. A szoftver a faktoranalízis módszerével végezte az elemzést, a faktorok rotációjánál varimax eljárást használt. Az eredmények vizsgálata kettő, három és négy faktor mellett is megtörtént, végül a három faktoros verzió eredményeinek a felhasználására került sor. Ebben az esetben a három faktor összességében a variancia 59 százalékát magyarázza. Az első faktorba hat, a másodikba négy míg a harmadikba kettő megkérdezett erdőmérnök került. A faktorok jellemzőit az 1. táblázat mutatja be.

Faktorjellemezők	1.	2.	3.
Összes magyarázott variancia	26	20	19
Sajátérték	3,06	2,36	2,26
Megbízhatóság	0,96	0,94	0,89
Faktorértékek közötti standard hiba	0,20	0,24	0,33

1. táblázat Faktorjellemezők

A három faktor közötti korrelációt a 2. táblázat szemlélteti.

Faktorok	1.	2.	3.
1.	0,28	0,31	0,39
2.	0,31	0,34	0,41
3.	0,39	0,41	0,47

2. táblázat Faktorok közötti korreláció

A 25 állítás elrendezése során minden válaszadó esetében kialakult egy szubjektív rendezési struktúra. A faktoranalízis során képzett faktorok pedig ezeknek az egyéni véleményeknek a homogén csoportját képezi. Mindegyik faktor esetében a Z-érték mutatja meg, hogy az adott állítás milyen mértékben tér el a főátlagtól. A 3. táblázat az állításokhoz tartozó Z-értékeket mutatja a faktorokra vonatkozóan.

Állítások	1.	2.	3.
1.	0,52	0,42	1,17
2.	1,52	2,13	-0,99
3.	-0,34	-0,68	0,00
4.	-0,69	-1,90	-0,99
5.	0,59	1,445	-0,49
6.	-0,22	1,45	-0,49
7.	1,45	-0,67	-0,49
8.	0,48	0,31	-1,80
9.	1,07	0,55	-1,67
10.	0,93	0,46	0,49
11.	0,78	-0,44	1,30
12.	0,79	0,60	0,49
13.	0,19	-1,21	-0,68
14.	-1,07	-1,03	-0,99
15.	1,58	-0,71	0,49
16.	0,49	-0,83	0,00
17.	0,15	0,43	1,98

18.	-0,30	-0,24	0,99
19.	-0,64	-0,68	0,31
20.	-0,49	-0,73	-1,48
21.	-1,64	-0,08	-0,81
22.	-0,53	0,91	0,18
23.	-1,68	-1,24	0,00
24.	-1,34	0,31	1,48
25.	-1,60	1,42	0,00

3.táblázat Az állításokhoz tartozó Z-értékek

A legmagasabb Z-értékkel rendelkező állítások azok, amelyekkel a faktorba tartozó személyek a legnagyobb mértékben egyetértettek. A legkevésbé pedig azokkal kijelentésekkel értettek egyet, amelyek esetében a Z-érték a legkisebb. A táblázatban a félkövéren szedett értékek jelölik azokat a Z-értékeket, amelyek a Q-rendezés szempontjából a legmeghatározóbbak voltak. Ennek jelentősége abban mutatkozik meg, hogy ezekhez az állításokhoz tartozó értékek a skála szélsőértékeinél helyezkedtek el, tehát a legnagyobb magyarázóerővel bírnak. A konszenzusállítások kék színnel vannak kiemelve. Ezek a kijelentések azok, amelyekre nézve az egyes véleménycsoportok attitűdje hasonló volt. A konszenzusállítások közé tartoznak a következő kijelentések:

- Az agrárerdészet nagy hagyományokra tekint vissza.
- A kifejezetten agrárerdészeti gazdálkodásból származó termékek keresettek.
- Az agrárerdészeti tevékenység során a jövedelemszerzési lehetőségek bővülnek.
- Az agrárerdészetekből származó fa olcsó és minőségi alapanyagként szolgál.

A megkülönböztető állításokat az egyes véleménycsoportokra nézve narancssárga szín jelzi. Ott, ahol pedig sötétebb színezés látható, mind a három faktor esetében elmondható, hogy a véleménycsoportot az adott állítás a többitől képes megkülönböztetni. Ebben az esetben megállapítható, hogy ezekre a kijelentésekre vonatkozóan az egyes faktorok attitűdje eltérő. A megkülönböztető állítások közé a következő kijelentések tartoznak:

- Az agrárerdészeti termékek környezetbarátak.
- A kedvezőtlen adottságú területeken érdemes agrárerdészetet kialakítani.

- A termelés sajátosságainak, előnyeinek ismerete növeli az agrárrendészeti gazdálkodásba történő belépést.

A Z-értékek sorba rendezésével pedig össze lehet állítani a három faktorra jellemző átlagos Q-rendezést. Ez azt jelenti, hogy az adott faktorban szereplő személyek az adott témával kapcsolatosan hasonlóan alakították ki a saját Q-rendezésüket, így ugyanabba a véleménycsoportba tartoznak. A legmagasabb Z-értékkel rendelkező állítás mellett +4, a legalacsonyabbnál pedig -4 érték látható. A Q-rendezéseket a három faktorra vonatkozóan a 4. táblázat mutatja be.

Állítások	1. Faktor	2. Faktor	3. Faktor
1. Az agrárerdészet nagy hagyományokra tekint vissza.	1	1	2
2. Az agrárerdészet szántóföldi növénytermesztés, fás vegetációk és/vagy állattartás kombinációja.	3	4	2
3. A kifejezetten agrárerdészeti gazdálkodásból származó termékek keresettek.	-1	-1	0
4. Az agrárerdészeti termékek jobb minőségűek, mint az erdészeti termékek.	-2	-4	-2
5. Az agrárerdészeti termékek környezetbarátak.	1	3	-1
6. Az agrárerdészettermelés révén minőségi élelmiszer alapanyag állítható elő.	0	3	-1
7. Az agrárerdészeti tevékenység üzemeltetése költséges.	3	-1	-1
8. Agrárerdészeti rendszerek létrehozásánál magas a támogatás mértéke.	0	0	-4
9. Az agrárerdészeti rendszer kialakítása nehézségekbe ütközik.	2	1	-3
10. Az agrárerdészeti tevékenység során a jövedelemszerzési lehetőségek bővülnek.	2	1	1
11. A termelés során biztosított az éves bevételi forrás.	1	0	3
12. Az agrárerdészeti gazdálkodás alternatív területhasznosítást jelent.	2	2	1
13. A terméshozam és az állatállomány produkciója növelhető az agrárerdészet révén.	0	-3	-1
14. Az agrárerdészetekből származó fa olcsó és minőségi alapanyagként szolgál (építőanyag, tűzifa)	-2	-2	-2
15. A kedvezőtlen adottságú területeken érdemes agrárerdészetet kialakítani.	4	-1	1
16. A termelési kockázatokat agrárerdészettel jelentősen csökkenteni lehet.	1	-2	0
17. Az agrárerdészeti tevékenységgel csökkenthetőek a környezetvédelmi problémák.	0	1	4
18. Méhészeti szempontból kiemelt jelentőségűek az agrárerdészeti területek.	0	0	2
19. Az agrárerdészet révén megvalósítható a termelés diverzifikációja.	-1	-1	1
20. A gazdálkodók részéről növekszik az érdeklődés az agrárerdészeti rendszerek iránt.	-1	-2	-3
21. Az agrárerdészet vonzó tevékenység a gazdálkodók körében.	-3	0	-2
22. Agrárerdészeti rendszerek létrehozásánál többféle termelési mód (pl.: fás legelő, szórványgyümölcsös, mezővédő erdősáv) áll rendelkezésre.	-1	2	0
23. Az intenzív mezőgazdálkodás jövőbeli alternatívája lehet az agrárerdészeti tevékenység.	-4	-3	0
24. A termelés sajátosságainak, előnyeinek ismerete növeli az agrárerdészeti gazdálkodásba történő belépést.	-2	0	3

25. A szakmai tájékoztatás (szaktanácsadás, fórum, konferencia) -3 2 0
elősegíti az agrárerdészet kedvezőbb megítélését.

4. táblázat Az állítások és faktorokra jellemző Q-rendezések

Az első faktor jellemzése: Hárítók

Az első véleménycsoportba tartozó erdőmérnökök együttes vélekedése szerint a kedvezőtlen adottságú területeken érdemes agrárerdészetet kialakítani. Ezzel az állítással értettek leginkább egyet a faktorba kerülő résztvevők (+4). Emellett megjelent még az agrárerdészet fogalmi meghatározásával történő egyetértés is (+3), hiszen a csoport úgy vélekedett, hogy az agrárerdészet a szántóföldi növénytermesztés, fás vegetációk és/vagy állattartás kombinációja. Az üzemeltetéssel kapcsolatban szintén hasonló megállapítás született, miszerint az magas költségekkel jár (+3). A résztvevők egyáltalán nem értenek egyet azzal a megállapítással, mely szerint az intenzív mezőgazdálkodás jövőbeli alternatívája lehetne az agrárerdészet (-4). A vélemények alapján jelenleg a tevékenység nem számít vonzóknak a gazdálkodók körében (-3). A csoport szerint a szakmai tájékoztatás, úgy, mint a szaktanácsadás, fórum vagy konferencia nem segíti elő a földhasználati módszer kedvezőbb megítélését sem (-3). A mélyinterjúk alkalmával viszont több alkalommal is előkerült, hogy az ismeretek bővítése nagy szerepet játszana az agrárerdészeti rendszerek iránti érdeklődés növelésében. A véleménycsoportba tartozó szakértők agrárerdészettel kapcsolatos attitűdjét a gyakorlati tapasztalatok bővítése révén lehetne javítani.

A második faktor jellemzése: Bizonytalanok

A faktor tagjai teljes mértékben egyetértettek azzal, hogy az agrárerdészet a növénytermesztés, erdészet és az állattartás komplex rendszereként értelmezhető (+4). A csoport véleménye szerint az agrárerdészetből származó termékek környezetbarátak (3+). A válaszadók szerint az agrárerdészeti termelés által minőségi alapanyagokat tudnak megtermelni a gazdálkodók (+3). Érdekes módon, a legkevésbé szintén olyan állítással értettek egyet a csoportba tartozó résztvevők, amely a minőségre vonatkozott. A faktorba tartozó személyek szerint az agrárerdészeti produktumok minősége nem haladja meg a konvencionális erdészeti termékek színvonalát (-4). A szakértő mélyinterjúk során viszont a termékek kapcsán többször is előkerült az a meglátás, miszerint értelmezhető a különbség a két termelési módszer között. A beszélgetések alkalmával kiemelték az agrárerdészeti rendszerekből származó produktumok esetén a természetességet. Továbbá nem értettek egyet azzal az állítással sem, amely a hozamra utalt. A véleménycsoport szerint az agrárerdészeti rendszerek üzemeltetésével nem lehet növelni a termés, sem az állatállomány hozamát (-3). Emellett az agrárerdészetet nem tekintik potenciális alternatívának, amely a jövőben az intenzív gazdálkodást felválthatná (-3). A faktorba tartozó személyeknél a kételyek eloszlata ösztönözné leginkább az agrárerdészeti tevékenység iránti érdeklődést.

A harmadik faktor jellemzése: Érdeklődők

Ebben a válaszadói csoportban azzal az állítással értettek leginkább egyet, amely arra vonatkozott, hogy az agrárerdészeti tevékenység révén csökkenteni lehet a már kialakult környezetvédelmi problémákat (+4). Meglátásuk szerint a termelés által biztosítottá válik az egész éves bevételi forrás (+3). Emellett egyetértés mutatkozott abban is, hogy az agrárerdészeti rendszerekbe történő belépést elősegíti a termelési módszer sajátosságainak és előnyeinek a megismerése (+3). Egyáltalán nem értettek egyet a faktorba tartozó válaszadók a támogatásra reflektáló állítással. A csoport vélekedése szerint az agrárerdészeti rendszerek létrehozása

esetén alacsony a támogatás mértéke (-4). Valamint ellenzik azt a megállapítást is, miszerint az agrárerdészeti rendszerek kialakítása nehézségekbe ütközne (-3). A faktor válaszadói úgy ítélték meg, hogy a gazdálkodói oldalról nem tapasztalható érdeklődés az agrárerdészeti rendszerek iránt (-3). A faktorba tartozó szakértőket a magasabb támogatásokkal és a hatékony információátadással lehetne motiválni az agrárerdészeti rendszerek kialakításában.

Összefoglalás

A Q-módszer segítségével három különböző faktor elkülönítésére került sor. A háritók szerint érdemes lehet agrárerdészeti rendszert kialakítani, de egyben költséges is. Nem tartják vonzó területnek, sem jövőbeli alternatív tevékenységnek. Az agrárerdészettel kapcsolatos megítélésüket empirikus úton lehetne javítani. A bizonytalanok ismerik az agrárerdészeti rendszereket, kedvezően ítélik meg a termékeket, de a termeléssel kapcsolatban kétségeik vannak. A faktorba tartozó személyek kételyeinek eloszlata növelhetné az agrárerdészeti rendszerek iránti érdeklődést. Az érdeklődők kedvezően ítélik meg az agrárerdészetet környezetvédelmi és gazdasági szempontból is, amelynek kialakítása könnyedén megvalósítható. Megfelelő támogatási struktúrával és az ismeretek bővítésével növelhető lenne az agrárerdészeti rendszerekbe történő belépés. A két módszertan eredményei között tapasztalható eltérés. A mélyinterjúk során összességében egy kedvezőbb kép alakult ki az agrárerdészetéről, míg a Q-módszer esetében ettől eltérő eredmények születtek. Ennek oka, hogy az eljárás során a résztvevők preferenciáikat kötött formában tudták rögzíteni, amelyet kevésbé tudtak befolyásolni, mint a mélyinterjúk alkalmával.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

AGRÁRERDÉSZETI TERMÉKEK FOGYASZTÓI MEGÍTÉLÉSE – 1. RÉSZ: ELMÉLETI ALAPOK

SZERB BOGLÁRKA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

boglarka.szerb@gmail.com

Bevezetés

Az agrárerdészeti gyakorlatban egyazon területen a fás vegetációt (fák, bokrok) tudatosan kombinálják mezőgazdasági haszonnövény kultúrákkal és/vagy állattartással. Az így nyert multifunkcionális rendszer elemeinek egymásra gyakorolt kedvező hatásaiból eredően mind ökológiai, mind gazdasági vonatkozásban fenntarthatóbb gazdálkodás valósulhat meg (AGROFORWARD, 2019). Ezen rendszerek közé tartoznak (MOSQUERA-LOSADA ÉS TÁRSAI, 2015.; VITYI ÉS TÁRSAI, 2018.) a növényi védősávok (part menti és mezővédő sövények, sövények), legeltetett erdők, fás legelők, fás ligetek, erdőkeretek, javított ugar, haszonnövény termesztéssel kombinált erdők, fasorokkal kombinált köztestermesztés és települési zöld infrastruktúra elemek is. Ez jövedelmezőség és ökológiai szempontból is előnyösebb gazdálkodást eredményez, mint a monokultúrák művelése. Magyarországon ez a gazdálkodási forma kevésbé ismert, de a világ más területein pozitív példákat, bevált gyakorlatokat láthatunk az agrárerdészeti rendszerek használatára. Hazánkban nagy területek állnak rendelkezésre és az agrárerdészet olyan alternatívát nyújthat, amely ökonómiai és ökológiai szempontból is versenyképes lehet a hagyományos mezőgazdasági gyakorlattal szemben.

Az egyre súlyosbodó klímaváltozás és annak megoldási lehetőségei előtérbe helyezik az alternatív, nem intenzív mezőgazdasági termelést mind a nemzetközi, mind a hazai viszonylatban. Ahogy a hagyományos mezőgazdaság, úgy az agrárerdészeti megoldások is régióként, ágazatonként különböznek a leghatékonyabb termelés és tájrendezés érdekében. Maga az agrárerdészeti termelés is szerteágazó. A rendszerből származó faanyagokat is többféle módon használják (nyersanyag, energiafelhasználás, étel, bútor, stb.), de a mezőgazdasági termelés haszonnövényektől, vagy –állatoktól függően változik. A legtöbb agrár-erdészeti kutatási és fejlesztési tevékenység a gazdálkodók számára rendelkezésre álló fafajok bővítésére vagy az agrárerdészeti rendszerek termelékenységének fokozására összpontosítanak. Kevesebb figyelmet szentelnek a rendszerekből származó termékek felhasználására (ROSHETKO, 2002). A következő fejezetben a nemzetközi agrárerdészeti fókuszpontok ismertetésével bemutatom a különböző régiókban működő agrárerdészeti rendszerek egyediségét.

Támogató szervezetek, rendszerek, tudásbázis

Fontosnak tartom bemutatni a nemzetközi szerveződéseket, melyek összefogják, támogatják és kutatják az agrárerdészeti rendszereket, akár működésben akár kereskedelemben. Ezen szervezetek nélkül kevés információnk lenne az adott gazdálkodási rendszerben működő termelőről, illetve az ő tudásuk is szegényebb lenne, hiszen fontos a fejlődéshez a tudástranzfer, a tapasztalatcsere, amihez ezek az intézetek biztosítanak teret és összeköttetést. ICRAF (WORLD AGROFORESTRY CENTER) egy nemzetközi kutatóközpont Naoribi (Kenya)

székhellyel, mely a trópusi őserdők és a természetvédelmi területek fenntartható kezelésére és védelmére szakosodott. A kutató- és oktatóközpont az agrárgazdálkodás területén folytatott kutatásaiban együttműködik a nemzeti mezőgazdasági kutatási rendszerekkel, annak érdekében, hogy fenntarthatóbb és termelékenyebb földhasználatot fejlesszen ki a fejlődő világ régióiban és a kistermelőket támogassa a kereskedelem, marketing területén (ICRAF, 2019).

Az EUROAF (Európai Agrárerdészeti Szövetség) célja a mezőgazdaságok motiválása az agrárerdészeti rendszerekre való áttérésre, vagyis a fás vegetációk exportálása a haszonnövény ültetvények és az legeltetés területére. Húsz európai országból körülbelül 280 partnerrel rendelkezik.

Az egyik legfontosabb szerveződés az AFINET (AgroForestry Innovation NETWORKS) nevű tematikus hálózatot kilenc európai ország tizenhárom partnerének konzorciumából jött létre. Célja a kutatók és a szakemberek közötti tudás- és tapasztalatcsere ösztönzése az agroerdészet területén. Uniós szinten munkálkodik annak érdekében, hogy átemelje a kutatási eredményeket a gyakorlatba, és előmozdítsa az innovatív ötleteket, megoldásokat a megoldása érdekében. A hálózat létre hozta az úgynevezett RAIN-t, a „Regionális Agrárerdészeti Innovációs Hálózatok”-at, melyek a különböző éghajlati, földrajzi, társadalmi és kulturális adottságú területeket képviselnek. Tagjai szakemberek, akik egymás tudásanyagát jól kiegészítik.

Szervezetek mellett különálló projektek is segítik az agrárerdészeti gazdálkodók munkáját. Az AGFORWARD (AGroFORestry that Will Advance Rural Development) egy négy éves futamidejű nemzetközi kutatási projekt volt (2014-2017), melyet az Európai Unió 7. Kutatási és Technológiafejlesztési Keretprogramja (FP7) támogatott. A projekten belül huszonhat partner dolgozott együtt a Cranfield Egyetem koordinációja alatt. Célja a vidékfejlesztés előmozdítása az agroerdészeti rendszerek alkalmazásával. Az AGFORWARD a már működő agroerdészeti kísérletek eredményeire, on-farm kutatások tapasztalataira, és korábbi kutatási projektekre épült. A projekt kezdete egybeesett az EU vidékfejlesztésre vonatkozó jogszabályainak kihirdetésével, melyek támogatást jelentettek az agroerdészeti rendszerek létesítéséhez (AGFORWARD, 2019).

A fent említett szervezetek, hálózatok és projektek által összegyűjtött tudásbázis megkönnyíti a témában kutatók munkáját. Elsődleges céljuk az agrárerdészeti rendszerekben termelők összefogása, oktatása és támogatása. Az általuk végzett vizsgálatok eredményeit lejegyzik és publikálják. Dolgozatom következő részében felhasználtam az általuk (AGFORWARD, AFINET, ICRAF, stb.) rendszerezett anyagokat, hogy bemutassam az agrárerdészet nemzetközi helyzetét.

Agrárerdészeti helyzete a nemzetközi piacon

Ahogy már a fejezet elején említettem az agrárerdészeti rendszerek országonként, régióként különböznek. Nincs egy sablon, mely minden éghajlatra, domborzatra ráhúzható, emellett az agrárerdészet lényege az ökoszisztéma védelme így a területi adottságokhoz és az őshonos fajokhoz igazodva alakítják ki a felelősségtudatos termelők ezeket a rendszereket.

Agrárerdészet Latin-Amerikában

Latin-Amerikában 200–357 millió hektár területen folytatnak agrárerdészeti tevékenységet (14-26 millió ha Közép-Amerikában, 88–315 millió ha Dél-Amerikában) felmérések alapján. A régióban leginkább elterjedt rendszerek közé tartoznak a kereskedelmi legelő-erdők és a köztes

termesztés, ahol a fák árnyékot biztosítanak az olyan haszonnövény ültetvényeknek, mint a kávé vagy a kakaóbab (SOMARRIBA ÉS TÁRSAI, 2012). Amazónia területén a szakemberek, a felelősségteljes gazdálkodók és a civilek is kiemelten figyelnek a biodiverzitás helyreállítására, mely súlyosságát az erdőirtás és az erdőtüzek okoznak.

Az ICRAF Latin-Amerikai régió képviselőjének célja a megélhetés és a környezet védelme a fák termelékenyebb, diverzifikáltabb, integráltabb és intenzívebb felhasználásának elősegítése a mezőgazdaságban. A szervezet együtt működik a kormánnyal, civil szervezetekkel, kutatóintézetekkel és egyéb az országokban fontos közösségekkel.

Agrárerdészet Afrikában

Az élelmiszertermelés és élelmiszerbiztonság áll az agrárerdészeti kutatások központjában Afrika száraz és félszáraz területein. A talaj termelékenységének fenntartása érdekében kezdtek el kombinálni a szántóföldeken a haszonnövényeket fás és cserjés vegetációval. Elterjedt a takarmányfák és az őshonos gyümölcsfák közti legeltetés. A szakemberek és kutatók az agrárerdészet területét agronómiai szempontból közelítik meg, kutatásaikat a takarmánytermesztési rendszerekre és évelő fás növényekre koncentrálnak a talaj fenntartásának érdekében (SOMARRIBA ÉS TÁRSAI, 2012).

A Nagy Zöld Fal

Afrika területén található a világ legnagyobb agrárerdészeti rendszere. Gyakorlatban keletnyugat irányból az egész afrikai kontinentst átszelő 7000 km hosszúságú, észak-dél irányban 50–100 km szélességű sávot jelent. A Pánafrikai Nagy Zöld Fal Kezdeményezést 2007-ben fogadták el és az érintett tizenegy ország (Burkina Faso, Csád, Dzsibuti, Eritrea, Etiópia, Mali, Mauritánia, Niger, Nigéria, Szenegál, Szudán) vezetője 2010-ben kötötte meg a szerződést és hozta létre a Pánafrikai Nagy Zöld Fal Ügynökséget. A projekt speciális céljaiként a következőket fogalmazták meg:

- olyan feltételek megteremtése projekteken keresztül, melyekkel 2020-tól érdemi gazdasági fejlődés tapasztalható;
- Afrikai Unió 2030-as fejlesztési céljainak elérését támogató regionális termelési és fenntartható fejlesztési pólusok létrehozása;
- termőtalaj pusztulásának megállítása;
- természeti erőforrások védelme, megújítása;
- helyi lakosság, közösségek klímaváltozással szembeni alkalmazkodásának előmozdítása;
- tagországok vállalásainak támogatása;
- egyes régiókon belüli helyi gazdaság fejlesztése és stabilizálása.

A célok megvalósításának egyik legfontosabb eszköze az integrált közösségi gazdaságok rendszere, mely az ökoszisztéma megújítására, ivóvíz és szennyvíztisztításra, megújuló energiára, oktatásra és az egészségügyre koncentrálnak. Ezen belüli projekteken belül a következő tevékenységek támogatását célozzák: ivó- és öntözővíz biztosítása, kertészet, kiskérődzők

tenyésztése, baromfityenyésztés, méhészet, édesvízi akvakultúra és energiatermelés, tehát az agrárerdészet promotálása (SOMOGYI, 2018).

Agrárerdészet Ázsiában

Ázsiában a szakirodalom az erdőgazdálkodás szempontjából közelíti meg az agrárerdészeti rendszereket, azon belül is az erdő-szántókra összpontosít. Délkelet-Ázsiában kiemelkedőek a rendkívül strukturált, átalakított erdőkertek és a gyümölcsös-erdőkertek.

Ázsia területe hatalmas, az ICRAF három régióra bontotta a kontinenst. Kelet és Közép-Ázsia (Kína, Kirgisztán) régiós irodája koordinálja a hegyvidéki agrárerdészeti rendszerek fejlesztését. Kulcsfontosságú kutatásokat végeznek a gombák talajvédelmi, az élelmezési és a jövedelmezőségi szerepe szempontjából, emellett tradicionális „ökológiai naptárak” segítségével tervezik meg a mezőgazdasági tevékenységeket a klímaváltozással szemben. A régiós iroda szoros együttműködésben van több kutatóintézzettel és laboratóriummal. Az ICRAF Dél-Ázsiai programja hozzájárult a világ első Nemzeti Agrárerdészeti Politikájához, mely Indiában jött létre. A politikát adaptálták a régió más országaiban is. Célja a környezetünk védelmét segítő lehetőségek és releváns megoldások bemutatása és végrehajtása. A megvalósításban szorosan együttműködnek a partnerországok egyetemei, vállalatai, civil szervezetei a nemzeti mezőgazdasági és erdészeti kutatásain és rendszerein keresztül. A régiós iroda együttműködési programot folytat partnerországaival a jól működő agrárerdészeti rendszerek bevezetése érdekében. Célja az élelmezés, takarmány és üzemanyagok elérhetőségének, valamint a kistermelők megélhetésének javítása.

A Nemzeti Agrárerdészeti Politika mellett, a régió büszke arra, hogy 2014-ben helyet adhatott Új-Delhi a Nemzetközi Agrárerdészeti Kongresszusnak.

Délkelet-Ázsiai régió prioritásai összhangban állnak az ASEANA Élelmezési, Mezőgazdasági és Erdészeti Együttműködés 2025-ig tartó jövőképevel és stratégiai tervével, melyben az agrárerdészeti rendszerek bővítését tervezik a klímaváltozás, természeti katasztrófák és egyéb károk megfékezése ellen. (ICRAF, 2019).

Agrárerdészet helyzete Európában

Európa egyedülálló a magas természeti és kulturális értékeket képviselő tradicionális agrárerdészeti rendszerek szempontjából, emellett a kontinens adottságai nagy lehetőségeket nyújtanak a kutatóközpontok által kifejlesztett innovatív és modern rendszerek kialakítására.

García és társai (2017) által készített felmérés alapján, melyet tizenegy európai ország agrárerdészetben érdekelt szereplőivel végeztek el. A rendszer előnyeihez a környezeti értékek javítását (biodiverzitás növelése, a vadonélő és haszonállatok jólétének növelése, a táj esztétikájának javítása), illetve a gazdaságból származó termékek és jövedelem diverzifikációját sorolták. A legnagyobb akadályok viszont olyan társadalom-gazdasági és gazdálkodási kérdések tartoznak, mint a munkaerőhiány, a munka és vezetési költségek összetettsége és az adminisztratív terhek. Ezen akadályok megszüntetésére nemzeti és EU szinten is próbálnak segíteni különböző edukációs projekttel, jobb szabályozási rendszer kialakításával, jövedelmező üzleti lehetőségek nyújtásával a gazdálkodóknak.

A vidéki térségek fejlesztése az Európai Unió közös agrárpolitikájának kulcsfontosságú pontjává vált. Az Európai Unió vidékfejlesztési politikája támogatja az agrárerdészeti

rendszerek kialakítását, mivel ezek pozitív szerepet játszanak a társadalmi, gazdasági és környezeti externáliák kialakításában.

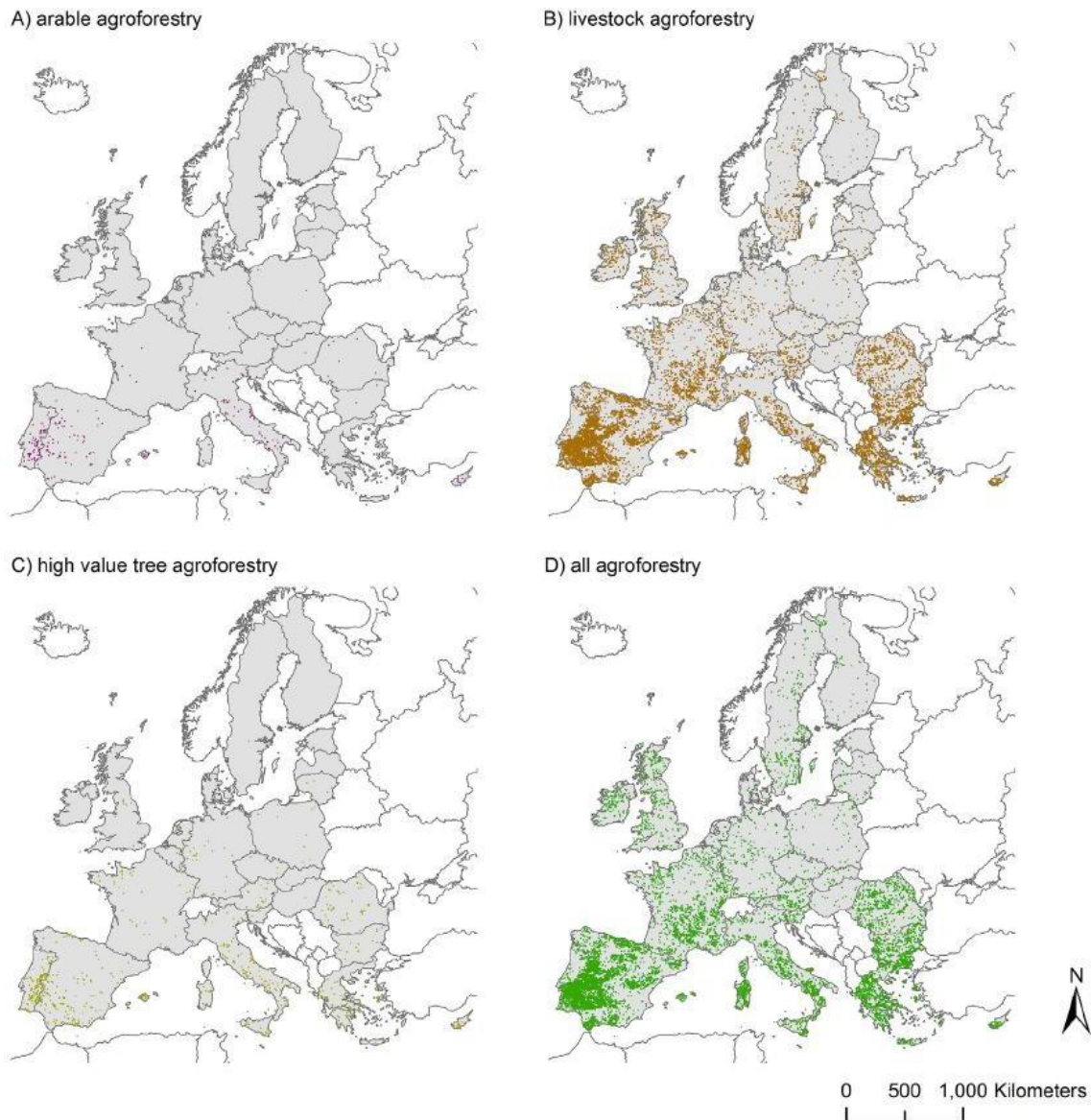
Agrárerdészeti területek Európában

Den Herder és társai (2017) átfogó kutatást végzett az Európai Unió országainak (Egyesült Királyságot beleszámolva, Horvátország nélkül) agrárerdészeti területeiről. A felmérésben három típusra bontották az agrárerdészeti rendszereket:

- erdő-szántó rendszerek,
- erdő-legelő rendszerek és
- haszonfás agrárerdészeti rendszerek (fa termése, maga a fa adja a gazdaság termékét), mely mindkét másik kategóriát magába foglalhatja

A szerzők LUCAS (Land Use and Land Cover) 2015-ös Eurostat adatok alapján dolgoztak. A feldolgozott adatok alapján az akkori 27 EU országban összesen 15,4 millió hektár agrárerdészeti területet számoltak össze, mely a teljes terület 3,6%-a és a hasznosított mezőgazdasági területek 8,8%-át teszi ki. Legnagyobb területet, 15,1 millió ha-t erdő-legelő rendszerek foglalják el, a haszonfás agrárerdészeti rendszerek 1,1 millió hektáron, míg a erdő-szántó rendszerek 0,3 millió hektáron helyezkednek el.

A legnagyobb agrárerdészeti területek Spanyolországban (5,6 millió ha), Franciaországban (1,6 millió ha), Görögországban (1,6 millió ha), Olaszországban (1,4 millió ha), Portugáliában (1,2 millió ha), Romániában (0,9 millió ha) és Bulgáriában (0,9 millió ha) található, természetesen az értékek az országok teljes területére vonatkoznak. A hasznosított mezőgazdasági területhez (utilised agricultural area - UAA) viszonyítva Ciprus (40% UAA), Portugália (32% UAA) és Görögország (31% UAA) térségét foglalja el legnagyobb százalékban az agrárerdészeti területek.



1. ábra Agrárerdészeti rendszerek típusonkénti eloszlása Európában (forrás: den Herer és társai., 2017, p.126.)

A felmért erdő-szántó területek 62%-án élő növényeket, ültetvényeket művelnek, melyek közül az olajfák foglalják el a legnagyobb területet, de a gyümölcsösök és csonthéjasok is népszerűek. Az erdei fás vegetáció 37%-ot foglal el, míg a cserjés részek csak 1%-át teszik ki az EU erdő-szántó területeinek. A rendszerek legelterjedtebb megoldása az erdei fák gabonafélékkel és olajfa ültetvényekkel, illetve zöldségekkel való kombinációja.

Az erdő-legelő rendszerek legelterjedtebb típusa a legeltetett erdők, a fás ligetek és csak kis százalékban van jelen a legeltetett ültetvények, melyek közül a legfontosabb az olajfaültetvények, alma és csonthéjasok közötti legeltetés. A haszonfás agrárerdészeti rendszerek 21%-át művelik köztesültetvényként és 79%-át legeltetik, mely területek 5%-a legeltetett élő ültetvény (alma, csonthéjasok és olajfa ültetvények). Európa élő ültetvényeinek csak 1,1%-a köztes termesztésű, ez a művelési forma inkább zöldség és szántónövények művelése körében terjedt el.

Ezen területek művelési formája változhat az évek során, illetve akadnak olyan gazdaságok, melyek nincsenek számba véve, de a fentebb bemutatott tanulmány jó és megbízható alapot ad az agrárerdészeti földek területi és művelési módjainak helyzetére.

Az agrárerdészet helyzete Magyarországon

Magyarország kedvező területi adottságokkal rendelkezik mind haszonnövény termesztés, erdőgazdálkodás és mind állattartás szempontjából. A Központi Statisztikai Hivatal (KSH, 2019) legfrissebb adatai szerint 5,310 millió hektár területen folytatnak mezőgazdasági tevékenységet, melyből 4,318 millió ha szántóföld, 38,6 ezer ha konyhakert, 94,4 ezer ha gyümölcsös, 68,4 ha szőlő ültetvény és 790,4 millió ha gyeperdő. Erdő 1,984 millió ha területet foglal el (KSH, 2019). Az ország területének tehát 46%-án folytatnak mezőgazdasági tevékenységet és mintegy 21%-án erdészeti tevékenységet, erdőgazdálkodást. Agrárerdészeti művelés alatt álló területek den Herder és társai (2017) felmérése alapján, összesen 38,1 ezer ha-t foglalnak el, melyből 2 ezer ha erdő-szántó, 36,1 ezer ha erdő-legelő és 2 ezer ha haszonfás agrárerdészeti rendszert foglal magába. Az akkori területi kihasználtság mellett ez kevesebb, mint 1%-át jelentette az ország hasznosított mezőgazdasági területeinek.

