



SOPRONI
EGYETEM |

ERDŐMÉRNÖKI
KAR



Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa 2026, II. Kötet

Szerkesztette: Czimmer Kornél



Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa 2026

II. Kötet

Szerkesztette:
Czímber Kornél



SOPRONI EGYETEM KIADÓ

SOPRON, 2026

Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa
2026

II. Kötet

Felelős kiadó: **Prof. Dr. Fábián Attila**

a Soproni Egyetem rektora

A kiadványt szerkesztette:

Prof. Dr. Czimmer Kornél

A kiadványban megjelent cikkeket lektorálták:

Dr. Balázs Pál, Dr. Benke Attila, Dr. Brolly Gábor, Prof. Dr. Csóka György,
Dr. Folcz Ádám, Dr. Frank Norbert, Prof. Dr. Heil Bálint, Dr. Kalicz Péter,
Dr. Keserű Zsolt, Dr. Kovács Gábor, Prof. Dr. Lakatos Ferenc, Dr. László Richárd,
Dr. Molnár Tamás, Dr. Polgár András, Dr. Schiberna Endre, Dr. Somogyi Zoltán,
Dr. Sándor Gyula, Dr. Tari Tamás, Dr. Vityi Andrea

A kiadvány a 2026-os Erdészeti Tudományos Konferencia előadásaihoz kapcsolódó tudományos publikációkat tartalmazza.

Címlapon: Gosztolai tölgyes, fotót készítette: Czimmer Kornél

Soproni Egyetem Kiadó

Sopron, 2026.

ISBN 978-963-334-577-1 (pdf)

<https://doi.org/10.35511/978-963-334-577-1>

Creative Commons license: CC BY-NC-SA 4.0 DEED



Az online verzió elérhetősége:

https://emk.uni-sopron.hu/images/dekani_hivatal/Kiadvanyok/ETK_2026-2.pdf

Ajánlott hivatkozás:

Czimmer K. (szerk.) (2026): Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa
2026, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron.

Tartalom

KÁRPÁTI BÉLA IMRE: Öntözéstechnikák típusainak vizsgálata a magyar erdészeti csemetekertekben	296
KATONA MÁTÉ, BALÁZS PÁL, VÉGH PÉTER, BIDLÓ ANDRÁS, HORVÁTH ADRIENN: Erdőtalajok víztartóképességének közvetett meghatározása és alkalmazhatóságának vizsgálata	303
KERTÉSZ PÉTER, KIRÁLY GÉZA: Erdőterületek elemzése enMAP hiperspektrális műhold adatai alapján	312
KAPOCSI GERGELY, HORVÁTH SÁNDOR, LÁSZLÓ RICHÁRD: A vadászat, mint rekreációs tevékenység értékének meghatározása egy vadászatra jogosult adatainak példáján keresztül.....	323
KIRÁLY ÉVA, BOROVICS ATTILA: Városi erdők szerepe a települési CO ₂ kibocsátások ellentételezésében: szénmérleg-alapú értékelés és tudománykommunikáció Sárvár város példáján.....	330
KOLLÁR TAMÁS: Átmérő és magasság becslések a kor függvényében az ERTI tartamkísérleti hálózatának felvételi adatai alapján.....	337
KOVÁCS HANNA, TARI TAMÁS, DÖBRÖSY SZABOLCS, LAKATOS ISTVÁN, SÜKÖSD FARKAS, SZEMETHY LÁSZLÓ, SZÓKE ZSUZSANNA: Dámszarvas bikák egyes morfológiai jellemzőinek vizsgálata mikotoxinokkal érintett állományban	350
KOVÁCS ZOLTÁN: EU társfinanszírozott erdőtelepítési támogatások tapasztalatai Magyarországon	358
KÖKÉNY GERGELY, SZEKRÉNYES TAMÁS, KALICZ PÉTER: Bükk egyedek törzsátmérő változásának mérése, a fenológiával és a meteorológiai adatokkal összefüggésben .	365
KUI BIBORKA: A gyermekvédelmi gondoskodásban élő gyermekek szabadidős tevékenységeinek elemzése a természethez való kapcsolódás tükrében	372
FRANTAL BALÁZS, LÁSZLÓ RICHÁRD: Nagyvad okozta közúti balesetek vizsgálata Veszprém vármegyében	383
MAJOR TAMÁS, HORVÁTH BÉLA: Távirányítású henyótalpas kistraktorok az erdészeti munkákban	388
MEGYER-MURAKÖZY LILI, KALICZ PÉTER, KISS MÁRTON, FOLCZ ÁDÁM, GRIBOVSZKI ZOLTÁN: Az éghajlatváltozás erdészeti szempontú értékelése Sopron térségében	395
MÉSZÁROS DIÁNA, CZIMBER KORNÉL, SZÁSZ BOTOND, ILLÉS GÁBOR, HEIL BÁLINT: Távérzékeléssel támogatott talajtérképezés megalapozása a Dudlesz-erdő területén	403
NAGY ESZTER, MAYER ERIK, NÉMETH BÓDOG PÉTER, VACHAJA HANNA, SEBŐK EVELIN, CSIVINCSIK ÁGNES, NAGY GÁBOR: Zoonoses at the Doorstep: What Do Urban Predators Carry?	411
NAGY VIVIEN, BODORKÓS DÁNIEL: Fenntartható erdőgazdálkodás és vállalati gyakorlatok összehasonlítása a globális bútoringatlanban.....	417
NAGY VIVIEN, ANTAL MÁRIA RÉKA: Történeti bútoringatlan dokumentumok környezettudatos szemszögből: a Telki vadászház példáján keresztül.....	427
NÁHLIK ANDRÁS, ELEKNÉ FODOR VERONIKA, BAZSÓNÉ BERTALAN LAURA, POLGÁR ANDRÁS: Fenntarthatósági tudás- és attitűdfelmérés a Soproni Egyetem hallgatói körében	436

NÉMETH DÓRA, POLGÁR ANDRÁS, TÓTH MÁRTON, ELEKNÉ FODOR VERONIKA: Az új uniós erdőirtásmentes termékekre vonatkozó szabályozás áttekintő vizsgálata	444
ISMAIL NIME, MAHDI ECHAJARI, ANDRAS POLGAR: Life cycle assessment implementation in European buildings: A quantitative review	451
ISMAIL NIME, MAHDI ECHAJARI, ANDRAS POLGAR: A Quantitative Review of European Building Sustainability Certifications: LEED, BREEAM, DGNB, EPC, and nZEB Adoption	457
POLGÁR ANDRÁS, LAKATOS FERENC, SZÉKÁCS GYULA, CSABAI HAJNALKA, RÉTFALVI TAMÁS, ELEKNÉ FODOR VERONIKA: ESG-követelmények erdészeti vonatkozásai és a környezeti információ hitelesítési kérdései	463
POLGÁR ANDRÁS, ELEKNÉ FODOR VERONIKA, KOVÁCS ZOLTÁN: Drótkerítés környezeti hatásainak vizsgálata életciklus-elemzéssel	475
RÁCZ KÁROLY, KÁLMÁN MIKLÓS, KOVÁCS VIKTÓRIA: Kilátópontok vonzásában – népszerű kirándulóhelyeink látogatottsági trendjei – a parkerdei látogatottsági adatok alapján kirajzolódó tendenciák	484
SOMOGYI ZOLTÁN: Korán, gyakran, intenzíven: faállományaink túlélésének segítése a szárazodó klímában	490
SZALAI ÁRON, KIRÁLY GÉZA, BROLLY GÁBOR: Terepi referencia mérések fafajosztályozáshoz hiperspektrális felvételek alapján.....	498
SZÁSZ BOTOND, CZIMBER KORNÉL: Digitális domborzatmodell-elemzés a SoilSense projekt rédei mintaterületén	505
FOLCZ ÁDÁM, KÖVESKUTI ZOLTÁN, PREISINGER MÁRK, KOVÁCS JÁNOS, RÓZSAI GÁBOR, VÖRÖS ATTILA, MARTOS ÁKOS, MESICS BERTALAN, ZSÍRAI PÉTER, PESZLEN ROLAND, ÁBRAHÁM ISTVÁN: Erdőfelújítási kísérletek a TAEG Tanulmányi Erdőgazdaság Zrt.-nél	513
TARI TAMÁS, ZÁM IZABELLA, SAMWELY AXWESO, MASSANG'W, CSIVINCSIK ÁGNES, NAGY GÁBOR, NAGY ESZTER: Lakott-területen megjelenő vadfajok mikrohabitat-használatának jellemzői kameracsapda-monitoring alapján	521
TÓTH MÁRTON, ELEKNÉ FODOR VERONIKA, NÉMETH DÓRA, POLGÁR ANDRÁS: A faalapú értéklánc Scope 3 adatigényének felmérése	529
UJHEGYI KRISTÓF, KÁDÁR TAMÁS, BARTHA DÉNES, KINCSES MIKLÓS, BORDÁCS SÁNDOR: A kocsánytalan tölgy taxonok jövőbeni kilátásai a xerikus határon fekvő természetközeli erdőállományok kialakításában	535
VÁGÓ SÁRA, KIS BALÁZS, TARI TAMÁS: Gímszarvasbikák korspecifikus agancsjellemzőinek vizsgálata és azok korbecslési vonatkozásai a Vérteserdő Zrt. területén	544
VÁGVÖLGYI ANDREA, VARGA JENŐ, SZALAI ZITA, VITYI ANDREA: Agroerdészeti klímaadaptáció vizsgálata bogyósgyümölcs-termesztésben.....	552
VAJDA JÓZSEF, LÁSZLÓ RICHÁRD: A magyarországi női vadászok demográfiai jellemzőinek áttekintése 2013 és 2023 között.....	560
VARGA RITA, HORVÁTH TAMÁS: Az erdőpedagógia lehetőségei a szakmai kommunikációterén – az erdőpedagógiai képzések gyakorlata	566
VISINÉ RAJCSI ESZTER, HORNYÁK KRISTÓF, VALASKA ÁKOS, DOMINKÓ EMESE, HOFMANN TAMÁS: Agrárerdészeti rendszerben termelt szederfajták beltartalmi értékeinek összehasonlítása.....	573

VISINÉ RAJCSI ESZTER, HOFMANN TAMÁS: Szeder és málna antioxidáns tulajdonságainak összehasonlítása agrárerdészeti rendszerben	581
ZAGYVAI GERGELY, SZÉLESSY TÜNDE, KULCSÁR OLIVÉR, MURÁNYI LEVENTE, SZAKÁLOS NÉ MÁTYÁS KATALIN: Marteloszkóp mintaterületek fejlesztése és használata a Soproni-hegységben	586
ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA, OKRES BENCE, KALICZ PÉTER, HERCEG ANDRÁS, GRIBOVSZKI ZOLTÁN: Egy feketefenyves lombkorona- és avarintercepciójának szezonális változása (esettanulmány a Soproni Egyetem Botanikus Kertjéből)	594
IZABELLA ZÁM, ESZTER NAGY, ÁGNES CSIVINCSIK, GÁBOR NAGY, TAMÁS TARI: „One Health” from Multiple Perspectives: Camera Trap-based Observation of Vector Species and Zoonotic Risks in an Urban Environment	600

ÖNTÖZÉSTECHNIKÁK TÍPUSAINAK VIZSGÁLATA A MAGYAR ERDÉSZETI CSEMETEKERTekben

The examination of irrigation techniques in the Hungarian forestry nurseries

KÁRPÁTI BÉLA IMRE¹

¹Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet, Ökonómiai Osztály
karpati.bela.imre@uni-sopron.hu

Kivonat

A klímaváltozás miatt az öntözési stratégiák egyre fontosabbá váltak az erdészeti csemetekerterek működőképességének és termelékenységének fenntartása szempontjából. A vizsgálat célja egy kérdőíves megkeresésre és országos adatsorra támaszkodva annak felmérése volt, hogy a hazai erdészeti csemetekerterek öntözéstechnikai lehetőségei mennyire felelnek meg a kor elvárásainak, illetve milyen adminisztratív problémakörökkel küzdenek. A kutatásban résztvevő magyarországi csemetekerterek 33%-a vet részt. A készített felmérés alapján megállapítható, hogy a válaszadó csemetekerterek 42,1 %-ban nincsen telepített öntözési technológia, továbbá, hogy az ágazat öntözés technikailag mindenképpen fejlesztésre szorul, illetve a statisztikai próbák alapján a csemetekerterek egyik jellemzője esetében sem lehet kizárni a függetlenséget egy öntözéstechnológiai pályázási hajlandósággal.

Abstract

Due to climate change, irrigation strategies have become increasingly important in maintaining the functionality and productivity of forest nurseries. The aim of the study was to assess, based on a questionnaire survey and national data series, the extent to which the irrigation capabilities of domestic forest nurseries meet current expectations and what administrative problems they face. Thirty-three percent of Hungarian nurseries participated in the research. Based on the survey, it can be concluded that 42.1% of the nurseries surveyed do not have irrigation technology installed, and that the sector is in need of technical improvement in terms of irrigation. Furthermore, based on statistical tests, independence cannot be ruled out in any of the characteristics of nurseries in terms of their willingness to apply for irrigation technology development funds.

Bevezetés

A klímaváltozás miatt az öntözési stratégiák egyre fontosabbá váltak az erdészeti csemetekerterek működőképességének és termelékenységének fenntartása szempontjából, különösen azokban a régiókban, ahol jelentősen megváltozott a csapadékmennyiség vagy annak eloszlása a vegetációs időben (VAULIN, 2022). A magyar erdészeti csemetekerterekben az öntözési fejlesztések döntő fontosságúak a csemeték optimális minőségének és növekedésének biztosítása szempontjából, közvetlenül befolyásolva az megeredések sikerességi arányát akár a magoncok esetében, akár a csemetekerterekből kikerülő szaporítóanyagok erdei körülmények közötti megeredését tekintve. Ez a kutatás a magyarországi erdészeti csemetekerterekben alkalmazott különböző öntözési megoldásokat vizsgálja, értékelve azok hatékonyságát az optimális csemete termesztés és a fenntartható erdőgazdálkodási gyakorlatok előmozdításában.

A fejlett öntözési technológiák, például a mikro szórófejes eszközöket és mobil érzékelő rendszereket magukban foglaló technológiák alkalmazása, jelentős lehetőségeket kínál az erdészeti csemeték minőségének biztosítása és a csemete kerti műveletek racionalizálása terén (DURLO et al. 2024). Az erdészeti csemetekerterekben az öntözést nemcsak a növények vízellátására használják, hanem a magok csírázásának elősegítésére, a vetés

hatékonyságának növelésére és a gyökérzet erőteljes fejlődésének előmozdítására is (SOUTH - NADEL, 2021). Ezenkívül a precíziós öntözés, amelyet gyakran kifinomult monitoring rendszerek és gépi tanulási algoritmusok segítik, jelentősen csökkentheti a vízfogyasztást, miközben optimalizálja a hozamot (JOBÁGY et al. 2021). A modern öntözési gyakorlatok, különösen azok, amelyek mesterséges intelligenciát és érzékelő vezérelt automatizálást alkalmaznak, egyre fontosabbak a vízhasználat hatékonyságának optimalizálása és a csemeték ellenálló képességének javítása szempontjából a klímaváltozás kontextusában (OĞUZTÜRK et al. 2025). Az erdészeti csemetekertekben az öntözés kritikus fontosságú a fiatal magoncok egészséges fejlődésének biztosításához, amelyek a fenntartható erdőgazdálkodás alapját képezik (GÁITAN et al. 2025). A hagyományos öntözési módszerek azonban gyakran víz pazarlással és a vízmennyiségek nem hatékony elosztásához vezetnek, ezért pontosabb, adatalapú megközelítések alkalmazására van szükség ezen a területen is (FLOREA et al. 2023).

A csemetekerti termelés azonban intenzív öntözés nélkül nem lehetséges napjainkban, különösen figyelembe véve a klímaváltozás okozta egyre gyakoribb hőhullámokat és aszályokat (MCCAULEY et al., 2024). Az éghajlatváltozás fényében a késői fagyok jelentős gazdasági károkat okozhatnak az erdészeti csemetekertekben, ezért a fagyvédelem céljából végzett precíz öntözés felbecsülhetetlen értékű eszköz (SOUTH - NADEL, 2021). Manapság az informatikai technológiák is felhasználhatók a modern erdészeti csemetekertekben, különösen a konténeres burkolt gyökerű termesztésben, ahol a pontos környezeti szabályozás elengedhetetlen a növekedés optimalizálásához (DURLO et al., 2024).

Anyag és módszer

A tanulmány kutatási technikája egy online, névtelen Google-formátumú 2025 évi kérdőívben alapult, amelyet az Erdészeti és Energetikai Szaporítóanyag Terméktanács EESZT e-mail rendszerén keresztül került kiküldésre a magyarországi csemetekerti vezetők között, és amely átfogó adatokat gyűjtött a jelenlegi öntözési gyakorlatokról, a technológiai alkalmazásokról és az észlelt kihívásokról. A kutatás anonim jellege rendkívül fontos, mivel ez ösztönzi a őszintébb és pontosabb válaszok adására a résztvevőket, amely elengedhetetlen különösen olyan érzékeny témák megvitatásakor, mint a technológiai hiányosságok vagy az öntözési rendszerekbe történő pénzügyi beruházások kérdéskörei.

2025-ben az EESZT 440 taggal rendelkezett. Ebből 145 tag válaszolt a kérdőívre, ami a magyar ágazat jelentős részét képviseli (33%). A kérdőív 10 kérdést tartalmazott. Ezek a kérdések különböző szempontokat vizsgáltak, többek között az öntözési infrastruktúrát, a vízforrásokat, az infrastruktúra korát, valamint a finanszírozási lehetőségekből származó öntözési rendszer fejlesztéséhez kapcsolódó gazdasági kérdésekkel kapcsolatos vélemények. Ez az átfogó megközelítés lehetővé tette a jelenlegi gyakorlatok gyors elemzését és a magyarországi erdészeti csemetekerti infrastruktúrában javítandó legfontosabb területek azonosítását.

Az online kérdőíveket széles körben használják a termelési szektorok elemzésére. Ez a módszer segít a jelenlegi gyakorlatok megismerésében és a fejlesztésre szoruló területek azonosításában, különösen akkor, ha részletes statisztikai elemzéssel párosul a minták és összefüggések felismerése érdekében (TSIROGIANNIS, 2023). Az online kérdőívek hagyományos személyes felmérésekhez képest költséghatékony és hatékony adatgyűjtési eszközt jelentenek, különösen akkor, ha földrajzilag szétszórta célpontokat céloznak meg (GRAVELINE - GRÉMONT, 2021). Figyelembe véve, hogy az erdészeti csemete termelők földrajzilag az egész országot lefedik, ez az elérési út bizonyult a legkézenfekvőbbnek.

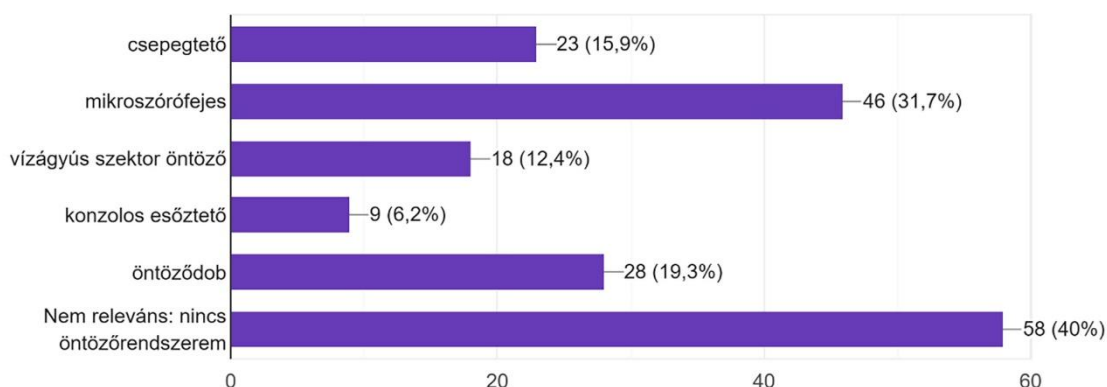
A kérdőívre adott válaszok a NÉBIH erdészeti csemetetermelőkre vonatkozó országos adatbázisával kerültek összevetésre és statisztikai kiértékelésre. Ennek során a következő

módszerek kerültek alkalmazásra: Az egyes régiók közötti különbség az öntözéssel való el látottságban Fisher-féle egzakt próbával (továbbiakban F próba) került ellenőrzésre, mivel egyes csoportokban 5-nél kevesebb adat szerepelt, ami kizárja a χ^2 -próba alkalmazását (BOWER, 2003). F próbával meg lett vizsgálva a régiók és az öntözőberendezés típusa, a régiók és az öntözőrendszer kora, valamint a rendszer típusa és kora közötti függetlenség is. Ezekben az esetekben a keresztátlák nagy mezőszáma miatt a p érték Monte Carlo szimulációval került kiszámításra 500 ezres ismétléssel. Az, hogy a válaszadó kertek öntözési paraméterei függetlenek -e egy esetleges öntözésfejlesztési pályázaton való részvételi szándéktól hasonló módon került kiértékelésre. A vizsgálatokhoz az R studio szoftvert és a stats package fisher.test függvényét használtam.

Eredmények

Mivel a klímaváltozás miatt a szárazságok gyakorisága és súlyossága nőtt, a magyar erdészeti csemetekerti szektor számára elengedhetetlen lenne fejlett, víztakarékos öntözési technológiák bevezetése az előállított csemeték minősége, ellenálló képessége és így a csemetekertek termelékenységére érdekében. Az elmúlt években több alkalommal lehetett pályázni infrastrukturális fejlesztéseket célzó projektekre, amelyek célja alapvetően a mezőgazdasági és erdészeti gyakorlatok modernizálása volt, beleértve az öntözőrendszerekbe történő jelentős beruházásokat is. Az erdészeti csemetekertek azonban nem vehettek részt ezekben a finanszírozási programokban ugyanolyan mértékben, mint más mezőgazdasági ágazatok, gyakran a eltérő jogosultsági kritériumok vagy a szélesebb mezőgazdasági politikák keretében biztosított alacsonyabb prioritás miatt. Ez az egyenlőtlenség rávilágít arra, hogy olyan testreszabott finanszírozási mechanizmusokra van szükség, amelyek kifejezetten az erdészeti csemetekerti ágazatnak a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás és infrastruktúrájának modernizálása terén felmerülő egyedi követelményeire és kihívásaira reagálnak.

Európában az öntözőrendszerek alapvető infrastrukturális elemei az erdészeti csemetekertek, faiskolák termelésének. A modern faiskolák egyike sem tudna megfelelő öntözőrendszer nélkül működni, mivel a hatékony vízgazdálkodás elengedhetetlen a termeléshez. A kutatás kérdőívének első kérdése egy lényegi problémakört határozott meg. A készített felmérés egyik alapvető eredménye az a sajnálatos tény, hogy a válaszadó csemetekertek 42,1 %-ban nincsen telepített öntözési technológia. Ez az adat azt mutatja, hogy a hazai termelők alapvető versenyhátrányban vannak, hiszen korszerű termelési feltételek egyik elengedhetetlen eleme már az korszerű öntözés.

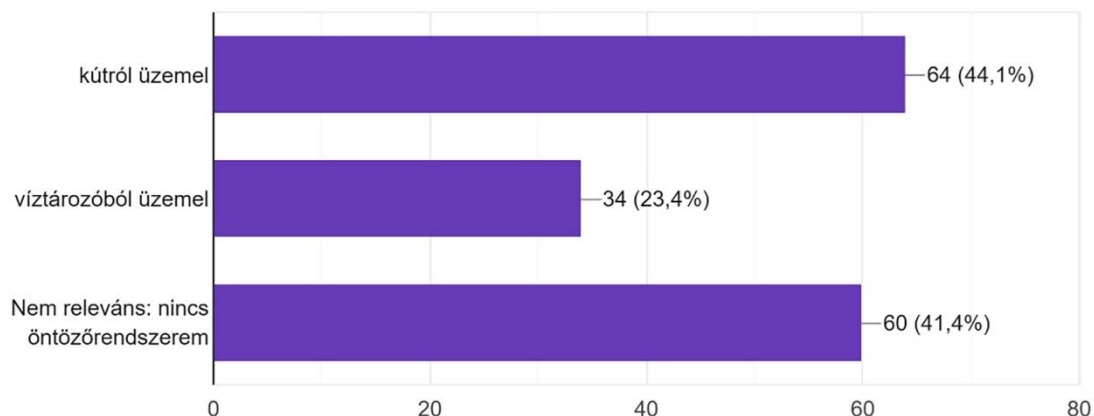


1. ábra: A kutatásban résztvevő csemetekertek öntözési technológiájának típusa

A kutatásban a meglévő öntöző rendszereket is igyekeztünk csoportosítani. Amint az látható (1. ábra) a mikro szórófejes technológia a legelterjedtebb (31%) a válaszadó csemetekertek körében. Ezután következik a csepegtető technológia. A csemetekertek esetében mindkettő technológia létjogosultsága érthető. Amíg a csepegtető megoldás a leg víztakarékosabb, addig a mikro szórófejes megoldások nemcsak öntözésre, de lombtrágyázásra, növényvédelmi célokra és fagyvédelemre is megfelelő. A szektor öntöző technológiák, általában a gyakorlatban nagyméretű kertekben alkalmazott megoldások, hiszen ezt lehet jól ötvözni az öntöződobos rendszerrel. Ugyanakkor ezek a technikák szinte csak vízutánpótlásra használhatók, hiszen durva cseppméretük miatt fejtrágyázásra és növényvédelemre nem alkalmasak.

A jövőben a mikro szórófejes megoldások még jelentősebb előtérbe kerülése várható a fent említett három kiemelkedő hatása miatt. A klímaváltozás miatt a késői fagyok károkozása egyre erőteljesebb. Összekapcsolva ezt a kérdéskört a maghiány okozta magtétélek árának erőteljes növekedésével egy késői fagy nagymértékű hirtelen okozott gazdasági kárt tud eredményezni. Sok esetben teljes csemetekészlet kiesést. Ugyan a konténeres technológia használata esetében a későbbi vetés, a fóliasátor fagyvédő hatása mind csökkenni a fagyérzékenységet, ez a megoldás a magyar piacon nem mérvadó. Magyarországon alapvetően a szabadföldi csemete előállítás a meghatározó jelenleg, így a késői fagyok hatása a termelésre még erőteljesebb. Ezekből eredően a szabadföldi csemete termesztési irányra alapozott ágazatban a fagyvédelemnek kiemelkedő jelentősége van.

Egy másik problémája a meglévő öntözési rendszereknek, hogy sok esetben hiányoznak a szükséges víztárolók. A csemetekerti öntözéshez használt vizet víztárolókban kellene tárolni, mivel a kútból közvetlenül felvett víz túl hideg az optimális csemete neveléshez, és hőmérsékleti sokkot okozhat az öntözés során. A kutatásban résztvevő csemetekertek közel 44%-ban nincsen megoldva az üzemi víztároló, így közvetlenül kútról történí az öntözés. Ennek egyik alapvető oka a vízforrások hatósági bejelentési kötelezettségének adminisztráció kérdésköre, illetve a beruházási költségek kérdése.



2. ábra: A csemetekerti öntözőrendszer csoportosítása víztározókapacitás tekintetében

A kutatásban vizsgáltuk a jelenlegi öntözőtechnika korát is, annak érdekében, hogy megvizsgálhassuk mennyire korszerű technológiákat alkalmaznak a csemetekertek. Figyelembe véve a piacon szereplő versenytársak technológiáit, ahol az AI és az IT is pár éven belül aktív részese a csemetekertek öntözési rendszereinek, tanulságos, hogy a válaszadó kertek közel 50%-a 10 évnél idősebb technológiával rendelkezik. Ebből is 19% 20 évnél idősebb technológia, ami könnyen kijelenthető, hogy nem felel meg a kor elvárásainak, ami egyértelmű piaci hátrányt jelent a hazai termelőknek a versenytársaikkal szemben.

Amit az a fentiekből látható az ágazatban az öntözéstechnikai megoldásait célszerű lenne fejleszteni. A kutatás során erre a területekre is rákérdeztünk. A fejlesztések elvégzéséhez a jelenlegi hektikus piaci körülmények között önerőből nincsen reális esélye a termelőknek, hiszen a termelési költségek emelkedése miatt a termelők egy jelentős része likviditási problémákkal küzd. A gazdasági válság, a fakitermelések visszaesése, a környező országok hirtelen piaci mozgásai mind az erdészeti csemete ágazat gazdasági kitettségét eredményezték az elmúlt években. Ebből eredően a hosszútávú megtérülést igénylő fejlesztések - mint az öntözés - mind pályázathoz kötötté váltak. A kutatásban résztvevő termelők 62,8%-a venne részt egy olyan fejlesztési programban, amely az öntözőrendszerek fejlesztését célozná. Jelzés értékű, hogy 14,5% elzárkózik a fejlesztéstől a piac bizonytalansága miatt és többen (9%) az öntöző rendszerek kiépítésével kapcsolatos bürokráciai akadályok miatt nem venne részt egy fejlesztési programban.

Az egyes régiókban a válaszadó csemetekertek megoszlását öntözési lehetőség szerint az 1. táblázat mutatja be, mellette szemléltetve, hogy mik lennének a χ^2 -próba várható értékei amennyiben nincs összefüggés a régió és az öntözés között.

1. Táblázat: Az egyes régiókból választ adó kertek megoszlása öntözési lehetőség szerint és a várható érték függetlenség esetén

Régió	Régió rövid.	Nincs öntözés	Van öntözés	Nincs öntözés várható érték	Van öntözés várható érték
Dél-Alföld	D-A	2	15	6,9	10,1
Dél-Dunántúl	D-DT	21	27	19,5	28,5
Észak-Alföld	E-A	12	11	9,4	13,6
Észak-Magyarország	EKHG	2	9	4,5	6,5
Közép-Dunántúl	KOZ-DT	5	6	4,5	6,5
Nyugat-Dunántúl	NY-DT	13	13	10,6	15,4
Pest	PEST	4	5	3,7	5,3

A Fisher-féle egzakt próba p értéke 0,079-re adódott, amely azt jelenti, hogy 5%-os konfidenciaszint mellett nincs okunk elvetni a feltételezést, hogy a különböző régiók csemetekertjei között nincs szignifikáns különbség az öntözési lehetőség megléte tekintetében.

A régiók és az öntözőrendszer kora közötti függetlenség vizsgálatára 0,231-es p érték adódott vagyis e két jellemző függetlensége nem zárható ki, de a régió és az öntözőrendszer típusa közötti összefüggés vizsgálatára $p=0,0026$ -as érték adódott ami kizárja a két változó függetlenségét, azaz régióként más típusú öntözőrendszerek a jellemzőbbek, a rendszer típusa és kora közötti összefüggés esetében $p=0,0259$ -es érték adódott 2 oldalú próba mellett, így nem zárható ki a két paraméter függetlensége, bár szemmel láthatóan különböző a meglévő öntözőberendezések kor szerinti megoszlása.

2. Táblázat: Az egyes régiókból választ adó kertek megoszlása öntözőrendszer típusa szerint (a két adat a próba szerint nem független, $p=0,0026$)

Régió	öntözőrendszer típusa					
	csep	dob	konzolos	mikroszoro	szezt_vizagyu	vegyes
D-A	0	1	1	5	1	7
D-DT	10	0	2	7	3	5
E-A	1	4	0	0	0	5
EKHG	2	1	0	2	1	3
KOZ-DT	0	0	0	3	0	3
NY-DT	0	1	1	6	2	3
PEST	0	3	0	1	1	0

Az, hogy a különböző jellemzőkkel bíró kertek esetében azonos -e a pályázaton való részvételi hajlandóság, a következőképpen alakult:

- Régió ~ fejlesztési pályázaton való részvételi hajlandóság: $p=0,135$
- Öntözési lehetőség ~ fejlesztési pályázaton való részvételi hajlandóság: $p=0,165$
- Jelenlegi rendszer típusa ~ fejlesztési pályázaton való részvételi hajlandóság: $p=0,067$
- Öntözőrendszer kora ~ fejlesztési pályázaton való részvételi hajlandóság: $p=0,239$

A próbák alapján a kertek egyik jellemzője esetében sem lehet kizárni a függetlenséget a pályázási hajlandósággal, azaz statisztikailag nem zárható ki, hogy nem lehet következtetni a csemetekertek vizsgált jellemzőiből arra, hogy szeretnének -e részt venni öntözés fejlesztését segítő pályázati lehetőségen. Más szóval nem elsősorban az ez a 4 jellemző befolyásolja a csemetetermesztők motiváltságát az öntözési beruházásra, tehát a döntés háttérében feltehetőleg más okok húzódnak, mint például a piaci helyzetük stabilitása.

Következtetések

Az erdészeti csemete kerti öntöző rendszereknek a klímaváltozás miatt egyre nagyobb a jelentősége. Míg korábban a víz utánpótlása volt szinte egyedüli feladatuk, napjainkban hatásuk a termelés több szakterületére is kiterjed. Jelentős hatásuk van az öntözőrendszereknek a növényvédelemben, a tápanyag utánpótlásban és a fagyvédelemben. Az erdészeti csemetekertekben általában az alábbi a csepegtető öntözés, a mikro szórófejes öntözés, a szektorális és öntöződobos öntözés vagy az esőztető öntözés. A technológiák mindegyike sajátos előnyökkel és hátrányokkal jár, a csemetekert konkrét körülményeitől, talajától és a termesztett fajoktól függően. Az esőztető öntöző technológia fejlődése nagymértékben hozzájárul a technológia elterjedéséhez, így jelenleg ez az egyik legelterjedtebb az ágazatban. Manapság az informatikai technológiák is felhasználhatók a modern erdészeti csemetekertekben, különösen a konténeres burkolt gyökerű termesztésben, ahol a pontos környezeti szabályozás elengedhetetlen a növekedés optimalizálásához.

A kutatásban résztvevő magyarországi csemetekertek 33%-a vet részt. A készített felmérés egyik alapvető eredménye az a sajnálatos tény, hogy a válaszadó csemetekertek 42,1 %-ban nincsen telepített öntözési technológia. Ez az adat azt mutatja, hogy a hazai termelők alapvető versenyhátrányban vannak, hiszen korszerű termelési feltételek egyik elengedhetetlen eleme már az öntözés. A második fontos eredménye a kutatásnak, hogy megállapítható, hogy

a mikró szórófejes technológia a legelterjedtebb (31%) a válaszadó csemetekertek körében. Ugyanakkor több kert használ szektorális vagy öntöződobos vagy esőztető technológiát. A mikroszórófejes technológia optimális a tápanyag utánpótlás, a növényvédelem és a késői fagyok elleni védelem megoldásában. Mivel különösen a késői fagyvédelem a klímaváltozás miatt egyre jelentősebb termelési probléma az ágazatban szerencsés lenne, ha a termelési fejlesztések ezt az irányt képviselnék a jövőben.

A kutatási eredmények azt is kimutatták, hogy a csemetekertek egy jelentős részében nincsen megoldva az öntözővíz kezelés, azaz nincsen víztározó kapacitás és az öntözés direkt a kútból történik. Mivel a csemeték ebben a fejlődési státuszban érzékenyek a vízminőségre, a nem pihentetett víz káros hatásai biztosan jelentkeznek ezekben a kertekben. Az ágazat öntözés technikailag mindenképpen fejlesztésre szorul. Ez a termelők is érzik, és a válaszadók jelentős része (62,8 %) nyitott lenne egy fejlesztési programban való részvételre pályázati formában. Meg kell ugyanakkor említenünk, hogy 14,5%-a válaszadónak a jelenlegi bizonytalan piaci és megtérülési környezetben nem szeretne beruházást végezni a kertjében.

A statisztikai próbák alapján a csemetekertek egyik jellemzője esetében sem lehet kizárni a függetlenséget a pályázási hajlandósággal, azaz statisztikailag nem zárható ki, hogy nem lehet következtetni a csemetekertek vizsgált jellemzőiből arra, hogy szeretnének -e részt venni öntözés fejlesztését segítő pályázati lehetőségben.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton köszönöm Dr. Mertl Tamás kolléga munkáját a felmérés adatainak statisztikai kiértékelésében.

Irodalomjegyzék

- BOWER, KEITH M. (2003): "When to Use Fisher's Exact Test." In American Society for Quality, Six Sigma Forum Magazine, 2:35–37. 4.
- DURLO G. – SZYMAŃSKI N. – MAŁEK S. (2024). Mobile sensing system for phenotyping of forest seedlings in container nurseries. *New Forests* 56(1). <https://doi.org/10.1007/s11056-024-10083-5>
- FLOREA A. – POPA D. – MORARIU D. – MANIU I. – BERNTZEN L. – FIORE U. (2023). Digital farming based on a smart and user-friendly IoT irrigation system: A conifer nursery case study. *IET Cyber-Physical Systems Theory & Applications* 9(2): 150. <https://doi.org/10.1049/cps2.12054>
- GĂITAN N. C. – BATINAS B. I. – URSU C. – CRAINIUC F. N. (2025). Integrating Artificial Intelligence into an Automated Irrigation System. *Sensors* 25(4): 1199. <https://doi.org/10.3390/s25041199>
- GRAVELINE N. – GRÉMONT M. (2021). The role of perceptions, goals and characteristics of wine growers on irrigation adoption in the context of climate change. *Agricultural Water Management* 250: 106837. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106837>
- JOBÁGY J. – DANČANIN P. – KRISTÓF K. – MAGA J. – SLANÝ V. (2021). Evaluation of the Quality of Irrigation Machinery by Monitoring Changes in the Coefficients of Uniformity and Non-Uniformity of Irrigation. *Agronomy* 11(8): 1499. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081499>
- MCCAULEY D. – KELLER S. Q. – TRANSUE K. – WIMAN N. G. – NACKLEY L. L. (2024). A Crop Water Stress Index for Hazelnuts Using Low-Cost Infrared Thermometers. *Sensors* 24(23): 7764. <https://doi.org/10.3390/s24237764>
- SOUTH D. B. – NADEL R. L. (2021). Irrigation in pine nurseries. *Reforesta* 10: 40. <https://doi.org/10.21750/refor.10.05.88>
- TSIROGIANNIS I. L. (2023). Irrigation Practice Survey for Crops and Urban Greenspaces at Northwest and West Greece and Southeast Italy. 14: 15 <https://doi.org/10.3390/ecws-7-14186>
- VAULIN A. Y. (2022). A new innovative irrigation method for wood, shrub crops and grapes. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science* 949(1): 12089. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/949/1/012089>

ERDŐTALAJOK VÍZTARTÓKÉPESSÉGÉNEK KÖZVETETT MEGHATÁROZÁSA ÉS ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

Indirect estimation of the water retention capacity of forest soils
and investigation of its applicability

KATONA MÁTÉ^{1,2}, BALÁZS PÁL¹, VÉGH PÉTER^{1,2}, BIDLÓ ANDRÁS¹, HORVÁTH ADRIENN¹

¹ Soproni Egyetem, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

² Soproni Egyetem, Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola

katona.mate@phd.uni-sopron.hu

Kivonat

A megváltozott klimatikus viszonyokhoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás egyik kulcskérdése a többletvízhatástól független talajok vízgazdálkodásának pontos ismerete. Ilyen termőhelyeken a növények számára elérhető vízkészletét döntően a talaj víztartóképessége határozza meg. Ez a tulajdonság egyszerűbb empirikus összefüggésekből is származtatható, valós értéke azonban hagyományosan csak hónapokig tartó mérésorozatokkal írható le megbízhatóan. Kutatásunk célja annak vizsgálata volt, hogy több talajtulajdonság együttes ismerete milyen pontossággal teszi lehetővé a talajban potenciálisan tárolható vízmennyiség függvényekkel történő becslését, valamint e módszer erdészeti környezetben való alkalmazhatóságát értékelte. A löszön kialakult erdőtalajtípusokból az egész Dunántúlról 17 szelvényből gyűjtött mintákból 100 cm mélységben készítettünk egy erdészeti talajhidrológiai adatbázist, amelynek adatait hasonlítottuk össze a különböző származtatott vízgazdálkodási paraméterekkel. A víztároló-képesség becslése mellett a szemcseösszetétel-vizsgálatok gyorsításának lehetőségét is elemeztük, ezért a granulometriai viszonyokat a hagyományos eljárás mellett lézerdiffrakciós módszerrel is meghatároztuk. Eredményeink szerint a becsült és a közvetlenül mért talajfizikai jellemzők között elsősorban a feltalajban és a löszös alapkőzetben mutatkozott szoros kapcsolat; a térfogattömeg és a fizikai talajféleség mellett a szervesanyag-tartalom is statisztikailag szignifikáns korrelációt mutatott. A lézerdiffrakcióval nyert szemeloszlási adatok gyenge korrelációt mutattak a mért és hagyományos módszerrel meghatározott, származtatott értékekkel. Ez az összehasonlító kutatás megalapozhatja egy pontosabb, kifejezetten erdőtalajokra optimalizált eljárás kidolgozását. Egy ilyen módszer a jövőben hozzájárulhat az erdőterületek vízháztartásának pontosabb értékeléséhez, és ez által a klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodási döntésekhez.

Abstract

One of the key issues in forest management adapted to changing climatic conditions is a precise understanding of soil water management where the rain is the only water source. In such growing sites, the water supply available to plants is largely determined by the water-holding capacity of the soil. This property can be derived from simpler empirical relationships, but its actual value can traditionally only be reliably described by measurement series lasting several months. The aim of our research was to investigate the accuracy with which the combined knowledge of several soil properties allows the estimation of the amount of water that can potentially be stored in the soil using functions, and to evaluate the applicability of this method in a forestry environment. We created a forest soil hydrology database from samples collected from 17 sections across the entire Transdanubia region from forest soil types formed on loess, at a depth of 100 cm, and compared the data with various derived water management parameters. In addition to estimating water storage capacity, we also analyzed the possibility of accelerating grain size composition tests, so we determined granulometric conditions using laser diffraction in addition to the traditional method. According

to our results, there was a close correlation between the estimated and directly measured soil physical characteristics, primarily in the topsoil and loess bedrock; in addition to bulk density and physical soil type, organic matter content also showed a statistically significant correlation. The particle size distribution data obtained by laser diffraction showed a weak correlation with the measured and traditionally determined derived values. This comparative research may lay the foundation for the development of a more accurate method specifically optimized for forest soils. Such a method could contribute to a more accurate assessment of water balance in forest areas in the future and, consequently, to forest management decisions that are adapted to climate change.

Bevezetés

Az éghajlatváltozás miatt klímazonális erdőállományok egyedei olyan új termőhelyi körülményeknek vannak kitéve, amelyek gyorsan változnak, és a növényzet nem tud lépést tartani ezekkel a megváltozott feltételekkel (PONGRÁCZ et al., 2014). Az új éghajlati viszonyok szélsőségesebb időjárást és az esőzések egyenetlen eloszlását is magukkal hozzák. Ezek a hatások már megfigyelhetők, és bár az éves csapadékmennyiség átlaga nem változott jelentősen, a csapadékmentes időszakok és a szárazság időtartama és gyakorisága jelentősen megnőtt (SZILÁGYI & JÓZSA, 2008). Ezek a változások az erdőállományokban is érezhetők, és az aszályra való érzékenységük döntő tényező az erdőgazdálkodásban (FÜHRER, 2018). Az éghajlatváltozás miatt az egyes talajjellemzők fontossága növekszik. A talaj vízmegtartó képességét tekintve csak a megfelelő vízellátással rendelkező erdők képesek hosszabb csapadékmentes időszakokat túlélni.

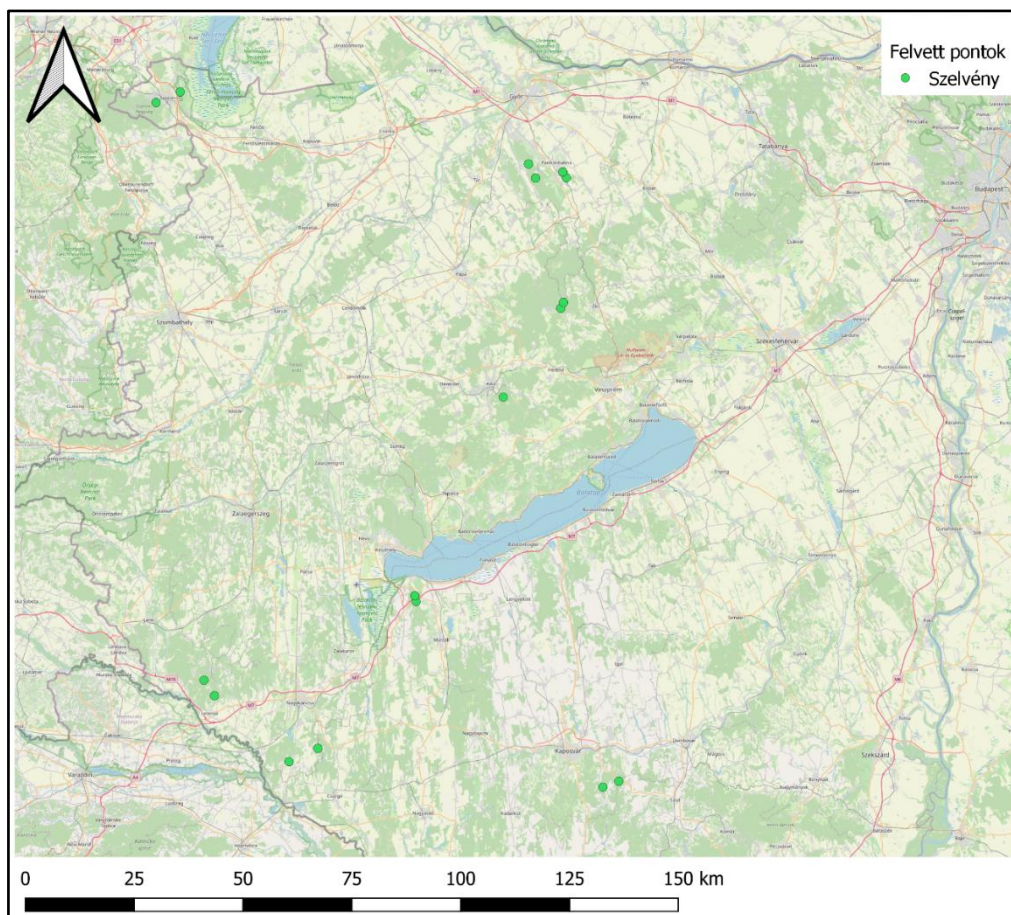
Az éghajlati termőhelyi tényezőket már részletesen tanulmányozták hazai és nemzetközi kutatások (FÜHRER et al., 2011, ZOMER et al., 2008). Azonban ezekből az előrejelzésekből és képletekből még mindig hiányoznak a talajparaméterek. A hazai erdőterületek értékelésében a területek egzakt vízgazdálkodási tulajdonságait gyakran figyelmen kívül hagyják és csak a növényzeten alapuló becslésekre szorítkoznak. Ez a gyakorlati módszer jó általános képet ad, de több hibával is jár. A pontos képhez meg kell mérni a talaj vízpotenciálját, azonban ez a folyamat időigényes, és az erdőgazdálkodási gyakorlatban nem terjedt el. Ha a körülményeket mesterségesen lehet megváltoztatni, például öntözéssel, a mért eredmények értékesebbé válnak. Ezért a mezőgazdaságban a mért vízpotenciál rutinszerű laboratóriumi feladattá vált. Ezen mérések gyorsabbá és egyszerűbbé tétele érdekében van Genuchten (1980) matematikai függvényekkel írta le a talajok pF-görbéjét, amelyben a paraméterek helyettesíthetők a talaj tulajdonságaival, mint például az agyagfrakció aránya, a szerves szén-dioxid-tartalom, a térfogatsűrűség.

Az egyik legfontosabb paraméter a talaj nedvességtartalmának potenciálja, amely a mátrix potenciál mérésével határozható meg. A teljes nedvességtartalom potenciálja a talajban lévő vízre ható erők együttes hatását fejezi ki, azaz azt a munkát, amely szükséges ahhoz, hogy a különböző erők által megkötött nedvességfrakciók egységnyi mennyiségét egységnyi távolságra mozgassuk (STEFANOVITS, 1992). Ezek az értékek felhasználhatók a talajban tárolható és a növények által felszívható vízmennyiség meghatározására is.

A kutatás során megvizsgáltuk az erdők alatti talajok mátrixpotenciálját a mért és becsült értékek alapján, és megnéztük a területek vízháztartását a különböző módszerekkel kapott eredmények alapján. Megvizsgáltuk az eltérésekből adódó különbségeket, és értékeltük a pedotranszferfüggvények (PTF-ek) alkalmazhatóságát. A kutatás célja annak megállapítása, hogy a jelenleg rendelkezésre álló PTF-ek elégséges pontossággal képesek-e nyomon követni az erdőállományok alatti talajok vízgazdálkodási tulajdonságait, és így a jövőben alkalmazhatók-e az éghajlati alkalmazkodás eszközeiként.

Anyag és módszer

Kutatásunkhoz olyan területeket kerestünk, ahol a talajvízszint 8 méter alatt van, és ahol a vízfelvétel a talaj vízellátó képességétől függ. Emellett porózus és laza üledékes anyagot kerestünk, hogy a mintavételhez és méréshez szükséges fémhengerrel zavartalan mintákat tudjunk gyűjteni. Az utóbbi kritériumhoz a SZTFH (Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Tárháza) geológiai és hidrológiai rétegeit használtam (GYALOG, 2004, KUTI et al., 2002, SCHAREK et al., 2005). Az összehasonlíthatóság érdekében olyan pontokat választottunk ki, amelyek a területre jellemző éghajlati övezetű erdőkben, azonos korú állományok alatt helyezkedtek el, és ahol legalább egy évtizede nem történt emberi beavatkozás a talajba és a faállományba.



1. ábra: A mintavételi pontok földrajzi elhelyezkedése

A tanulmány 17 erdőállományban készült, olyan dombvidéki és hegylábi területeken, ahol a terület domborzata tető, vagy sík helyzetű volt, hogy a felszíni elfolyás hatását a minimálisra csökkentsük. A szelvények mélysége egységesen 100 cm volt, amelyekből 10-10 cm-enként 3 bolygatatlan mintát és 1 bolygatott átlagmintát vettünk. A helyszínen meghatároztuk a talajtípust és a genetikai szintek mélységét, feljegyeztük a földrajzi koordinátákat és fotódokumentációt készítettünk.

A mintákat a Soproni Egyetem Erdőmérnöki Karának Környezet- és Természetvédelmi Intézetének Talajtani Laboratóriumába szállítottuk, ahol elvégezték a további elemzéseket. A pF-mérésekhez fémhengereket készítettünk elő, és megmértük azok aktuális nedves tömegét. A terepen leírt textúrájuknak megfelelően átlagosan 14-28 napig desztillált vízben telítettük őket, és megfigyeltük a felületükön a telítettségi állapotukat és a tömegállandóságukat méréssel ellenőriztük. A telített mintákat lemértük, majd homokágyas pF-mérővel pF 1,0-ra és pF 2,0-ra állítottuk be, szintén a tömegállandóságnak megfelelően, majd újra megmértük

a nedves tömegüket. Kaolinágyas pF-mérővel meghatároztuk a szabadföldi-kapacitás (pF 2,5) értékét is, ahol kompresszorral (ROYAL EIJKELKAMP, 2016) állítottuk be a szükséges szívóerőt. A hervadásponton (pF 4,2) mért nedvességtartalom meghatározását nedvesített, előkészített talajmintákon végeztük egy kerámialapos extrakciós készülékben, nyomáskamrában (ROYAL EIJKELKAMP, 2015). Meghatároztuk a talajminták pH-értékét (MSZ 08-0206-2:1978), a mésztartalmát Schreiber-féle kalciméterrel (MSZ 08-0205:1978), a humusztartalmat Tyurin spektrofotometriás módszerrel (FAO, 2021), a fizikai féleséget a FAO és USDA rendszerek pipettás-ülepítési módszerrel (MSZ-08-0205-1978) és lézerdiffrakcióméréssel (Malvern, 2013), a térfogattömeget pedig a fent leírt pF-mérések mintáiból határoztuk meg.