Magyarországon Gracia és társai (2017) felmérése alapján a munkaerő, az adminisztratív nehézségek és a magas menedzsment költségek jelentik a legnagyobb nehézséget az agrárerdészeti gazdálkodók számára.

Hazai szinten is elérhetőek támogatások agrárerdészeti rendszerek kialakítására és fejlesztésére. Magyarországon az Európai Unió közös agrárpolitika részeként a Vidékfejlesztési Program keretén belül több programozási időszakban hirdetett pályázatot Magyarország Kormánya VP5-8.2.1-16 számú „Agrárerdészeti rendszerek létrehozása” címmel. A támogatás keretén belül 100 agrárerdészeti gazdálkodót támogatnak, összesen 1,76 milliárd forint értékben. A legutóbbi felhívás során támogatást lehetett igényelni:

„Szántóföldi kultúrával kombinált agrárerdészeti rendszer újonnan történő létrehozásra valamint ápolására a fenntartási időszakban”, „Gyepgazdálkodással kombinált fás legelő vagy fás kaszáló újonnan történő létrehozására és ápolására a fenntartási időszakban”, „Mezővédő fásítás létrehozására és fenntartására a fenntartási időszakban”.

A NAIK (Nemzeti Agrár Innovációs Központ) Erdészeti Tudományos Intézete a Vidékfejlesztési Minisztérium KFI keretein belül kutatást végez a hazai agrárerdészeti technológiák kialakítása tekintetében. Illetve a témában átfogó kutatást végez a Soproni és Kaposvári Egyetem kutatócsoportjai. Az agrárerdészeti gazdálkodók, azon mezőgazdasági termelők, akik gondolkodnak az áttérésen illetve a témában kutató szakemberek körének már több alkalommal is rendeztek szakmai programokat országos szinten (Magyar Agrár- Erdészeti Fórum, Agrár-erdészeti Konferencia). Ezen események fontosak az ország agrárerdészeti rendszereinek bővítése és fejlesztése, illetve a gazdálkodók oktatása és motiváltságuk szempontjából.

Agrárerdészeti termékek marketing lehetőségei

Az agrárerdészeti rendszerekből kikerülő termékek széles körét ismerjük. Megtalálható közöttük a faipari termékek, dekorációs anyagok, gyümölcsök, magvak, zöldségek, gabonafélék, gyógy- és fűszernövények, gombák, húсарu, tejtermékek, tojás, méz illetve az ezek felhasználásából készült produktumok (DEN HERDER, 2015).

A marketing Kiss (1996) megfogalmazása alapján „egy híd mely segít a vállalat és fogyasztó közötti kapcsolatépítésben”. Akkor beszélhetünk sikeres marketing tevékenységről, ha az egy tiszta, objektív elemzési folyamat eredménye, mely meghatározza a fogyasztók igényeit (HEGEDŰS, 2007). Kifejezett agrárerdészeti marketingről még nem ír a szakirodalom, több tanulmány érinti a témakört, mely más és más gyakorlatokat helyez előtérbe. A célja mindegyik gyakorlatnak, hogy az agrárerdészeti termékeket a lehető leghatékonyabban és profitorientáltan helyezze a piacra és juttassa a fogyasztókhoz.

Fogyasztói preferenciák változása

A megfelelő marketing stratégia kialakításához fontos megismerni a fogyasztói preferenciákat. Tanulmányom témája ebből a szempontból is aktuálisnak mondható, hiszen a lakosság napjainkban egyre gyakrabban fordul vásárlás és mindennapok során az alternatív termékekhez és megoldásokhoz, mint a hagyományos árukhoz. Malota (2018) szerint, megnőtt a kereslet:

- a funkcionális élelmiszerek
- az alternatív élelmiszerek, termékek,
- az organikus termékek és
- a regionális és helyi termékek iránt.

A fogyasztói társadalom egyre tudatosabban választja ki az általa megvásárolni kívánt termékeket, hisz jobban odafigyel az egészségére és a környezete épségére. A funkcionális élelmiszerek olyan hozzáadott komponenseket tartalmaznak, melyek az egészségre pozitív hatással vannak. Az alternatív termékek etikus vagy fenntartható gazdaságból származnak. A lakosság manapság tudatosan vásárol e gazdálkodási módból származó termékek közül, mert egyre fontosabbnak tartják a környezet védelmét. A helyi, illetve hazai termékek iránt is pozitív attitűd érvényesül, hiszen ezekkel támogathatják a helyi gazdaságokat, termelőket (MALOTA, 2018).

A gyógynövények és aromás növények iránti fogyasztói igény egyre növekszik a természetes gyógyszerek és fitoterápia népszerűsége miatt (RODRÍGUEZ ÉS TÁRSAI, 2011). Ezen növények nagy része erdőből származik. Gyűjtésük miatt természetes populációjuk egyre csökken, ezért fontos, hogy tudatosan, akár agrárerdészeti rendszerekben is folytassák termesztésüket (DEN HERDER ÉS TÁRSAI, 2015).

Speciális termékek és a közvetlen értékesítés

Az agrárerdészeti marketing számos okból egyedülálló: több termékről hiányos információk vannak, nincsenek intézményesült marketing csatornák és hiányoznak az egységes besorolási kritériumok illetve minőségi szabványok (GOLD, 2004). Ezen rendszerekből kikerülő termékek származási helyük tekintetében speciális termékeknek minősülnek. A speciális termékek sikeres marketing stratégiája a közvetlen értékesítés („szedd magad”, helyi termék napok,

termelői piacon való megjelenés, stb.) és a hozzáadott értékből áll össze, amellett, hogy új értékláncok is létrehozhatóak a speciális termékpiac felépítésére. Ez a piaci stratégia általában nagyobb pénzügyi megtérülést eredményez egységnyi termékenként, de emellett több időt és energiát, illetve kommunikációs készséget igényel, mint az indirekt marketing, mikor nagykereskedelmi láncokat, külsős kereskedőkön keresztül értékesítik az árucikket (GOLD, 2004).

A közvetlen értékesítés csatornáinak között szerepelnek a „szedd magad” akciók, mely során a gazda beengedi a fogyasztót a saját földjére és lehetőséget biztosít a termények (gomba, gyümölcsök, diófélék, gyógynövények, virágok) leszedésére bizonyos mennyiségi keretek között, a termelői piacok, kiállítások, kereskedelmi rendezvények, vásárok, fesztiválok, kiskereskedelmi üzletek. Ez a marketing stratégia egyre népszerűbb, hiszen a fogyasztók biztonságosabb, minőségi termékeket igényelnek, illetve értékelik azt, ha személyesen találkozhatnak a termelővel és meglátogathatják a gazdaságukat (GOLD, 2004).

A hozzáadott-érték stratégia lényege olyan észlelhető előnyöket biztosítani a fogyasztó számára, hogy hajlandó legyen magasabb árat fizetni az adott termékért. A speciális termékeknél törekedniük kell a termelőknek, hogy megőrizzék a termék-identitását és egyedi történetét. A fogyasztók hajlandók magasabb árat fizetni azokért a niche-termékekért, melyeknek történetük van (HARTMAN, 2003).

Erdészeti termékek marketingje

Az agrárerdészeti és az erdészeti termékek között nagy átfedés van. Ebből adódik, hogy a fogyasztói kör és a hozzájuk vezető csatorna is hasonló (GOLD, 2004).

Napjainkban egyre nagyobb igény van a fogyasztói társadalom részéről az erdészeti termékek és szolgáltatások irányába, melyek nem csak a fatermékeket, de az egyéb erdei melléktermékeket (pl.: gomba, gyümölcsök, gyógynövények, méz) és az erdei szolgáltatásokat (pl.: környezet-, természetvédelmi, rekreációs szolgáltatások) is magukba foglalják. Az erdőgazdálkodás az agrárerdészethez hasonlóan összetett tevékenység, így marketing szempontjából is különböző jellemzővel rendelkező területeket foglal magába. A termékek egy részével továbbfeldolgozókat, másik részével pedig a végső fogyasztókat célozzák meg (HEGEDŰS, 2007).

A nem-fa erdei termékek piaci elhelyezése az agrárerdészeti termékekhez hasonlóan árnyaltabb, kifinomultabb szegmentációs technikát igényel. Erre megfelelő a niche marketing eszköztára, mely viszonylag új szemléletet jelent a marketing területén. Előnye, hogy a beazonosított piaci rész, azaz niche versenylőnyt jelent a vállalkozásnak, hiszen a potenciális versenytársak egyáltalán nem, vagy kevésbé ismerik az adott niche-t. A niche-stratégia alkalmazása során a vállalkozás a niche igényeihez igazítva formálja ki a termékstratégiát (KOVÁTS, 2003).

Ehhez speciális marketing-mixet kell kialakítani, hogy a termékek a megfelelő piacot, a megfelelő eszközökkel érje el. A marketing-mix a jól ismert 4P-ből áll, mely rövidítése az angol névből ered, product – termékpolitika, place – disztribúciós politika, price – árpolitika, promotion – kommunikációpolitika.

A termékpolitika a vállalkozás termékskálájának meghatározását jelenti, mely a termelés technológia, költségek és értékesítés gazdasági szempontok szerint történik. Ez a piac

elsődleges befolyásolásának eszköze, melybe beletartozik többek között a márkanév, csomagolás, minőség és forma. Az erdészeti és agrárerdészeti termékek kapcsán elmondható, hogy az árut az erdő/ természet szolgáltatja, így a termelés befolyásolása csak bizonyos esetekben (pl.: karácsonyfa) lehetséges. A termékek sokféleségéből adódóan nehéz ráilleszteni egy egységes termékpályát. Az erdészeti melléktermékek összegyűjtése után minőségi osztályozást kell elvégezni, hogy az adott termék a megfelelő fogyasztóhoz jusson el. Régióként változik, hogy az adott termék (pl.: gomba, méz, gyümölcsök, gyógynövények) milyen feldolgozottsági szinten kerül a fogyasztóhoz, ez befolyásolja a termékinnováció lehetőségeit (HEGEDŰS, 2007).

A termék az értékesítési csatornán keresztül a termelőtől a fogyasztóig való eljuttatásának eszközeit és lehetőségeit értjük disztribúciós politika alatt. Ide tartozik az értékesítési formák és értékesítési utak kiválasztása. A termelők, vállalatok végezhetik maguk is a ezt a tevékenységet, illetve megbízhatnak erre szakosodott kereskedelmi vállalkozásokat. Az erdészeti és agrárerdészeti termékek esetén problémát jelenthet kistermelők kis mennyiségű és változó minőségű termékeinek eljuttatása a relatív kevés fogyasztóval rendelkező piacokra.

Erre megoldást jelenthet a szervezett felvásárló hálózatokhoz, vagy rövid ellátási láncokhoz való csatlakozás (HEGEDŰS, 2007). A kistermelők választhatják a korábban bemutatott direkt értékesítési megoldást is mely a termelői piacokon a saját gazdaságukban vagy egyéb olyan helyszínen történik, ahol közvetlen kapcsolatba kerülhet a fogyasztóval.

Az árpolitikának kiemelkedő szerepe van a marketingben és a termék értékesítési lehetőségeiben. Idetartozik minden olyan döntés, mely a termék árára és annak feltételeire vonatkozik. A fogyasztók érzékenységét szükséges vizsgálni, hogy a potenciális felvevő piachoz illő eszközöket használjon a termelő. Az árpolitika alkalmazkodhat az értékesítési mennyiséghez (indirekt árbefolyásolás); a már piacon lévő versenytársak termékeihez; költségekhez; kereslethez. Egyedi módszere az árpolitikának az árdifferenciálás, mely történhet területi, időbeli, tárgyi és átvételi mennyiség szerint. Az árképzést többek között befolyásolja az állami és egyéb árszabályozási követelmények, egyezmények, az eladási mód és ármegegyezések (HEGEDŰS, 2007).

A marketingkommunikáció célja a potenciális piac tájékoztatása a termékről, vállalatról illetve a gazdaságról oly módon, hogy befolyásolja és meggyőzze a fogyasztókat a vásárlással kapcsolatban. Ide tartoznak a reklámok és a közönségkapcsolatok. Más eszközöket kell használni a végfogyasztók és a feldolgozó üzemek felé (HEGEDŰS, 2007). A fogyasztókkal fontos a folyamatos kapcsolattartás, a szezonális termékek és ajánlatok ismertetése a nem fa erdészeti termékek esetén.

Hegedűs (2007) vizsgálata alapján az erdészeti marketing esetében a termék- és disztribúciós politika szerepe kiemelten fontos, hiszen egyedi termékeket kínálnak és fogyasztókhoz való célba jutás is speciális elemeket igényelnek. A kommunikáció, promóció során fontos felhívni a figyelmet a termék egyediségére, mely akár általános eszközökkel (pl.: közösségi médiahirdetés, reklámok) is eljuthat a fogyasztókhoz. Árpolitikával kapcsolatban nem különböztet meg speciális technikát, az általános marketing gyakorlatok alkalmazását javasolja.

Jó példák az agrárerdészeti marketing megoldásokra

Védjegyek

A speciális és niche termékek marketingje esetén megkülönböztetésül szolgál a védjegyek használata. A védjegy olyan jogi oltalom, mely az egyes termékek eredetének azonosítására szolgál. Megkülönböztető képessége folytán a termékeknek sajátos jelleget ad, ezzel biztosítva, hogy a fogyasztók könnyen megkülönböztessék az adott védjeggyel ellátott árukat és szolgáltatásokat. Kiemelkedő szerepe van a marketingben és a piaci versenyben, hiszen lehetővé teszi a fogyasztók számára, hogy kedvező vásárlási tapasztalat esetén később azt újra megismételhesse, illetve fordított esetben elkerülje az adott árut (SZTNH, 2019).

Az agrárerdészeti termékeknek még nincs nemzetközi egységes jelölése. Akadnak országok, ahol egyes agrárerdészeti termékek megkülönböztetésére már használnak védjegyet, de jellemzőbb a más kategóriák által való megkülönböztetés.

Az egyik legismertebb jelölés az erdőkből származó termékek között az FSC. A védjegy rövidítése a Forest Stewardship Council (Felelős Erdőgazdálkodás Tanácsa) névből ered, melyet természetvédelmi szervezetek, faipari vállalatok és erdőgazdálkodások hoztak létre közös összefogással. A védjegy alatt található termékek, melyen lehetnek bútorok, papír- és faipari termékek felelős erdőgazdálkodás alatt kerültek előállításra. Az FSC jelzés garantálja, hogy az adott erdőben kitermelt fától egészen a megvásárolt késztermékig ellenőrzött úton, „Felügyeleti Láncon” belül marad a termék.

Európa területén, főként Hollandiában és az Egyesült Királyságban jellemző a baromfitartás kombinálása fásvegetációval. Az Egyesült Királyságban az agrárerdészeti rendszerben a tyúk által tojt tojások egy részét erdei tojásként helyezik forgalomba. Ezek a tojások megfelelnek a szabadon tartott tojástermelés szabványinak. A UK Woodland Trust által meghatározott „Woodland Eggs”, „erdei tojás” minősítés alatt azon területen termelt tojás tartozik, mely legalább 20%-át fás vegetáció borítja és a baromfi ól legalább 20 méteres távolságban van (DEN HERDER ÉS TÁRSAI., 2015).

Hasonló rendszer működik Új Zélandon is „Woodland Free Range Eggs” megnevezéssel. A jelölés alá tartozó tojások olyan farmokról származnak, ahol a baromfik a szabadban, fák alatt élnek és gazdálkodási gyakorlatuk takarmányozástól a csomagolásig minimális környezeti hatást gyakorolnak.

Népszerű a méhészetet bevonni az agrárerdészeti rendszerekbe. A termelőknek ilyenkor nem kell tartani a különböző növényvédő szerek káros hatásaitól, mely a méhekben kárt okozhatnak, illetve a növények, gyümölcsfák porzása szempontjából is előnyös a méhek munkája.

Gazdaságilag a méhészeti termékek éves jövedelmet eredményeznek az erdőgazdálkodásból származó hosszútávú bevétel mellett. Galíciában körülbelül 100 000 ember által készített méhkas található, évente 1500-2000 tonna mézet termelnek, ami 6-12 millió euró bevételt jelent. A kereskedelem javítása érdekében létrehozták a „Galíciái méz” vagy „Mel de Galicia” védjegyet, mely jelzi, hogy a termék Galíciából származik és hagyományos módon állították elő. Jellemzően eukaliptusz, gesztenye, szeder és hanga nektárjából készül. Szigorú szabályozás mellett óvatos, természetet tisztelő tradicionális módon nyerik ki a mézet. Consejo Regulador de Miel de Galicia (Szabályozó Tanács) 2014-es adatai szerint 30 952 méhkas, 410 méhész, 38 csomagolóüzeme több mint 620 tonna mézet állított elő ezen védjegy alatt (DEN HERDER ÉS TÁRSAI, 2014).

Nemzetközi piacra lépés

A nemzetközi piacra lépés feltétele a nagymennyiségű, jó és változatlan minőségű és termékek produkálása. A fás szárú növények domesztikációja segítségével olyan agrárerdészeti rendszereket lehet létrehozni, melyekből származó termények megnövekedett terméshozamot, illetve magasabb minőséget, tápanyagtartalmat produkálnak. Ebből adódóan szélesebb piacot tudnak kiszolgálni, nem csak helyi és regionális szinten (LEAKEY, 2014).

Galíciában tengerentúli erdei bogyós gyümölcsök honosításával próbálkoznak a terméshozam és minőség érdekében (DEN HERDER, 2015).

Afrikai agrárerdészeti rendszerből származó termények (pl.: baobab gyümölcs, allanblancia magolaj, stb.) feldolgozott formában már a nemzetközi piacokon is elérhetők a PhytoTrade Africa munkájának köszönhetően. Ezen termékek hozzáadott értéket adnak a különböző Európában és az Egyesült Államokban is piacra kerülő kozmetikai, gyógyszeripari, élelmiszeripari árukhoz (LEAKEY, 2014).

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- AFINET (2019.) AFINET. Letöltve: <http://www.eurafagroforestry.eu/afinet> (Olvasva: 2019.09.28.)
- AGFORWARD (2019). AGFORWARD – A European project, Letöltve: <https://www.agforward.eu/index.php/hu/> (Olvasva: 2019.09.28.)
- BROWN, STEVEN R. (2002). Q technique and questionnaires. *Operant Subjectivity*, Vol. 25 No. 2. pp. 117-126. ISSN: 0193-2713
- CSONKA ARNOLD, BAREITH TIBOR, GÁL VERONIKA ALEXANDRA (2018). Spatial Distribution of the demand for CAP-measures to promote agroforestry: The Hungarian case. In: Georghe Pop (ed.) *Challenges in the Carpathian Basin, Innovation and technology in the knowledge based economy*. Risoprint, Cluj-Napoca pp.59-68. ISBN 978-973-53-2249-6
- DEN HERDER, MICHAEL, BURGESS, P., MOSQUERA-LOSADA, M., HERZOG, F., GARTEL, T., UPSON, M., VIHOLAINEN, I., ROSATI, A. (2015). Preliminary stratification and quantification of agroforestry in Europe. Letöltve: <https://www.agforward.eu/index.php/hu/1274.html> (utolsó letöltés: 2019.10.2.)
- DEN HERDER, MICHAEL, MORENOB, G., MOSQUERA-LOSADA, R.M., PALMA, J.H.N., SIDIROPOULOU, A., FREIJANES, J.J.S. , CROUS-DURAN, J., PAULO, J.A., TOMÉ, M., PANTERA, A., PAPANASTASIS, V.P., MANTZANAS, K., PACHANA P., PAPADOPOULOS, A., PLIENINGER, T., BURGESS, P.J., (2017). Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. No. 241 pp. 121-132, ISSN: 0167-8809
- DEN HERDER, MICHAEL, MORENOB, G., MOSQUERA-LOSADA, R.M., PALMA, J.H.N., SIDIROPOULOU, A., FREIJANES, J.J.S. , CROUS-DURAN, J., PAULO, J.A., TOMÉ, M., PANTERA, A., PAPANASTASIS, V.P., MANTZANAS, K., PACHANA P., PAPADOPOULOS, A., PLIENINGER, T., BURGESS, P.J., (2016). Current extent and trends of agroforestry in the EU27. Letöltve: <https://www.agforward.eu/index.php/hu/current-extent-and-trends-of-agroforestry-in-the-eu27.html> (utolsó letöltés: 2019.10.2.)
- DR. CSALLNER ANDRÁS ERIK (2015). Bevezetés az SPSS statisztikai programcsomag használatába. Letöltve: <http://eta.bibl.u-szeged.hu/1264/4/csallner-spss-javitott.pdf> (utolsó letöltés:2019.11.01.)
- DR. KESERŐ ZSOLT (2004). Agroerdészet Magyarországon. *Erdészeti Lapok*. Vol. 149, No. 2, pp. 49-50. ISSN: 1215-0398

- DR. RADÓ DEZSŐ (2004): A fák környezeti haszna. Letöltve: <http://www.kothalo.hu/kiadvanyok/fak.pdf> (Utolsó letöltés: 30/09/2019)
- DR. SOMOGYI NORBERT (2018). A világ legnagyobb agrárerdészeti rendszere. Erdészeti Lapok Vol.153. No. 5. p p. 162-165. ISSN: 1215-0398
- EUROSTAT (2019). LUCAS – Land use and land cover survey. Letöltve: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/LUCAS_-_Land_use_and_land_cover_survey (Olvasva: 2019.10.01.)
- GOLD, MICHAEL, GODSEY, LARRY, JOSIAH, SCOTT J. (2004). Markets and marketing strategies for agroforestry speciality products in North America. In: Nair, P.K.R., Rao M.R., Buck L.E. (eds.) New Vista sin Agroforestry. Advances in Agroforestry, Vol. 1. Springer, Dodrecht ISBN: 978-94-017-2424-1
- GULÁCS LÁSZLÓ, PÉNTEK MÁRTA, HAJDU OTTÓ (2011) Gyakorló orvosok egészségnyereség társadalmi elosztásával kapcsolatos attitűdje - a Q-vizsgálat, Statisztikai Szemle, Vol. 89. No. 9., pp. 980-1006. ISSN: 0039-0690
- GYURICZA CSABA, BOROVICS ATTILA (2018). Agrárerdészet. Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Budapest. 259 p. ISBN 978-615-5748-05-9
- HEGEDŰS ATTILA (2007). A nem-fa erdei termékek és szolgáltatások hasznosítása és marketingje, Ph.D. értekezés, Erdőmérnöki Kar, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron.
- ICRAF (2019). Regions, Letöltve: <http://www.worldagroforestry.org/regions> (Olvasva: 2019.10.02.)
- KISS MARIANN (1996). Marketing mérnököknek. AKG Kiadó, Budapest, 368 p. ISBN: 963-83-28-59-2
- KSH (2019). Földhasználat művelési ágak és gazdaságcsoportok szerint (1990–), Letöltve: http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omf001a.html?down=2698 (Olvasva: 2019.10.19.)
- LEAKEY, R.R.B. (2014) Participatory domestication of trees. In: van Alfen, N. et al. (eds.) Encyclopedia of Agriculture and Food systems. Elsevier Publisher, USA. pp. 253-269. ISBN: 978-0-08-093139-5
- LEGETTE, HOLLI R., REDWINE, TOBIN (2016). Using Q Methodology in Agricultural Communications Research: A Philosophical Study. Journal of Applied Communication. Vol. 100 No. 3. pp. 57-67. ISSN: 2476-1362
- MEAD, R., WILLEY, R. W. (1980). The concept of a 'Land equivalent Ratio' and advantages in yields from intercropping. Methodology of Experimental Agriculture. Vol. 16. pp. 217-228. ISSN 0014-4797
- PAPANASTASIS, V.P., MANTZANAS, K., DINI-PAPANATASI, O., ISPIKOUDIS, I. (2009). Traditional agroforestry systems and their evolution in Greece. In: Riguriro-Rodríguez, A., McAdam, J., Mosquare-Losado, M.R., Agroforestry in Europe, Springer, Netherlands, pp. 89-109 ISBN: 978-1-4020-8272-6
- RODRÍGUEZ-BARREIRA, S., ROMERO-FRANCO, M.R., MSSQUERA-LOSADA, M.R., RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. (2011). Non-Timber forest products of agroforestry systems in Galicia In: Mosequera- Losada, M.R., Fernández-Lorenzo, J.L., Rihuiro-Rodríguez, A. (eds.) Agroforestry Systems as a Technique for Sustainable Territorial Management, AECID Unicopia ediciones, Spain, pp. 345-353. ISBN: 978-84-96351-59-2
- ROSHETKO, JAMES M., YULIYANTY (2002). Marketing smallholder farmers agroforestry products: An introduction. In: J.M. Roshetko, Mulawarman, W.J. Santoso, I.N. Oka (eds.) Wanatani di Nusa Tenggara. Proceedings of a workshop. Denpasar, Indonesia, 11-14 November 2001. Bogor, Indonesia, ICRAF and Winrock International.
- SOMMARIBA, E., BEER, J., ALEGRE-ORHILA, J., ANDRADE, H.J., CERDA, R., DECLERCK, F., DETLEFSEN, G., ESCALANTE, M., GIRALDO, L.A., IBRAHIM, M., KRISHNAMURTHY, L., MENA-MOSQUERA, V.E., MORA-DEGADO, J.R., OROZCO, L., SCHEELJE, M., CAMPOS, J.J. (2012). Mainstreaming Agroforestry in Latin America. In: Nair, P.K. Ramachandran., Garrity Dennis. In Agroforestry- The Future of Globan Land Use. Springer Science+Business Media, Dodrecht, pp. 429-453. ISBN 978-94-007-4675-6

- STEELMAN, TODDI A., MAGUIRE, LYNN A. (1999). Understanding Participant Perspectives: Q-Methodology in National Forest Management. *Journal of Policy Analysis and Management*. Vol. 18. No. 3. pp. 361-388. ISSN: 1520-6688
- STENNER, P., WATTS, S., WORRELL, M. (2008) Q Methodology. In: Willig, C., Stainton Rogers W. (eds.) *The Sage Handbook of Qualitative Research in Psychology*. Sage Research Methods, London, pp. 215-239. ISBN: 9781848607927
- SZALAI KÁROLY, DÓSA ILDIKÓ (2018). *Agrárerdészeti Kiadvány*. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, Budapest, 19 p. ISBN 978-615-5307-48-5
- SZELLEMI TULAJDON NEMZETI HIVATALA (2019). Védjegy. Letöltve: <https://www.sztnh.gov.hu/hu/vedjegy> (Olvasva: 2019.10.20.)
- ZAMOZNY GÁBOR (2018). *Agrárerdészeti Ismeretek, Útmutató Környezetbarát és Jövedelmező Gazdálkodási Módszerekhez*. Letöltve: <https://mek.oszk.hu/18900/18937> (Utolsó letöltés: 2019.10.02.)

AGRÁRERDÉSZETI TERMÉKEK FOGYASZTÓI MEGÍTÉLÉSE – 2. RÉSZ: EGY Q-MÓDSZERTAN FELMÉRÉS EREDMÉNYEI

SZERB BOGLÁRKA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

boglarka.szerb@gmail.com

Bevezetés

Cikksorozatomban második részében fogyasztói oldalról vizsgálom az agrárerdészeti rendszereket és az azokból kikerülő, kikerülhető termékek (faipari termékek, hús, tojás, méz, gyümölcs, gyógynövények és azokból készült termékek stb.) – egyelőre látens – piacát. A fogyasztói társadalom részéről fokozódó igény mutatkozik a természetes életmód, a biotermékek, a zöldségek (erdei gyümölcsök, gombák, gyógynövények stb.) iránt (MALOTA ÉS TÁRSAI, 2018; DEN HERDER ÉS TÁRSAI, 2016). A lakosság is egyre tudatosabban próbál a környezetkímélő megoldásokat használni mindennapjaiban, így környezetbarát gazdaságok termékeit vásárolni, mely az agrárerdészeti termékeket is magában foglalja. Korábbi kutatások alapján a fogyasztók még nem kellően ismerik ezeket a rendszereket, mint ahogyan a belőlük származó termékek előnyeit sem. Ebből adódóan kutatási célom a gazdálkodási módszer termékeinek, előnyeinek megismertetéséhez való hozzájárulás volt. Tekintve, hogy fogyasztási adatok még nem állnak rendelkezésre, ezért látenspiac jellemzői szerint kerestem kutatási módszert is. A dolgozatnak így célja eddig a területen még nem, illetve elvétve alkalmazott módszer alkalmazásának kipróbálása volt.

A Q-módszertan az emberi szubjektív véleményalkotás és döntés szisztematikus vizsgálatát segíti (HOFMEISTER-TÓTH ÉS SIMON 2006). A Q-módszer ötvözi a kvalitatív és kvantitatív kutatási módszer sajátosságait. Kvalitatív, mert a vélemények és attitűdök szubjektivitására koncentrálnak, de az adatokat kvantitatív módon (pl.: faktoranalízis, korreláció) elemzi, értékeli ki. A módszer megalkotója Williams Stephenson angol pszichológus fizikus, kinek a célja az volt, hogy mérhetővé váljon az emberek szubjektivitása és kifejezze az egyének döntését bármilyen összehasonlítást, értékelést igénylő szituációban (HORVÁTH, 2012). A Q-módszer statisztikailag faktorelemzésre épül és célja a faktorokon belüli közös vélemény formálása.

Kutatásomban az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

- Átlagos, agrárerdészettől független vásárlót milyen marketing stratégiával segítségével lehet a leghatékonyabban elérni?
- Mi befolyásolja a vásárlók döntését, ha agrárerdészeti terméket vásárolnak?

Kutatási módszerek, anyagok

A Q-módszerről röviden

A Q-módszer ötvözi a kvalitatív és kvantitatív kutatási módszer sajátosságait. Kvalitatív, mert a vélemények és attitűdök szubjektivitására koncentrálnak, de az adatokat kvantitatív módon (pl.: faktoranalízis, korreláció) elemzi, értékeli ki. A Q-módszertan az emberi szubjektív véleményalkotás és döntés szisztematikus vizsgálatát segíti. Nincs két ember, aki ugyanúgy

észleli a világot, ezeket a különböző nézőpontokat használja fel a tipológiák létrehozására az említett kutatási eljárás (HOFMEISTER-TÓTH, SIMON, 2006).

William Stephenson angol pszichológus-fizikus 1935-ben írta először a Q-módszerről, majd 1953-ban jelentette meg a „The Study of Behavior: Q Technique and Its Methodology” című könyvét, melyben az általa kifejlesztett, új kutatási technikáról írt. Stephenson célja az volt, hogy mérhetővé váljon az emberek szubjektivitása és kifejezze az egyének döntését bármilyen összehasonlítást, értékelést igénylő szituációban (HORVÁTH, 2012).

A módszert viszonylag széles körben, elméletben minden témakörben lehet alkalmazni, nem csak tudományos viszonyok között. Leginkább a pszichológia, politológia és a marketing területén alkalmazzák a technikát (LEHRER, 2017), mint például a politikai közvélemény- és attitűdkutatás, klinikai pszichológia, pedagógia, genderkutatás, termékfejlesztés, a reklámhatékonyság-kutatás, fogyasztói attitűdök és magatartáskutatás. Az angol-szász területeken népszerű kutatási módszernek számít, viszont itthon csak elvétve akadhatunk magyar nyelvű szakirodalomra és kutatásokra mely a Q-módszert használja (HOFMEISTER-TÓTH, SIMON 2006).

Q-módszeres vizsgálatok a szakirodalomban

Marketingkutatásban először Mosyagina és társai (1997) használták a módszert. Az orosz fogyasztók magatartását tanulmányozták piaci célcsoportok képzése érdekében. A kilencvenes években kevés információ volt a tipikus orosz vásárlókról, ezért a Q-módszer segítségével kívánták a feltárni és megismerni a kutatók az adott csoport fogyasztói attitűdjeit. Az úgynevezett P-mintát demográfiai adatok (életkor, status, lakóhely, korábbi párttagság) alapján állították össze. A Q-minta (állítások) összeállításához narratív interjút folytattak a résztvevőkkel és a médiából vett állításokat is felhasználtak. Végül hat különböző faktort-vásárlói típust különböztettek meg:

1. „Minőségorientált, gyakorlatias fogyasztó”,
2. „Takarékos moralista”
3. „Nem érdekelt gyakorlatias”
4. „Az új orosz fogyasztó”
5. „Az introvertált vásárló”
6. „Akcióvásárló”.

Hazánkban Hofmeister-Tóth és társai végeztek Q-módszer segítségével marketingkutatást. A Budapesti Corvinus Egyetem Marketing és Fogyasztói Magatartás Tanszékén kísérleti fogyasztói attitűdvizsgálatokra került sor 2005 tavaszán és őszén. Mosyagina és társai (1997) tanulmányát vették alapul. A marketing mix 4P-je (ár, termék, hely, promóció/reklám) alapján állították össze a Q-mintát, ennek az alapja az úgynevezett Fisher-féle kísérleti terv, melyben a kutató a főbb tényezőket (faktorokat) határoz meg és ezekhez faktorszinteket rendel majd szintenként egy-egy állítást rendel hozzá (HORVÁTH, 2012). A faktorok az ár, termék, hely és promóció voltak, a szintek pedig a fogyasztóra gyakorolt hatások erőssége jelentette. A Q-tanulmányt két teszt vizsgálat előzte meg, melyek során redukálták a Q-mintában szereplő állításokat, illetve feljegyezték a résztvevők véleményét és az eljárást illető tapasztalatokat. Végül 33 darab állítást kellett a kitöltőknek -4, 0, 4 skálán értékelniük. A P-mintát húsz

különböző demográfiai háttérű, saját háztartással rendelkező nő alkotta. Az adatokat Schmolz-féle „Q-method” program segítségével dolgozták fel. Végül öt faktort különböztettek meg:

1. „Tudatos, minőségorientált vásárló”
2. „Márkahű, de reklám elutasító vásárló”
3. Ártudatos, a reklám információs szerepét fontosnak tartó vásárló”
4. „Márkatudatos, de nem márkahű vásárló”
5. „Katalóguskedvelő vásárló”.

Q-módszeres vizsgálat lépései

Davis és Michelle (2011) szerint a Q tanulmány általában hat lépésből áll:

1. kutatási kérdés/kérdések megfogalmazása;
2. Q-minta (a kiválasztott állítások listájának) összeállítása;
3. a résztvevők kiválasztása (P-minta);
4. kérdőív kitöltése;
5. adatok elemzése és
6. az eredmények értelmezése.

A Q-minta összeállítása, vagyis az állítások kiválasztása, melyeket kártyákra írnak fel, a témával kapcsolatos mély kutatás előzi meg. Három féle Q-mintát különböztetünk meg: természetes, ready-made és a standardizált Q-minta. A természetes minta a megkérdezettektől származó szóbeli vagy írásbeli forrásból származó állítások kiválasztásán alapul. A ready-made minta az állításokat empirikus kutatások eredményeiből, vagy koncepciókból veszi. A standardizált minták standardizált személyiségteszteket és értéklistákat alkalmaz. Természetesen kombinált módszerrel is össze lehet állítani a Q-mintákat (HOFMEISTER-TÓTH, SIMON, 2006). A kiválasztott Q-mintákat, vagyis az állítások kártyákra kerülnek, melyet véletlenszerűen megszámoznak. A résztvevők ezeket a kártyákat állítják sorrendbe, attól függően mennyire értenek vele egyet, vagy mennyire jellemző rájuk. Ezt nevezzük Q-sor technikának, ami egy olyan kártyaelrendezési eljárás, amelynek során állításokat – pl. véleményeket, egyes szavakat (pl. tulajdonságok, értékek), képeket, figurákat (WOLF, 1988) rendeznek el egymáshoz viszonyítva. Így a módszer előterében a kártyák megkérdezettek általi aktív kombinálása áll (HOFMEISTER-TÓTH, SIMON, 2006). A rendezési eljárás lehet kötött és nyílt elosztású. A különbség a két eljárás között az, hogy míg a nyílt eljárásban nincs meghatározva az állítások normáleloszlású rendezése, a kötött elosztásnál egy rendszerbe, úgynevezett Q-sorting rácsba kell elhelyezni a kártyákat annak megfelelően, mennyire ért egyet a résztvevő az állítással. Brown (1996) szerint az egyének gyakran nincsenek egyértelműen tudatában saját preferenciáiknak pl. nincsenek tisztában fogyasztói döntéseik okaival, így a kötött rendezési elv segítséget nyújthat a döntésben és emellett még szórakoztató is lehet a kitöltők körében.

A kiértékelés során a hasonló véleménnyel rendelkező kitöltőkből csoportokat, faktorokat hozunk létre. Matematikai háttérét a korrelációs számítás és a módosított szemléletű

faktoranalízis adja (HORVÁTH, 2012). A módszer egyedisége abból ered, hogy nem az állításokat, hanem a válaszadókat kezeljük változókként. A statisztikai kiértékelési folyamatok a faktorelemzésre, korrelációra és faktor értékekre támaszkodnak, ahol a matematikai eljárások csak a szubjektív (tipikus) struktúrák létrehozását szolgálják. Az úgynevezett Q-korreláció képezik a faktorelemzés alapját, amely a személyek között hasonlóságot és különbséget, a típusokat hozza létre. Minden résztvevő választát, Q-osztályozását összehasonlítják, korreláltatják a kutatás összes résztvevőjével (HOFMEISTER-TÓTH, SIMON, 2006).

Az adatok elemzését több software is támogatja. Q-módszerhez is alkalmazhatók a megszokott statisztikai programok, mint az SPSS, STATA, stb. Léteznek kifejezetten Q-módszert támogató szoftverek, melyek az értékek betáplálásától kezdve, a faktoranalízisen keresztül a kapott értékek értelmezéséig követik a folyamatot. A PQMethod talán az egyik legelterjedtebb szoftver, mely statisztikai mutatókat biztosít az adott faktoranalízishez (GABOR, 2013). Léteznek már online elérhető rendszerek is, melyek már a kérdőív összeállításától és kitöltésétől kezdve támogatják a kutatást. Tanulmányomban egy online szoftvert, a Q Method Software-t használtam. Ennek köszönhetően a kitöltőknek nem kellett személyesen megjelenni, hanem online, számítógépen keresztül tudtak részt venni a kutatásban.

Eredmények és értékelésük

A 85 válaszadó által kitöltött Q-osztályozás alapján a Q Method Software segítségével meg tudtam vizsgálni különböző faktorszámokkal a Q-elemzést. Végül háromfaktoros megoldás mellett döntöttem, mert ebben az esetben sorolódott be a legtöbb válaszadó Q-rendezése az egyes faktorok alá. Így összesen 69 változó került a különböző csoportokba, vagyis a három faktor együttesen az összvariancia több mint 80%-át magyarázta (1. táblázat). Az 'A' faktor elemszáma 39, 'B' faktor elemszáma 20, a 'C' faktor pedig 10 válaszadót foglal magába.

1. táblázat Faktor jellemzők (saját szerkesztés)

Jellemzők	A	B	C
Sajátérték	19,9979	10,8975	7,4473
Összes magyarázott variancia	39	20	10
Megbízhatóság	0,9936	0,9877	0,9756
Faktorértékek közötti standard hiba	0,0798	0,1111	0,1562

A statisztikai hipotézis vizsgálat során azt vizsgáljuk, hogy az adott faktor milyen módon magyarázza a benne található változók/válaszadók véleményét. A táblázatból láthatjuk, hogy mind három faktor sajátértéke nagyobb, mint 1, vagyis mind három faktor megfelel a Q-módszerben is megfogalmazott kritériumnak.

2. táblázat Állítások faktoronkénti értékelése

#	Állítás	A	B	C
		Z-érték Rang	Z-érték Rang	Z-érték Rang
1	Jobban megbízok a hagyományos gazdaságból, ipari termelésből származó termékekben, mint az alternatív gazdaságból (pl. agrárerdészet) származókban, mert véleményem szerint jobban ellenőrzik őket.	-1,4272 23	-0,4698 18	-0,3169 16
2	A védjegyek felkeltik az érdeklődésemet.	-0,1843 14	-0,0242 15	-0,3504 17
3	A védjegyek csak drágítják a termékeket.	-0,5052 16	-1,7668 24	0,7561 6
4	Hajlandó lennék lecserélni egy megszokott terméket, ha találnék rá agrárerdészeti alternatívát.	0,9814 4	0,6274 9	-0,1852 13
5	Az agrárerdészetből származó termékeknek kisebb az ökológiai lábnyoma, mint a hagyományos gazdaságból származó termékeknek.	1,156 2	1,0786 4	0,855 5
6	A hagyományos gazdaságból származó termékek (pl.: méz, gyümölcs, gyógynövény, gomba) minősége jobb, mint az agrárgazdaságból származónak, mert csak egy fajta művelési ágra kell koncentrálniuk.	-1,4121 22	0,6961 8	0,2388 10
7	Fenntartható gazdaságból (pl.: biogazdálkodás, agrárerdészet) származó termékekért érdemes kicsit többet fizetni.	0,9121 6	1,6743 1	1,1204 3
8	Nem szoktam új terméket kipróbálni csak azért mert akciós vagy bevezető aron arujak.	-0,6998 20	-0,6407 20	-0,3991 18
9	Ha egy alternatív gazdaságból (pl. agrárerdészeti) származó termék árát felemelik, áttérek egy olcsóbb, hagyományos gazdaság termékére.	-0,6857 18	-0,3592 16	0,262 9
10	Egy gazdaság/üzlet hűséges, rendszeres vásárlóinak jó lenne árkedvezményeket nyújtani.	0,9165 5	1,4428 2	2,568 1
11	Szívesen vásárolok piacon, helyi termék napokon a termelőktől.	1,8294 1	0,7074 7	-0,444 19
12	Szívesen beszélgetek a termelőkkel, mielőtt megvásárolok a terméküket.	0,8946 7	0,0439 13	-0,738 20
13	Egy termelő rá tud beszélni, hogy megvásároljam a termékét.	0,6438 11	0,7593 6	-1,3133 23
14	Csak akkor vásárolnék agrárerdészeti termékeket, ha hiper-, szupermarketekben megtalálnám.	-1,6388 25	-1,3374 22	-0,2255 15
15	Nem bízok a katalógusból rendelt termékekben.	-0,1456 13	-1,7925 25	-0,0718 11
16	Fontos számomra a kényelem, inkább katalógusból, internetről vásárolok.	-1,4334 24	0,5498 10	-1,4511 24
17	Szívesen kimennék egy agrárerdészeti gazdaságba, ha programokat (pl.: szedd magad akciók), workshopokat rendeznének.	1,1044 3	0,0181 14	0,351 8
18	Zavar ha egy eladó/termelő beszélgetni kezd velem vásárlás közben.	-1,1929 21	-0,5983 19	0,8724 4
19	Ha egy árus kóstolóval, mintadarabbal kínál, nagyobb eséllyel vásárolok nála.	0,782 9	1,361 3	1,8024 2
20	Tv reklámokkal keltenék fel az érdeklődésemet az agrárerdészeti termékek iránt.	-0,6994 19	-1,4085 23	-0,8605 21
21	Közösségi médiából (facebook, instagram, hírportálok stb.) tájékozodom az új termékekről.	0,1291 12	0,1712 12	-1,8731 25
22	Nem érdekel milyen a csomagolása egy terméknek.	-0,2304 15	-1,2892 21	0,6448 7
23	Előfordult, hogy egy számomra megbízható hírportálon olvasott cikk miatt vásároltam a benne szereplő gazdaságból / termelőtől.	0,7261 10	0,1806 11	-0,9068 22
24	Ha egy termékről hangsúlyozzák, hogy fenntartható gazdaságból (pl. agrárerdészet) származik, nagyobb a valószínűsége, hogy megveszem.	0,8208 8	0,8281 5	-0,1426 12
25	Nem szeretem, ha egy gazdaság csak szezonálisan árul termékeket.	-0,6412 17	-0,4521 17	-0,1923 14

A szoftver azon válaszadók véleményét, Q-osztályozását a további elemzés során nem vette figyelembe, akik egyik véleménycsoport részét sem képezték.

A faktoranalízis segítségével minden állításra megkapjuk a normalizált faktorértékeket (Z-érték), mely megmutatja, hogy az adott állítás mennyivel tér el a főátlagtól. Azok az állítások, melyek Z abszolút értéke meghaladja az 1-et, a faktorra jellemző állításoknak nevezzük. A legmagasabb érték jelzi azokat a kártyákat (állításokat), melyekkel leginkább egyetértettek a véleménycsoport tagjai, míg a legalacsonyabb értékkel rendelkező állítások jellemzik legkevésbé őket. Az 4. táblázat mutatja a három faktor normalizált faktorértékeit és azok alapján készült vélemény rangsorát, mely alapján az 1. a faktor által legmagasabban értékelt állítás, illetve a 25 a faktor által legkevésbé favorizált állítás.

A normalizált faktorértékek segítségével tudjuk elkészíteni azt a hipotetikus Q-rendezést, mely a faktoranalízissel az adott faktor válaszadóinak véleményéből képződött. Mielőtt megvizsgálom az egyes faktorokra jellemző Q-rendezést, a három faktor közötti kapcsolatot vizsgálom, a faktorok közötti korrelációs mátrix (3. táblázat) segítségével.

3. táblázat Faktorok közötti korreláció

Faktor	A	B	C
A	1	0,57	0,189
B	0,57	1	0,2345
C	0,189	0,2345	1

A mátrixban a három faktor korrelációs értékeit láthatjuk. Minél közelebb van az érték 1-hez, annál szorosabb a két érték közötti kapcsolat. A táblázatban láthatjuk, hogy 'A' és 'B' faktor között viszonylag erős kapcsolat van, vagyis a két faktor hipotetikus Q-osztályozása közelít egymáshoz. 'C' és 'A' közötti korrelációs érték a legalacsonyabb, vagyis e két véleménycsoport rangsorolása különbözik leginkább.

A „konszenzusállítások” mindegyik véleménycsoportra hasonló hatást értek el. Vagyis mindegyik faktor egyetértett, vagy éppen nem értett egyet vele, vagy egyöntetűen semleges volt az állítás. A normalizált faktorértékek alapján a 4. táblázatban láthatjuk, hogy mely állításokkal értenek egyet.

4. táblázat Konszenzus állítások

		A	B	C
2	A védjegyek felkeltik az érdeklődésemet.	-0,1843	-0,0242	-0,3504
5	Az agrárerdészettől származó termékeknek kisebb az ökológiai lábnyoma, mint a hagyományos gazdaságból származó termékeknek.	1,156	1,0786	0,855
8	Nem szoktam új terméket kipróbálni, csak azért mert akciós vagy bevezető áron árulják.	-0,6998	-0,6407	-0,3991

A 2. „A védjegyek felkeltik az érdeklődésemet” állítás a faktorokban szereplő válaszadók számára semleges volt, Az 5. állítással mindhárom véleménycsoport egyetértett, míg a 8. állítás

semelyik faktorra nem jellemző. A Z-értékekből láthatjuk, hogy a 'C' faktor válaszai különböznek a leginkább a konszenzusállítások esetén is.

Egyik véleménycsoport vásárlását sem befolyásolják a védjegyek, melynek oka abból is adódhat, hogy nem ismerik a védjegyek rendszerét, illetve azok előnyét. Kérdőívem elején ismerttettem az agrárerdészeti gazdálkodás lényegét. Ebből adódóan mindhárom faktor egyetértett abban, hogy a rendszerből kikerülő termékek ökológiai lábnyoma alacsonyabb, mint a hagyományos gazdaságból származó termékeké. A bevezető, akciós ár mindhárom csoportot pozitívan befolyásolja, igaz ez nem jelenti azt, hogy utána hűséges vásárlói lesznek egy adott terméknek/gazdaságnak, de jó stratégiája egy új termék/gazdaság bemutatására.

'A' véleménycsoport (n= 39) – Befogadó, motivált fogyasztó

Az 5. táblázatban láthatjuk, hogy az A faktorba tartozó válaszadók a 11, 5 és 17. állításokkal értettek leginkább egyet, míg a 18, 6, 1, 16 és 14-es állítást találták legkevésbé jellemzőnek magukra nézve.

5. táblázat Az 'A' faktorra jellemző állítások

SSz.	Állítás	Q-érték	Z-érték
11	Szívesen vásárolok piacon, helyi termék napokon a termelőktől.	4	1,8294
5	Az agrárerdészeti termékeknek kisebb az ökológiai lábnyoma, mint a hagyományos gazdaságból származó termékeknek.	3	1,156
17	Szívesen kimennék egy agrárerdészeti gazdaságba, ha programokat (pl.: szedd magad akciók), workshopokat rendeznének.	3	1,1044
18	Zavar ha egy eladó/termelő beszélgetni kezd velem vásárlás közben.	-2	-1,1929
6	A hagyományos gazdaságból származó termékek (pl.: méz, gyümölcs, gyógynövény, gomba, hús, tojás, faipari termékek, stb.) minősége jobb, mint az agrárgazdaságból származónak, mert csak egy fajta művelési ágra kell koncentrálniuk.	-2	-1,4121
1	Jobban megbízok a hagyományos gazdaságból, vagy ipari termelésből származó termékekben, mint az alternatív gazdaságból (pl.: biogazdaság, agrárerdészeti) származókban, mert véleményem szerint jobban ellenőrzik őket.	-3	-1,4272
16	Fontos számomra a kényelem, inkább katalógusból, internetről vásárolok.	-3	-1,4334
14	Csak akkor vásárolnék agrárerdészeti termékeket, ha hiper-, szupermarketekben megtalálnám.	-4	-1,6388

Összességében elmondható, hogy az első faktorban szereplő válaszadók csoportja, melybe a legtöbb résztvevő tartozik nyitott az új megoldásokra, termékekre, vásárlásával a helyi-, kistermelőket támogatja, vagyis preferálja az alternatív és helyi- regionális termékeket.

'B' vélemény csoport (n=20) – Befolyásolható fogyasztó

A 'B' faktor szereplői (20 fő) vásárlási szokásaiban már kevésbé mutatkozik meg a helyi- és kisgazdaságok támogatása, preferálja a katalógusokból származó termékeket. A Tv reklámok nem befolyásolják a döntését, viszont a termék csomagolása, az ajándékok és mintadarabok illetve a törzsvásárlói kedvezmények hatással vannak rá. Tisztában van az agrárerdészeti termékek pozitív környezeti hatásával és emiatt hajlandó érte többet is fizetni.

6. táblázat A 'B' faktorra jellemző állítások

Ssz.	Állítások	Q-érték	Z-érték
7	Fenntartható gazdaságból (pl.: biogazdálkodás, agrárerdészet) származó termékekért érdemes kicsit többet fizetni.	4	1,6743
10	Egy gazdaság/üzlet hűséges, rendszeres vásárlóinak jó lenne árkedvezményeket nyújtani.	3	1,4428
19	Ha egy árus kóstolóval, mintadarabbal kínál, nagyobb eséllyel vásárolok nála.	3	1,361
5	Az agrárerdészetből származó termékeknek kisebb az ökológiai lábnyoma, mint a hagyományos gazdaságból származó termékeknek.	2	1,0786
22	Nem érdekel milyen a csomagolása egy terméknek.	-2	-1,2892
14	Csak akkor vásárolnék agrárerdészeti termékeket, ha hiper-, szupermarketekben megtalálnám.	-2	-1,3374
20	Tv reklámokkal keltenék fel az érdeklődésemet az agrárerdészeti termékek iránt.	-3	-1,4085
3	A védjegyek csak drágítják a termékeket.	-3	-1,7668
15	Nem bízok a katalógusból rendelt termékekben.	-4	-1,7925

Ez a faktor befolyásolható a vásárlási döntései során. Igaz a TV-reklámokkal nem érjük el, de ajándékokkal, kedvezményekkel és az adott termékek előnyeire felhívó információkkal hatással lehetünk rá.

'C' véleménycsoport (n=10) – Szokásaihoz ragaszkodó vásárló

A harmadik vélemény csoportra jellemző, hogy szívesen él a törzsvásárlói kedvezményekkel, de emellett hajlandó az alternatív gazdaságból származó termékekért többet árat fizetni. Egy termelő/ eladó csak akkor tudja befolyásolni vásárlói döntését, ha mintadarabbal, ajándékkal kínálja.

7. táblázat A 'C' faktorra jellemző állítások

Ssz.	Állítások	Q-érték	Z-érték
10	Egy gazdaság/üzlet hűséges, rendszeres vásárlóinak jó lenne árkedvezményeket nyújtani.	4	2,568
19	Ha egy árus kóstolóval, mintadarabbal kínál, nagyobb eséllyel vásárolok nála.	3	1,8024
7	Fenntartható gazdaságból (pl.: biogazdálkodás, agrárerdészet) származó termékekért érdemes kicsit többet fizetni.	3	1,1204
13	Egy termelő rá tud beszélni, hogy megvásároljam a termékét.	-3	-1,3133
16	Fontos számomra a kényelem, inkább katalógusból, internetről vásárolok.	-3	-1,4511
21	Közösségi médiából (facebook, instagram, hírportálok stb.) tájékozodom az új termékekről.	-4	-1,8731

A harmadik faktor hipotetikus Q-rendezése (4. melléklet) alapján azt a következtetést lehet levonni, hogy a véleménycsoport tagjai érdeklődnek és tisztában vannak az alternatív, köztük

az agrárerdészeti termékek előnyiról, de nehéz őket befolyásolni. Az általuk megszokott vásárlási szokásokat és termékeket nem szívesen változtatják meg.

Következtetések és javaslatok

Cikkemben az alábbi kérdésekre kerestem a választ Q-módszeres elemzéssel:

Átlagos, agrárerdésztől független vásárlót milyen marketing stratégiával lehet a leghatékonyabban elérni? Mi befolyásolja a vásárlók döntését, ha agrárerdészeti terméket vásárolnak?

A Q-elemzés során három fogyasztói kategóriát különböztettem meg, szubjektív véleményük alapján. A választ a marketing mix 4 P-je, termék, árpolitika, disztribúciós politika és kommunikációs politika segítségével fogalmazom meg.

Árpolitika

Mindhárom véleménycsoportra jellemző volt, a törzsvásárlói kedvezmények preferálása, vagyis egyetértettek azzal az állítással, miszerint: „Egy gazdaság/üzlet hűséges, rendszeres vásárlóinak jó lenne árkedvezményeket nyújtani.”. Ebből adódóan az agrárerdészeti gazdálkodóknak törekedniük kell a minél szélesebb törzsvásárlói kör kialakítására, hiszen a kapott válaszok alapján a fogyasztók ezt értékelik.

A 'C' faktorban szereplő véleményező ár érzékenynek tekinthetők, hiszem a kedvező bevezető ár pozitívan befolyásolja őket, illetve az áremelés következtében inkább lemond egy megszokott alternatív gazdaság termékeiről.

'A' és 'B' véleménycsoport döntéseit kevésbé befolyásolja az áremelkedés, de a bevezető akciós ár rájuk is pozitív hatással van.

Kérdőívem során rákérdeztem a többletfizetési hajlandóságra is. A „Hajlandó lenne 10-20%-kal többet fizetni agrárerdészeti termékekért, mint hagyományos termékekért?” kérdésre a 85 válaszadó közül 71 (83,5%) válaszolt igennel, míg csak 14 (16,5%) válaszolt nemmel. Ebből azt a következtetést vonom le, hogy a potenciális fogyasztók ha találnak számukra vonzó terméket, mely agrárerdészeti gazdaságból származik, hajlandóak érte többet fizetni.

Termékpolitika

A megkérdezett fogyasztók tisztában vannak vele, hogy az agrárerdészeti rendszerekből származó termékek ökológiai lábnyoma kisebb, mint a hagyományos, intenzív vagy ipari gazdaság termékeié, viszont a váltásra csak az 'A' faktor véleményezői hajlandóak. A fogyasztói preferenciák változásával, a környezetvédelem egyre „divatosabbá” válásával az alternatív gazdaságokból, beleértve az agrárerdészeti rendszereket is, származó termékek környezetre gyakorolt pozitív hatásával termékelőnyt tudunk képezni.

A kapott válaszok alapján véleményem szerint a dolgozatomban bemutatott niche stratégia az agrárerdészeti termékek hazai piacán is hatásos módon működhet.

Disztribúciós politika

A hatékony disztribúciós politika kiépítésére a kitöltők válaszai alapján nehéz választ adni. 'A' faktorba tartozó személyek inkább a piacot, helyi termék vásárokat preferálják, míg a másik két faktorra nem tudunk egy kulcsfontosságú helyet megjelölni, mint a nagyobb üzletek, vagy internet.

A közvetlen eladás a piacokon, vásárokon, vagy a rövid ellátási láncban való részvétel abból a szempontból is előnyösebb lehet, hogy az 'A' és 'B' faktorhoz hasonló vásárlókat személyesen tudja a termelő megszólítani, ezáltal hatékonyabban tudja a saját termékei megvásárlására ösztönözni őket.

Kommunikációs politika

A Q-osztályozások alapján a tv reklámok, illetve a közösségi médiában megjelenő hirdetések nem igazán befolyásolják a vásárlókat az agrárerdészeti termékek megvásárlása esetén. 'C' vélemény csoportra kifejezetten nem jellemző a közösségi média által beszerezni az ehhez hasonló információkat.

Véleményem szerint a disztribúciós politikához visszatérve a leghatékonyabban az agrárerdészeti termelők rövid ellátási láncban keresztül, közvetlen marketinggel/értékesítéssel tudják elérni a potenciális vásárlóikat.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kiterjesztési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BROWN, STEVEN R. (1996). Q Methodology and Qualitative Research. *Qualitative Health Research*. Vol. 6. No. 4. pp 561-567 ISSN: 1049-7323
- DAVIS, CHARLES, MICHELLE, CAROLYN (2011). Q methodology in audience research: Bridging the qualitative/quantitative 'divide'? *Participations: Journal of Audience & Reception Studies*. Vol. 8. No. 2. pp. 527-561. ISSN: 1749-8716
- GABOR MANUELA ROZALIA (2013). Q methodology (Q factor analysis) – Particularities and theoretical considerations for marketing data. *International Journal of Arts and Commerce*. Vol. 2. No. 4. pp.116-126. ISSN: 1929-7106
- HOFMEISTER-TÓTH ÁGNES, SIMON JUDIT (2006). A Q-módszer elmélete és alkalmazása a marketing kutatásban. *Vezetéstudomány* Vol.37. No. 9. pp. 16-26. ISSN: 0133-0179
- HORVÁTH ÁDÁM (2012). A szubjektív számszerűsítésének lehetősége a Q-módszertan segítségével, Letöltve: www.eco.u-szeged.hu/download.php?docID=40104 (Utolsó letöltés: 2019.10.10.)
- LEHRER, NADIN, SNEEGAS, GRETCHEN (2017): Beyond polarization: using Q methodology to explore stakeholders' views on pesticide use, and related risks for agricultural workers, in Washington State's tree fruit industry. *Agriculture and Human Values*. Vol. 35. No. 1. pp. 131-147 ISSN: 1572-8366
- MALOTA ERZSÉBET, GYULAVÁRI TAMÁS, BOGÁROMI ESZTER (2018). #Mutimizeszel Élelmiszer vásárlási és fogyasztási preferenciák, étkezési szokások a magyar lakosság körében. In: Józsa László, Korcsmáros Enikő, Seres Huszárik Erika (eds.) *A hatékony marketing – EMOK 2018 Nemzetközi Tudományos Konferencia konferenciakötete*. Selye János Egyetem, Komárom, pp. 710-720, ISBN: 978-80-8122-2
- MOSYAGINA, NATALIA, KASHIN ALEKSANDR, PECK, ROLAND (1997). *Emerging Russian Consumerism: A Q Methodological Study of Consumer Attitudes After Perestroika*, Annual conference on the Scientific Study of Subjectivity. Syracuse, New York

AGRÁRERDÉSZETI VÁLLALKOZÁSOK PROFITABILITÁSÁNAK VIZSGÁLATA

PLÁNTEK KATALIN

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

plantek.katalin@uni-mate.hu

Bevezetés

A tanulmányban az agrárium egy speciális ágazatát, az erdészetet elemzem jövedelmezőségük alapján. A szektor elemzése azért fontos, mert rendkívül bizonytalan a jövőbeli várható uniós támogatások nagysága, így a termelés versenyképessé tétele kiemelkedő fontosságú, ugyanis átrendeződés várható a szektorban. Emellett az erdő, a fa mindannyiunk számára fontos természeti erőforrás, „hármaskörrel” lát el: termelés, védőhatás kifejtése, szociális szerep (AGROINFORM.HU, 2014).

Anyag és módszer

Magyarországon ma több, mint 1800 erdészeti vállalkozás működik (SZÜCS & LETT, 2018). A Fagazdasági Országos Szakmai Szövetség (FAGOSZ) minden évben online formában közzé teszi a 22 állami tulajdonú és a magántulajdonban lévő 30 legnagyobb erdészeti főtevékenységű vállalkozások listáját és néhány kiemelt pénzügyi adatait (FAGOSZ, 2019). Ez a lista a cégeket árbevételük alapján rangsorolja. Továbbiakban én is ezt veszem alapul, az ezen listán szereplő vállalkozások képezik az elemzés tárgyát. A 2018-as eredmények alapján elkészített listán szereplő TOP30 magán erdészeti vállalkozás között azonban találtam olyan cégeket, akik 2009 után alakultak, így természetesen nem is szolgáltatottak beszámolót 2009-2018-as időszak minden évéből. Azért, hogy az elemzést egységesen el tudjam végezni, ezeket a vállalkozásokat kiszűrtem a listából, így 25 cég maradt.

Az elemzéshez szükség volt a vállalatok beszámolóira, melyet az Igazságügyi Minisztérium Céginformációs és az Elektronikus Cégeljárásban Közreműködő Szolgálat nyilvános adatbázisából értem el. Innen a cégek mérleg és eredménykimutatásait, illetve kiegészítő mellékleteit töltöttem le a 2009 és 2018 közötti időszakból. A beszámolókból kinyert adatok Microsoft Excel program segítségével táblázatba rendeztem és egységesítettem. Megvizsgáltam, hogy idősorosan hogyan alakult a vállalatok teljesítménye. Az elemzés során számításokat végeztem, hogy különböző mutatószámok segítségével jobban becsülhessem a vállalkozások jövedelmezőségi helyzetét. Az eredmények szemléltetésére különböző ábrákat készítettem.

Eredmények és értékelésük

Az említett cégek főbb pénzügyi adatait összegyűjtöttem, amelyet az 1. táblázat szemléltet.

1. táblázat A 25 vállalkozás főbb pénzügyi adatai, 2009-2018 (millió Ft)

	Jegyzett tőke	Mérlegfőösszeg	Értékesítés nettó árbevétele	Adózás előtti eredmény	Adófizetési kötelezettség	Adózott eredmény
2009	534,8	6 558,2	7 847,0	387,9	32,2	355,7
2010	534,8	7 559,8	10 498,2	636,1	44,4	591,6
2011	534,8	8 966,6	13 080,3	519,7	30,3	489,4
2012	534,8	10 008,6	13 877,9	697,0	40,4	656,6
2013	534,8	11 750,1	14 995,4	885,0	57,9	827,2
2014	534,8	13 320,1	16 889,4	1 124,5	74,7	1 049,8
2015	841,1	15 576,7	19 669,1	1 655,3	102,9	1 552,4
2016	856,6	17 086,8	19 750,9	1 265,1	92,6	1 172,5
2017	862,1	18 584,3	20 245,1	1 473,5	58,3	1 415,2
2018	950,1	20 444,5	20 709,7	1 517,0	94,4	1 422,6

(Forrás: a beszámolók alapján, saját szerkesztés, 2019)

Jegyzett tőkét tekintve láthatjuk, hogy 2009-ben 534,8 millió Ft volt. A következő években stagnálás volt tapasztalható, majd 2015 óta növekedés következett. 2018-ban már 950,1 millió Ft-ot tett ki a vizsgált 25 cég jegyzett tőkéje, ami 2009-hez képest jelentős, több, mint 400 millió Ft-os emelkedést mutat. A növekedés nagy részét az Agro-Cup Kft. jelentette, ők 2015-ben 300 millió Ft-tal emelték meg a saját tőkéjüket, majd 2018-ra újabb 100 millió Ft-tal. Volt azonban néhány cég, akik csökkentették jegyzett tőkéjüket.

A mérlegfőösszeget vizsgálva láthatjuk, hogy 2009-ben 6558,2 millió Ft volt. Ez folyamatosan emelkedett az évek során, 2018-ra több, mint háromszorosára nőtt (20 444,5 millió Ft). A mérleg egyes elemeinek változását a későbbiek során tervezem megvizsgálni.

Az árbevétel 2009-ben 7 847 millió Ft volt. A 10 év során eltérő mértékben, de folyamatosan növekedett. 2018-ban 20 709,7 millió Ft-ot ért el.

2009-ben 387,9 millió Ft-os adózás előtti eredményt értek el a vállalatok. Ebből 32,2 millió Ft-ot kellett befizetniük adóként, majd 355,7 millió Ft-os nyereséget értek el. Ezt követően változó tendenciát láthatunk a növekedés mértékében és irányában egyaránt. A 2010-es növekedést követte 2011-ben egy csökkenés, majd 2012-ben újabb növekedés. Az ezt követő 3 évben tovább folytatódott a növekedés. 2016-ban egy jelentősebb visszaesést tapasztalhatunk az adózás előtti eredményt vizsgálva. Az eredménykimutatásokat vizsgálva azt tapasztaltam, hogy a bevételek oldalán kisebb mértékű volt a növekedés, ezzel szemben a ráfordítások nagyobb mértékben emelkedtek, így az eredményben csökkenés volt tapasztalható. A következő években ismét emelkedett az eredmény.

A 25 vizsgált vállalat kiemelkedő eredményei

A 2018-as eredmények alapján a legnagyobb magánerdészeti vállalkozás a Hepik Erdőgazdálkodó Bt. volt. Árbevétele 2 973,2 millió Ft volt, míg az adózott eredménye 315 millió Ft. A cég az elmúlt 10 évben jelentős növekedést ért el, hiszen 2009-ben az árbevétele 770,8 millió Ft, adózott eredménye pedig 37 millió Ft volt. 2015 (396,5 millió Ft) és 2017 (413 millió Ft) még a 2018-as adózott eredményt is túlszárnyalta. A vizsgált időszakban a

mérlegfőösszege 668,7 millió Ft-ról 3 583,3 millió Ft-ra emelkedett. 2018-as eredményből 130 millió Ft-ot fizetnek ki osztalékként. A 2. táblázat a vizsgált időszak fontosabb adatait tartalmazza.

2. táblázat A Hepik Erdőgazdálkodó Bt. főbb pénzügyi mutatói, 2009-2018 (millió Ft)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Mérlegfőösszeg	688,7	789,2	1048,7	1198,4	1357,9	1701,9	2031,6	2378,1	3131,5	3583,5
Értékesítés nettó árbevétele	770,8	1034,3	1455,4	1630,5	1918,9	2167,3	2583,4	2436,7	2887,7	2973,2
Adófizetési kötelezettség	3,0	0,8	0,5	1,1	4,1	5,9	8,5	16,0	2,0	1,2
Adózott eredmény	37,0	40,9	51,5	68,4	193,5	266,2	396,5	315,3	431,0	315,0

(Forrás: a beszámolók alapján, saját szerkesztés, 2019)

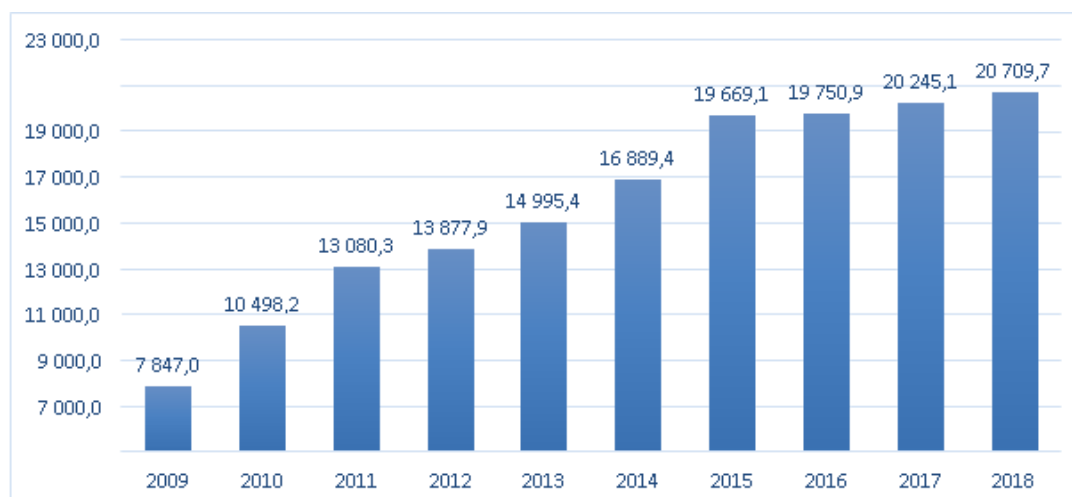
A listára felkerült cégek közül 2018-ban a legkisebb az Erdőszöv Zrt. Ők 2018-ban 250,6 millió Ft-os árbevételt értek el, melyből 54,5 millió Ft volt az adózott eredmény. 2009-ben ezek 102,1 millió Ft és 0,8 millió Ft voltak. Növekedés tehát náluk is tapasztalható, azonban méretét tekintve kisebb, mint a Hepik Erdőgazdálkodó Bt.

Veszteséget 14,3 millió Ft-tal 2018-ban egyedül a Miki Trans Bt. ért el. Az elmúlt 10 év főbb pénzügyi adatait szemlélteti a 4. táblázat. Stabilitás nem tapasztalható, hiszen az egyes pénzügyi mutatói hol növekedést, hol csökkenést mutatnak. Veszteséges sem 2018-ba volt először, 2010-ben is 3,6 millió Ft-os mínusszal zártak.

A 25 vállalat együttes értékelése

Megvizsgáltam, hogy hogyan alakult a 25 cég árbevétele a 2009-2018-as időszakban. Az eredményeket az 1. ábra szemlélteti.

1. ábra Értékesítés nettó árbevétele, 2009-2018 (millió Ft)



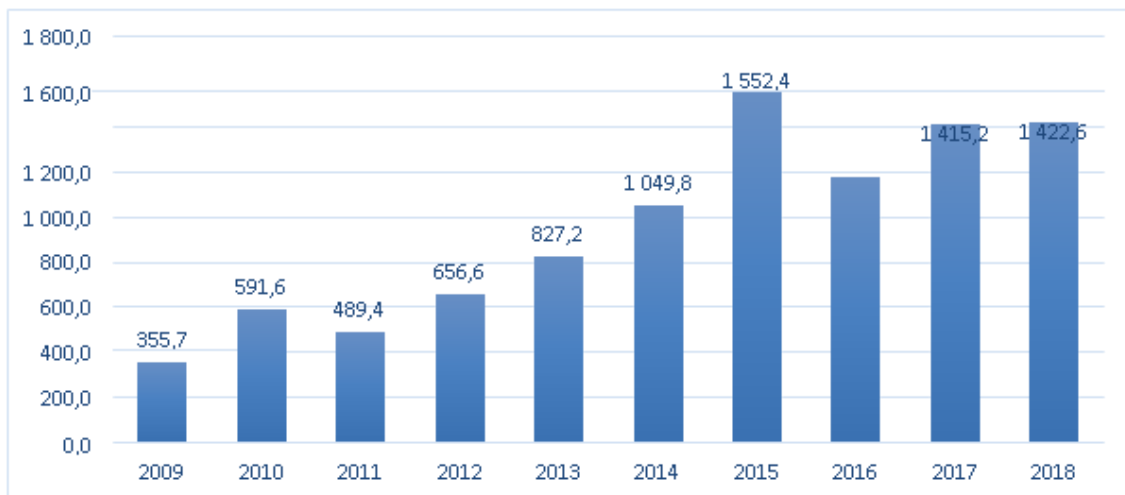
(Forrás: a beszámolók alapján, saját szerkesztés, 2019)

Ahogy az az ábrán látható, a vizsgált 10 éves időszakban növekedés volt tapasztalható. 2009-ben 7 847 millió Ft volt az összárbevétel, míg 2018-ban már 20 709,7 millió Ft-ra nőtt. A változás üteme azonban változó volt. 2009 és 2011 között nagyobb mértékű növekedés volt látható. Ezt követően kisebb mértékű növekedés volt tapasztalható, kivétel a 2015-ös év, amikor

szintén egy nagyobb növekedést láthatunk közel 3 000 millió Ft-tal. Azóta a növekedés üteme ismét lassult.