A meghatározáshoz a TALAJTANonc programot (FODOR & RAJKAI, 2005) használtuk, amely empirikus megközelítést (PTF1) alkalmaz, a van Genuchten (1980) függvények módosított változatát, amelyre Rajkai & Várallyay (1981) mérési adatbázis alapján statisztikai korrelációkat alkalmazott, valamint az euptfv2 programot (PTF2), amely az Európai Hidropedológiai Adatbázis (EU-HYDI) (WEYNANTS et al., 2013) adatbázisából létrehozott random forest módszert alkalmaz, Szabó et al. (2019) munkája alapján.

Eredmények

A kutatás kiértékelése jelenleg is folyamatban van, az eredményeket két szelvény leírásán és kiértékelésén keresztül mutatjuk be. A löszön kialakult erdőtalajok változatosságát elsősorban a kilúgzás és agyagfelhalmozódás mértéke és az alapkőzet tulajdonságai különböztették meg. Azokon a termőhelyeken, ahol kevesebb volt az éves csapadékösszeg, vagy a talaj kora fiatalabb volt, esetleg további korlátozó termőhelyi tényezőket tapasztaltunk, ott sekélyebb B szinteket írtunk le, ilyen területek voltak többek között a Pannonhalmi-dombságon, de Somogyi-dombságon és Ajka mellett is leírtunk ilyen szelvényeket. Azokon a területeken, ahol a kilúgzás és a felhalmozódás intenzívebb volt, jól fejlett és mélyebb B szinteket írtunk le. Általában a Zalai-dombságon ilyen szelvényeket találtunk.

Az első bemutatott szelvény az Ajka 11/F erdőrészletben található.

Szelvény koordinátái: N 47° 04' 39,51" E 17° 35' 46,90"

	0 - 20 cm 10 YR 5/3-as színű, közepesen humuszos, morzsás szerkezetű. laza, gyökerekkel erősen átszőtt, vályog fizikai féleségű szint, fokozatos átmenettel, mész:-,
	20 - 30 cm 10 YR 5/4-es színű, gyengén humuszos, morzsás szerkezetű. laza, gyökerekkel gyengén átszőtt, vályog fizikai féleségű szint, határozott átmenettel, mész:-,
	30 - 80 cm 10 YR 4/6-os színű, humuszmentes, diós szerkezetű. közepesen tömött, gyökereket elszórva tartalmazó, vályog fizikai féleségű szint, határozott átmenettel, mész:-,
	80-110 cm 10 Y 9/3-as színű, szerkezet nélküli, közepesen tömött, gyökérmentes, vályog fizikai féleségű szint, mész:+++.

2. ábra: Az Ajka 11/F talajszelvény fényképe és helyszíni leírása

1. táblázat: Ajka 11/F talajszelvény laboratóriumi vizsgálati eredményei

Szint cm	Váz %	pH		y ₁	y ₂	CaCO ₃ %	Mechanikai összetétel				Hu- muzsz %
		H ₂ O	KCl				A %	I %	FH %	DH %	
0-10		5,4	4,7	17	1		19	20	61	0	1,5
10-20		4,9	3,8	19	4		19	22	59	0	1,3
20-30		6,2	5,8	12			21	18	61	0	1,2
30-40		5,5	4,9	11	0		25	16	58	1	0,7
40-50		5,2	4,1	10	1		31	18	51	0	<5
50-60		5,2	4,2	9	1		31	16	53	0	<5
60-70		5,5	4,5	9	1		27	8	65	0	<5
70-80		6,9	6,6				25	20	55	0	<5
80-90		7,8	7,5			32,89	25	8	55	12	<5
90-100		7,9	7,6			27,42	15	14	64	7	<5

A szelvény 20 cm-es A₁ szintje közepesen humuszos, morzsás szerkezetű, kedvező vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkezik, a 10 cm-es felbontásban élesen elkülönül a felső 10 cm, ahol 1,5%-os humusztartalmat, 1,09 g/cm³ térfogattömeget és 41,59%-os V/V%

szabadszíni vízkapacitást mértünk, 27,33 mm/10 cm-es diszponibilis vízzel. A 10-20 cm-es rétegben 1,3%-os humusztartalmat, 1,31 g/cm³ térfogattömeget, 29,36%-os szabadszíni kapacitást mértünk, 12,91 mm/10 cm-es diszponibilis vízzel.

Az A₃-as szint megegyezett a 20-30 cm-es réteggel, ahol szintén kedvező vízgazdálkodású szintet vettünk fel, az A₁ szinthez hasonló szerkezettel, azonban a kilúgzástól fakóbb színnel, és alacsonyabb humusztartalommal, az agyagtartalom a B szintek közelsége miatt gyengén növekedett. A szintben 1,2%-os humusztartalmat, 1,41 g/cm³ térfogattömeget, 26,26%-os V/V% szabadszíni kapacitást mértünk, 10,55 mm/10 cm-es diszponibilis vízzel.

A B szint közepesen tömött, a megnövekedett agyagtartalomtól és a kevés humusztól vörösesbarna színű, diós szerkezetű gyenge vízgazdálkodású szint volt, mely a magas agyagtartalom miatt kevesebb vizet tudott szolgáltatni. A szint pH-ja savanyú, amely a szint alsó rétege felé növekszik semleges pH-ig (pH₇₀₋₈₀=6,90). A térfogattömeg 1,36–1,42 g/cm³ között változik, a szint közepén a legtömöttebb. A szabadszíni kapacitás nem változott számottevően átlagosan 27,26%-os V/V% értékkel, azonban a megnövekedett agyagtartalom miatt a kötött víz mennyisége 23,60%-ra V/V% nőtt az előző rétegek átlagos 15,47% V/V% értékéről, ami miatt a diszponibilis víz átlagosan 3,65 mm/10 cm-re csökkent.

A C szint fizikai tulajdonságai kedvezőek voltak, azonban a magas mésztartalom megnehezíti a növények vízfelvételét (CaCO₃%=30,16%). Az átlagos térfogattömege 1,36 g/cm³, ami magasabb, mint a B szint alsó rétege, de alacsonyabb a felhalmozódási szint átlagos értékénél. A szabadszíni kapacitás 29,46% V/V% volt átlagosan, ami gyenge növekedést mutat, azonban a kötött víz jelentősen lecsökkent 9,54%-ra V/V%, ami a diszponibilis víz növekedését eredményezte 19,91 mm/10 cm.

A teljes szelvényre 108,92 mm/100 cm diszponibilis vizet mértünk, melyet a PTF1 178,94 mm/100 cm-re becsült, míg a PTF2 115,05 mm/100 cm-re.

A második bemutatott szelvény a Surd 11/C erdőrészletben található.

Szelvény koordinátái: N 46° 20' 02,73" E 16° 57' 32,08"



0 - 10 cm 10 YR 5/4-es színű, közepesen humuszos, morzsás szerkezetű. laza, gyökerekkel erősen átszőtt, homok fizikai féleségű szint, fokozatos átmenettel, mész:-,

10 - 30 cm 10 YR 4/4-es színű, gyengén humuszos, gyengén rögös szerkezetű. laza, gyökerekkel gyengén átszőtt, homokos vályog fizikai féleségű szint, határozott átmenettel, mész:-,

30 - 100 cm 10 YR 5/6-os színű, humuszmentes, diós szerkezetű. közepesen tömött, gyökereket elszórva tartalmazó, vályog fizikai féleségű szint, határozott átmenettel, mész:-,

3. ábra: Az Surd 11/C talajszelvény fényképe és helyszíni leírása

2. táblázat: *Surd 11/C talajszelvény laboratóriumi vizsgálati eredményei*

Szint cm	Váz %	pH		y ₁	y ₂	CaCO ₃ %	Mechanikai összetétel				Hu- musz %
		H ₂ O	KCl				A %	I %	FH %	DH %	
0-10		4,1	3,6	29	9		11	12	64	13	2,0
10-20		4,4	3,8	19	6		19	10	58	13	1,3
20-30		4,4	3,9	17	7		11	12	67	10	0,9
30-40		4,4	3,9	17	8		17	16	57	10	<5
40-50		4,5	3,7	20	11		23	10	55	12	<5
50-60		4,9	3,8	21	13		27	10	54	9	<5
60-70		4,6	3,7	17	10		21	14	55	10	<5
70-80		4,8	3,6	14	6		21	12	56	11	<5
80-90		5,0	4,0	11	3		25	16	50	9	<5
90-100		4,9	3,8	11	3		25	14	52	9	<5

A szelvény 10 cm-es A₁ szintje közepesen humuszos, morzsás szerkezetű, és a magasabb szervesanyag-tartalom, a jó szerkezetesség következtében kedvező vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkezik. A szintben 2,0%-os humusztartalmat, 0,87 g/cm³ térfogattömeget és 43,84%-os V/V% szabadföldi vízkapacitást mértünk, 39,54 mm/10 cm-es diszponibilis vízzel.

Az A₃-as szintben csökkent a humusztartalom, megnövekedett az agyagfrakció aránya és a szerkezetesség változása miatt megnövekedett a térfogattömeg is, és itt is egy kedvező tulajdonságú szintet mutattak az eredmények. A szintben átlagosan 1,6%-es humusztartalmat, 1,23 g/cm³ térfogattömeget, 27,01%-os V/V% szabadföldi kapacitást mértünk, 20,52 mm/10 cm-es diszponibilis vízzel.

A B szint közepesen tömött, a megnövekedett agyagtartalomtól és a kevés humusztól vörösesbarna színű, diós szerkezetű gyenge vízgazdálkodású szint volt, mely a magas agyagtartalom miatt kevesebb vizet tudott szolgáltatni. A szint pH-ja savanyú, amely a szint alsó rétege felé növekszik semleges pH-ig (pH₇₀₋₈₀=6,90). A térfogattömeg 1,36–1,42 g/cm³ között változik, a szint közepén a legtömöttebb. A szabadföldi kapacitás itt a tömöttebb szerkezet miatt mérsékelten lecsökkent, átlagosan 21,99%-os V/V% értékkel, valamint a megnövekedett agyagtartalom miatt a kötött víz mennyisége 13,20%-ra V/V% nőtt az előző rétegek átlagos 5,82% V/V% értékéről, és ezek miatt a diszponibilis víz átlagosan 8,80 mm/10 cm-re csökkent.

A teljes szelvényre 142,15 mm/100 cm diszponibilis vizet mértünk, melyet a PTF1 185,52 mm/100 cm-re becsült, míg a PTF2 85,23 mm/100 cm-re.

Következtetések

A vizsgált talajszelvényeknél elsősorban az A₁ és A₃ szinteknek voltak kedvező vízgazdálkodási tulajdonságuk, melyet a jó szerkezetességnek, magas szervesanyag-tartalmuknak és a porusok megfelelő arányának és eloszlásának köszönhetnek. A B szintek a magas kötött víztartalmuk miatt kevesebb vizet tudtak szolgáltatni a növények számára, melynek hátterében az agyagfelhalmozódás és agyagvándorlás miatt kialakult magasabb agyagtartalom áll, de a szabadföldi kapacitásuk is alacsonyabb volt a tömöttebb szerkezetükből következően

(HUNTLEY, 2023). Ettől függetlenül a felhalmozódási szintek kedvező kémiai tulajdonságai (savanyú pH, gyökerek számára toxikusan magas mésztartalom kilúgzotttsága) miatt a növények számára ideálisabb, mint a löszös alapkőzet és vízvisszatartásával az aszályosabb időszakokban hozzájárul ezeknek az időszakoknak az átvészeléséhez (BOLAN et al., 2023). A becslőfüggvények közül a PTF1 függvény általánosan magasabb értéket becsült a diszponibilis vízre, míg a PTF2 esetében mind a két irányban tapasztaltunk eltéréseket. A felhalmozódási szintekre magasabb diszponibilis vizet becsültek, a kilúgzási szintekre viszont alacsonyabb értéket adtak meg, de több szelvény esetében is a PTF2 jó megközelítéssel becsülte ezeket a szinteket. A löszös alapkőzet értékei megközelítőleg azonosak maradtak, melynek háttérében a szerkezetesség hiánya állhat, ami az előző szintek becslési bizonytalanságát okozta. A kutatásból is az látszik, hogy azokon a területeken, ahol nincs éves gyakorisággal intenzív talajművelés, ott a talajok természetes szerkezete döntően meghatározza a terület vízgazdálkodási tulajdonságait és ezeket a változásokat a becslőeljárások még nem minden esetben tudták követni. A kutatás eredményei alapján az alkalmazhatóság tekintetében a PTF2 eljárás lehet a jövőben ideális a vízgazdálkodási tulajdonságok becslésére.

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció az ITM (jogutódja: KIM) NKFI Alap TKP2021-NKTA-43 számú, a TKP2021-NKTA pályázati program keretében támogatott projektje. A terepi és laboratóriumi vizsgálatokat a "GINOP-2.3.3-15-2016-00039 - Fás biomassza termesztési feltételeinek vizsgálata" című projekt támogatásával beszerzett berendezésekkel is elvégeztük.

Irodalomjegyzék

- BOLAN N. – SRIVASTAVA P. – RAO C. S. – SATYANARAYA P. V. – ANDERSON G. C. – BOLAN S. – ... – KIRKHAM M. B. (2023): Distribution, characteristics and management of calcareous soils. In: SPARKS D. L. (szerk.): *Advances in Agronomy* 182: 81–130. Academic Press. doi: 10.1016/bs.agron.2023.06.002
- FAO (2021): Standard operating procedure for soil organic carbon: Tyurin spectrophotometric method. Rome: FAO.
- FODOR K. – RAJKAI K. (2005): Számítógépes program a talajok fizikai és vízgazdálkodási jellemzőinek egyéb talajjellemzőkből történő számítására (TALAJTANonc 1.0). *Agrokémia és Talajtan* 54(1–2): 25–40.
- FÜHRER E. (2018): A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. *Erdészettudományi Közlemények* 8(1): 27–42. doi: 10.17164/EK.2018.002
- FÜHRER E. – HORVÁTH L. – JAGODICS A. – MACHON A. – SZABADOS I. (2011): Application of new aridity index in Hungarian forestry practice. *Q. J. Hung. Meteorol. Serv.* 115: 205–216.
- GYALOG L. – BUDAI T. (szerk.) (2004): Javaslatok Magyarország földtani képződményeinek litosztatigráfiai tagolására. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*: 195–232.
- HUNTLEY B. J. (2023): Soil, Water and Nutrients. In: *Ecology of Angola*. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-031-18923-4_6
- KUTI L. et al. (2002): Magyarország sík- és dombvidéki területeinek talajvíztérképei. Magyar Állami Földtani Intézet, SZTFH Adattár.
- MALVERN INSTRUMENTS LIMITED (2013): Mastersizer 3000 user manual. 2–13., 131–132.
- MSZ 08-0205:1978: A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata.
- MSZ 08-0206-2:1978: A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata.
- PONGRÁCZ R. – BARTHOLY J. – KIS A. (2014): Estimation of future precipitation conditions for Hungary with special focus on dry periods. *Időjárás* 118(4): 305–321.
- ROYAL EIJELKAMP (2015): 15 Bar Pressure Plate Extractor operating instructions. p. 22.
- ROYAL EIJELKAMP (2016): Sand box/kaolin box operating instructions. p. 34.
- SCHAREK P. et al. (2005): Magyarország M=1:500 000-es digitális talajvíztérképei. Magyar Állami Földtani Intézet, SZTFH Adattár.
- STEFANOVITS P. (1992): *Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.* 379 p.

- SZILÁGYI J. – JÓZSA J. (2008): Klímaváltozás és a víz körforgása. *Magyar Tudomány* 2008/6: 698–703.
- SZABÓ B. – GYURKÓ D. – WEYNANTS M. – WEBER T. K. D. (2019): Web interface for European hydraulic pedotransfer functions (euptfv2). Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research. doi: 10.34977/euptfv2.01
- VAN GENUCHTEN M. TH. (1980): A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 892–898.
- WEYNANTS M. – MONTANARELLA L. – TÓTH G. – STRAUSS P. – FEICHTINGER F. – CORNELIS W. – ... – NEMES A. (2013): European hydropedological data inventory (EU-HYDI) (EUR 26053 EN). Publications Office of the European Union. doi: 10.2788/5936
- ZOMER R. J. – TRABUCCO A. – BOSSIO D. A. – VERCHOT L. V. (2008): Climate change mitigation: a spatial analysis of global land suitability for clean development mechanism afforestation and reforestation. *Agric. Ecosyst. Environ.* 126: 67–80. doi: 10.1016/j.agee.2008.01.014

ERDŐTERÜLETEK ELEMZÉSE ENMAP HIPERSPEKTRÁLIS MŰHOLD ADATAI ALAPJÁN

Analysis of Forest Areas Using EnMAP Hyperspectral Satellite Data

KERTÉSZ PÉTER¹, KIRÁLY GÉZA²

¹ Soproni Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományi Doktori Iskola

² Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

peter.kerteszh@phd.uni-sopron.hu

Kivonat

A Német Légügyi és Űrkutatási Ügynökség (DLR) 2022 április 1-én állította pályára EnMAP nevű hiperspektrális műholdját. A misszió fő feladata a földi folyamatok kvantitatív és kvalitatív elemzése globális szinten. A műhold adatai az európai kutatók számára ingyenesen hozzáférhetők. A felvételek terepi felbontása 30 méter/pixel, spektrális felbontása 224 sáv 418 nm és 2445.5 nm között. Jelen kutatás során 2025.06.25-én készült felvétel alapján vizsgáltuk a Börzsöny erdőterületeit. Vizsgáltuk az adatcsökkentés lehetőségeit különböző transzformációk és sávszám-csökkentő (band selection) eljárások használatával, kiemelten a fafajosztályozás elősegítése érdekében. Az eredmények alapján a nagyobb területű felszínborítások nagy megbízhatósággal különíthetők el az enMAP felvételeken, de a kisebb foltok a 30 méteres felbontás következtében problémát okoznak. A különböző sáv kiválasztó eljárások alapján 7-15 sáv bír kiemelkedő jelentőséggel a fafajosztályozás szempontjából 525 nm és 2140 nm között. 15 sáv fölött az osztályozás pontossága már nem nő, 25 sáv fölött pedig már romlik a teljes pontosság.

Abstract

The hyperspectral EnMAP satellite was launched on April 1, 2022, by the German Aerospace Agency (DLR). The mission is designed to support both quantitative and qualitative assessments of terrestrial processes at a global scale, and its data are freely accessible to researchers across Europe. The imagery has a spatial resolution of 30 m per pixel and offers 224 spectral bands covering the 418–2445.5 nm range. In this study, we analysed the forested areas of the Börzsöny Mountains using an EnMAP scene acquired on 25 June 2025. We explored various data-reduction techniques—including spectral transformations and band-selection methods—focusing on their usefulness for tree-species mapping. Our findings show that large, continuous land-cover types can be identified with high confidence in the EnMAP imagery, while smaller patches are more difficult to separate due to the 30-m spatial resolution. The band-selection procedures consistently highlighted 7 to 15 spectral bands between 525 nm and 2140 nm as particularly informative for tree-species classification. Adding more than 15 bands did not yield further improvement, and using more than 25 bands even led to a drop in overall accuracy.

Bevezetés

A változó klíma okozta kihívások és a távérzékelés technikai fejlődése az erdőgazdálkodás és természetvédelem minden területén arra sarkallja a szakembereket, hogy minél több feladatra alkalmazzák a távérzékelés egyre bővülő eszköztárát. Az ország erdőterületeinek felmérése, vagy a nagy területű fafajosztályozás az újabb és újabb műholdakkal egyre pontosabban megvalósítható. E fejlesztési irányt jól mutatja a 2022-ben indult FIR (Földmegfigyelési Információs Rendszer), mely a Sentinel műholdcsalád multispektrális felvételeire alapozva bárki által elérhető, részletes, naprakész földmegfigyelési adatokkal látja el Magyarországot. (2021. évi CXLIV. törvény a Földmegfigyelési Információs Rendszerről,

valamint ezzel összefüggésben egyes törvények módosításáról, 2022). Emellett több kutató-intézet és egyetem, erdőgazdaságok és erdőtervező irodák foglalkoznak műholdképek osztályozásával.

Amíg a főbb felszínborítás típusok jól elkülöníthetők a multispektrális műholdképek 4-20 spektrális sávjával, addig a fajok elkülönítéséhez már több információra van szükség (GEORGE ET AL., 2014). A Német Légügyi és Űrkutatási Központ (DLR) 2022 április 1-én állította pályára EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Program) hiperspektrális műholdját, ami a szolgáltatás-szerű adatgyűjtést 2022 novemberében kezdte meg. Elsődleges célja az európai kutatók és döntéshozók munkájának segítése olyan adatok szolgáltatásával, ami kellő pontosságot biztosít a Földön zajló folyamatok jobb megértéséhez (STORCH ET AL., 2023).

A hiperspektrális képek jellegzetessége, hogy a folyamatos sávoknak köszönhetően sok egymással korreláló adat jön létre, az adathalmaz kezelhetetlenül és feleslegesen nagy (SAWANT - PRABUKUMAR, 2020). Első leírója után Hughes-jelenségnek hívják a növekvő adatmennyiséggel járó pontosságromlást (G. HUGHES, 1968). A hiperspektrális képek több száz sávja több száz dimenziót jelent a képosztályozás során, ami a tanítóterületek extrém növelését követelné meg (D. LANDGREBE, 2002, RICHARDS - JIA, 2006). Ennek kiküszöbölésére két megoldás terjedt el. Az egyik eljárás az attribútumkinyerés (feature extraction), amikor az eredeti spektrális attribútumtérből egy új attribútumtérbe transzformáljuk a képet. Ilyenkor a sávok elvesztik eredeti fizikai jelentésüket, de az adatok nagy része az első néhány sávban fog összpontosulni. Leggyakrabban használt formája a főkomponens-transzformáció (Principal Component Transformation – PC). A másik eljárás a sávkiválasztás eljárása (feature/band selection), ahol a meglévő sávok közül választjuk ki az adott osztályokat legjobban elkülönítő sávokat. Az eljárás előnye, hogy a kiválasztott sávok megőrzik fizikai jelentésüket (LI ET AL., 2011, RICHARDS - JIA, 2006, SAWANT - PRABUKUMAR, 2020).

Jelen munkánk célja ezen eljárások tesztelése a magyar erdőterületek elemzésével. Vizsgáltuk a jellemző felszínborítás és földhasználat-típusok (Land Use and Land Cover - LULC) elkülöníthetőségét. A Börzsöny hegység keleti, és a Cserhát nyugati oldalán elvégeztük a fajokosztályozást, és vizsgáltuk a hiperspektrális adatok dimenziócsökkentésének lehetőségét mind transzformációs eljárásokkal, mind különböző sávkiválasztó eljárások használatával.

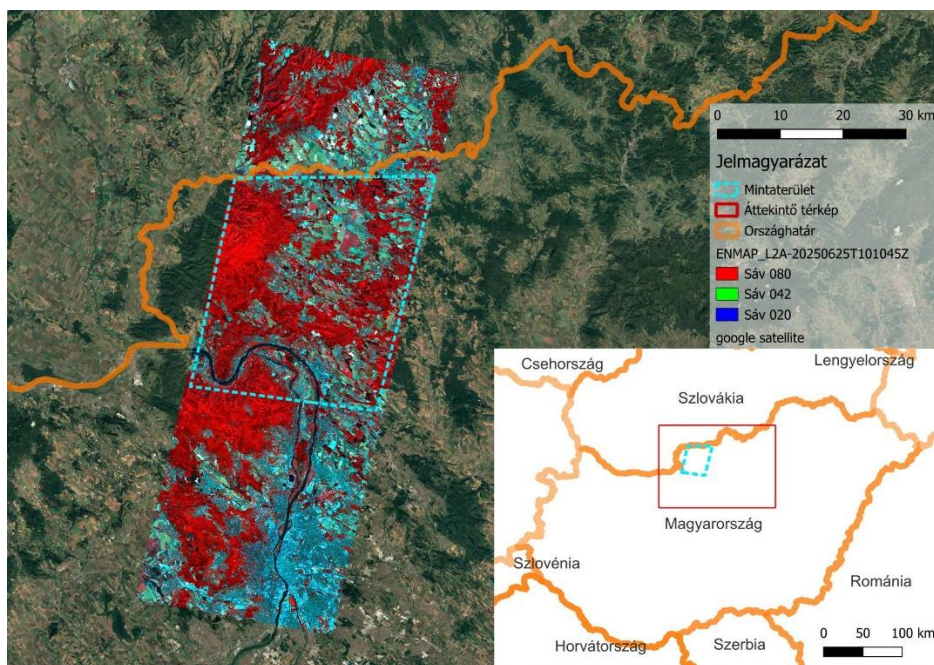
Anyag és módszer

Műholdfelvétel

A vizsgálat során az EnMAP műhold 2025.06.25-i felvételét használtuk. A műhold push-broom rendszerű HSI (Hyper-Spectral Imager) szenzora két spektrométerből áll, amik egymástól függetlenül működnek. 224 spektrális csatornán rögzíti a reflektanciát 30 km széles sávokban. A csatornák 5,8 nm és 11,4 nm közötti szélességben érzékenyek 418 nm és 2445 nm között. A műhold napszinkron pályán kering 642 km átlagos magasságon 27 napos visszatérési idővel, de a 30°-os kitékintési szögnek köszönhetően ez 4 napra csökkenthető (STORCH ET AL., 2023). A felvételek igénylése online felületen keresztül lehetséges. Amennyiben a vizsgálati területről még nem áll rendelkezésre műholdkép, akkor a vizsgálatra szánt időablak megadásával igényelhető új felvétel elkészítése. Az igénylések számának csökkentése érdekében legalább 3 csempe (3*30 km) (legfeljebb 33 csempe) igényelhető. A műhold tervezett maximális napi teljesítménye 5550 km. Az elkészült csempek archiválásra kerülnek, és a regisztrált felhasználók külön online felületen letölthetik őket. A felvételek L1B, L1C és L2A feldolgozottsági szinten elérhetők, melyek közül a felszíni reflektanciát tartalmazó L2A felvételeket használjuk.

Mintaterület

Az osztályozásokat a Börzsöny hegység keleti, és a Cserhát dombság nyugati oldalán végeztük (1. ábra). Ez a terület kellően nagy ahhoz, hogy megfelelő méretű elegyetlen állományokat találjunk a legfontosabb fajokból, amiket tanító- és ellenőrző területként használni tudunk a fafajosztályozás során.



1. ábra: Mintaterület elhelyezkedése

A LULC osztályozása nagy felbontású légifotón meghatározott tanítóterületekkel történt. Hat osztályt határoztunk meg: lombos erdő, tűlevelű erdő, mezőgazdasági terület, füves terület, vizek, mesterséges felszínek. Ezek közül a pontosság vizsgálata során a mezőgazdasági területeket és a füves területeket egyként kezeltük a mezőgazdasági területek változottsága miatt.

A kisebb területtel bíró fafajokat a 30 méteres felbontás miatt a vizsgálatból kihagytuk. A vizsgált fafajok a következők voltak: bükk (B - *Fagus sylvatica*), kocsánytalan tölgy (KTT - *Quercus petraea*), csertölgy (CS - *Quercus cerris*), gyertyán (GY - *Carpinus betulus*), akác (A - *Robinia pseudoacacia*) és erdeifenyő (EF - *Pinus sylvestris*). A fafaj-tanítóterületek kijelölése az Országos Erdőállomány Adattár (továbbiakban: adattár) adatai alapján történt. Azokat az erdőrésztleteket választottuk ki, ahol az adott fafaj elegyetlenül fordul elő (elegyarány 95% fölött van), a kora lassan növvő fafajok esetén (B, KTT, CS, GY) 50 év fölött, akác esetén 15 év fölött, a fenyő esetén (EF) 20 év fölött van, valamint záródása több mint 85%. Az így leválogatott erdőrésztleteket méretük és alakjuk szerint tovább szűrtük, így jött létre a 35 erdőrésztletet tartalmazó halmaz. A gyertyán elegyetlenül ritkán fordul elő, de szálszámként, vagy kisebb foltokban mindenhol előfordul, így a tanítóterület kis mérete ellenére részt vesz az osztályozásban.

1. táblázat: Tanítóterületek eloszlása

fafaj	erdőrészlet [db]	terület [ha]
CS	7	54,41
A	8	53,54
B	4	26,5

EF	3	11,03
GY	2	2,46
KTT	11	108,15
Összesen	35	256,09

Dimenziócsökkentés

Sávkiválasztás során a több száz sáv közül azokat válogatjuk ki, amelyek legjobban magyarázzák a tanítóterületek közötti eltéréseket, tehát olyan kombinációt keresünk, ahol az osztályon belüli eltérés a legkisebb, míg az osztályok közötti eltérés a legnagyobb (RICHARDS - JIA, 2006). Legegyszerűbb esetben sávonként vizsgálható az osztályok távolsága. Erre három mutatószámot használnak leggyakrabban. A Fisher-arány (Fisher-score) az osztályok pixeleinek átlagát és varianciáját veszi alapul. Képlete a következő:

$$F = \frac{\sum_{c=1}^C n_c (\mu_c - \mu)^2}{\sum_{c=1}^C n_c \sigma_c^2}$$

ahol C: osztályok száma, n_c : pixelek száma a c. osztályban, μ_c az osztály átlaga, σ_c^2 az osztály varianciája, μ az összes adat globális átlaga. A számítás előnye, hogy gyors és egyszerű a számítása (GU ET AL., 2012).

Másik gyakran használt mutató a Mutual Information a sávok közötti közös valószínűségeket vizsgálja. Képlete a következő:

$$MI(X; Y) = \sum_x \sum_y p(x, y) \log \left(\frac{p(x, y)}{p(x)p(y)} \right)$$

ahol X a sáv értéke, Y az osztály értéke, $p(x)$ a sáv értékeinek valószínűsége, $p(y)$ az osztály valószínűsége, $p(x, y)$ a közös előfordulási valószínűség. Előnye, hogy nem feltételez normál eloszlást, mint a Fisher-arány, valamint nemlineáris kapcsolatokat is jól tud kezelni. A harmadik mutatószám, amit minden sávra ki lehet számolni, az a Jeffries-Matushita (JM) távolság. A távérzékelésben sok feladatra használják. Alapja a Bhattacharyya-távolság, ami kovariancia-mátrixokat és az osztályok átlagvektorait használja. Számítása a következő:

$$JM = \sqrt{2(1 - e^B)}$$

ahol B a Bhattacharyya-távolság, számítása a következő:

$$B = \frac{1}{8} (\mu_1 - \mu_2)^T \left(\frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right)^{-1} (\mu_1 - \mu_2) + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{\left| \frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right|}{\sqrt{|\Sigma_1| |\Sigma_2|}} \right)$$

ahol μ_1 és μ_2 a két osztály átlagvektora, Σ_1 és Σ_2 a két osztály kovarianciamátrixa.

A JM fő előnye, hogy figyelembe veszi a kovarianciát, és normalizálja az értéket, így az értéke 0 és 2 között változik. Ezeknél a mutatószámoknál minden spektrális sávról egy értéket kapunk, melyek közül kiválaszthatóak a legmagasabb értékkel rendelkező sávok, ezek fogják legjobban elkülöníteni az adott osztályokat (RICHARDS - JIA, 2006).

A sávokat külön-külön vizsgáló módszerek hátránya, hogy nem tudja figyelembe venni a sávok együttes hatását. Alacsonyabb értékeket mutató sávok is fontosak lehetnek, ha spektrálisan távol esnek a többi sávtól. Jó példa erre a növényzet, ahol az infravörös sávok (800-900 nm között) kimondottan magas értékeket mutatnak, mivel a reflektancia is magas. A

fajok osztályozása során viszont elengedhetetlen a látható és a középső infravörös tartomány használata, amint az a vizsgálatainkból kiderül. Ezért szükséges a különböző sávkombinációkat vizsgálni. A vizsgálat során a fő problémát a 224 spektrális sáv rendkívül sok kombinációja okozza. A probléma megoldására több eljárást is használnak, ahol a kiválasztott sávok osztályozási használhatóságát már a felügyelt osztályozás eredményével, vagy a számítás egyszerűsítése érdekében a Jeffries-Matshita távolsággal ellenőrzik (LI ET AL., 2011, SAWANT - PRABUKUMAR, 2020). A legegyszerűbb a Sequential Forward Selection (SFS) eljárás, ahol kiválasztjuk a leginformatívabb sávot, majd hozzáadjuk azt, amivel a legtöbbet emelkedik a közös pontosság, és így haladunk a meghatározott sávszámig. Bővített verziójában vizsgáljuk a már kiválasztott sávok elhagyását is. A módszer fordítottja is létezik, a Sequential Backward Elimination (SBE), ahol az összes sávból hagyunk el mindig egyet (SAWANT - PRABUKUMAR, 2020).

Bonyolultabb módszer a Genetikus algoritmus (GA), ami az evolúció elméletét követi. A populáció a teljes sávkészletből véletlenszerűen kiválasztott egyedek összessége, egy egyed pedig egy adott sávkombináció. Minden egyed egy fitnessz-értékkel rendelkezik, pl a Fisher-aránnyal, Jeffries-Matshita távolsággal, vagy a kész osztályozás pontosságával. Az eljárás során a jobb fitnessszel rendelkező egyedek kerülnek át a következő lépésbe. A kezdésként kiválasztott sávkombinációk közül a legjobbakat nem csak „kereszteznek” egymással, hanem véletlenszerűen egy-egy sávot ki is cserélnek, utánozva a mutációt. Az öröklést addig lehet folytatni, míg a fitnessz érték már nem változik, vagy elérünk egy maximális iteráció-számot, vagyis adott számú generációt. Mivel az eljárásban nagyobb szerep jut a véletlennek a mutáció és a kiindulási sávkészletek miatt, érdemes többször lefuttatni a vizsgálatot. (LI ET AL., 2011).

A dimenziócsökkentő eszközök másik nagy csoportja az attribútumkinyerés. A transzformáció során a sokdimenziós adatot vektortérként értelmezzük, ahol a tengelyek a különböző sávoknak felelnek meg. Ezt a vektorteret egy másik dimenziótérbe transzformáljuk úgy, hogy az első néhány tengelyen összpontosuljon az adatok döntő többsége. Hátránya, hogy a sávok ennek során elvesztik fizikai jelentésüket, ám erre a képosztályozás során nincs szükség. Távérzékelésben a Principal Component (PC) transzformáció a lejeltehetőbb. A transzformáció a kovariancia-mátrix számításán alapul, és az új dimenziók variancia szerint rendeződnek, így az első sávba kerül a legnagyobb variancia, ami az eredeti adatok legnagyobb részét tartalmazza (A. A. GREEN ET AL., 1988, RICHARDS - JIA, 2006).

Osztályozás

Munkánk során két osztályozással vizsgáltuk a hiperspektrális képek nyújtotta előnyöket. Elsőként földhasználati és felszínborítási típusokat osztályoztunk a mintaterületen. Az eredmény értékelése 318 véletlenszerűen elhelyezett pont kiértékelésével történt.

Az osztályozás másik célterülete az erdők fafajainak osztályozása volt. Ezt az osztályozást az adattár szerint erdőként nyilvántartott területeken, valamint az előző osztályozás során erdőként osztályozott területeken végeztük el. A pontosság becslése a tanítóterületek 30%-a alapján történt.

Mindkét osztályozáshoz Support Vector Machine (SVM) osztályozót használtunk, ami az egyik leggyakrabban használt osztályozás a vegetáció vizsgálatában (BASHEER ET AL., 2022, ESKANDARI - ALI MAHMOUDI SARAB, 2022). A sokak által számtalan kutatásban használt Random Forest osztályozót (AXELSSON ET AL., 2021, IMMITZER ET AL., 2019) is teszteltük, ám a magyar erdők fajokosztályozása során gyengébb eredményt mutatott, mint az SVM.

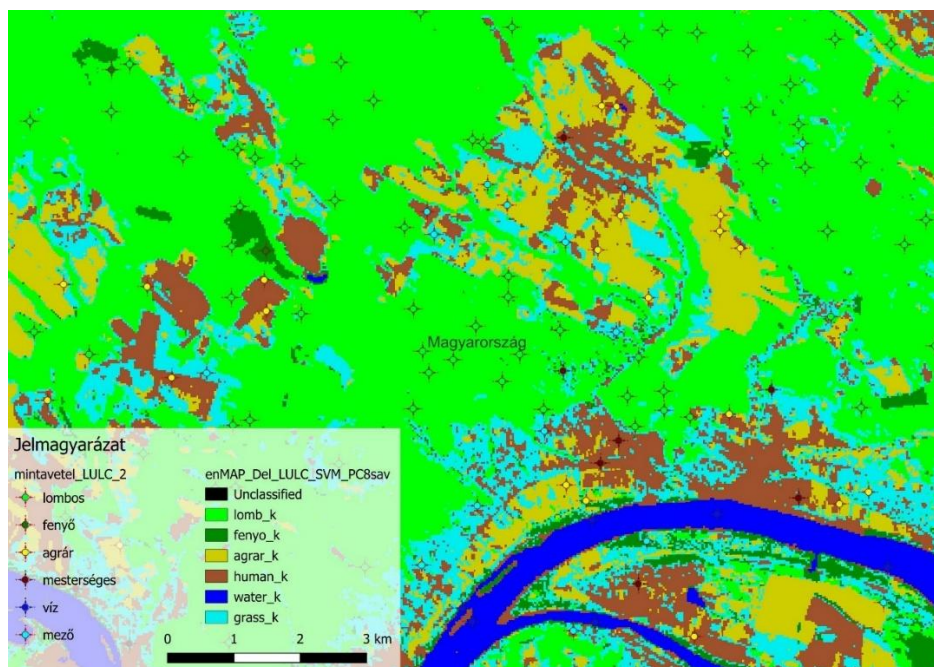
A számítások elvégzéséhez Python programnyelvet használtunk, az osztályozásokat ENVI 4.8 szoftverben futtattuk le, a térinformatikai feladatokat QGIS (3.36)-ban végeztük el.

Eredmények

A képosztályozást megelőzően elvégzett dimenziócsökkentő eljárások célja, hogy a hiperspektrális kép 224 sávját 10-20 sávra redukáljuk. Az összes sáv használatával a LULC osztályozás teljes pontossága (Overall Accuracy – OA) 90%, a fafajosztályozás pontossága 88% lett. Legjobb eredményt a PC-transzformáció adta, ahol az első 8 transzformált sáv osztályozásával az OA 95% lett. Fafajosztályozás esetén gyengébb, 85% lett. Az osztályozás hibázása (a további sávkiválasztó módszerekkel megegyezően) a mesterséges felszínek félreosztályozásának köszönhető, 4 ponton az erdőket is ebbe az osztályba sorolta (152 jól osztályozott pont mellett), de a falvak sok zöldterületet tartalmazó területeit is 7 esetben mezőgazdasági területként azonosította az SVM osztályozó. (2. ábra) A különböző sávkiválasztó eljárásokkal elvégzett osztályozások pontosságát a 2. táblázat tartalmazza.

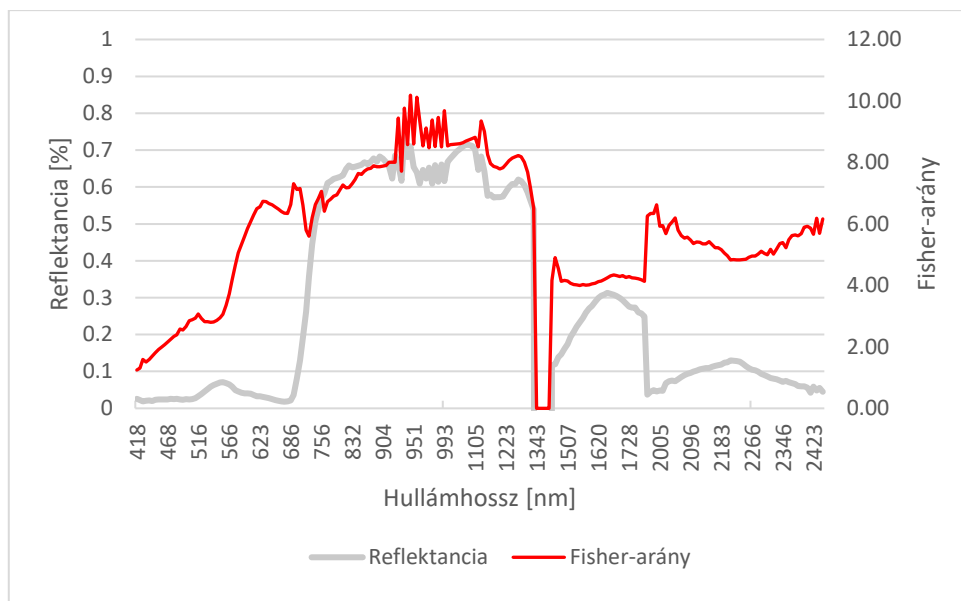
2. táblázat: Különböző osztályozások pontossága

	LULC	Fafaj
224 sáv	88 %	90 %
PC (8 sáv)	95 %	85 %
Fisher-arány (12 sáv)	90 %	89 %
JM távolság (10 sáv)	88 %	86 %
SFS (10 sáv)	89 %	86 %
GA (12 sáv)	92 %	92 %
kiválasztott sávok (11 sáv)	91 %	92 %



2. ábra: Felszínborítási osztályozás eredménye

A Fisher-arány erős korrelációt mutat a növényzet reflektanciájával, így a legjobb sávok a felszínborítások és a fafajok elkülönítésére egyaránt az infravörös tartományba esnek.



3. ábra: Fisher-arány változása

Az értékek alapján a következő sávokat választottuk ki a LULC osztályozáshoz:

3. táblázat: Legjobb Fisher-aránnyal rendelkező sávok

Sáv száma	21	54	61	90	113	170	222
hullámhossz	516	707	756	944	1128	1996	2430

A Mutual Information és a Jeffries-Matushita távolság egymással szoros összefüggést mutat, mindkettő alkalmas a megfelelő sávok kiválasztására. A látható és a közeli infravörös fénytartományban ezen mérőszámok alakulása hasonló a LULC és a fajok esetében, viszont 1000 nm fölött jelentős eltérések tapasztalhatók (4. ábra). A LULC osztályozáshoz kiválasztott sávokat a 4. táblázat, a fajok osztályozásához kiválasztott sávokat a

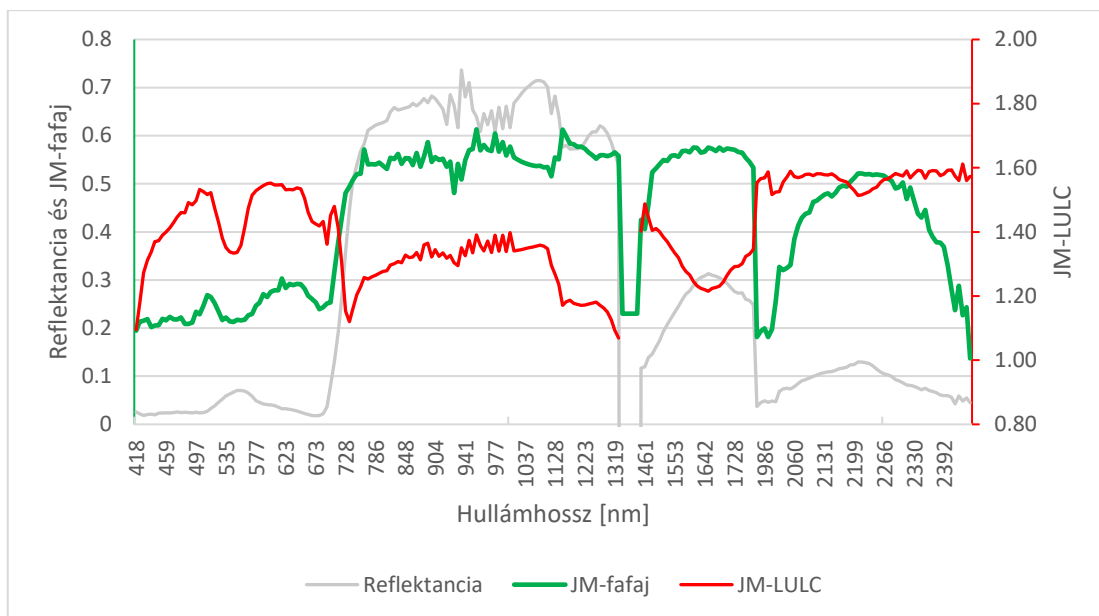
5. táblázat tartalmazza. A fajok elkülönítése esetén megjegyzendő, hogy a különböző fajok spektrális tulajdonságai alig térnek el egymástól, így értelemszerűen a JM távolságok is alacsonyak lesznek. A LULC esetén tapasztalt 1,2-1,6 tartomány helyett ebben az esetben csak 0,2-0,6 tartományt kapunk.

4. táblázat: Legnagyobb Jeffries-Matushita távolságú sávok LULC esetén

Sáv száma	18	36	45	69	92	137	187	207
hullámhossz	501	594	648	817	953	1461	2148	2314

5. táblázat: Legnagyobb Jeffries-Matushita távolságú sávok fajosztályozás esetén

Sáv száma	20	40	62	92	115	129	145	150	157	163	194	201
Hullámhossz	511	617	764	953	1152	1319	1553	1609	1685	1749	2208	2266

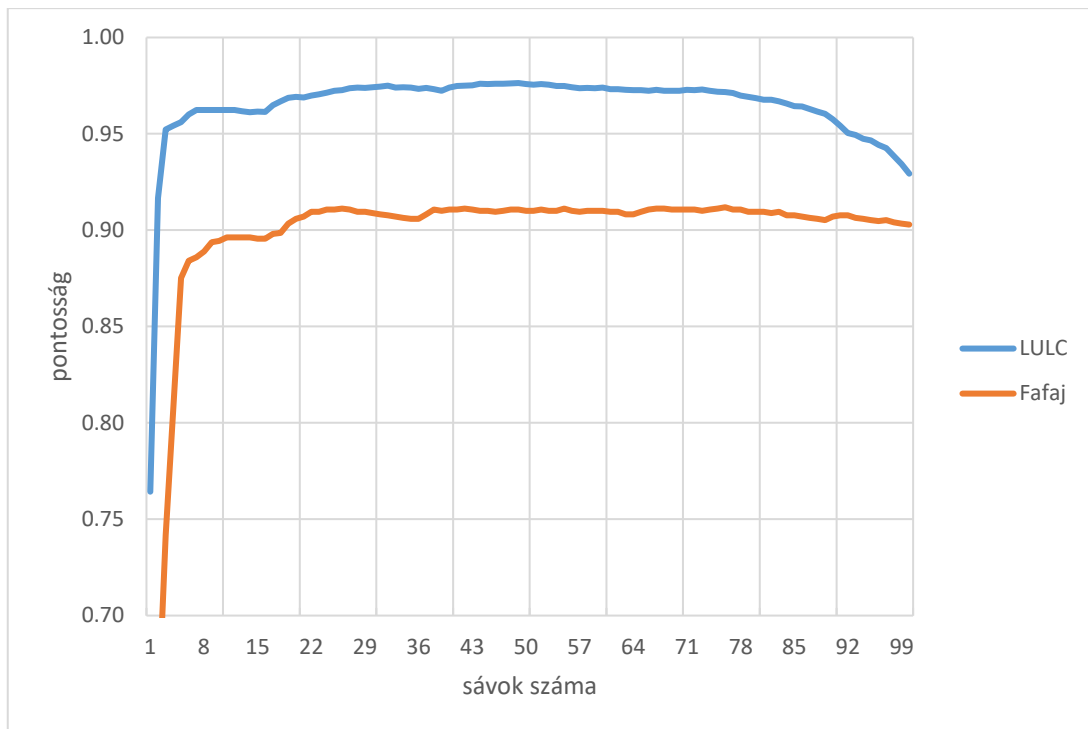


4. ábra: Jeffries-Matshita távolság változása LULC osztályozás és fajosztályozás esetén

A sávkombinációk kiválasztásán alapuló eljárások közül az SFS eljárással 100 sávot választottunk ki. LULC osztályozás esetén az első 7 sáv után a pontosság már nem javult számottevően, a pontosság maximuma 49 sávnál volt, de 30 sáv után kisebb romlás is megfigyelhető (5. ábra). A faj osztályozás pontossága alacsonyabb volt, de alakulása megegyezik a LULC osztályozásával. A 12. kiválasztott sáv után már csak keveset javul, 25 sáv után pedig már romlik az osztályozás pontossága. A kiválasztott sávokat és az SVM pontosságát a 6. táblázat tartalmazza. A vizsgálat jellegéből adódóan itt a sávok kiválasztása során a Python program elvégzi az osztályozást, a validációhoz pedig a tanítóterületek 30%-át használtuk poligon-szintű kiválasztással.

6. táblázat: SFS eljárással kiválasztott sávok, és a fajosztályozás pontossága

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sáv száma	175	183	55	144	31	198	204	112	199	54
Hullámhossz	2042	2113	714	1542	566	2241	2290	1116	2249	707
SVM OA	0,534	0,647	0,742	0,808	0,875	0,884	0,886	0,889	0,894	0,894



5. ábra: A pontosság változása az SFS eljárással kiválasztott sávok számának függvényében

A genetikus algoritmus során 12 sávot választottunk ki. Az eljárás tág határok között paramétereztető, és az SFS eljáráshoz képest is nagyobb szerep jut a véletlennek, ezért több beállításal, többször is lefuttattuk. A legjobb eredményt 50 generáció lefuttatásával, 20% mutációval kaptuk, a populáció mérete pedig 150 volt. Az így kapott sávokat az 7. táblázat tartalmazza, melyekkel 92%-os lett a LULC osztályozás. A fafajosztályozás pontossága ugyanezekkel a paraméterekkel 0,924 lett, a kiválasztott sávokat a

8. táblázat tartalmazza.

7. táblázat: Genetikus algoritmussal kiválasztott, legjobb LULC osztályozást biztosító sávok

Sáv száma	1	3	26	29	45	46	51	56	92	95	107	224
Hullám-hossz	418	429	540	556	648	654	686	721	953	969	1059	2445

8. táblázat: Genetikus algoritmussal kiválasztott, legjobb fafajosztályozást biztosító sávok

Sáv száma	1	18	21	50	53	134	139	144	145	199	201	205
Hullám-hossz	418	501	516	680	700	1379	1484	1542	1553	2249	2266	2298

Következtetések

A dimenziócsökkentés különböző módjai közül kiemelkedik a PC transzformáció, mellyel 95%-os pontosságot értünk el az enMAP hiperspektrális műholdkép LULC osztályozása során. A sáv kiválasztó eljárások közül a genetikus algoritmus mutatta a legjobb eredményt, de

csak abban az esetben, ha többször és többféle beállítással futtattuk a programot. 15 sávnál többet egyik esetben sem érdemes használni, 30 sáv fölött pedig már romlik az osztályozás pontossága. A sávkiválasztó eljárások során a legfontosabb sávok részben eltérnek a fafajosztályozás és a LULC osztályozása során. A különböző módszerekkel kiválasztott sávok gyakran 1-2 sáv különbséget mutatnak, ami 5-15 nm különbséget jelent. Ezeket az eltéréseket figyelembe véve a legfontosabb sávokat a 9. táblázat tartalmazza, melyeket az összes sávkiválasztó eljárást összevetve állítottunk össze. Fafajosztályozáshoz az így összeállított sávkészlet biztosította a legjobb eredményt.