A 2. ábra a 10 éves időszakban elért adózott eredményeket szemlélteti. 2009-ben ez 355,7 millió Ft-ot tett ki. Ezt követően 2010-ben növekedés, majd 2011-ben csökkenés volt tapasztalható. 2015-ig ismét növekedés, majd 2016-ra újabb visszaesést láthatunk. Ebben az évben a bevételek növekedése alacsonyabb volt, mint a ráfordítások növekedése, ez járult hozzá az eredmény csökkenéséhez. 2017-ben és 2018-ban ismét nőtt az adózott eredmény a vizsgált cégek esetében. A 2018-as eredmény (1 422,6 millió Ft) négyszerese a 2009-es értéknek.

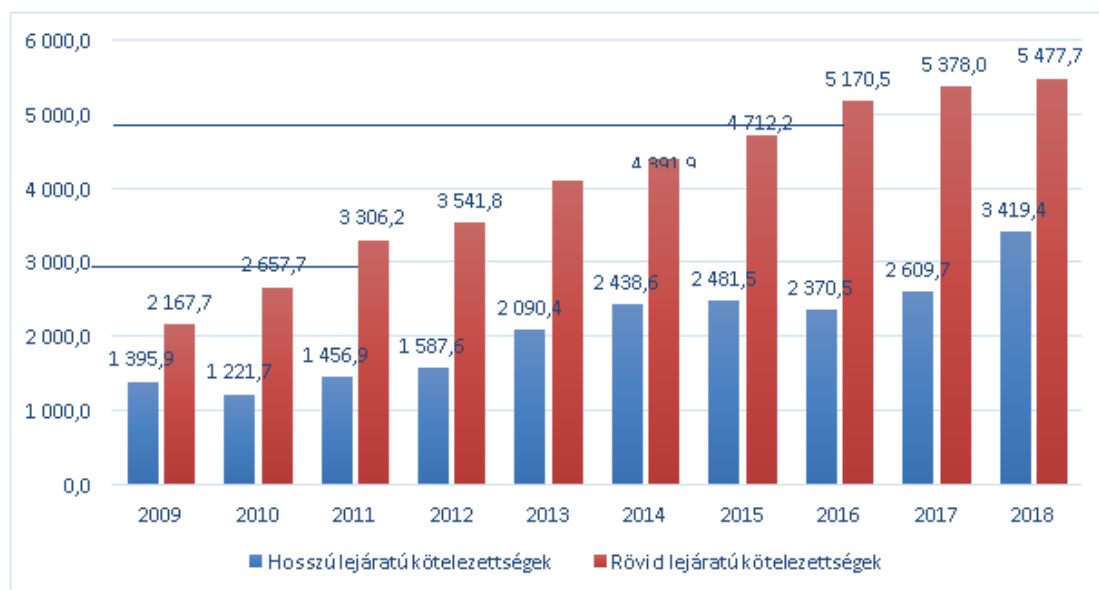
2. ábra Adózott eredmény alakulása, 2009-2018 (millió Ft)



(Forrás: a beszámolók alapján, saját szerkesztés, 2019)

Ezt követően megvizsgáltam, hogy hogyan alakultak a vállalatok kötelezettségei. Ahogy a 3. ábrán is látható, a vizsgált időszakban jelentősen több volt a rövid lejáratú kötelezettség, mint a hosszú lejáratú. Ez azért kockázatos, mert a rövid lejáratú kötelezettségek jobban ki vannak téve az inflációnak, kockázatosabbak. Jobb lenne, ha a vállalatok inkább hosszú lejáratú hiteleket vennének fel.

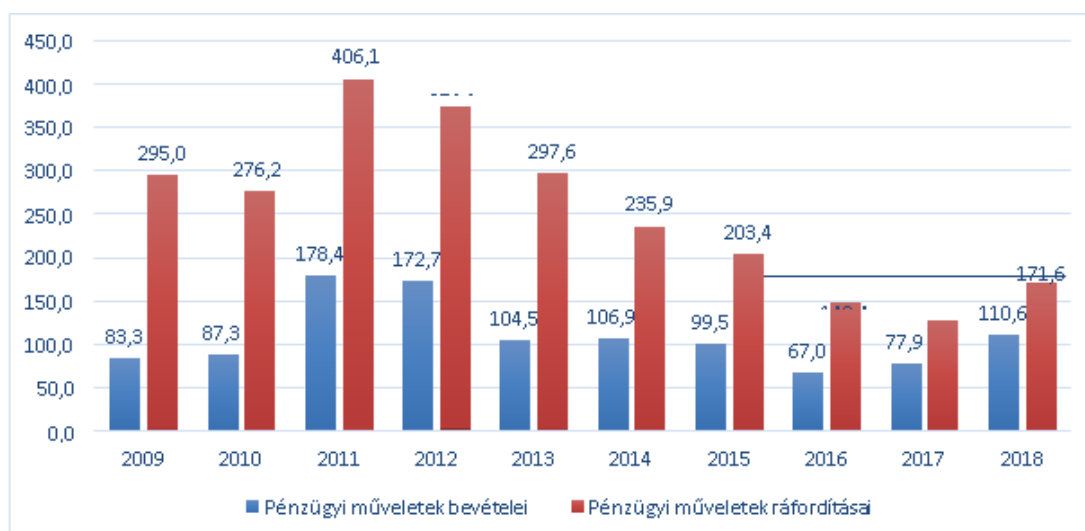
3. ábra Rövid és hosszú lejáratú kötelezettségek állománya, 2009-2018 (millió Ft)



(Forrás: a beszámolók alapján, saját szerkesztés, 2019)

Megvizsgáltam, hogy hogyan alakult a cégek pénzügyi műveleteinek eredménye. A 4. ábrán is látható, hogy a vizsgált időszak során végig több kiadásuk volt, mint bevételük. A legnagyobb különbség 2011-ben volt tapasztalható, ekkor 229,8 millió Ft-tal több volt a kiadás.

4. ábra A pénzügyi műveletek eredményeinek alakulása, 2009-2018 (millió Ft)



(Forrás: a beszámolók alapján, saját szerkesztés, 2019)

Mutatószámok elemzése

A jövedelmezőségi mutatók azt szemléltetik, hogy a vállalkozás a rendelkezésre álló forrásokat milyen eredménnyel tudja felhasználni. Segítségükkel könnyebben összehasonlíthatók különböző vállalkozások, vagy egy-egy vállalkozás eredménye évenként. A jövedelmezőségi mutatók közül a ROE, a ROA és a ROS mutató kerül bemutatásra. Mindhárom mutató azonos eredménykategóriából indul ki (adózott eredmény), azonban eltérő vetítési alapot használ.

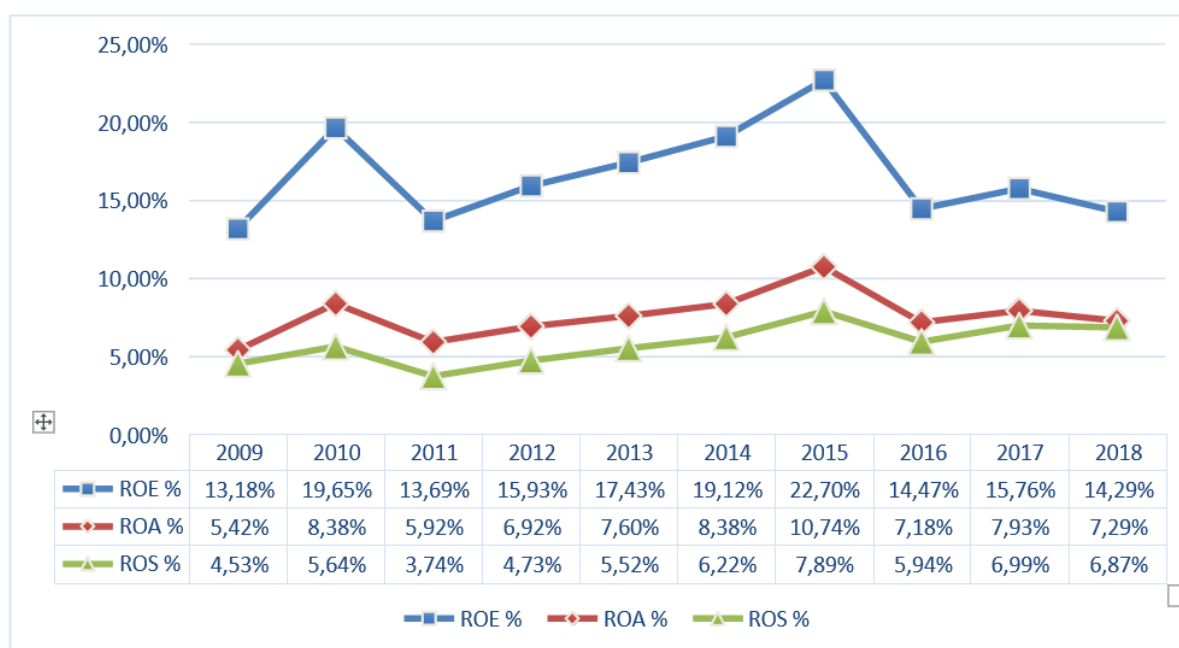
Tendenciájuk azonos változást mutatott a 2009-2018-as időszakban. A három mutató vizsgált időszaki értékeit a 8. ábra szemlélteti.

A ROE mutató a saját tőke arányos nyereséget mutatja, azaz, hogy egységnyi saját tőkére mekkora adózott eredmény jut. A vizsgált időszakban ez a mutató ingadozó tendenciát mutatott. 2009-ben ez 13,18% volt, majd 2010-re 19,65%-ig emelkedett. Ezt követően visszaesés történt 2011-ben 13,69%-ra. A következő években újabb emelkedés volt tapasztalható. 2015-ben érte el a legmagasabb értéket a ROE mutató, 22,70%-t. 2016-ban ismét visszaesést tapasztalhattunk, 14,47%-ot ért el. 2017-ben volt egy kisebb növekedés 15,76%-kal, majd 2018-ban ismét csökkenés 14,29%-kal.

A ROA mutató az eszközarányos nyereség mutató, amely azt mutatja, hogy eszközei segítségével átlagosan mekkora eredményt tud elérni a vállalat. Mértéke 2009-ben 5,42% volt. Az ezt követő években tendenciája ugyanolyan irányban változott, mint ahogy azt a ROE mutató esetében láthattuk. Legnagyobb értéket 2015-ben érte el, ekkor 10,74%-ot tett ki. Legalacsonyabb értéket pedig 5,42%-kal a vizsgált időszak elején, 2009-ben érte el. 2018-ban 7,29% volt az eszközarányos jövedelmezőség.

A ROS mutató az árbevétel arányos jövedelmezőségi mutató. Az összes bevételről nyújt információt, azt szemlélteti, hogy a bevételnek mekkora része marad meg eredményként. Tendenciája szintén azonos képet mutat a ROE mutatóéval. 2009-ben 4,53% volt, míg 2018-ban 6,87%. Legmagasabb 2015-ben volt (7,89), míg legalacsonyabb 2011-ben (3,74%).

5. ábra ROE, ROA és ROS mutatók alakulása, 2009-2018



(Forrás: a beszámolók alapján, saját szerkesztés, 2019)

Ahogy az ábrán és a táblázatban látható, mindhárom mutató értéke 2015-ben volt a legmagasabb. Ebben az évben jelentős növekedés volt tapasztalható az adózott eredményben. Az előző évhez képest 47,87%-kal (502 millió Ft) nőtt. ROE mutató esetében hozzájárult a növekedéshez, hogy a saját tőke ebben az évben mintegy 1 800 millió Ft-tal emelkedett. Több

vállalat hajtott végre jegyzett tőke emelést is ebben az évben. ROA mutató esetében az eszközök közti növekedésben legnagyobb tételt a követelések és a pénzeszközök állománya jelentett. ROS mutató esetében a növekedés annak is köszönhető, hogy 2015-ben mintegy 2 800 millió Ft-tal nőtt az árbevétel.

A jövedelmezőségi mutatószámok mellett megvizsgáltam, hogy hogyan alakult a 25 kiválasztott vállalat likviditása a 2009-2018-as időszakban. A likviditási mutatók értékét a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat Likviditási mutatók

	Likviditási ráta	Likviditási gyorsráta	Pénzhányad
2009	1,0544	0,8380	0,1454
2010	1,0293	0,8346	0,1608
2011	1,1130	0,8881	0,1755
2012	1,1699	0,9284	0,1538
2013	1,2249	0,9446	0,1802
2014	1,3815	1,0633	0,2370
2015	1,6236	1,2291	0,3708
2016	1,5910	1,1291	0,3197
2017	1,6074	1,1048	0,3205
2018	1,7427	1,1039	0,3398

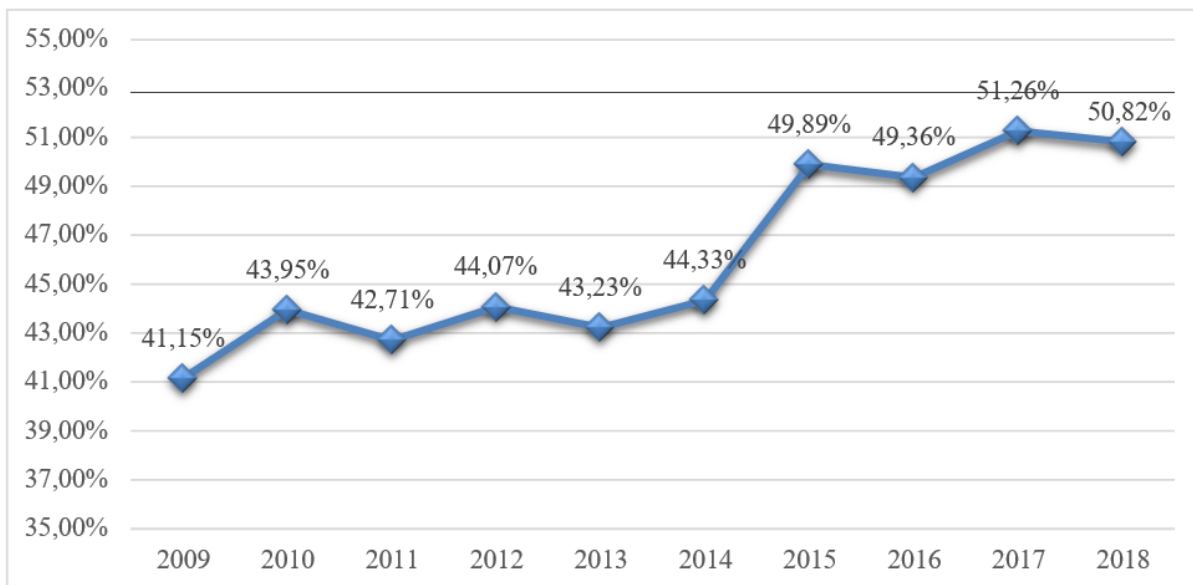
(Forrás: a beszámolók alapján, saját szerkesztés, 2019)

A likviditási mutatók azt szemléltetik, hogy a vállalat forgóeszközei segítségével milyen mértékben képes eleget tenni követeléseinek.

A likviditási ráta a forgóeszközök és a rövid lejáratú kötelezettségek hányadosa. A mutató értéke 1 felett jó, különben a társaság a fizetéseképtelen. Ahogy a táblázatban látható, az erdészetek esetében ez minden évben teljesült, sőt, növekedett az évek során. A likviditási gyorsráta esetén a forgóeszközöket a készletekkel csökkentjük. Itt már nem feltétel, hogy a mutató értéke 1 felett legyen. A növekedés itt is tapasztalható. A pénzhányad mutató esetében a forgóeszközöket a készletek mellett a követelésekkel is csökkentjük, így csak a leglikvidebb eszközök maradnak. Elemei könnyen kivonhatók a vállalkozásból, így ezt a mutatót óvatosan kell kezelni. A túlzott likviditás sem jó, hiszen ronthatja a jövedelmezőséget. A beszámolókból kiderül, hogy a vállalatok értékpapír állománya a 2014-2017-es időszakban jelentősen megnőtt, majd 2018-ban tizedére csökkent. Pénzeszköz állományuk azonban növekedett a vizsgált időszakban.

A mérleg forrásoldala az idegen és a saját tőke állományát mutatja. A saját tőke arányának alakulását a vizsgált időszakban a 6. ábra szemlélteti. 2009-ben a források 41,15%-át bocsátották a vállalatok rendelkezésére a tulajdonosok. Az ezt követő években az arány változó tendenciát mutatott, hol emelkedett, hol nőtt. 2015-ben láthatunk egy nagyobb növekedést, ami köszönhető a jegyzett tőke jelentős emelésének. 2018-ban 50,82% volt a saját tőke aránya.

6. ábra A saját tőke arány alakulása, 2009-2018



(Forrás: a beszámolók alapján, saját szerkesztés, 2019)

Összefoglalás

Az erdészeti szektor teljesítményének értékeléséhez a számviteli beszámolóit elemeztem a 2009 és 2018 közti időszakból. A FAGOSZ által közzé tett információk alapján választottam ki a legnagyobb erdészeti főtevékenységű vállalkozásokat. A jövőbeli bizonytalan támogatások miatt fontos, hogy minél hamarabb felmérjük az agrárerdészet jövedelmezőségét.

Az elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a 2018-as eredmények alapján legnagyobb 25 vállalat jövedelmezősége növekvő tendenciát mutat az utóbbi években. A növekedés mértéke az egyes években eltérő volt, az utóbbi években lelassult.

Későbbiekben tervezem még az egyes erdészeti vállalkozásokat külön-külön részletesebben elemezni. Szeretném megvizsgálni, hogy az egyes mérlegtételek változása mögött milyen információk, történések vannak.

Összehasonlításképpen a 22 állami tulajdonú erdészet eredményeit is szeretném megvizsgálni, hiszen ez a 22 állami tulajdonú erdészet az erdőterületek 56%-át birtokolják (Agrárminisztérium, 2017). Érdekes lehet, hogy milyen különbség van a jövedelmezőségük, mik a jövőbeni kilátásaik terveik. Tervezem, hogy a mérleg és eredménykimutatás elemzése, valamint a mutatószámok vizsgálata mellett egy-egy interjút készítenék egy állami és egy magán erdészeti vállalkozás vezetőjével.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitérési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

AGRÁRMINISZTÉRIUM. (2017). Agrárminisztérium Statisztikai Közleménye. Letöltés dátuma: 2019.11.02.,forrás: www.kormany.hu:

https://www.kormany.hu/download/f/79/71000/Az%20erd%C5%91ter%C3%BCletek,%20az%20erd%C5%91s%C3%ADt%C3%A9sek%20%C3%A9s%20a%20fakitermel%C3%A9s%20alakul%C3%A1sa%202017-ben_statisztikai%20k%C3%B6zlem%C3%A9ny.pdf
AGROINFORM.HU. (2014). Agroinform.hu. Letöltés dátuma: 2019.11.02., forrás:
https://www.agroinform.hu/erdo_vadgazdalkodas/mi-az-erdo-szerepe-a-tarsadalomban-20513
FAGOSZ. (2019). Forrás:
http://fataj.hu/2019/06/179/201906179_Erdogazdalkodok2018_magantop30.php
SZÜCS, R., & LETT, B. (2018). Nagy magán erdészeti vállalkozások helyzete és teljesítménye. Erdővagyon-gazdálkodási közlemények 12, 49-53.

MIKROKLIMATIKUS TÉNYEZŐK VIZSGÁLATA AZ AGRÁRERDÉSZETBEN

NYISZTOR BOGLÁRKA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

nyibob@gmail.com

Bevezetés

Napjainkban a mezőgazdaságnak számos kihívásra kell megoldást találnia, mint például a bolygó növekvő népességének élelmezése, illetve a klímaváltozás mezőgazdaságra gyakorolt negatív hatásai. Ezekre a problémákra az egyik lehetséges alternatíva a nagyobb terméshozam elérése, vagy a kedvezőtlenebb fekvésű termőhelyek hasznosítása érdekében az agrárerdészet arányának növelése. Definíciója szerint ez olyan földhasználati forma, melyben különböző mezőgazdasági ágazatok kombinációja valósul meg fás elemekkel, adott helyen és egyidejűleg, miközben a rendszer tagjai között kölcsönhatások lépnek fel, ami által ökológiai vagy/és gazdasági előnyök keletkeznek (GYURICZA ÉS BOROVIK 2018).

Az agrárerdészeti rendszerek alkalmazásával javulnak a helyi klimatikus tényezők. A csökkentett szélsőségek, az enyhébb sugárzás és a magasabb relatív páratartalom következtében csökken a légköri aszály mértéke, az árnyékot élvező szabad tartásban ott nevelt különféle fajú állatállomány, vagy az ezt kedvelő kultúrnövények. Ezen kívül a fákról lehullott termések és levelek kiegészítő táplálékot nyújtanak a haszonállatok vagy a vadak számára, amelyek az erdősávban búvóhelyre is találhatnak. Az agrárerdészet hozzájárul a biodiverzitás fenntartásához, védelmet nyújt a deflációval és az erózióval szemben, elősegíti a vízminőség javítását és a szén-dioxid megkötését. Később pedig a fák kivágásával plusz árbevételre is számíthatunk. Ennek a környezetbarát termelési módszernek az előnyei közé tartozik még, hogy kevésbé kiszolgáltatott a piaci viszonyoknak, kapcsolatot teremthet a mezőgazdaságban dolgozók, a vadászársaságok és a méhészek között, miközben a vidék sokszínűségét gazdagítja. Méhlegelőként, amikor megfelelően változatos telepítéssel (lágyszárúak, cserjék és fák) különböző gyümölcsfákat eltérő virágzási idővel választunk, táplálékot biztosít a méhek számára az egész vegetációs időszakban. A rendszer produktivitása meghaladhatja az egyenértékű területen, kizárólag szántóföldi növénytermesztéssel vagy erdőgazdálkodással elérhető produktumot (GYURICZA ÉS BOROVIK 2018).

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat a Hajdú-Bihar megyében található Földes környékén két területen végeztük. Az egyik az erdősávrendszeren belüli zárt („erdős”), a másik a közelben található nyílt szántóföld („külterület”). A zárt parcellán 3 db talajszonda az aktuális kultúrnövényben (gabona), 2 db talajszonda az erdősávban helyezkedik el, illetve 1 db automata meteorológiai állomás kapott helyett a zárt parcella mértani közepén. A nyílt területen 1 db talajszonda és 1 db meteorológiai állomás található.

A BOREAS típusú automata meteorológiai állomások 2018 márciusában kerültek kihelyezésre mindkét területen. 10 perces felbontásban rögzítik az aktuális 2 méteres hőmérsékletet (°C),

relatív nedvességet (%), 10 méteres szélességet (m/s) és szélirányt (fokokban kifejezve), a 10 perces maximális széllelkést, annak irányát és időpontját, a páralecsapódás mértékét %-ban és időtartalmát (s). A SENTEK típusú talajszondák óránként rögzítik a térfogatszázalékos talajnedvességet (VTF%) és a talajhőmérséklet értékeit 5-től 85 cm mélységig 10 cm-es felbontásban.

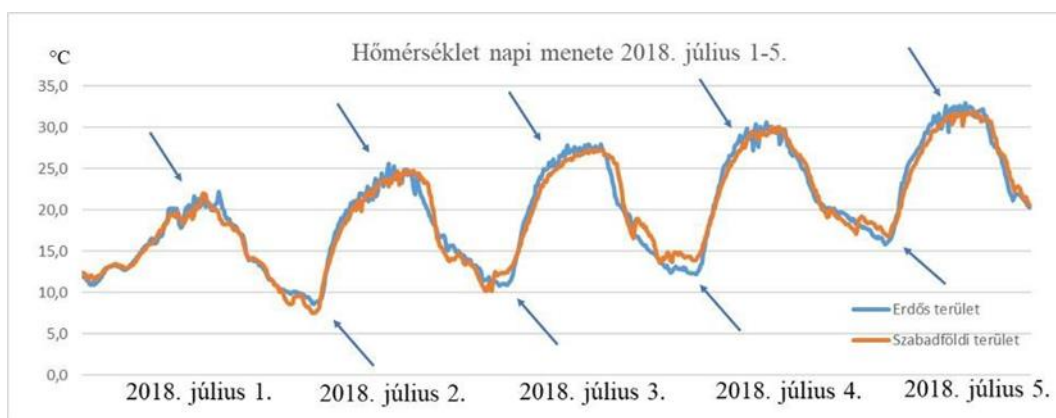
2018. április 20-án kezdtük meg a méréseinket, ezáltal már több, mint egy éves adatsor állt rendelkezésre. Az adatok bősége miatt most csak 2018. július hónapot mutatom be. A kiemelt hónapban elemeztük a két területen mért hőmérsékletet, a relatív nedvességet, evapo-transzspirációt és a talajnedvesség alakulását, az éves szélviszonyokat, valamint az ezek között mutatkozó különbségeket évszakokra és napon belül órára bontva.

Kutatási programunk célja volt megvizsgálni, hogy az agrárerdészeti rendszert alkalmazó mintaterület és a nyílt szántóföldi növénytermesztés között milyen hasonlóságok, különbségek vannak a talajok vízgazdálkodási tulajdonságai- és a mikroklíma szempontjából. A kapott eredményeket feldolgozva és összehasonlítva, meg tudjuk állapítani, hogy az agrárerdészeti módszer milyen hatással van az ott termesztett kultúrnövényekre.

Eredmények

Hőmérséklet, légnedvesség és evapo-transzspiráció összehasonlítása

Összehasonlítottuk az erdős terület és a szabadföldi terület 10 perces hőmérsékleti adatait. Szemléltetésként a teljes adatsorból az átláthatóság kedvéért kiemeltünk egy néhány napos időintervallumot (2018. július 1-5.) (1. ábra).



1. ábra Az erdős és a külterületen mért hőmérséklet napi menete (2018. július 1-5.)

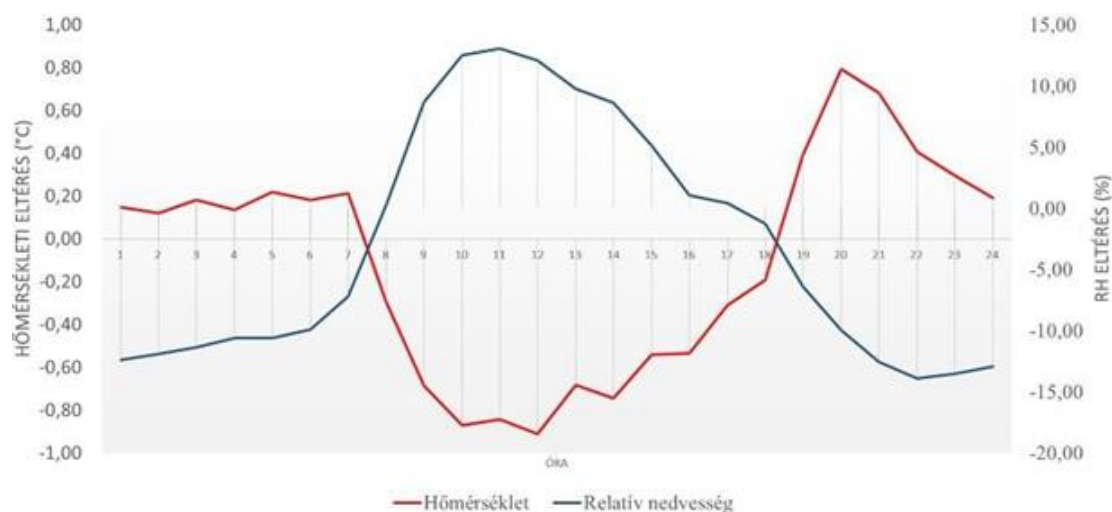
A vonaldiagramon látható, hogy mindkét területen hasonló napi menete volt a hőmérsékletnek, de a nyilakkal jelölt helyeken szabályszerű eltérések látszanak a két adatsor között. Az erdős területen nappal melegebb, éjszaka hűvösebb értékeket mértünk. Mivel következetesen ugyan azokban a napszakokban mutatkoztak ezek a különbségek, érdeemesnek találtuk órára lebontva is megvizsgálni az eltéréseket.

2018. júliusban a szabadföldi területen az éjszakai és a hajnali órákban átlagosan néhány tized Celsius fokkal volt magasabb a hőmérséklet a zárt területhez viszonyítva. Viszont hajnaltól egészen késő délutánig az erdős területen volt magasabb a hőmérséklet a nyílt területhez képest. Ez azzal magyarázható, hogy a zárt területen nincs légmozgás, emiatt nincs átkeverés a légkörben, a légköri energetika szerint pedig ilyenkor a besugárzás és kisugárzás okozta

hőmérséklet emelkedés és hűlés szabályai az érvényesek. Ezért délelőtt korábban kezd el melegedni, tehát a délelőtti órákban melegebb van a zárt területen, míg délután ugyanott nagyobb ütemben hűl (BARNA 2003).

A különbségek terén hasonló napi tendencia figyelhető meg a többi hónapban is. Októberben a késő délutáni órákban az alacsonyabb beesési szög következtében az erdősáv árnyékoló hatása figyelhető meg. Emiatt rövidebb ideig érte napsugárzás a területet és kevésbé tudott felmelegedni, mint a szántóföldi terület, ahol semmi sem akadályozta a besugárzást. Télen a lombhullató fák leveleinek hiányában a két területen mért hőmérsékleti értékek szinte teljesen kiegyenlítődtek.

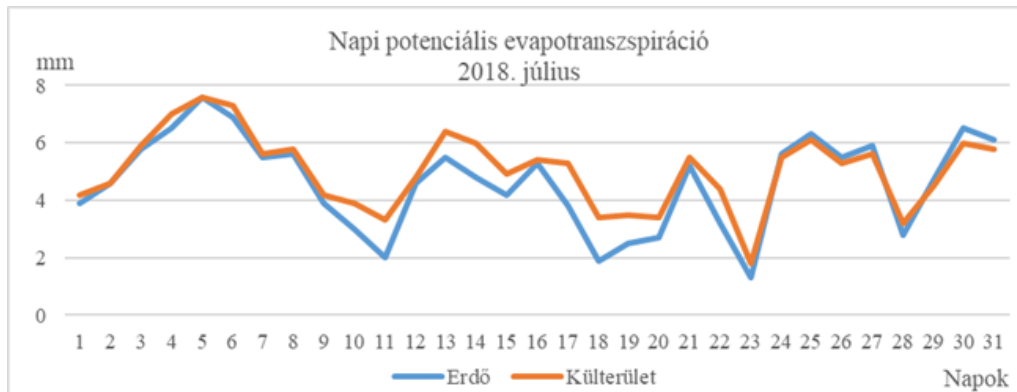
A légkör egy dinamikus rendszer, ezért a hőmérséklet és légnedvesség szoros kapcsolatban vannak egymással (2. ábra). Ezt az ábrát úgy kaptuk meg, hogy a szabadföldi területen mért adatokból vontuk ki az erdős területen mért 10 perces adatokat a hónap minden napján óránként. Ahol az így kapott értékek a pozitív tartományban vannak, ott a szabadföldi területen volt melegebb, ahol pedig a negatív tartományban ott az erdős területen volt melegebb. Minél melegebb a levegő, egységnyi térfogat arányosan annál több vízgőzt tud befogadni. Ennek következtében azon a területen, ahol nagyobb a hőmérséklet napi ingása, a relatív nedvesség értéke is nagyobb napi ingást mutat. Éjszaka és hajnalban, amikor a szabadföldi területen magasabb a hőmérséklet, akkor alacsonyabb a levegő relatív nedvesség tartalma. Napközben fordított tendencia figyelhető meg. Ilyenkor az erdős területen magasabb a hőmérséklet, ezzel párhuzamosan itt alacsonyabb a relatív nedvesség tartalom.



2. ábra A hőmérséklet és légnedvesség alakulása az erdős és a külterületen óras bontásban 2018. júliusban

A párolgás mértéke erősen függ a hőmérséklettől, a relatív nedvességtől és a szélsebesség alakulásától. A magasabb hőmérséklet és nagyobb szélsebesség erősíti a párolgás mértékét, míg a magas páratartalom akadályozza az intenzívebb párolgotatást. Az erdős területen a szélsebesség átlagos értéke alacsonyabb a szélárnyékhata miatt, a hőmérséklet pedig főleg a nyári időszakban a déli órákban magasabb, mint a külterületen mért érték. A napi potenciális evapo-transzspiráció értéke 2018. júliusban kisebb az erdős területen, mint külterületen (3. ábra). A zöld növényzet párolgotatása biztosítja a nagyobb vízgőz tartalmat, amit a minden oldalról zárt terület könnyen meg is tart. Főként azokban az időszakokban rajzolódik ki nagyobb

különbség, amikor anticiklonális hatás érvényesül, a frontok átvonulásakor nagyobb a légkör átkeveredése (például 2018. július 25-e). Októberben kiegyenlítettebb a párologtatás, ami egyrészt a lombhullással, másrészt a hűvösebb időjárással magyarázható. Ugyanakkor januárban szignifikáns különbség adódik a potenciális evapo-transzspiráció értékeiben, ugyanis az erdős területen lényegesen nagyobb a párologtatás, mint külterületen. Ez a talaj magasabb nedvességtartalmával magyarázható.

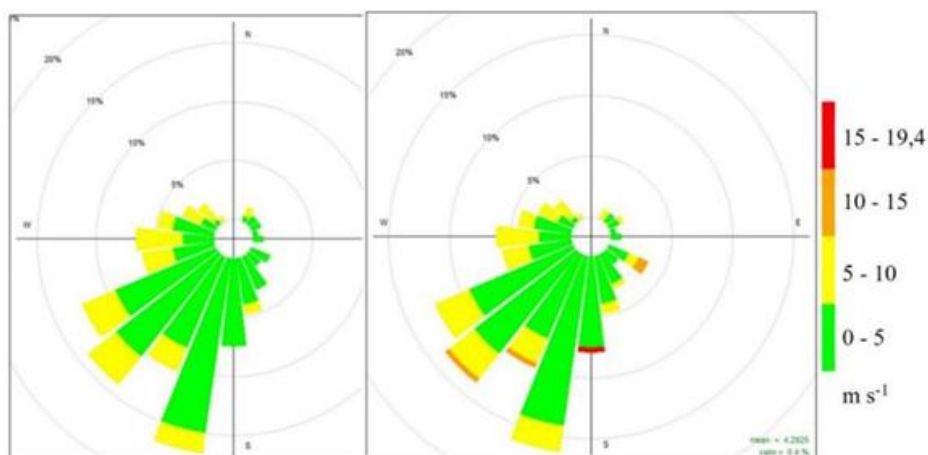


3. ábra Potenciális evapo-transzspiráció napi értéke (mm) erdős és külterületen 2018. júliusban

Áprilisban a tavaszi lombfakadáskor ismét egy átmeneti időszak figyelhető meg a párologás mértékében, ekkor még kicsi a különbség külterület és az erdős rész között. Az erdős részen megkezdődik a vegetációs időszakkal a növények légzése, amely a magasabb vízgőztartalmat biztosítja, ugyanakkor külterületen is növekszik a téli időszakhoz képest a párologtatás, mert nő a napi besugárzás mértéke (erdős területen még ekkor nagyobb az árnyékhatás), másrészt a légmozgás is erősödik, mert a legszelesebb időszak a tavasz hazai makroklimatikus viszonyok között. Nyáron majd ismét a szélsébség különbség, a relatív nedvesség különbség és hőmérséklet különbség fogja meghatározni a két terület potenciális evapo-transzspirációját.

Az erdősáv szélsébségre gyakorolt hatásai

A 4. ábrán szélrózsa segítségével hasonlítjuk össze az erdős és külterületen tapasztalható szélviszonyokat, amelyeket 10 perces szélmérésekből ábrázoltuk 2018. április és 2019. március közötti időszakban.



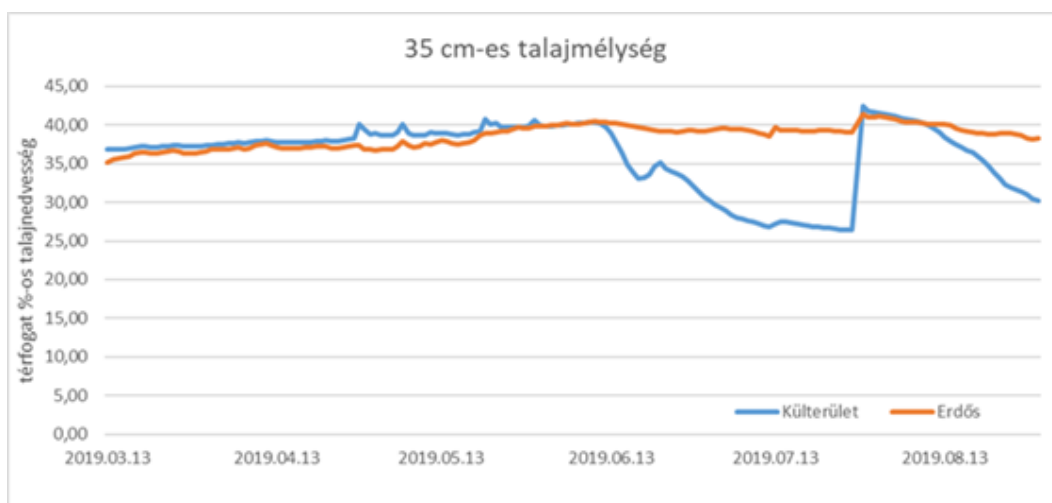
4. ábra Az erdős területen és a külterületen mért szélsébségek ábrázolása szélrózskákkal

A jellemző szélirány délnyugati (180° és 270° között), ahol egyes irányokban (10°-os felosztásban) 10-15%-os relatív gyakorisággal 5 m/s alatti a szélesebesség, 3-5% relatív gyakorisággal pedig 5-10 m/s között változik a szélesebesség. Szignifikáns különbség az ennél erősebb szélesebességeknél figyelhető meg, ahol egyértelmű az erdősáv szélfogó hatása. Külterületen megjelenik (12%-os relatív gyakorisággal) a 10-15 m/s, illetve 180°-os szélirányban a 15 m/s-nál nagyobb szélesebesség is. Az erdővel védett területen ezzel szemben minden időjárási helyzetben 10 m/s alatt maradt a szélesebesség értéke. Az optimális sztóma működéshez szükség van egy bizonyos légmozgásra, egészen 1,7 m/s értékig. Az ennél sokkal magasabb értékű szélesebességek már olyan szintű transzspirációt eredményeznek, ami miatt lecsökken a zárósejtek turgora és a sztómák hidroaktívan záródhatnak. A napszaki ingadozás miatt reggel 7 óra és este 7 óra közötti adatokat választottunk ki, amelyek szélesebessége 1,7 m/s érték alatt van. A vizsgált hónapokban az erdős területen átlagosan 4-szer többször fordult elő 1,7 m/s alatti szélesebesség, mint a külterületen. Ez azt jelenti, hogy transzspiráció szempontjából az erdős területünk bizonyult kedvezőbbnek az erdősáv szélfogó hatása miatt.

A talajnedvesség összehasonlító elemzése

A talaj legfelső rétege közvetlen kapcsolatban van a légkörrel, a területet érő külső hatások erre a rétegre vannak a legnagyobb hatással. Ennek következtében ebben a talajrétegben mérhető a legnagyobb talajnedvesség ingadozások. A legkisebb csapadékmennyiség is átmenetileg megemeli a talajnedvesség értéket, amely az elszivárgás, illetve kipárolgás hatására gyorsan csökkenni kezd. Az erdős területen a felső 5 cm-es talajréteg szárazabb, mint külterületen, ennek egyik oka az lehet, hogy a fák gyökérzetének elszívó hatása már a feltalajban is érvényesül, ezáltal a függőleges irányú beszivárgást lassítja. Ezzel szemben külterületen a gyors talajnedvesség emelkedést követően gyors csökkenés látható, ami a nagyobb szélesebességre és ennek hatására az aktívabb párolgásra vezethető vissza.

A talaj 35 cm-es mélységénél az erdővel határolt táblán eltűnnek a talajnedvesség értékekben megfigyelhető nagy ugrások, kiegyenlítettebb a nedvesség menete a külterülethez képest (5. ábra). Júniustól augusztusig az aszályos időszakban az erdős területen magasabb a talajnedvesség értéke a kisebb légmozgás, és ezáltal a kisebb mértékű párologtatás miatt. Külterületen az augusztusban érkező csapadék átmenetileg megemelte a talajban lévő nedvesség mennyiségét, de ennek hatása rövid ideig tartott.



5. ábra A talajnedvesség alakulása 35 cm mélyen, 2019. március és augusztus között

Következtetések

Az erdős területen nagyobb a napi hőingás a szántóföldi területhez viszonyítva, ennek oka, hogy az erdősáv szélfogó hatása miatt a zárt területen gyengébb a légmozgás. A gyengébb légmozgás következtében a délelőtti órákban gyorsabb a levegő melegedése, a délutáni órákban pedig a lehűlés sebessége nagyobb a külterület értékeihez képest.

A hőviszonyoknak megfelelően az erdős terület relatív nedvességének napi ingása, szintén magasabb, mint a külterületen, amely összefügg a szélsébség jelentős csökkenésével és a hőmérséklet nagyobb mértékű napi ingadozásával.

A napi potenciális evapo-transzspiráció értéke jellemzően alacsonyabb az erdős területen. Az agrárerdészeti rendszerben kedvezőbbek a feltételek a sztómák működése számára, így hatékonyabbá válhat az ott termesztett kultúrnövény fotoszintézise. Ez azzal magyarázható, hogy az erdősáv szélfogó hatása miatt, kevesebb és kisebb mértékű szellőkések érik a területet. A talajnedvesség mérések alapján megállapítható, hogy a nyári aszályos időszakban a szabadföldi értékek nagyobb mértékű talajaszályt jeleztek, mint az erdős területek adatai. A téli évszakban a két területen mért paraméterek kiegyenlítődnek és tavasszal a lombfakadáskor kezdenek ismét szignifikáns különbségek megjelenni. Erre a lombhullató fajokból álló erdő nyílttá válása adhat magyarázatot.

A feldolgozott szakirodalmaknak megfelelően, sikerült igazolnunk az agrárerdészeti rendszerek által befolyásolt mikroklimatikus és talajnedvességi tényezők pozitív hatását az ott termesztett szántóföldi kultúrnövényekre.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitorési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BARNA T. (2003): A dél-békési erdősávrendszerek megvalósíthatósági koncepciója. Alföldi Erdőkért Egyesület, Publikációk <http://www.aee.hu/downloads/del-bekesi.doc> [letöltve: 2019.10.04.].
- GYURICZA CS., BOROVICS A. (2018): Agrárerdészet. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

A VILÁG KUKORICAPIACÁNAK TERÜLETI ELEMZÉSE

SZERB ANDRÁS BENCE

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

boglarka.szerb@gmail.com

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben megnőtt az szomszédsági hatással foglalkozó elméleti és empirikus kutatások száma a mezőgazdaság különböző területein. Szomszédsági hatás alatt az egymással szomszédos területegységek hasonlóságát, együtt mozgását értjük bizonyos társadalmi-gazdasági folyamatokban, paraméterekben (NEMES NAGY, 2005). Plasztikusabban, Tobler (1970) szavaival élve: „minden összefügg mindennel, de az egymáshoz közelebb eső dolgok szorosabban függenek össze”. A témához illeszkedő szakirodalom a közelmúltig (a mezőgazdaság csökkenő gazdasági súlyának köszönhetően) elsősorban az ipari és szolgáltatási szektorra koncentrált (FUJITA ÉS SZERZŐTÁRSAI, 1999). Az elmúlt években számos olyan tanulmány jelent meg, amely az szomszédsági hatás jelentőségét igazolja a mezőgazdaságban is. Kutatások széles köre vizsgálja a szomszédsági viszonyokat az ökológiai gazdálkodás területén (ALLAIRE ÉS SZERZŐTÁRSAI, 2015; SCHMIDTNER ÉS SZERZŐTÁRSAI 2012; ILBERY–MAYE, 2011). További kutatásokat találhatunk a témakört illetően a tej- és sertéshústermelésben (ISIK, 2004; MULATU–WOSSINK, 2014; CSONKA–FERTŐ, 2017), illetve az agrárerdészet területéről is (CSONKA ÉS SZERZŐTÁRSAI, 2018). A gabonatermékek témakörében is foglalkoznak agglomerációs hatások vizsgálatával a tanulmányok világszerte (NEUMANN ÉS SZERZŐTÁRSAI, 2010; SWEENEY ÉS SZERZŐTÁRSAI, 2013; MITTER ÉS SZERZŐTÁRSAI, 2015).

Neumann és szerzőtársai (2010) tanulmányukban a gabonatermesztés hatékonyságához és a globális gabonatermelés magasabb hozamaihoz szükséges tényezőket vizsgálták. Megmagyarázták a térbeli eltéréseket világszerte, hogy feltárják az intenzitás potenciálját és a korlátozások jellegét, tekintettel a jelenlegi technológiai fejlődésre. Az eredmények azt mutatták, hogy a búza, a kukorica és a rizs jelenlegi tényleges hozamai a potenciáljukhoz viszonyítva átlagosan rendre 64%, 50%, illetve 64%-sak.

Holmes–Lee (2012) vizsgálata szerint a szántóföldi növénytermesztés területi koncentrációja mindössze kétharmad részben magyarázható természeti (domborzati, talajminőségi, klíma) adottságokkal az USA Észak-dakota tagállamára vonatkozóan, míg egyharmad részben agglomerációs és szomszédsági előnyökre vezethető vissza.

Sweeney és szerzőtársai (2013) szerint a Mexikóban tradicionálisnak számító kukorica termesztés a vizsgálati időszak másfél évtizedében jelentős intézményi és gazdasági változásokon ment keresztül. A belső politikai támogatási rendszer és a nemzetközi piaci integrációk következtében az ország kukorica import függősége, az USA-val szemben jelentős növekedésnek indult a 20. század utolsó évtizedében, ami hatással volt a kukorica termőterületek földrajzi elhelyezkedésére is.

McWilliams–Moore (2013) tanulmányukban arra a következtetésre jutottak, hogy az egyesült államok kukoricaövezetét elemezve a kukoricatermesztés területi elhelyezkedését csak részben magyarázzák a természeti előnyök. A térszerkezetre jelentős befolyást gyakorol az export és import piacok földrajzi közelsége.

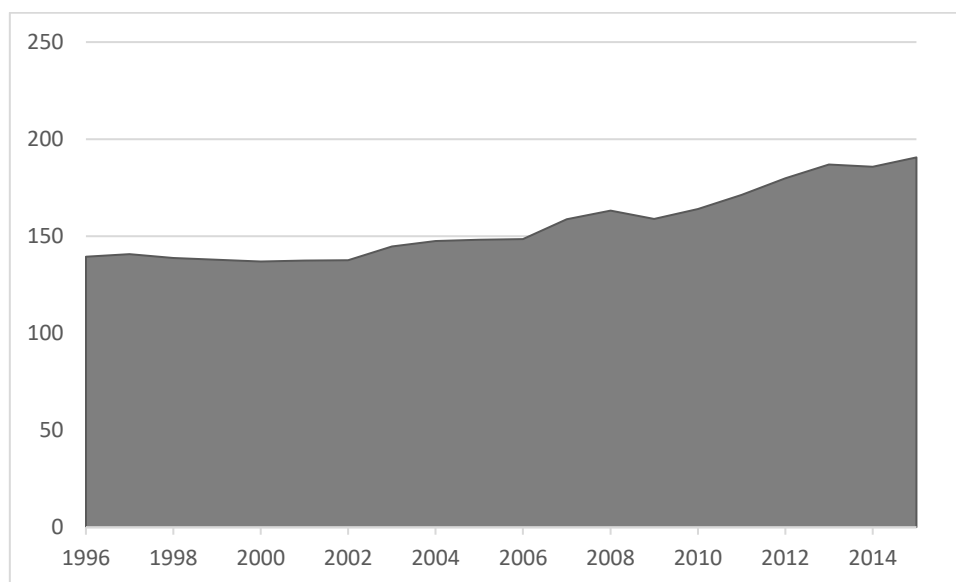
Nem találhatóak ugyanakkor olyan kutatások, amelyek a globális kukoricaexport területi mintázatát, valamint a szomszédsági viszonyok export aktivitásban játszott szerepét vizsgálja. Tanulmányunkban, első lépésként e hiány pótlására, azt vizsgáljuk, hogy 1996 és 2015 között a világ országainak kukoricaexportjában felfedezhetőek-e szomszédsági hatások, pontosabban szomszédsági hatásokra utaló térbeli függőség. Térbeli függőség alatt Logan (2005) alapján azt értjük, hogy egy adott ország kukoricaexportjának értéke függ a vele szomszédos országok kukoricaexportjának értékétől. Amennyiben eredményeink a térbeli függőséget igazolják, az egyrészt alátámasztja (bár nem egyértelműen bizonyítja) a szomszédsági hatások jelenlétét, másrészt (és talán ez a fontosabb) kiindulópontja lehet a szomszédsági viszonyokat, illetve az agglomerációs hatásokat feltáró további kutatásoknak.

A tanulmány további fejezeteiben röviden bemutatjuk a globális kukoricapiac fontosabb folyamatait a vizsgált időszakban (1996-2015), majd áttekintést adunk a kutatásunkban használt módszerekről és adatokról. Ezt követően ismertetjük a kutatás főbb eredményeit, továbbá az azokból levonható következtetéseket.

A nemzetközi kukoricapiac bemutatása

A nemzetközi kukorica piaci statisztikák azt mutatják, hogy a globális kukorica vetésterület 142 millió hektárról a vizsgált 20 éves periódus alatt 187 millió hektár fölé emelkedett, ami több mint 31%-os növekedést jelent (1. ábra). A vizsgált időszakban a globális piacot meghatározó USA termőterületét 10%-kal növelte, 29 millió hektárról 32 millió hektár fölé. Míg az EU kukorica termő területe 8,3 millió és 10,4 millió között ingadozott, addig jelentős növekedés volt megfigyelhető a Brazília, Oroszország, India, Kína, Dél-Afrikai Köztársaság, azaz a BRICS országcsoport esetében, mely másfélszeresére emelte termőterületét az elmúlt évtizedekben (FAO, 2020).

1. ábra A kukorica vetésterülete 1996–2015 között (millió hektár)

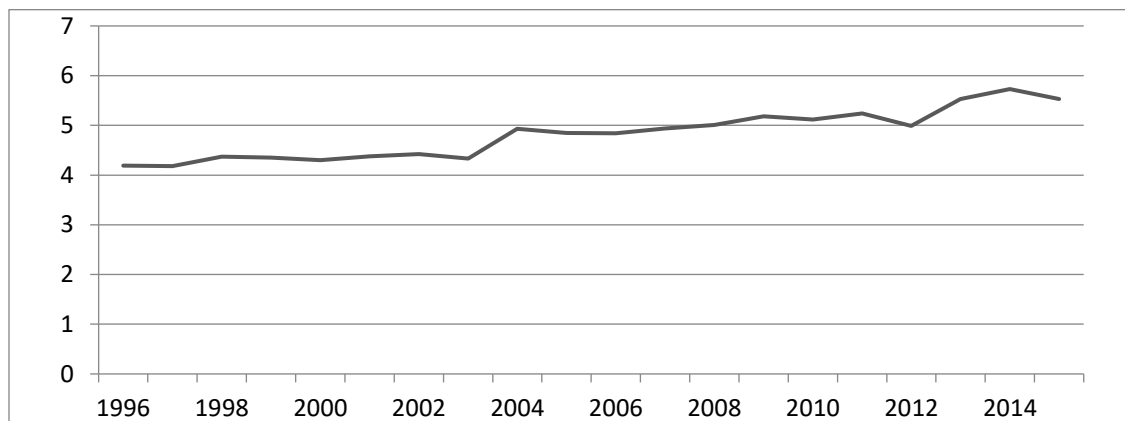


(Forrás: FAO 2020 alapján saját szerkesztés)

A globális kukorica hozamok tekintetében (tonna/hektár), a folyamatosan fejlődő technológia fejlődésnek és a hatékonyabb növényvédőszer használatnak is köszönhetően, az átlagok emelkedését figyelhetjük meg. Míg 1996-ban 4,19 tonna/hektáros átlagtermés volt a világpiacon, addig 2015-ben több mint 30%-kal magasabb, 5,53 tonna/hektáros átlagtermést takarítottak be a gazdálkodók (2. ábra). Az átlagtermések tekintetében a világpiacon is domináló

USA hozamai voltak a legmagasabbak, ám a periódus során a legnagyobb átlaghozam emelkedés a BRICS ország csoport tekintetében volt megfigyelhető (OECD, 2019). Fontos megemlíteni a piac számára is rendelkezésre álló készletek tekintetében a hozamok erős ingadozását, mely elsősorban az éghajlati változásoknak köszönhető.

2. ábra A világ kukorica hozamainak alakulása a vizsgált periódusban tonna/hektárban

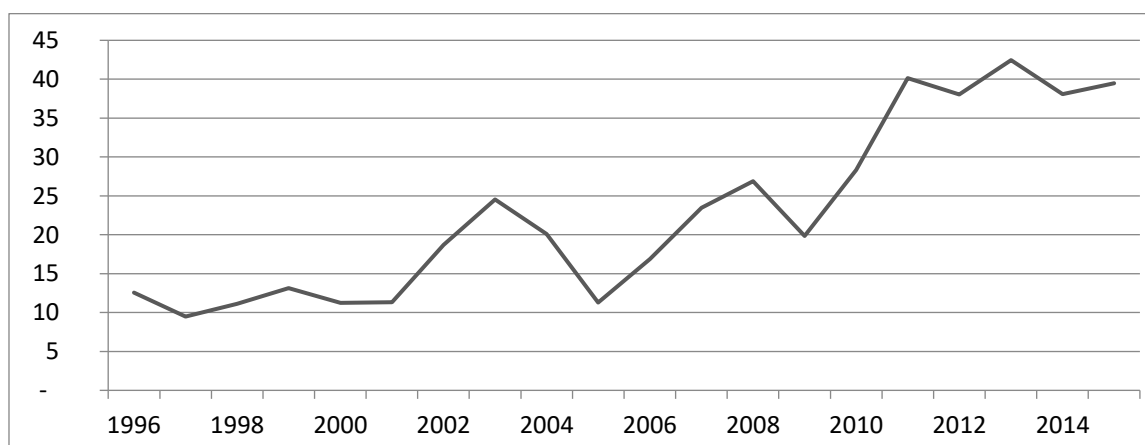


(Forrás: saját számítás OECD 2019 alapján)

A globálisan rendelkezésre álló készletek jelentősen emelkedtek 1996 és 2015 között. OECD (2019) adatai szerint, míg a periódus elején a globális termés 600 millió tonna alatt volt, addig 2013-tól már folyamatosan meghaladta az 1 000 millió tonnát, ami 74%-os emelkedést jelent, mely párhuzamosan volt köszönhető számos kukoricatermelő régióban a termőterület növekedésének és a globális szinten emelkedő átlagtermésnek (tonna/hektár). Az USA tovább növelte dominanciáját a piacokon és saját készlete 31%-kal emelkedett, míg a BRICS országcsoport (Brazília, Oroszország, India, Kína, Dél-Afrika) a vizsgált két évtized során duplájára emelte a rendelkezésre álló készletét. Az Európai Unió 50 és 77 millió tonna közötti termelési értékeket mutatott.

A világ kukorica piaca egy folyamatosan globalizálódó ágazat. A World bank (2017) adatai alapján elmondható, hogy a jelentős bővülés volt megfigyelhető a vizsgált periódus két évtizedében. Míg 1996-ban alig haladta meg a kukorica export értéke a 12 000 millió dollárt, addig 2011-től több alkalommal is átlépte a 40 000 millió dolláros forgalmat, ami több mint háromszoros emelkedést jelent a kereskedelem tekintetében (3. ábra).

3. ábra Globális kukorica kereskedelem alakulása 1996–2015 között (billiárd \$)



(Forrás: saját szerkesztés World Bank, 2017 alapján)

Anyag és módszer

Tanulmányunkban az országokénti kukoricaexport térbeli függőségét két lépésben vizsgáljuk. Első lépésben minden vizsgálati évre elkészítjük az országok kukoricaexport-érték szerinti percentilis térképét. A percentilis térkép hat különböző tartományba sorolva jeleníti meg az országokat. A térképen eltérő színnel jelöljük a kukoricaexport szerinti legalacsonyabb 1%-ba, 1-10%-ba, 10-50%-ba, 50-90%-ba, 90-99%-ba, végül a legfelső 1 százalékba sorolható országokat. A térkép segítségével láthatóvá válnak a kiemelkedően magas, illetve alacsony kukoricaexport-értékkel rendelkező országok, továbbá leolvashatóvá válhat a magas exportértékkel rendelkező országok térbeli csoportosulása, mintázata. Terjedelmi okokból jelen cikkben nem mutatjuk be az összes év percentilis térképét, csak az 1996-re (kezdő év), 2006-ra (közbulső év), és 2015-re vonatkozó eredményeket közöljük.

A második lépésben a térbeli függőség jelenlétét statisztikai módszerrel, a területi autokorreláció mérésével és tesztelésével vizsgáljuk. A területi autokorreláció alatt esetünkben egy adott ország kukoricaexport-értéke, valamint a vele szomszédos országok kukoricaexport-értékének átlaga közötti korrelációt értjük.

Az autokorreláció mérésére az egyik legelterjedtebb módszert (TIEFELSDORF, 2002), a Moran-féle I mutatót alkalmazzuk. A mutatónak van globális és lokális változata is. A globális Moran-féle I méri az összes adatpont között fennálló térbeli autokorrelációt, vagyis azt, hogy a teljes adatkészlet térbeli mintázatára jellemző-e a térbeli függőség (ZHANG ÉS SZERZŐTÁRSAI, 2016). A globális Moran-féle I képlete:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij}}, \quad (1)$$

ahol n az megfigyelési egységek (országok) számát jelöli, x_i és x_j az i -edik és j -edik ország éves kukoricaexport-értékének természetes alapú logaritmusát, valamint w_{ij} a sorstandardizált "királynő" típusú szomszédsági súlymátrix i -edik sorban és j -edik oszlopban található eleme. A mátrix elemei két ország szomszédsági kapcsolatát fejezik ki, sorstandardizálás előtti értéküket az alábbi szabály alapján határozzuk meg (Anselin, 1995):

$$- \quad w_{ij} = 1 \text{ ha } bnd(i) \cap bnd(j) \neq \emptyset, \quad (2)$$

$$- \quad w_{ij} = 0, \text{ ha } bnd(i) \cap bnd(j) = \emptyset, \quad (3)$$

-

ahol $bnd(i)$ és $bnd(j)$ rendre az i -edik, valamint j -edik megfigyelési egység (ország) határát alkotó pontok halmazát jelöli.

A globális Moran-féle I értékkészlete a megfigyelési egységek számától függ, tehát az értéke nem fixen -1 és $+1$ között mozog, ahogy azt általában a korrelációs együtthatók esetében tapasztaljuk. A globális Moran-féle I értékét a következők szerint értelmezzük (CLIFF-ORD, 1973):

$$- \quad I > -1/(n-1) \text{ esetében pozitív területi autokorrelációról,}$$

- $I < -1/(n-1)$ esetében negatív területi autokorrelációról beszélünk,
- $I = -1/(n-1)$ esetben pedig nem beszélhetünk területi autokorrelációról.

Tanulmányunkban a globális Moran I értékeket a vizsgált időszak (1996-2015) minden évre meghatározzuk és közöljük.

A lokális Moran-féle I a parciális területi autokorrelációt méri, megfigyelési egységenként méri és teszteli a térbeli függőség mértékét. Használata során lényegében arra keressük a választ, hogy egy adott megfigyelési egység kukoricaexportja milyen mértékben korrelál az adott megfigyelési egységgel szomszédos (vele közös határpont(ok)kal rendelkező) egységek kukoricaexportjával. Alkalmazásával azonosíthatjuk a hasonlóan magas, vagy hasonlóan alacsony kukoricaexport-értékekkel bíró országokból álló területi klasztereket.

Az i -edik megfigyelési egység lokális Moran-féle I értékének kiszámítása (ANSELIN, 1995):

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{S_i^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}), \quad (2)$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}{n-1} - \bar{x}^2, \quad (3)$$

ahol $i \neq j$, x_i és x_j , valamint w_{ij} megegyezik a globális Moran-féle I-nél leírt súlymátrix elemeivel.

A szignifikánsan pozitív lokális Moran-féle I értékkel rendelkező országok két típusát különböztethetjük meg, attól függően, hogy átlag feletti, vagy átlag alatti kukorica-export értékkel rendelkeznek:

- High-High (HH) kapcsolatáról beszélünk, ha a vizsgált ország és szomszédainak kukoricaexport-értéke is átlag feletti;
- Low-Low (LL) kapcsolatáról beszélünk, ha a vizsgált ország és szomszédainak kukorica-export-értéke is átlag alatti.

A HH, valamint LL típusú területi egységek gyakran csoportosulnak egy helyen a térben, a térképen is jól kirajzolódó zónákat hozva létre, amelyeket a szakirodalomban HH-klasztereknek vagy „forró foltoknak” (hotspot), illetve LL-klasztereknek, vagy „hideg foltoknak” (coldspot) is hívnak.

A szignifikánsan negatív Moran-féle I értékkel rendelkező országokat, kiugró szigetekként, outlierként azonosítjuk, hiszen ezek kukoricaexport-értéke felfelé-, vagy lefelé irányban eltér a szomszédok átlagától. Az ilyen országoknak szintén két csoportja különböztethető meg:

- High-low (HL) kapcsolatáról beszélünk, ha a vizsgált ország magas értékkel rendelkezik egy jellemzően alacsony értékű szomszédos környezetben;
- Low-high (LH) kapcsolatáról beszélünk, ha a vizsgált ország alacsony értékkel bír egy jellemzően magas értékű szomszédos környezetben.

A területi autokorrelációs klasztereket és kiugró szigeteket a GeoDa 1.14.0 szoftver segítségével készült LISA/local Moran I térképeken mutatjuk be. A LISA jelen esetben a Local Indicator of Spatial Association rövidítése. Terjedelmi okokból jelen tanulmányban a LISA-térképek közül (a percentilis térképekhez hasonlóan) az 1996-ra, 2005-re és 2015-re vonatkozókat közöljük.

A globális és lokális Moran-féle I becslésekor a pseudo-p 1% alatti értékét fogadjuk el szignifikánsnak, a pseudo-p érték meghatározása 9999 permutáció alapján történik.

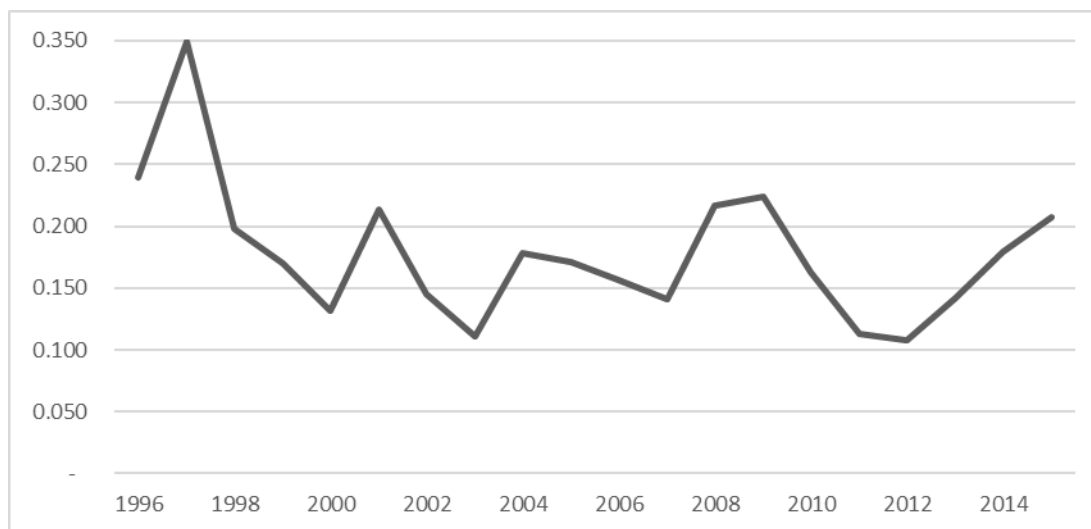
A tanulmányban az 1996 és 2015 közötti időszakot vizsgáljuk. Az exportadatok az ENSZ Comtrade adatbázisából (UNSD, 2017), a World Integrated Trade Solution (WITS) adatbázisból és szoftveréből (amerikai dollárban denominált) (The World Bank, 2017) származnak. Az empirikus elemzés a kukorica kétoldalú kereskedelmén alapul a Harmonizált rendszer 4 számjegyű szintjén (HS1005 kód).

Eredmények és értékelésük

A 4. ábrán látható, hogy 1997 és 2000 között a kukoricaexport globális autokorrelációja jelentősen, közel harmadára csökkent. A Moran-féle I érték ezután sem tért vissza a korábbi, magasabb szintre (ez akkor is igaz, ha az 1996-os értéket vesszük kiindulópontnak), viszonylag nagy kilengésekkel 0,108 és 0,224 között ingadozott. Ezek az értékek gyenge, azonban minden évben szignifikáns térbeli autokorrelációt tükröznek. A térbeli függőség tehát nagy valószínűséggel jelen van az országek közötti kukoricakereskedelemben, ennek mértéke azonban alacsony és időben instabil, ingadozó. Ez az alacsony térbeli függőség arra utal, hogy az egyes országok kukoricaexportját sokkal inkább az egyéb gazdasági-társadalmi-természeti összefüggések határozzák meg, és kevésbé a szomszédsági viszonyok.

Az ábra másik tanulsága, hogy a térbeli függőség mértékének változásai nem kötődnek sem a vetésterület, sem a termelési mennyiség, sem az exportvolumen trendjeihez. A Moran-féle I legnagyobb változása éppen abban az időszakban történt, amikor mind a termelés, mind a globális kereskedelem stagnált. A termelés és a kereskedelem radikális növekedési időszaka alatt ugyanakkor a Moran-féle I trend nélküli ingadozása volt jellemző.

4. ábra A globális Moran-féle I alakulása az országok közötti kukoricakereskedelemben 1996–2015



(Forrás: saját szerkesztés)

Különösen figyelemre méltó a térbeli függőség és a piaci növekedés egymástól független viselkedése, ha arra gondolunk, hogy 2004-től kezdődően nem csupán bővült a kukoricapiac, hanem jelentős változások voltak tapasztalhatóak a különböző régiók kereskedelmi aktivitásában is (pl. a BRICS-országok előretörése a termelésben és exportban). Másképpen fogalmazva: a kukoricaexport térbeli struktúrájában voltak jelentős változások, azonban ez nem okozott trendszerű elmozdulást a térbeli függőség mértékében.

A globális területi autokorreláció gyenge, de folyamatosan pozitív és szignifikáns jelenlétéből arra is következtethetünk, hogy a kukoricaexport országok közötti megoszlását tekintve létezhetnek olyan területi (HL és LL) klaszterek, zónák, amelyekben belül az egymással szomszédos országok hasonló exportaktivitással rendelkeznek. A következőkben ezeket a percentilis térképek, majd a lokális Moran-féle I-re alapozott LISA-térképek segítségével mutatjuk be.

A vizsgált időszak három kiválasztott éve (1996, 2006, 2015) vonatkozó percentilis térképeket az 5. ábra tartalmazza. Az ábrán a sötétebb színek jelzik az exportérték magasabb percentiliseit, a világosabb színek az alacsonyabb percentiliseket. A fehér szín az exportadatbázisból hiányzó országokat jelöli.

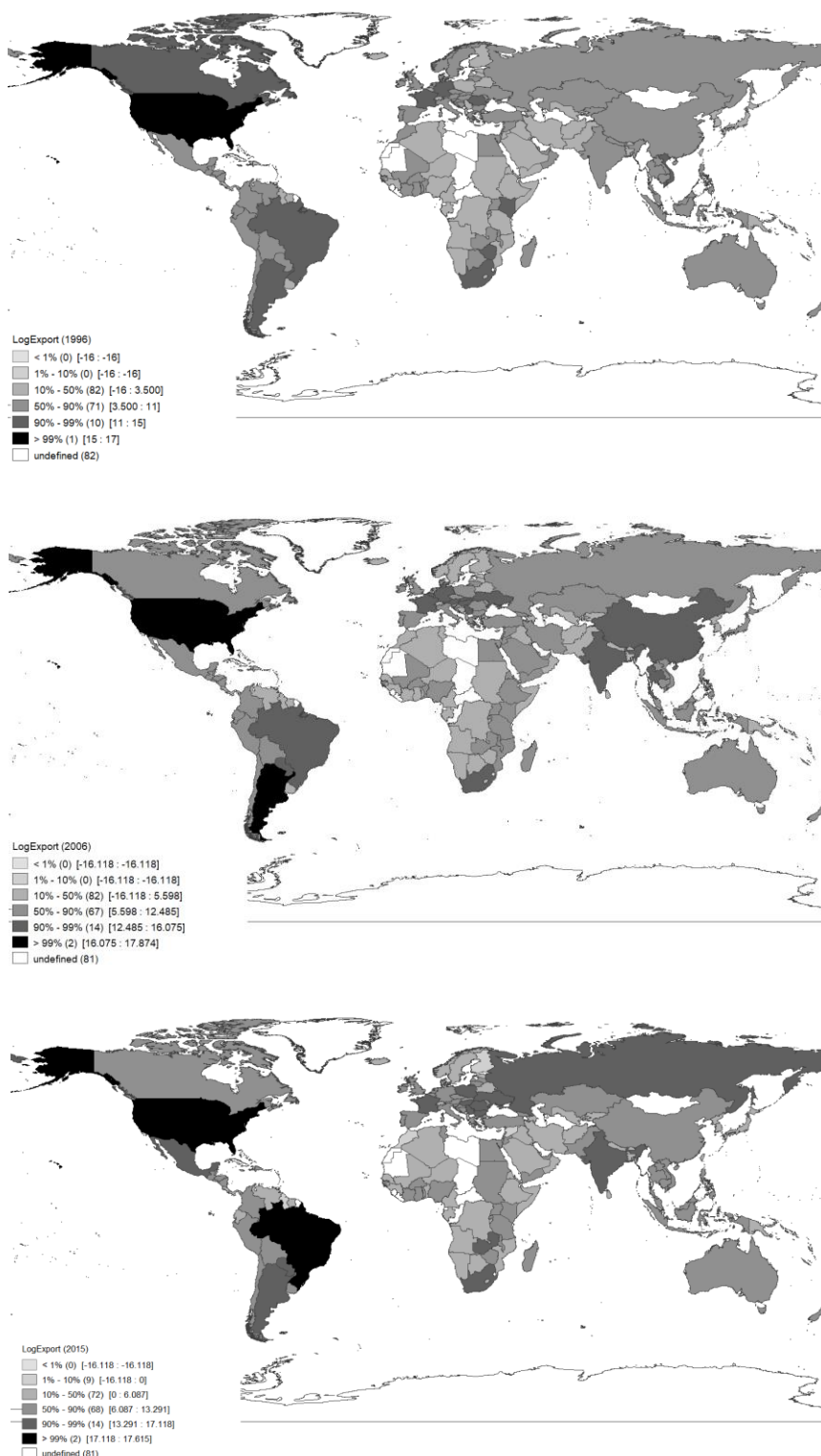
Az ábráról jól leolvasható az Amerikai Egyesült Államok (USA) folyamatos vezető szerepe, ez az egyetlen ország, amely mindhárom évben kukoricaexportérték szerinti rangsor legfelső egy százalékába tartozott. Az első évben az USA közvetlen szomszédai közül még Kanada tartozott a magasan átlag feletti tartományba (90-99%), míg a záró évben már Mexikó lépett ebbe a pozícióba.

A dél-amerikai kontinensen Argentína és Brazília a teljes vizsgálati periódusban meghatározó exportőrnek minősültek a kukorica regionális és világ exportpiacán. Az ezredfordulót követően Paraguay is felzárkózott a kontinensen meghatározó két országhoz. A 2006-os és a 2015-ös évre vonatkozó térképeken is látszik, hogy a dél-amerikai kontinens jelentősen előretört a globális kukoricakereskedelemben a vizsgált időszak alatt. Argentína 2006-ban, majd Brazília 2015-ben is a legfelső percentilisbe került.

Az európai kontinensen számos változás volt megfigyelhető a vizsgálati periódus évtizedeiben. 1996-ban a kontinensen a legnagyobb exportőrök Franciaország, Németország és Románia voltak. Míg Franciaország végig meg tudta őrizni jelentőségét az exportpiacokon, addig Románia a vizsgálati periódus közepén veszített jelentőségéből. Németország esetében 2015-ben volt megfigyelhető, hogy egy tartománnyal lejjebb sorolódott. A Közép és Kelet-európai országok pozíciójának folyamatos javulása azonban jól példázza az exportpiacok keleti irányba tolódását. Az ezredfordulót követően Magyarország, Ausztria és Ukrajna, majd 2006-tól Szerbia, a vizsgálati időszak végére pedig Bulgária, Oroszország, Lengyelország és Románia újra domináns szereplőkké váltak a piacon. Különösen nagy jelentősége van Oroszország előretörésének, amely regionális nagyhatalomként komoly hatást gyakorol az európai terménypiacokra.