9. táblázat: Az osztályozáshoz kiválasztott sávok

LULC osztályozás		fafajok osztályozása	
sáv száma	hullámhossz	sáv száma	hullámhossz
3	429	20	511
26	540	31	566
38	605	55	714
45	648	62	764
51	686	92	953
57	728	115	1152
92	953	129	1319
99	985	139	1484
107	1093	175	2042
135	1390	194	2208
224	2445	204	2290

Irodalomjegyzék

2021. évi CXLIV. törvény a Földmegfigyelési Információs Rendszerről, valamint ezzel összefüggésben egyes törvények módosításáról, Pub. L. No. 144 (2022). Retrieved from <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a2100144.tv>
- A. A. GREEN - M. BERMAN - P. SWITZER - M. D. CRAIG (1988): A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 26(1), 65–74.
- AXELSSON, A. - LINDBERG, E. - REESE, H. - OLSSON, H. (2021): Tree species classification using Sentinel-2 imagery and Bayesian inference *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 100, 7.
- BASHEER, S. - WANG, X. - FAROOQUE, A. A. - NAWAZ, R. A. - LIU, K. - ADEKANMBI, T. - LIU, S. (2022): Comparison of Land Use Land Cover Classifiers Using Different Satellite Imagery and Machine Learning Techniques *Remote Sensing*, 14(19), 4978.
- D. LANDGREBE (2002): Hyperspectral image data analysis *IEEE Signal Processing Magazine*, 19(1), 17–28.
- ESKANDARI, S. - ALI MAHMOUDI SARAB, S. (2022): Mapping land cover and forest density in Zagros forests of Khuzestan province in Iran: A study based on Sentinel-2, Google Earth and field data *Ecological Informatics*, 70, 101727.
- G. HUGHES (1968): On the mean accuracy of statistical pattern recognizers *IEEE Transactions on Information Theory*, 14(1), 55–63.

- GEORGE, R. - PADALIA, H. - KUSHWAHA, S. P. S. (2014): Forest tree species discrimination in western Himalaya using EO-1 Hyperion *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 28, 140–149.
- GU, Q. - LI, Z. - HAN, J. (2012): Generalized Fisher Score for Feature Selection *Proceedings of the 27th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence, UAI 2011*. Retrieved from <https://arxiv.org/pdf/1202.3725>
- IMMITZER, M. - NEUWIRTH, M. - BÖCK, S. - BRENNER, H. - VUOLO, F. - ATZBERGER, C. (2019): Optimal Input Features for Tree Species Classification in Central Europe Based on Multi-Temporal Sentinel-2 Data *Remote Sensing*, 11(2599), 23.
- LI, S. - WU, H. - WAN, D. - ZHU, J. (2011): An effective feature selection method for hyperspectral image classification based on genetic algorithm and support vector machine *Knowledge-Based Systems*, 24(1), 40–48.
- MOLNÁR, T. - KIRÁLY, G. (2024): Forest Disturbance Monitoring Using Cloud-Based Sentinel-2 Satellite Imagery and Machine Learning *Journal of Imaging*, 10(1), 14.
- RICHARDS, J. A. - JIA, X. (EDS.) (2006): *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction* 4th Edition. Berlin, Heidelberg.
- SAWANT, S. - PRABUKUMAR, M. (2020): A survey of band selection techniques for hyperspectral image classification *Journal of Spectral Imaging*.
- STORCH, T. - HANS-PETER HONOLD - SABINE CHABRILLAT - MARTIN HABERMEYER - ETC - SEBASTIAN FISCHER (2023): The EnMAP imaging spectroscopy mission towards operations *Remote Sensing of Environment*, 294(113632).

A VADÁSZAT, MINT REKREÁCIÓS TEVÉKENYSÉG ÉRTÉKÉNEK MEGHATÁROZÁSA EGY VADÁSZATRA JOGOSULT ADATAINAK PÉLDÁJÁN KERESZTÜL

Assessing the Value of Hunting as a Recreational Activity: A Case Study Based on Data from a Game Management Unit

KAPOCSI GERGELY¹, HORVÁTH SÁNDOR², LÁSZLÓ RICHÁRD¹

¹ Soproni Egyetem, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet

²WOODTECH Zrt.

kapocsi.gergely@phd.uni-sopron.hu

Kivonat

Kutatásunkban a vadászat, mint ökoszisztéma-szolgáltatás gazdasági jelentőségét vizsgáltuk, annak érdekében, hogy meghatározzuk, hogy ezen sport, szabadidős tevékenység milyen rekreációs értéket képvisel. A vizsgálat során egy Hanság-mosoni vadgazdálkodási tájegységben működő vadászatra jogosultnál jelentkező vadászati rekreációs értéket határoztuk meg az utazási költség módszerrel (travel cost method, TCM). Számításaink alapján a vizsgált vadásztársaság éves átlagos vadászati rekreációs értéke 18,8 millió HUF, ami tagonként átlagosan 570 ezer HUF/fő/év gazdasági értéket képvisel. Azaz a vadászatra és utazásra fordított időt, valamint az utazási költségeket számításba véve, ekkora az időtöltés gazdasági értéke.

Abstract

In our research, we examined the economic significance of hunting as an ecosystem service in order to determine the recreational value represented by this sport and leisure activity. The study estimated the recreational value of hunting for a game management unit operating within the Hanság–Moson game management region using the travel cost method (TCM). Based on our calculations, the average annual recreational value of hunting for the examined game management unit amounts to HUF 18.8 million, corresponding to an average economic value of approximately HUF 570,000 per member per year. That is, taking into account the time devoted to hunting and travel, as well as travel-related expenses, this represents the economic value of the recreational activity.

Bevezetés

A múlt század közepe óta eltelt évtizedekben több tanulmány is vizsgálta a rekreáció, mint ökoszisztéma szolgáltatás értékét. Nemzetközi és hazai tanulmányok is elemezték a természetjárás, kirándulók által élvezett rekreáció gazdasági jelentőségét. Jelen tanulmány elsőként törekszik a vadászati rekreáció gazdasági értékének számszerűsítésére Magyarországon, meghatározott értékelési módszerek alkalmazásával, több forrásból származó adatok felhasználásával. Az ökoszisztéma-szolgáltatások nyomon követése és feltérképezése nehéz feladat, mivel sok különböző területet érint. Az erdők például munkalehetőséget és bevételeket biztosítanak olyan különböző területeken, mint a kitermelt faanyag és egyéb erdei termékek, ideértve a turizmust és a rekreációt is (WINKEL ET AL., 2022). A vadászat és vadgazdálkodás, mint a vadon élő állatok rekreációs hasznosítása fontos ökoszisztéma-szolgáltatás, amely hozzájárul a vidéki gazdaságok fenntarthatóságához és a természetes élőhelyek védelméhez (BRIDA ET AL., 2013). A vadászati rekreáció gazdasági értékének becslése tájékoztathatja a politikai döntéshozókat és a földhasználókat arról, hogy a fenntartható vadgazdálkodási és turisztikai stratégiák milyen értéket képviselnek (HJERPE, 2017) és felhívhatja a

figyelmet a természeti erőforrások fenntartható használatára a vidéki gazdaságok fenntartásában. (HELLIWELL, 1969). A vadgazdálkodás, mint ökoszisztéma-szolgáltatás gazdasági értékének meghatározása támogathatja a fenntartható vadgazdálkodási és turisztikai politikák kidolgozását (PLATON et al 2015; LIEKENS et al. 2013). A rekreáció, mint ökoszisztéma-szolgáltatás gazdasági értékének becslésére a leggyakoribb módszer az utazási költség módszer, de számos tanulmány is meghatározott preferenciamódszerekre támaszkodik, mint például a feltételes értékelés vagy a választási kísérlet. Az utazási költség módszer az ökoszisztémák által nyújtott rekreációs szolgáltatásokat azon kiadások és idő alapján értékeli, amelyeket az emberek hajlandóak befektetni annak érdekében, hogy élvezhessék őket (SZÉCHY et al. 2023). Tanulmányunkban az utazási költség módszer segítségével határoztuk meg egy vadászatra jogosultnál jelentkező vadászat ökoszisztéma szolgáltatás értékét.

Irodalmi áttekintés

Napjainkban egyre nagyobb az érdeklődés az akadémikusok és a politikai döntéshozók körében a biológiai sokféleség és az ökoszisztéma-szolgáltatások változatos értékeinek felmérése és azok fenntartása iránt. A Millennium Ecosystem Assessment (MEA) már 2005-ben elindított egy kezdeményezést, a „Biodiverzitás és ökoszisztéma-szolgáltatások gazdaságtanáról”, melynek célja az ökoszisztéma-szolgáltatás előnyeinek potenciális, főként gazdasági értékének azonosítása és bemutatása volt (BREDIN et al. 2015; TEEB-KUMAR, 2010). A gazdasági, társadalmi igények, a biológiai sokféleség és az ökológiai funkciók közötti egyensúly megteremtéséhez szükség van a vadon élő állatok, az emberek és az élőhelyek közötti összetett kölcsönhatások teljes megértésére. Napjainkban egyre nagyobb szerepet játszanak az ökoszisztéma-szolgáltatások, amelyek a fenntartható vadgazdálkodással alkalmasak a környezet- és természetvédelmi előnyök megteremtésére. A természet által a társadalom számára nyújtott előnyöket gyakran természetesnek veszik és ezért elhanyagolják azokat az egyértelmű pénzügyi következményekkel járó szempontokkal szemben. Emiatt a természeti értékek és az ökoszisztéma-szolgáltatások pénzben kifejezett értékének meghatározása a környezet és a társadalom szempontjából is kedvezőbb döntésekhez vezethet (HELLIWELL, 1969).

Az **ökoszisztéma-szolgáltatás fogalmát** a Természetvédelmi Törvény (1996 évi LIII Tvt.) határozza meg (4. § r) pont): „Azok a javak (termékek és szolgáltatások), amelyeket az ökológiai rendszer természetes vagy átalakított formájában nyújt, növelve a társadalom és a tagjainak jólétét.”. Ez a meghatározás azért is jelentős, mert így sikerült az ökoszisztéma szolgáltatás fogalmát a társadalomkutatás és a politika egyik kulcsfontosságú fogalmához, az emberi anyagi jóléthez (welfare), illetve társadalmi, egyéni jól-léthez (well-being) kapcsolnia (KOVÁCS et al. 2011).

Az erdők különféle ökoszisztéma-szolgáltatást nyújtanak a társadalom számára, az ellátástól a kulturális szolgáltatásokig. (BRIDA et al. 2013) Ezen adottságok közé tartozik többek között az élelmiszer, az édesvíz, a szénmegkötés és -tárolás, a talajképződés, a tápanyagciklus ellátás, ugyanakkor ezek a szolgáltatások rekreációs, kulturális és szellemi előnyöket is nyújtanak (DE GROOT et al. 2012; RUIJGROK, 2006). Ezen szolgáltatások társadalmi elismertsége egyre nagyobb, kutatása egyre jelentősebb. A vadászat, mint rekreációs tevékenység, ökoszisztéma szolgáltatás vizsgálata azonban még csak napjainkban kezdődött.

A rekreáció, mint ökoszisztéma-szolgáltatás gazdasági értékének becslésére a legelterjedtebb módszer az utazási költség módszer, de számos olyan tanulmány is létezik, amely a kifejezett preferencia módszerére támaszkodik, mint például a feltételes értékelés vagy a választási kísérlet (SZÉCHY et al. 2023).

Anyag és Módszer

Az utazási költség módszer (travel cost method – TCM) a kinyilvánított preferencia módszerek egyik legismertebb, s legelterjedtebben használt módszere, amely során egy megfigyelt magatartást használnak a természeti/környezeti érték számítására, s a fogyasztás valós, már megtörtént cselekedetei alapján becsülik az értékelte erőforrás iránti keresletet, illetve annak értékét (MARJAINÉ, 2005).

Az adatokat MS Excelben gyűjtöttük össze és dolgoztuk fel, a szükséges elemzéseket is így végeztük el.

Magyarországon a vadgazdálkodási feladatokat 1447 vadászatra jogosult látja el, róluk az Országos Vadgazdálkodási Adattárban (OVA) megtalálható adatokat használtuk elsődleges adatforrásként.

Az elemzéshez használt adatokat vadászok és vadászati egyesületek körében végzett kérdőíves felméréssel gyűjtöttük. Felméréseink során a 2023/2024-es vadászati évre vonatkozóan 8 észak-nyugat dunántúli vadásztársaságtól kértünk be a vadászati tevékenységükre vonatkozó adatokat (vadászatok éves száma, tagok száma, társasvadászatok száma, társasvadászatokon megjelentek száma, vadászat során megtett átlagos út, vadászat átlagos időtartama) melyeket az elemzésünk során felhasználtunk. Az 501-es Hanság-mosoni vadgazdálkodási tájegyében található egyik vadászatra jogosult példáján mutatjuk be az utazási költség módszer felhasználhatóságát az ökoszisztéma-szolgáltatások értékének meghatározására.

A költségszámításhoz kapcsolódó adatokhoz a NAV által biztosított adattáblákat hívtuk segítségül (átlagkereset, gépjármű használat és fogyasztás adatai).



6. ábra: A vizsgált vadászterületek elhelyezkedései (forrás: alaptérkép OVA, 2015)

Az utazási költség elemzése során a NAV (Nemzeti Adó és Vámhivatal) által a 2023/2024 vadászati év időszakára (2023 március 1 -2024 február 29) közölt (NAV 1, NAV 2) elszámolható üzemanyagköltségek átlagárát használtuk. Vizsgálatunk során a gépjármű használatot a NAV személygépkocsi állomány üzemanyag-felhasználás szerinti adatai (NAV 3) alapján arányosítottuk 1/3 : 2/3 (diesel : benzin) arányban.

Az elemzés során a NAV által meghatározott (NAV 4) 1500-2000 cm³ motor hengerűrtartalmú benzín és gázolajüzemű gépkocsi alapnorma-átalány mértékét használtuk, a fenti arányokkal számítva $(9,5 \times 1/3 + 6,7 \times 2/3) / 3 = 7,61/100$ km. Szintén ezekkel az arányokkal arányosítottuk a 2023-ra számított üzemanyagárakat, mely így átlagosan 631 HUF/l értéket jelent.

A rekreáció, mint ökoszisztéma-szolgáltatás gazdasági értékének becslésére a leggyakoribb módszer az utazási költség módszer. Az utazási költség módszer az ökoszisztémák által nyújtott rekreációs szolgáltatásokat azon kiadások és idő alapján értékeli, amelyeket az emberek hajlandóak befektetni annak érdekében, hogy élvezhessék őket.

Az utazási költségmódszer az ökoszisztémák által nyújtott rekreációs szolgáltatásokat azon kiadások és idő alapján értékeli, amelyet az emberek hajlandóak befektetni annak érdekében, hogy élvezhessék azokat. Ezt a módszert széles körben alkalmazták a különféle erdők által nyújtott rekreációs hasznok becslésére több eltérő tanulmányban is. Míg az utazási költségek módszere a tényleges fogyasztói magatartás megfigyelésére támaszkodik, addig a megadott preferenciák módszerei felmérések segítségével kérdezik ki az egyének fizetési hajlandóságát az ökoszisztéma- szolgáltatásokért, amelyek hipotetikus jellege miatt kevésbé megbízható értékeket eredményezhet. A feltételes értékelés módszerét alkalmazva más tanulmányokban szintén azt vizsgálták, hogy a rekreációs lehetőségek fontos tényezői az emberek fizetési hajlandóságának az erdőgazdálkodási programokért. Az utazási költségek módszerét alkalmazó tanulmányok általában magasabb értékbecsléseket adnak, mint a megadott preferenciák módszerei (SZÉCHY ET AL, 2023).

- Az utazással kapcsolatos költségek és időráfordítás számszerűsítése.
- Az egy vadászat alkalmával megtett távolság és az üzemanyagköltség kiszámítása.
- Az idő költségének becslése a vadászok átlagos órabérének 30%-ával.

Eredmények

Az egyéni vadászatok száma, az éves vadászati alkalmak, az átlagos utazási távolság és a vadászattal töltött idő alapján meghatároztuk a rekreációs értéket. Számításaink során megbecsültük a vadászat értékét a kiválasztott minta területen. Egy adott vadászat értéke tehát két elemből tevődik össze: a közvetlen utazási költségekből és az utazásra fordított idő alternatív költségéből.

A vizsgált vadásztársaság 33 taggal rendelkezik, és a 2023/2024-es vadászati évben a beírókönyvben összesen **2400 egyéni vadászati alkalmat** rögzítettek. Emellett évente **13 társas vadászatot** tartanak, amelyeken átlagosan átlagosan 17 fő vesz részt, ami **221 társas vadászati alkalmat** eredményez. Így a vadászterületen összesen **2621 vadászati esemény** történt az adott időszakban.

A résztvevők átlagosan 17 km-es távolságból érkeznek, és egy vadászat során további mintegy 20 km-t tesznek meg a területen belül, így egy alkalomra **átlagosan 54 km** utazási távolság adódik. A vadászok jellemzően egyedül közlekednek, egy vadászat átlagos időtartama 4 óra, ehhez hozzáadódik az utazási idő, amely a 54 km-es táv és a 60 km/h-s átlagsebesség alapján **0,9 óra**. Így egy vadászati alkalom teljes időráfordítása **4,9 óra**.

Az **utazási költségek** meghatározása két tételből állt:

1. **Üzemanyagköltség:** az átlagos 7,6 l/100 km fogyasztással és 631 HUF/l üzemanyaggal számolva a 54 km-es út költsége:

$$54 \times \frac{7,6}{100} \times 631 = 2\,590 \text{ Ft}$$

2. **Amortizáció:** a NAV 2023. évi elszámolható járműhasználati költsége alapján 18 HUF/km-rel számolva:

$$54 \times 18 = 972 \text{ Ft}$$

A két tétel összege alapján az **utazási költség** egy vadászat alkalmával **3 562 HUF**.

Az **időráfordítás alternatív költségét** a szakirodalomban alkalmazott 30%-os arány (SZÉCHY ET AL, 2023) alapján határoztuk meg, mivel nem álltak rendelkezésre pontos adatok a tagok tényleges jövedelméről. A számításhoz a 2023. évi nettó átlagkeresetet (393 700 HUF; KSH, 2023) használtuk, amelyből 2460 HUF-os nettó órabér adódik. Ez alapján egy vadászat esetén az időráfordítás alternatív költsége:

$$4,9 \times 2\,460 \times 0,3 = 3\,617 \text{ Ft}$$

A két komponens (utazási költség és időráfordítás értéke) összege adja a **vadászattal töltött idő összesített értékét** egy alkalomra:

$$3\,562 + 3\,617 = 7\,179 \text{ Ft/vadászat}$$

A **teljes éves gazdasági érték** meghatározásához ezt az értéket megszoroztuk az éves vadászati alkalmak számával:

$$2621 \times 7179 = 18\,816\,159 \text{ Ft/év}$$

A 33 tagra vetítve a tagonkénti éves rekreációs érték **570 186 HUF/fő**. Ennek valamivel több, mint fele tényleges, közvetlenül felmerülő költség (utazás), míg a másik része a vadászatra fordított idő elméleti, alternatív költsége.

A vizsgált vadászterület átlagos éves rekreációs értéke **18,8 millió HUF**, országos szinten pedig – a vadászatra jogosultak, valamint a vadászjeggyel rendelkező vadászok száma alapján becsülve - a vadászati rekreáció gazdasági értéke tízmilliárdos nagyságrendben mérhető. A 2023/2024-es vadászati évre vonatkozó vadgazdálkodási jelentés alapján a vad elejtésekből, lőtt vad értékesítésből, egyéb bevételekből valamint pályázati támogatásokból számított országos éves összes bevétel 39,5 milliárd HUF (CSÁNYI et al. 2024). Látható tehát, hogy a vadászat rekreációs értéke összemérhető a vadgazdálkodási jelentésben számított bevételek értékével.

Eredmények megvitatása

A számítások alapján a vizsgált vadásztársaság éves átlagos vadászati rekreációs értéke 18,8 millió HUF, ami tagonként átlagosan 570 ezer HUF/fő/év gazdasági értéket képvisel. Amennyiben az országos vadászati adatokra vetítjük a módszert, a vadászati rekreáció éves szinten tízmilliárd forintos nagyságrendű gazdasági értéket képviselhet. Ez az összeg önmagában is jelentős, ugyanakkor a többi ökoszisztéma-szolgáltatáshoz viszonyítva is figyelemre méltó.

A természetjárás – mint nem-fogyasztó jellegű rekreációs tevékenység – gazdasági értékét több tanulmány is vizsgálta, és jellemzően az erdőlátogatók által generált rekreációs érték nagyságrendje hasonló, vagy kissé alacsonyabb, mint a vadászati tevékenységé (SZÉCHY ET AL, 2023). Míg azonban az erdőlátogatás esetében a költségek túlnyomó részét az utazás és az időráfordítás teszi ki, a vadászatnál ezen felül számottevő egyéb kiadások is jelentkeznek (például szállásköltség, lőszer, fegyverbeszerzés és -karbantartás, vadászati engedélyek és tagsági díjak).

A vadgazdálkodási ágazat bevételi oldalát tekintve a rekreációs érték a teljes gazdasági hatásnak csak egy része: a közvetlen OVA adatok alapján mérhető vadászati bevételekhez (például bérvadászat, trófeadíj, húsértékesítés) hozzáadódva tovább növelik az ágazat gazdasági jelentőségét. A közvetlen és közvetett költségek, valamint a kiegészítő kiadások együttes figyelembevételével feltételezhető, hogy a vadászati ágazat éves forgalma Magyarországon megközelítheti a **100 milliárd HUF-os nagyságrendet**.

Ez az eredmény hangsúlyozza, hogy a vadászat nem csupán jelentős ökoszisztéma-szolgáltatás, hanem számottevő gazdasági ágazat is, amely a természetes élőhelyek fenntartásához és kezeléséhez kapcsolódó bevételek mellett fontos szerepet játszik a vidéki térségek gazdaságában és turizmusában.

Ez a vizsgálat úttörő jellegűnek tekinthető a témában, így eredményei elsősorban kiindulópontot jelentenek a további elemzésekhez. További kutatások szükségesek a vadászat rekreációs értékének pontosabb feltárásához, mind lokális, mind országos szinten. Kiemelt jelentőséggel bírna a társadalmi, gazdasági és kulturális dimenziók integrált vizsgálata, amelyek együttesen formálják az ökoszisztéma-szolgáltatások értékét. A jelen eredmények arra utalnak, hogy a vadászat jelentős rekreációs és természetélményt közvetítő funkcióval bír. A jövőbeni empirikus kutatások hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a vadászat szerepe a fenntartható erőforrás-gazdálkodásban és a vidéki közösségek jólétében átfogóbb megvilágításba kerüljön.

Irodalomjegyzék

- BRIDA J. G. – DISEGNA M. – SCUDERI R. (2013): The behaviour of repeat visitors to museums: review and empirical findings. In *Quality & Quantity* (Vol. 48, Issue 5, p. 2817). Springer Science+Business Media. <https://doi.org/10.1007/s11135-013-9927-0>
- CSÁNYI S. (2015): Magyarország vadgazdálkodási tájai és tájegységei, Országos Vadgazdálkodási Adattár SZIE Vadvilág Megőrzési Intézet, Gödöllő
- CSÁNYI S. – MÁRTON M. – BÖTI SZ. – SCHALLY G. (2024): Vadgazdálkodási Adattár - 2023/2024. vadászati év. MATE VTI, Országos Vadgazdálkodási Adattár, Gödöllő, 70 pp.
- HELLIWELL D. R. (1969): Valuation of wildlife resources. In *Regional Studies* (Vol. 3, Issue 1, p. 41). Routledge. <https://doi.org/10.1080/09595236900185051>
- HJERPE E. E. (2017): Outdoor Recreation as a Sustainable Export Industry: A Case Study of the Boundary Waters Wilderness. In *Ecological Economics* (Vol. 146, p. 60). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.10.001>
- KOVÁCS E. – PATAKI GY. – KELEMEN E. – KALÓCZKAI Á. (2011): Az ökoszisztéma-szolgáltatások fogalma a társadalomkutató szemszögéből – Magyar Tudomány 2011. július 780 o., <http://www.matud.iif.hu/2011/07/03.htm>
- LIEKENS I. – NOCKER L. D. – BROEKX S. – AERTSENS J. – MARKANDYA A. (2013): Ecosystem Services and Their Monetary Value. In Elsevier eBooks (p. 13). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-419964-4.00002-0>
- MARJAINÉ DR. SZERÉNYI ZS. (2005): A természetvédelemben alkalmazható közgazdasági értékelési módszerek. A környezetvédelmi és vízügyi minisztérium természetvédelmi hivatalának tanulmánykötete Budapest, 2005. március
- PLATON V. – FRONE S. – CONSTANTINESCU A. (2015): New Developments in Assessing Forest Ecosystem Services in Romania. In *Procedia Economics and Finance* (Vol. 22, p. 45). Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00225-7](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00225-7)
- SZÉCHY A. – SZERÉNYI Z. (2023): A magyarországi erdei ökoszisztémák által nyújtott rekreációs szolgáltatások értékelése. *Fenntarthatóság* 2023, 15, 3924. <https://doi.org/10.3390/su15053924>
- WINKEL G. – LOVRIC M. – MUYS B. – KATILA P. – LUNDHEDE T. – PECURUL M. – PETTENELLA D. – PIPART N. – PLIENINGER T. – PROKOFIEVA I. – PARRA C. – PÜLZL H. – ROITSCH D. – ROUX J.-L. – THORSEN B. J. – TYRVAINNEN L. – TORRALBA M. – VACIK H. – WEISS G. – WUNDER S.

- (2022): Governing Europe's forests for multiple ecosystem services: Opportunities, challenges, and policy options. In *Forestry and Economics*, Volume 145. 2022.
- DE GROOT R. – BRANDER, L. – VAN DER PLOEG S. – COSTANZ R. – BERNARD F. – BRAAT L. – CHRISTIE M. – CROSSMAN N. – GHERMANDI, A – HEIN L. – HUSSAIN S.– PUSHPAM K. – MCVITTIE A. – ROSIMEIRY P.– RODRIGUEZ L. C, –, TEN BRINK P. – VAN BEUKERIN P. (2012) Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosyst. Services 1*, 50-61.
- RUIJGROK, E. C. M. (2006): The three economic values of cultural heritage: a case study in the Netherlands. In *Journal of Cultural Heritage* (Vol. 7, Issue 3, p. 206). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2006.07.002>
1996. évi LIII. törvény a természet védelméről
- NAV 1 <https://nav.gov.hu/ugyfeliranytu/uzemanyag/2023-ban-alkalmazhato-uzemanyagarak>
- NAV 2 <https://nav.gov.hu/ugyfeliranytu/uzemanyag/2024-ben-alkalmazhato-uzemanyagarak>
- NAV 3 https://www.ksh.hu/stadat_files/sza/hu/sza0025.html
- NAV 4 <https://nav.gov.hu/ugyfeliranytu/uzemanyag/gjnorma>
- KSH (2023) <https://www.ksh.hu/gyorstajekoztatok/ker/ker2312.html>

VÁROSI ERDŐK SZEREPE A TELEPÜLÉSI CO₂ KIBOCSÁTÁSOK ELLENTÉTELEZÉSÉBEN: SZÉNMEÉRLEG-ALAPÚ ÉRTÉKEELÉS ÉS TUDOMÁNYKOMMUNIKÁCIÓ SÁRVÁR VÁROS PÉLDÁJÁN

The Role of Urban Forests in Offsetting Municipal CO₂ Emissions:
A Carbon Balance-Based Assessment and Science Communication in Sárvár

KIRÁLY ÉVA¹, BOROVICS ATTILA¹

¹Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet
kiraly.eva.ilona@uni-sopron.hu

Kivonat

A városi erdők és fás zöldfelületek jelentős szerepet töltenek be a klímaváltozás mérséklésében, azonban a kulcsfontosságú ökoszisztéma-szolgáltatásnak az optimalizálása nagymértékben függ az erre vonatkozó tudományos eredmények hatékony kommunikációjától a döntéshozók és a szélesebb társadalmi rétegek felé. Jelen tanulmány célja annak bemutatása, hogy Sárvár városi erdeire és fás zöldterületeire vonatkozó klímavédelmi eredmények milyen tudománykommunikációs eszközökkel tehetők közérthetővé és alkalmassá a politikai döntéstámogatásra. Az elemzés az Országos Erdőállomány Adattár 2010–2023 közötti adataira és a Copernicus Tree Cover Density adatbázisra épült. Az eredmények szerint Sárvár városi fás vegetációja mintegy 366 ezer tonna CO₂ egyenértékű szén tárol biomasszájában, amelynek pénzügyi értéke meghaladja a 7,3 milliárd forintot. Az élő biomassza szénmegkötése, az új fatermékekben tárolt szén, valamint a termék- és energiahelyettesítés révén elkerült kibocsátások együttesen évi 10 116 tonna CO₂ egyenértékű klímavédelmi hozzájárulást jelentenek, ami a város teljes kibocsátásának 9,3%-át képes ellentételezni. A tanulmány bemutatja az ezekre az eredményekre épülő tudománykommunikációs stratégiát, amely infografikákra, célcsoport-specifikus tájékoztatókra és közösségimédia-kampányra épül. Következtetéseink szerint a vizuális és narratív elemekre épülő tudománykommunikáció hatékony eszköze lehet a városi zöldinfrastruktúra klímavédelmi szerepének láthatóvá tételében, és a helyi klímastratégiák társadalmi beágyazottságának erősítésében.

Abstract

Urban forests and tree-covered green spaces play an important role in climate change mitigation; however, the societal and policy uptake of these contributions largely depends on the effective communication of scientific results. The aim of this study is to demonstrate how climate-mitigation outcomes related to the urban forests and tree-covered green areas of Sárvár can be translated into accessible and policy-relevant messages using science communication tools. The analysis is based on data from the National Forest Inventory for the period 2010–2023 and the Copernicus Tree Cover Density database. The results indicate that Sárvár's urban woody vegetation stores approximately 366,000 tonnes of CO₂ equivalent carbon in its biomass, with an estimated monetary value exceeding HUF 7.3 billion. The combined effects of carbon sequestration in living biomass, carbon stored in newly produced wood products, and avoided emissions resulting from product and energy substitution amount to an annual climate-mitigation contribution of 10,116 tonnes of CO₂ equivalent, corresponding to 9.3% of the city's total emissions. The study presents a science communication strategy built on these results, including infographics, target-group-specific information materials, and a social media campaign. Our conclusions suggest that science communication based on visual and narrative elements can be an effective tool for making the climate-mitigation role of urban green infrastructure visible and for strengthening the societal embedding of local climate strategies.

Bevezetés

A klímaváltozás mérséklése és az ahhoz való alkalmazkodás a 21. század egyik meghatározó társadalmi és szakpolitikai kihívása, amely egyre hangsúlyosabban jelenik meg a városi térségekben (IPCC, 2021). A városok egyszerre koncentrálnak a globális üvegházhatásúgáz-kibocsátások jelentős részét, valamint a klímaváltozás kedvezőtlen hatásait, miközben a lakosság életminőségét közvetlenül befolyásoló döntések is itt születnek. Ennek következtében a városi és nemzeti klímapolitikák sikeressége sem pusztán technológiai vagy tervezési kérdés, hanem szorosan összefonódik a társadalmi elfogadottsággal, az intézményi tanulás-sal és a helyi kormányzás minőségével.

A városi zöldinfrastruktúra – ezen belül a városi erdők és fás zöldterületek – kiemelt szerepet töltenek be e kihívások kezelésében. Számos kutatás igazolja, hogy a városi fás vegetáció egyszerre járul hozzá a klímamitigációhoz (szénmegkötés, elkerült kibocsátások), a klímadaptációhoz (hőszigetelés mérséklése, vízmegtartás), valamint az ökoszisztéma-szolgáltatások széles körének biztosításához, beleértve az egészségügyi, rekreációs és esztétikai funkciókat (VELASCO ET AL., 2016; GOODWIN ET AL., 2023; REN ET AL., 2019; STEENBERG ET AL., 2019). Mindezek ellenére a városi erdők klímavédelmi jelentősége gyakran alulreprezentált a városi stratégiákban, különösen akkor, amikor rövid távú költségvetési vagy fejlesztési szempontok kerülnek előtérbe.

Ennek egyik alapvető oka az, hogy a városi erdők által nyújtott klímavédelmi szolgáltatások jelentős része „láthatatlan” marad a nem szakértő közönség számára. A szénmegkötés, a széntárolás vagy az elkerült kibocsátások absztrakt fogalmak, időben elnyúló hatásokkal, amelyek nehezen kapcsolhatók a mindennapi tapasztalatokhoz. Ebből fakadóan a városi fás zöldterületek gyakran elsősorban esztétikai vagy rekreációs elemként jelennek meg a közbeszédben, miközben stratégiai klímapolitikai jelentőségük háttérbe szorul.

Ebben az összefüggésben válik kulcsfontosságúvá a tudománykommunikáció szerepe. A tudománykommunikáció nem pusztán az információk egyszerűsített továbbítását jelenti, hanem olyan értelmezési és narratív keretek kialakítását, amelyek lehetővé teszik a tudományos eredmények társadalmi és politikai érvényesülését (KAPPEL–HOLMEN 2019). A városi klímapolitikák esetében ez különösen fontos, mivel a megvalósítás gyakran lakossági támogatást, viselkedésváltozást és hosszú távú intézményi elköteleződést igényel.

A városi erdők klímavédelmi szerepének kommunikációja ezért kettős kihívást jelent: egyrészt tudományosan megalapozott, számszerű eredményeket kell közvetíteni, másrészt olyan formában, amely érthető, releváns és érzelmileg is kapcsolódik a helyi közösségekhez. A vizuális eszközök, az infografikák, a mindennapi analógiák és a közösségimédia-platformok mind olyan tudománykommunikációs eszközök, amelyek alkalmasak lehetnek e kihívás kezelésére, ugyanakkor alkalmazásuk tudatos tervezést és módszertani megalapozottságot igényel.

Jelen tanulmány ezt a problémát Sárvár város példáján keresztül vizsgálja. A KIRÁLY ÉS BOROVIK (2025a,b) által készített elemzés számszerűsíti a városi erdők és fás zöldterületek klímavédelmi hozzájárulását, kimutatva, hogy azok a város teljes kibocsátásának közel egytizedét képesek ellentételezni. A jelen tanulmány újdonsága abban áll, hogy nem csupán e tudományos eredmények bemutatására törekszik, hanem arra is, hogy feltárja, miként fordíthatók le ezek az eredmények a tudománykommunikáció eszközeivel a nyilvánosság és a döntéshozók számára értelmezhető és hasznosítható formára.

A tanulmány célja ezért kettős: egyrészt bemutatni a Sárvárra vonatkozó klímavédelmi számítások tudományos hátterét, másrészt elemezni és értékelni az ezekre épülő tudománykommunikációs stratégiát. Ezzel a megközelítéssel a tanulmány hozzájárul a városi zöldinfrastruktúra klímapolitikai szerepéről szóló diskurzushoz, és gyakorlati iránymutatást kínál arra

vonatkozóan, miként tehetők a tudományos eredmények a helyi klímastratégiák aktív és hatékony elemévé.

Anyag és módszer

A tanulmány alapját KIRÁLY ÉS BOROVICS (2025a,b) Sárvár városi erdeire és fás zöldterületeire vonatkozó elemzése képezi. A vizsgálat az Országos Erdőállomány Adattár 2010–2023 közötti idősoraira, valamint a Copernicus Tree Cover Density adatbázis térbeli információira támaszkodott. Az elemzés célja a városi fás vegetáció klímamitigációs hozzájárulásának komplex értékelése volt, amely magában foglalta:

- a biomasszában tárolt szénkészlet becslését;
- az éves szén-dioxid-megkötés számszerűsítését;
- a fakitermeléshez kapcsolódó új fatermékekben tárolt szén mennyiségének becslését;
- valamint a termék- és energiahelyettesítés révén elkerült kibocsátások kiszámítását.

Az egyes komponensek összevont értékelése lehetővé tette a városi erdők teljes klímavédelmi hozzájárulásának CO₂ egyenértékben történő kifejezését, valamint annak pénzügyi értékelését.

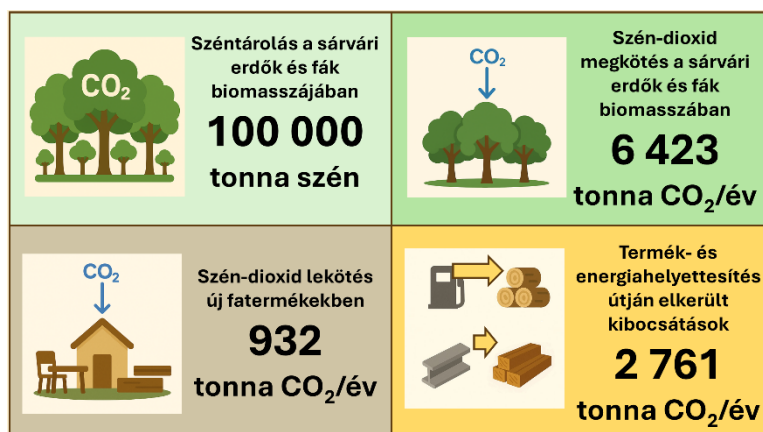
A tudománykommunikációs megközelítés célja az volt, hogy az összetett és többdimenziós tudományos eredmények különböző célcsoportok számára eltérő mélységben, de egységes narratíva mentén jelenjenek meg. A módszertan négy pillérré épült:

1. Vizualizáció – komplex adatok leegyszerűsített, ikon- és infografika-alapú megjelenítése;
2. Célcsoport-differenciálás – lakossági és döntéshozói információs anyagok elkülönítése;
3. Narratív kontextualizálás – a klímavédelmi hatások mindennapi analógiákhoz (háztartások, gépjárművek kibocsátása) történő kapcsolása;
4. Digitális terjesztés – közösségimédia-kampány alkalmazása a szélesebb elérés érdekében.

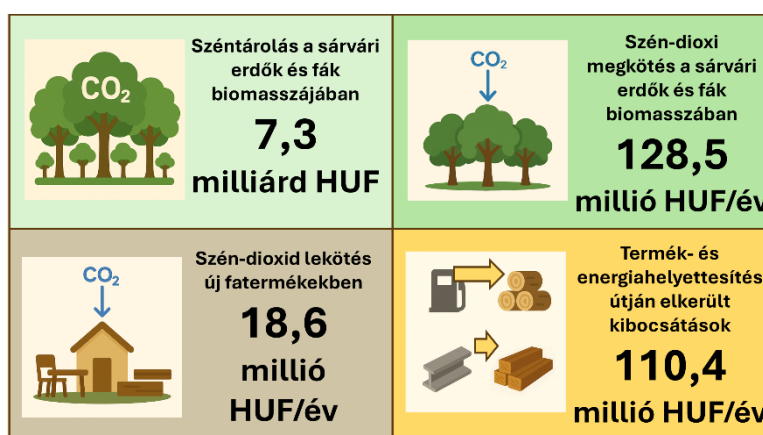
Eredmények

Az elkészült infografikák (1. és 2. ábra) a tudománykommunikációs stratégia egyik központi elemét képezik, mivel lehetővé teszik az összetett klímavédelmi eredmények gyors és intuitív értelmezését. A két infografika egymást kiegészítő nézőpontot képvisel: az első a városi erdők és fás zöldterületek klímavédelmi hozzájárulását fizikai mértékegységekben (tonna CO₂ egyenérték, tonna szén) jeleníti meg, míg a második ugyanezeket az eredményeket pénzügyi értékben fejezi ki.

Ez a kettősség tudatos kommunikációs döntés eredménye. A fizikai mutatók elsősorban a szakmai és döntéshozói közönség számára biztosítanak összehasonlítható, indikátoralapú információt, míg a pénzügyi értékelés hozzájárul ahhoz, hogy a városi zöldinfrastruktúra gazdasági erőforrásként is értelmezhetővé váljon.



1. ábra: A sárvári városi erdők klímamitigációs ökoszisztéma-szolgáltatásait bemutató infografika.



2. ábra: A sárvári városi erdők klímamitigációs ökoszisztéma-szolgáltatásainak pénzügyi értékét bemutató infografika.

A tudománykommunikációs stratégia másik fontos eleme volt két különálló, célcsoport-specifikus tájékoztató anyag elkészítése. A lakossági tájékoztató (KIRÁLY–BOROVICS, 2025c) célja a szemléletformálás és a helyi közösség bevonása volt. Közérthető nyelvezettel, vizuális elemekkel és rövid magyarázatokkal mutatja be, hogy a sárvári városi fák és erdők nem csupán esztétikai vagy rekreációs funkciót töltenek be, hanem mérhető és jelentős klímavédelmi hatással is rendelkeznek. Az anyag hangsúlyt fektet arra, hogy a lakosság saját lakókörnyezetéhez kapcsolja a klímavédelmi eredményeket, erősítve ezzel a helyi kötődést és az elfogadottságot. A tájékoztató célja nem csupán az adatok vizuális alátámasztása és közérthető megjelenítése, hanem azok kontextusba helyezése mindennapi analógiákon keresztül (háztartások és személygépkocsik kibocsátása), elősegítve ezzel az absztrakt klímavédelmi mutatók értelmezését.

Ezzel szemben a döntéshozói összefoglaló (KIRÁLY–BOROVICS, 2025d) kifejezetten a stratégiai és költségvetési döntéshozatal támogatására készült. Az anyag hangsúlyosan épít a számszerűsített indikátorokra, a városi kibocsátásokhoz viszonyított arányokra, valamint a biomasszában tárolt szén pénzügyi értékelésére. A döntéshozói tájékoztató célja az volt, hogy a városi erdők és fás zöldterületek klímavédelmi szerepét a települési klímastratégiák, fejlesztési programok és zöldinfrastruktúra-beruházások kontextusában értelmezze, közvetlenül támogatva a hosszú távú, stratégiai szemléletű tervezést.

A két tájékoztató együttese jól példázza, hogy az azonos tudományos eredmények eltérő narratív és hangsúlyrendszerrel, de következetes üzenetkészlettel kommunikálhatók különböző célcsoportok felé.

A tudománykommunikációs eszköztár harmadik pillérét egy tervezett közösségimédia-kampány képezi, amely a Facebook platformon valósul meg. A kampány kilenc, Sárvár városi fáit és fás zöldterületeit bemutató képre épül, amelyek mindegyikéhez rövid, adatvezérelt, ugyanakkor érzelmileg is megszólító üzenet kapcsolódik. Az üzenetek a tudományos eredmények egy-egy elemét emelik ki (pl. szénmegkötés, elkerült kibocsátások, pénzügyi érték), miközben hangsúlyozzák a helyi identitást és a mindennapi érintettséget (3. ábra).

A közösségimédia-kampány célja nem csupán az információátadás, hanem a figyelemfelkeltés és az elköteleződés erősítése. A városi fák egyedi megjelenítésén keresztül a kampány hozzájárul ahhoz, hogy a városi zöldinfrastruktúra személyesebb, „láthatóbb” klímavédelmi tényezőként jelenjen meg a lakosság számára, kiegészítve a formális tájékoztató anyagokat és infografikákat.



3. ábra: A sárvári városi erdők klímamitigációs ökoszisztéma-szolgáltatásait bemutató Facebook kampány üzenetei.

Következtetések

A tanulmány egyértelműen rámutat arra, hogy a városi erdők és fás zöldterületek klímavédelmi szerepe nem kizárólag biogeofizikai vagy erdészeti kérdés, hanem alapvetően kommunikációs és kormányzási kihívás is. A Sárvár városára vonatkozó elemzés – amely szerint a városi fás vegetáció évi 10 116 tonna CO₂ egyenértékű klímavédelmi hozzájárulást biztosít, a település teljes kibocsátásának mintegy 9,3%-át ellentételezve – jól szemlélteti, hogy a városi zöldinfrastruktúra mérhető, stratégiai jelentőségű klímapolitikai eszköz. Ugyanakkor ezen eredmények önmagukban nem garantálják a társadalmi vagy politikai hasznosulást.

A tanulmány egyik legfontosabb tanulsága, hogy a tudománykommunikáció képes hidat képezni a kvantitatív tudományos elemzések és a mindennapi döntéshozatal között. Az infografikák, a célcsoport-specifikus tájékoztatók és a közösségimédia-kampány együttesen olyan kommunikációs rendszert alkotnak, amelyben a városi erdők klímavédelmi funkciói nem absztrakt számadatokként, hanem értelmezhető, a helyi identitáshoz és életminőséghez

kapcsolódó elemekként jelennek meg. Különösen fontos ebben a kontextusban a pénzügyi dimenzió hangsúlyozása: a biomasszában tárolt szén több mint 7,3 milliárd forintra becsült értéke új narratívát kínál a városi zöldfelületek gazdasági jelentőségéről, amely túlmutat a hagyományos költség–haszon szemléleten.

A tanulmány rámutat arra is, hogy a városi klímamitigációs stratégiák társadalmi elfogadottsága nagymértékben függ attól, hogy a lakosság mennyiben érti és érzékeli saját szerepét ezekben a folyamatokban. A Sárvárra kidolgozott tudománykommunikációs eszközök – különösen a városi fákat bemutató, adatvezérelt közösségimédia-tartalmak – hozzájárulnak ahhoz, hogy a városi zöldinfrastruktúra „látható” klímavédelmi infrastruktúraként jelenjen meg, nem csupán esztétikai vagy rekreációs elemként. Ez a szemléletváltás hosszú távon erősítheti a közösségi támogatottságot a zöldfelületek megőrzésére és bővítésére irányuló intézkedések iránt.

Gyakorlati javaslatként azt fogalmazhatjuk meg, hogy a városi zöldinfrastruktúrát érintő kutatások és fejlesztések már a tervezési fázisban integrálják a tudománykommunikációs szempontokat. A kommunikáció nem utólagos kiegészítő elemként, hanem a klímapolitikai tervezés szerves részeként jelenjen meg. Ennek része lehet a rendszeres, indikátorokra épülő lakossági tájékoztatás, a döntéshozók számára készített, stratégiai szempontokat hangsúlyozó összefoglalók, valamint a digitális és közösségi platformok tudatos használata.

A Sárvár példáján bemutatott megközelítés más települések számára is adaptálható, különösen olyan városok esetében, ahol a városi erdők és fás zöldterületek jelentős, de alulkommunikált klímavédelmi potenciállal rendelkeznek. A módszertan alkalmas arra, hogy támogassa a helyi klímastratégiák kidolgozását, a zöldinfrastruktúra-fejlesztések társadalmi beágyazottságát, valamint a klímamitigáció és a bioökonómia közötti kapcsolatok erősítését.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a városi erdők klímavédelmi szerepének láthatóvá tétele nem pusztán kommunikációs feladat, hanem stratégiai beruházás a települések klímarezilienciájába és élhetőségébe. A tudományosan megalapozott, vizuálisan támogatott és célcsoport-érzékeny tudománykommunikáció hozzájárulhat ahhoz, hogy a városi zöldinfrastruktúra a helyi klímapolitikák egyik meghatározó pillérévé váljon.

Köszönetnyilvánítás

A 2025-2.1.1-EKÖP-2025-00002 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, az EKÖP-25-3-II pályázati program finanszírozásában valósult meg. Szerződésszám: EKÖP-25-3-II-SOE-14.



AZ NKFI ALAPBÓL
MEGVALÓSULÓ
PROJEKT

Irodalomjegyzék

- GOODWIN, S. – OLAZABAL, M. – CASTRO, A.J. – PASCUAL, U. (2023): Global mapping of urban nature-based solutions for climate change adaptation. *Nat. Sustain.* 6, 458–469. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-01036-x>
- IPCC. (2021): *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T.

- Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
- KAPPEL, K. – HOLMEN, S. J. (2019): Why science communication, and does it work? A taxonomy of science communication aims and a survey of the empirical evidence. *Frontiers in Communication*, 4, Article 55. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2019.00055>
- KIRÁLY, É. – BOROVIČS, A. (2025a): Sárvár városi erdeinek klímavédelmi szerepe a fenntarthatósági átmenet tükrében. In: Resperger R. (szerk.): *Fejlődési pályák és új törésvonalak a fenntarthatósági átmenet időszakában – Programfüzet és előadáskivonatok*. Sopron, Magyarország: Soproni Egyetem Kiadó, pp. 62–63.
- KIRÁLY, É. – BOROVIČS, A. (2025b): Szénmegkötés vizsgálata urbanizált környezetben található erdőterületeken. In: Csiha I. (szerk.): *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap: Tudományos eredmények a gyakorlatban – 2025*. Kecskemét, Magyarország: Alföldi Erdőkért Egyesület, pp. 46–54.
- KIRÁLY, É. – BOROVIČS, A. (2025c): A sárvári városi erdők szerepe a klímaváltozás mérséklésében (lakossági tájékoztató). Sárvár, Magyarország: Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet, 16 p. http://tananyag.uni-sopron.hu/143/1/Sarvar_varosi_erdok_%20szenmegkotese_lakossagi_tajekoztato_20251201.pdf
- KIRÁLY, É. – BOROVIČS, A. (2025d): Sárvár városi erdeinek és fájának szénmegkötő és klímavédelmi szerepe – Döntéshozói összefoglaló. Sárvár, Magyarország: Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet, 16 p. http://tananyag.uni-sopron.hu/144/1/Sarvar_varosi_erdok_szenmegkotes_donteshozoi_tajekoztato_20251201.pdf
- REN, Z. – ZHENG, H. – HE, X. – ZHANG, D. – SHEN, G. – ZHAI, C. (2019): Changes in spatiotemporal patterns of urban forest and its above-ground carbon storage: implication for urban CO₂ emissions mitigation under China's rapid urban expansion and greening. *Environ. Int.* 129, 438–450. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.010>
- STEENBERG, J.W.N. – DUINKER, P.N. – NITOSLAWSKI, S.A. (2019): Ecosystem-based management revisited: updating the concepts for urban forests. *Landsc. Urban Plann.* 186, 24–35. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.02.006>
- VELASCO, E. – ROTH, M. – NORFORD, L. – MOLINA, L.T. (2016): Does urban vegetation enhance carbon sequestration? *Landscape and Urban Planning*, Volume 148, Pages 99-107, ISSN 0169-2046, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.003>

ÁTMÉRŐ ÉS MAGASSÁG BECSLÉSEK A KOR FÜGGVÉNYÉBEN AZ ERTI TARTAMKÍSÉRLETI HÁLÓZATÁNAK FELVÉTELI ADATAI ALAPJÁN

Diameter and height estimation as a function of age based on the recording data of the FRI long-term experimental network

KOLLÁR TAMÁS¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet
kollar.tamas@uni-sopron.hu

Kivonat

Tanulmányunkban egy becslési módszert kívánunk bemutatni, mely lehetővé teszi a faegyedenkénti magasság vagy átmérő adatok előállítását további fatömegbecslésekhez, termőhelytől (fatermési osztálytól) függetlenül, a kor ismeretében, hagyományos erdőgazdálkodási tevékenység mellett. Az Erdészeti Tudományos Intézet erdészeti tartamkísérleti hálózatának adatsoraiból szűrtük le a magasság adattal rendelkező faegyedeket bükk, gyertyán, kocsányos tölgy, kocsánytalan tölgy, cser és kőris fafajcsoportonként. Ezen adatsorok felhasználásával három változós felületmodelleket képeztünk kor, magasság és átlagos mellmagassági átmérő függvényében. A vizsgált fafajok esetében átlagosan a magasság adatok 83%-a ± 3 méteres pontosságon belül, 91%-a pedig ± 4 méteres pontossággal megállapítható. Az átmérő adatok 88%-a ± 6 centiméteres pontosságon belül, 94%-a pedig ± 8 centiméteres pontossággal megállapítható.