Az ázsiai kukorica exportpiac térképei is jelentős átrendeződéseket mutatnak. 1996-ban mindössze egy ország, Vietnám minősült klaszterközpontnak, mely a későbbiekben el is veszítette jelentőségét. A vizsgált időszak közepén ideiglenesen a régióban Tájföld és Kína is meghatározó szereplői lettek a kukorica exportpiacnak, ám jelentőségük a későbbiekben csökkent. Az ezredfordulót követően azonban India egészen 2015-ig folyamatosan vezető exportőr volt az ázsiai kontinensen és ezzel meghatározó szereplője a kukoricapiacnak.

5. ábra Az országonkénti kukoricaexport logaritmizált értékének percentilis térképe



Az extrém alacsony (1-10. percentilistartomány) kategóriába sorolható országok száma az első és a középső évben nulla volt. Egyedül a záró évben jelenik meg ebben a tartományban kilenc ország, azonban ezek térben nem csoportosulnak, a világ különböző részein elszórva

helyezkednek el. Ebből fakadóan „hideg zónára” (LL-klaszterre) utaló mintázatok nem rajzolódnak ki a térképen.

A percentilis térképek elemzése alapján tehát három plusz egy potenciális „forró zóna” (HH-klaszter) azonosítható, amelyek igazolását a lokális Moran-féle I érték becslésétől, és a LISA-térképeken való ábrázolásától várjuk.

1. észak- és közép-amerikai forró zóna, amelyet az USA dominál, és amelyhez Kanada és Mexikó kapcsolódik.
2. dél-amerikai forró zóna, elsősorban Brazília és Argentína dominanciájával, számos velük szomszédos ország kapcsolódásával. A forró zóna szerepe a 2006-os és 2015-ös térképeken válik meghatározóvá.
3. európai forró zóna, amely a vizsgált időszak folyamán erőteljesen keleti irányba tolódott, eközben a zónát alkotó, átlag feletti exporttal rendelkező országok száma növekedett. Ennek a zónának stabil szereplője Magyarország is.
4. a negyedik (plusz egy) zóna India és Kína térsége. Mindkét ország a 2006-os térképen szerepel a legfelső percentilisben, India a 2015-ös évben is megtartotta ezt a pozícióját. A közvetlen szomszédok között egyaránt találunk az 50-90. percentilistartományban, illetve a 10-50. percentilistartományban elhelyezkedő országokat. Ebből adódóan kérdés, hogy a lokális Moran-féle I értékre alapozott LISA térképeken HH klasztermagként, vagy HL típusú kiugró „szigetként” jelenik-e meg India és Kína.

A 6. ábra LISA-térképein ebből a listából az első három zóna rajzolódik ki. A térképen a élénkpiros színnel a szignifikáns HH kapcsolattal jellemezhető országok, erős kék színnel a szignifikáns LL kapcsolattal bíró államok, rózsaszín árnyalattal a szomszédokat meghaladó értékkel bíró HL „szigetek”, míg halványkékkel a szomszédokat alulmúló LH „szigetek” vannak jelölve. Szürke színnel jelöltük azok az országokat, amelyek esetében nem mutatható ki szignifikáns autokorreláció, feketével pedig a kukoricaexport adatbázisból hiányzó országokat színeztük.

Az Észak-Amerikában az USA és Kanada alkot egy nagy kiterjedésű „forró zónát”, Mexikó egyik évben sem mutatott szignifikáns kapcsolatot a szomszédjaival. A középső és a záró évben az USA nem szignifikáns szomszédosági kapcsolatokkal bíró országok között szerepel. Ennek elsődleges okát az Egyesült Államok extrém magas kukoricaexport értékében, az egész világon egyedülálló exportdominanciájában látjuk. Ez alapján az USA-nak egy „kiugró” HL szigetnek kellene lennie. ugyanakkor arról is írtunk, hogy közvetlen szomszédjai is igen aktív szereplői a kukoricapiacnak. Az Egyesült Államok tehát része is a zónának, ugyanakkor exportvolumene „ki is lóg” a szomszédos országok sorából. Ez az adatokban rejlő feszültség vezetett a lokális Moran-féle I nem szignifikáns értékéhez a szóban forgó években.

Dél-Amerikában is igazolható a forró zóna jelenlétére vonatkozó felvetésünk. Minden évben látunk piros foltokat a kontinens térképén, ráadásul a klasztert alkotó országok száma is nőtt a vizsgált időszak során, főként annak első felében. Más kérdés, hogy a lokális autokorreláció ebben az esetben sem a valódi klasztermagokra szignifikáns (véleményünk szerint Argentína és Brazília tölti be ezt a szerepet), hanem a velük szomszédos, kisebb exportvolumennel rendelkező országokra (Bolívia, Paraguay, Peru, Uruguay).

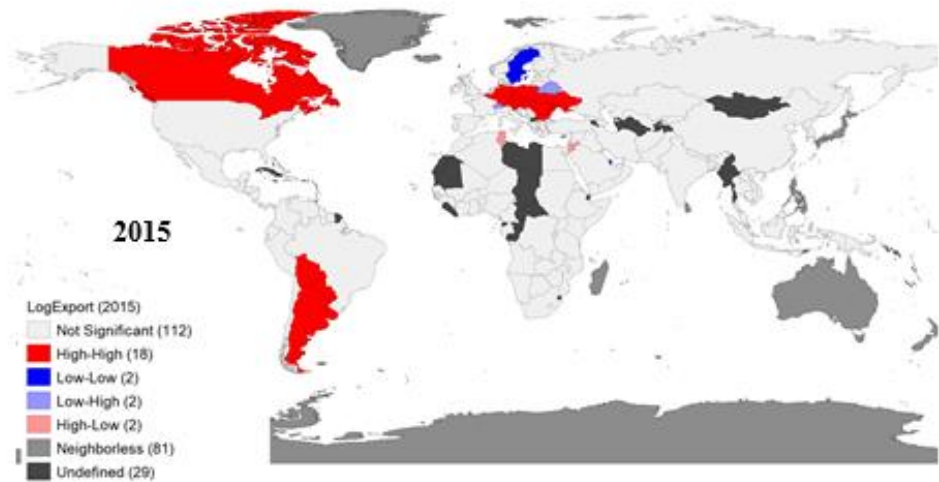
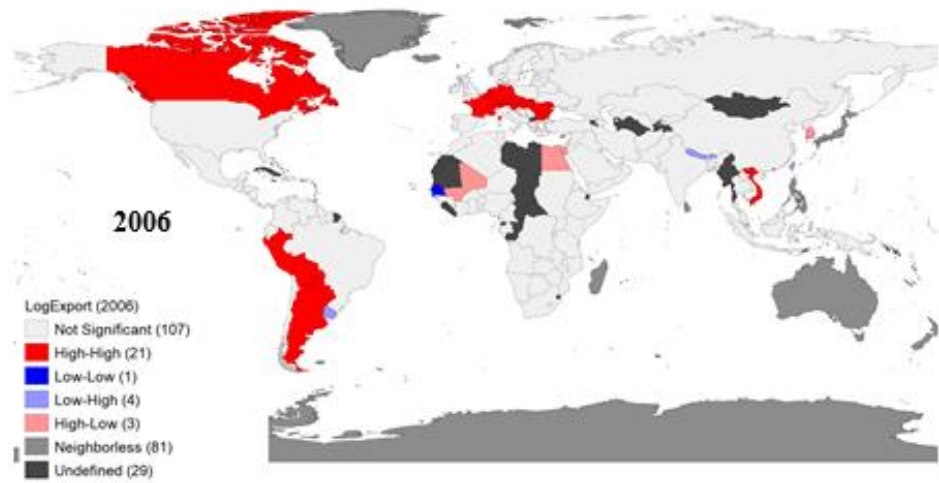
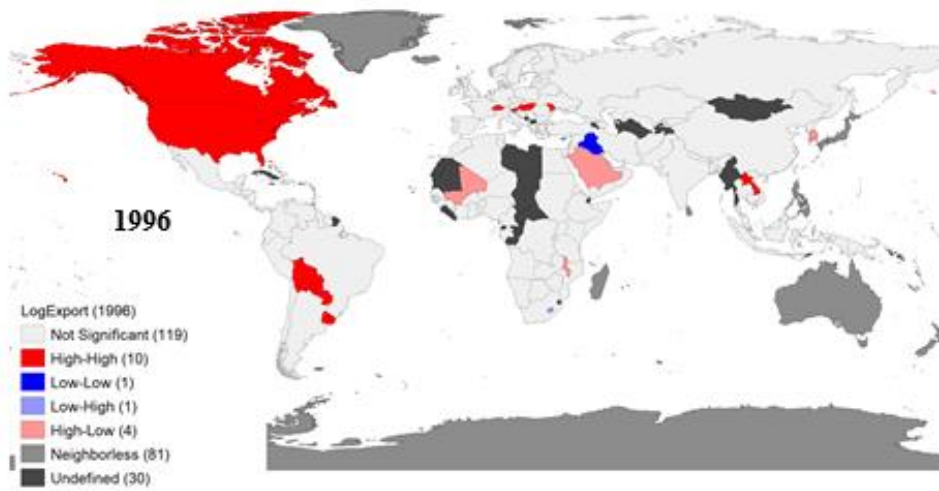
Igazán látványos átalakulásról tanúskodnak a térképek az európai forró zóna esetében. 1996-ban még nem is beszélhetünk valódi, összefüggő zónáról: szignifikáns HH kapcsolattal mindössze négy ország, Magyarország, Szlovénia, Svájc és Moldova rendelkezett. Az

ezredfordulót követően azonban a kontinensen kialakult egy lényegesen nagyobb klaszter, amely Nyugat- és Közép-Európa országait foglalta magában. Magyarország és Szlovénia mellett Szlovákia, Ausztria, Franciaország, Németország, Dánia és a Benelux államok alkották a zónát. 2006-tól ez az európai klaszter folyamatosan keleti irányba tolódott, amely Franciaország, Belgium és Svájc klaszterből való kiesését, míg Lengyelország, Bulgária, Románia, Moldova és Ukrajna megjelenését jelentette. Kétségtelenül ez a folyamat képezte a legdinamikusabb földrajzi átrendeződést a globális kukoricapiacra.

Ahogy az a percentilis térképek elemzésekor már felmerült, a látványosan előre törő ázsiai országok (India, Kína, és ebből a szempontból most idesoroljuk Oroszországot is) kukoricaexportjának bővülése a vizsgált időszak alatt nem eredményezte a velük szomszédos országok bevonását a kukoricapiacra. Mindhárom idesorolt állam sötét színt kapott a térképen tehát vezető kukoricaexportórré válásukból a térség más szereplői, legalábbis a szomszédos országok keresztül nem profitáltak. Ugyanez mondható el Afrika esetében a Dél-Afrikai Köztársaságról.

Jelentős LL zónák nem fedezhetőek fel a térképeken, kizárólag az utolsó vizsgált évben emelhető ki a Skandináv országok közül Svédország, mint LL klasztermag, de emögött feltételezhetően természeti, klimatikus adottságok állnak.

6. ábra Az országonkénti kukoricaexport LISA-térképei (1996, 2006, 2015)



Következtetések

Tanulmányunkban az 1996 és 2015 közötti időszakra azt vizsgáltuk, hogy a világ országainak kukoricaexport aktivitásában felfedezhető-e térbeli függőség, amely a szomszédsági hatások jelenlétére utal (bár a térbeli függőség önmagában nem bizonyítja minden kétséget kizáróan a szomszédsági hatás jelenlétét). Szomszédsági hatás alatt esetünkben azt értjük, hogy egy ország kukoricaexport-aktivitása befolyásolja a vele szomszédos országok kukoricaexport-aktivitását.

A globális Moran-féle I értékek alapján elmondható, hogy a teljes időszakban gyenge, de szignifikáns térbeli függőség, pozitív területi autokorreláció jellemezte a globális kukoricaexportot. A térbeli függőség mértéke jelentősen ingadozott a vizsgált években, nem mutatott olyan trendet, ami magyarázható lenne a kukoricapiac radikális bővülésével. Ez az ingadozás azt is mutatja, hogy a térbeli függőség jelenléte aligha magyarázható kizárólag természeti adottságokkal, klimatikus viszonyok által meghatározott zónákkal. A természeti tényezők által alakított térbeli függőség esetében ugyanis jóval stabilabb időbeli dinamikát kellene tapasztalnunk. Mindezek alapján joggal feltételezhetjük, hogy a térbeli függőség jelenléte részben gazdasági jelenségek, piaci folyamatok által meghatározott szomszédsági hatásoknak köszönhető. Érdemes kiemelni az 1997-1999 között végbemenő (tehát a piacbővülési időszakot megelőző), erőteljes autokorreláció-csökkenést. A lokális szintű vizsgálatok tükrében kijelenthető, hogy ezt a csökkenést három folyamat okozta. Egyrészt, az az extrém magas kukoricaexport-aktivitást végző, legfelső percentilisben az 1996-ban még „egyeduralkodó” US mellett megjelentek a dél-amerikai nagy kukoricaexportőrök (Argentína és Brazília), kialakult egy jelentős dél-amerikai kukorica keresedelmi gócpont a kontinens déli részén. Másrészt, a korábban még jelentéktelen, pár országot érintő európai HH zóna kelet felé egyre nagyobb kiterjedésűvé, globális jelentőségű területi klaszterré vált. Harmadrészt, a BRICS-országocsoport „zónákon kívüli” tagjai (Dél-Afrikai Köztársaság, India Kína) exportbővülése szintén nagy mértékben növelte a kukoricaexport térbeli szórtságát. Ráadásul, ezen országok körül nem alakultak ki HH szomszédsági kapcsolatok, tehát valószínűleg leginkább ez utóbbi folyamat hatott leginkább a térbeli függőség csökkenésére.

A lokális területi autokorreláció becsülésével és tesztelésével igazoltuk, hogy a vizsgált időszakban (a globális autokorreláció csökkenése ellenére) növekedett a „forró zónák” (HH klaszterek) száma és kiterjedése. Ez alapján megállapítható, hogy a kukoricapiac radikális bővülése elsősorban helyi szinten, egy-egy térségre korlátozva idézte elő a térbeli függőség (és ennek háttérében feltételezhetően a szomszédsági kapcsolatok) erősödését. Statisztikailag igazoltuk három HH területi klaszter stabil jelenlétét a vizsgált időszakban: az észak-amerikai, a dél-amerikai és az európai klaszterét. Ezek közül leginkább az Európában növekedett a térbeli függőség. Ebből levonható az a következtetés, hogy a vizsgált térségek közül leginkább Európában, azon belül is az egységes piacot alkotó EU-tagállamok körében játszanak kiemelt szerepet a szomszédsági kapcsolatok a kukoricaexport-aktivitásban. Ez által eredményeink az EU, mint egységes piacot, és szabadkereskedelmet biztosító intézmény szomszédsági kapcsolatokra gyakorolt pozitív hatását is igazolják. Másik oldalról az is látható, hogy a legnagyobb exportbővülést produkáló országok egy része (különösen India, Kína, Dél-Afrikai Köztársaság, és részben Oroszország) a saját térségükből „kiugró” szigeteket alkotnak, a környezetükben nem alakultak ki kiemelkedő exportaktivitást mutató, több országon átívelő zónák. Igaz, eredményeink szerint az itt felsorolt országok kukoricapiaci előretörése nem is rontotta a szomszédos országok exportpozícióit.

Eredményeink elméleti jelentőségét elsősorban a kutatási téma újszerűsége adja. Nem tudunk olyan kutatásról, amely korábban az országok exporttevékenységére vonatkozóan vizsgálta volna. Ennek háttérében feltehetően az áll, hogy az exportaktivitás, időbeli instabilitása jóval

nagyobb, mint a területi autokorrelációs vizsgálatok tárgyát képező gazdasági jelenségek többsége. Kiemelten igaz ez a sajátos kínálatú és keresletű agrártermékek esetében. Tanulmányunk ugyanakkor igazolja, hogy a térbeli függőség a kukorica nemzetközi kereskedelmében is szignifikáns tényező. Erre a tényre támaszkodva érdemes további kutatásokat végezni arra vonatkozóan, hogy a térbeli függőség kialakulásának hátterében valóban a szomszédsági kapcsolatok gazdasági hatásai állnak-e. Rendelkezésre állnak azok az eszközök (területi regressziós modellek, kétváltozós és differenciált autokorrelációs becslések), amellyel a kérdés egyértelműen eldönthető. Ezek alkalmazása további tanulmányok alapját képezi.

Eredményeink gyakorlati jelentősége, hogy felhívják a figyelmet a szabadkereskedelmi egyezmények és az egységes piac regionális jelentőségére. Az Európában tapasztalható folyamatok alátámasztják az EU-bővülés integrációs hatását, de hasonló szabadkereskedelmi hatások feltételezhetőek Észak- és Dél-Amerika esetében is. A szomszédsági kapcsolatok különösen jelentős szerepet játszanak a közép- és kelet-európai térségben, ahol az országok egy jelentős része nem rendelkezik tengeri/kikötői kapcsolattal. Ezen a területen szintén érdemes további kutatásokat végezni.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kítőrészi lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- ANSELIN, L. (1995): Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geographical Analysis*, 27(2): 93-115.
- ALLAIRE, G. – POMÉON, T. – MAIGNÉ, E. – CAHUZAC, E. – SIMIONI, M. – DESJEUX, Y. (2015). Territorial analysis of the diffusion of organic farming in France: Between heterogeneity and spatial dependence. *Ecological Indicators*, 59: 70-81.
- CLIFF, A. D. – ORD, J. K. (1973): *Spatial autocorrelation*, London, Pion
- CSONKA, A. – FERTŐ, I. (2017): Spatial Dimension of Structural Changes in the Hungarian Hog Sector, *Proceedings of 6th International Conference of Economic Sciences*, 4-5. May. 2017. Kaposvár University, Kaposvár, 11-20.
- CSONKA, A. – BAREITH, T. – GÁL, V. A. – FERTŐ, I. (2018). Spatial Pattern of CAP Measures Promoting Agroforestry in Hungary. *AgBioForum*, 21(2): 127-134.
- FUJITA, M. – KRUGMAN, P. R. – VENABLES, A. (1999). *The spatial economy: Cities, regions, and international trade*. MIT press.
- HOLMES, T. J. – LEE, S. (2012). Economies of density versus natural advantage: Crop choice on the back forty. *Review of Economics and Statistics*, 94(1): 1-19.
- LOGAN, J. (2005): *Spatial thinking in social science*, előadás sorozat, Brown University Letöltve: <http://www.s4.brown.edu/S4/courses/SO261-John/lab9.pdf> (2020.02.20.) Ilbery, B. – Maye, D. (2011). Clustering and the spatial distribution of organic farming in England and Wales. *Area*, 43(1): 31-41.
- ISIK, M. (2004). Environmental regulation and the spatial structure of the US dairy sector. *American Journal of Agricultural Economics*, 86(4): 949-962.
- MCWILLIAMS, M. – MOORE, M. (2013). Agglomeration in agriculture: a quasi-experiment in the corn belt. In *Heartland Environmental and Resource Economics Workshop*.
- MITTER, H. – HEUMESSER, C. – SCHMID, E. (2015). Spatial modeling of robust crop production portfolios to assess agricultural vulnerability and adaptation to climate change. *Land use policy*, 46: 75-90.

- MULATU, A. – WOSSINK, A. (2014). Environmental regulation and location of industrialized agricultural production in Europe. *Land Economics*, 90(3): 509-537.
- NEMES NAGY, J. (2005). Regionális elemzési módszerek. Regionális tudományi tanulmányok, 11., ELTE Regionális Földrajzi Tanszék, MTA-ELTE Regionális Tudományi Kutatócsoport, Budapest
- NEUMANN, K. – VERBURG, P. H. – STEHFEST, E. – MÜLLER, C. (2010). The yield gap of global grain production: A spatial analysis. *Agricultural systems*, 103(5): 316-326.
- OECD (2019): Crop production (indicator). doi: 10.1787/49a4e677-en (2019.09.26.)
- SCHMIDTNER, E. – LIPPERT, C. – ENGLER, B. – HÄRING, A. M. – AURBACHER, J. – DABBERT, S. (2012): Spatial distribution of organic farming in Germany: does neighbourhood matter?. *European Review of Agricultural Economics*, 39(4): 661-683.
- SWEENEY, S. – STEIGERWALD, D. G. – DAVENPORT, F. – EAKIN, H. (2013): Mexican maize production: Evolving organizational and spatial structures since 1980. *Applied Geography*, 39: 78-92.
- TIEFELSDORF, M. (2002): The Saddlepoint Approximation of Moran's I's and Local Moran's I's Reference Distributions and Their Numerical Evaluation. *Geographical Analysis* 34(3): 187-206.
- TOBLER, W.R. (1970): A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography* 46: 234-240.
- UNSD (2017): Commodity Trade Database (COMTRADE). United Nations Statistical Division, New York. Elérhető: <https://comtrade.un.org/>
- WORLD BANK (2017): Commodity Trade Database (COMTRADE), Elérhető: World Bank's World Integrated Trade Solution (WITS) software, Elérhető: <http://www.wits.worldbank.org>, Washington D.C.
- ZHANG, L. – WANG, J. – WEN, H. – FU, Z. – LI, X. (2016): Operating performance, industry agglomeration and its spatial characteristics of Chinese photovoltaic industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 65: 373-386

FARM GROWTH AND LIQUIDITY CONSTRAINTS IN HUNGARIAN AGRO-FORESTRY FARM

ZOLTÁN SIPICZKI

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

sipiczki.zoltan@uni-mate.hu

Introduction

There is a wealth on the literature on the validity of the Gibrat's (1931) law of proportional firm size growth that the growth rate of a certain firm is independent on its the initial size at the beginning of the period examined. The empirical results on testing this relationship are mixed for different types of firms in manufacturing and service sectors (DONATI, 2016) and are mixed for agriculture (BOJNEC AND FERTŐ, 2020A). The farm size growth's dynamic might lead to the changing farming structure if the Gibrat's law does not hold either with the catching up of smaller farms growing faster than larger farms or with greater farm size concentration when larger farms are growing faster than smaller ones. The possible violation of the validity of the Gibrat's law might be due to financing or liquidity constraint as consequence of restructurings in the banking sector and changed lending behaviour particularly with exclusion of small firms/farms from lending (OLIVEIRA AND FORTUNATO, 2006; FAGIOLO AND LUZZI, 2006; DONATI, 2016). The financial or liquidity constraints for small firms/farms growth might be due to a lack of affordable credit facilities from mainstream financial institutions, which these farms/farms force to finance their growth from cash flow through retained earnings (DONATI, 2016).

The underdeveloped capital market and asymmetric information problems might affect the farm choice between the use of internal or external capital market finance to promote growth. Farms might be specific due to economic risk and the structural characteristics of farm businesses (BARRY ET AL., 2001). For farms that face constraints in their ability to raise funds externally, movements in cash flow can represent almost the only way to finance growth. There is increasing literature on the relationships between financial constraints and investments (FERTŐ ET AL., 2020). Other strand of the research focuses on the growth of farms (AKIMOWICZ ET AL., 2013; BOJNEC AND FERTŐ, 2020A, 2020B). At the same time, the role of liquidity constraints to farm growth dynamics is basically non-existent. Therefore, the main contribution of the paper is investigation of the validity of Gibrat's law controlled for the relationship between financial constraints and farm growth for Hungarian agro-forestry farms between 2007 and 2015 using Farm Accountancy Data Network (FADN) datasets. The focus on the presence of liquidity constraints impacts on farm growth can provide managerial and policy implications from panel data analysis for Hungary.

The rest of the article is organized as follow. Section 2 presents an overview of the literature on farm size growth and liquidity constraints. Section 3 presents the data sample used and dynamic farm growth model used. Section 4 presents descriptive statistics and econometric model results. Section 5 discusses results and implications. The final section 6 summarizes the main findings and concludes.

Review of literature on liquidity constraints and firm growth

In literature many scholars have investigated firm growth problem before. While there is a wealth of literature related to the testing of the validity of Gibrat's Law for manufacturing and service firms (GARDEBROEK ET AL., 2010; GODDARD ET AL., 2002; LOTTI ET AL., 2003; WARD & MCKILLOP, 2005), but research for agriculture and agroforestry firm growth problem is still limited.

Gibrat's (1931) Law assumes that, proportional rate of growth of a firm/farm is independent of its absolute size. In the early empirical literature, a number of manufacturing studies find either no relationship or a positive relationship between firm sizes and growth rates. Foster et al. (1998) also fail to find a robust significant relationship between establishment-level labour productivity or multifactor productivity and growth. Theoretically, when product and factor markets are perfectly competitive and functioning effectively, there will be no significant difference in productivity between farms of different sizes. This is because a competitive market will spontaneously reallocate resources from less efficient to more efficient farms, and eliminate the efficiency gap between farms of different sizes. It has been suggested that Firm growth rates are best modelled as a random walk (GEROSKI, 2000). One of the main reasons for that, current profit is an important pre-requisite for future growth, because profit is the ultimate source of finance for expansion. But on the other hand, excessive current growth can have damaging implications for future profit (GODDARD ET AL., 2004).

However, mismeasurement issues and the inability to control for unobserved factors (i.e., soil quality) may contaminate the empirical farm size–productivity relationship, leading to the phenomenon that observed farm productivity declines with size. (CARLETTO ET AL., 2013; BEVIS & BARRETT, 2017; DESIERE & JOLLIFFE, 2018).

There is evidence, especially in developed economies, that larger farm sizes lead to greater efficiency and thus faster growth. One reason for a smaller level of efficiency that indicates slower growth in small farms is due to a relative high level of transaction costs. Only a few authors argued that family farms had a high level of capital costs and they are not so well-equipped in the terms of capital and investments than the co-operative and corporate farms (ALLEN & LUECK, 1998). Limited-liability farms and agricultural co-operatives have got a level of social capital and political decisions, in direct connection to the context of productive specialization, able to act positively on the level of the efficiency and maximization of output (LATRUFFE, 2010). Paul et al. (2004) pointed out that, because of the economies of scale traditional small family farms are not efficient (PAUL ET AL., 2004). There is some clear evidence about a positive relationship between farm size and productivity in new continental countries such as the United States, Canada, Australia (MACDONALD ET AL., 2017; SHENG & CHANCELLOR, 2018).

The former studies have mostly been conducted in relation to the growth of farms in developed market economies (UPTON & HAWORTH, 1987; WEISS, 1998, 1999) and have important implications regarding farm-size distribution (WOLF & SUMNER, 2001). Akimowicz et al. (2013) investigated different drivers of farm-size growth for south-western France, finding that farm structural characteristics, farmer's age, the existence of a successor, and spatial factors approximating urban influences had a particularly significant influence. Brenes-Muñoz et al. (2016) for German organic farms found that the growth of individual organic farms in terms of farm output growth in one of the fastest growing branches of agriculture in Germany was influenced by farm size, land, capital, soil quality and the intensity of livestock production.

Studies in Italy and in new comer member state of the European Union such as Romania, have pointed out those big farms should be considered more efficient than small enterprises (GALLUZZO, 2015A; 2015B). Prespa et al. (2017) study is evaluate the effect of farm size on the economic efficiency of Kosovo laying hen farms. The results of the research showed that higher-capacity farms had a higher egg yield and a better feed efficiency. Furthermore, farm size was positively related to economic and technical criteria.

In particular, if the ownership is in the hands of limited companies or coops, the level of assessed efficiency seems to be better than family small farms (GALLUZZO, 2013; CAMELIA & VASILE, 2016; KOPEVA ET AL., 2012; KANEVA, 2016). Therefore, among variables such as property of farm, dimension of usable agricultural area and economic and technical efficiency, there is a positive correlation and a direct nexus (CHAVAS & ALIBER 1993; BRAVO-URETA ET AL., 2007; GALLUZZO, 2016, HRABRIN ET AL., 2017).

Some recent studies however, find an inverse size – growth relationship, at either firm- or farm land level. Firms that are more profitable are assumed to grow, whilst firms that are less successful are assumed to lose market share. Findings have pointed out that small farms and in particular small family farms maximise better labour inputs (GORTON & DAVIDOVA 2004; BOJNEC & LATRUFFE 2008; BIELIK & RAJCANIOVA 2004; LATRUFFE ET AL., 2004). Small farms are considered unfit to guarantee a good level of efficiency due to the theoretical concept of “economies of scale” (HALL & LEVEEN 1978; GARCIA ET AL., 1982; KUMBHAKAR ET AL., 1991; SUBAL & KUMBHAKAR 1993).

On the contrary with economies of scale productivity, there are many reason for an inverse relation between farm size and productivity. Following Barrett et al. (2010), imperfect factor markets and various land quality are linked to differences in the shadow price of production factors that in turn lead to differences in the application of inputs per unit of land, in ways that are correlated with farm size. The inverse farm size – productivity relationship can also be attributed to input market imperfection and resource misallocation between differently sized farms (DEININGER ET AL., 2012). Other frequent basis of “farm size / productivity relationship” that productivity on larger farms is lower due to less efficient labour supervision, compared to smaller farms that use a higher proportion of family labour. If the land market is not enough competitive is also a reason. In case of fragmentation of land the large-scale farmers do not get advantage despite its large land size (ANTRIYANDARTI, 2018). Smaller farms tend to adopt new techniques, for example small-scale farmers have a higher tendency to adopt agroforestry (NEUPANE ET AL. 2002;, KANT & LEHRER 2004; AND ZERIHUN ET AL., 2014).

However, there are rare studies in the existing literature on farm growth in Hungary. Among recent empirical evidence, Bakucs & Fertó (2009) and Fertó & Bakucs (2009) investigated the validity of Gibrat’s Law for the growth of Hungarian farms. They rejected the validity of Gibrat’s Law if all farms (corporate, family, and individual) are considered together, regardless of the farm-size measure used. More specifically, they found that smaller Hungarian farms grew faster than larger ones. Comparative analysis of the validity of Gibrat’s Law for field crop and dairy farms in France, Hungary, and Slovenia produced mixed results (BAKUCS ET AL., 2013). The validity of Gibrat’s Law was mainly rejected for Hungarian farms, for French and Slovenian dairy farms, and, to a lesser extent, for French field crop farms. In these cases, smaller farms grew faster than larger ones, while the rate of growth of Slovenian field crop farms in terms of land was found to be independent of size. Different methodological approaches have been applied testing the validity of Gibrat’s Law. Bojnec & Fertó (2020) applied cross-sectional dependence test and four different groups of panel unit root tests. They confirmed the validity

of Gibrat's Law for Slovenian farms independently from the measures of farm size and types of panel unit root tests. All farm sizes tend to contribute to an increase in average farm size.

Another explanation of the inverse relationship argues that factor prices of land, labour and capital are different for larger and smaller farmers. For smaller farmers, the cost of labour is lower, whereas for larger farmers the cost of capital and land is relatively lower (ELLIS 1988; GRIFFIN ET AL., 2002). As a consequence, larger farmers tend to use more capital and land, and smaller farmers more labour, in agricultural production. Smaller farms are maximizes use of a cheaper factor (labour), rather than more expensive factors (capital and land) (GRIFFIN ET AL., 2002). Hazell (2011) who also maintains that many of this advantages of smallholders disappear as countries develop. The reasoning given for this is that as the per capita income rises, the economy diversifies and workers leave agriculture and the wage rate goes up. It then becomes more efficient to have progressively larger and more mechanised farms. This type of change has been experienced in western economies where economic transformation has been associated with an increase in the size of holdings with a near obliteration of smaller farms. The movement towards larger size holdings has continued even in the recent past in western economies.

Where capital has been available, this higher labour demand has been subsequently reduced by mechanization (HOSSAIN ET AL., 2007), resulting in much higher labour productivity. Investment and liquidity are therefore key to raising labour productivity and, logically, investment in agriculture will only take place if farming can pay a wage higher than the opportunity cost of labour. In particular, this financial calculation can explain intertemporal choices only if capital markets operate perfectly (FREDERICK ET AL., 2002; HARDAKER ET AL., 1997). Otherwise, decision makers are likely to face liquidity constraints and may prefer regular incomes over irregular ones.

Financing constraints have been far less studied, at least in the agricultural context. However, some studies show that farmers' liquidity constraints show significant determinants of farmers' debt and agricultural income. Bakucs et al. showed that liquidity constraint is dangerous in agriculture because the government supports for farm sector higher but often hectic than in other sectors (BAKUCS ET AL., 2009). Bocqueho & Jacquet, (2010). paper looks into the effect of farmers' liquidity constraints and risk preferences by farmers in central France. It show that liquidity constraints and price risk are both very important factors influencing the intensity of switchgrass and miscanthus adoption forecasted by models. Although credit market imperfections may play more important role in farm investment, there are just a few papers focusing on this issue Previous research provided evidence for existence of capital market imperfections (PETRICK, 2004; LATRUFFE, 2005).

Less investigated issue has been the relationship between farm/farm size growth and liquidity constraints, considering the wedge between the cost of external and internal finance pertained to possible constraints and asymmetric information problems in the financial markets with higher transaction costs for external capital as a reason for movements in cash flow to finance farm/farm growth through retained earnings (DONATI, 2016). Fazzari et al. (1988) outlined liquidity constraint hypothesis on internal resources measured by cash flow that can affect farm/farm investment decision and thus farm/farm growth. Different capital market structure can affect farm investment and farm growth (BENJAMIN AND PHIMISTER, 2002). Donati (2016) investigated the effect of liquidity constraints on firm growth for the Italian individual industries of manufacturing and service sector. He found heterogeneity in the impact of financial liquidity

constraints on Italian farm growth in the service sectors, particularly small firms were found sensitive to the cash flow.

Overall, while clear in theory, empirical evidence on the farm size–productivity relationship and firm growth trends are mixed and differs between countries. But it is clear that liquidity constraints play major role too about it too.

Data and methodology

The empirical analysis and comparison of farm growth and liquidity constraints are based on farm-level data from Hungarian FADN datasets. The time span of the unbalanced panel dataset used for the analysis is the period 2007-2015 for both countries under analysis. We define the agro-forestry farms as a farm with revenue from forestry and/or wood processing activity. There is no single measure of farm size, and research findings may differ according to the proxy that is used. This proxy mainly depends on farms' production specialization and technology. Physical input farm size measures are often characterized by non-linear production technology and involve changes in the mix and proportion of inputs. Although statistics about input farm size generally refer to land in terms of utilized agricultural area (UAA in hectares) per farm, this indicator is often irrelevant for livestock farms. For this reason, in this paper farm input size is also measured as the amount of labour that is used: the number of full-time equivalent workers employed per year on the farm (in Annual Working Units, AWUs, 1 AWU represents 1800 hours per year), including both family and hired workers. Thus, two input farm size variables (hectares of UAA per farm FADN SE025, and number of AWU per farm FADN SE010), and output are used.

The cash flow variable is the FADN variable coded SE526 ('cash flow'), defined as the difference between the farm receipts and expenditure for the accounting year, not taking into accounts operations related to capital, debts and loans. The subsidy variable is the FADN variable coded SE605, defined as the total subsidies on current operations linked to production but excluding on investments. Cash flow and subsidy variables were deflated to euro at constant prices using the statistical indices of harmonized consumer prices. In addition, we add a variable to control the involvement in forestry activities: the share of woodland in total land of farm.

The usual representation of farm growth is following:

$$\log S_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \log S_{i,t-1} + \mu_{i,t}$$

where S_{it} is the logarithm of the size of farm i at time t and μ a random disturbance. If $\beta_1 = 1$ (i.e. if Gibrat's Law holds), then positive (negative) values of β_0 indicate growth (decrease) in average farm size. If, however, $\beta_1 < 1$, smaller farm tend to grow faster than larger ones.

To investigate the effect of liquidity constraints on farm growth following Donati (2016) we estimate the following model:

$$\text{growth}_{i,t} = \alpha_i + \beta \ln S_{i,t-1} + \rho \text{growth}_{i,t-1} + \gamma \text{CF}_{i,t-1} + \phi \ln(\text{subsidy})_{i,t-1} + \lambda \text{woodlandshare}_{i,t-1} + \eta \text{industry}_{i,t} + \delta \text{year}_t + \tau_{i,t}$$

variables calculated as the logarithmic difference between the size measures in two consecutive years, and it is referred to farm i and time t . The $S_{i,t}$, is calculated as logarithm of land, labour

or output variables and CF indicates the cash flow variable. Both variables are entered in the model at the time $t-1$. To control possible time shock, we add year dummies. To check industrial heterogeneity, we use industry dummies.