Abstract

In our study, we would like to present an estimation method that allows the production of height or diameter data per individual tree for further tree volume estimations, regardless of the site (yield class), in the knowledge of the age, in traditional forest management. From the data series of the long-term forestry experimental network of the Forestry Research Institute, we filtered the tree individuals with height data of beech, hornbeam, pedunculated oak, sessile oak, turkey oak and ash tree species groups. By using these data series, three-variable surface models were created as a function of age, height and average breast height diameter. In the case of the examined tree species, on average, 83% of the height data can be determined within an accuracy of ± 3 meters, and 91% with an accuracy of ± 4 meters. 88% of the diameter data can be determined within ± 6 centimetres, and 94% with an accuracy of ± 8 centimetres.

Bevezetés

Az erdőállományok vagy állományrészek fatömeg becsléseihez elengedhetetlen megfelelő adatok mérése, vagy azok levezetése meglévő adatokból. Az alapadatok elsődleges forrása az Országos Erdőállomány Adattár, mely tartalmazza egy adott részlet területét, a részletben található fafajsortokat, azon belül azok elegyarányát, záródását is. Ugyan az üzemtervek tartalmaznak átlagos magasság és átmérő adatokat, azonban ezek megbízhatósága sok esetben kérdéses. Minimális mérési adatból, vagy fatermési táblából kapott közelítő adatok csupán.

Tanulmányunkban két becslési módszert kívánunk bemutatni, mely lehetővé teszi a faegyedenkénti magasság vagy átmérő adatok előállítását további fatömegbecslésekhez. A faegyedenkénti fatömeg becsléshez három alapvető adat szükséges; fafaj, átmérő és magasság, melyek alapján számítható a fatérfogat a Király-félefatérfogat függvényekkel (Sopp, és mtsai., 2013).

Magasság becslés kor és átmérő ismeretében. Gyérítés vagy véghasználati fatömegbecsléshez adhat hasznos segítséget, hogy magasságmérés nélkül megállapítható nagy biztonsággal minden átmérőcsoport átlagos famagassága, ezáltal pontosabb fatömegbecslést kaphatunk, mint átlagmagasság használatával. Kisebb pontosságú vizsgálatok esetén a becsléssel elhagyható a drága magasságmérők beszerzése, és időigényes használata.

Átmérő becslés kor és magasság ismeretében. Ez esetben a korszerű távérzékelés becslési módszereit kívánjuk bővíteni, hiszen az egyes fák magassága nagy pontossággal előállítható légitényképek vagy légi lézerszkennelés segítségével, azonban a mellmagassági átmérőt ilyen látószögből nehéz megállapítani. Ezáltal akár nagyterületű erdőleltározás végezhető faegyedenkénti fatömeg számítással egybekötve.

Anyag és módszer

Az Erdészeti Tudományos Intézet több mint hat évtizede tartja fenn erdészeti tartamkísérleti hálózatát (Kollár & Borovics, 2021), melyből az őshonos, lombos fafajú mintaterületek jelenleg több mint 1,5 millió faegyed egyedi adatait tartalmazza. A mintaparcellák kora ismert. Minden mért faegyed esetében ismerjük a fafajt. Rendelkezünk kétoldali mellmagassági (1,3m) átmérő méréssel milliméter pontossággal (d_1 , d_2), és több mint 731 ezer faegyed esetében deciméter pontosságú magassági adattal.

Ebből az adatsorból szűrtük le a magasság adattal rendelkező faegyedeket, bükk (*Fagus sylvatica*) (n=298e), gyertyán (*Carpinus betulus*) (n=127e), kocsányos tölgy (*Quercus robur*) (117e), kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) (n=102e), cser (*Quercus cerris*) (n=65e) és kőrisek (*Fraxinus ssp.*) - magas kőris (*Fraxinus excelsior*) és magyar kőris (*Fraxinus angustifolia subsp. pannonica*) - (n=22e) fafajcsoportonként.

Ezen magasságadatok nagyobb része valós terepi mérésekből származik. Az adatok ellenőrzöttek, tehát az egymás utáni visszatérési felvételek esetében egyazon faegyed esetében nem történhet magasság csökkenés. Az adatok egy része interpolálással képzett, mely esetben minimum három visszatérési felvételi adat között a hiányzó adatot interpoláltuk.

A hagyományos magassági görbék két változót használnak (átmérő, magasság). Tanulmányunkban az adatsorok felhasználásával három változós felületmodelleket képeztünk kor, magasság és átlagos mellmagassági átmérő függvényében. A kor adatok üzemtervi adatokon vagy évgyűri számláláson alapulnak, és a tartamkísérletek során folyamatosan korosodtak.

Mindkét módszer esetben feltételezzük, hogy az üzemtervek kor adatai megbízhatóak, és az Országos Erdőállomány Adattárból beszerezhetőek vagy egyénileg előállíthatóak például évgyűri számlálással.

Az alkalmazott függvény magasság becsléséhez:

$$h = a_1 + a_2 \cdot \text{kor} + a_3 \cdot d + a_4 \cdot \text{kor}^2 + a_5 \cdot \text{kor} \cdot d + a_6 \cdot d^2$$

Az alkalmazott függvény átmérő becsléséhez:

$$d = b_1 + b_2 \cdot \text{kor} + b_3 \cdot h + b_4 \cdot \text{kor}^2 + b_5 \cdot \text{kor} \cdot h + b_6 \cdot h^2$$

ahol:

h: a faegyed magassága (méter)

d: a faegyed mellmagassági (1,3m) átmérője (centiméter)

kor: a faegyed kora (év)

a₁₋₆, b₁₋₆: függvény paraméterek

1. Táblázat: Paraméterkészlet magasság és átmérő becslésekhez

Paraméterkészlet magasság meghatározásához						
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆
B	0,44500972	0,15979423	0,74883596	-0,00127273	0,00405957	-0,01045918
GY	2,56376520	0,01054899	1,02942794	-0,00039761	0,00312440	-0,01612736
KST	0,60546310	0,13136813	0,70572724	-0,00065422	0,00053283	-0,00542461
KTT	1,44776836	0,13380993	0,68427537	-0,00121437	0,00341450	-0,00989115
CS	2,05124849	0,03396956	0,97037376	-0,00054757	0,00226355	-0,01150555
Kőris	0,88943241	0,08879792	0,88639898	-0,00102693	0,00197690	-0,00892219
Paraméterkészlet átmérő meghatározásához						
	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆
B	0,23869308	-0,08735280	0,75828317	0,00106877	-0,00213230	0,01799002
GY	-1,66536632	0,05055217	0,62020307	-0,00011814	0,00022732	0,01441706
KST	-0,32018215	-0,04785247	0,92013400	0,00138324	-0,00115840	0,01269261
KTT	-5,06549331	-0,01552870	1,35196001	0,00064754	0,00293863	-0,00935947
CS	-2,00594443	-0,00534756	0,91566282	0,00111002	-0,00132153	0,00826047
Kőris	-0,26981347	-0,04873258	0,82515026	0,00033340	0,00435204	0,00807909

Eredmények

Vizsgálatainkat 6 fafajcsoportra (bükk, cser, kocsánytalan tölgy, kocsányos tölgy, gyertyán és kőris) végeztük el, mivel ezen főfafajok esetében rendelkezünk megfelelő mennyiségű adattal. Elegyfajokra nem áll rendelkezésre kielégítő mennyiségű adat. Szintén nem rendelkezünk jelenleg hasonló adatbázissal akác, hazai- és nemes nyárok vagy fenyők esetében, melyekre hasonló becslések elvégezhetőek lennének, hogy a magyarországi erdőállomány minden jelentősebb fafajára paraméterekkel rendelkezünk. Erdei-, fekete- és lucfenyő esetében folyamatban van az adatbázis készítése a tartamkísérleti parcellák 1960-as évektől meglévő múltbéli adatainak digitalizálásával, így a jövőben fenyőfélékre is elkészíthetőek hasonló paraméterkészletek.

A mért és becsült adatok közötti különbségek mennyiségi arányait a 2. táblázat tartalmazza részletesen. Az átlag értékeket a minták darabszámával súlyoztuk. Magassági adatok csoportosításánál egész métereket használtunk. Mellmagassági átmérő csoportok esetében a gyérítésjelöléseknél gyakran alkalmazott 2 centiméteres méretcsoportos felvételezés szerint csoportosítottuk az adatainkat. A vizsgált fafajcsoportok esetében bemutatjuk a mért és becsült adatok közötti különbségek hisztogramjait is (1. ábra).

2. Táblázat: A mért és becsült adatok közötti különbségek mennyiségi arányai fafajonként

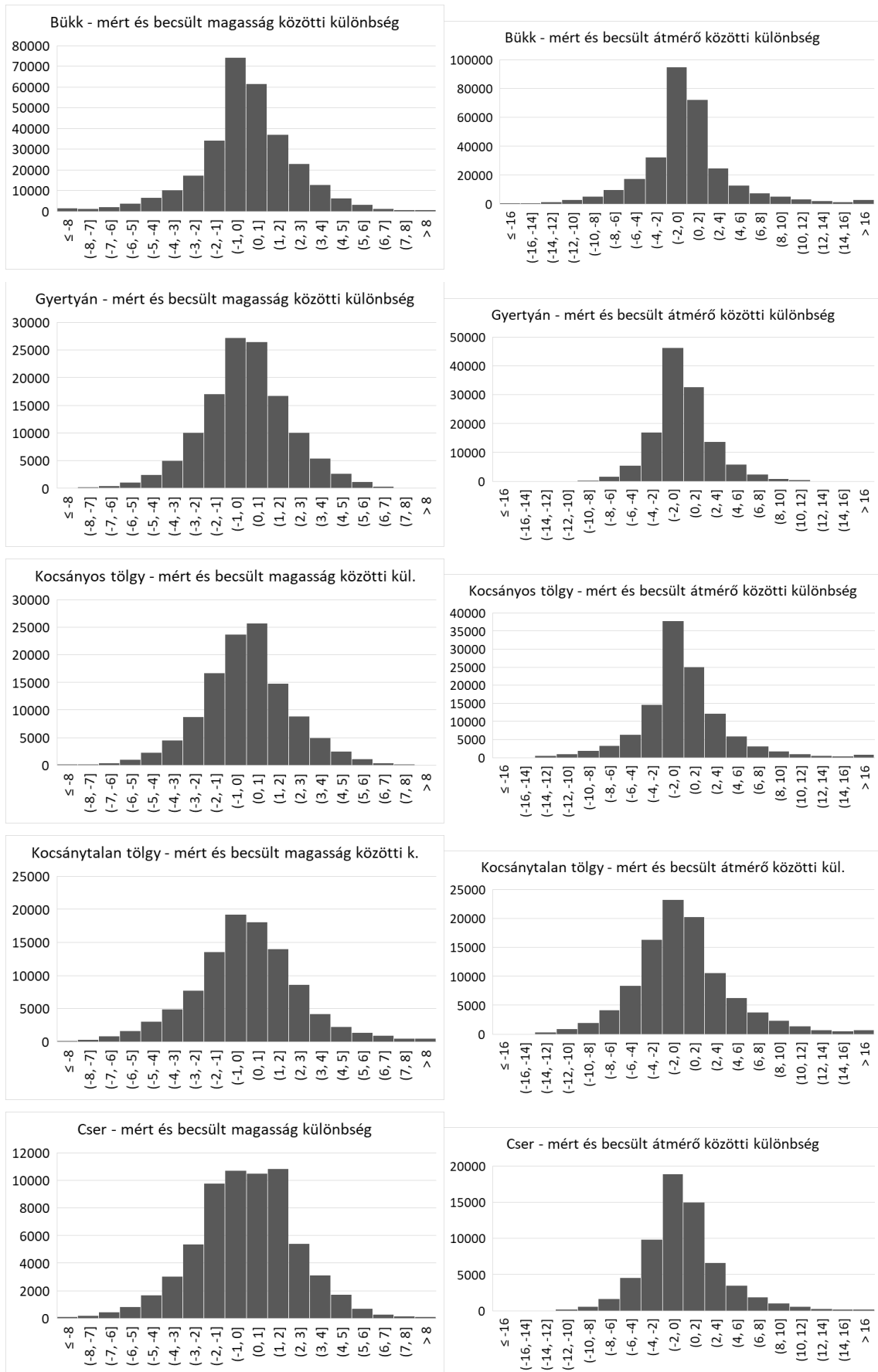
Fafaj	B	GY	KST	KTT	CS	Kóris	Össze- sen
n (db)	298070	127264	116706	102159	65100	21919	731218
Különbség	mért és becsült adatok közötti különbségek mennyiségi aránya						Átlag
h (m)	±1	46%	42%	42%	37%	33%	42%
	±2	69%	69%	69%	64%	64%	68%
	±3	83%	85%	85%	80%	81%	83%
	±4	91%	93%	93%	88%	90%	91%
d (cm)	±2	56%	62%	54%	43%	52%	54%
	±4	75%	86%	77%	69%	77%	77%
	±6	85%	95%	87%	83%	90%	88%
	±8	91%	98%	93%	91%	95%	93%

±1 méteres, illetve ±2 centiméteres pontosságok csak aránylag kis mértékben érhetőek el az adatokban, átlagosan 42-54%-ban, azonban már a ±2 méteres, illetve ±4 centiméteres pontosság esetében 68-77%, míg a ±3 méteres, illetve ±6 centiméteres pontosság esetében 80% feletti aránnyal dolgozhatunk. ±4 méteres, illetve ±8 centiméteres pontosság esetében pedig az adatok több mint 90%-a visszanyerhető.

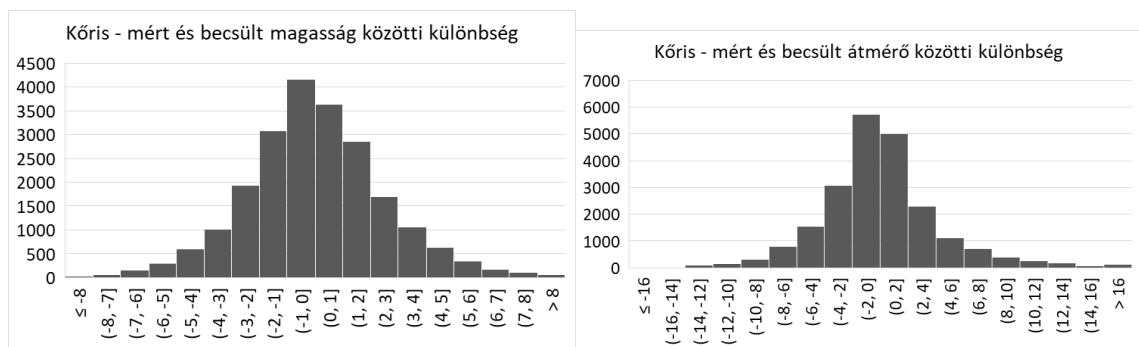
Statisztikailag nagyoknak tűnnek ezek a becslési különbségek akár magasság, akár átmérőmérések kapcsán, azonban az erdei ökoszisztémák igen változatosak. A faegyedenkénti változatosság is jelentős (alá- és közbeszorult illetve kimagasló faegyedek), illetve a mérési pontosság is aránylag alacsony. Magasságmérés esetén a pontosság függ a mérőműszertől, a mérő személyétől, a fától való pozíciótól, megfelelő rálátástól és még rengeteg tényezőtől. Az átmérő mérés aránylag pontosabban kivitelezhető, azonban a fák jellemzően nem ideális kör keresztmetszetűek, így az egyszeri mérések is jelentős hibát tartalmazhatnak, szintén hibát okozhat a mellmagasságtól való alsó vagy felső eltérés, fahibák jelenléte, átlaló hibás tartása stb.

A paraméterkészlet alkalmazásával gyakorlatban használható táblázatokat készítettünk (1-6. melléklet), melyekből egyszerűen kiolvashatóak az átmérő vagy magasság adatok. A kerek tízes értékeket szürkével kiemeltük. A módszer hátránya, hogy bizonyos határértékek után a becsült adatok csökkennek, ez esetben ezeket az adatokat a táblázatokból eltávolítottuk, a kívül eső ritka esetekben a legközelebbi maximum értékekkel lehetséges elvégezni a becsléseket, melyeket pirossal jelöltünk.

A számított adatok megfelelőségét a magasságbecslés esetében tartamkísérleti parcellák fatömegszámításával validáltuk. Fafajcsoportonként 1-1 elegyetlen parcellát választottunk ki, ahol az eredeti felvételi adatokból számolt, és a becsült magasságértékekkel újra számolt átlagmagasságokat és fatérfogatokat hasonlítottuk össze (3. táblázat). Az élőfakészlet tartalma a jellemzően alá és közbeszorult mellékállományt is, illetve a kimagasló és uralkodó szintű V-fákat. A száradék gyűjtőcsoport jellemzi a kitermelt és holtfák összességét, melyek gyakran alá és közbeszorult egyedek. A különbségek a vizsgált parcellákban átlagmagasság esetében 88-104%, élőfakészlet esetében 89-104%, míg a száradék tekintetében 87-100% között mozogtak.



1. ábra: Mért és becslt adatok közötti különbségek fajfajcsoportonként



1. ábra folytatása: Mért és becsült adatok közötti különbségek fajfajcsoportonként

3. Táblázat: Mintaparcellák ellenőrző vizsgálata átlagmagasság, élőfakészlet és száradék esetében

Törzskönyvi szám	Adat	Felvételezés ideje	Fafaj	Kor (év)	Élőáll.		Száradék	
					H _g (m)	V (m ³ /ha)	H _g (m)	V (m ³ /ha)
B-490	Eredeti	2017.12.06	B	84	28,5	581,4	26,6	34,6
Sopron 192/C	Becsült				29,8	606,0	26,6	34,6
	Arány				104%	104%	100%	100%
GY-127	Eredeti	2015.01.13	GY	98	27,6	447,6	22,9	40,3
Bejgyertyános 39/C	Becsült				25,3	414,3	20,7	36,8
	Arány				92%	93%	90%	91%
KST-189	Eredeti	2017.04.12	KST	98	31,7	710,6	25,3	58,6
Nógrád 2/D	Becsült				29,9	675,0	24,8	57,6
	Arány				94%	95%	98%	98%
KTT-051	Eredeti	2015.11.18	KTT	63	23,2	309,2	16,4	41,1
Füzérkajata 7/F	Becsült				20,4	276,7	15,5	39,3
	Arány				88%	89%	95%	96%
CS-1703/1	Eredeti	2018.01.25	CS	94	27,1	447,0	22,2	108,0
Nyirád 3/C	Becsült				26,5	439,6	19,1	95,0
	Arány				98%	98%	86%	88%
MK-16	Eredeti	1995.10.28	MK	62	23,6	379,6	17,2	31,5
Bakonyszűcs 44/A	Becsült				22,6	364,8	14,6	27,4
	Arány				96%	96%	85%	87%

Következtetések

A módszer termőhelytől (fatermési osztálytól) függetlenül, a kor ismeretében egy egyszerű becslési módszert nyújt a vizsgált fafajok esetében magasság vagy mellmagassági átmérő becslésére hagyományos vágásos erdőgazdálkodási tevékenység mellett. A vizsgált fafajok esetében átlagosan a magasság adatok 83%-a ± 3 méteres pontosságon belül, 91%-a pedig ± 4 méteres pontossággal megállapítható. Az átmérő adatok 88%-a ± 6 centiméteres pontosságon belül, 93%-a pedig ± 8 centiméteres pontossággal megállapítható.

Természetesen a hagyományos vágásos erdőművelési eljárásoktól nagyban eltérő esetekben (gyenge vagy túlgyérítések, rezervátumok, szoliter fák, agroerdészet, örökzöld gazdálkodás) ez a pontosság csökkenhet, azonban ez esetekben a hagyományos fatömegszámítási táblázatok is kevésbé megbízhatóak.

3.1. melléklet: Kocsányos tölgy magasság becslése kor és mellmagassági átmérő alapján

h (m)	Mellmagassági átmérő (cm)																																																				
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80													
5	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	19	20	20	21	21	22	22	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24									
10	3	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	19	20	20	21	22	22	23	23	23	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25						
15	4	5	7	8	9	10	11	12	14	15	16	16	17	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	24	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26					
20	4	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27					
25	5	6	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26	26	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27					
30	5	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	21	22	23	24	24	25	25	26	26	26	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28				
35	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	24	25	25	26	26	27	27	27	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29			
40	6	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	25	26	26	27	27	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30			
45	7	8	9	11	12	13	14	15	17	18	19	20	20	21	22	23	24	24	25	26	26	27	27	28	28	28	29	29	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
50	7	8	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	26	27	27	28	28	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
55	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	27	28	28	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
60	8	9	10	12	13	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	26	27	28	28	29	29	29	30	30	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31		
65	8	9	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	27	28	28	29	29	29	30	30	30	31	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32		
70	8	9	11	12	13	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	26	27	28	28	29	29	30	30	31	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32		
75	8	10	11	12	14	15	16	17	18	20	21	22	22	23	24	25	26	27	27	28	28	29	29	30	30	31	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32		
80	8	10	11	13	14	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29	29	30	30	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32		
85	9	10	11	13	14	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	30	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
90	9	10	11	13	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29	29	30	30	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
95	9	10	12	13	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	29	30	30	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
100	9	10	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	30	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
105	9	10	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	30	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
110	9	10	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	30	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
115	9	10	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	30	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
120	10	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	30	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
125	10	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	30	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
130	10	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	30	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
135	10	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	30	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
140																																																					
145																																																					
150																																																					
155																																																					
160																																																					

3.2. melléklet: Kocsányos tölgy mellmagassági átmérő becslése kor és magasság alapján

d _{1,3} (cm)	Magasság (m)																																																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40												
5	2	2	4	4	6	6	8	8	10	10	12	14	14	16	18	18	20	20	22	24	24	26	28	30	30	32	34	36	38	38	40	42	44	46	48	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80
10	2	2	4	4	6	6	8	8	10	10	12	14	14	16	18	18	20	20	22	24	24	26	28	30	30</																											

4.1. melléklet: Kocsánytalan tölgy magasság becslése kor és mellmagassági átmérő alapján

h (m)	Mellmagassági átmérő (cm)																																						
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66						
5	3	5	6	7	8	9	10	11	12	12	13	13	14	14	14	14	15																						
10	4	5	7	8	9	10	11	12	12	13	14	14	15	15	16	16	16	16	16	16	16																		
15	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17																			
20	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17	17	18	18	18	18	18	18																			
25	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	17	18	18	19	19	19	19	19	19																			
30	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	19	19	20	20	20	20	20	20																		
35	6	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18	18	19	19	20	20	21	21	21	21	21	21																	
40	6	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20	21	21	22	22	22	22	22	22																	
45	7	8	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	22	23	23	23	23	23	23																		
50	7	8	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	22	23	23	23	23	24	24	24																	
55	7	8	10	11	13	14	15	17	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24												
60	7	9	10	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	22	23	23	24	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25												
65	7	9	10	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	23	24	24	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26											
70	7	9	10	12	13	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	24	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26										
75	7	9	10	12	13	15	16	17	18	20	21	22	22	23	24	25	25	26	26	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27									
80	9	10	12	13	14	16	17	18	20	21	22	23	23	24	25	25	26	26	27	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28									
85		10	12	13	14	16	17	18	20	21	22	23	24	24	25	26	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28									
90					13	14	16	17	18	20	21	22	23	24	24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28								
95					14	15	17	18	20	21	22	23	24	25	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28								
100					14	15	17	18	20	21	22	23	24	25	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28								
105					15	17	18	20	21	22	23	24	24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28							
110															24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28								
115															24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28							
120															24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28						
125															24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28						
130																24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28					
135																	24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28			
140																		24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28		
145																			24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
150																				24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
155																					24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
160																						24	25	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28

4.2. melléklet: Kocsánytalan tölgy mellmagassági átmérő becslése kor és magasság alapján

d _{1,3} (cm)	Magasság (m)																																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
5	2	2	2	2	2	4	4	6	8	8	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	32	34	34	34	36	36
10	2	2	2	2	2	4	6	6	8	8	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	32	34	34	34	36	36	
15	2	2	2	2	2	4	6	6	8	8	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	36	36		
20	2	2	2	2	2	4	6	6	8	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	36	36		
25	2	2	2	2	2	4	6	6	8	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	36	36		
30	2	2	2	2	4	4	6	6	8	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	36	36		
35	2	2	2	2	4	4	6	6	8	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	36	36		
40	2	2	2	2	4	4	6	6	8	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	36	36		
45	2	2	2	2	4	4	6	6	8	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	36	36		
50	2	2	2	2	4	4	6	6	8	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	36	36		
55	2	2	2	2	4	4	6	6	8	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	36	36		
60	2	2	2	2	4	4	6	6	8	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	36	36		
65	2	2	2	2	4	4	6	6	8	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	36	36		
70	2	2	2	2	4	4	6	6	8	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	36	36		
75	2	2	2	2	4	4	6	6	8	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	26	26	26	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	36	36		
80	2	2	2	2	4	4	6	6	8																																

5.1. melléklet: Cser magasság becslése kor és mellmagassági átmérő alapján

h (m)	Mellmagassági átmérő (cm)																																					
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64						
5	4	6	8	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	21	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23					
10	4	6	8	10	11	13	14	15	16	18	19	20	20	21	22	22	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24					
15	4	6	8	10	11	13	14	16	17	18	19	20	21	22	22	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24					
20	4	6	8	10	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25					
25	5	6	8	10	12	13	15	16	17	18	20	21	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25					
30	5	7	8	10	12	13	15	16	18	19	20	21	22	23	23	24	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26					
35	5	7	8	10	12	14	15	16	18	19	20	21	22	23	24	24	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26					
40	5	7	8	10	12	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	26	26	26	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27					
45	5	7	8	10	12	14	15	17	18	19	20	22	23	23	24	25	26	26	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27				
50	5	7	8	10	12	14	15	17	18	19	21	22	23	24	25	25	26	26	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28				
55																																						
60																																						
65																																						
70																																						
75																																						
80																																						
85																																						
90																																						
95																																						
100																																						
105																																						
110																																						
115																																						
120																																						
125																																						
130																																						
135																																						
140																																						
145																																						
150																																						
155																																						
160																																						

5.2. melléklet: Cser mellmagassági átmérő becslése kor és magasság alapján

d _{1,3} (cm)	Magasság (m)																																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
5	2	2	2	2	4	4	6	6	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	36	36	38	40	40	40
10	2	2	2	2	4	4	6	6	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
15	2	2	2	2	4	4	6	6	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
20	2	2	2	2	4	4	6	6	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
25	2	2	2	2	4	4	6	6	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
30	2	2	2	2	4	4	6	6	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
35	2	2	2	2	4	4	6	6	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
40	2	2	2	2	4	4	6	6	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
45	2	2	2	2	4	4	6	6	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
50	2	2	2	2	4	4	6	6	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
55	2	2	2	2	4	4	6	6	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
60	4	4	4	4	6	6	8	8	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
65	4	4	4	4	6	6	8	8	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
70	4	4	4	4	6	6	8	8	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
75	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
80	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
85	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
90	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	10	12	12	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
95	10	10	10	10	12	12	12	12	12	12	12	14	14	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
100	10	10	10	10	12	12	12	12	12	12	12	14	14	14	14	16	16	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40
105	12	12	12	12	14	14	14	14	14	14	14	16	16	16	16	18	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40	40
110	12	12	12	12	14	14	14	14	14	14	14	16	16	16	16	18	18	20	20	22	22	24	26	26	28	30	30	32	34	34	36	38	40	40	40	40

DÁMSZARVAS BIKÁK EGYES MORFOLÓGIAI JELLEMZŐINEK VIZSGÁLATA MIKOTOXINOKKAL ÉRINTETT ÁLLOMÁNYBAN

Investigation of selected morphological characteristics of fallow deer stags in a mycotoxin-affected population

KOVÁCS HANNA¹, TARI TAMÁS¹, DÖBRÖSY SZABOLCS²; LAKATOS ISTVÁN²,
SÜKÖSD FARKAS³, SZEMETHY LÁSZLÓ⁴ ÉS SZŐKE ZSUZSANNA⁵

¹Soproni Egyetem, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet

²Agrárminisztérium, Vadgazdálkodási Főosztály

³HUN-REN SZBK Biokémiai Intézet

⁴Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Biológiai Intézet

⁵Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet
tari.tamas@uni-sopron.hu

Kivonat

A kutatás célja a dámszarvas bikák (*Dama dama*) meghatározott morfológiai jellemzőinek (test tömeg, trófeasúly és egyéb trófeajellemzők) vizsgálata volt mikotoxinokkal érintett állományokban, két Tolna vármegyei vadászterület összehasonlításával. A vizsgálat középpontjában a morfológiai jellemzők mellett az agancstő megbetegedés és annak összefüggései álltak az aflatoxin B1 (AfB1) és a dezoxinivalenol (DON) jelenlétével. Az eredmények alapján mindkét terület érintett volt mikotoxin-terheléssel, alacsony elemszám mellett szignifikáns különbség kizárólag az izommintákban mért AfB1-szint esetén mutatkozott, Kiszékely esetében magasabb érték igazolódott, azonban. Ugyanakkor a kocsolai területen az agancstő megbetegedés aránya lényegesen magasabb volt (33,3%), mint Kiszékelyen (7,89%). A morfológiai jellemzők vizsgálata rámutatott, hogy az agancstő megbetegedéssel egyedeik testtömege mindkét területen szignifikánsan nagyobb volt, mint a rendellenességgel nem érintett példányoké.

Abstract

The aim of this study was to investigate selected morphological characteristics of fallow deer stags (*Dama dama*), including body mass, trophy weight, and additional antler traits, in mycotoxin-affected populations by comparing two hunting areas in Tolna County, Hungary. In addition to morphological parameters, particular emphasis was placed on the occurrence of antler pedicle disease and its associations with the presence of aflatoxin B1 (AfB1) and deoxynivalenol (DON). The results indicated that both study areas were affected by mycotoxin contamination; however, due to the small sample size, a statistically significant difference was observed only in AfB1 concentrations measured in muscle samples, with higher levels detected in Kiszékely. In contrast, the prevalence of antler pedicle disease was considerably higher in the Kocsola area (33.3%) than in Kiszékely (7.89%). Analysis of morphological traits revealed that individuals affected by antler pedicle disease had significantly greater body mass in both study areas compared to unaffected individuals.

Bevezetés

A kiegészítő takarmányozás a magyarországi vadgazdálkodási gyakorlat egyik alapvető eleme, amelynek célja eredetileg a téli időszakban a vadállomány táplálék-kiegészítése volt. Napjainkban azonban szinte egész évben alkalmazzák, a vadászati sikeresség növelése vagy éppen a vadkár mérséklése érdekében. A gyakorlatban szálas-, szemes- és lédús takarmány, továbbá táp kerülnek kihelyezésre, kiegészítve ásványi anyagokkal és sóval. A nem

megfelelően kihelyezett takarmány azonban komoly kockázatot jelent, mivel a földdel való keveredés, a nedvesség és a penészesedés kedvez a gombák elszaporodásának, ami toxikus anyagok, elsősorban mikotoxinok képződéséhez vezethet. Szintén kockázatot jelent a nem megfelelő forrásból származó, minőségét tekintve be nem vizsgált takarmány is (SZEMETHY, 2024).

Az agancstő megbetegedés az utóbbi években egyre gyakrabban észlelt jelenség a dámszarvas-állományokban, amelynek pontos kóroktana nem tisztázott, de a táplálkozási hiányok és a mikotoxinokkal szennyezett takarmány fogyasztása kiemelt szerepet kap a feltételezett okok között. A betegség az agancstő gyulladással és nekrotikus elváltozásával jár, ami nemcsak a trófea minőségét rontja, hanem az állatok kondícióját és szaporodási mutatóit is kedvezőtlenül befolyásolhatja (SÜKÖSD et al. 2025).

A mikotoxinok a penészgombák által termelt másodlagos metabolitok, amelyek kis mennyiségben is súlyos toxikus hatást gyakorolnak az állatokra és az emberre. Leggyakrabban gabonafélékben és takarmányokban fordulnak elő, és világszerte jelentős gazdasági és egészségügyi problémát okoznak. A *Fusarium*, *Aspergillus* és *Penicillium* nemzetségekhez tartozó gombák által termelt toxinok – például aflatoxin B1 (AfB1), a dezoxinivalenol (DON) – károsítják a májat, vesét, gyengítik az immunrendszert, és krónikus terhelés esetén rontják a termelési mutatókat (BENET – KLICH 2003). A vadfajokra vonatkozó határértékek jogszabályban nem rögzítettek, így a kockázat felmérése nehézkes. Az éghajlatváltozás tovább súlyosbítja a problémát, mivel a gombaspórák áttelelése és a magasabb hőmérséklet kedvez a fertőzéseknek, így a mikotoxinok szintje várhatóan növekedni fog (KOS et al. 2023).

A vizsgálat elsődleges célja az volt, hogy megvizsgálja, hogyan alakul októberben elejtett dámszarvasbikák testtömege és trófeatömege mikotoxinokkal érintett körülmények között.

Anyag és módszer

A kutatás Magyarországon, azon belül Tolna-vármegyében zajlott két terület dámszarvas állományára fókuszálva. Egyrészt a Gyulaj Erdészeti és Vadászati Zrt. Pincehelyi Erdészet Kisszékelyi vadászterületén, másrészt a Kocsolai Dám Vadászársaság működési területén. A Kisszékelyi terület az Észak-Tolnai-Hegyháton fekszik, mozaikos, dombvidéki táj, amelyet fővölgyek és azok mellékvölgyei tagolnak. Az erdőállomány fafajösszetétele változatos: tölgy és cser dominál, mellettük jelentős az akác, valamint kisebb arányban kemény- és lágylombos fajok, illetve fenyő. A vízellátottság gyenge, állandó vízfelület csak néhány kisebb tó formájában van jelen, a vízfolyások többnyire időszakosak. A Kocsolai terület a Kapos-Tolna tájegységben található, síkvidéki jellegű terület, mezőgazdasági területek dominanciájával. Az erdőben a csertölgy uralkodik, kisebb arányban akác és juhar fordul elő. A vízellátottság kedvezőbb, mivel patakok és folyók szelik át a területet, így természetes ivóvízforrások állnak rendelkezésre.

A vizsgálatba bevon dámszarvas állományok mikotoxinokkal való érintettsége 17 októberben elejtett dámszarvas bikának (Kisszékely: n=9, Kocsola: n=8) a mintázásával került igazolásra. A mintagyűjtés az elejtést követő egy órán belül történt meg, vér-, máj-, izom- és bélsár minta formájában. A laborfeldolgozásra a MATE Genetika és Biotechnológia Intézet laboratóriumában került sor. A toxinok mennyiségi kimutatása és meghatározása piaci kitekkel, ELISA (enzyme-linked immunoassay/enzimhez kötött immunszorbens próba) alapú kompetitív immunoassay méréssel történt. Az izom-, bélsár- és májmintákból a mérést megelőzően szerves oldószerrel extraktum került előállításra. A májminták előzetesen arilszulfatáz/glükuronidáz enzimmal bontásra kerültek 3 órán át, 37 °C-on és 4,8 pH-jú pufferben, majd ezt követően történt az extrakció szerves oldószerben. Az aflatoxin B1 (AfB1) és a

deoxinivalenol (DON) mennyiségi meghatározása Toxi-Watch kitekkel történt (LAKATOS et al. 2024).

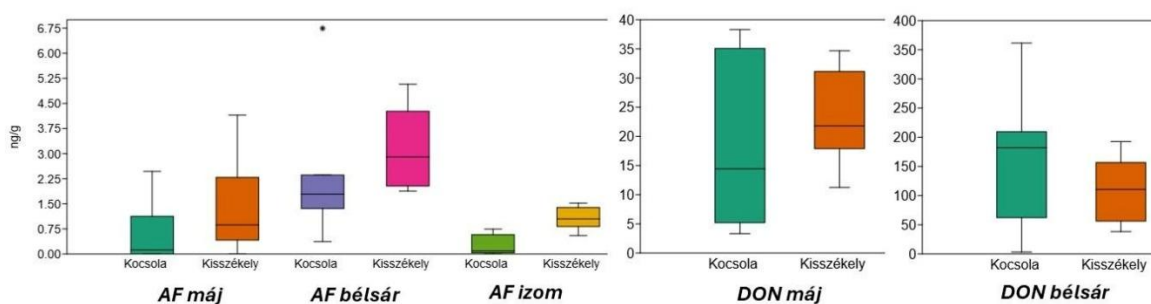
A morfometriai sajátosságok közül a trófeatómeg viszonylatában a két területről mindösszesen 395 példány (Kisszékely: n=266, Kocsola: n=129) októberben elejtett közepkorú és idős dámbika került bevonásra. További gyűjtött morfometriai adat volt a zsigerelt testtömeg (kg), az elemszám 371 példány volt. A bikák csoportosításra kerültek aszerint, hogy érintettek voltak agancstő rendellenességgel, vagy ép agancsjellemzőkkel rendelkeztek.

A statisztikai vizsgálatok Past5 statisztikai programmal történtek (HAMMER et al. 2001). Az adatsorok összehasonlítására normalitás vizsgálatot (Shapiro-Wilk teszt) követően parametrikus (t-próba) vagy nem parametrikus (Mann-Whitney U teszt) próbákat alkalmaztunk. Az átlagok esetében \pm szimbólum mögött a sztenderd hiba (SE) került feltüntetésre. Az adatvizualizáció normál eloszlás esetén átlag és hibajelölők (SE) felhasználásával, míg nem normál eloszlás esetén box-plot diagramok, max-min értékekkel, medián vonallal és kiugró értékekkel kerültek feltüntetésre.

Eredmények

Az elemzések igazolják, hogy mindkét terület érintett volt toxin terheltséggel. Kocsola területén az átlag ($\bar{x} \pm SE$) AfB1 szint a májban $0,55 \pm 0,32$ ng/g, bélsárban $2,29 \pm 0,78$ ng/g, az izomban $0,24 \pm 0,11$ ng/g volt. Kisszékely területén az átlag AfB1 szint a májban $1,35 \pm 0,49$ ng/g, bélsárban $3,09 \pm 0,57$ ng/g, az izomban $1,09 \pm 0,11$ ng/g volt. Kocsolán a DON májban mért átlag értéke $18,88 \pm 5,09$ ng/g, a bélsárban $171,28 \pm 43,31$ ng/g volt. Kisszékelyen a DON májban mért átlag értéke $23,7 \pm 2,63$ ng/g, a bélsárban $107,25 \pm 83$ ng/g volt.

Kocsola és Kisszékely területek összehasonlításában nincs szignifikáns különbség az AfB1 szint értékei között a májban ($p=0,16$) és a bélsárban sem ($p=0,14$). Az DON értékek eloszlása között sem mutatható ki a májban ($p=0,53$) és bélsárban ($p=0,33$) sem szignifikáns különbség. A két terület között egyedül az izomban mért AfB1 szint mutat szignifikáns különbséget ($p=0,0024$), a Kisszékelyi minták magasabb értéket mutattak, mint a Kocsolaiak (1. ábra).



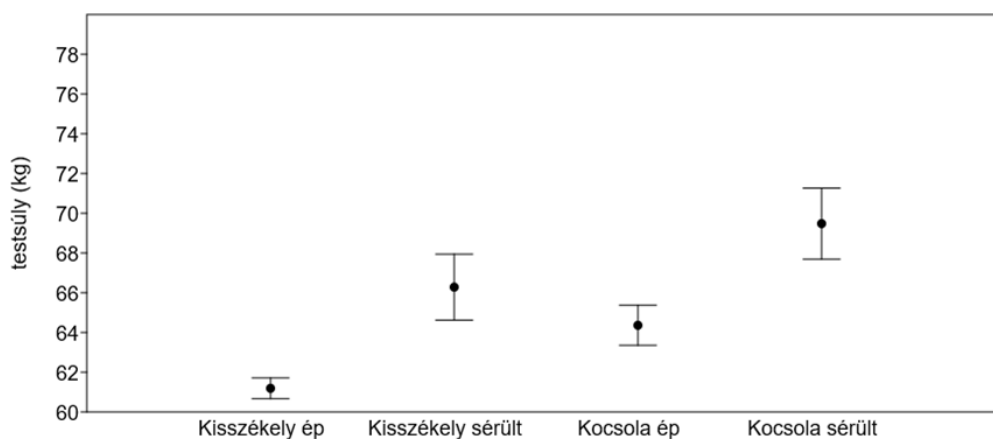
1. ábra: AfB1 és DON toxin értékek

Az agancstő rendellenesség tekintetében elmondható, hogy Kisszékely területen a vizsgált 7 év alatt elejtett bikák 7,9%-a volt agancstő rendellenességgel érintett, ez az arány Kocsola esetében 33,3% volt (1. táblázat).

1. táblázat: Agancstő rendellenességgel érintett egyedek aránya a vizsgált időszakban

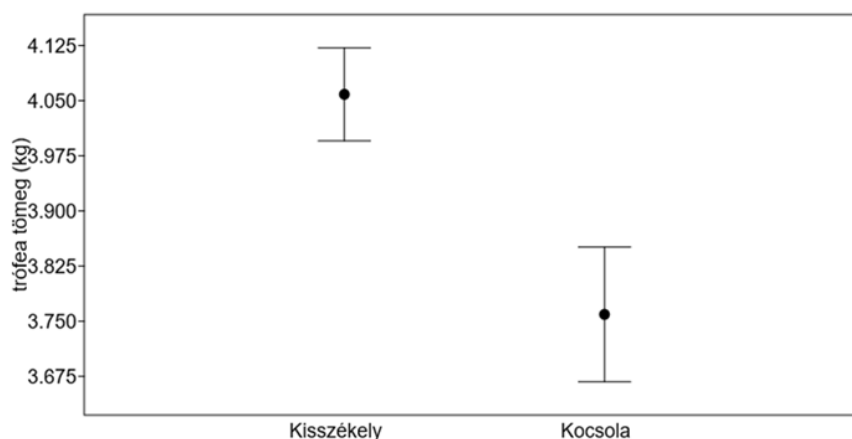
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Kisszékely	10%	0%	4,3%	10,5%	25,6%	4,4%	2,9%
Kocsola	64,7%	0%	0%	30%	52,9%	26,6%	40,9%

Az agancstő rendellenességgel nem érintett bikák esetében, Kisszékely területen (n=102) az átlagos testtömeg $65,4 \pm 0,6$ kg volt, míg Kocsolán (n=57) ez az érték $64,4 \pm 1$ kg volt. A két csoportátlagai között nem volt kimutatható statisztikailag igazolható különbség (kétmintás t-próba, $t=0,963$, $p=0,336$), a varianciában sem igazolódott eltérés (F-próba, $F=1,448$; $p=0,106$). Az agancstő rendellenességgel érintett bikák esetében, Kisszékely területen (n=11) az átlagos testtömeg $66,2 \pm 0,8$ kg volt, míg Kocsolán (n=12) ez az érték $69,4 \pm 0,8$ kg volt. A két csoportátlagai között nem volt kimutatható statisztikailag igazolható különbség (kétmintás t-próba, $t=1,1436$, $p=0,26153$), a varianciában sem igazolódott eltérés (F-próba, $F=2,3156$; $p=0,17145$). Ugyanakkor területeken belül eltérést igazoltak az összehasonlítások a két csoport között. Kisszékely területén belül összehasonlítva az ép és rendellenességgel érintett bikákat igazolható volt az eltérés az átlagokban (kétmintás t-próba, $t=3,65$, $p=0,00054$) míg a varianciában nem volt különbség (F-próba, $F=1,8766$, $p=0,13453$). Kocsola területén belül összehasonlítva az ép és sérült bikákat igazolható volt az eltérés az átlagokban (kétmintás t-próba, $t=2,065$, $p=0,01102$), a varianciában nem volt különbség (F-próba $F=1,211$, $p=0,55656$). Megállapítható tehát, hogy a rendellenességgel érintett bikák testtömege meghaladja az ép bikákáét. (2. ábra).



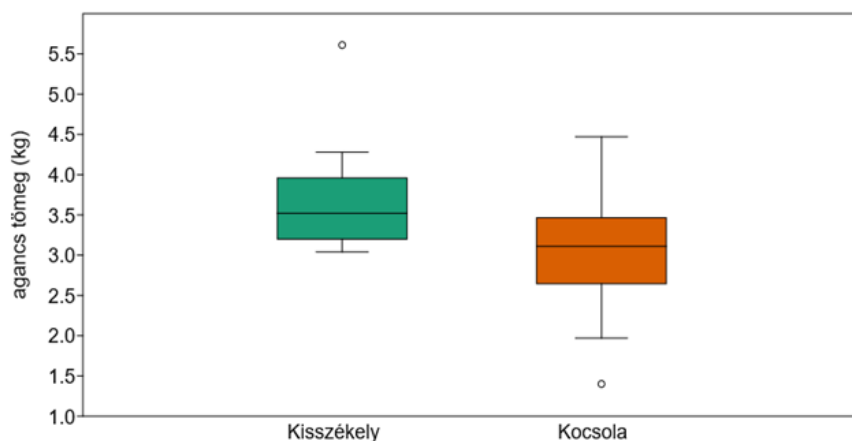
2. ábra. Átlagos testsúlyok alakulása vizsgálati területeken

A trófeatómegek alakulása esetén a területeken belül nem történt meg az egészséges és rendellenes egyedek összehasonlítása, csak területek között a két csoport vizsgálata került elvégzésre. Ezek alapján megállapítható, hogy az agancstő rendellenességgel nem érintett bikák esetében, Kisszékely területen (n=203) az átlagos trófeatómeg $4,05 \pm 0,06$ kg volt, míg Kocsolán (n=90) ez az érték $3,75 \pm 0,09$ kg volt. A csoportátlagok között kimutatható statisztikailag igazolható különbség (kétmintás t-próba, $t=2,6557$, $p=0,0083$), a varianciában nem igazolódott eltérés (F-próba, $F=1,0723$; $p=0,717$) (3. ábra).



3. ábra. Agancstő rendellenességgel nem érintett egyedek trófea tömege

Az agancstő rendellenességgel érintett egyedek trófea tömege Kisszékely (n=24) és Kocsola (n=54) között szignifikáns különbséget mutatott (Mann-Whitney U teszt, $U=310$, $z=3,655$, $p=0,0002$). Kisszékelyen az átlagérték ($3,63\pm 0,12$ kg) meghaladta a Kocsolán megfigyelhetőket ($3,03\pm 0,08$ kg) (4. ábra).



4. ábra. Agancstő rendellenességgel nem érintett egyedek trófea tömege

A testtömegek és trófeatömegek mellett megvizsgálásra került a szárak hosszának változása. Mindkét területen igazolódott 7 év vonatkozásában, hogy emelkedtek a szárhossz értékek. Kisszékelyen $66,2\pm 1,5$ cm-ről $71,9\pm 0,9$ -re emelkedett ($p=0,001$), míg Kocsolán $58,7\pm 2,1$ cm-ről $66,39\pm 1,9$ -re emelkedett ($p=0,029$).

Következtetések

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az agancstő rendellenesség előfordulása jelentős eltérést mutatott a két vizsgált területen. Kocsolán az októberi elejtések 33%-a érintett volt, míg Kisszékelyen mindössze 7,89%. A toxinvizsgálatok arra utalnak, hogy Kocsola területén a vizsgált 2 évben AfB1 és DON terheltség összességében alacsonyabb, mint Kisszékelyen, ugyanakkor szignifikáns különbség kizárólag az izomminták AfB1-szintjén igazolódott, fontos kihangsúlyozni, ez a 10^{-12} tartományban van, így élelmiszerbiztonsági kockázatot nem jelent. A kapott eredmény látszólagos ellentmondást mutat: a magasabb betegségarány (Kocsola) alacsonyabb szöveti toxinszintekkel párosult. Ez a jelenség a korlátozott mintaszámra, valamint arra vezethető vissza, hogy a szöveti koncentráció csupán egy pillanatnyi állapotot tükröz, míg az agancstő-betegség krónikus folyamat eredménye, ezért javasolt nagyobb számú vizsgálat elvégzése.

Ezért a modern toxikológiai gyakorlatban a mikotoxin-expozíció és kockázatértékelés az úgynevezett összevont kockázatbecsléssel (cumulative risk assessment) történik, ami lehetővé teszi, hogy több évnyi, alacsony szintű expozíció esetén értékeljük a hosszú távú hatásokat, különösen több toxin együttes jelenléte esetén (HUANG et al. 2021). Vagyis a mikotoxin-terhelés nem statikus, hanem évjárat-függő — ami már önmagában is indokolja a hosszabb időszakra szóló expozíció és hatás vizsgálatát. (GRUBER-DORNINGER et al. 2019). Egy áttekintő közlemény kiemeli, hogy az alacsony koncentrációjú mycotoxin-expozíció hosszú távon (vagyis krónikusan) jelentős hatással van az állatok növekedésére, termelésére, immunfunkciójára és metabolizmusára, még akkor is, ha nem idéz elő akut tüneteket.

A szerzők kifejezetten hangsúlyozzák, hogy az ilyen hatások kumulatívak lehetnek, és súlyosabbak a hosszú időszak alatt való ismételt expozíció során (XU et al. 2022). Egy további közlemény világosan kimutatja, hogy a feldolgozott statikus toxicitási értékek nem tükrözik a valós, gyakran éveken át fennálló, több mikotoxin kombinált expozíció okozta hatást (AKINMOLADUN et al. 2025) A több évre kiterjedő megfigyelések szerint a mikotoxin-szintek évről-évre változnak, és ez befolyásolja az állatok hosszú távú terhelését és teljesítményét, úgymint a csökkent takarmányhasznosulását, immunfunkció károsodását (GRUBER-DORNINGER et al. 2019) A globális felmérések szerint a mikotoxin szintek ingadoznak időjárási ciklusok, termőhely és agronómiai gyakorlatok hatására — tehát az állatok hosszabb idejű, változó expozíciót szenvedhetnek el, ami nem egyetlen mérgezéshez, hanem kumulatív egészség- és produktívási problémákhoz vezet (STREIT et al. 2019).

A testsúlyadatok elemzése nem igazolt szignifikáns különbséget a két terület között, függetlenül attól, hogy ép vagy rendellenes trófeájú egyedekről volt szó. Ugyanakkor az agancstő megbetegedéssel egyedek testsúlya mindkét területen statisztikailag magasabb volt, mint az egészségeseké. Ez arra utalhat, hogy az agancsfelrakásra fel nem használt energia, illetve a barcogás során csökkent aktivitás is hozzájárulhat a nagyobb testtömeghez. Bár a toxinok szerepe nem zárható ki, a mikotoxinok heterogén eloszlása és a takarmányozási gyakorlatok közötti esetleges különbségek további vizsgálatokat igényelnek.

A trófeatömeg tekintetében igazolható különbség mutatkozott a két terület között: a kisszékelyi állományban – függetlenül attól, hogy egészséges vagy rendellenes agancstövű egyedekről volt szó – szignifikánsan nehezebb trófeákat regisztráltunk, mint Kocsolán. Ezzel párhuzamosan lényeges megfigyelés, hogy a vizsgált időszakban mindkét területen a szárhossz növekedése is kimutatható volt.

A Kisszékelyen mért magasabb AfB1 értékek felvetik annak lehetőségét, hogy ez a toxin hatással lehet a trófea tömegének alakulására, ám ennek pontos hatásmechanizmusa egyelőre ismeretlen. Ezzel szemben a DON esetében ilyen pozitív összefüggés nem igazolódott; sőt, a szakirodalom alapján a DON inkább testtömeg-csökkentő hatással bír, mivel a PPAR γ 2 expresszió gátlásán keresztül akadályozza a zsírszövet képződését (ZHAO et al. 2020).