The sign of the regression coefficient of the cash flow term γ should be negative or not significant under the assumption that the farm can raise as much money as it desires at a given cost. A positive and significant cash-flow regression coefficient is usually interpreted as a sign of credit rationing and thus an indicator of financial constraints (FAZZARI *ET AL.*, 1988). The CAP subsidies as an additional cash flow can help to mitigate financial constraints. The variables are considered at time $t-1$.

Results

The results are presented in four steps: first, we present descriptive statistics as the mean values of the variables specified in our econometric model during the analysed period. Second, we graphically present the evolution in the average farm size by the individual years in the analysed period. Third, we graphically present the evolution in the farm size concentration over time using the Gini index. Finally, we present our regression results.

Descriptive statistics

Table 1 Descriptive statistics

	N	Mean	Std. Dev	minimum	maximum
labour growth	2,217	0.011	0.316	-4.13	2.82
labour $t-1$	2,217	11.32	35.86	0.01	433.86
land growth	2,217	-0.005	0.185	-5.23	1.67
land $t-1$	2,217	382.19	978.45	0.15	9650,73
woodland $t-1$	2,217	32.42	146.99	0	1932.87
CF $t-1$	2,217	126823.1	340977.9	-3672241	4958756
total subsidy $t-1$	2,217	136746	435658.9	0.0	5088339

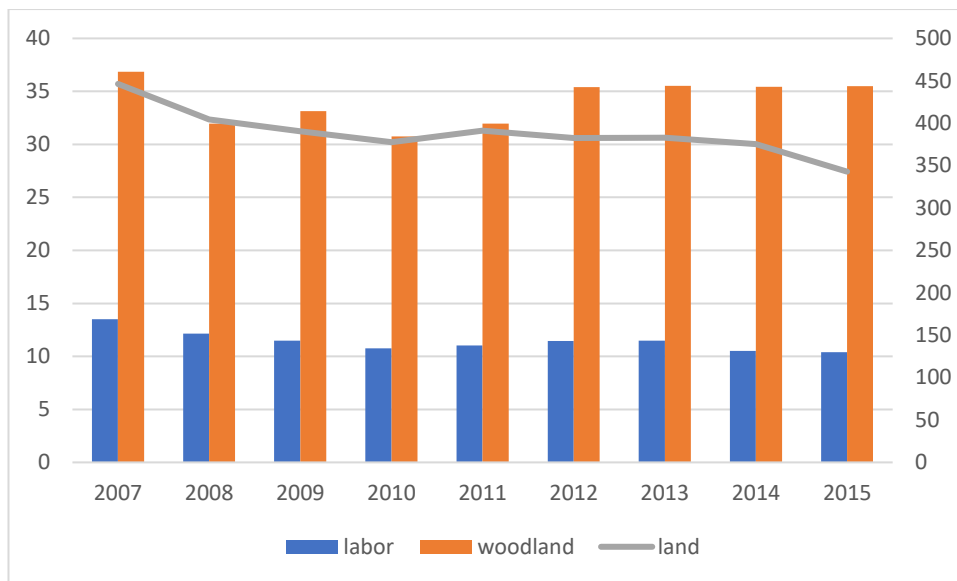
Source: Authors' estimations based on Hungarian FADN data.

Table 1 suggests that agroforestry farms increased by 1% for labour size but declined by 0.5% for land size. This implies the growth of partial labour productivity. The large differences between minimum and maximum values for all variables imply a highly unbalanced industrial structure for Hungarian agro-forestry farms.

Farm size evolution over time

Figure 1 shows that the averages of farm size measures have also slightly declined in terms of land and labour inputs. The mean size of woodland is ranging between 400 and 450 hectares during analysed period.

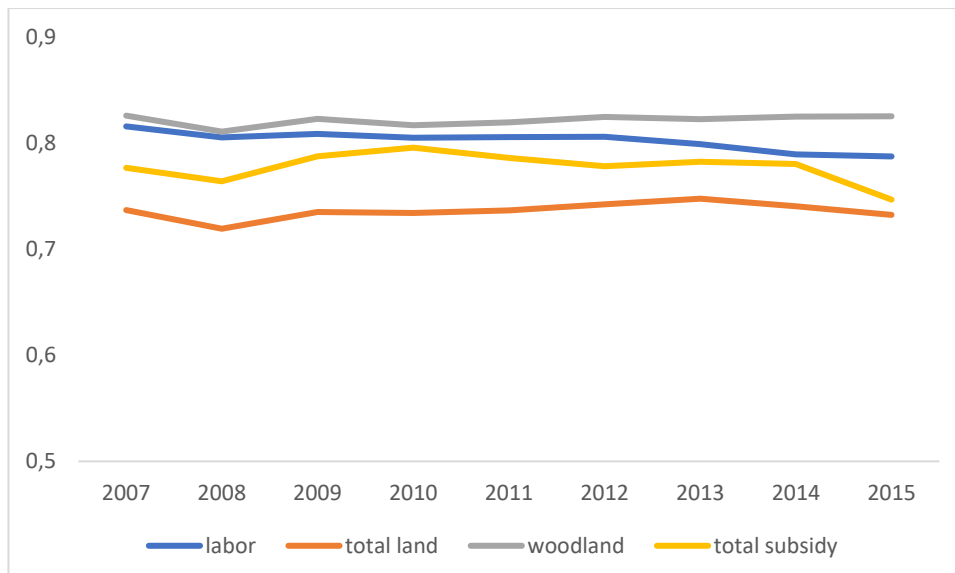
Figure 1 Evolution of agri-forestry farm size 2007-2015



Agri-forestry farm size concentration over time

The Gini coefficient of concentration or the Gini index was used to represent a frequency distribution for the farm size inequality in Hungary. A Gini coefficient of zero expresses perfect equality or no farm size concentration with farm size values the same. A Gini coefficient of one express maximal inequality among farm size values where only one farm size group has all the farm inputs or farm outputs, and all other farm sizes have none, the Gini coefficient will be very nearly one.

Figure 2 Gini indices for selected variables 2007-2015



The agroforestry sector is highly concentrated by land, labour and woodland (Figure 2). The concentration is the highest for woodland and lowest for agricultural land. In addition, the

majority of subsidies are going to minority of farms. The concentration has been rather stable between 2007 and 2015.

Econometric results

The regression results show that the lag farm size measures are positively associated to the farm size growth (Table 2). This finding suggests the rejection of the validity of Gibrat's law and reinforces previous results particularly for Hungary that smaller farms grew faster than bigger ones.

Farm size growth in the previous year is important for farm size growth in the current year.

Table 2 Regression results

Variable	labor		land	
	Arellano-Bond	Blundell-Bond	ArellanoBond	Blundell-Bond
growth	0.007	-0.104***	-0.014	-0.057***
ln(size)	-1.217***	-0.866***	-1.001***	-0.438***
lnCF	0.011	0.015	0.003	0.003
ln(total subsidy)	-0.011	0.054*	-0.005	-0.034**
share of woodland	0.111	-0.727	0.070	0.614*
constant	1.200***	0.178	4.836***	2.396***
N	1292		1694	
year fixed effects	yes	yes	yes	yes
industry fixed effects	yes	yes	yes	yes
AB1	0.1731	0.1144	0.3755	0.0737
AB2	0.7704	0.8321	0.6852	0.8360
Sargan test	0.2773	0.1044	0.8339	0.1103

Interestingly, cash flow variable has been found insignificant for both farm size measures. These results suggest that Hungarian agro-forestry farms do not face liquidity constraints in their farm size growth.

Conclusions

Our results do not confirm the capital market and asymmetric information problems that can affect the financial constraints for the farm choice between the use of internal or external finance to promote farm size growth. Farm size growth has not been dependent on own cash flow due to the possible limited access to external capital markets. For farms that face constraints in their ability to raise funds externally, movements in cash flow can represent almost the only way to finance growth.

Among study limitations, this can be the presentation of the results at the aggregated farm level and the panel data empirical analysis of possible farm restructuring for a relatively short period of time. Therefore, as the issues for research in the future can be to investigate the impact of liquidity constraints and possible mitigating effects of financial constraints by subsidies that can be conducted at a disaggregated farm-type level, particularly for more capital intensive type of farming such as dairy sector to examine whether there is variability in the underlying

interlinkages at farm type specialization level. Finally, except for the periods with the radical institutional, policy and agrarian reforms, substantial farm size structural changes are not short-term process, but rather long-term evolutionary process, which would require panel data of as much as possible longer duration period of time to capture different endogenous and exogenous factors that can determine farm size growth and contribute to considerable farm size structural changes and thus to converging, diverging or more constant farm size distribution over time.

Acknowledgement

The research was supported by the Agroforestry (EFOP-3.6.2-16-2017-00018) project.

References

- AKUDUGU, M.A. (2016), "Agricultural productivity, credit and farm size nexus in Africa: a case study of Ghana", *Agricultural Finance Review*, Vol. 76 No. 2, pp. 288-308.
- ALMEIDA, H., CAMPELLO, M. AND WEISBACH, M.S. (2004), "The cash-flow sensitivity of cash," *The Journal of Finance*, Vol. 59 No. 4, pp. 1777-1804.
- BENJAMIN, C. AND PHIMISTER, E. (2002), "Does capital market structure affect farm investment? A comparison using French and British farm-level panel data", *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 84 No. 4, pp. 1115-1129.
- BOJNEC, Š. AND FERTŐ, I. (2020b), "The growth of farms: A Hungarian-Slovenian comparison", *Post-Communist Economies*. DOI: 10.1080/14631377.2020.1727265.
- DONATI, C. (2016). "Farm growth and liquidity constraints: evidence from the manufacturing and service sectors in Italy", *Applied Economics*, Vol. 48 No. 20, pp. 1881-1892.
- FAGIOLO, G. AND LUZZI, A. (2006), "Do liquidity constraints matter in explaining farm size and growth? Some evidence from the Italian manufacturing industry," *Industrial and Corporate Change*, Vol. 15 No. 1, pp. 1-39.
- FAZZARI, S., HUBBARD, R. AND PETERSEN, B. (1988), "Financing constraints and corporate investment," *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 1988 No. 1, pp. 141-195.
- FERTŐ, I., BOJNEC, Š., FOGARASI, J. AND VIIRA, A.H. (2020), "Agricultural soft budget constraints in new European Union member states", *Journal of Institutional Economics*, Vol. 16 No. 1, pp. 49-64.
- GEROSKI, P.A. (2005), "Understanding the implications of empirical work on corporate growth rates," *Managerial and Decision Economics*, Vol. 26 No. 2, pp. 129-138.
- IDDRISU, A., ANSAH, I.G.K. AND NKEGBE, P.K. (2018), "Effect of input credit on smallholder farmers' output and income: evidence from northern Ghana", *Agricultural Finance Review*, Vol. 78 No. 1, pp. 98-115.
- LOWDER, S.K., SKOET, J. AND RANEY, T. (2016), "The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide", *World Development*, Vol. 87, pp. 16-29.
- MAMATZAKIS, E. AND STAIKOURAS, C. (2020), "Common Agriculture Policy in the EU, direct payments, solvency and income", *AGRICULTURAL FINANCE REVIEW*, Vol. 80 No. 4, pp. 529-547.
- OLIVEIRA, O. AND FORTUNATO, A. (2006), "Farm growth and liquidity constraints: A dynamic analysis," *Small Business Economics*, Vol. 27 No. 2, pp. 139-156.

A LEGELTETÉSES ÁLLATTARTÁS GAZDASÁGI HELYZETE MAGYARORSZÁGON – 1. RÉSZ: ELMÉLETI HÁTTÉR BEMUTATÁSA

MOLNÁR DÁNIEL

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

molnar.dani@freemail.hu

Bevezetés

A legeltetési állattartás a hazai állattenyésztés extenzív, számos ökológiai és társadalmi szolgáltatást nyújtó, ugyanakkor kevésbé gépesíthető, intenzifikálható, ebből fakadóan versenyképességi problémákkal küzdő szakágazata. A hazai legeltetési állattartás döntő többségét a húsmarha- és juhtartók fedik le. Napjainkban Magyarországon messze nem használják ki a legeltetési állattartásban rejlő potenciálokat. Az uniós átlaghoz képest viszonylag kis létszámú a juh- és húsmarhaállomány, a juh- és a szarvasmarhahús-fogyasztás is rendkívül alacsony. Az ágazat jövője szempontjából fontos kérdés a húsfogyasztás és -termelés negatív környezeti, illetve humánegészségügyi hatásainak társadalmi megítélése is. Napjainkban egyre több tanulmányban olvashatunk arról, hogy a mezőgazdasági eredetű környezeti és egészségügyi kockázatok egy jelentős részét a hústermelés „visszafogásával”, a húsfogyasztás csökkentésével lehet mérsékelni (a teljesség igénye nélkül néhány példa a témához kapcsolódó, széles körű szakirodalmi áttekintést adó cikkekre: González et al., 2020; Givens, 2018; Hartman és Siegrist, 2017; McMichael et al., 2007). Machovina et al. (2015) ennél is konkrétabb javaslatot fogalmaz meg: véleményük szerint a hústermelésben az ökológiai szempontból kevésbé hatékony kérődző állatfajokat a monogasztrikus fajokkal (pl. baromfi, sertés) kellene helyettesíteni. Összefoglalva elmondható, hogy a legeltetési állattartás környezeti, társadalmi és humánegészségügyi hatásainak megítélése nem egyértelmű, pozitív és negatív externáliák egyaránt azonosíthatók a szektorban. Jelen pillanatban még nem látható, hogy a fenntarthatóságot célzó globális és európai uniós szabályozási törekvések hosszú távon milyen formában és előjellel fogják érinteni a legeltetési állattartást.

A tevékenységet érintő szabályozási környezet hosszú távú bizonytalansága, esetleges szigorodása mindenesetre még fontosabbá teszi, hogy megértsük a legeltetési állattartással foglalkozó gazdaságok közötti piaci verseny hatékonyságát, illetve a szektorra jellemző jövedelmi viszonyokat.

A tanulmány célja, hogy szakirodalmi források feldolgozásával átfogó képet adjon a hazai legeltetési állattartás piaci hatékonyságáról és üzemi jövedelmezőségéről.

A legeltetési állattartás főbb sajátosságai

Termelékenység és hatékonyság

A mezőgazdasági tevékenység alá vont hazai gyepterületek nagy része a rossz talajadottságok, a kedvezőtlen időjárási viszonyok és a fregmentáltság miatt relatív alacsony termelőképességgel bír (PENKSZA ET AL., 2010). A legeltetési gazdálkodás előnyei közé tartoznak az olcsó takarmányforrásra alapozott árutermelés, a fenntartható extenzív gazdálkodás, valamint a természetközeli állapotok fenntartása és javítása. A hazai legeltetési állattartás jövedelmezőségének javítására elsősorban a nemzeti, de még inkább a közös agrárpolitika második pillérének keretében meghirdetett mindenkoros intézkedések, kiemelten az agrár-környezetgazdálkodási intézkedések állnak rendelkezésre.

A legeltetési módot alapvetően a lokális körülmények határozzák meg, fontos tényező a gyepterület szerkezete és minősége, a rendelkezésre álló tőke, a szakmai felkészültség, valamint az állatállomány mérete (NAGY ÉS TASI, 2017). A hatékony legeltetési állattartás kizárólag megfelelő gyepfogyasztás mellett lehetséges.

A legeltetési állattartás produktivitását az optimális takarmányfelvétel határozza meg, amely nem csak a gyepterület mennyiségétől, hanem minőségétől is függ, emellett a legeltetési szervezés is kulcsfontosságú szerepet tölt be (NAGY ÉS TASI, 2017). A hazai legeltetési állattartó gazdaságok főként természetes gyepeken gazdálkodnak, amelyek alapvetően fajgazdagabbak, mint a mesterségesen telepített gyepterületek. A ráfordítások optimalizálására nagy gondot kell fordítani, mivel az ágazat igen költségérzékeny. A hazai legeltetési állattartás azonban az uniós csatlakozást követően kedvezőbb helyzetbe került, amely leginkább a vidékfejlesztési támogatásoknak köszönhető (POPP ET AL., 2017). Az ágazatot a magyar mezőgazdaságra általában jellemző sajáttőke-arány (kb. 70%) jellemzi. A kötelezettségeken belül a rövid lejáratú kötelezettségek aránya megközelítőleg 80%. A külső forrásbevonás minimális, így a fejlődési lehetőségek korlátozottak (GÁL ET AL., 2020).

Az állatállomány alakulása

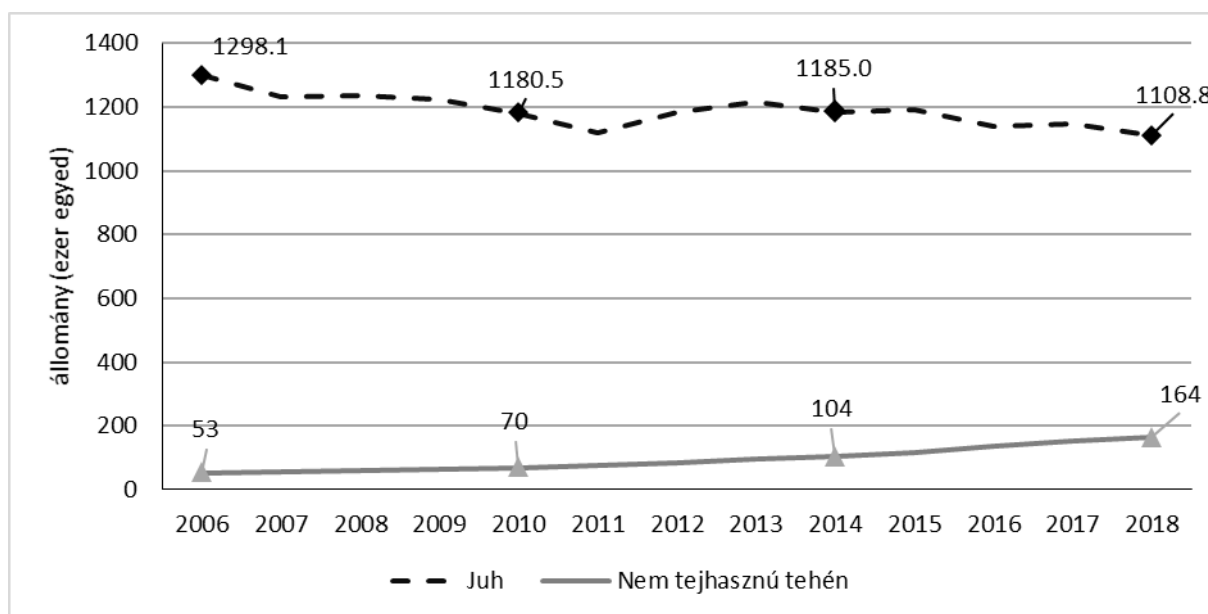
A következőkben a hazai legeltetési gazdálkodásban érintett állatállomány alakulását a juh- és a nem tejhasznú tehénállomány alakulásával közelítjük. Nyilvánvaló, hogy ez a megközelítés magában hordoz némi torzítást (hiszen, ha elenyésző arányban is, de vannak más legelő állatfajok, továbbá a juh- és a nem tejhasznú tehénállomány egy részét nem legeltetési technológiával tartják). Ugyanakkor azt gondoljuk, hogy az 1. ábrán bemutatott trendek e pontatlanságok mellett is jól tükrözik a legeltetési állományok alakulását. A hazai nem tejhasznú tehénállomány 2018-ban 164 ezer egyed volt (Eurostat, 2020.). A vizsgált időszak kezdeti évében a nem tejhasznú tehének a teljes tehénállomány kis részét képezték csak (16%), azonban 2018-ra ez az arány 41%-ra emelkedett. Az arány növekedése mögött két ok húzódik meg. Egyrészt a vizsgált időszak alatt az Európai Unió tejpiaca több krízisen is átesett, amely a hazai tejtermelő gazdaságokra is kedvezőtlenül hatott, így a tejelő állomány csökkent. Másrészt, köszönhetően a célzott támogatásoknak (anyatehéntartás és bikahizlalás támogatása), a magyar húsmarhaállomány jelentősen bővült. Az állomány alakulása szempontjából fontos adottság, hogy a hazai marhahúsfogyasztás mértéke igen csekély, egy főre vetítve 1 kg/év (KSH, 2018). Ez a teljes húsfogyasztás mindössze 2%-át teszi ki.

A juh, hármasszoros hasznosítása révén (hús, tej, gyapjú) a gyepterülettel rendelkező hazai kis és középméretű gazdaságok körében szintén jelentős állatfajnak mondható. Az állomány 2018-ban 1 108 800 egyed volt (KSH, 2019), ami 2006-hoz képest közel 15%-os csökkenést jelent. A magyar juhállomány jelenleg nem éri el a világ juhállományának 1 ezrelékét sem.

A 2018-as utolsó negyedévi adatok szerint 0,2 kg/fő volt a fogyasztás mennyisége (KSH, 2018), ami tartalmazza a kecske-, a nyúl- és az egyéb húsokat is, ami annak köszönhető, hogy a juh fogyasztása leginkább a nagy egyházi ünnepekhez kötődik (húsvét, karácsony).

Magyarországon a juhtartás fő bevételi forrását a bárányleadás jelenti, így a jövedelem növelésére az anyajuhok szaporaságának javítása lehet az egyik potenciális lehetőség (BOKOR, 2018).

1. ábra A nem tejhasznú tehén- és a juhállomány alakulása Magyarországon 2006–2018 között



(Forrás: KSH és Eurostat 2020 alapján saját szerkesztés)

Vállalati formák és jövedelmezőség

A 21. századi legeltetési állattartó ágazat gazdálkodási forma szerinti megoszlása átlagosan 90-10%-os arányban volt jelen az egyéni gazdaságok javára. A társas vállalkozások számát tekintve csökkenő tendencia volt jellemző egészen 2015-ig, majd ezt követően növekedés volt tapasztalható, ennek ellenére azonban az üzemek száma 1,5%-kal csökkent a 2006-os szinthez képest. Az egyéni gazdaságok alakulását tekintve nem tapasztalható számottevő változás, a kezdeti évhez képest 1,5%-os növekedés ment végbe.

A legeltetési állattartó üzemek méret szerinti megoszlását három kategóriába soroltuk (kis, közepes, nagy), melyet az STÉ (standard termelési érték) értékek alapján határoztunk meg. A vizsgált időszak során látható, hogy a közepes méretű üzemek száma a meghatározó (kb. 60%), a kis méretű üzemek a hazai legeltetés kb. 1/3-át teszik ki, a nagy méretű üzemek száma pedig elenyésző. Összességében megállapítható, hogy míg a vizsgált időszakban a hazai legeltetési állattartó üzemek száma 8%-kal növekedett, addig a nagy méretű üzemek száma több mint a duplájára emelkedett, azonban a közepes méretű üzemek száma 8%-kal csökkent. Sipiczki (2019) megállapítása alapján az állattartó ágazatok közül a 2006 és 2015 közötti átlagos jövedelmezőséget figyelembe véve csak a legeltetési állattartóknál figyelhető meg, hogy a nagyobb üzemmérethez növekvő jövedelmezőség is kapcsolódik, ezzel szemben a termelésiérték-arányos jövedelmezőség esetén a közepes méretű cégek profitabilitása a legmagasabb (RAJCSI ÉS WICKERT, 2019). A mezőgazdasági üzemeknek már kisebb méret esetén is érdemes az áfaalanyiságot választani, így maximalizálni a pénzáramlást (KOROSZCZNYÉ PAVLIN ET AL., 2018; PARÁDI-DOLGOS ET AL., 2018). A legeltetési állattartás esetében ez kiemelten fontos, mert az üzemek több mint harmada kis méretű (1. táblázat).

1. táblázat A legeltetési állattartó üzemek méret szerinti (STÉ*) megoszlása, %

Év	Kis	Közepes	Nagy	Üzemek száma, db
2006	32,37	66,91	0,72	139
2007	34,31	65,69	0,00	137
2008	38,03	61,97	0,00	142
2009	34,44	64,90	0,66	151
2010	30,88	68,38	0,74	136
2011	34,46	64,19	1,35	148
2012	39,44	60,56	0,00	142
2013	38,93	60,40	0,67	149
2014	38,89	59,72	1,39	144
2015	35,56	63,70	0,74	135
2016	40,38	58,97	0,64	156
2017	36,62	60,56	2,82	142
2018	36,67	61,33	2,00	150
STÉ	25 000 EUR alatt	25 000–499 999 EUR	500 000 EUR és afelett	–

*STÉ alapján kis üzemméret 25.000 EUR alatt, közepes üzemméret 25.000 és 499.999 EUR között, nagy üzemméret 500.000 EUR felett

(Forrás: saját szerkesztés az FADN-adatbázis alapján)

Profitperzisztencia-elemzés elméleti háttere és mezőgazdasági alkalmazásai

A profitperzisztencia modellezése statikus és dinamikus (schumpeteri) környezetben eltérő jellemzőkkel bír. Dinamikus környezetben az innovatív cégek magasabb profitot érnek el, ami az idő múlásával lecseng (CABLE ÉS MUELLER, 2008). Az idei év profitja a tavalyi év profitjától is függ, de egy hosszú távú egyensúlyi profithoz közeledik. A profitperzisztencia elemzése során azt határozzuk meg, hogy a vállalatok az egyensúlyi szint felett realizált nyereséget (abnormális profit) milyen hosszú ideig képesek fenntartani, vagyis milyen gyorsan térnek vissza az egyensúlyi szintre, amit korrekciónak nevezünk. Minél magasabb a profitperzisztencia értéke, annál távolabb helyezkedik el a piac a tökéletes versenytől, ezáltal lassabb a korrekciós folyamat. A profitperzisztencia ágazati alakulását rövid és hosszú távon is megvizsgáltuk, hogy átfogó képet kapjunk a vizsgált szakágazat versenyképességét illetően. A profitperzisztenciának köszönhetően jellemezni tudjuk a legeltetési állattartó szektorban a verseny jellegét, ami fontos iránymutatással és információval szolgálhat a befektetőknek, a szakpolitikának, a gazdálkodóknak és az ágazati kutatások számára is.

A versenyhelyzet-hipotézisünk azt feltételezi, hogy az egyensúlyi profitráta fölött vagy alatt elhelyezkedő vállalatok nyeresége nem tartható fenn hosszú távon. A valódi versenyhelyzetben azonban előfordul, hogy cégek a normától eltérő nyereséget könyvelhetnek el, amelyet abnormális profitnak nevezünk. A kutatásunk elsődleges célja, hogy a hazai legeltetési állattartó üzemek versenyképességét és jövedelmezőségét vizsgáljuk a profitperzisztencián keresztül, az ehhez szükséges kutatási módszertant Hirsch és Hartmann (2014) szakirodalmi összegzése alapján készítettük, számunkra ez volt a „benchmark” tanulmány. Ez a kutatás egy olyan módszertanon alapul, amely minden egyes cég esetében egyenként lefuttatja az első-, másod-, harmad- és negyedrendű autoregresszív (AR) modelleket, és ezek közül a legkisebb Akaike-kritériummal rendelkező AR-modellt választja a profitperzisztencia magyarázatára. A harmad- és negyedrendű modellek lefuttatása érdekében az adatbázisba kizárólag a legalább nyolcévnyi időssorral rendelkező üzemek kerültek. Ez a megközelítés döntő fontosságú lehet, mivel a cégek nyereségének dinamikája összetettebb lehet, mint amit egy AR(1) folyamat képes

lenne meghatározni. Ebben a fejezetben röviden bemutatjuk az agrárágazatokra vonatkozó profitperzisztencia-elemzéseket.

Elméleti szempontból a profitkülönbségek magyarázatát célzó fogalmak az ipari közgazdaságtanból erednek. Bain (1968) SCP (Structure, Conduct, Performance – Struktúra, Magatartás, Teljesítmény) paradigmája ugyanis azt feltételezi, hogy az olyan ipari sajátosságok, mint a koncentráció, a méretgazdaságosság, a belépési és kilépési korlátok hatással vannak a szervezeti magatartásra és ezáltal a teljesítményre. Ezzel ellentétben az erőforrás-alapú nézet (BARNEY, 1991) a belső erőforrásokra úgy tekint, mint az abnormális profit mozgatórugójára. A tanulmány során figyelemre méltó a negatív értékek relatív nagy aránya (40,6%), amely jelentősen meghaladja a korábbi vizsgálatokban kapott arányt. A negatív $(\lambda_i)^{-}$ értékek azt jelzik, hogy a nyereség az idő múlásával jelentősen ingadozik. Gschwandtner (2005) szerint azonban a negatív $(\lambda_i)^{-}$ értékek arányának 20%-át azok a vállalatok teszik ki, amelyek az elemzett időszak alatt kilépnek a piacról (például csőd miatt), míg a túlélő vállalkozások aránya mindösszesen 7%. Ezenkívül Gschwandtner (2005) állítása szerint a negatív $(\lambda_i)^{-}$ értékek főleg a kisvállalkozásokhoz kapcsolódnak, tehát a negatív $(\lambda_i)^{-}$ értékek relatív nagy aránya annak a következménye lehet, hogy a vizsgált vállalatok nagy része kis és mikroméretű cég, azonban a korábbi tanulmányaikban ezeket a vállalatokat nem vették figyelembe. Ezenkívül a tejfeldolgozó ipar $(\lambda_i)^{-}$ átlagértéke (0,094) nagyon alacsony profitperzisztencia-szintet mutat, ez az érték azonban az egész élelmiszeriparhoz képest is nagyon alacsony. Mivel a tejfeldolgozó szektorban a szövetkezetek aránya magasabb (az összes vállalat 20%-a), mint más ágazatokban, ezért felmerül a kérdés, hogy ennek a jogi formának a sajátosságai magyarázhatják-e az alacsony $(\lambda_i)^{-}$ átlagértéket. Az eredmények alátámasztják ezt a hipotézist, ugyanis a $(\lambda_i)^{-}$ átlagértéke negatív (-0,184) a szövetkezetek esetében, ami azt jelenti, hogy a cégek nyeresége az idő múlásával jelentősen fluktuál, míg az összes többi jogi forma esetében ugyanez az érték 0,163. A hosszú távú negatív előre jelzett profitrátával rendelkező szövetkezetek aránya 77%, ami kiemelkedően magas értéknek tekinthető a többi vállalattal szemben. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a szövetkezetek csak korlátozottan, vagy nem képesek érvényesíteni a profitnövelő szerepüket. Ez természetesen nem meglepő, hiszen egy szövetkezet alapvető célja nem kizárólag a saját jövedelmének, hanem egyben a tagjai profitjának a maximalizálása. Jelentős részben ez a célkettősség (saját profit versus tagok nyeresége) vezet a nagy jövedelemvolatilitáshoz.

Hirsch és Hartmann (2014) kutatásukban az európai tejfeldolgozó ágazat vállalatait vizsgálta. A tanulmány során öt nyugat-európai ország 590 vállalatának adatait tanulmányozták, a profitperzisztencia-értékeket pedig a dinamikus panel GMM becslésével határozták meg. A becslés előtt tesztelték, hogy melyik autoregresszív modell határozza meg legjobban a profitperzisztencia alakulását. Az összes vállalatot tekintve az AR(1) modell írja le legjobban (Schwarz–Bayes-féle információs kritérium [SBC] alapján) a profitperzisztencia-értékeket, ezért csak az első késleltetés volt releváns a dinamikus panelt illetően. A GMM modellben a rövid és hosszú távú profitperzisztenciára ható tényezőket az interakciók alapján osztották két részre. A vizsgálat során megállapították, hogy a tejfeldolgozó ágazatban nem tapasztaltak kiemelkedően magas profitperzisztencia-értéket (0,173). A rövid távú hatások közül a piaci koncentráció, a rövid és hosszú távú kockázat, az iparági növekedés, a kutatás és fejlesztés, valamint a vállalatok kora, mérete és növekedése a szignifikáns. Az alacsony profitperzisztencia oka az, hogy relatív magas a szövetkezetek aránya, illetve jóval több állami beavatkozás történik más iparágakkal ellentétben.

Tamirat et al. (2018) tanulmányában a tejelő tehenészeteket, a sertéstartókat, az élőállat-kategóriákat (marha, baromfi, sertés és bárány vegyesen) és a szántóföldi növénytermesztést vizsgálta a holland FADN-adatbázis alapján 2001 és 2015 között. Kutatásuk során 1796 vállalat

adatait vizsgálták, és megállapították, hogy a legnagyobb arányban a sertéstartók vannak jelen a holland állattartó ágazatban.

Az eredmények tesztelésére módosított ROA (Return of Assets – eszközarányos nyereség) és haszonkulcsmutatókat alkalmaztak, majd az így kapott eredményeket OLS, kvantilis OLS és GMM módszerrel vizsgálták meg. Mivel a szerzők a késleltetett profitrátákat csak a GMM modellbe építették be, ezért a teljes mintára és a sertéstartó üzemekre fókuszálva szintén ezt a modellt mutatjuk be.