Azonban a legújabb kutatások (TÓTH et al. 2025) rávilágítanak arra, hogy a mikotoxinok (DON, ZEA, AfB1) és a glifozát-maradványok együttes, úgynevezett „koktéllhatása” jelentősen átalakítja a bélmikrobiom összetételét, és növeli az antibiotikum-rezisztencia gének (ARG-k) számát. Ez a kialakuló diszbiózis alapvetően befolyásolja a tápanyag-hasznosítást és az immunválaszt. A vizsgált állományokban valószínűsíthetően jelenlévő zearalenon ösztrogénszerű, anabolikus hatása ellensúlyozhatja a súlyvesztést, sőt, vízvisszatartást vagy tömeggyarapodást is előidézhet. A ZEA elsősorban az ösztrogénreceptorok által közvetített transzkripciós szabályozáson keresztül befolyásolja a lipídanyagcserét és a testtömeget. Ez a hatásmechanizmus érinti a lipidszintézis és -tárolás útvonalait, továbbá rendszerszintű

metabolikus változásokkal jár együtt, beleértve a glikolízist, az oxidatív stressz folyamatait, valamint a bélmikrobiom anyagcseréjét is.

Feltételezhető, hogy a ZEA és ösztrogénszerű metabolitjai olyan jelátviteli útvonalakon keresztül fejtik ki hatásukat a lipidmetabolizmusra és a testtömeg-szabályozásra, mint az AKT/mTORC1, a P2X7 receptor szignalizáció, valamint a leptin által közvetített szabályozás (COCCURELLO – VOLONTÉ, 2020; HUANG et al. 2016; LECOMTE et al.; 2019; LIU et al. 2013; PEREIRA et al. 2020)

Az alacsony elemszám miatt ezek a megállapítások további megerősítést igényelnek. A jövőbeni vizsgálatok során elengedhetetlen a testsúlynövekedésre pozitív hatást gyakorló egyéb mikotoxinok (kiemelten a hormonhatású zearalenon és metabolitjai) célzott elemzése is.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az AM támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- AKINMOLADUN O.F. – FON F.N. – NJI Q. – ADENIJI O.O. – TANGNI E.K. – NJOBEH P.B. (2025): Multiple Mycotoxin Contamination in Livestock Feed: Implications for Animal Health, Productivity, and Food Safety. *Toxins*, 17(8):365. doi: 10.3390/toxins17080365.
- BENNETT J.W. – KLICH M. (2003): Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, 16(3), 497–516. <https://doi.org/10.1128/CMR.16.3.497-516.2003>
- COCCURELLO R. – VOLONTÉ C. (2020): P2X7 Receptor in the Management of Energy Homeostasis: Implications for Obesity, Dyslipidemia, and Insulin Resistance. *Frontiers in Endocrinology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00199>
- GRUBER-DORNINGER C. – JENKINS T. – SCHATZMAYR G. (2019): Global Mycotoxin Occurrence in Feed: A Ten-Year Survey. *Toxins*, 27;11(7):375. doi: 10.3390/toxins11070375.
- HAMMER Ø. – HARPER D.A.T. – RYAN P.D. (2001): Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.*, 4(1), 9.
- HUANG C. – SHI L. – GAO Q. – CHEN Z. – PANG D. – ZOU Y. – LIU W. – LI L. – LUO Q. – CHEN X. (2016): Soy Isoflavones Regulate Lipid Metabolism through an AKT/mTORC1 Pathway in Diet-Induced Obesity (DIO) Male Rats. *Molecules*, 21(5), 586. <https://doi.org/10.3390/molecules21050586>
- HUANG Q. – JIANG K. – TANG Z. – FAN K. – MENG J. – NIE D. – ZHAO Z. – WU Y. – HAN Z. (2021): Exposure Assessment of Multiple Mycotoxins and Cumulative Health Risk Assessment: A Biomonitoring-Based Study in the Yangtze River Delta, China. *Toxins*; 13(2):103. doi:10.3390/toxins13020103.
- KOS J. – ANIĆ M. – RADIĆ B. – ZADRAVEC M. – JANIĆ – HAJNAL E. – PLEADIN J. (2023): Climate Change—A Global Threat Resulting in Increasing Mycotoxin Occurrence. *Foods* 12(14) 2704. <https://doi.org/10.3390/foods12142704>
- LAKATOS I. – BABARCI B. – MOLNÁR Z. – TÓTH A. – SKODA G. – HORVÁTH G.F. – HORVÁTH A. – TÓTH D. – SÜKÖSD F. – SZEMETHY L. – SZÓKE Z. (2024): First Results on the Presence of Mycotoxins in the Liver of Pregnant Fallow Deer (*Dama dama*) Hinds and Fetuses. *Animals*, 14(7), 1039. <https://doi.org/10.3390/ani14071039>
- LECOMTE S. – DEMAY F. – EFSTATHIOU T. – PHAM T.H. – PAKDEL F. – CHALMEL F. – MOULIS S. (2019): Deciphering the Molecular Mechanisms Sustaining the Estrogenic Activity of the Two Major Dietary Compounds Zearalenone and Apigenin in ER-Positive Breast Cancer Cell Lines. *Nutrients*, 11(2), 237. <https://doi.org/10.3390/nu11020237>
- LIU G. – XUE B. – JIA G. – WANG J. – HUANG Z. – XIAO L. – CHEN X. – YAN T. – TANG J. – ZHAO H. – WU C. (2013): Biological System Responses to Zearalenone Mycotoxin Exposure by Integrated Metabolomic Studies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(46), 11212–11221. <https://doi.org/10.1021/jf403401v>

- PEREIRA S. – COVEY S.D. – KIEFFER, T. J. – GLAVAS M.M. – CLINE, D. L. (2020): Tissue-Specific Effects of Leptin on Glucose and Lipid Metabolism. *Endocrine Reviews*, 42(1), 1–28. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnaa027>
- STREIT E. – NAEHRER K. – RODRIGUES I. – SCHATZMAYR G. (2013): Mycotoxin occurrence in feed and feed raw materials worldwide: long-term analysis with special focus on Europe and Asia. *J Sci Food Agric.*, (12):2892-9. doi: 10.1002/jsfa.6225. Epub 2013 Jun 26. PMID: 23670211.
- SÜKÖSD F. – LAKATOS I. – ÜRMÖS Á. – KARKAS R. – SÜKÖSD Á. – PALÁNKI G. – ARANY TÓTH A. – ERDÉLYI K. – MISÓ M. – GÖBÖLÖS P. – POSTA K. – KOVÁCS F. – FERENCZI S. – HORVÁTH G. – SZEMETHY L. – SZŐKE Z. (2025): When Antlers Grow Abnormally: A Hidden Disease Behind Common Cervid Trophy Deformities, Introducing Pedunculitis Chronica Deformans. *Animals*, 15(11), 1530. <https://doi.org/10.3390/ani15111530>
- SZEMETHY L. (SZERK)(2024): A korszerű vadtakarmányozás kézikönyve, Országos Magyar Vadász-kamara, p.338.
- TÓTH A.G. – NAGY S.Á. – LAKATOS I. – SOLYMOSSI N. – STÁGEL A. – PAHOLCSEK M. – POSTA K. – GÖMBÖS P. – FERENCZI S. – SZŐKE Z. (2025): Impact of mycotoxins and glyphosate residue on the gut microbiome and resistome of European fallow deer. *iScience*. ;28(10):113539. doi: 10.1016/j.isci.2025.113539.
- XU R. – KIARIE E.G. – YIANNIKOURIS A. – SUN L. – KARROW N.A. (2022): Nutritional impact of mycotoxins in food animal production and strategies for mitigation. *J Anim Sci Biotechnol.*, 13(1):69. doi: 10.1186/s40104-022-00714-2.
- ZHAO Y. – TANG S. – LIN R. – ZHENG T. – LI D. – CHEN X. – ZHU J. – WEN J. – DENG Y. (2020): Deoxynivalenol Exposure Suppresses Adipogenesis by Inhibiting the Expression of Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Gamma 2 (PPAR γ 2) in 3T3-L1 Cells. *Int J Mol Sci.* (17):6300. doi: 10.3390/ijms21176300.

EU TÁRSFINANSZÍROZOTT ERDŐTELEPÍTÉSI TÁMOGATÁSOK TAPASZTALATAI MAGYARORSZÁGON

Evaluation of EU co-funded afforestation subsidies in Hungary

KOVÁCS ZOLTÁN¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet

kovacs.zoltan@uni-sopron.hu

Kivonat

A tanulmány célja az Európai Unió társfinanszírozásában támogatott erdőtelepítések vizsgálata, az egyes időszakok támogatási környezetének és megvalósult erdőtelepítései értékelése. Az eredmények rámutatnak, hogy az erdőtelepítési támogatási felhívás a mezőgazdasági támogatásokkal kerül összehasonlításra a gazdálkodói döntések során. További lényeges következtetés, hogy a támogatás mértéke és struktúrája együttesen játszik szerepet a gazdálkodói döntésben, ezen belül a jövedelempótló támogatás mértéke és időtartama kifejezetten lényeges eleme a támogatási konstrukciónak. Az elsősorban magántulajdonú területeken megvalósítandó erdőtelepítések ösztönzése a támogatáspolitikán keresztül lehetséges, ezért a témakörben további vizsgálatok folytatása indokolt.

Abstract

The aim of the study is to examine afforestation projects co-financed by the European Union, to evaluate the different subsidies and implemented afforestation projects in each period. The results show that the call for afforestation support is compared with agricultural support during farmers' decisions. Another important conclusion is that the amount and structure of the support play a role in the farmers' decision, within this the amount and duration of the loss of income support are a particularly important element of the support structure. Encouraging afforestation projects, which are primarily to be implemented in privately owned areas, is possible through support policy, therefore further studies in this area are justified.

Bevezetés

A hazai erdőtelepítések történetét vizsgálva több, céljaiban, fafajpolitikai megfontolásaiban, teljesítményében markánsan elkülönülő korszak fedezhető fel. Az első jelentősebb, térségi szinten is meghatározó erdőtelepítési program Kiss Ferenc munkásságához köthető, aki az 1900-as évek elején a futóhomok megkötése céljából Szeged és Ásotthalom környékén végzett jelentős erdőtelepítéseket. Az első világháborút követően az erdőtelepítés, fásítás égető gazdasági kérdéssé vált. Az erdőállományaitól megfosztott ország faanyaggyárral, elsősorban fenyővel történő ellátása hívta életre a Kaán Károly nevével fémjelmezhető fásítási programot. Az erdőtelepítések ugyan megkezdődtek, de volumenükben nem igazán tudtak jelentőssé válni, a második világháborút megelőző gazdasági válság és az azt követő háborús viszonyok miatt. A második világháborút követő államosítás és a termelőszövetkezeti rendszer a maga tervutasításaival az erdőtelepítések legjelentősebb időszakát hozta el. Az ország erdőültetése 11%-ról 17%-ra emelkedett. A rendszerváltást követően, hazánk Európai Unióhoz történt csatlakozásáig (2004) az erdőtelepítések állami támogatás mellett, elsősorban az ismét magánkézbe került területeken jöttek létre (LETT B., 2021).

2004-től az erdőtelepítések új támogatási rendszerben, az Európai Unió társfinanszírozásában valósultak meg. A támogatások jelentős mértékű emelkedésének köszönhetően ismét megugrott az erdőtelepítések területe.

Az EU csatlakozástól napjainkig három programozási időszakban, folyamatosan a gazdálkodók rendelkezésére állt az erdőtelepítések támogatásának lehetősége. Az első, csonka támogatási periódus a Nemzeti Vidékfejlesztési Terv (2004-2006), a második az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program (2007-2013), a harmadik pedig a Vidékfejlesztési Program (2014-2020(22)) keretrendszerén belül valósult meg. Noha a támogatási struktúra 2004. óta nem változott, az azóta eltelt időszakban is jelentős ingadozást mutat az erdőtelepítések volumene. A tanulmány ezek vizsgálatára helyezi a hangsúlyt.

Anyag és módszer

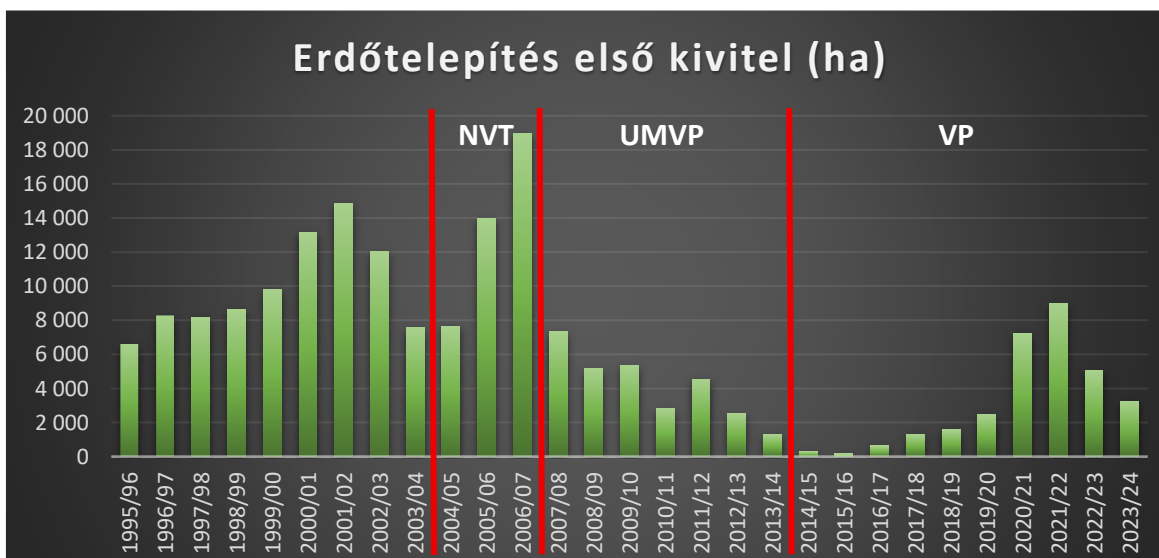
A tanulmány a Nemzeti Vidékfejlesztési Terv ex-post értékelése (URL1), az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program ex-post értékelése (URL2), valamint a Vidékfejlesztési Program Éves végrehajtási jelentéseinek értékelésének (URL3) elemzésén alapul.

Az első kivitelű erdőtelepítések adatai Központi Statisztikai Hivatal (URL4) és az Agrármisztérium Agrárstatisztika oldaláról származnak (URL5), míg a támogatási kérelmekre vonatkozó információk a Magyar Államkincstár 2022. évi adatszolgáltatásán alapulnak.

Az értékelés során az egyes programozási időszakokban megvalósult erdőtelepítések, valamint az azokra ható jelentősebb agrárgazdasági körülmények vizsgálatára került sor.

Eredmények

Az elmúlt 30 évben a KSH adatai alapján az alábbi mértékű erdőtelepítésekre került sor (1. ábra).



1. ábra: Erdőtelepítés első kivitel (ha) a különböző programozási időszakokban

Erdőtelepítések a Nemzeti Vidékfejlesztési Terv (NVT) keretében, 2004-2006 között

Az NVT keretében először került sor erdőtelepítések uniós társfinanszírozásban történő támogatására. A társfinanszírozott támogatási forma a korábbiakhoz képest számos újdonságot hozott. A támogatás három fő részre bomlott, ezek az első kivitel a kiegészítő elemekkel, az ápolás és a jövedelempótló támogatási elemek voltak. A jövedelempótló támogatás időszaka tölgy, bükk és egyéb kemény lombos állományok esetén 20 (!) év volt. A támogatási kérelmeket objektív szempontok alapján pontozták és rangsorolták, így alakult ki a támogatottak köre. Az akkori Állami Erdészeti Szolgálat delegált feladatot ellátó szervezetként kezelte a támogatási kérelmeket, egészen azok befogadásától a kifizetés előtti pillanatig. A

kifizetések a Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal (MVH) felelősségi körébe tartoztak.

A rövid időszakra tervezett 30.000 ha erdőtelepítéssel szemben 44.173 ha jóváhagyott támogatási igény jól jellemzi az időszakot. A tervezett értéken felüli igénylés okai között szokás említeni a csatlakozás előtti években elhalasztott erdőtelepítési igények megjelenését is, hiszen az új rendszerben jelentősen nagyobb mértékű támogatás vált elérhetővé a gazdálkodók számára. A támogatási kérelmek átlagos területmérete 10 ha körül alakult. A kérelmek 90%-a jellemzően 12AK alatti szántó területre, 8%-a 8AK alatti gyepre és 2%-a egyéb területre vonatkozott.

A rendkívül sikeresnek tűnő időszaknak árnyoldalai is voltak. Az egyes célállománytípusok közül a tölgy kiemelt támogatása, továbbá a tölgy, bükk és egyéb kemény lombos állományok esetén elérhető 20 éves jövedelempótló támogatás számos esetben azt eredményezte, hogy a termőhelyi viszonyok figyelmen kívül hagyásával került sor kocsányos tölgy állományok tervezésére és telepítésre. A probléma 2015-ben széleskörűen ismertté vált: abban az évben 2.000 ha befejezésre kötelezett tölgy főfajú erdőtelepítésből 755,09 ha nem volt befejezhető (NAGY, 2016).

A támogatási igények jelentős része az alföldi területeket érintette: a kérelmek fele (mintegy 21.000 ha) az Állami Erdészeti Szolgálat Kecskeméti és Debreceni Igazgatóságainak kezelésében valósult meg.

Szintén fontos tapasztalat volt, hogy a kerítés, mint az első kivétel kiegészítő elemének támogatása jelentős forrásokat emésztett fel. Az NVT időszakban közel 8,7 millió EUR értékben, mintegy 2.500 km kerítést telepítettek a gazdálkodók az erdőtelepítések védelme érdekében.

Erdőtelepítések az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program (UMVP) időszakában, 2007-2013 között

A támogatási egységárak átlagosan a korábbi egységárak 70%-ára csökkentek, az egyes célállománytípusok esetén elérhető jövedelempótló támogatás pedig átlagosan a NVT időszaki érték 40%-ára zuhant.

Az időszakban azonban - a támogatási feltételeken kívül - több külső tényező is változott. Az egységes területalapú támogatás (SAPS) az EU csatlakozási megállapodás értelmében 10 év alatt, folyamatosan növekvő ütemben érte el a tagállamok területalapú támogatásának 100%-át, így 2014-ben már a hazai gazdálkodók is ugyanazt a mértékű SAPS támogatást kapták mezőgazdasági területeik után, mint az EU más tagállamainak gazdálkodói. Emellett a korábbi recesszió után a termésárak is növekedésnek indultak.

A fentiek összességében azt eredményezték, hogy a tervezett 35.000 ha-ral szemben mindössze 26.027 ha erdőtelepítési igény jelentkezett a gazdálkodók részéről az UMVP teljes időszaka alatt. Az időszak végére az erdőtelepítési pályázatok volumene soha nem látott alacsony szintre, 1.000 ha/év alá csökkent.

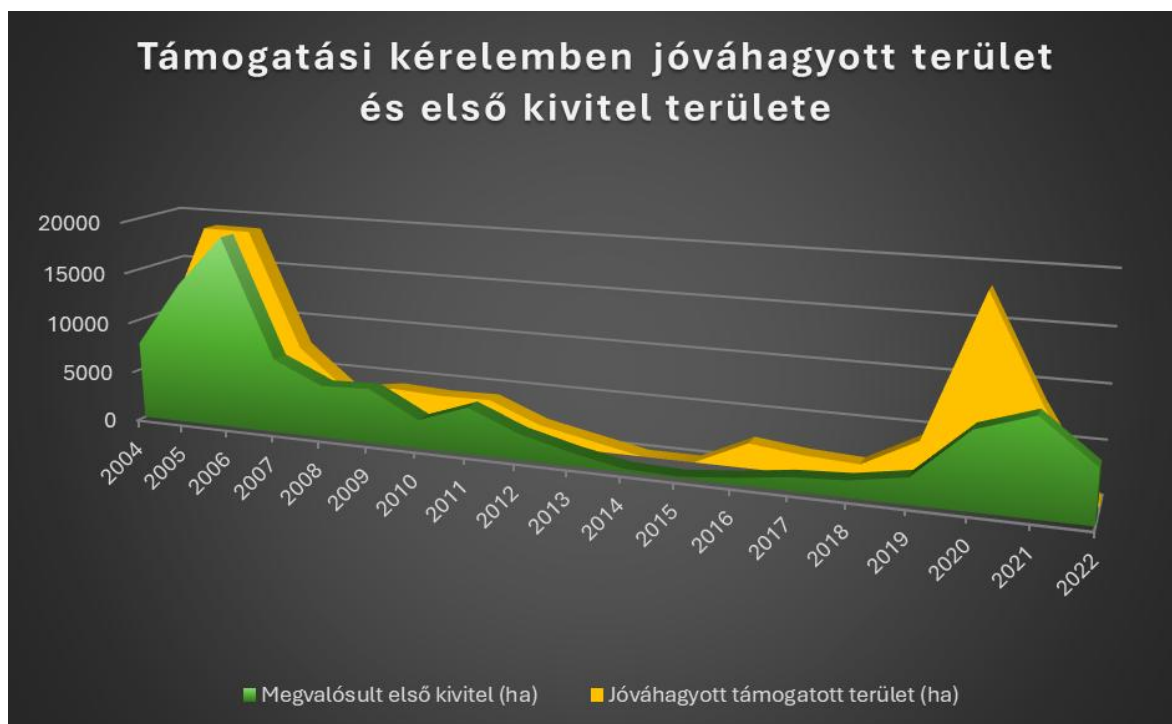
Az erdőtelepítések területi elhelyezkedését vizsgálva továbbra is a Duna-Tisza köze, elsősorban Bács-Kiskun megye és a kelet-magyarországi régióban a Szatmár-Beregi-síkság és a Nyírség területén valósult meg az erdőtelepítések jelentős része.

Erdőtelepítések a Vidékfejlesztési Programban (VP), 2014-2020(22) között

A kevésbé sikeres UMVP időszakot követően a VP több változást is hozott. A támogatás jogcímrendelet helyett pályázati felhívásban került meghirdetésre, s a támogatás odaitélése

Támogatói Okirat kibocsátásával történt. A korábbi ciklusokat követően az erdészeti hatóság már nem látott el delegált feladatokat az erdőtelepítési támogatási kérelmek ügyintézése kapcsán, így az erdőtelepítések hatósági engedélyezési eljárása és támogatási folyamatai két külön szervezet kezelésében valósultak meg. A korábbi évek csökkenő érdeklődése miatt 2018-ban sor került az elsőkivitel egységárainak felülvizsgálatára, majd 2019-ben a jövedelempótló támogatás jelentős mértékű emelésére (174 EUR/ha → 432 EUR/ha). A jövedelempótló időszak valamennyi célállomány esetében egységesen 12 évben került megállapításra.

Amennyiben a benyújtott támogatási kérelmek alapján jóváhagyott (tehát nem a ténylegesen megvalósult!) területet vizsgáljuk, megállapítható, hogy az emelés hatására jelentősen növekedett az erdőtelepítési kedv. Ebben az időszakban azonban először látható az a jelenség, hogy az elnyert pályázati támogatást a pályázatok jelentős részében nem követte tényleges megvalósítás (2. ábra).

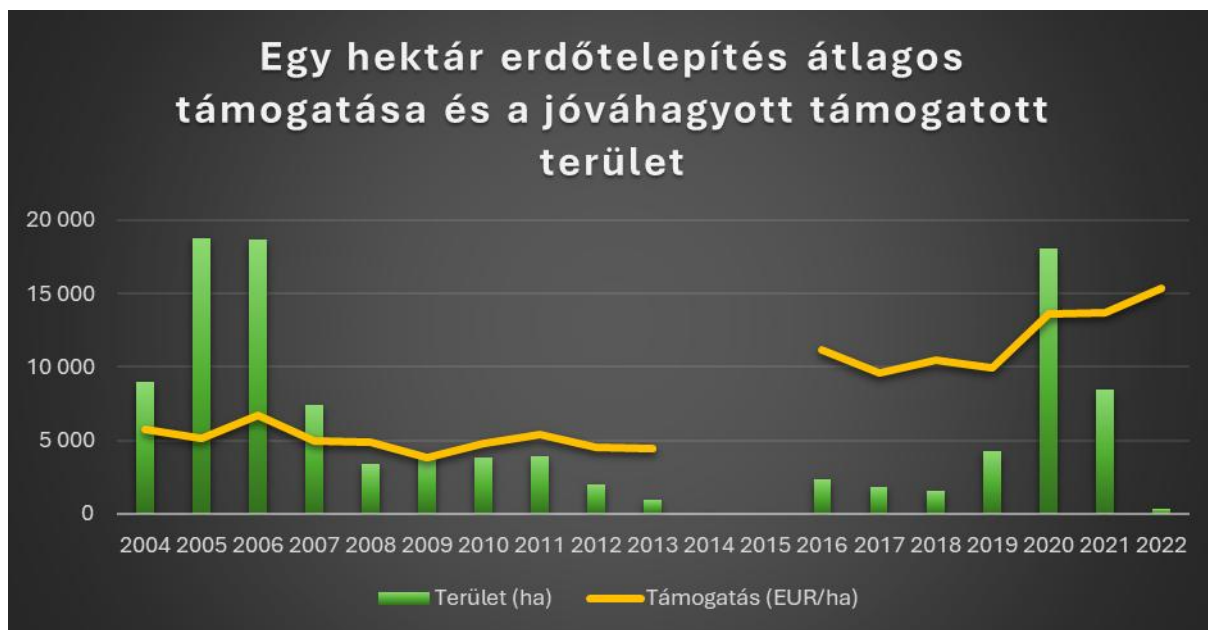


2. ábra: Jóváhagyott támogatási kérelmek és az első kivitel területe (ha)

Az okok összetettek, a személyes interjúk alapján (nem reprezentatív felmérés) elsősorban az infláció hatása okozza a jelenséget. A 2019-ben benyújtott támogatási kérelmek esetében, a hosszú bírálati időszakot követően a 2020/21 ültetési időszakra olyan mértékű áremelkedés jellemezte a piacot, elsősorban a szolgáltatások területén, de pl. a kerítésépítéshez szükséges anyagok esetében is, amely a gazdálkodókat visszatartotta az eredeti erdőtelepítési szándék megvalósításától.

Egy hektár erdőtelepítésre jutó átlagos támogatás változása

A jóváhagyott támogatási kérelmek összege és területe alapján megállapításra került az egy hektárra megítélt támogatások összege, melyet az alábbi ábra mutat (3. ábra).



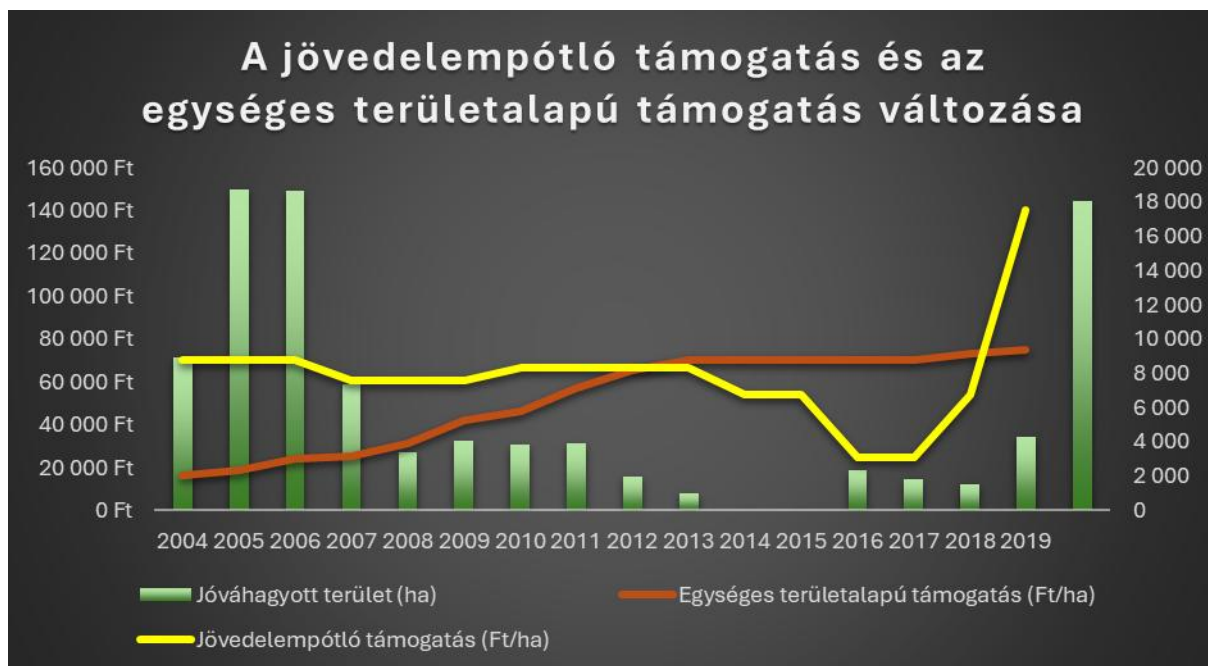
3. ábra: Egy hektár erdőtelepítés átlagos támogatása (EUR/ha) és a jóváhagyott támogatott terület (ha)

A támogatási összegben 2019-ben bekövetkezett jelentős emelkedés megnövekedett támogatási igényt eredményezett.

Amint az ábra mutatja, 2022-re az egy hektár erdőtelepítés átlagos támogatási mértéke elérte a 15.000 EUR/ha értéket, a jóváhagyott támogatott terület azonban nem növekedett tovább.

A jövedelempótló támogatás hatása

A jövedelempótló támogatást és az egységes területalapú támogatást közös ábrán bemutatva jól látszik, hogy azokban az időszakokban, amikor a jövedelempótló támogatás meghaladja az egységes területalapú támogatás mértékét, megnövekedik az erdőtelepítési támogatás iránti érdeklődés (4. ábra).



4. ábra: A jövedelempótló támogatás (Ft/ha) és az egységes területalapú támogatás (Ft/ha) mértéke, valamint a jóváhagyott támogatott terület (ha)

Következtetések

Az eredmények alapján három lényeges szempont emelhető ki az EU társfinanszírozott erdőtelepítési támogatások további tervezéséhez.

Az első és legfontosabb, hogy az erdőtelepítési támogatás alapvetően nem erdészeti, hanem mezőgazdasági típusú beavatkozás, az erdőtelepítési támogatási felhívás az agrárium jövedelmi és támogatási viszonyai között kerül megmérettetésre.

További fontos szempont, hogy a támogatás mértéke és struktúrája együttesen játszik szerepet a gazdálkodói döntésben, ezen belül a jövedelempótló támogatás mértéke és időtartama kifejezetten lényeges eleme a támogatási konstrukciónak.

Harmadsorban pedig a gazdálkodók egyértelműen jelezték, hogy szükségét érzik a szakmai támogatásnak mind a hatósági engedélyezési, mind pedig a támogatási adminisztrációs folyamatban. Az első években az „egyablakos ügyintézés” és az erdészeti hatóság támogató munkáját a megkérdozett gazdálkodók kivétel nélkül jónak és a sikeres megvalósítás szempontjából kiemelt fontosságúnak nevezték.

A célul kitűzött erdősültség eléréséhez az erdőtelepítéseket folytatni kell. Az ehhez szükséges ökológiai ismeretek mellett, beleértve a klímaváltozás várható hatásait is, fontos szerepet játszanak az ökonómiai ismeretek is. Az elsősorban magántulajdonú területeken megvalósítandó erdőtelepítések ösztönzése a támogatáspolitikán keresztül lehetséges, ezért a témakörben további vizsgálatok folytatása indokolt.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében az Innovációs és Technológiai Minisztérium (jogutód: Kulturális és Innovációs Minisztérium) Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- LETT BÉLA (2021). Amit a számok mutatnak – Az erdőtelepítések tapasztalatai 1920–2020, Erdő-
vagyongazdálkodási közlemények 15.
- NAGY JÓZSEF (2016). Mi lesz veletek „szántóból lett” tölgyesek? MEGOSZ, leolvasás: 2026. 01.
09., <https://www.megosz.org/wp-content/uploads/2016/01/Mi-lesz-veletek-sz%C3%A1nt%C3%B3b%C3%B3l-lett-t%C3%B6lgyesek.pdf>
- URL1: Nemzeti Vidékfejlesztési Terv 2004-2006 ex-post értékelése, Zárójelentés (2009), leolva-
sás: 2026. 01. 09., https://sapard-avop-nvt.kormany.hu/download/3/b9/10000/NVT_ex-post_ertekeles_zarojelentes_20090324_EU.pdf
- URL2: Az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program (2007-2013) utólagos (ex-post) értékelése,
Zárójelentés (2016), leolvasás: 2026. 01. 09., <https://www.palyazat.gov.hu/informacio/dokumentumtar/az-uj-magyarorszag-videkfejlesztési-program-2007-2013-utolagos-ex-post-ertekelese-64901>
- URL3: Vidékfejlesztési Program Éves végrehajtási jelentések (2014-2024), leolvasás: 2026. 01.
09., <https://www.palyazat.gov.hu/programok/videkfejlesztési-program>
- URL4: Központi Statisztikai Hivatal, 15.1.1.9. Erdőtelepítés, fásítás, erdőfelújítás az erdőgazdálko-
dási célú erdőterületeken, leolvasás: 2026. 01. 09., https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0007.html
- URL5: Agrárstatisztika, leolvasás: 2026. 01. 09., <https://agrarstatisztika.kormany.hu/adatok-idosorok>

BÜKK EGYEDEK TÖRZSÁTMÉRŐ VÁLTOZÁSÁNAK MÉRÉSE, A FENOLÓGIÁVAL ÉS A METEOROLÓGIAI ADATOKKAL ÖSSZEFÜGGÉSBEN

Measuring the change in trunk diameter of beech trees in relation to phenology and meteorological data

KÖKÉNY GERGELY^{1,2}, SZEKRÉNYES TAMÁS², KALICZ PÉTER¹

¹Geomatikai És Kultúrmérnöki Intézet, Soproni Egyetem, Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4.

²VERGA Veszprémi Erdőgazdaság Zrt. Veszprém Jutasi út 10.

kokeny.gergely@verga.hu

Kivonat

A hatékony vízgazdálkodású faegyedek és nagyobb állományon belüli arányuk, a változó klímában optimálisabbak az éves növedék, vagyis a fatermés, a szénmegkötés és az ellenálló képességnek köszönhetően a biológiai sokféleség biztosításának szempontjából is. A vizsgálatot a Kelet-Bakonyban egy bükkös állományban végezzük. Itt 2022-ben korai lombhullás történt az extrém száraz időszakok következtében. A területen különböző mértékű lombvesztéssel reagáltak egyes egyedek, amelyek a későbbi vegetációs időszakokban eltérő fenológiai fázisokat produkáltak. A fák az év során, fotoszintetikus aktivitástól és fenológiai jellegtől függően, eltérő mennyiségű tartalékot képeznek keményítő formájában, amely segít átvészelni a későbbi nehezebb időszakokat. Jelen kutatás célja azonosítani két különböző reakciójú egyed fenológiai fázisainak eltéréseit. A törzsmérő változás méréssel sikerült nyomon követni egy aszálynak ellenállóbb és egy legyengült egyed éves fejlődési ciklusát.

Abstract

Trees with efficient water management and those within larger stands are more optimal in a changing climate in terms of ensuring biodiversity in a ratio corresponding to annual growth, i.e. wood yield and carbon sequestration, in line with resilience. The study is being conducted in a beech stand in the Eastern Bakony. Here, early leaf loss occurred in 2022 due to extremely dry periods. Individual trees in the area responded with different degrees of leaf loss, which produced different phenological phases in later vegetation periods. Trees, depending on their photosynthetic activity and phenological characteristics, store different amounts of starch reserves throughout the year, which helps them survive later difficult periods. The aim of this research is to identify differences in the phenological phases of two individuals with different reactions. By measuring the change in trunk diameter, it was possible to track the annual development cycle of a more drought-resistant and a weakened individual.

Bevezetés

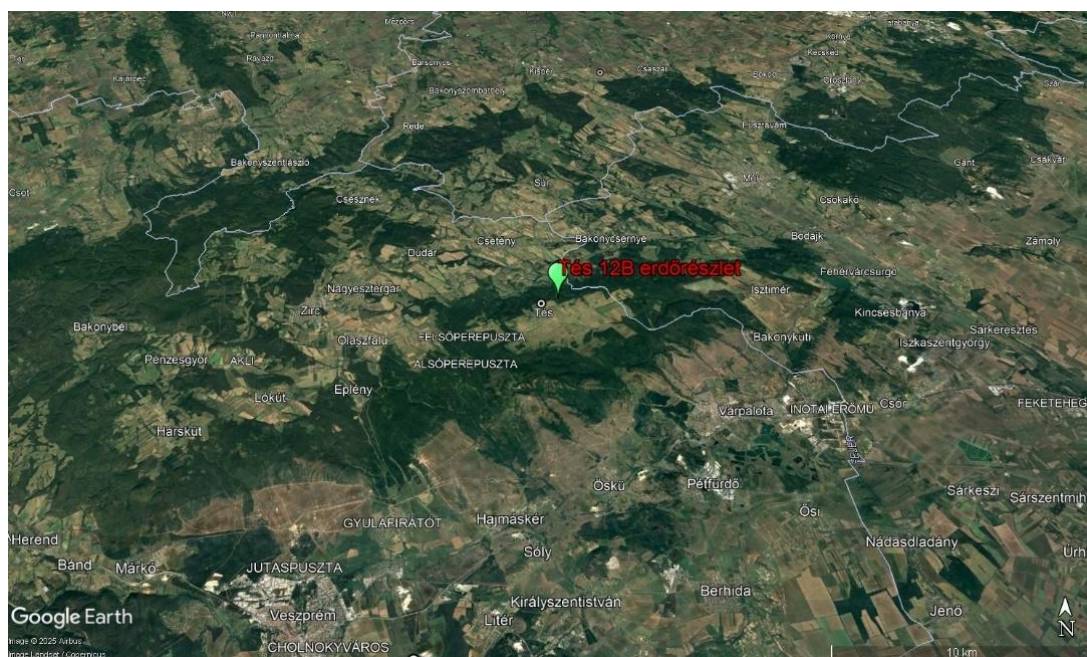
A klímaváltozásra érzékeny hazai fafajok közül a bükk jövője, ellenálló képessége ökológiailag és ökonómiailag is fontos kérdés. A növényi részek vízellátottsága időben változik, ezért a fák vízellátottságának egyik szemléletes megfigyelési módszere a törzsmérő változásnak a mérése egy adott időszakban. A témában számos kutatás született melyek szerint, a radiális éves növedéktől függetlenül is szignifikáns kapcsolat van a növények vízszállítása és a törzsmérő változás között, illetve a növekedésből fakadó változás ki is szűrhető (ZWEIFEL 2005). A nem szerkezeti szénhidrátok különböző időszakokban, különböző formákban vannak jelen a fában, attól függően, hogy a fának épp tartalékra, energiára vagy építő elemekre van szüksége. Ez a jelenség az év során meghatározott időszakokra oszlik, hasonlóan a fa ciklikus jellegű mutató vízellátottsággal. A bonyolult biokémiai folyamatokhoz szükség van vízre, ezen kívül a szállítható szénhidrátok számára a fában lévő víz az elsődleges

transzportanyag (VISINÉ 2008). A tartalékok képzése, időzített felszabadítása és megfelelő helyre szállítása miatt a szénhidrát anyagcsere szoros összefüggésben van a vízellátottsággal.

A kutatást a Keleti-Bakonyban végeztük, Tés községhatárban. Uralkodó szintben lévő, de eltérő korona méretű bükk egyed törzsátmérő változását követtük nyomon, a mérés óránként történt. Az vizsgált egyedek 2022. évben az extrém aszályra eltérően, korai lombvesztéssel és normál idejű őszi lombvesztéssel reagáltak. Az egyedek között következő években eltérés volt tapasztalható a rügyfakadás idejében és a vegetációs időszak hosszában is. Az mérési eredmények szignifikáns különbséget mutattak a vegetációs időszak kezdetének időpontjában, a növekedési periódus maximumában és a vegetációs időszak befejezésében is. Jelen dolgozat célkitűzése, hogy bemutassa a vizsgált bükk egyedek közötti különbségeket a meteorológiai adatokkal összefüggésben. További célja, hogy a feltárt eltérésekből következő tevéseket vonjon le a kutatás további irányának megerősítése szempontjából.

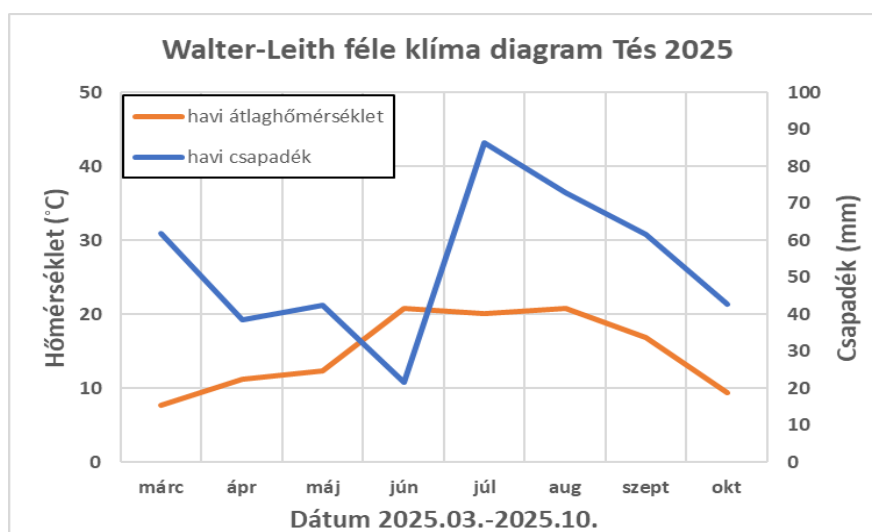
Anyag és módszer

A vizsgált fák, erdőtervi adat szerint 107 éves bükk (*Fagus sylvatica*) egyedek. A faj általában véve klímaérzékeny, optimumát Magyarországon a bükkös klíma adja, ennek fontosabb elemei a 630 mm feletti éves csapadékösszeg, a FAI (Erdészeti Szárazsági Index) 4,75 vagy az alatti érték. Azonban a klímát jellemző legfontosabb elemeket, a hőmérséklet és csapadék értékeket a domborzat sok esetben befolyásolja, így sok esetben a bükk számára kedvezőbb mezoklíma is kialakulhat, számára egyébként kedvezőtlenebb klímájú helyeken (FÜHRER et. al. 2024). Részben ennek és az alkalmazkodóképességének is köszönhetően, sok esetben extrém előfordulásokkal is találkozhatunk (KÖKÉNY 2025). Szezonális növekedésének kezdete egybe esik a rügpattanással és a lombfakadással (STRIEDER et. al. 2021). A szerves anyag képzés így a növekedés szempontjából legfontosabb a vegetációs periódus, amely Magyarországon általában 146 és 186 nap közé tehető, a Bakonyban 169 nap. Optimumán anizohidrikus (vízpazarló) faj, ellenben kedvezőtlenebb termőhelyekhez alkalmazkodva egyes izohidrikus (víztakarékos) viselkedést mutathat (MÉSZÁROS 2024). A vizsgálat helyszíne a Keleti-Bakonyban, Tés községhatárban, Tés 12 B erdőrészletben található (1. ábra).



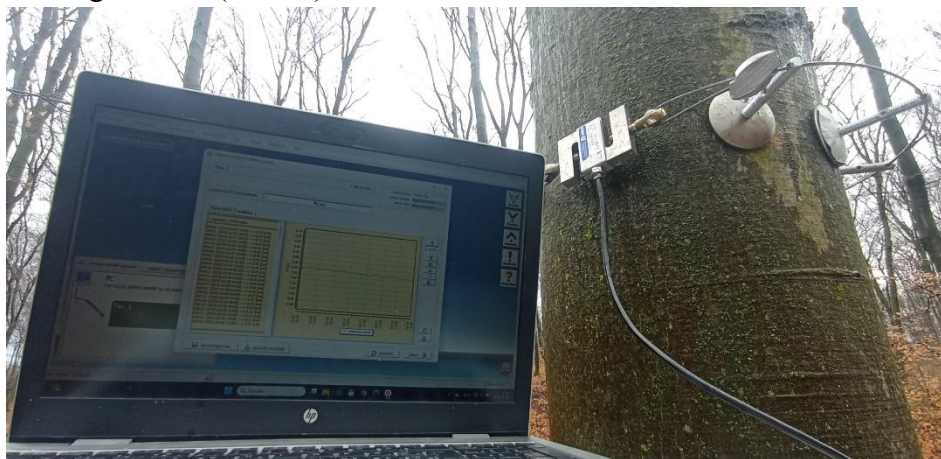
1. ábra: vizsgálati helyszín, Tés 12 B erdőrészlet. Forrás Google Earth

A vizsgálat helyszínén a bükk egyedek a 2022. évi extrém aszályban eltérő idejű és mértékű korai lombhullással reagáltak. A különböző reakciójú egyedek megjelölésre kerültek párban, ezekből kerültek ki a mért egyedek. Később a terepi megfigyelések szerint, a megjelölt korai lombvesztéssel reagáló egyedek, egy kivételével korábban fakadtak tavasszal, korábban kezdték a vegetációs időszakot. A mért egyedek közül Tés 1 jelzésű az aszályra korai lombvesztéssel reagáló, következő évben korán fakadó és Tés 2 jelzésű az aszálynak ellenálló, következő években későn fakadó egyed. A helyszín éghajlat adatainak tekintetében, 1,5 km sugarú körön belül lévő OMSZ meteorológiai állomási adatsorára támaszkodtunk. A vizsgált vegetációs időszak adataiból Walter-Leith -féle klíma diagram készült (2. ábra). A 2. ábra szerint június hónapban a hőmérséklet grafikonja meghaladja a csapadék grafikont, amely aszályos időszakot jelent. A tavaszi időszakban erős aszály nem látszik, de szintén csapadékszegénynek mondható.



2. ábra: Tés hőmérséklet és csapadék adataiból készített Walter-Leith féle klíma diagram, Forrás: Hungaromet

A törzsátmérő változás mérését egy nyúlásmérő bélyeggel ellátott H3 S-mérlegcellával, a törzsek 3 méteres magasságában végeztük, itt a törzsátmérő 30 cm körül mindkét esetben. A műszer 25 kg-ig, vagy 245 N feszítő és nyomó erőig, a törzsre szerelve az átmérő változás által befolyásolt feszítő erőt méri. Az adatok tárolásához alkalmazott eszköz, a mérlegcellához kalibrálva, 5-20 mA közötti feszültséget rögzít óránként, a feszítő erő mértékének megfelelően (3. ábra).

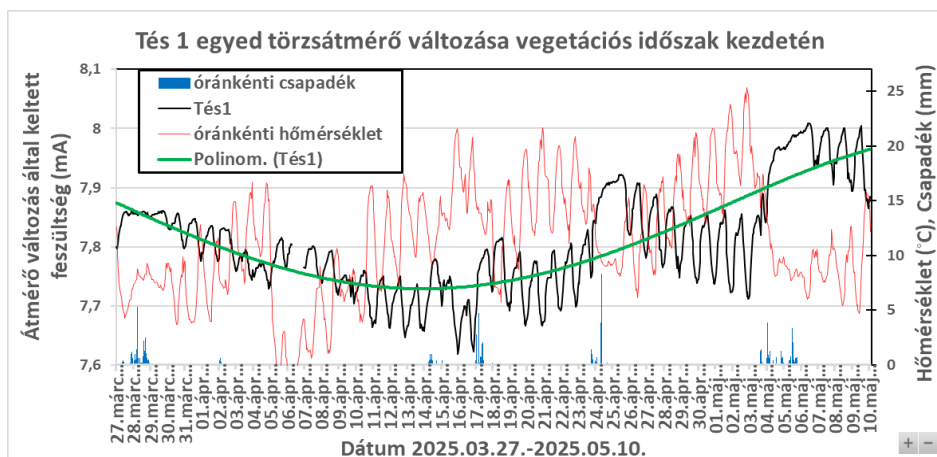


3. ábra: bükk törzsre szerelt mérőcella, adatkiolvasó szoftver. (saját kép)

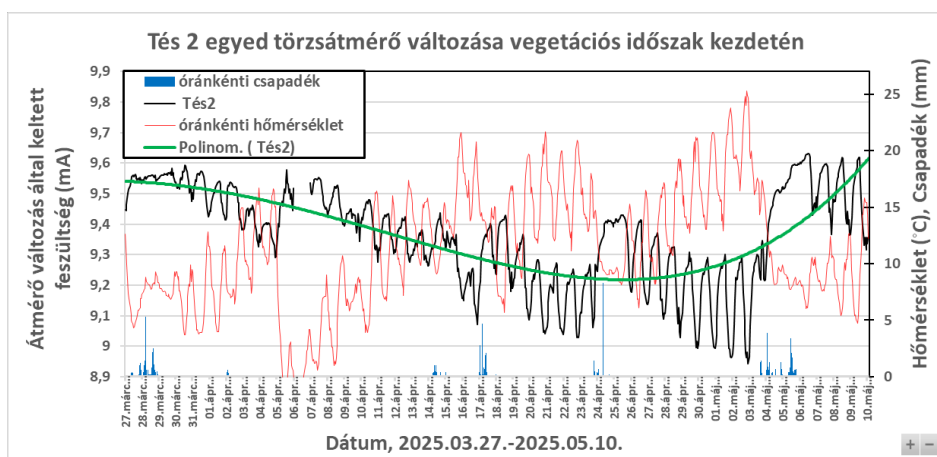
Az eszköz Török András nyugalmazott okleveles erdőmérnök mérési ötletének továbbfejlesztett változata, egy modern digitális műszeregység, amellyel már korábban sikerült azonosítani a törzs vízvesztését és tárolását különböző időpontokban, napi ritmussal és a fejlődési szakasz kezdetét (KÖKÉNY et. al. 2024).

Eredmények

A vegetációs periódus kezdete:



4.a. ábra: Tés 1 egyed törzsátmérő változás a vegetációs időszak kezdetén



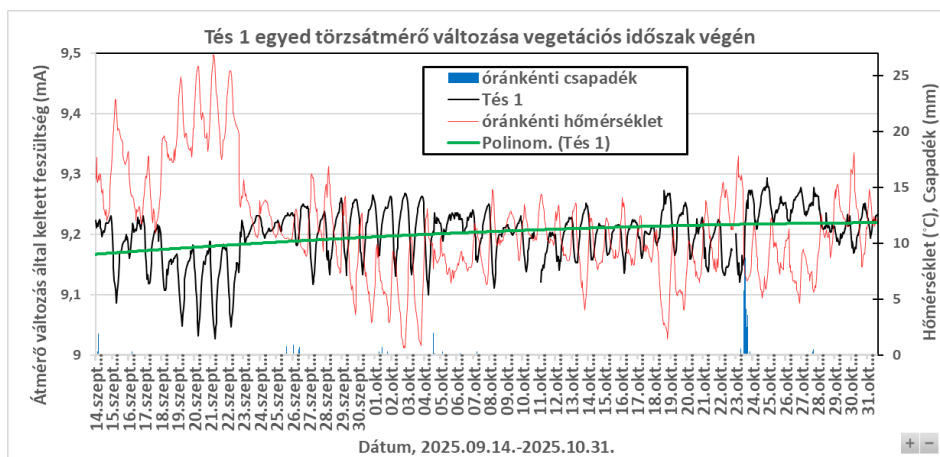
4.b. ábra: Tés 2 egyed törzsátmérő változás a vegetációs időszak kezdetén

A 4.a ábrán megfigyelhető, hogy a Tés 1 egyed törzsátmérő változás grafikonja április 15. környékén a csökkenő tendenciából átvált növekvő tendenciára, az egyed elkezdte fejleszteni a lombzatát, amivel párhuzamosan a növekedése is beindult. A 4.b ábrán előbbtől eltérően azt láthatjuk, hogy Tés 2 egyed esetében a csökkenő tendencia két héttel később, május elejét követően vált csökkenőből növekvő tendenciára. A megállapítás egybehangzik korábbi kutatási és szakirodalmi eredményekkel, mely szerint a szórt likacsú fák és kifejezetten a bükk növekedésének kezdete, egybe esik a rügyek kipattanásával és a lombosodással (STRIEDER et. al. 2021). Az 5. ábrán is látható, hogy Tés 1 egyed lombkoronája fejlődésnek indult, míg Tés 2 egyed koronafejlődése még nem indult el, de legalábbis elmarad Tés 1 egyedéhez képest. Összegezve Tés 2 egyed később indította a vegetációs periódust.