A profitperzisztencia alakulását vizsgálva azt tapasztalták a holland szerzők, hogy a módosított ROA esetében mind a teljes mintán (0,075), mind a sertéstartóknál (0,071) nagyon alacsonyak az értékek az élelmiszeriparhoz képest (0,11–0,34). Mind a két becslés esetén a vállalat kora és mérete, a munkaerő produktivitása és a hosszú távú kockázat volt szignifikáns, valamint a teljes minta esetén a diverzifikáció, a működő tőke és a tőkeintenzitás volt a meghatározó változó. A nettó haszonkulcs vizsgálatánál szintén hasonló eredményeket kaptak, azonban érdemes megemlíteni, hogy a támogatási arány csak a tejelő tehenészeteknél volt szignifikáns. A modellek alkalmazása során a méretbeli különbségek csak részlegesen tűntek el, még annak ellenére is, hogy a szerzők leginkább a méretre kontrolláltak, mivel a működő tőke mértékegysége ezer euróban lett meghatározva, az összes többinél pedig valamilyen logaritmus vagy arány tapasztalható.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárérdészet, mint új kítőrészi lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- ABAYNÉ HAMAR, E., PÓTI, P. ÉS MARSELEK, S. (2014). A juhágazat helyzete, lehetősége. *Őstermelő Gazdálkodók Lapja*, 18(6) 110–113.
- BAIN, J. S. (1968). *Industrial Organization* (2nd ed.). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1017/S077045180004207X>
- BARNEY, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- BOKOR, B. (2018). *A piacképes juhústermelést megalapozó vizsgálatok* [PhD-értekezés, Szent István Egyetem]. https://szie.hu/sites/default/files/bokor_beata_ertekezes.pdf.
- CABLE, J. R. & MUELLER, D. C. (2008). Testing for persistence of profits' differences across firms. *International Journal of the Economics of Business*, 15(2), 201–228. <https://doi.org/10.1080/13571510802134353>
- EUROSTAT (2020). *Bovine population - annual data*. Letöltve 2021. február 17. https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=apro_mt_lscatl&lang=en
- GÁL, V., KOROSZCZNÉ PAVLIN, R. ÉS PARÁDI-DOLGOS, A. (2020). A magyar agrárvállalkozások eszköz- és tőkeszerkezetének sajátosságai. *Controller Info*, 8(4), 34–38. [HTTPS://DOI.ORG/10.24387/CI.2020.4.7](https://doi.org/10.24387/CI.2020.4.7)
- HARTMANN, C. & SIEGRIST, M. (2017). Consumer perception and behaviour regarding sustainable protein consumption: A systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 11–25. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.12.006>
- HIRSCH, S. & GSCHWANDTNER, A. (2013). Profit persistence in the food industry: evidence from five European countries. *European Review of Agricultural*, 40(5), 741–759. <https://doi.org/10.1093/erae/jbt007>

- HIRSCH, S. & HARTMANN, M. (2014). Persistence of firm-level profitability in the European dairy processing industry. *Agricultural Economics*, 45(S1), 53–63. *Economics* 40.5 (2013): 741–759. [HTTPS://DOI.ORG/10.1111/AGEC.12129](https://doi.org/10.1111/AGEC.12129)
- HORNYÁK, Z. (2018). A mezőgazdasági üzemre vonatkozó szabályok jogösszehasonlító elemzésben. *Agrár- és Környezetjog*, 13(24), 33–60.
- KESZTHELYI, SZ. (2017). *A Tesztüzemi Információs Rendszer eredményei 2015*. Agrárgazdasági Kutató Intézet. <https://doi.org/10.7896/ai1702>
- KESZTHELYI, S. ÉS KIS CSATÁRI, E. (2019). *A Tesztüzemi Információs Rendszer eredményei 2017*. Agrárgazdasági Kutató Intézet. <https://doi.org/10.7896/ai1902>
- KOROSECZNÉ PAVLIN, R., PARÁDI-DOLGOS, A. & SIPICZKI, Z. (2018). Impact of the value-added tax on the liquidity of agricultural producers and farmers (pp. 115–120.). *Controller Info Studies II*. Copy & Consulting Kft.
- KSH (2018). *Az egy főre jutó éves élelmiszer-fogyasztás mennyisége jövedelmi tizedek (decilisek), régiók és a települések típusa szerint (2010–2018)*. Letöltve 2020. június 21. https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_aves/i_zhc023a.html.
- KSH (2019). *Állatállomány, december (1995–2019)*. Letöltve 2020. június 21. http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_aves/i_oma003.html.
- MACHOVINA, B., FEELEY, K. J. & RIPPLE, W. J. (2015). Biodiversity conservation: The key is reducing meat consumption. *Science of the Total Environment*, 536, 419–431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.022>
- MARUYAMA, N. & ODAGIRI, H. (2002). Does the ‘persistence of profits’ persist?: a study of company profits in Japan, 1964–97. *International journal of industrial organization*, 20(10), 1513–1533. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/S0167-7187\(01\)00093-5](https://doi.org/10.1016/S0167-7187(01)00093-5)
- MCMICHAEL, A. J., POWLES, J. W., BUTLER, C. D. & UAUY, R. (2007). Food, livestock production, energy, climate change, and health. *The Lancet*, 370(9594), 1253–1263. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61256-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61256-2)
- MCMILLAN, D. G. & WOCHAR, M. E. (2011). Profit persistence revisited: the case of the UK. *The Manchester School*, 79(3), 510–527. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.2010.02177.x>
- NAGY, G. ÉS TASI, J. (2017). A legelők és a legeltetés szerepe a húsmarhatartásban. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 66(4), 347–364. https://www.researchgate.net/publication/322570802_A_LEGELOK_ES_A_LEGELTETES_SZEPE_A_HUSMARHATARTASBAN_Pastures_and_Grazing_in_beef_systems
- ORLOVITS, ZS. (2008). A mezőgazdasági üzem fogalmának agrárjogi értelmezése. *Gazdálkodás*, 52(4), 364–370. http://www.gazdalkodas.hu/index.php?l=hu&p=cikk&cikk_id=576
- PARÁDI-DOLGOS, A., KOROSECZNÉ PAVLIN, R. ÉS SIPICZKI, Z. (2018). Az általános forgalmi adó likviditásra gyakorolt hatása az agráriumban a költséghányad függvényében. *Controller Info*, 6(3), 8–11. <https://doi.org/10.24387/CI.2018.3.2>
- PENKSZA, K., SZENTES, SZ., LOKSA, G. ÉS HÁZI, J. (2010). A legeltetés hatása a gyepekre és természetvédelmi vonatkozásai a Tapolcai- és a Káli-medencében. *Természetvédelmi Közlemények*, 16, 25–49. <http://real.mtak.hu/110174/>
- POPP, J., OLÁH, J., SZENDERÁK, J. ÉS HARANGI-RÁKOS M. (2017). A marhahús előállítás nemzetközi és hazai piaci kilátásai (International and domestic market outlook of beef meat production). <http://real.mtak.hu/90425/1/Allattenyesztes324-345.indd.pdf>
- RAJCZI, A. ÉS WICKERT, I. (2019). Mezőgazdasági üzemek hatékonyságának vizsgálata méretkategóriánként és termelési irányonként (pp. 539–545.). *Közgazdász Doktoranduszok és Kutatók V. Nemzetközi Téli Konferenciája: Konferenciakötet*. Doktoranduszok Országos Szövetsége.
- SEXTON, R. J. (2012). Market power, misconceptions, and modern agricultural markets. *American Journal of Agricultural Economics*, 95(2), 209–219. <https://doi.org/10.1093/ajae/aas102>
- SIPICZKI, Z. (2019). Jövedelmező-e a mezőgazdaság? [PhD-értekezés, Kaposvári Egyetem.] <https://doi.org/10.17166%2FKE2019.004>
- STEPHAN, A. & TSAPIN, A. (2008). Persistence and Determinants of Firm Profit in Emerging Markets. *DIW Berlin Discussion Paper No. 848*. [HTTPS://DX.DOI.ORG/10.2139/SSRN.1429282](https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1429282)

- SZÉKELY, CS. ÉS TAKÁCS-GYÖRGY, K. (2008). A mezőgazdasági üzem fogalmának változása. *Gazdálkodás*, 52(2), 181–185. http://www.gazdalkodas.hu/index.php?l=hu&p=cikk&cikk_id=551
- TAMIRAT, A. A., TRUJILLO-BARERRA, A. A. & PENNINGS, J. M. (2018). Do Profit Rates Converge? Evidence on the Persistence of Farm Profit in the Long-run. Agricultural and Applied Economics Association (AAEA) Conferences. 2018 Annual Meeting, August 5-7, 2018, Washington, D.C. [HTTPS://AGECONSEARCH.UMN.EDU/RECORD/273791?LN=EN](https://ageconsearch.umn.edu/record/273791?ln=en)

A LEGELTETÉSES ÁLLATTARTÁS GAZDASÁGI HELYZETE MAGYARORSZÁGON – 2. RÉSZ: PRIMER EREDMÉNYEK

MOLNÁR DÁNIEL

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

molnar.dani@freemail.hu

Bevezetés

A hazai legeltető vállalatok kevésbé versenyképesebbek az ágazaton belüli állattartó vállalatokhoz képest. Ennek több oka is van, a leginkább említésre méltó, hogy az uniós átlaghoz képest relatív alacsonyabb állománnyal rendelkezünk, nagyon alacsony maga a húsfogyasztásunk, a vállalatok nem rendelkeznek innovatív eszközállománnyal és ezáltal a versenyképesség fenntartása is nehezebb. A dolgozatom célja, hogy átfogó képet tudjak nyújtani a hazai szarvasmarha és juhtartó üzemek versenyképességéről, melyet valós adatokon dolgozva a számviteli profitrátákkal mértem.

Az ágazaton belüli piaci versenyt a profit perzisztenciával vizsgáltam, amely mérésére többféle módszertan is létezik. A profit perzisztencia elemzése során azt határozzuk meg, hogy a vállalatok az egyensúlyi szint felett realizált nyereséget (abnormális profit) milyen hosszú ideig képesek fenntartani, vagyis milyen gyorsan térnek vissza az egyensúlyi szintre, amit korrekciónak nevezünk. Minél magasabb a profit perzisztencia értéke, annál távolabb helyezkedik el a piac a tökéletes versenytől, ezáltal lassabb a korrekciós folyamat. A profit perzisztencia ágazati alakulását rövid és hosszú távon is megvizsgáltam, hogy átfogó képet kapjunk a szektor versenyképességét illetően. A profit perzisztenciának köszönhetően jellemezni tudjuk a legeltető állattartó szektor verseny jellegét, amely fontos iránymutatással és információval szolgálhat a fogyasztóknak, befektetőknek, a vállalatot irányító menedzsmentnek és az ágazati kutatásoknak is.

A gyakorlatban a legelfogadottabb jövedelmezőségi mutató az eszközarányos nyereség, a ROA mutató. Egy iparágon belül jelentősen eltérő ROA átlagértékek lehetnek, ezért célszerű a vállalatokat a saját ágazatában működő vállalataival összehasonlítani, hogy valós képet kapjunk. Az eszközarányos nyereség vizsgálata során azt feltételezzük, hogy tökéletes verseny esetén nincs gazdasági profit, az ettől való eltérést abnormális hozamnak nevezzük, amit a vállalatok akkor tudnak hosszú távon elérni, ha az egyensúlyi szinttől szignifikánsan eltérnek. Az abnormális profit értéke lehet pozitív és negatív is, attól függően, hogy az egyensúlyi szinthez képest hol helyezkednek el.

Anyag és módszer

A profit perzisztencia mérése

A piaci verseny egyik mérőszáma a profit perzisztencia. Az alapgondolata az, hogy tökéletes verseny esetén nincs lehetőség extraprofitra szert tenni, illetve a verseny csökkenti az abnormális profit mértékét. Hosszú távon a versenynek köszönhetően az árak igazodnak piaci normákhoz, ezzel szemben rövidtávon elképzelhető az abnormális profit elérése. Ez az elmélet ritkán valósul meg a gyakorlatban, viszont a pénzügyi piacokon jelen van, mivel ezen a területen adottak leginkább a tökéletes verseny feltételei. A profit perzisztencia mérését Bareith és Csonka (2019) tanulmánya alapján foglalom össze.

A profit perzisztencia vizsgálatánál a ROA mutató (eszközarányos nyereség) az általánosan elfogadott jövedelmezőségi mérőszám, amely a vállalat egészének eredményességét méri. Gschwandtner (2012) szerint a piaci normától való eltérést is profitnak értelmezzük, valamint a makroökonómiai ciklusokat a normalizálásnak köszönhetően kiszűrhetjük. Az abnormális hozamok alakulásánál azt vizsgáljuk, hogy az adott évi ROA mutató mennyivel tér el átlagos jövedelmezőségi szinttől százalékos formában.

$$\pi = \frac{ROA_{i,t} - \overline{ROA}_t}{\overline{ROA}_t}$$

ahol $\pi_{i,t}$ jelöli az abnormális hozamot.

A ROA (Return on Assets) egy olyan standard mutatószám, amely a vállalat egészének az eredményességét vizsgálja. A kutatás során ezt a mutatószámot ROA névvel jelöltem.

$$ROA = \frac{\text{Adózott eredmény}}{\text{Mérlegfőösszeg}}$$

A mutatószám esetében minél magasabb értéket kapunk, annál nagyobb hozamra tud szert tenni vállalat a rendelkezésre álló eszközállományának a felhasználásával.

A standard eszközarányos nyereségen kívül egy másik mutatószám vizsgálata is szükséges, amely esetében nem az adózott eredmény aránya a releváns, hanem az üzemi eredmény és a mérlegfőösszeg hányadosa. Ez a mutató figyelembe vesz különböző finanszírozási költségeket, mint a kamatfizetés, vagy egyéb bevételek és ráfordítások, ami alapvetően nem része az alaptevékenységnek. Ezt a mutatót ROA2-vel jelöltem. A mutatószám kizárólag a vállalat alaptevékenységének az eredményét mutatja, tehát nem tartoznak bele olyan költségelemek, amelyek a tevékenységtől függetlenül jelennek meg a cég könyvelésében.

$$ROA2 = \frac{\text{Üzemi (üzleti) tevékenység eredménye}}{\text{Mérlegfőösszeg}}$$

A vizsgált vállalatok esetében lehetőségünk van a két mutatószám által kapott értékeknek az összehasonlítására, a kapott eredményekről pedig különböző konzekvenciákat tudunk levonni, amelyek segítséget nyújtanak a hazai szarvasmarha- és juhtartó üzemek versenyképességének elemzésében.

Autoregresszív modellek

A szakirodalom szerint az autoregresszív folyamat (AR(1)) az általánosan elfogadott módszertan a profit perzisztencia mérésére. A vállalatok abnormális profitjának alakulását az előző év abnormális profitjával lehet meghatározni.

$$\pi_{i,t} = \alpha_i + \lambda_i \pi_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t}$$

ahol $\varepsilon_{i,t}$ hibtag a fehérzaj, állandó varianciával és nulla értékkel.

Hirsch és Gschwandtner (2013) szerint a rövid távú profit perzisztencia ragadósságát a λ_i paraméter adja. Ha a λ_i változó kisebb, mint egy, akkor az AR(1) folyamat stacioner. A λ_i érték azt vizsgálja, hogyan illeszkedik a rövid távú profit a versenyképességi normához.

Ha a vizsgálat során a profit perzisztencia értéke magas, akkor a vállalat profitja lassan konvergál a piaci normálprofithoz, azonban ha a λ_i paraméter egyre közelebb esik az egyhez, akkor annál magasabb a profit perzisztencia értéke. Alacsony lambda érték esetén pedig a piac közeledik a tökéletes versenyhez.

A hosszú távú profit perzisztencia alakulását az AR(1) folyamat várható értéke határozza meg.

$$\hat{p}_i = \frac{\hat{\alpha}_i}{1 - \hat{\lambda}_i}$$

Amennyiben a vizsgált üzemek \hat{p}_i (hosszú távra tervezett profitráta) értéke szignifikánsan nem tér el a nullától, akkor a vállalatot a tökéletes verseny jellemzi. Gschwandtner (2005) szerint, ha a vizsgált vállalatok normálprofitot érnek el, akkor a \hat{p}_i értéke minden cég esetében egyenlő, vagyis nincs szignifikáns különbség.

A profit perzisztencia vizsgálata során magasabb rendű AR folyamatokat is alkalmazhatunk. Az AR(2) modell esetében azt feltételezzük, hogy az abnormális profit időszaki alakulását nem csak az előző időszak (AR(1)), hanem az azt megelőző időszak (t-2) is befolyásolja.

Az AR(3) folyamat során nem csak a t-1 és t-2 időszakot vesszük figyelembe, mivel azt feltételezzük, hogy a három évvel ezelőtti eredmények is befolyásolják az abnormális profit alakulását. Az esetek többségében azonban csak a $\lambda_{(1,i)}$ paraméter szignifikáns, vagyis a 2-3 évvel korábbi időszakok nem befolyásolják a t időszaki abnormális profit alakulását.

A modellszekciót az Akaike kritérium alapján számoltam, ami egy olyan finomított technika az ökonometriában, amely a mintán belüli illeszkedés alapján megbecsüli a jövőbeni értékeket. Minden esetben a legalacsonyabb Akaike kritérium értéke a releváns.

A kutatás során használt adatbázis

A kutatás során a Mezőgazdasági Számviteli Információs Hálózat (FADN) adatbázisát használtam, amely 2006 óta éves szinten több mint 1900 mezőgazdasági vállalat könyvviteli eredményeit elemzi. Ez a rendszer a gazdasági társaságokhoz hasonló struktúrában határozza meg az egyéni gazdaságok adatait is, mivel az egyéni gazdaságok is rendelkeznek mérleg és eredmény kimutatással. Az adatbázis az üzemszintű adatokon kívül még tartalmazza az állattenyésztő, növénytermesztő és kertészeti ágazatok eredményeit is. Azok az agrárvállalatok, akik teljesítették a reprezentatív szempontokat és önkéntesen csatlakoztak a rendszerhez, rendelkezésre bocsájtják a könyvelési adataikat. Ezeket az adatokat szigorú adatvédelmi előírások betartása mellett anonim módon kezelik, és kizárólag statisztikai célokra használják. Az STÉ (Standard Termelési Érték) alapú tipológiai módszertannak köszönhetően az agrárvállalkozások során az egyes üzemkategóriákat külön-külön lehet vizsgálni, hatékonyabban összehasonlíthatók az azonos üzemkategóriájú vállalatok.

Az FADN az adatgyűjtést kiválasztott könyvelőirodákkal végezteti, és a feldolgozott eredményeket tartalmazó AKI kiadványt minden évben rendszeresen publikálja angol illetve magyar nyelven is, továbbá az üzemekkel való folyamatos kapcsolattartás és a beszámolók előállításának is a könyvelés feladatai közé tartozik. A központi adatfeldolgozást, az eredmények nyilvánosságokra hozását, az EU kapcsolattartását és a rendszer fejlesztését az AKI testületi rendszer végzi.

A tanulmányom során a legeltető állattartó vállalatok adózott eredményét, üzemi eredményét, mérlegfőösszegét és méretét használtam fel az adatbázisból, és ezen adatok felhasználásával és további mutatókkal vizsgáltam a szarvasmarha és juhtartó vállalatok versenyképességét. A vizsgálat során kizárólag a minimum 8 évvel rendelkező vállalatokat vettem figyelembe, mivel a dinamika elemzéséhez hosszú idősor szükséges, így az alapból 185 céggel rendelkező adatbázisból csak 107 vállalat adatait tanulmányoztam.

A vállalatok forma szerinti megoszlását tekintve azt tapasztaljuk, hogy az adatbázisban lévő cégek (185) 94%-a egyéni, és 6%-a társas vállalkozás, azonban ha csak a vizsgált vállalatokat (107) vesszük figyelembe, akkor ez az arány az egyéni gazdaságok esetében 88%, a társas vállalkozások esetében pedig 12%. A mezőgazdasági ágazat forma szerinti megoszlását vizsgálva az látható, hogy szinte minden vállalkozás (99%) egyéni formában történik (HARANGI-RÁKOS MÓNICA, POPP JÓZSEF, SZABÓ GÁBOR, 2013).

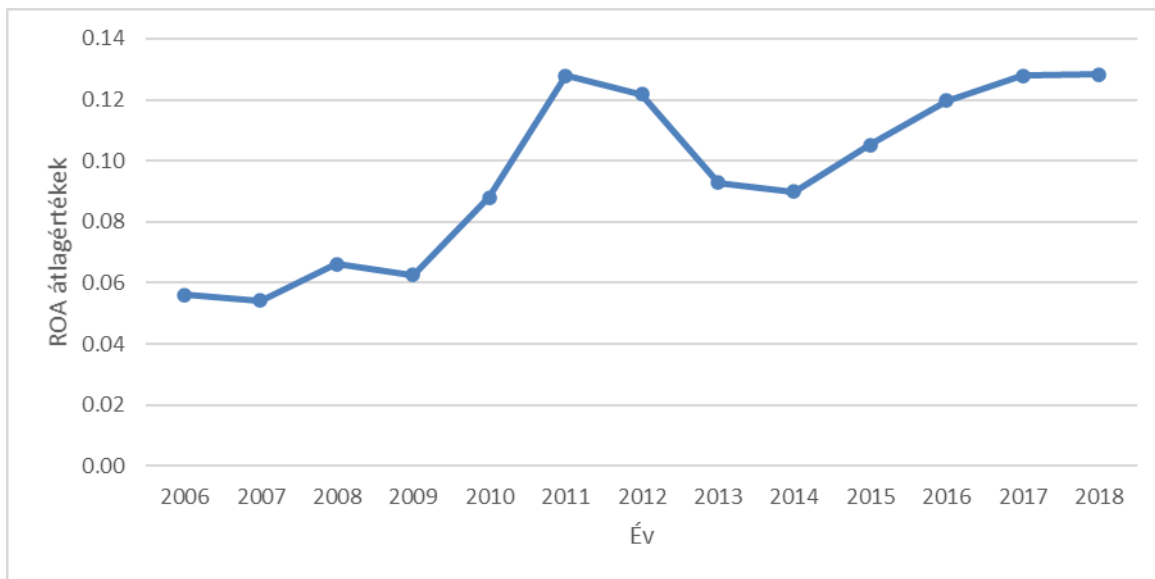
Eredmények és értékelésük

Ebben a fejezetben a kapott profit perzisztencia értékek alapján elemeztem az eszközarányos nyereség mutatók alakulását a vizsgált vállalatok esetében. Az autoregresszív modell alapján a kapott eredményeket forma szerint (egyéni és társas) és méret szerint (kis, közepes nagy) is megvizsgáltam. Ezen kívül még elemeztem a rövid távú profit perzisztencia alakulását is, amit forma és méret szerint definiáltam, és kizárólag a -1 és 1 közötti értékeket vizsgáltam. A hosszú távú profit perzisztencia vizsgálatánál azt vizsgálom, hogy a vállalatok az egyensúlyi szinthez képest hol helyezkednek el, a kapott eredményeket pedig forma és méret szerint határoztam meg. Végül az eszközarányos nyereségen kívül (ROA) tanulmányoztam az üzemi eredmények (ROA2) alakulását is, a kapott értékeket pedig az előbb felsorolt mutatószámokkal vizsgáltam, majd a két mérőszám eredményeit egymással szembeállítva elemeztem. A vizsgálat során az AR(3) modellt találtam meghatározónak, mivel ez szemlélteti legjobban a vállalatok többségének alkalmazkodási pályáját.

Jövedelmezőségi mutatók leíró elemzése

Az eszközarányos nyereség alakulását tekintve (1. ábra) azt tapasztaljuk, hogy a vizsgált időszakban 129%-kal nőtt az átlagos ROA érték. Az átlagos ROA értékek alakulását tekintve az éves átlagos növekedési ütem ugyanazon időszakban 9,5%. Érdemes szót ejteni a 2011-es átlagértékről, amikor is 128%-os emelkedés volt jelen a kezdeti évben lévő átlagértékhez képest, ez az érték azonban csak minimálisan emelkedett (1%pont) az utolsó évben. A vizsgált időszakban erős fluktuáció tapasztalható, összességében azonban jelentős növekedés ment végbe a 2006-os átlagértékhez képest.

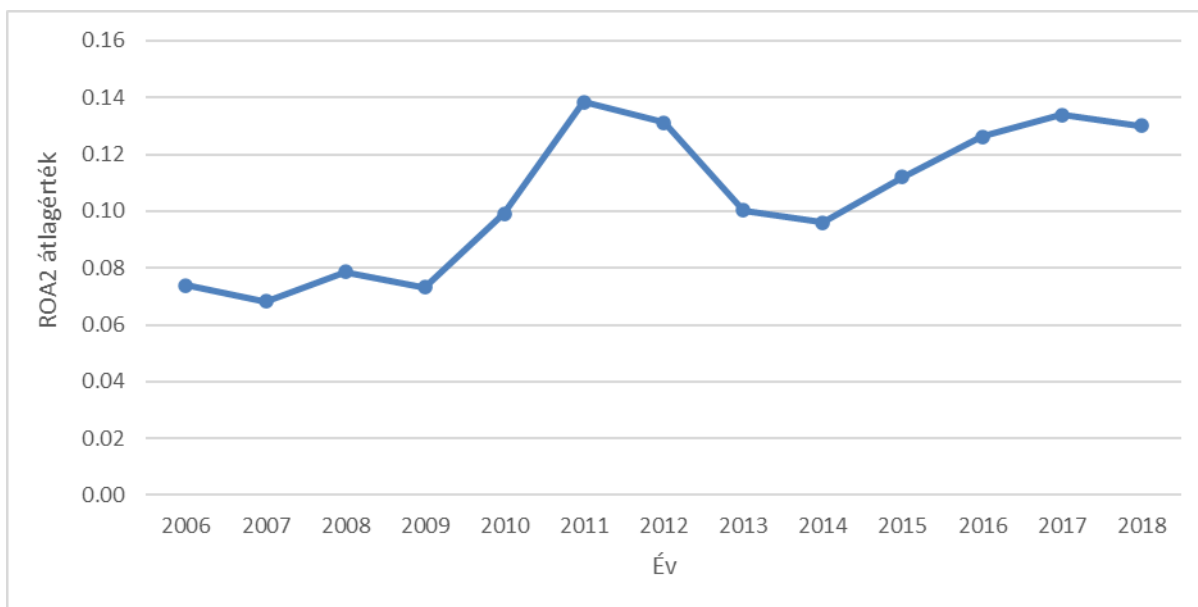
A legeltető állattartók ROA2 átlagértékeinek alakulását tekintve látható (2. ábra), hogy a vizsgált időszakban 76%-os növekedés ment végbe, azonban magasabb átlagos növekedési ütemet tapasztalunk (10,4%), mint a ROA átlagértékek esetében (9,5%). Kiemelkedően magas emelkedés volt 2011-ben, amikor is az átlagos ROA2 érték közel 89%-ot emelkedett a két évvel ezelőtti szinthez képest, ezt követően azonban csökkenő tendencia volt jelent egészen 2014-ig, amikor is 31%-os csökkenés ment végbe a három évvel ezelőtti értékhez képest.



1. ábra ROA átlagértékek alakulása

Forrás: FADN (2006-2018) alapján saját szerkesztés

Alapvetően a vizsgált időszak első felére növekedés volt jellemző, azonban a periódus második felében csökkenést láthatunk épp úgy, mint a ROA átlagértékek esetében. A két mutatószám nagyon hasonló dinamikát mutat, ennek – valószínűsíthető – oka, hogy az ágazatban érintett vállalatok jövedelmezőségét az alaptevékenységük határozza meg, a finanszírozási hatásoknak nincs számottevő hatásuk az eredményre.

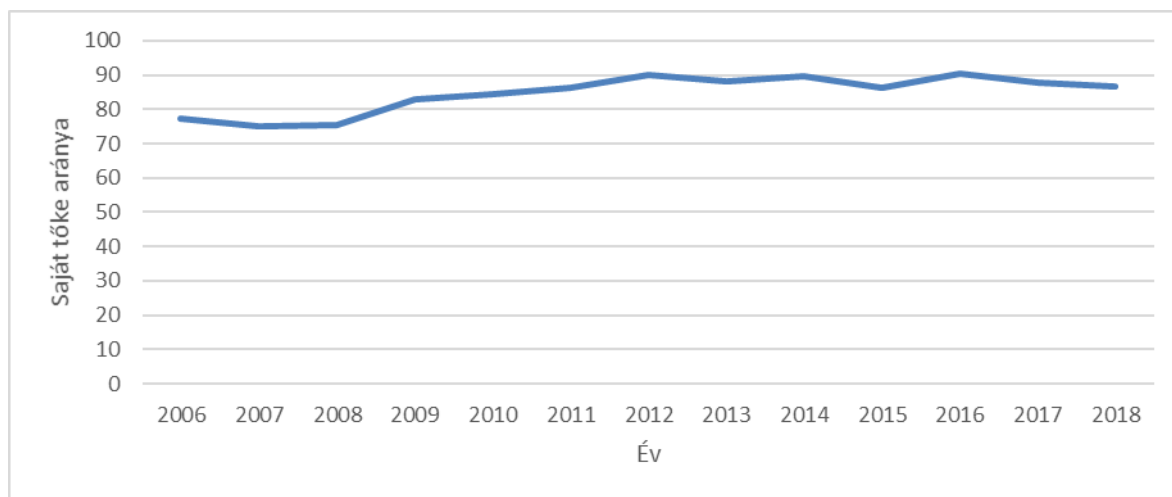


2. ábra ROA2 átlagértékek alakulása

Forrás: FADN (2006-2018) alapján saját szerkesztés

A vállalatok saját tőke arányának alakulása (3. ábra) is releváns a kutatás végeredményét tekintve, mivel a vállalatok mérlegfőösszegét saját tőkére és kötelezettségre lehet osztani

(minimális passzív időbeli elhatárolást is tartalmaz, de nem számottevő arányban). A vizsgált időszak során növekvő tendenciát tapasztalunk, vagyis az évek múlásával a vállalatok kötelezettség értéke csökken. A hosszú távú kötelezettségek után kamatot fizetnek a vállalatok, azonban a saját tőke arányának növekedése miatt csökkent a kamatfizetés aránya, ezért tapasztalunk hasonló ROA és ROA2 értékeket.



3.ábra Saját tőke arányának alakulása (2006-2018)

Forrás: AKI Tesztüzemi Információs Rendszer (2006-2018) alapján saját szerkesztés

Autoregresszív modell becslések (ROA)

1. táblázat Autoregresszív modellek vállalkozási forma szerinti megoszlása

	AR(1)	%	AR(2)	%	AR(3)	%	összes
összes	16	15,0	30	28,0	61	57,0	107
egyéni	12	12,6	25	26,3	58	61,1	95
társas	4	33,3	5	41,7	3	25,0	12

Forrás: FADN (2006-2018) alapján saját szerkesztés

A vállalatok méret szerinti megoszlása alapján szintén az AR(3) modell a legjobban magyarázó változó. A vizsgált vállalatok árbevétel szerinti alakulását tekintve 67%-a közepes, 32%-a kis és mindösszesen 1%-a nagyméretű.

A vállalatok számára az az ideális állapot, ha minél messzebb helyezkednek el az egyensúlyi szinttől, ezen belül még preferáltabb helyzet, amikor a vállalatok piaci szint felett helyezkednek el, hiszen ekkor a piaci hozamnál jobban teljesítenek.

A pozicionálás rövid és hosszú távon is releváns, így jelen kutatás során mindkét verzió elemzése szükséges ahhoz, hogy pontos eredményt kapjunk.

A 2. táblázat második oszlopának értékei mutatják a rövid távú profit perzisztencia gyakorisági eloszlását. Figyelemre méltó, hogy az elemzett időszak alatt az egyéni vállalkozások esetében a pozitív értékek a meghatározóak, a negatív értékek pedig főleg a társas vállalkozásokhoz

kapcsolódnak. A társas vállalkozások esetében fontos megemlíteni, hogy teljes létszámot tekintve mindösszesen 20%-uk pozitív értékű. A negatív átlagértékek azt jelzik, hogy a nyereség az idő múlásával erősen fluktuál.

Az elemzés során azért a -1 és 1 közötti értékeket vesszük figyelembe, mivel csak ezeknél az értékeknél biztosított az egyensúlyi állapothoz való konvergálás. A teljes intervallum 0,01 átlagértéke azt jelzi, hogy rövidtávon a legeltető állattartó vállalatok profit perzisztencia szintje nagyon alacsony.

2. táblázat A rövid távú profit perzisztencia alakulása vállalkozási forma szerint

intervallum	összes				egyéni				társas			
	átlag	szórás	vállalatok száma	%	átlag	szórás	vállalatok száma	%	átlag	szórás	vállalatok száma	%
-1 és -0,5 között	-0,71	0,15	21	23,86	-0,72	0,16	18	23,08	-0,68	0,10	3	30,00
-0,5 és 0 között	-0,24	0,11	19	21,59	-0,25	0,12	14	17,95	-0,21	0,07	5	50,00
0 és 0,5 között	0,24	0,12	30	34,09	0,24	0,12	29	37,18	0,14	0,00	1	10,00
0,5 és 1 között	0,71	0,11	18	20,45	0,70	0,11	17	21,79	0,79	0,00	1	10,00
-1 és 1 között	0,01	1,43	88	100,00	0,03	0,53	78	100,00	0,14	1,67	10	100,00

Forrás: FADN (2006-2018) alapján saját szerkesztés

A rövid távú profit perzisztencia méret szerinti vizsgálatánál azt tapasztaltam, hogy a kis- és nagyméretű legeltető állattartók esetében az átlagértékek negatívak, azonban az összes vállalatot tekintve javít az arányon a közepes méretű vállalatok pozitív átlagértéke.

A 3. táblázat részletesebb információkat tartalmaz a hosszú távú profit perzisztencia mértékéről. A teljes minta esetében a nullától szignifikánsan eltérő hosszú távú előre jelzett profit arány 22,43%, vagyis e cégek nyeresége hosszú távon nem konvergál a normához. A szignifikánsan negatív értékeket mutató vállalatok aránya 16,82%, azonban ez az érték jóval magasabb, mint a jelentős pozitív értéket mutató vállalkozásoké (5,61%). Azt is fontos megemlíteni, hogy a negatív hosszú távú profit perzisztencia érték nem feltétlenül jelenti azt, hogy a cég pénzügyi veszteségeket szenved el, hanem csak azt, hogy a cég az egyensúlyi szint alatt nyereséget termel, amely valójában nagyobb lehet, mint nulla. Megvizsgálva az érintett vállalatok ROA átlagértékét (0,0902) megállapítható, hogy a negatív hosszú távú profit perzisztencia érték ellenére a vállalatok nyereséget termel.

A nullától szignifikánsan eltérő vállalkozások 95,83%-a egyéni vállalkozás, a maradék (4,17%) társas vállalkozás. Ezekre a cégekre jellemző, hogy elsősorban nyereségorientáltak.

3. táblázat Hosszú távú profit perzisztencia alakulása forma szerint

	összes	egyéni	társas
hosszú távú pp szignifikánsan eltér 0-tól	22,43%	95,83%	4,17%
hosszú távú pp szignifikánsan > 0	5,61%	100,00%	0,00%
hosszú távú pp szignifikánsan < 0	16,82%	94,44%	5,56%

A méret szerinti vizsgálatról elmondható, hogy a vizsgált vállalatok 22,43%-a tér el jelentősen az egyensúlyi szinttől. A nagyméretű vállalatok esetében egyetlen vállalat sem nagyobb, mint 0, azonban ez az érték jelentősebb arányban van jelen a kis (25%) és a közepes (45,83%) méretű

cégek esetében. Fontos még megjegyezni, hogy a közepes méretű cégek es 58,33%-a szignifikánsan eltér a 0-tól, tehát ezek a cégek hosszú távon nem közelednek az egyensúlyi szinthez.

A legeltető állattartások üzemi eredményeinek forma szerinti megoszlása alapján szintén az AR(3) modell szemlélteti legjobban a vállalatok többségének alkalmazkodási pályáját, mivel a vállalatok 46%-nál az AR(3) modell esetében volt legkisebb az Akaike kritérium értéke.

Következtetések és javaslatok

A legeltető állattartó ágazat a vizsgált időszakban (2006-2018) jelentős változásokon ment keresztül, jövedelmezőség szempontjából mindenképpen egy növekvő trendet láthatunk körvonalazódni. A vizsgált időszak végére az eszköz arányos nyereség, mint adózott eredmény, mint üzemi eredmény alapján jelentősen megemelkedett, azonban a ROA2 (üzemi eredmény szintű jövedelmezőség) esetében magasabb átlagos növekedési ütemet tapasztalunk. A vizsgált időszak felénél (2009-2013) erős fluktuáció volt jelen, összességében pedig elmondható, hogy az első félévben látott növekedési tendencia a periódus második félévben alább hagyott. Az időszak végére jelentősen csökkent az ágazat kötelezettség állománya, amit a vállalatok saját tőké arányának emelkedése jelez. A profit perzisztencia együtthatók (λ) azonos trendben alakultak, mint a Markov-lánc elemzés során kapott eredmények. Az átmenet-valószínűségi mátrixok alapján arra a következtetésre jutunk, hogy a legeltető állattartó ágazatban várhatóan alacsony a profit perzisztencia értéke, az átlagos piaci szint alatt teljesítő vállalatok pedig nehezebben mozdulnak el az aktuális pozíciójukból. A Markov-lánc elemzés ROA2 együtthatók esetében magasabb átmenet-valószínűségi értékeket kaptunk, ami alapján összefüggést lehet felfedezni abban, hogy a becsült profit perzisztencia értékek is magasabbak, mint a ROA esetében.

Az autoregresszív modellek (AR(1), AR(2), AR(3)) becslését ROA (adózott eredmény/mérlegfőösszeg) és ROA2 (üzemi eredmény/mérlegfőösszeg) pénzügyi eredményességet mérő mutatókkal végeztem el. A kapott profit perzisztencia együtthatókat forma (egyéni vagy társas) és méret (kis, közepes nagy) szerint strukturáltam. A ROA és ROA2 becslések során az látható, hogy a legeltető állattartó vállalatok jelentős része egyéni gazdaságként működik, és mindkét módszer esetében az AR(3) modell írja le a profitrátákat.

A rövid és hosszú távú profit perzisztencia vizsgálatnak köszönhetően meghatároztam a vállalatok egyensúlyi szinttől való elhelyezkedését, melyet szintén forma és méret szerint definiáltam -1 és 1 közötti intervallumban. A ROA együtthatók során alacsonyabb átlag értéket (0,01) kaptam, mint a ROA2 esetében (0,11), amely azt jelzi, hogy az adózott eredmények alapján (ROA) a legeltető állattartó vállalatok profitja gyorsabban visszatér az egyensúlyi szinthez. Mindkét módszer esetében azt tapasztaljuk, az egyensúlyi szint felett (0 és 1 között) elhelyezkedő vállalatok aránya magasabb, vagyis ezek a cégek a piaci hozamnál jobban teljesítenek.

A hosszú távú profit perzisztencia alakulását tekintve látható, hogy az üzemi eredmények (ROA(2)) méret szerinti vizsgálata során a nullánál szignifikánsan alacsonyabb vállalatok száma magasabb, mint az adózott eredmények esetében. A forma szerinti megoszlást tekintve nem tapasztalunk számottevő változást a két együttható között.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú, „Termeljünk együtt a természettel! – Az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BAREITH, T. & CSONKA, A. (2019). Profitperzisztencia vizsgálata a magyar sertésszektorban. *Közgazdasági Szemle*, 66(7–8), 847–862. [HTTPS://DOI.ORG/10.18414/KSZ.2019.7-8.847](https://doi.org/10.18414/KSZ.2019.7-8.847)
- GSCHWANDTNER, A. (2005). Profit persistence in the 'very long' run: evidence from survivors and exiters. *Applied Economics* 37(7), 793–806. <https://doi.org/10.1080/0003684042000337406>
- GSCHWANDTNER, A. (2012). Evolution of profit persistence in the USA: Evidence from three periods.