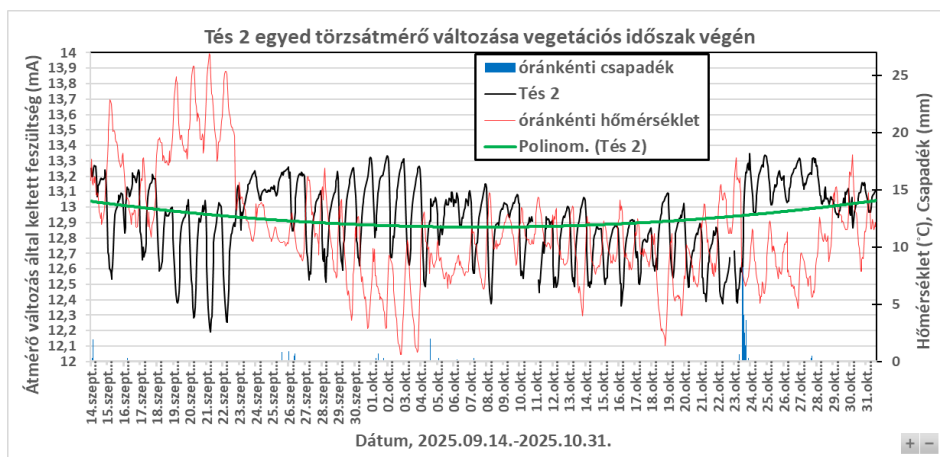


5. ábra: Tés 2 egyed (középen balra) nyugalmi állapot, Tés 1 egyed (középen jobbra) kezdődő lombozat 2025.04.13.-án, a vegetációs időszak kezdetén (saját kép)

A vegetációs periódus befejezése:



6.a. ábra: Tés 1 egyed törzsátmérő változása a vegetációs időszak kezdetén



6.b. ábra: Tés 2 egyed törzsátmérő változása a vegetációs időszak végén



7. ábra: Tés 2 egyed (középen balra) egészséges lombozat, Tés 1 egyed (középen jobbra) lombvesztés 2025.10.03.-án, a vegetációs időszak kezdetén (saját kép)

A 6.a ábrán megfigyelhető, hogy a Tés 1 egyed törzsmérő változás grafikonjának csökkenő tendenciája megáll és ezt az értéket tartva, minimális növekedést mutató tendencia következik október első napjaitól. Valószínűleg a tavaszi csapadék szegény időszak és főleg a júniusi aszály kifejtette hatását az egyedén, mely augusztus végi szeptember eleji lombvesztést produkált. A transzspiráció és ezzel a vízvesztés is lombzat hiányában lassan leállt, a törzs rehidratáció miatt minimálisan növekedett. A 6.b ábrán előbbtől eltérően azt láthatjuk, hogy Tés 2 egyed esetében a csökkenő tendencia, vagyis a transzspiráció és ami fontos, hogy ezzel együtt a szerves anyagok felhalmozása jóval tovább, október végéig tart. Az egyed a szakirodalmi leírások szerinti, október második felében bekövetkező lombsárgulási időszakhoz hasonló, normálisnak idejű vegetációs periódust és befejezést produkált (FÜHRER et. al. 2024). A 7. ábrán is látható, hogy Tés 1 egyed lombkoronája erősen lomb vesztett állapotban van, míg ugyanekkor Tés 2 egyed koronája egészséges, aktív állapotban van, tehát továbbra is folytatja a tápanyagok előállítását és felhalmozását.

Következtetések

A vizsgálattal sikerült kimutatni a két mért egyed éves fejlődésében az eltéréseket. Ezek alapján Tés 1 egyed 138 napos fejlődési periódust produkált, ami egy hónappal elmarad a Bakonyi bükkösökre jellemző, 169 napos átlagos vegetációs időszak szakirodalmi adattól. Tés 2 egyed esetében ez az érték 168 napot ölel fel, ami abszolút normálisnak mondható (FÜHRER et. al. 2024). Ez a különbség önmagában is jelentős, hiszen a fotoszintézis végterméke a szerves anyag, különböző formában előállított szénhidrát, amit a fák részben energiára részben tartalék képzésre fordítanak. Az eredmények szempontjából fontos további információ, hogy a keményítő felhalmozás – ez a fában lévő nem szerkezeti szénhidrátoknak az a formája, amit tartalékként halmoznak fel – júniustól a vegetációs időszak végéig (lombhullásig) tart (VISINÉ 2008). Valószínű, hogy a rövidebb vegetációs periódust produkáló egyed szerves anyag felhalmozása, beleértve a tartalék tápanyagokat is, elmarad az optimális mértéktől. A következő évben hátránnyal indul, különösen, ha több szárazabb évi követi egymást. Fontos hangsúlyozni, hogy mindössze két egyedet sikerült összehasonlítani, ami nem számít önmagában elegendő mintaszámnak. Emiatt szükséges a vizsgálat nagyobb léptékű kiterjesztése több mért egyeddel. A következtetések irányában folytatódott a kutatás. A vizsgált állományon belül az egyedek fejlődési szakaszainak együttes vizsgálatára, a távérzékeléssel történő elemzések jó lehetőségeket kínálnak. Ilyenek a nagy térbeli felbontású felvételek elemzéséből elkészíthető vegetációs indexek idősor elemzése, amelyek lehetővé teszik a fotoszintetikus aktivitás, lombkorona szintű nyomon követését.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció a 2023-2.1.2-KDP-2023-00013 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, A KDP-2023 Pályázati Program finanszírozásában valósult meg. A szakmai támogatásért és a műszerbeszerzésért a Verga Veszprémi Erdőgazdaság Zrt.-nek, mint munkáltatómnak.

Irodalomjegyzék

- FÜHRER E. – JAGODICS A. (2024): Bükköseink klímája – A bükk és bükkösök Magyarországon, Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának tanulmánykötete IV. Soproni Egyetemi Kiadó, Sopron.
- GOOGLE EARTH PRO (2025): Google térkép, <https://earth.google.com>
- HUNGAROMET NONPROFIT ZRT. (2025): Meteorológiai adattár, <https://odp.met.hu/>
- KÖKÉNY G. (2025): Példák a bükk extrazonális előfordulásaira, – Erdészeti lapok 2025. február
- KÖKÉNY G. – SZEKRÉNYES T. – KALICZ P. (2024): A fák törzsátmérő változásának mérése újszerű módszerrel, a nedvaramlással és a meteorológiai adatokkal összefüggésben. Erdészettudományi konferencia 2024.
- MÉSZÁROS I. (2024): A bükk fiziológiája a változó klímában, – A bükk és bükkösök Magyarországon, Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának tanulmánykötete IV. Soproni Egyetemi Kiadó, Sopron.
- STRIEDER E. – VOSPENIK S. (2021): Intra-annual diameter growth variation of six common European tree species in pure and mixed stands, *Silva Fennica* vol. 55 no. 4 article id 10449. <https://doi.org/10.14214/sf.10449>
- ZWEIFEL R.– ZIMMERMANN L. – NEWBERY D. (2005). Modeling tree water deficit from microclimate: An approach to quantifying drought stress. *Tree physiology*. 25. 147-56. 10.1093/treephys/25.2.147.
- VISINÉ RAJCSI E. (2008): Bükk (*Fagus sylvatica* L.) extraktanyagok képződése, akkumulációja és megoszlása – Doktori értekezés, NYME Erdőmérnöki Kar, Roth Gyula Erdészeti És Vadgazdálkodási Doktori Iskola.

A GYERMEKVÉDELMI GONDOSKODÁSBAN ÉLŐ GYERMEKEK SZABADIDŐS TEVÉKENYSÉGEINEK ELEMZÉSE A TERMÉSZETHEZ VALÓ KAPCSOLÓDÁS TÜKRÉBEN

Analysis of the leisure activities of children living in child protection care through the lens of their connection to nature

KUI BIBORKA¹

¹Soproni Egyetem Benedek Elek Pedagógiai-Kar,
Társadalom-, Szociális és Kommunikációtudományok Intézete
kui.biborka@uni-sopron.hu

Kivonat

A természethez való kapcsolódás a gyermekek érzelmi, testi, társas és környezeti fejlődésének alapvető feltétele, különösen a gyermekvédelmi gondoskodásban élők körében. A kutatás célja a gyermekvédelmi ellátásban élő és a családban nevelkedő gyermekek szabadidős tevékenységeinek összehasonlítása a természetkapcsolat szempontjából. A vizsgálat vegyes módszertannal készült: kvalitatív válaszelemzés és kvantitatív gyakorisági mutatók integrált értékelésével. Három fő tevékenységkategória rajzolódott ki: fizikai aktivitás, digitális tevékenységek és társas-kreatív elfoglaltságok, valamint egy különálló, több területet átfedő természetalapú klaszter. Eredményeink szerint a romániai gyermekotthonokban a természetkapcsolat szervesen beépül a mindennapokba, míg a magyarországi intézményekben a digitális tartalomfogyasztás dominál. A családban élő gyermekek minden életkorban gazdagabb és érzelmileg pozitívabb természetélményeket élnek meg. A természethez való hozzáférés gyakorisága jelentős ország- és ellátásbeli különbségeket mutat, amelyek hatással vannak a gyermekek jóllétére, rezilienciájára és környezeti attitűdjeire. A kutatás rámutat a természetalapú programok kiemelt szerepére a gyermekvédelmi intézményekben.

Abstract

The connection to nature is a fundamental prerequisite for children's emotional, physical, social, and environmental development, particularly for those growing up in child protection care. The aim of this study is to compare the leisure activities of children living in child protection institutions with those raised in families, focusing on their relationship with nature. The research applied a mixed-methods design, integrating qualitative response analysis with quantitative frequency indicators. Three main activity categories emerged: physical activity, digital activities, and social-creative engagement, along with a distinct, cross-cutting cluster of nature-based activities. Our findings indicate that in Romanian child protection institutions, nature connection is deeply embedded in everyday life, whereas in Hungarian institutions digital content consumption is dominant. Children raised in families experience richer and more emotionally positive nature-related activities across all age groups. The frequency of access to natural environments shows substantial differences by country and care setting, affecting children's well-being, resilience, and environmental attitudes. The study highlights the essential role of nature-based programmes in child protection institutions.

Bevezetés

A gyermekek természethez való viszonya az elmúlt évtizedekben a pszichológia, a neveléstudomány és az ökológiai szemléletű társadalomtudományok metszéspontjában vált kiemelt kutatási területté. Számos empirikus vizsgálat igazolja, hogy a természeti környezet rendszeres megtapasztalása alapvető szerepet játszik a gyermekek érzelmi szabályozásában, stresszcsökkentésében, kognitív működésében, proszociális viselkedésének fejlődésében és

környezettudatos attitűdjeik kialakulásában (LOUV, 2008; WELLS & EVANS, 2003; CHAWLA, 2015). A természethez fűződő kapcsolat hiánya olyan fejlődési kockázati tényezőként is értelmezhető, amely hosszú távon gyengítheti a rezilienciát és növelheti a pszichés sérülékenységet.

A hazai kutatások is hangsúlyozzák a természetben töltött idő jelentőségét a gyermekek érzelmi jóllétében és személyiségfejlődésében (KRAKKER, 2019; MOLNÁR-HARTL, 2017; MIHÓK et al, 2021; HORVÁTH et al., 2024). A környezeti nevelés területén működő szakirodalom szerint a természetélmények minősége és gyakorisága közvetlenül összefügg a környezet iránti felelősségérzet kialakulásával, amely már gyermekkorban megalapozódik (JENSEN & SCHNACK, 2006).

A természethez való hozzáférés kérdése különösen nagy jelentőséggel bír a gyermekvédelmi gondoskodásban élő gyermekek esetében. E csoport tagjai gyakran élnek át veszteségeket, traumatikus élményeket, valamint strukturálisan korlátozott autonómiakörnyezetben nevelkednek, ami növeli a pszichés megterhelés kockázatát (BERRIDGE, 2017). Nemzetközi kutatások szerint a gyermekvédelmi rendszerben élő fiatalok számára a természetben végzett tevékenységek nem csupán rekreációs funkcióval bírnak, hanem jelentős érzelmi védőfaktorokként is működnek, elősegítve a megküzdést és a stresszcsökkentést (BEIGHTOL et al., 2012; ROE & ASPINALL, 2011).

Jelen tanulmány célja annak feltárása, hogy a gyermekvédelmi gondoskodásban élő gyermekek milyen módon és milyen gyakorisággal kapcsolódnak a természethez, és ezek a mintázatok miként viszonyulnak a családban nevelkedő gyermekek szabadidős gyakorlatához. A kutatás kvalitatív és kvantitatív adatokat integrál, lehetővé téve a szabadidős preferenciák, a természethez való hozzáférés, valamint az intézményi és társadalmi kontextusok közötti különbségek komplex értelmezését. A vizsgálat külön figyelmet fordít az országok közötti eltérésekre, amelyek a gyermekvédelmi rendszerek struktúrájában és a természethez kapcsolódó nevelési szemléletben egyaránt megmutatkoznak.

A hobbik és preferált szabadidős elfoglaltságok különösen érzékenyen jelzik a nevelkedési környezet minőségét, az autonómia lehetőségeit, valamint a gyermekek természethez való kötődésének és környezeti attitűdjeinek alakulását.

A kutatás módszerei és mintája

A vizsgálat összehasonlító, vegyes módszertanú (kvantitatív és kvalitatív) kutatási tervre épült: két ország (Románia–Magyarország) közötti intézményi alminták lehetővé tették az eltérő ellátórendszerek és intézményi gyakorlatok összevetését. A korosztályos bontás a fejlődési sajátosságok és az autonómia (pl. felnőttkíséret szükségessége) lehetséges hatásainak vizsgálatát szolgálta.

Az adatgyűjtés két, egymást kiegészítő komponensből állt:

Kvalitatív adatfelvétel a szabadidős tevékenységekről, melynek során a gyermekek nyitott válaszok formájában számoltak be jellemző elfoglaltságaikról (pl. „mit csinálsz szívesen szabadidődben?”). E narratív válaszok a tevékenységek jelentésrétegét és érzelmi tónusát is láthatóvá tették (pl. természetélmény, közömbösség, passzivitás).

Kvantitatív adatfelvétel a természetes környezetbe való kijárások gyakoriságáról, ahol a gyermekek önbeszámolón alapuló, kategóriális gyakorisági kérdésre válaszoltak arról, milyen rendszerességgel jutnak ki „erdőbe, rétre, mezőre”, illetve tágabban értelmezett természeti környezetbe. A válaszok többfokú skálán kerültek rögzítésre (pl. heti, havi, félévenkénti, illetve „ennél ritkábban”), ami lehetővé tette országok, ellátási formák és korcsoportok szerinti összehasonlításukat.

A kvalitatív elemzés esetében a nyitott válaszok tematikus tartalomelemzéssel kerültek feldolgozásra. Ennek célja nem pusztán a gyakoriságok összesítése volt, hanem a természet szerepének értelmezése is: a természet mint rekreációs tér, mindennapi rutin (pl. udvari munka), társas közeg, illetve identitás- és érzelemszabályozási erőforrás.

A kvantitatív elemzés során a természetes környezetbe jutás gyakorisági adatai leíró statisztikákkal (százalékos megoszlások) kerültek bemutatásra, összehasonlítva: Románia vs. Magyarország gyermekvédelmi intézményi almintáit, gyermekvédelmi ellátás vs. családi nevelkedés csoportjait, valamint korosztályos bontásban mindkét összevetés mentén.

A kérdőíveket nyolc Győr-Moson-Sopron vármegyei (Cseresznyevirág Gyermekotthon, Sopron; Erdei Különleges Gyermekotthon, Sopron; Napraforgó Lakásotthon, Sopron, Levendula Lakásotthon Sopron, Fészek Különleges Lakásotthon, Csorna; Nefelejcs Lakásotthon, Győr; Mozaik Lakásotthon, Tét; Színvilág Lakásotthon, Jánossomorja) és nyolc Hargita megyei gyermekotthon lakói töltötték ki. Ez utóbbiak közül négy gyermekotthon (Csíkszépvízi gyermekotthonok: Fülöp Ház, Teréz Ház, Ferenc Ház, Erzsébet Ház) állami fenntartású (HRS) és négy pedig a Dévai Szent Ferenc Alapítvány (HRSTFF) gondozásában van (Szent Katalin Gyermekotthon, Kászonaltíz; Kájoni János Gyermekvédelmi Központ, Szárhegy; Szent László Gyermekvédelmi Központ, Csíkszentsimon; Szent István Gyermekvédelmi Központ, Csíksomlyó). Összesen 194 gyermek töltötte ki a kérdőíveket, melyekből 102 gyermek a magyarországi otthonokban laktak, 92-en pedig a romániai gyermekotthonokban. A kutatásba kontrollcsoportként bevontunk 150 fő családban felnövő gyermeket.

A beérkezett kérdőívek közül összesen 14 bizonyult értékelhetetlennek. Ezek közül 9-et magyarországi, 5-öt pedig romániai gyermekotthonokban élő gyermekek töltöttek ki. A kontrollcsoport esetében a 150 beérkezett kérdőívből 11 db. volt értékelhetetlen a hiányos válaszadás miatt. Ennek megfelelően az elemzést összesen 180, gyermekvédelmi gondoskodásban élő gyermek, valamint 144, családban nevelkedő gyermek érvényes válaszai alapján végeztük el.

1. táblázat. A kutatás mintája

Nevelkedési környezet	Ország	I-IV	V-VIII	XI-XII	Összesen
Gyermekvédelmi gondoskodás	Magyarország	32	42	19	93
	Románia	13	24	50	87
Kontroll (családban)	Magyarország	46	46	52	144
Összesen		45+46	66+46	69+52	324

A Győr-Moson-Sopron megye területén működő gyermekotthonok jellemzően városi vagy falusi környezetben helyezkednek el, egyetlen kivételt az Erdei Különleges Gyermekotthon jelent, amely kifejezetten erdei, természetközeli elhelyezkedésű. Az intézmények mindegyike rendelkezik kisebb-nagyobb udvarral, amelyek alapvetően megfelelően karbantartottak, és lehetőséget biztosítanak a szabadban történő tartózkodásra, játékra, illetve rekreációs tevékenységekre. Az udvari környezet tehát potenciálisan alkalmas lenne a természetes élmények biztosítására, azonban ezen lehetőségek mértéke és kihasználtsága intézményenként eltérő. A gyermekotthonok szakembereinek megfigyelései alapján a szabadtéri tevékenységek iránti affinitás elsősorban a fiatalabb korosztályokra jellemző. A gondozók egybehangzó tapasztalata szerint a kisebb gyermekek lényegesen gyakrabban választják az udvari tartózkodást, míg az életkor előrehaladtával a szabadban töltött idő iránti motiváció fokozatosan

csökken. Kamaszkorban ez a tendencia különösen erőteljesen jelentkezik, amely összhangban áll a korosztályra jellemző társas mintázatokkal és szabadidő-eltöltési szokásokkal. A mindennapi napirend vizsgálata azt mutatja, hogy a gyermekek számára szervezett programok általában nem tartalmazznak kifejezetten természettel kapcsolatos, környezeti vagy outdoor pedagógiai elemeket. A szabadidő strukturáltsága korlátozott, és a gyermekek többsége idejét a lakóegységben, elektronikus eszközök használatával, vagy a városi terekben, felügyelet nélküli „csellengéssel” tölti. A természetben megvalósuló élménypedagógiai vagy környezeti nevelési tevékenységek hiánya azt eredményezi, hogy a gyermekotthonokban élő fiatalok a mindennapok során kevésbé kapcsolódnak közvetlenül a természeti környezethez, noha a fizikai infrastruktúra részben lehetőséget biztosítana erre. Ez a helyzet rámutat arra, hogy a gyermekotthonok környezeti nevelési potenciálja – különösen a mindennapi természetkapcsolat fejlesztése tekintetében – jelenleg alulhasznosított, és célzott pedagógiai, intézményi vagy programfejlesztési beavatkozásokkal jelentős mértékben fejleszhető lenne.

A romániai gyermekotthonok közül kiemelt figyelmet érdemelnek a Szent Ferenc Alapítvány által fenntartott otthonok, ahol a gyermekek életmódja jelentősen természetközeli, mint a régió számos más intézményében. Ezekben az otthonokban a mindennapok szerves részét képezi a kertgondozás, az állattartás és a háztartási tevékenységekben való aktív részvétel. A gyermekek előre megtervezett, strukturált napirend szerint élnek, amelyben a természet közelsége és a munkavégzés kiemelt szerepet tölt be. Az otthonok elhelyezkedése jellemzően rurális vagy félrurális, természeti környezethez közeli, ami tovább erősíti a természethez fűződő mindennapi kapcsolatot. A napi rutin szigorú betartása az intézményi kultúra részét képezi. A gyermekek rendszerint hat órákor ébrednek, amelyet fél hét és fél nyolc között állatok gondozása követ. Ezt követően iskolába mennek, többnyire önállóan. A délutáni időszak ugyancsak munkával indul: a gyermekek a kertben, az állatok körül vagy a háztartási feladatokban vesznek részt, továbbá az otthon közösségi feladatainak ellátásában – például takarításban vagy a vacsoráztatás előkészítésében – is közreműködnek. A tanulás számára elkülönített, körülbelül kétórás időszáv a késő délutáni, esti program részét képezi. A közösségi élet szintén meghatározó eleme ezeknek az otthonoknak. Az estét általában a nevelőkkel és azok családtagjaival közösen töltik, akik életvitelszerűen az otthon területén élnek, és a nap huszonnégy órájában rendelkezésre állnak. Ez a családi működési modell érzelmileg biztonságosabb környezetet teremthet, és szorosabb, személyesebb kapcsolatokat tesz lehetővé a gyermekek és a gondozók között.

A román állami fenntartású gyermekotthonok működésében szintén központi elem a strukturált, pontos napirend. A korai kelés itt is általános gyakorlat, az iskolába járás többnyire önállóan történik. A gyermekek aktívan részt vesznek a ház körüli és háztartási feladatokban, amely a felelősségvállalás, az önállóság és a mindennapi életvezetési készségek fejlődését hivatott támogatni. Ezen otthonok életében a vallás mindennapi gyakorlása is hangsúlyos szerepet kap; az étkezések előtti és utáni közös ima a napi rutin megszokott eleme.

Megfigyelhető, hogy a romániai gyermekotthonok erőteljesen támaszkodnak a természetközeli tevékenységekre, a strukturált életvitelre és a közösségi, családi együttélésre, amelyek a gyermekek szocializációjára és érzelmi fejlődésére egyaránt jelentős hatást gyakorolhatnak.

A kérdőívek kitöltése anonim módon történt, átlagosan 30-40 percet vett igénybe. A romániai állami otthonok esetében csak úgy kaptunk engedélyt a vizsgálat elvégzésére, ha nem kérdezzük a szülőkről. (egy kérdés a szülőkkel való kapcsolattartásról szól).

A gyermekek körében történő adatfelvétel több módszertani kihívást vetett fel. A kérdőívek kitöltése során a motiváció és együttműködés mértéke változó volt: a gyermekek hangulati állapota, figyelmi ingadozásai és érdeklődésük labilitása sok esetben befolyásolták a

válaszadás minőségét és teljességét. Előfordult, hogy a gyermekek nem tudták végig kitölteni a kérdőívet, vagy elvesztették az érdeklődésüket a folyamat során.

Tovább nehezítette az adatgyűjtést, hogy a kutatás ideje alatt három intézmény időlegesen vagy véglegesen bezárt, ami a mintavétel módosítását és a résztvevők áthelyezése miatt adatvesztést eredményezett. A gyermekvédelmi ellátórendszerben jelentős a fluktuáció, a gyermekek gyakran kerülnek áthelyezésre más intézményekbe, illetve kikerülnek a rendszerből, ami megnehezíti a hosszabb távú vagy követéses adatgyűjtést.

E tényezők együttesen hozzájárultak ahhoz, hogy a kutatás nem tekinthető statisztikailag reprezentatívnak, ugyanakkor az eredmények értékes kvalitatív és kvantitatív betekintést nyújtanak a gyermekvédelmi intézményekben élő gyermekek természeti környezethez való kapcsolódásának jellegzetességeibe, jól tükrözve e mikrotársadalom sajátosságait.

Eredmények

A vizsgálat alapján három fő tevékenységkategória különíthető el: (1) fizikai aktivitás és mozgás, (2) digitális és technológiai fókuszú tevékenységek, és (3) társas-kapcsolati, kreatív és érzelmi önkifejezést támogató elfoglaltságok. Emellett külön tematikus klasztert képeznek a természethez kötődő tevékenységek, amelyek sok esetben több kategóriával is átfedést mutatnak (például szabadtéri sport, állatokkal való foglalkozás, erdei séták).

A romániai gyermekvédelmi intézményekben élő alsó tagozatos gyermekek szabadidős tevékenységeiben kiemelkedően erős a természethez való közelség. A gyerekek válaszaik gyakran reflektálnak a szabadtéri létre és a fizikai aktivitásra („kinn lenni az udvaron”, „foci”), továbbá rendszeresen megjelennek a természetes környezetben végzett kötelességek, például háztartási vagy udvari munka, amelyek az intézményi struktúra részét képezik. A természet itt nem csupán rekreációs térként, hanem az életmód integráns részeként jelenik meg.

A magyarországi gyermekotthonok gyermekeinél természethez kapcsolódó tevékenységek jelen vannak, de kevésbé dominánsak. A gyermekek gyakran említik a udvaron való játékot vagy a sportot, azonban a válaszokban a digitális eszközök és a beltéri tevékenységek erősebb jelenléte rajzolódik ki. Ez a minta arra utal, hogy a magyar intézmények kevésbé építenek tudatosan a természet, mint erőforrás szerepére.

A családban élő alsós gyermekek tevékenységei ebben a korosztályban sokkal változatosabb természetélményeket mutatnak. Gyakoriak az állatokkal kapcsolatos tevékenységek („kutyámmal játszani”, „cicát simogatni”), a kertben játszás, a biciklizés, az erdei séták, valamint a természet megfigyelésére irányuló viselkedések. A családi környezet egyértelműen támogatja a természethez való pozitív viszony kialakulását és érzelmi megalapozását.

Ami a felsős korosztályt illeti, a romániai gyermekotthonok gyermekeinél a természethez kötődő tevékenységek továbbra is meghatározóak. A foci, biciklizés, szabadtéri időtöltés és az állattartáshoz, mezőgazdasághoz kapcsolódó feladatok gyakran jelennek meg. Ez a korosztály már komplexebb módon fejezi ki a természethez való viszonyát, amely egyszerre kötődik a napi rutinokhoz és a szabadidős örömforrásokhoz.

A magyarországi otthonokban élő gyermekek természethez kötődő aktivitásai ritkábban jelennek meg, és háttérbe szorulnak a digitális tartalomfogyasztás („telefonozni”, „számítógépes játékok”) mellett. A természet szerepe itt elsősorban másodlagos, a gyerekek sokszor passzív vagy érzelmileg megterhelt válaszokat adnak („semmi”, „feküdni”), ami a pszichés megküzdés nehézségeire utalhat.

A családban élő gyermekeknél ebben a korosztályban is a természet gazdag élményforrást biztosít. A gyermekek szívesen töltenek időt a szabadban, túráznak, kerékpároznak, vagy

állatokkal foglalkoznak. Emellett kreatív és művészeti tevékenységek (rajz, zene, barkácsolás) is gyakran kötődnek a természethez, mint inspirációs forráshoz.

A középiskolás korosztály esetében a romániai serdülők tevékenységeiben a természethez való kötődés tovább erősödik. A lovaglás, állatgondozás, szabadtéri sport, kerékpározás és mezőgazdasági munka sok gyermeknél meghatározó. A természet ebben a körben egyszerre jelent rekreációt, identitást és társas tért. A lovakhoz és állatokhoz fűződő kapcsolat különösen egyedülálló sajátossága ennek a mintának.

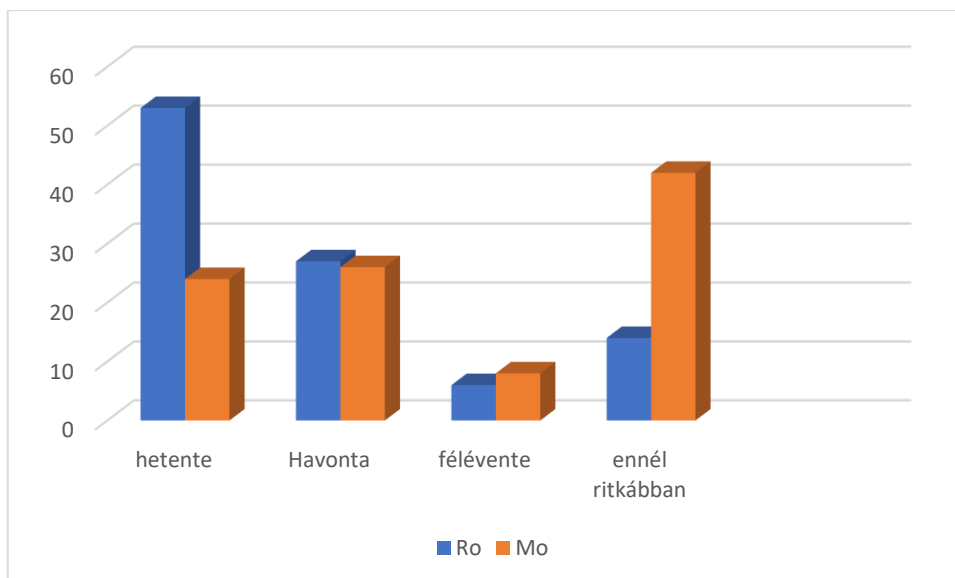
A magyarországi gyermekotthonok lakóinál ebben a korosztályban a természet inkább háttérként jelenik meg, nem elsődleges hobbi- vagy identitáselemként. Bár előfordul a szabadtéri sport vagy együttlét a szabadban, a domináns tevékenységek digitálisak, és sok esetben felszínes vagy bizonytalan válaszok jelennek meg. A természethez való kötődés hiányosabb emocionális töltettel rendelkezik.

A családban élő serdülők természetkapcsolata a leggazdagabb és legstabilabb. A motorozás, túrázás, edzés, kerékpározás, hegymászás, természetjárás vagy épp a kutyával való foglalkozás mind olyan tevékenységek, amelyek a természetben megélt szabadságot, autonómiát és érzelmi biztonságot tükrözik. A családi háttér ebben a korosztályban teszi lehetővé a természethez kötődő identitáselemek kibontakozását.

Látható, hogy a természethez kötődő hobbi-tevékenységek markáns különbségeket mutatnak a nevelkedési környezet függvényében. A romániai gyermekvédelmi intézményekben élő gyermekek természethez való kapcsolata intenzív, komplex és a mindennapi életbe ágyazott. A magyar gyermekvédelmi környezetben ezzel szemben a természet szerepe sok esetben háttérbe szorul, és a digitális tevékenységek dominálnak. A családban élő gyermekek minden életkorban gazdag, sokszínű, gyakran érzelmileg töltött természetkapcsolatot élnek meg, amely a szabadidős tevékenységek széles körét átítatja.

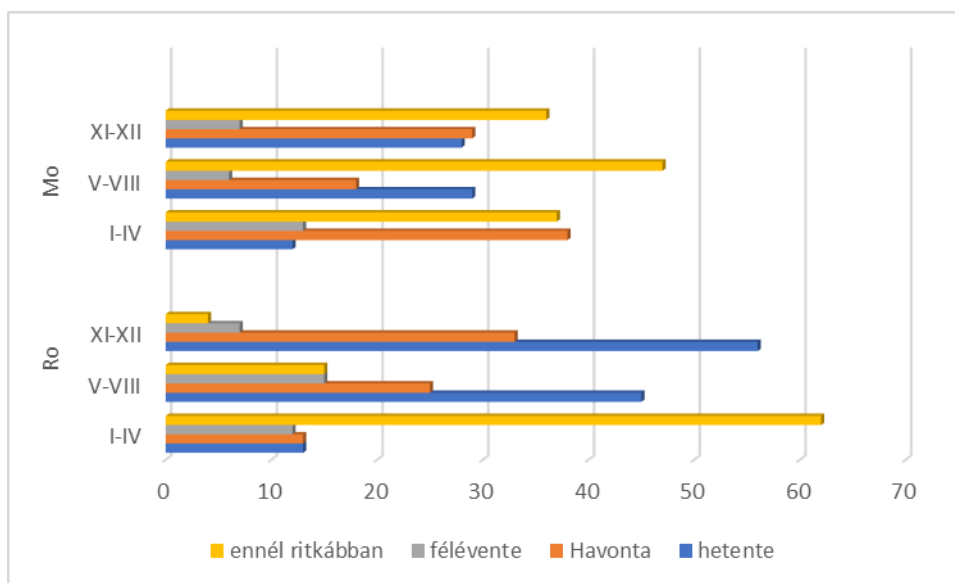
A kvalitatív adatok alapján megállapítható, hogy a természethez való hozzáférés és a természetben szerzett élmények minősége alapvetően meghatározza a gyermekek érzelmi fejlődését, önszabályozását, jól-létét és környezeti attitűdjét. A gyermekvédelmi intézmények esetében a természethez kötődő tevékenységek megerősítése hatékony beavatkozási területet jelenthet a pszichés egészség és a reziliencia támogatásában.

Arra a kérdésre, hogy a gyermekvédelmi gondoskodásban élő gyermekek milyen gyakorisággal jutnak ki erdőbe, rétre, mezőre, vagyis tágabb értelemben természeti környezetbe, a rendelkezésre álló adatok alapján jól kirajzolódnak a romániai és a magyarországi intézmények közötti különbségek. Romániában a megkérdezett gyermekek 53%-a hetente látogat valamilyen természeti környezetet, míg Magyarországon ugyanez az arány mindössze 24%, ami több mint kétszeres eltérést jelez a rendszeres szabadtéri jelenlét tekintetében. A havi gyakoriságú természetlátogatások aránya ezzel szemben közel azonos (Románia: 27%, Magyarország: 26%), ami arra utal, hogy az alkalmoszerű, szervezett programok hasonló módon vannak jelen mindkét ország intézményi gyakorlatában. A különbségek ugyanakkor ismét kiéleződnek a nagyon ritka kimenetek esetében: a magyarországi gyermekek 42%-a számol be arról, hogy ennél is ritkábban jut ki természeti környezetbe, szemben a romániai 14%-kal. Ez azt valószínűsíti, hogy a magyarországi gyermekvédelmi intézményekben élő gyermekek jelentős része tartósan korlátozott hozzáféréssel rendelkezik a természetes környezethez, ami intézményi és szervezési hiányosságokra, eltérő szakmai prioritásokra vagy infrastrukturális akadályokra utalhat.



1. ábra: A szabadtéri kimenetek rendszeressége romániai és magyarországi gyermekvédelmi intézményekben

Korosztályos bontásban a romániai adatok a rendszeres természeti környezetbe történő kijárás tekintetében egyértelmű, életkorral összefüggő növekedést mutatnak.



2. ábra: A szabadtéri kimenetek rendszeressége korcsoportok szerint a gyermekvédelmi gondoskodásban élő fiatalok körében – Ro–Mo

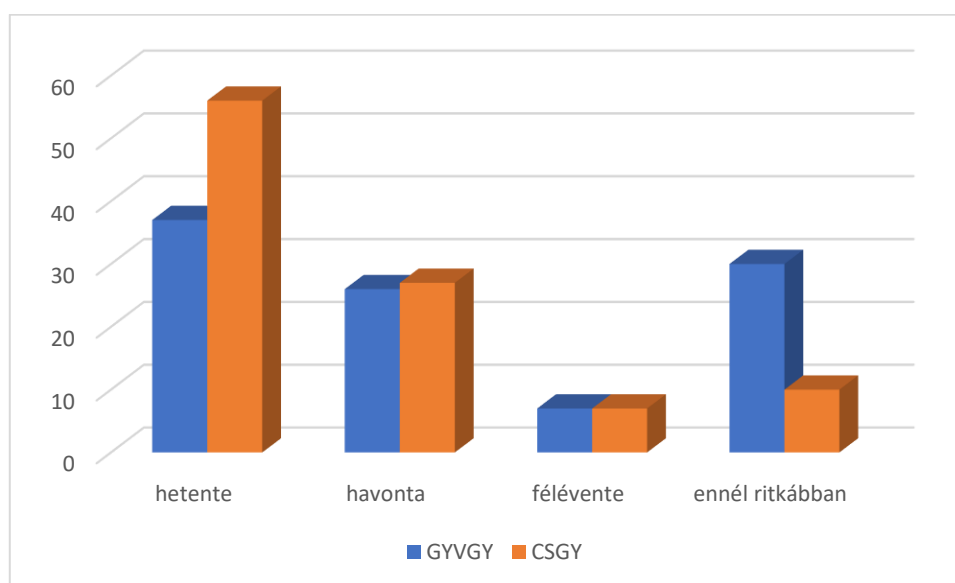
Az I–IV. évfolyamos tanulók mindössze 13%-a jut ki hetente erdőbe, rétre vagy más természetes környezetbe, míg a V–VIII. évfolyamosok körében ez az arány 45%-ra, a XI–XII. évfolyamosok között pedig 56%-ra emelkedik. Feltételezhető, hogy ez a tendencia részben az életkor előrehaladtával növekvő autonómiával magyarázható, amely csökkenti a felnőttkíséret szükségességét, és ezzel együtt növeli a gyermekek önálló mozgásterét. Ebből az is következik, hogy az alsó tagozatos korcsoportban mért 13%-os arány feltehetően elsősorban az intézmények által szervezett, felnőttkíséréssel megvalósuló programoknak tulajdonítható, vagyis ez tekinthető az intézményi hozzájárulás minimális szintjének a természethez való hozzáférés biztosításában. Ezzel párhuzamosan az „ennél ritkábban” kategória előfordulási aránya az életkor előrehaladtával jelentősen csökken (62% → 15% → 4%), ami arra utal, hogy a romániai ellátórendszerben a természetben való részvétel fokozatosan stabilizálódik

és rendszeresebbé válik. A havi gyakoriságú részvétel ugyancsak emelkedő tendenciát mutat (13% → 25% → 33%), míg a félévenkénti kimenetek aránya a legidősebb korcsoportban mérséklődik, ami a részvétel egyenletesebbé válására és a kifejezetten ritka alkalmak visszaszorulására enged következtetni. Összességében a romániai adatok arra utalnak, hogy a természethez való hozzáférés nemcsak gyakoribb, hanem életkor szerint differenciált módon egyre inkább beépül az intézményi és egyéni szabadidős gyakorlatokba.

A magyarországi adatok ezzel szemben nem mutatnak egyértelmű, lineáris, életkorhoz kötődő javulást, inkább ingadozó mintázatot jeleznek. A heti természetlátogatás aránya az I–IV. évfolyamosok körében 12%, a V–VIII. évfolyamosoknál 29%, majd a XI–XII. évfolyamos korosztályban kismértékben csökken 28%-ra, ami továbbra is elmarad a romániai idősebb korcsoportok értékeitől. Különösen figyelemre méltó a ritka kimenetek magas aránya: az alsó tagozatosok 37%-a, a középső korosztály 47%-a, a legidősebb fiataloknak pedig 36%-a számol be arról, hogy csak nagyon ritkán jut ki természeti környezetbe. Ez arra utal, hogy Magyarországon a természethez való hozzáférés az életkor előrehaladtával sem javul érdemben, és a rendszeres természetkontaktus számos intézményben továbbra is korlátozott marad. Emellett szembeötlő, hogy a havi gyakoriság éppen a legfiatalabb korcsoportban a legmagasabb (38%), majd a V–VIII. évfolyamban visszaesik 18%-ra, ami eltérő intézményi szervezési logikára vagy programkínálatra enged következtetni.

A két ország közötti különbségek mögött feltehetően több, egymással összefonódó tényező áll, ideértve az intézményi szemléletmódot, a nevelők autonómiáját és szakmai mozgásterét, a helyi természeti infrastruktúra (parkok, erdők, kirándulóhelyek) elérhetőségét, valamint a szabadidős és környezeti nevelési programok szervezettségét és prioritását. A romániai adatok arra utalnak, hogy az idősebb fiatalok nagyobb mozgástérrel és önállósággal rendelkeznek, illetve az intézmények tudatosabban élnek a természetben zajló tevékenységekben rejlő nevelési és rekreációs potenciállal. A magyarországi mintázat ezzel szemben arra enged következtetni, hogy a természetkapcsolat kevésbé integrált része az intézményi gyakorlatnak, különösen a középső korosztályban, ami a szocializációs és jólléti egyenlőtlenségek növekedéséhez is hozzájárulhat.

A családban nevelkedő gyermekek adataival való összevetés tovább erősíti ezt a képet.

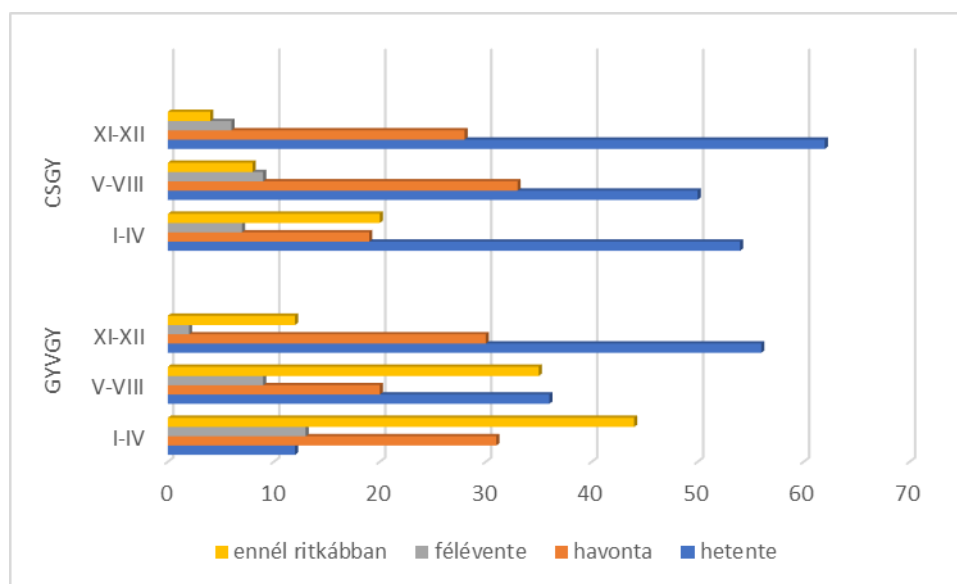


3. ábra: A szabadtéri kimenetek rendszeressége családban élő és gyermekvédelmi ellátásban részesülő gyermekek összehasonlításában

A családban élő gyermekek 56%-a számol be heti rendszerességű természetlátogatásról, szemben a gyermekvédelmi gondoskodásban élők 37%-ával. A havi gyakoriság tekintetében a két csoport között gyakorlatilag nincs különbség (26%–27%), a félévenkénti kimenetek aránya pedig mindkét csoportban 7%. A legmarkánsabb eltérés ismételt az „ennél ritkábban” kategóriában jelenik meg: míg a családban nevelkedő gyermekek 10%-a, addig a gyermekvédelmi ellátásban élők 30%-a számol be nagyon ritka vagy gyakorlatilag hiányzó természetkapcsolatról. Ez az eltérés arra utal, hogy a gyermekvédelmi rendszerben élő gyermekek jelentős része strukturálisan korlátozott hozzáféréssel rendelkezik a természeti környezethez, ami intézményi, szervezeti vagy erőforrásbeli különbségek következménye lehet.

A nemzetközi szakirodalom alapján a természetes környezet rendszeres megtapasztalása szorosan összefügg a pszichés jólléttel, a reziliencia alakulásával, a stresszcsökkentéssel, valamint a proszociális és környezeti attitűdök fejlődésével. E perspektívából a feltárt különbségek potenciálisan hosszú távú hátrányos következményekkel járhatnak a gyermekvédelmi gondoskodásban élő gyermekek számára. Ugyanakkor fontos hangsúlyozni, hogy a bemutatott adatok nem tartalmaznak részletes információt a mintanagyságról, a minta összetételéről és területi megoszlásáról, továbbá az önbevalláson alapuló adatfelvétel torzító hatása sem zárható ki.

Korosztályos bontásban a gyermekvédelmi gondoskodásban élő (GYVGY) és a családban nevelkedő (CSGY) gyermekek összehasonlítása tovább árnyalja a képet.



4. ábra: A szabadtéri kimenetek rendszeressége korcsoportok szerint gyermekvédelmi ellátásban és családban élő gyermekek esetében

A gyermekvédelmi ellátásban élők körében ugyan kimutatható egy életkorral összefüggő növekedés a heti rendszerességű természetlátogatás tekintetében (12% → 36% → 56%), de ez minden korosztályban elmarad a családban nevelkedők értékeitől, akiknél már az alsó tagozatban is 54% a heti kijárások aránya, és a legidősebb korcsoportban eléri a 62%-ot. A ritka kimenetek aránya a gyermekvédelmi ellátásban élőkénél ugyanakkor még az idősebb korosztályban is számottevő (44% → 35% → 12%), míg a családban élők esetében fokozatosan minimálisra csökken (20% → 8% → 4%). A havi gyakoriság mindkét csoportban jelen van, azonban eltérő mintázattal; a gyermekvédelmi ellátásban egy középső korcsoportbeli visszaesés figyelhető meg, míg a családban élőkénél a V–VIII. évfolyamban emelkedik meg az arány.

Az eredmények arra hívják fel a figyelmet, hogy a gyermekvédelmi ellátásban élő fiatalok természethez való hozzáférése strukturálisan és korosztályonként is kedvezőtlenebb, mint a családban nevelkedő társaiké. Bár a romániai adatok egy, az életkor előrehaladtával javuló hozzáférést jeleznek, a magyarországi mintázat sokkal inkább a hozzáférés inkonzisztenciájára mutat rá. A feltárt különbségek alapján a rendszeres szabadtéri tevékenységek, illetve a természetben megvalósuló programok erősítése a gyermekvédelmi intézményekben olyan kiemelt beavatkozási területnek tekinthető, amely a pszichés jóllét, a reziliencia és a környezeti attitűdök fejlesztése szempontjából egyaránt releváns.

Következtetések

A vizsgálat eredményei egyértelműen rávilágítanak arra, hogy a gyermekek szabadidős tevékenységeinek mintázata és a természethez való hozzáférés mértéke szorosan összefügg a nevelkedési környezet sajátosságaival. A három fő tevékenységkategória – a fizikai aktivitás, a digitális és technológiai elfoglaltságok, valamint a társas-kreatív tevékenységek – mellett a természethez kapcsolódó aktivitások különálló és kiemelt jelentőségű klasztert alkotnak, amelynek szerepe országonként és ellátási formánként jelentősen eltér.

A romániai gyermekvédelmi intézményekben a természetkapcsolat már az alsó tagozatos korosztályban is a mindennapi élet szerves részét képezi, és az életkor előrehaladtával tovább erősödik. A gyermekek rutinszerűen és rendszeresen töltenek időt kültéren, tevékenységeik sok esetben a fizikai aktivitás, a kötelességvállalás és az élményszerű természetben való jelenlét összekapcsolódásából állnak. Ezzel szemben a magyarországi gyermekotthonokban a természethez való viszony háttérbe szorul, és a szabadidős tevékenységekben a digitális tartalomfogyasztás dominál. A gyermekek jelentős része ritkán vagy nagyon ritkán jut ki természetes környezetbe, amely az intézményi gyakorlatok, a szervezési prioritások és a helyi infrastruktúra korlátaival magyarázható.

A családban élő gyermekek minden korosztályban lényegesen gazdagabb, érzelmileg telítettebb és változatosabb természetélményeket élnek meg, mint gyermekvédelmi gondoskodásban élő társaik. Ez a különbség már az alsó tagozatban megjelenik, és a serdülőkorra tovább erősödik, ahol a természet nemcsak rekreációs térként, hanem az identitás, az autonómia és az érzelmi biztonság kiemelt forrásaként jelenik meg.

A gyakorisági adatok megerősítik a kvalitatív eredményeket: míg Romániában a gyermekvédelmi gondoskodásban élők több mint fele heti rendszerességgel jut ki természetes környezetbe, Magyarországon ez az arány mindössze 24%, és a nagyon ritka kimenetel gyakorisága kiemelkedően magas. A korcsoportos eltérések tovább árnyalják a képet: Romániában az életkor előrehaladtával nő a természethez való autonóm hozzáférés, míg Magyarországon nem figyelhető meg ilyen lineáris tendencia.

A feltárt különbségek arra utalnak, hogy a természethez való hozzáférés minősége és rendszeressége a gyermekvédelmi ellátás strukturális sajátosságainak indikátora, amely szoros összefüggést mutat a gyermekek pszichés jóllétével, érzelmi fejlődésével és rezilienciájával. A természetben szerzett élmények nem csupán támogató környezetet jelentenek a stresszkezelés, az érzelmi önszabályozás és a mentális egészség szempontjából, hanem hozzájárulnak a pozitív környezeti attitűdök és a proszociális viselkedés fejlődéséhez is.

Ennek fényében a természetalapú programok és a rendszeres szabadtéri tevékenységek erősítése a gyermekvédelmi intézmények számára olyan kiemelt beavatkozási területet jelent, amely hatékonyan csökkentheti a strukturális hátrányokat, mérsékelheti a digitális túlterheltségből fakadó kockázatokat, és hozzájárulhat a gyermekek érzelmi ellenállóképességének és jóllétének javításához. A tanulmány eredményei ezért egyértelműen alátámasztják a

természethez való hozzáférés intézményi szintű újragondolásának és megerősítésének szükségességét.

Összességében az eredmények hozzájárulnak annak megértéséhez, hogy a természetalapú tevékenységek miként szolgálhatnak hatékony beavatkozási területként a gyermekvédelmi intézményekben, elősegítve a gyermekek pszichés jóllétét, rezilienciáját és környezeti attitűdjeinek fejlődését. A természethez való rendszeres hozzáférés nem egyszerű rekreációs többlet, hanem olyan fejlődési feltétel, amely képes csökkenteni az intézményi nevelkedésből fakadó hátrányokat, és hozzájárulni a gyermekek hosszú távú társadalmi integrációjához.

Irodalomjegyzék

- BEIGHTOL, J., GASS, M., & RUSSELL, K. (2012). Adventure-based programs and outcomes in child welfare. *Journal of Child and Family Studies*.
- BERRIDGE, D. (2017). *Children's Homes and Education: An International Review*. Routledge.
- CHAWLA, L. (2015). Benefits of nature contact for children. *Journal of Planning Literature*.
- HORVÁTH M. D., TORMA ZS. L., MIHÓK B., SALLAY V., MARTOS T. (2024): A környezet táguló körei: az észlelt lakókörnyezet, a természettel való kapcsolat és a környezeti aggodalmak összefüggései. In: *Szociológiai Szemle* 35(1): 35–64
- JENSEN, B. B., & SCHNACK, K. (2006). The action competence approach. *Environmental Education Research*.
- KRAKKER A. (2019): Gyermektörténeti korszakok kapcsolata a természettel. In: *Tanulmányok a tanügy és az oktatástan világából*, ISBN 978-615-5840-06-7. <https://www.irisro.org/top2019/52KrakkerAnna.pdf>
- LOUV, R. (2008). *Last Child in the Woods: Saving Our Children from Nature-Deficit Disorder*. Algonquin Books.
- MIHÓK B, FEKETE M, FRANKÓ L, MARTOS T, PATAKI GY, SALLAY V, BÁLDI A. (2021): *Természet és lelki egészség*. ELKH Ökológiai Kutatóközpont, Vácrátót-Budapest.
- MOLNÁR K., HARTL. É (2017): Természetkapcsolat a norvég környezeti nevelésben. In: *Tanulmánykötet Mészáros Károly tiszteletére (2017)* 77–88
- ROE, J., & ASPINALL, P. (2011). The restorative benefits of nature for children. *Landscape and Urban Planning*.
- WELLS, N. M., & EVANS, G. W. (2003). Nearby nature as a buffer of life stress among rural children. *Environment and Behavior*.

NAGYVAD OKOZTA KÖZÚTI BALESETEK VIZSGÁLATA VESZPRÉM VÁRMEGYÉBEN

Analysis of Large Game-Related Road Traffic Accidents in Veszprém County

FRANTAL BALÁZS¹ – LÁSZLÓ RICHÁRD¹

¹Soproni Egyetem, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet
laszlo.richard@uni-sopron.hu

Kivonat

A kutatás keretében Veszprém vármegye útjain 2017–2021 évek között bekövetkezett nagyvad-gépjármű ütközések (1693db) időbeli és térbeli mintázatát vizsgáltuk, a Veszprém Vármegyei Rendőr-főkapitányság adatait felhasználva. A nagyvad elütések vadfaj szerinti megoszlását vizsgálva megállapítható volt, hogy az országos adatokhoz hasonlóan Veszprém vármegyében is a vadelütések döntő többsége őzgázolás (56,6%), amit a gímszarvas (24%), majd a vaddisznó (13,1%) okozta balesetek gyakorisága követ. A napon belüli baleseti statisztikák alapján az esti és a kora reggeli időszak bizonyult a legveszélyesebbnek. A balesetek térbeli elhelyezkedése alapján megállapítható, hogy a vármegyében vadgázolás szempontjából különösen veszélyes útnak számít a 71-es főút kilenc, valamint a 8-as főút öt kiemelten veszélyes szakasszal, de a 77-es, a 73-as, valamint a 710-es főúton, továbbá a 7319-es úton is sikerült lehatárolni kritikus szakaszokat.

Abstract

Based on data provided by the Veszprém County Police Headquarters this study examined the temporal and spatial patterns of large game-vehicle collisions (1693 cases) on the roads of Veszprém County between 2017 and 2021. Most collisions involved roe deer (56.6%), followed by red deer (24.0%) and wild boar (13.1%), which is consistent with national trends. Intraday accident statistics shows that collision frequency was highest during the evening and early morning hours. Spatial analysis identified several high-risk road sections, particularly along Road No. 71 (nine sections) and Road No. 8 (five sections). Additional critical sections were also identified on Roads No. 77, 73, and 710, as well as on Road No. 7319.

Bevezetés

A nagyvad elütések az utóbbi évtizedekben egyre inkább a figyelem középpontjába kerül Magyarországon, tekintettel arra, hogy esetszámok növekedése egyre jelentősebb károkat okoz a vadgazdálkodóknak és a közlekedőknek is. Az esetszámok növekedésének okai között találjuk a közúthálózat fejlődését, annak élőhelyfragmentáló hatását, a növekvő gépjárműszámot, forgalmat, haladási sebességet, valamint az egyre emelkedő nagyvadlétszámot. A vadelütések következtében jelentős károk keletkezhetnek, a vadban, a gépjárművekben, az emberéletben. A vadászati törvény (1996 évi LV. Tv.) és a Polgári Törvénykönyv (2013 évi. V. Tv) szerint a vadgázolások két veszélyes üzem találkozásának tekinthető, amelynek következtében felróhatóság hiányában mindenki viseli a saját kárát. A kár csökkentése érdekében minden érintett félnek érdeke azt megismerni, hogy hol, milyen körülmények történnek ilyen jellegű balesetek. A veszélyes helyeken fokozott figyelemmel, alacsonyabb sebességgel történő közlekedéssel, úttechnikai fejlesztésekkel csökkenthető a vadelütések valószínűsége, a kárérték nagysága. A megtörtént balesetek kiértékelésével tudjuk az ilyen hotspotokat lehatárolni, a veszélyes időszakok meghatározni. Tanulmányunkban Veszprém vármegyére vonatkozóan mutatjuk be ezeket a balesetveszélyes útszakaszokat és ismertetjük kockázatos időszakokat.

Anyag és módszer

A vad okozta közúti balesetek elemzésének elsődleges fókuszja nagyvadfajokhoz köthető eseményekre irányult, mivel ezek esetében a baleseti kockázat és a következmények súlyossága jelentősebb.

A közúti baleseti adatok forrását a 2017 és 2021 között keletkezett rendőrségi helyszínelési jelentések és az Országos Közúti Adatbank (OKA) nyilvántartásai képezték. Ezek az adatok tartalmazták az ütközések helyét (koordináta vagy kilométerszelvény formájában), időpontját, az érintett vadfajt.

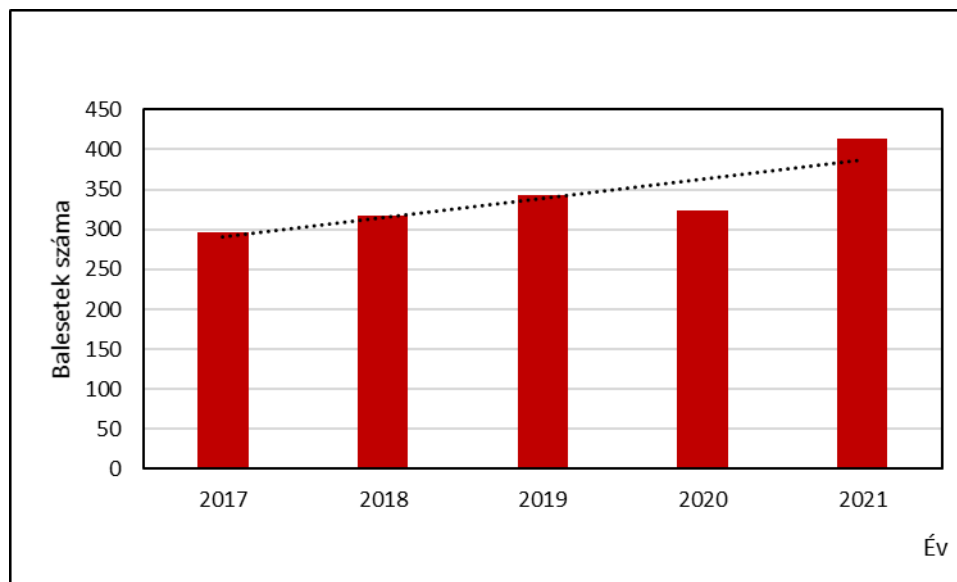
A térbeli elemzésekhez a következő digitális eszközöket és szoftvereket használtuk:

- Google Earth Pro és Google Earth a bejelentett vadbalesetek térképi lokalizálásához, vizualizációhoz,
- Magyar közút útszámkereső online felülete az útszelvények azonosításhoz.

A vad okozta balesetek számának összehasonlító vizsgálata során az Országos Vadgazdálkodási Adattár adatai kerültek felhasználásra. A baleseti adatokat numerikus elemzése Microsoft Excel programmal készült.

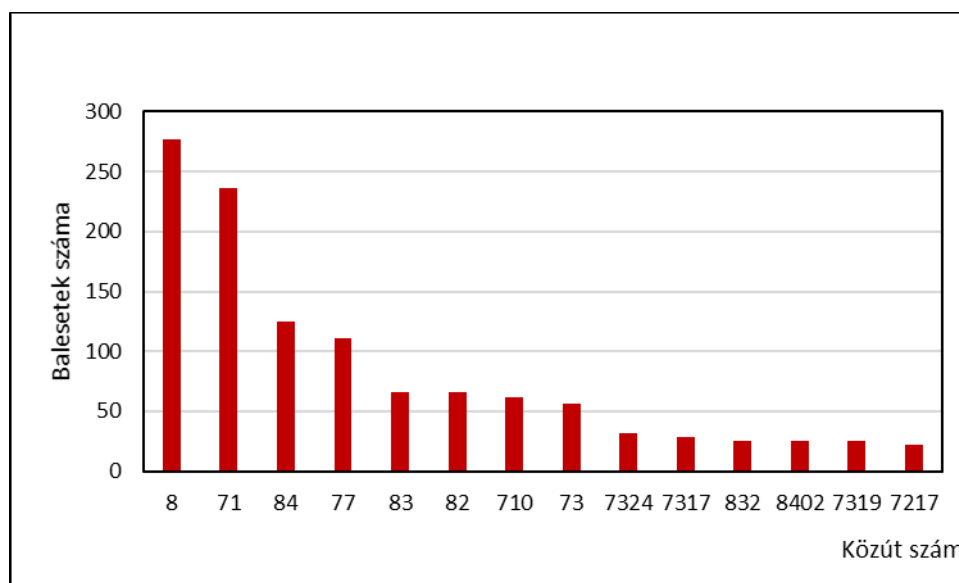
Eredmények

A kutatási időszakban, 2017 és 2021 között összesen 1693 vadelütéssel kapcsolatos eset került rögzítésre Veszprém vármegyében a rendőr-főkapitányság adatai szerint. A balesetek száma növekvő tendenciát mutat (1. ábra), amely alól csak a 2020-as év kivétel, amikor csökkenés figyelhető meg, valószínűleg a COVID 19 járvány miatti lezárások következtében fellépő forgalomcsökkenés miatt.



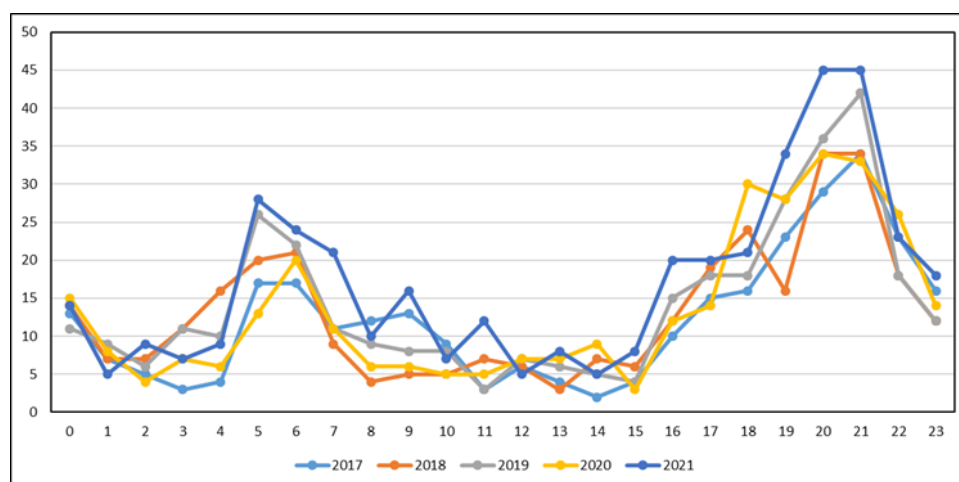
1. ábra: A nagyvad elütések számának alakulása Veszprém vármegyében a vizsgált időszakban

A vizsgált időszakban bekövetkezett balesetek számát vizsgálva megállapítható, hogy a balesetek döntő többsége a főutakon történik (2. ábra). A baleseti gyakoriság kilométerarányos vizsgálata során is egyértelműen a főutaknál jelentkezik a legnagyobb vadelütési kockázat, de némiképp más veszélyességi sorrenddel (73, 710, 84, 8, 71 főút). A főutaknál jelentkező magasabb vadelütési kockázat feltehetőleg a nagyobb forgalomra és a magasabb átlagsebességre vezethető vissza.



2. ábra: A nagyvad elütések alakulása közutak szerint Veszprém vármegyében a vizsgált időszakban

A vizsgált időszakban a napon belüli nagyvad okozta balesetek megoszlását elemezve megállapítható, hogy az esti időszak a legkockázatosabb, különösen a 20-22 óra közötti időszak, amikor a vadélütések mintegy 21% következett be (3. ábra). A legkiugróbb értéket 2021-ben tapasztaltuk, amikor 21 és 22 óra között 45 nagyvad gázolás történt. A reggeli időszakban is tapasztalható egy esetszám emelkedés 4 és 7 óra között.



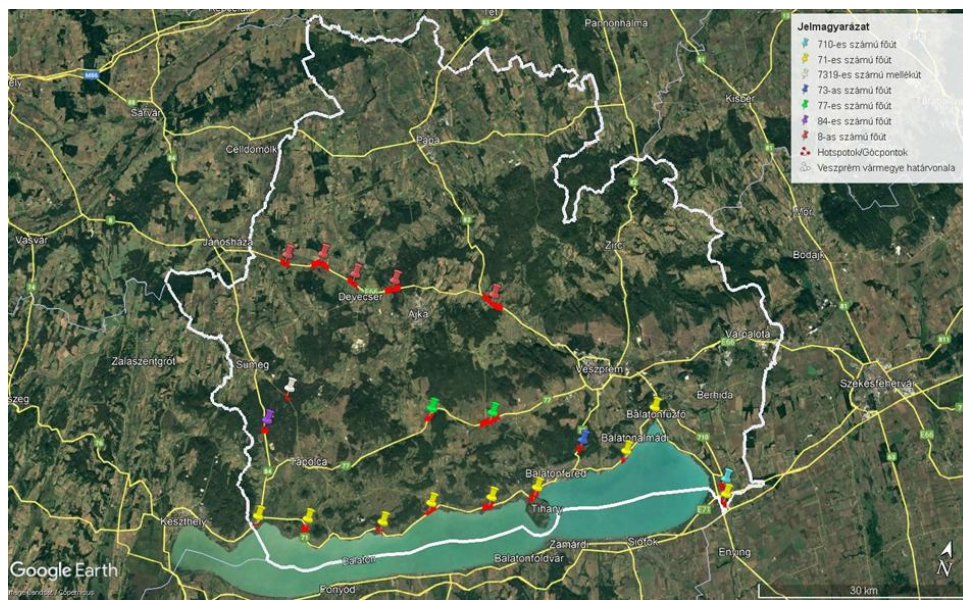
3. ábra: A nagyvad gázolások napi eloszlása a vizsgált időszakban

A vadélütéssel érintett vadfajokat vizsgálva megállapítható, hogy az országos adatokhoz (FARAGÓ-LÁSZLÓ, 2010) hasonlóan Veszprém vármegyében is az őz a leggyakrabban elgázolt nagyvad faj (56,6%), amit a gímszarvas (24%), majd a vaddisznó (13,1%) okozta balesetek gyakorisága követ.

Az Országos Vadgazdálkodási Adattár adatait (CSÁNYI, 2018-2022) összevetve a Veszprém Vármegyei Rendőr-főkapitányság adataival megállapítható, hogy az adattári adatok minden vad faj esetében magasabbak, aminek vélhetőleg adatgyűjtési okai vannak. A rendőrség a bejelentett balesetek alapján gyűjti az adatokat, míg a vadgazdálkodási adattár a vadászatra

jogosult által bejelentett adatok alapján dolgozik, amiben bent vannak az út mellett fellelt, elpusztult állatok is, amelyeknek az elütését valamilyen okból nem jelentette be a gépjárművezető (pld.: nem okozott jelentős kárt a gépjárműben a vad és nincs biztosítása vadelítésre).

Az egyes utak veszélyességét vizsgálva lehatárolhatók olyan pár kilométer hosszú útszakaszok, ahol gyakran történnek vadgázolós balesetek. Vizsgálatunk során ezen hotspotok kritériuma a legalább öt vadütés volt a vizsgált időszakban. Ezen kiemelten veszélyes útszakaszok elhelyezkedését a vármegyében a 4. ábra mutatja.



4. ábra: A kiemelten veszélyes vadelítés veszélyes útszakaszok (legalább öt vadelítés a vizsgált időszakban) Veszprém vármegyében

A legveszélyesebb útszakaszok a következők voltak a vizsgált időszakban:

A 8-as főúton a következő kilométerszelvények között helyezkednek el ezen hotspotok: 71.072–74.600 km, 86.910–89.200 km, 93.500–95.150 km, 98.400–101.300 km, 104.647–106.050 km.

A 71-es főúton a következő kilométerszelvények között helyezkednek el ezen hotspotok: 0.750–1.750 km, 18.500–19.400 km, 27.500–28.250 km, 42.000–44.000 km, 49.500–51.000 km, 58.600–60.500 km, 68.254–69.194 km, 82.659–83.615 km, 91.433–91.692 km.

A 710-es főúton a következő kilométerszelvények között helyezkedik el ilyen hotspot: 0.001–1.000 km,

A 73-as főúton a következő kilométerszelvények között helyezkedik el ilyen hotspot: 3.500–4.500 km.

A 77-es főúton a következő kilométerszelvények között helyezkednek el ezen hotspotok: 13.500–16.500 km, 24.500–25.850 km.

A 7319-es úton a következő kilométerszelvények között helyezkedik el ilyen hotspot: 9.470–10.300 km.

Következtetések

A kutatás keretében Veszprém vármegye útjain 2017–2021 évek között bekövetkezett nagyvad-gépjármű ütközések (1693db) időbeli és térbeli mintázatát vizsgáltuk, a Veszprém Vármegyei Rendőr-főkapitányság adatait felhasználva. Az ilyen jellegű balesetek száma növekvő tendenciát mutat, ami a jövőben folytatódni fog tekintettel a növekvő gépjármű állományra, a mobilizáció fokozódására, az úthálózat fejlesztésére. A vadgázolások jelentős kárt okoznak, mind a gépjármű tulajdonosoknak, mind pedig a vadászatra jogosultaknak, ezért kiemelt fontosságú, hogy meghatározzuk azokat a helyszíneket, ahol a leggyakrabban történnek ilyen balesetek. A gépjárművezetők megfelelő tájékoztatásával és együttműködésével (fokozott figyelem, alacsonyabb sebesség), úttechnikai fejlesztésekkel csökkenthető a vadelőtések valószínűsége ezeken a helyeken. A nagyvad elütések vadfaj szerinti megoszlását vizsgálva megállapítható volt, hogy az országos adatokhoz hasonlóan Veszprém vármegyében is a vadelőtések döntő többsége őz gázolás (56,6%), amit a gímszarvas (24%), majd a vaddisznó (13,1%) okozta balesetek gyakorisága követ. A napon belüli baleseti statisztikák alapján az esti és a kora reggeli időszak bizonyult a legveszélyesebbnek. A balesetek térbeli elhelyezkedése alapján lehatárolt hotspotok száma alapján megállapítható, hogy a vármegyében vadgázolás szempontjából különösen veszélyes útnak számít a 71-es főút, valamint a 8-as főút, de a 77-es, a 73-as, valamint a 710-es főúton, továbbá a 7319-es úton is lehatárolásra került ilyen kiemelten baleset veszélyes útszakasz.

Irodalomjegyzék

1996. évi LV. törvény a vad védelméről, a vadgazdálkodásról, valamint a vadásatról
2013. évi V. törvény a Polgári Törvénykönyvről
CSÁNYI, S. (szerk.) (2018): Vadgazdálkodási Adattár - 2017/2018. vadászati év, Országos Vadgazdálkodási Adattár, Gödöllő, 52 pp.
CSÁNYI, S. (szerk.) (2019): Vadgazdálkodási Adattár - 2018/2019. vadászati év, Országos Vadgazdálkodási Adattár, Gödöllő, 66 pp.
CSÁNYI, S. (szerk.) (2020): Vadgazdálkodási Adattár - 2019/2020. vadászati év, Országos Vadgazdálkodási Adattár, Gödöllő, 66 pp.
CSÁNYI, S. (szerk.) (2021): Vadgazdálkodási Adattár - 2020/2021, vadászati év, Országos Vadgazdálkodási Adattár, Gödöllő, 70 pp.
CSÁNYI, S. (szerk.) (2022): Vadgazdálkodási Adattár - 2021/2022, vadászati év, Országos Vadgazdálkodási Adattár, Gödöllő, 70 pp.
FARAGÓ S. - LÁSZLÓ R. (2010): Gépjármű-vad ütközés okozta vadelhullások Magyarországon 1997-2007 In: Pechtol, János (szerk.) Vadászévkönyv 2010, Budapest, Magyarország, Dénes Natur Műhely Kiadó, Országos Magyar Vadászkamara pp. 98-111.

TÁVIRÁNYÍTÁSÚ HERNYÓTALPAS KISTRAKTOROK AZ ERDÉSZETI MUNKÁKBAN

Remote-Controlled Tracked Mini Crawlers in Forestry

MAJOR TAMÁS¹, HORVÁTH BÉLA¹

¹Soproni Egyetem, Erdő-és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet
major.tamas@uni-sopron.hu

Kivonat

Az utóbbi időben egyre több gépgyártó foglalkozik távirányítású hernyótalpas (gumihevederes) kistraktorok fejlesztésével és gyártásával. A vasló koncepciójából kifejlődött műszaki megoldást rendkívüli mozgékonyasága, alacsony talajnyomása, alacsony üzemóra költsége teszi a hagyományos traktorok alternatívájává. Míg a vaslovat eredetileg hosszúfa vonszolására, közelítési feladatokra fejlesztették ki, addig ezek a hernyótalpas erőgépek az erdőgazdálkodás számos területén bevetethetők. Többféle adapterrel felszerelhetők, így megfelelő eszközökkel terület- és talaj-előkészítési feladatokra, erdősítésben, fiatalosok ápolásában és fahasználati munkákban is használhatóak. Ezek a kompakt méretű gépek jól alkalmazhatók gyérítésekben és örökerdő üzemmódban kezelt erdőkben is. Már megjelentek automatizált változataik is.

Abstract

Recently, an increasing number of manufacturers have been developing and producing remote-controlled mini forestry crawlers. This technical solution, derived from the “Iron-Horse” concept, offers exceptional mobility, low ground pressure, and low operating costs, making it a viable alternative to conventional tractors. While the original IronHorse was designed for skidding long logs and approaching difficult terrain, these mini forestry crawlers can be deployed in a wide range of forestry operations. Equipped with various attachments, they are suitable for site and soil preparation, afforestation, tending young stands, and timber harvesting. Their compact size makes them particularly useful in thinning operations and in forests managed under continuous cover systems. Automated versions of these machines have also already appeared.

Bevezetés

A Jonsere Iron Horse (svédül Järn Hästen, azaz „Vasló”) volt az első kereskedelmi forgalomban megjelent gumihevederes mini közelítőgép, amely az 1980-as évek elején jelent meg a skandináv erdészeti gyakorlatban. A gépet kisebb terepjáró láncdalpas járművekből fejlesztették ki, amelyeket eredetileg vadászati célokra terveztek, elsősorban jávorszarvas és más nagyvad hosszabb távolságokra történő mozgására (RECOFTC, 2015).

A vasló koncepcióját folyamatosan tökéletesítik, és napjainkban már több erdészeti gépgyártó cég is kínálja saját fejlesztésű vaslovát (Jonsered, Lennartsfors, Serra, Kapsen, Blatna Forest Horse). Az első modell egy 3,7 kW-os Honda motorral volt felszerelve. A jelenlegi Lennartsfors által gyártott modellek már 4,0 kW, 6,6 kW és 10 kW teljesítményű motorokkal készülnek.

A vaslovak kezelőhely nélküli (gyalogkíséretű), gumihevederes jároszerkezetű közelítőgépek (1. és 2. ábra). A kezelő – hasonlóan, ahogy egy lovat vezet az ember – a vasló előtt vagy mellett haladva, kormányrudon keresztül vezérli annak sebességét és haladási irányát. A kormányrud elfordításával a gép kanyarodik, így a kezelő maga után „húzva” a vaslovat, az követi őt. Kezelése biztonságos, a kormányrudat elengedve a gép azonnal megáll, illetve

a kormányrúdon található vészleállító gombbal is azonnali megállásra kényszeríthető. Háladási sebessége a gyalogos tempónak megfelelő 4–6 km/óra.



1. ábra: Jonsereds típusú vasló.



2. ábra: Kapsen típusú vasló.

A vaslovat eredetileg hosszú fa vonszolására fejlesztették ki, de tartozékai segítségével alkalmassá vált rövid választékok közelítésére is. Tartozékai közt rövid és hosszúfa közelítésére alkalmas utánfutó, csörlő és csörlő által működtetett mini darugém is található (HORVÁTH, 2016).

Ezek a gépek alkalmasak szálalásban, gyérintésben és egészségügyi termelésben, teljesfa, hosszúfa, ill. rövidfa közelítésére is (GÓLYA, 2003; HORVÁTH, 2011).

Anyag és módszer

1968-ban a Caterpillar cég készítette az első távirányítású lánctalpas rakodógépet acélművi kemencék környékéről történő salakeltávolítás céljára. Az erdészet területén csak az 1980-as években jelentek meg az első rádió távvezérléssel működő gépek. Ezek még rendkívül drágák voltak, ezért az érdeklődés is meglehetősen alacsony maradt irántuk. Napjainkban azonban – egy erdészeti traktor árához viszonyítva – ezek a rendszerek már nem számítanak drágának, így a beruházás mindenképpen megtérülőnek tekinthető.

Az erdészeti rádióvezérlés sikertörténete az erdészeti csörlők vezérlésének bevezetésével kezdődött. Ezen a területen olyannyira beváltak, hogy manapság szinte alig kerül új erdészeti csörlő (még a hárompont-függesztésű csörlők sem) a piacra rádiós távvezérlés nélkül. A kötélpályák és a kisebb erdészeti gumihevederes gépek esetében is évek óta elfogadott az erdészeti rádiós távvezérlés.

Az erdészeti rádióvezérlés (Forstfunk) alapvetően egy rádiós adóból, egy átviteli frekvenciából és egy vevőegységből áll, amely a parancsokat továbbítja a munkagépen található megfelelő működtető elemekhez. Amikor a rádiós adón megnyomnak egy gombot, az adó és a vevő először kapcsolatba lép egymással, és kicserélik az úgynevezett rendszerazonosítót. A rendszerazonosító egy egyedi felismerőkód, amelyet világszerte mindig csak egyszer adnak ki. Ez megakadályozza például azt, hogy egy másik, a közelben és azonos frekvencián működő rádiós távvezérlés parancsokat adjon ki az adott erdészeti gép számára. Ha az adó rendszerazonosítója nem egyezik meg a vevőével, akkor a jel egy „idegen” erdészeti rádióadótól származik. Ebben az esetben a vevő nem reagál. Amennyiben azonban az erdészeti rádiós távvezérlés rendszerazonosítója helyes, a jel feldolgozásra kerül, és továbbítódik a megfelelő munkavégző részhez. Az alkalmazott adók hatótávolsága az erdészeti rádiós távvezérlés szabványos rendszereinél általában 150 – 200 méter.

A rádiós csörlők vezérlése mellett viszonylag új fejlesztés az úgynevezett „menetvezérlés” (Fahrfunk), amelynek segítségével már a jármű is távirányítással vezethető, előre- és hátramenetben is mozgatható.

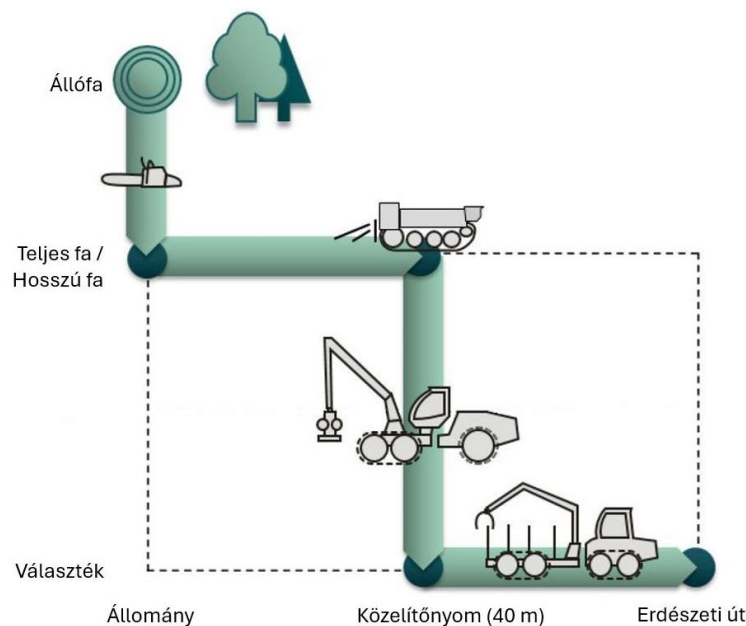
Eredmények

2015-ben mutatták be az első rádió-távírányítású hernyótalpas kistraktorokat (németül: „Mini-Forstraupe“, angolul „mini forestry crawler” (MFC), melyek a vasló koncepció továbbfejlesztéséből alakultak ki. (A Lennartsfors és a Kapsen típusú vaslovaknak van rádió-távírányítású változataik is.)

Eredetileg ezeket a gépeket az erdészeti traktorok alternatívájaként, illetve a harveszterek előközelítési munkáihoz fejlesztették ki, nagy 20 – 40 méter feletti közelítőnyom-távolságok esetére. A cél az volt, hogy a hagyományos erdészeti közelítőgépeket egy könnyű, ugyanakkor rendkívül jó terepjáró képességű alternatívával lehessen kiváltani. Csörlő adapterrel szerelve ezeket a mini gumihevederes gépeket, közelítési feladatok ellátására lesznek alkalmasak.

A KWF által kidolgozott fahasználati munkarendszerben (3. ábra) a fadóntás motorfűrészsel a következő esetekben történik (BERENDT et al. 2018):

- a harveszter gémjének hatósugarán kívül eső fák esetében,
- azoknál a fáknál, amelyek mellmagassági átmérője meghaladja a harveszterfej maximális vágási átmérőjét, és
- lombos fafajoknál, melyek széles koronájúak és vastag ágakkal rendelkeznek, és amelyek problémát okozhatnak a harveszteres feldolgozás során.



3. ábra: A munkarendszer sématisz ábrázolása.

A motorfűrészsel ledöntött fákat távírányítású hernyótalpas kistraktorral (MFC) csörlőzik a közelítőnyomokra, ahol a harveszter feldolgozza azt. A széles koronájú, vastag ágú fák esetén a feldolgozás is motorfűrészsel történik. A motorfűrészsel döntött fák előközelítése, majd harveszteres feldolgozása után, a harveszter ledönti és feldolgozza azokat a fákat is, amelyek a géme hatósugarában vannak. Végül a kész választékokat egy forvarder szállítja ki az erdészeti útra. Az MFC-t a csörlőzés mellett a fennakadt fák levételében is alkalmazzák a faki-termelés során. Ebben a fahasználati munkarendszerben az MFC kizárólag a közelítőnyomokon közlekedik, az alacsony talajnyomás ellenére a közelítőnyomon kell maradnia, mivel az erdészeti tanúsítási rendszerek nem engedélyezik a teljes felületű gépi bejárást.

A rádiótávírányítású hernyótalpas kistraktorok másik széles körben elterjedt felhasználási területe a száruzás, a talaj- és tuskómarás (4. ábra).

Távírányítású hernyótalpas kistraktorok (MFC-k) fejlesztésével, gyártásával ma már több tucat gépgyártó (pl. Pfanzelt Maschinenbau GmbH, VOGT GmbH & Co. KG, IRUS Motorgeräte GmbH) foglalkozik (CZUPY, 2023; HORVÁTH – CZUPY, 2022). Ezen gépek egy része kimondottan egy adott célra, csörlővel felszerelve közelítési feladatok ellátására (5. ábra) és/vagy vízszintes tengelyű szárzúzóval ellátva bozótirtási feladatokhoz készülnek. Vannak speciális pl. ültető, kerítésépítő vagy rakfelülettel ellátott gépek, ugyanakkor egyre több gyártó készít multifunkcionális „eszközhordozókat”, melyekre nagyon sokféle munkaeszköz felszerelhető (6., 7., 8. és 9. ábra). A csörlőkön és szárzúzókon, illetve talaj- és tuskómarókon kívül csatlakoztatható hozzájuk talajelőkészítő gép (eke, hajtott tárcsa), talajelőkészítő - vetőgép, talajelőkészítő - ültetőgép, permetezőgép, műtrágyaszóró, gödőrőfúró, aprítógép, vágástakarító, tolólap, hómaró, utánfutó stb. Jelenleg több mint 30 különböző adapter áll rendelkezésre.



4. ábra: Távírányítású erőgép szárzúzóval.
Forrás: <https://erdesztetiszarzuok.hu>



5. ábra: Távírányítású kistraktor csörlővel.



6. ábra: Pásztakészítő hajtott kivitelű tárcsa távírányítású erőgépen.



7. ábra: Talaj-előkészítő ültetőgép távírányítású erőgépen.



8. ábra: Távírányítású erőgép markolós vonszolóval.



9. ábra: Pfanzelt távírányítású erőgép szárzúzóval és járókerékarányos vontatócsörlővel.

Az univerzális hárompont-felfüggesztés lehetővé teszi különböző gyártók adaptereinek csatlakoztatását. Egyes típusok csak hidraulikus meghajtású munkagépek üzemeltetésére alkalmasak, mások a hidraulika mellett mechanikus kardánhajtással is rendelkeznek.

Egyes gyártók vontatócsörlőt is kínálnak gépeikhez, amely tovább növeli a meredek terepen való alkalmazhatóságot. A Pfanzelt gumihevederes kistraktorjain járószerkezet arányosak ezek a csörlők. A csörlőket elmozdulás elleni biztosításra is használhatjuk olyan esetekben, amikor a rönk nehezebb, mint, amit a gép elbírna, így a gép nem tud elmozdulni a rönk felé.

A lánctalp és a gumikerék előnyös tulajdonságait egyesítő gumihevederes járószerkezet nyomtávja számos típusnál hidraulikusan, fokozatmentesen állítható. Egyes típusoknál a hasmagasság is állítható.

Az MFC-k alapvetően kezelőhely nélküli gépek. Ennek oka, hogy egy fülke növelné a gép tömegét és megemelné a súlypontot, ráadásul egy ilyen könnyű gépen, a rugózatlan lánctalpas futómű miatt, a kezelő erősen rázkódná. Természetesen vannak kivételek. A Haake & Holthöfer GbR cég által gyártott MOX típusú gép egy felhajtható kezelőplatformmal van felszerelve, amire rá lehet állni, de a gép mögött gyalogolva is lehet irányítani azt. A Fink Leitungsmesstechnik GmbH által gyártott TMU 40 típusú gumihevederes kistraktor pedig kezelőüléssel rendelkezik. Az üléses üzemmód alapvetően nem az erdészeti munkákhoz van kitalálva, hanem inkább rétek kaszáláshoz, tolólapos munkákhoz. Ilyenkor általában nagyobb sebességgel dolgozunk, akár 9 km/h-val is. Erdészeti zúzásnál ez nem lehetséges. Ilyenkor az ülést lehajtjuk, a tetőt leengedjük, ami előlről védi a kezelőállást. Az egész átalakítás rádiós vezérlésről üléses üzemmódra – és vissza – körülbelül egy percet vesz igénybe.

A hernyótalpas kistraktoroknak megjelentek már autonóm üzemre alkalmas változatai is. Magyarországon a Hári Tech Kft. kezdett kertészeti célokra ilyen gépeket gyártani (HÁRI, 2011; HORVÁTH – CZUPY, 2022). Gépeik közül a haRiBOT V3 magajáró robotot kipróbáltuk erdészeti körülmények között is (10. és 11. ábra). A tesztelés során az őszi erdősítési időszakban – gödörfúró adapterrel felszerelve – a csemeteültetésekhez szükséges ültetőgödörök elkészítéséhez alkalmaztuk (HORVÁTH – MAJOR, 2024; MAJOR – HÁRI - HORVÁTH, 2024).



10. ábra: A haRiBOT V3 magajáró robot.



11. ábra: A haRiBOT V3 magajáró robot szállítása.

Következtetések

Ezeknek a mini erdészeti gumihevederes gépeknek (MFC-knek) az előnye elsősorban a kis saját tömegük, amely 1,4 és 2,8 tonna között mozog, és ennek megfelelően alacsony, 0,16–0,30 kg/cm² közötti a talajnyomásuk. Emellett a súlypontjuk mindössze körülbelül 60 cm-rel a talaj felett helyezkedik el, akár 60%-os lejtésű terepen is kiváló mászóképeséggel rendelkeznek, rendkívül jól manőverezhetőek és sokoldalúan alkalmazhatóak, személyautó-utánfutón könnyen szállíthatók.

A gépeket rendkívüli mozgékonyaságuk és az alacsony üzemóra-költségük teszik a hagyományos traktorokkal szemben olcsó közelítő járművé. A széles gumitalpak lehetővé teszik az erdészeti munkák kíméletes elvégzését, nem károsítják az erdő talaját, az állomány gyökérzetét, az újulatot és a gyepszintet. Ugyanakkor az erdészeti rádiós távvezérlés jelentősen megkönnyíti a munkát és növeli a munkateljesítményt, így az erdészeti munkák gazdaságosabbá és biztonságosabbá válnak.

A hatékony, versenyképes termelés iránti igény és a gépesítés fejlődése az autonóm magajáró robotok szélesebb körben történő elterjedésének irányába mutat. A Magyarországon kertészeti célokra kifejlesztett haRiBOT V3 magajáró robotot megfelelő adapterekkel felszerelve már most is képes az erdészeti csemetekerti munkák elvégzésére, megfelelő terület-előkészítés után akár erdősítésekben is alkalmazható. Sajnos azonban terepjáró képességei elmaradnak az erdőgazdálkodási munkáknál elvárttól. Megoldás lehet a járószerkezet ilyen célú továbbfejlesztése, ahhoz, hogy a változatos erdei körülmények közt is használhatóak legyenek, vagy – a korábbi fejezetekben bemutatott – erdészeti célokra kifejlesztett távirányítású hernyótalpas képek (MFC-k) „felokosítása”, autonóm üzemre alkalmassá tétele.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a „GINOP-2.3.3-15-2016-00039 – Fás biomassa termesztési feltételeinek vizsgálata” című projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BERENDT, F. – FORTIN, M. – SUCHOMEL, CH. – SCHWEIER, J. (2018): Productivity, Costs, and Selected Environmental Impacts of Remote-Controlled Mini Forestry Crawlers. *Forests*, 9, 591.
- CZUPY I. (2023): Precíziós erdészet – a jövő útja. In: Czimber K. (szerk.) *Az Erdő-mérnöki Kar Tudományos Kiadványa*. Sopron, Magyarország: Soproni Egyetem Kiadó pp. 62-66.
- GÓLYA J. (2003): Fakitermelési munkarendszerek gyérítésekben. Doktori (Ph.D.) értekezés, Sopron. 49. p
- HÁRI ZS. (2011): A jövő már jelen van. *Precíziós Gazdálkodás – Interaktív Magazin* 1:93-95.
- HORVÁTH A. (2011): Vaslovak alkalmazása az erdei anyagmozgatásban. In: Horváth B. (szerk.) *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap: Tudományos eredmények a gyakorlatban*. Sopron, Magyarország. pp. 101-104.
- HORVÁTH B. szerk. (2016): *Erdészeti gépek*. Szaktudás Kiadó Ház Zrt. Budapest. 476 p.
- HORVÁTH B. – CZUPY I. (2022): *Robotizáció az erdészeti gépesítésben*. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest. 35 p. ISBN 978-963-575-083-2 (<https://szaktudas.hu> Digitális kiadvány / Gyakorlati Tudástár sorozat).
- HORVÁTH B. – MAJOR T. (2024): Gödörfúró robot alkalmazásának teljesítmény- és költség-elemzése. In: Czimber K. et. al. (szerk.) *II. Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa*. Sopron, Magyarország: Soproni Egyetem Kiadó pp. 101-106.

MAJOR T. – HÁRI ZS. – HORVÁTH B. (2024): Erdősítésben alkalmazott gödörfúró robot. In: Czimmer K. et. al. (szerk.) II. Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa. Sopron, Magyarország: Soproni Egyetem Kiadó pp. 247-251.

RECOFTC - The Center for People and Forests (2015): Rubber-tracked mini-skidders. Bangkok, Thailand.

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ERDÉSZETI SZEMPONTÚ ÉRTÉKELÉSE SOPRON TÉRSÉGÉBEN

Forestry related assessment of climate change in the Sopron region

MEGYER-MURAKÖZY LILI^{1,2}, KALICZ PÉTER¹, KISS MÁRTON³, FOLCZ ÁDÁM⁴,
GRIBOVSZKI ZOLTÁN¹

¹ Soproni Egyetem, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

² Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Civil Engineering,
Department of Land and Water Resources Management

³ HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt

⁴ TAEG Tanulmányi Erdőgazdaság Zrt.
MurakozyL19@student.uni-sopron.hu

Kivonat

A helyi meteorológiai mérések fontosak, mivel pontos adatokat szolgáltathatnak egy adott egyedi éghajlati és földrajzi adottságokkal rendelkező régióra vonatkozóan. A soproni Botanikus kert és Hermes meteorológiai állomások különböző időszakokat hasonlítottunk össze az adatok rendelkezése állása alapján (Botanikus kert: 1930-1960, 1989-2019, Hermes: 2014-2023) Sopron hivatalos állomásainak adataival, egyszerű statisztikai módszerekkel. Ezenkívül a Botanikus kertre FAI elemzést és Thornthwaite-féle egyszerű vízháztartási modell elemzést is készítettünk. Az eredmények alapján Hermes a legcsapadékosabb, leghűvösebb állomás, itt nagyobb gyakoriságú és jellemzően nagyobb napi csapadékok jelentkeznek, mint a városi referenciahelyen. Az elmúlt 30 évben (1989-2019) a hőmérséklet jelentősen emelkedett a referenciaként felhasznált 30 évhez képest (1930–1960). A FAI elemzéséből kitűnik, hogy a régió FAI értéke az elmúlt 150 évben átlagosan egy éghajlati kategóriával emelkedett a Botanikus kert vonatkozásában a bükkös és gyertyános-tölgyes klíma határáról átkerült a gyertyános-tölgyes és kocsánytalantölgyes-cseres klímazóna határa. A vízháztartási elemzés pedig jelentős csökkenést mutat a hóraktározás és különösen a lefolyás tekintetében. Az adatsorok alapján kimutathatók a térség mikro- és mezo-klimatikus tendenciái, és ezen hosszú idősorokat felhasználhatjuk különböző modellek vagy műholdak alapján készült megfigyelések validálására is.

Abstract

Local meteorological measurements are important because they can provide accurate data for a given region with specific climatic and geographical characteristics. We compared different periods at the Sopron Botanical Garden and Hermes meteorological stations based on the availability of data (Botanical Garden: 1930-1960, 1989-2019, Hermes: 2014-2023) with data from Sopron's official stations using simple statistical methods. In addition, we also performed FAI and Thornthwaite water balance model analysis of the Botanical Garden. Based on the results, Hermes is the station with the highest precipitation and coolest temperatures, with more frequent and typically higher daily precipitation than the urban reference site. Over the past 30 years (1989-2019), temperatures have risen significantly compared to the 30-year reference period (1930-1960). The FAI analysis shows that the FAI value of the region has risen by an average of one climate category over the past 150 years. In relation to the Botanical Garden, it has moved from the border of the beech and hornbeam-oak climate to the border of the hornbeam-oak and sessile oak climate zone. The water balance analysis shows a significant decrease in snow storage, and especially runoff. The data series reveal the micro- and meso-climatic trends in the region, and these long time series can also be used to validate observations made using various models or satellites.

Bevezetés

A jó minőségű, hosszú távú helyi meteorológiai mérések rendkívül fontosak, mivel pontos adatokat szolgáltathatnak egy adott egyedi éghajlati és földrajzi adottságokkal rendelkező régióra vonatkozóan. Információt szolgáltatnak egy adott régió éghajlati változékonyságának és változásának megértéséhez, a vízkészletek és erdészeti beavatkozások javításához (ILONA et al., 2022). A sűrű meteorológiai állomáshálózat képes rögzíteni a mikro és mezoklimatikus különbségeket (esetünkben a város és az erdő között és a Soproni Erdészet két nagyobb kistáj között) (EINGRÜBER et al., 2022).

A tanulmány célja az volt, hogy egyszerű statisztikai módszerekkel, FAI elemzéssel és Thornthwaite féle vízmérlegmodellel összehasonlítsuk Sopron 3 meteorológiai állomását (melyből kettő az elmúlt 3 év során lett rekonstruálva) az adatok rendelkezésre állása alapján, hogy kimutathassuk a klímaváltozás mezo- és mikroklimatikus tendenciáit és az eredményeket erdészeti perspektívába helyezzük.

Anyag és módszer

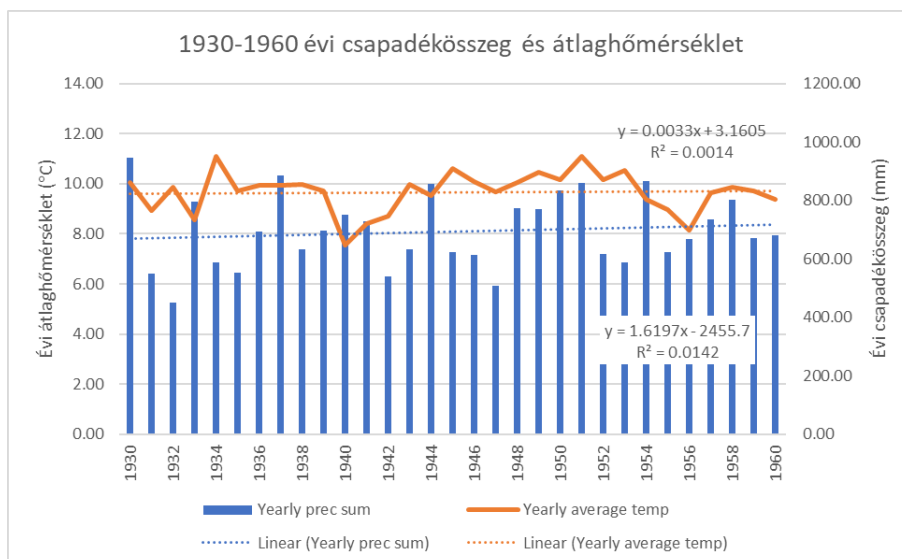
Hermes állomás Magyarországon, Sopron térségében található, erdős, dombos területen. (47°39'14,0" É, 16°28'17,9" K, 504 m t.sz.f.). A helyszín a WMO-előírásokhoz képest nem szabványos, mivel fák és a környező épületek részben árnyékolják, azonban reprezentatív a helyi erdei mikroklimára nézve. Botanikus kert állomás Sopron szélén található, részben fáktól árnyékolva, parkerdős mikroklimát tükröz (47°40'46" É, 16°34'18" K, 229 m t.sz.f.).

A Sopron területén található Kuruc-dombi állomás hivatalos városi referenciaállomásként működik. A Kuruc domb-Hermes közötti távolság körülbelül 10,2 km Kuruc domb-Botanikus kert pedig 2 km. A Hermes állomás napi minimum-, maximum- és átlagos levegőhőmérséklete, valamint napi csapadékösszege 1985.05.01-től 2024.12.31-ig állt rendelkezésre, Botanikus kertre ezek a változók 1980.02.18.-tól 2023.07.31-ig, a Kuruc-domon pedig 1870-től (1901-től a minimum, maximum hőmérséklet) 2024-ig. (<https://odp.met.hu> 2025.12.01.)

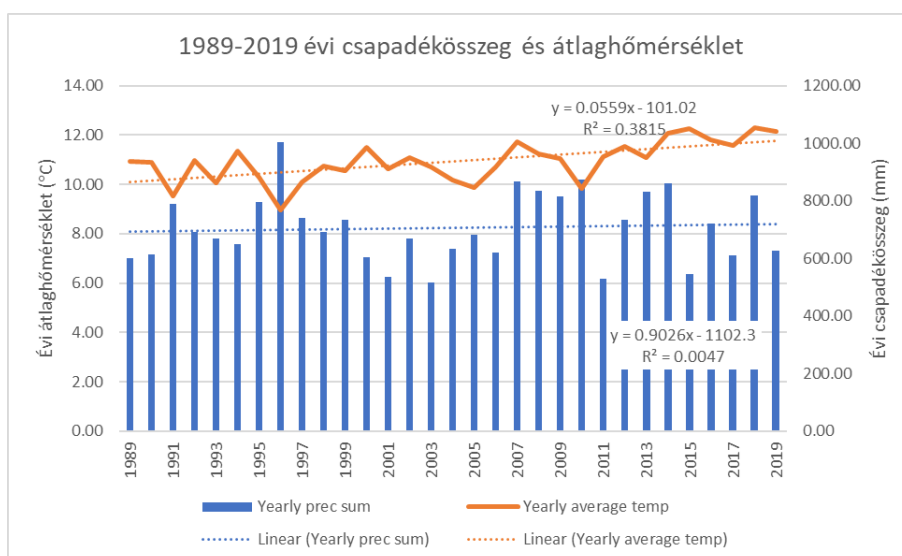
Különböző időszakokat elemeztünk különböző módszerekkel az adatok rendelkezése állása alapján, mivel a nagyobb adathiányos időszakokat nem használtuk az elemzések során. A vizsgált időszakok a következők voltak: Botanikus kert:1930-1960, 1989-2019, Hermes: 2014-2023. Sopron hivatalos állomásainak adataival, egyszerű statisztikai módszerekkel (idősorelemzés, csapadékgyakoriság-elemzés) hasonlítottuk össze ezeket a periódusokat. Ezenkívül a Botanikus kertre FAI és Thornthwaite-féle egyszerű vízháztartási modell elemzést is készítettünk. (FÜHRER, 2010, THORNTHWAITE, 1955)

Eredmények

A Botanikus kert két időszakának (1930-1960, 1989-2019) összehasonlításából és szignifikanciavizsgálatából látszik, hogy a jelenlegi periódusban (1. ábra) sokkal nagyobb felmelegedés tapasztalható (1,68°C/30 év), ez a trend szignifikáns, ellenben a múltbeli időszakban tapasztalható 0,1°C-os emelkedéssel (2.ábra). A csapadékok között sem volt kimutatható szignifikáns eltérés.

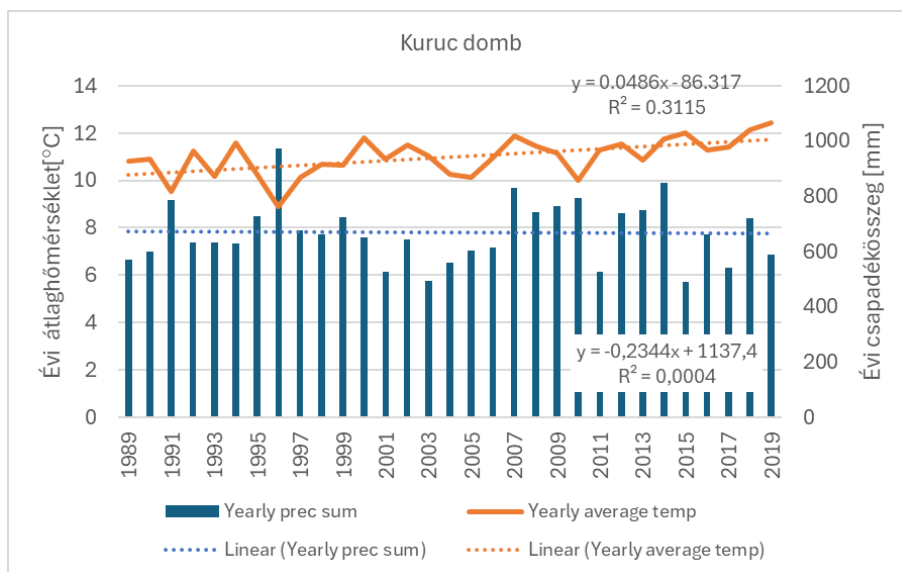


1. ábra: Botanikus kert évi átlaghőmérséklete és csapadékösszege (1930-1960).



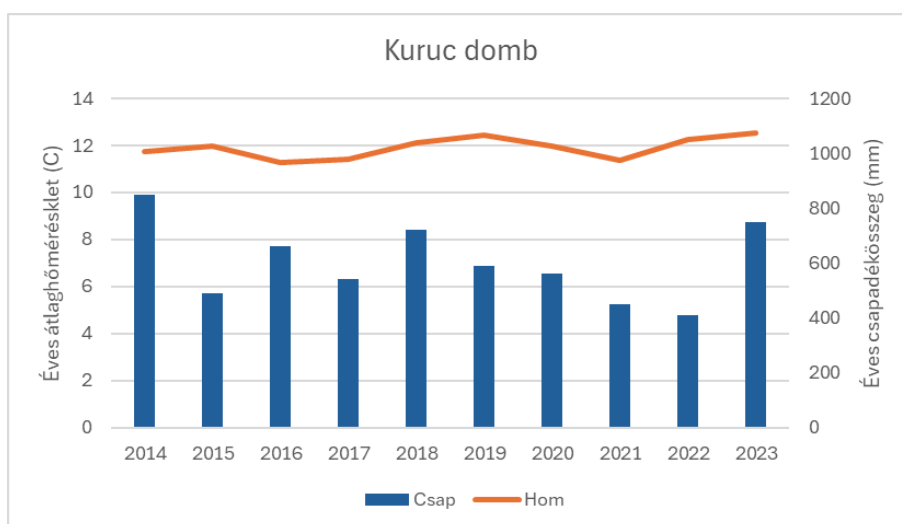
2. ábra: Botanikus kert évi átlaghőmérséklete és csapadékösszege (1989-2019).

A Kuruc dombi éves elemzésnél (3.ábra) kimutatható szintén a nagy ütemű hőmérséklet emelkedés, a Botanikus kert adatokkal összehasonlítva, a csapadék trendben látható eltérés. A Botanikus kert emelkedő csapadéktrendje az állomás környezetében lévő fák részbeni takarására és ezáltal szélvédő és párologáscsökkentő hatására vezethető vissza.

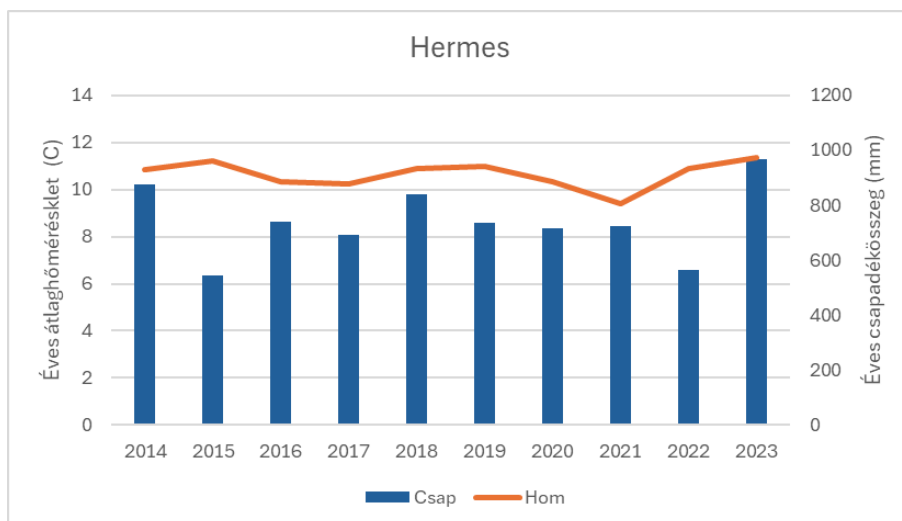


3. ábra: Kuruc domb évi átlaghőmérséklete és csapadékösszege (1989-2019).

A Kuruc domb és Hermes állomás elmúlt 10 évének vizsgálatánál még jobban látszanak a különböző klimatikus tendenciák (4.,5. ábra). Hermes állomás jóval hűvösebb (1,26 °C-al) és csapadékosabb (évi 138 mm-el), mint a városi állomás.

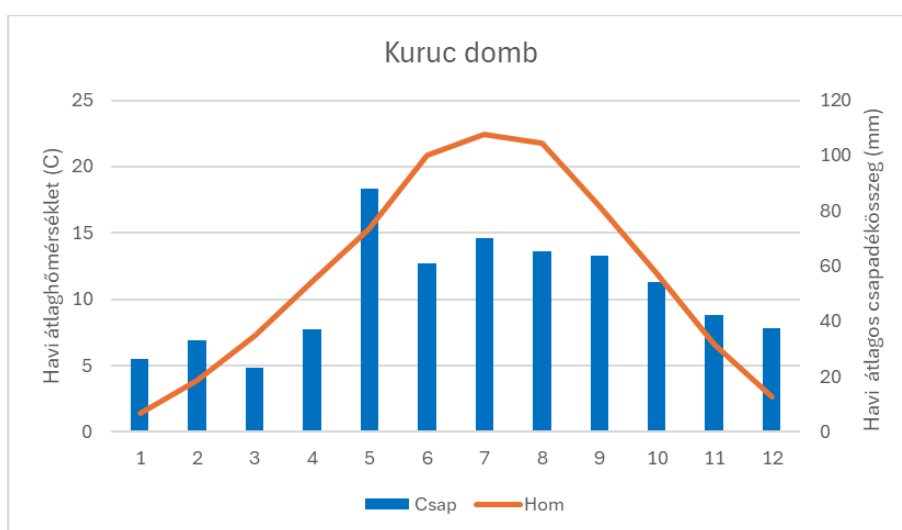


4. ábra: Kuruc domb évi átlaghőmérséklete és csapadékösszege (2014-2023).

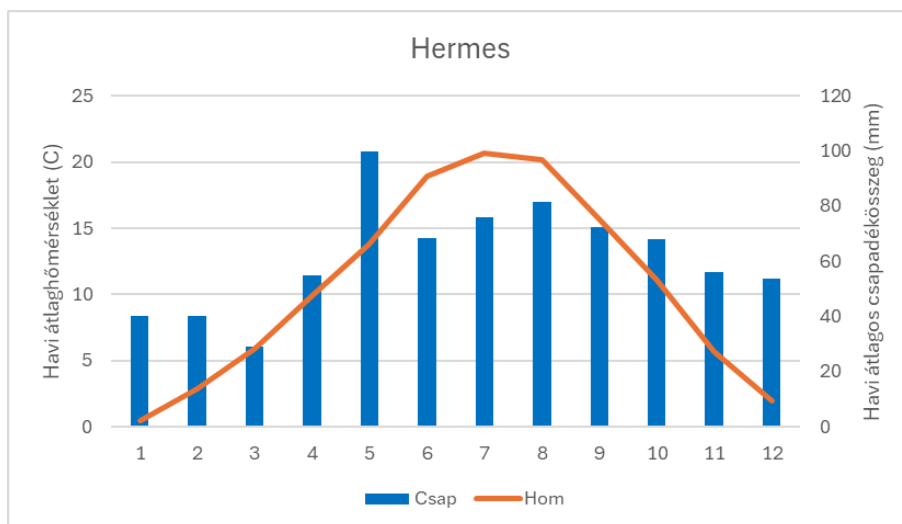


5. ábra: Hermes évi átlaghőmérséklete és csapadékosszege (2014-2023).

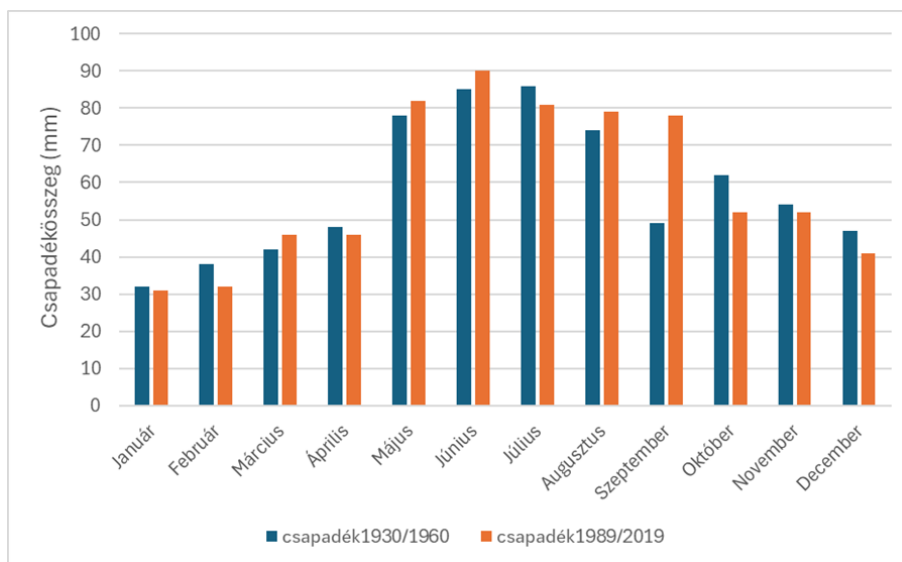
Havi elemzéseket is készítettünk (6.,7.,8.,9. ábra). Az eredményekből látható, hogy a Hermes állomáson jóval mérsékeltebb a hőmérséklet, főként a nyári periódusban a Kuruc dombhoz képest (1,76°C-al). Ez az erdő temperáló hatásának és a magasabb térszínen való elhelyezkedésnek tudható be (6.,7. ábra). A Botanikus kert havi vizsgálatánál (8.,9. ábra) a két időszak között a jelentősebb hőmérséklet-eltérés a nyár végi periódusban és a tél végi tavasz eleji időszakban jelentkezik. A havi csapadékok tekintetében a múltban jelentkező második őszi (októberi) csapadékcsúcs eltűnt, szeptember lett a legcsapadékosabb őszi hónap. Ennek következményére kitolódhat jobban a vegetációs időszak.



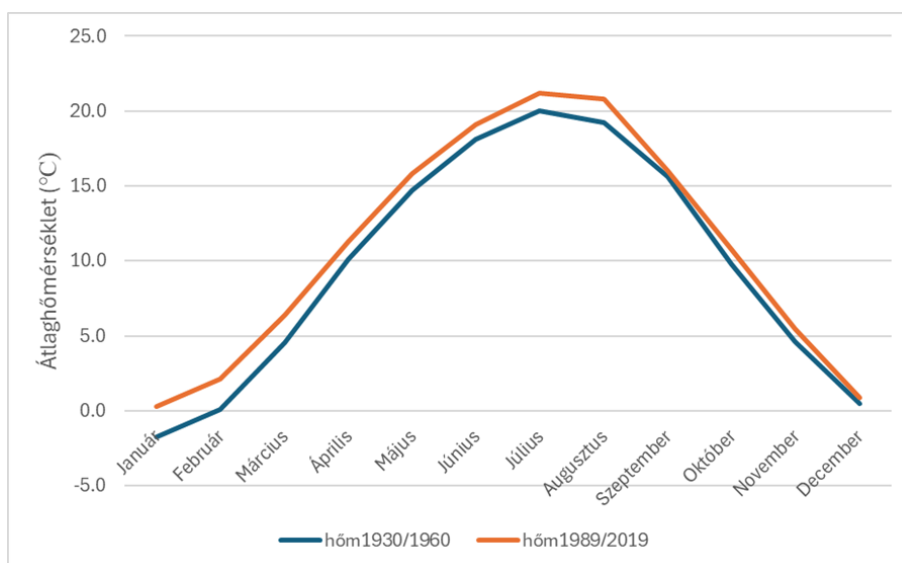
6. ábra: Kuruc domb havi átlaghőmérséklete és csapadékosszege (2014-2023).



7. ábra: Hermes havi átlaghőmérséklete és csapadékösszege (2014-2023).



8. ábra: Botanikus kert havi csapadékösszege (kék: 1930-1960, narancssárga:1989-2019).



9. ábra: Botanikus kert havi átlaghőmérséklete (kék: 1930-1960, narancssárga:1989-2019).

Elemeztük még a csapadékeloszlásokat is az állomások között a vizsgált időszakokban. Hermeszen nagyobb gyakoriságú és mennyiségű nagycsapadékesemény (20-50 és 50+ mm-es kategória) jelentkezik a városi referenciaállomáshoz képest. Majdnem 4x-es mennyiségű az 50 mm feletti csapadék Hermeszen. (Kuruc domb 104mm, Hermes 409 mm).

A FAI elemzést végeztünk a Kuruc domb 1870-től 2021-es időszakára, ami azt mutatta, hogy a régió FAI értéke az elmúlt 150 évben átlagosan egy éghajlati kategóriával emelkedett a bükkös és gyertyános-tölgyes klíma határáról átkerült a gyertyános-tölgyes és kocsánytalantölgyes-cseres klímazóna határa. Thornthwaite-féle egyszerű vízháztartási modellel elemeztük a Kuruc domb és Botanikus kert 1930-1960-as és 1989-2019-es időszakát. Az eredmények jelentős időbeni változásokat mutatnak mindkét állomásnál. A vízháztartási elemzés jelentős csökkenést mutat főként a hóraktározás (-47%) és a lefolyás lehetőségének (-59%) tekintetében a Botanikus kertnél.

Következtetések

Az eredmények alapján kimutathatók a mikro- és mezoklimatikus eltérések az állomások között. Hermes a legcsapadékosabb, leghűvösebb meteorológiai állomás, itt nagyobb gyakoriságú és jellemzően nagyobb napi csapadékok jelentkezők, mint a városi referenciahelyen. Ezen eredmények az erdő temperáló hatásának és a magasabb térszínen való elhelyezkedésnek tudható be. Az elmúlt 30 évben (1989-2019) a hőmérséklet jelentősen emelkedett a referenciaként felhasznált 30 évhez képest (1930–1960). A havi eredményekből is jól látszik az erdő hőmérsékletmértékítő hatása, elsősorban a nyári periódusban Hermeszen, valamint a csapadékösszegek időbeli változása a Botanikus kertnél, ami a vegetációs időszak kitolódását eredményezhet.

A FAI elemzéséből kitűnik, hogy a régió FAI értéke az elmúlt 150 évben átlagosan egy éghajlati kategóriával emelkedett a Botanikus kert vonatkozásában a bükkös és gyertyános-tölgyes klíma határáról átkerült a gyertyános-tölgyes és kocsánytalantölgyes-cseres klímazóna határa. A vízháztartási elemzés jelentős csökkenést mutat főként a hóraktározás és a lefolyás lehetőségének tekintetében. Az adatsorok alapján kimutathatók a térség mikro- és mezoklimatikus tendenciái. Kuruc dombon a városi mikroklíma, Hermeszen az dombos, erdei mikroklíma, a Botanikus kertnél pedig a határterületek (mind a város és az erdő, mind a két különböző erdészeti kistáj) együttes hatása. Emiatt fontos, hogy erdészeti vizsgálatoknál, ne csak a városi hivatalos állomás adatait használjuk, ami félrevezető lehet, mert az erdei mikroklíma eltérő tendenciákat mutat az eredmények alapján, általuk pontosabb erdészeti stratégiákat lehet kidolgozni (DE FRENNE ET AL., 2021.)

Ezen adatbázis erdészeti felhasználhatósága igen sokrétű, a teljesség igénye nélkül a következő elemzések készíthetők el belőle: Különböző szárazságindexek (pl. SPI), hőhullámok és fagyok gyakoriságának, szélsőséges eseményeknek elemzése. A lejtés/magasság/kitettség hatásának vizsgálata az éghajlatra. A kártevők megjelenésének előrejelzése (sok kártevő a hőmérséklet hatására jelenik meg). Az erdők mikroklíma-puffer hatásának, városi hősziget hatásának kimutatása. A regeneráció, a kártevők és a tüzek kockázatának elemzése. A megfelelő fafajok kiválasztásában nyújthat segítséget (pl. szárazságtűrés alapján). Ültetés időzítésében, vegetációs idő hosszának meghatározásában segíthet. Lehetőség van ezáltal éghajlati adaptációs stratégiák kidolgozására és a jövőbeli erdőösszetétel-változások előrejelzésére. Ezenkívül felhasználhatjuk különböző modellek vagy műholdak alapján készült megfigyelések validálására is az adatbázist (STEINPARZER et al., 2025, WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2012).

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az 143972SNN azonosítószámú OTKA pályázat, a Slovenian Research and Innovation Agency (N2-0313) pályázata és a kapcsolt TKP2021-NKTA-43 számú projekt támogatásával valósult meg. A TKP2021-NKTA-43 és a 143972SNN számú projekt a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal – NKFIH támogatásával valósult meg. A kutatást a Magyar Agrárminisztérium támogatta.

Irodalomjegyzék

- DE FRENNE P. – LENOIR J. – LUOTO M. – SCHEFFERS B.R. – ZELLWEGER F. – AALTO J. – ASHCROFT M.B. – CHRISTIANSEN D.M. – DECOCQ G., –DE PAUW K. – GOVAERT S. – GREISER C. – GRIL E. – HAMPE A. – JUCKER T. – KLINGES D.H. – KOELEMMEIJER – I.A., – LEMBRECHTS J.J. – MARREC R. – MEEUSSEN C. – OGÉE J. – TYYSTJÄRVI V. – VANGANSBEKE P – HYLANDER K. (2021): Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. *Glob Chang Biol.* 2021 Jun;27(11):2279-2297. doi: 10.1111/gcb.15569. Epub 2021 Mar 16. PMID: 33725415.
- EINGRÜBER N. – KORRES W. – SCHNEIDER K. (2022): Microclimatic field measurements to support microclimatological modelling with ENVI-met for an urban study area in Cologne, *Adv. Sci. Res.*, 19, 81–90, <https://doi.org/10.5194/asr-19-81-2022>.
- FÜHRER E. (2010): A fák növekedése és a klíma. „KLÍMA-21” Füzetek 61: 98–107
- ILONA J. – BARTÓK B. – DUMITRESCU A. – CHEVAL S. – GANDHI A. – TORDAI Á. V. – WEIDINGER T. (2022): Using Long-Term Historical Meteorological Data for Climate Change Analysis in the Carpathian Region. *Atmosphere*, 13(11), 1751. <https://doi.org/10.3390/atmos13111751>
- STEINPARZER M. – GILLEROT L. – REWALD B. – GODBOLD D.L. – HALUZA D. – GUO Q. – VOSPERNIK S. (2025): Forest temperature buffering in pure and mixed stands: A high-resolution temporal analysis with generalized additive models, *Forest Ecology and Management*, Volume 583, 122582, ISSN 0378-1127, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122582>.
- THORNTHWAITE, C.W. – MATHER, J.R. (1955): The Water Balance. *Publications in climatology*, 8, 5-86.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (2012): Standardized Precipitation Index User Guide (M. Svoboda, M. Hayes and D. Wood). (WMO-No. 1090), Geneva. <https://odp.met.hu> Hivatkozva: 2025.12.01.

TÁVÉRZÉKELÉSEL TÁMOGATOTT TALAJTÉRKÉPEZÉS MEGALAPOZÁSA A DUDLESZ-ERDŐ TERÜLETÉN

Remote Sensing–Supported Soil Mapping in the Dudlesz Forest: Methodological Foundations

MÉSZÁROS DIÁNA¹, CZIMBER KORNÉL¹, SZÁSZ BOTOND¹, ILLÉS GÁBOR², HEIL BÁLINT¹

¹Soproni Egyetem, Környezet-, és természetvédelmi intézet

²Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet

meszaros.diana@uni-sopron.hu

Kivonat

A Soproni Dudlesz-erdő mintaterületén kidolgozott módszertan a közvetlen talajszelvényfeltárást integrálja korszerű távérzékelési adatokkal (LiDAR, DDM) és előre vetíti a gépi tanulási eljárások alkalmazását az összeállított termőhelyi adatbázis alapján. A vizsgálati eredmények rávilágítottak az erdőrészekeken belüli jelentős domborzati és talajtani heterogenitásra, egyúttal igazolták, hogy a jelenlegi országos adatbázisok megbízhatósága csekély a valós terepi adottságok leírásához. A projekt központi eleme a talajok diszponibilis vízkészletének laboratóriumi adatokkal kalibrált, helyszíni számszerűsítése, amely alapvető a klímaváltozáshoz való alkalmazkodásban. A javaslatok hangsúlyozzák a távérzékelési adatok operatív bevonását a termőhelyfeltárási gyakorlatának megújításába, a hazai talajfizikai kategóriák nemzetközihez való hangolását, valamint a költséghatékony, kalibrált becslési eljárások alkalmazását az erdőrendezési gyakorlatban.

Abstract

The study examines the need to renew the “Járó table”, which forms the basis of forest planning in Hungary, along a risk-based, water-management-centred and adaptive approach. The methodology developed in the Sopron Dudlesz Forest pilot area integrates direct soil profile investigations with modern remote-sensing data (LiDAR, DEM) and machine-learning techniques. The results highlighted substantial topographic and pedological heterogeneity within forest sub-compartments and confirmed that the reliability of current national databases is low for describing actual field conditions. A central element of the project is the in-situ quantification of soils’ plant-available water reserves, calibrated with laboratory data, which is fundamental for climate-change adaptation. The recommendations emphasise the operational integration of remote-sensing derivatives, the alignment of Hungarian soil-physical categories with international ones, and the use of cost-effective, calibrated estimation procedures in forest planning practice.

Bevezetés

Adott termőhelyeken az erdőtelepítés és a felújítandó állományok kijelölése a hazai erdőgazdálkodás egyik legnagyobb hatású, hosszú távú döntése. A fafajösszetétel és a gazdálkodási feladatok egyszerre hatnak a fatermőképességre, a felújítások sikerére, a kockázatokkal szembeni ellenállóképességre, valamint a közjóléti és természetvédelmi funkciók teljesíthetőségére. E döntések szakmai egységesítését szolgálja a „Termőhelytípus-változatokon alapuló célállományok” táblázat, közismert nevén a Járó-tábla, amely a termőhelytípus-változat leíró elemei alapján ajánl célállományokat (Balogh et al. 2005; Bidló et al. 2003).

A Járó-tábla alapelve ma is érvényes: ugyanaz a fafaj eltérő termőhelyeken más növekedési potenciállal, stabilitással és kockázattal tartható fenn, ezért a célállomány kijelölésének a termőhelyi alkalmasságból kell kiindulnia. A klímaváltozásból eredő kihívások miatt

azonban szükséges a táblát olyan szemléleti és módszertani elemekkel kiegészíteni, amelyek a gyorsan változó klíma- és hidrológiai komponenseket is kezelik, amiben a távérzékelés gyors fejlődése is új lehetőségeket ad (Führer et al. 2011, 2017; Führer 2018; Augustin és Brang 2016).

A megújítás igényét erősíti az erdőrézlet-léptékű heterogenitás: a kitettség, lejtés és domborzati formák mozaikossága a besugárzáson, párolgáson és vízforgalmon keresztül a talajfejlődést, végső soron a fafajválasztást és a várható fatermőképességet is meghatározza. Emiatt a részletek „egy értékkel” való jellemzése gyakran elveszíti a döntési szempontból lényeges információt; a felújítást és a célállományt a részleten belüli termőhelyi foltokhoz is igazítani kell. Jelenleg a közvetlen termőhelyfeltárással meghatározott termőhelytípus-változatok az erdőrézlet szinten rendelkezésre álló adatoknak csak mintegy 12%-át adják, és többnyire egyetlen kategóriával írják le az egész részletet (Wulder et al. 2012; Fassnacht et al. 2024).

Kutatásunk célja egyrészt összefoglalni a Járó-tábla megújításának szükségességét és lehetséges irányait kockázatalapú, vízgazdálkodás-központú és adaptív megközelítésben, kiemelve a heterogenitás szerepét. Másrészt bemutatunk egy módszertani mintaprojektet a Soproni Dudlesz-erdő mintegy 1000 ha-os tömbjében, 200 m × 200 m-es mintahálózatra támaszkodva, amely a közvetlen talajszelvény-vizsgálatot integrálja a terep és a faállomány hagyományos, illetve többféle távérzékelési felmérésével. A fejlesztés központi eleme a talajtípusok, termőrétegük és fizikai féleségük pontos meghatározása, valamint a vízgazdálkodási paraméterek számszerűsítése laborvizsgálatokkal kalibrált helyszíni fizikai mérésekkel, különös tekintettel a diszponibilis víz becslésére. A pontadatokból később gépi tanulásal készül térbeli kiterjesztés megbízhatósági és bizonytalansági becsléssel, és a mintavételi hálózat megfelelésége is értékelhetővé válik (McBratney et al. 2003; Minasny és McBratney 2016; Hengl et al. 2017).

A klímaadaptív termőhelyértékelés kulcsa a vízgazdálkodási alkalmasság számszerűsítése. Ehhez a projektben olyan helyszíni és laboratóriumi fizikai vizsgálatok is szerepelnek, amelyek a víztartóképesség szempontjából informatívak, és a jövőben a termőhelyfeltárás operatív részévé tehetőek. A helyszíni becslések szakmai védhetőségéhez elengedhetetlen a laboreredményekhez viszonyított, megbízható kalibráció: csak így ismert, milyen feltételek mellett és milyen hibahatárral alkalmazható, ami a költséghatékony, mégis megbízható termőhelyértékelés záloga (Csáki et al. 2018).

Anyag és módszer

A módszertani fejlesztés mintaprojektjének helyszíne a Soproni Dudlesz-erdő mintegy 1000 ha-os tömbje. A projekt egyik alapvetése, hogy a termőhelyfeltárásnak olyan mintavételi rendszerre kell épülnie, amely térbeli kiterjesztésre és módszertani értékelésre alkalmas. Ennek megfelelően a vizsgálati területen első megközelítésben 200 m × 200 m rácsháló szerinti mintapontok kerültek kijelölésre. A mintapontokat GPS segítségével fölkerestük, majd karóval állandósítottuk. Ez szolgált a faállományok felvételi középpontjának is egyben.

A terepen állandósított pontok közvetlen közelében történt a talajszelvények nyitása. A talajszelvények paramétereit, a talajszelvény helyszíni leírását és a mintavételezést a 36/2010. (IV.13.) az Erdészeti termőhelyfeltárás részletes szabályairól szóló FVM rendelet szerint végeztük el (FVM 2010).

A helyszíni leírást követően, a talajtípusok előfordulásának arányában, véletlenszerűen kiválasztott 19 talajszelvény részletes laboratóriumi vizsgálatát végeztük el. Az erdészeti gyakorlatban alkalmazott alapvizsgálatokon túlmenően sor került egy - az Attenberg-szerinti szemcsefrakciók meghatározásánál részletesebb – 7 méretfrakciót elkülönítő mechanikai

összetétel vizsgálatra, amely megfelelő a Rajkai-féle pF-beclső függvényekben történő alkalmazáshoz is.

A fizikai talajféleségek besorolása a mechanikai összetétel alapján meghatározott szemcsefrakciókból levezetett FAO módszer szerint történt. Így 12 talajfizikai féleség kategóriával dolgoztunk, amely magába foglalta azon kategóriákat is, amelyek a hazai termőhelyfeltárásról szóló rendeletben nem szerepelnek, de a nemzetközi szakirodalom ezeket a kategóriákat alkalmazza. Valamennyi talajvizsgálatot a MSZ előírásai szerint végeztük (IUSS WORKING GROUP WRB 2022; FAO 2006; SOIL SURVEY STAFF 2022).

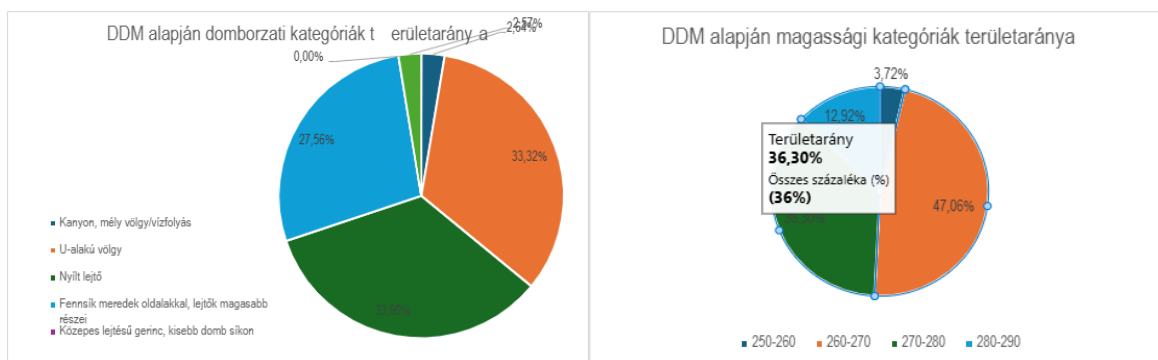
A vett talajmintákból elkészült a FAO Finger-teszt alapján a talajok fizikai féleségének a besorolása és azok diszponibilis víztartalmának a meghatározása (ARBEITSKREIS 1996).

A domborzatmodell LiDAR légi lézerszkennelt adatokból történő levezetéssel állt elő. A talajtípus térképek ArcGIS, illetve QGIS térinformatikai szoftverrel készültek (NAESSET 2002; WULDER et al 2012).

Eredmények

Domborzati és LiDAR-adatok integrálása

A mintaprojektben a terep és a faállomány LiDAR felmérése, valamint a digitális domborzatmodell (DDM) deriváltjai (tszfm, lejtés, kitettség) egyaránt felhasználásra kerülnek. A módszertani cél az, hogy az erdőrészt-leptékkü heterogenitás ne csak „környezetleírás” legyen, hanem számszerűen és térben kezelhető magyarázó változók rendszere. A LiDAR-adatokból nyerhető állományparaméterek (például magassági és átmérő adatok) pedig lehetővé teszik, hogy a termőhelyi adottságokat a faállományok fatermőképességével is összekapcsoljuk. Az erdőrészt szintű domborzati adatok feldolgozására példaként a Sopron 15/A erdőrészt 8,37 ha-os területének domborzati adatait mutatjuk be az 1. és 2. ábrán. Az erdőrészt leíró lapján szereplő „változó” tengerszint feletti magasság, domborzat, fekvés és lejtés a terepmodellek alapján részletesen, százalékos arányban adja meg a valós adatokat. A tengerszint feletti magasság különbsége az erdőrészeten belül 50 m, a domborzati formák között 33 % U-alakú völgyet, 34 % nyílt domboldalt, fennsík meredek oldallal 28 %-ot tesz ki. A kitettség kapcsán a délkeleti és északnyugati szárazabb termőhely foltok a terület ötödét teszik ki, négyötöde kedvezőbb irányba módosult klimatikus feltételek közé kerül. A meredekebb lejtésviszonyok területi kiterjedése igazodik a fennsíkok meredekebb oldalához.



1. ábra: Sopron 15/A erdőrészt fekvése és lejtés viszonyai.



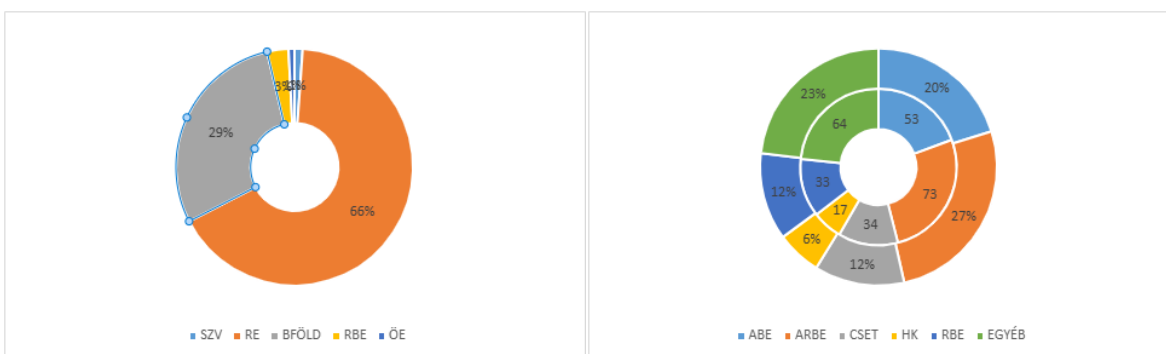
2. ábra: Sopron 15/A erdőrészlet fekvése és lejtés viszonyai.

Terepi talajszelvény-vizsgálatok

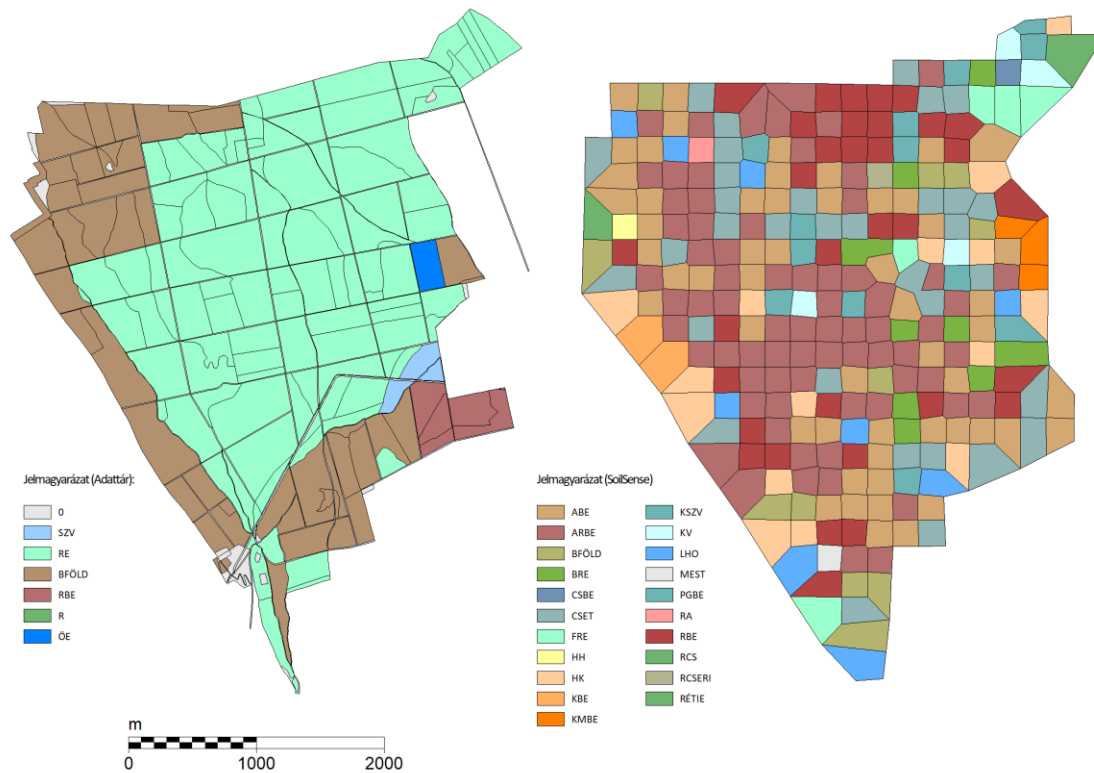
A mintapontokon végzett talajszelvény-nyitás, helyszíni leírás és mintavétel lehetővé teszi egy adott hálózatra épülő feltárási alapadatok előállítását. A talajtípusok és tulajdonságaik alapvetően meghatározzák a faállomány összetételét és növekedését, ezért pontos azonosításuk a termőhelyjellemzésben kiemelt jelentőségű.

A mintaterületen rendelkezésre álltak a leíró lapokon rögzített termőhelyi adatok: ezek szerint a Dudlesz-erdőben kocsánytalan tölgyes, illetve cseres klíma uralkodik, és a SiteViewer 3.1 alapján a 2041–2070 közötti időszakra (4,5-ös scenárió) is hasonló klíma várható (FÜHRER 2018). Országos szinten a kocsánytalan tölgyes klíma 28,6%-ot, azaz 555 658 ha-t fed le; a Dudlesz-erdő hidrológiai besorolása 100%-ban többletvízhatástól független, így a mintaterületi eredmények elvileg ekkora kiterjedésre is értelmezhetők.

A nyilvántartási adatok szerint a Dudlesz-erdőben a rendzina talajtípus 66,5%-kal domináns, szemben az országos 5,0%-kal, míg a barnaföld aránya 28,7% (országosan 13,6%). A részletes termőhelyfeltárás azonban jelentős eltérést mutat az adattári adatokhoz képest: a leíró lapok szerint nincs agyagbemosódásos barna erdőtalaj és nincs agyagbemosódásos rozsdabarna erdőtalaj, holott a terepi vizsgálatok alapján ezek a talajok a terület mintegy 47%-át adják, és fatermőképességük meghatározó (3–4. ábra) (IUSS Working Group WRB 2022; Michéli et al. 2024).



3. ábra: A Dudlesz-erdő talajtípusainak százalékos megoszlása (bal oldalon az ÁESZ adatbázisa alapján, jobb oldalon a SoilSense projekt eredménye alapján közvetlen termőhelyfeltárással – belső gyűrű a talajtípusok száma a feltárás alapján, külső gyűrű a talajtípusok százalékos aránya a feltárás alapján; az 5%-os területarányt el nem érő talajtípusokat az Egyéb kategóriában összegeztük)

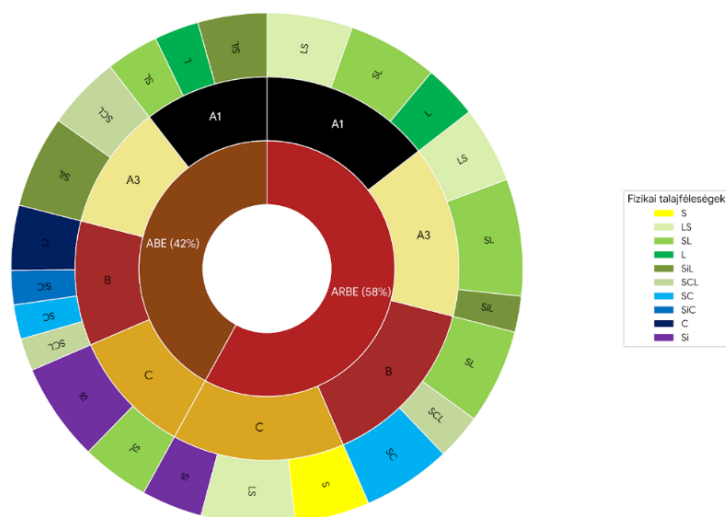


4. ábra: Dudlesz-erdő talajtípusainak ábrázolása (bal oldalon az AESZ adatbázisa alapján, jobb oldalon a SoilSense projekt eredménye alapján közvetlen termőhelyfeltárással)

Helyszíni fizikai vizsgálatok és laboratóriumi kalibráció

A talajtípusok pontos meghatározása nem csak a nevezéktan miatt szükséges, hanem azért is, mert az egyes talajtípusokhoz társítható talajparaméterek eltérőek. Ilyen pl. az eltérő fizikai talajféleség, amelynek következménye az eltérő vízháztartási jellemzők, amelyek végső soron az állományok fatermőképességére hatnak ki, ill. szélsőséges esetben a vitalitásukat is befolyásolhatják.

A 5. ábrán látható kördiagrammban a területen található agyagbemosódásos barna erdőtalaj ill. az agyagbemosódásos rozsdabarna erdőtalajok jellemző fizikai talajféleségeit tüntettük föl oly módon, hogy az egyes szintekben előforduló fizikai talajféleségek gyakoriságát ábrázoltuk a külső gyűrűben. A körszelet szélessége az adott fizikai féleség gyakoriságával arányos. Jól látható, hogy a C-szintre jellemzően az agyagbemosódásos barna erdőtalajok esetén a homokos vályog és nagyobb arányban az iszap vagy porfrakció a talajképző kőzet, míg az agyagbemosódásos rozsdabarna erdőtalaj esetén a homok, vályogos homok a döntő. Ennek kihatása van az A-, és B-szintek kialakult fizikai féleségére és vízgazdálkodási paramétereire (FAO 2006; THIN 1979).



5. ábra: Dudlesz-erdő két agyagbemosódásos barna erdőtalajainak ill. agyagbemosódásos rozsdabarna erdőtalajainak szintenkénti jellemző fizikai félesége (S-homok, LS-vályogos homok, SL-homokos vályog, L-vályog, SiL-iszapos vályog, SCL-homokos agyagos vályog, SC-homokos agyag, SiC-iszapos agyag, C-agyag, Si-iszap)

A projekt egyik kiemelt célja a diszponibilis víz (DV) becslése, vagyis a növények számára felvehető vízkészlet mennyiségi meghatározása a gyökérszónában. Ennek ismertetében tovább tervezhető a vízgazdálkodással összefüggő paraméterek nagysága, amihez ismernünk kell majd a vízfelhasználási oldal meghatározó tényezőit is (csapadék mennyisége, intercepció- és evapotranszpirációs veszteségek stb.) (FAO 2006; SOIL SURVEY STAFF 2022).

A laborvizsgálatok alapján meghatározott mechanikai összetételből levezetett diszponibilis víztartalom adatokat a véletlenszerűen kiválasztott 9 talajszelvény adatai alapján, az agyagbemosódásos barna erdőtalaj és az agyagbemosódásos rozsdabarna erdőtalaj vonatkozásában meghatározva a következőket állapítottuk meg: a 200 cm mélységre vetítve az agyagbemosódásos barna erdőtalajok átlagos víztartó képessége 280 mm, az agyagbemosódásos rozsdabarna erdőtalaj esetén pedig 184 mm. Az agyagbemosódásos barna erdőtalaj hasznosítható víztartalmához képest tehát jelentősen, 34 %-kal kisebb hasznosítható víztartalommal rendelkeznek az agyagbemosódásos rozsdabarna erdőtalajok. A 1. táblázatban a két talajtípus egy-egy jellemző fizikai féleségét ill. azok diszponibilis víztartalmát tüntettük föl.

1. Táblázat: Dudlesz-erdő két jellemző talajtípusának fizikai félesége és hasznosítható vízkészlete genetikai szintenként

12. szelvény – ABE (agyagbemosódásos barna erdőtalaj)					137. szelvény – ARBE (agyagbemosódásos rozsdabarna erdőtalaj)				
DV összesen (mm)	Diszponibilis víz (mm)	Fizikai talajféleség	Mélység (cm)	Szint jele	Szint jele	Mélység (cm)	Fizikai talajféleség	Diszponibilis víz (mm)	DV összesen (mm)
	4	HV	0-3	A ₁	A ₁	0-10	H	9	
	16	HAV	3-15	A ₃	A ₃	10-40	VH	38	
	20	HAV	15-30	AB	B	40-60	HAV	27	
	51	HAV	30-70	B					
	30	V	70-90	BC	BC	60-80	H	17	
289	167	V	90-200	C	C	80-200	H	104	195

Következtetések

A domborzatmodellből levezethető topográfiai adatok már egy-egy erdőrészeleten belül is pontos adatokkal szolgálnak a domborzati adottságokról. Főként azokban az erdőrészeletekben van ennek kiemelt jelentősége, ahol a domborzatra a „változó” megnevezés a jellemző, hiszen ezekben a klímát módosító domborzati hatás lényegesen nagyobb. A domborzati formák erdőrészeletszintű pontos megadása a domborzat modellek segítségével már pontosítható, adattári rögzítésének módja kidolgozható (WULDER et al 2012; NAESSET 2002).

Az egyes talajtípusokra jellemző fizikai féleségek pontosabb meghatározása az egyes termőhelyek vízgazdálkodási paramétereinek becslését segítik elő (TÓTH et al. 2006, MICHÉLI et al. 2024). Célszerű a hazai termőhelyosztályozási rendszerben alkalmazott fizikai talajféleség kategóriákat a nemzetközileg alkalmazott kategóriákhoz hangolni, aminek eredményeként a hasznosítható vízkészlet becslése is pontosabbá válik (THIN 1979).

A helyszíni vizsgálatokkal ill. az egyszerűsített, laboratóriumi méréseket nem igénylő becslési módszerekkel meghatározott fizikai talajféleségeket kalibrálhatjuk laborvizsgálati mérésekkel. Ennek eredményeképpen egy költséghatékony vizsgálati módszer adaptálható a hazai termőhelyfeltárási vizsgálatok sorába, és nem lesz szükség magas költségű talajlaboratóriumi vizsgálatokat elvégezni minden közvetlen feltárás esetén.

Az erdőrészeletek vonatkozásában meghatározott pontosabb vízgazdálkodási paraméterek összefüggésbe hozhatók az állományfelvételi adatokkal, ennek eredményeként kidolgozhatók az egyes termőhelytípusok módosított Járó-táblabeli összefüggéseinek megadása. Ezzel összefüggésben a távérzékelés bevonása – különösen a DDM-deriváltak és a LiDAR-alapú állományparaméterek – lehetőséget ad arra, hogy a termőhelyi információ és az állományteljesítmény közötti kapcsolat empirikusan, nagy területen, egységes módszerrel vizsgálható legyen. Ez a megújítás szakmai megalapozottságát erősíti, mert a célállomány-ajánlások korszerűsítése így mérhető összefüggésekre is támaszkodhat. A mintaprojekt szerepe ebben döntő: a terepi szelvénydiagnózis, a labor-helyszíni kalibráció, a távérzékelési magyarázó változók integrációja és a gépi tanulás alapú kiterjesztés csak együtt képes olyan módszertani minőséget adni, amely a korszerű termőhelytérképezés fogalmát gyakorlati tartalommal tölti meg. Külön érték, hogy a bizonytalansági becslés révén a módszer a levezetett eredmények vonatkozásában azt is megmutatja, hogy az adott pontban milyen pontosságú, valamint hol kell több adat a megbízhatóság növeléséhez – ez a termőhelyfeltárársban új, adaptív minőségbiztosítást jelent (RAHIMZADEN-BAJGIRAN et al 2020; MCBRATNEY et al 2003; HENGL et al 2017).

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Agrárminisztérium által támogatott a EGF-365/2023, EGF-233/2024, EGF-386/2026 'SoilSense' azonosítójú projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- 36/2010. (IV. 13.): FVM rendelet az erdőszeti termőhelyfeltárárs részletes szabályairól
- ARBEITSKREIS STANDORSKARTIERUNG IN DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1996): Forstliche Standortsaufnahme: Begriffe, Definitonen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. 5. Auflage, IHW Verlag, Eching bei München.
- AUGUSTIN S. - BRANG P. (2016) Wald im Klimawandel, Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien. 137-155.
- BALOGH L. – KOVÁCS G. – TÍMÁR G. (2005): Az egyes termőhelytípus-változatokon alkalmazható célállományok. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest
- BIDLÓ A. - KOVÁCS G. - HEIL B. (2003): A magyarországi erdőszeti termőhely-osztályozás és ennek problémái in: Gaál Z. (szerk): Földminősítés és földhasználati információ a mezőgazdaság versenyképességének javításáért, Veszprémi Egyetem, Keszthely pp. 115-124.

- 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.
- FASSNACHT F. E. - WHITE M. A. - WULDER M. A. - NAESSET E. (2024) Remote Sensing in forestry: current challenges, considerations and directions. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 97(1), 11-37.
- FAO (2006): Guidelines for Soil Description. 4th Edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FÜHRER E. – HORVÁTH L. – JAGODICS A. – MACHON A. – SZABADOS I. (2011): Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás/Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* 115: 3 pp. 205-216., 12 p.
- FÜHRER E. (2018): A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. *Erdészettudományi Közlemények*. 8. évf. 1. sz. 27-42. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron
- FÜHRER E. - GÁLOS B. - RASZTOVITS E. - JAGODICS A. - MÁTYÁS CS. (2017): Erdészeti klímaosztályok területének várható változása. *Erdészeti Lapok* 152(6). 174-177. OEE, Budapest
- IUSS WORKING GROUP WRB (2022): World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for maps. 4th Edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.
- HENGL T. - MENDES DE JESUS J. - HEUVELINK G. - GONZALEZ R. M. - KILIBARDA M. - BLAGOTIC A. - SHANGGUAN W. - WRIGHT M. N. - GENG X. - BAUER-MARSCHALLINGER B. - GUEVARA M. A. - VARGAS R. - MACMILLAN R. A. - BATJES N. H. - LEENAARS J. G. B. - RIBERIO E. - WHEELER I. - MANTEL S. - KEMPEN B. (2017): Soil Grids 250 m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLOS ONE*. 12. 2.
- MCBRATNEY A. - MENDONCA SANTOS M. - MINASNY B. (2003): On digital soil mapping. *Geoderma* 117. kötet, 1–2. szám, 3–52. oldal.
- MGSZH KÖZPONT, ERDÉSZETI IGAZGATÓSÁG (2010): Erdőrendezési útmutató - Termőhely felvétel kódjegyzéke és mellékletei kivonat (T-lap), 5. változat
- MICHÉLI E. - FUCHS M. - LÁNG V. - CSORBA Á. - DOBOS E. - SZEGI T. - TAMÁS A. (2024): A diagnosztikus szemléletű hazai talajosztályozási rendszer. Útmutató. Második közelítés. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő
- MINASNY B. - MCBRATNEY A. (2016): Digital soil mapping: A brief history and some lessons. *Geoderma*. 264. p. 301-311.
- NAESSET E. (2002): Predicting forest stand characteristics with airborne scanning laser. *Remote Sensing of Environment*. 80. 1. p. 88-99.
- RAHIMZADEN-BAJGIRAN P. - WEISKITTEL A. - HENNIGER C. - LAMB S. (2020) Forest Potential Productivity Mapping by Linking Remote-Sensing-Derived Metrics to Site Variables. *Remote Sens.* 12(12), 2056.
- SOIL SURVEY STAFF. (2022) Keys to Soil Taxonomy, 13th edition. USDA Natural Resources Conservation Service.
- TÓTH T. - NÉMETH T. - BIDLÓ A. - DÉR F. - FEKETE M. - FÁBIÁN T. - HEIL B. - HORVÁTH E. - KOVÁCS G. - MÁTÉ F. - MÉSZÁROS K. - PATOCSKAI Z. - SZÜCS I. - TÓTH G. - VÁRALLYAY GY. - VASS J. - VINOGRADOY SZ. (2006) The Optimal Strategy to Improve Food Chain Element Cycles-Development of An Internet Based Soil Bonitation System Powered by Gis of 1:10000 Soil Type Maps, *ereal Research Communications* 34 (1) pp. 841-844.
- THIN STEVE J. (1979): A flow diagram for teaching texture-by-feel analysis. *Journal of Agronomic Education*, Volume8, Issue1, p. 54-55
- USDA SOIL SCIENCE DIVISION STAFF. (2017) Soil Survey Manual, 4th edition. Government Printing Office, Washington D. C.
- WHITE J. C. - COOPS N. C. - WULDER M. A. - VASTARANTA M. - HILKER T. - TOMPALSKI P. (2016) Remote Sensing Technologies for Enhancing Forest Inventories: A Review. *Canadian Journal of Remote Sensing*
- WULDER M. - WHITE J. C. - NELSON R. F. - NAESSET E. - ORKA H. O. - COOPS N. C. - HILKER T. - BATER C. W. - GOBAKKEN T. (2012): Lidar Sampling for Large-Area Forest Characterization: A Review. *Remote Sensing of Environment*. 121, 196-209.

ZOONOSES AT THE DOORSTEP: WHAT DO URBAN PREDATORS CARRY?

Ragadozó emlősfajok a városban: zoonózisok a küszöbön

NAGY ESZTER¹, MAYER ERIK¹, NÉMETH BÓDOG PÉTER¹, VACHAJA HANNA¹,
SEBŐK EVELIN¹, CSIVINCSIK ÁGNES², NAGY GÁBOR²

¹University of Sopron, Institute of Wildlife Biology and Management

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, One Health Research Group
nagy.eszter@uni-sopron.hu

Abstract

Wildlife can transmit zoonotic diseases with significant economic impact. Over 75% of human pathogens—including viruses, bacteria, fungi, protozoa, and parasites—are zoonotic. Urbanisation, animal migration, and tourism strongly influence how these diseases emerge, re-emerge, and spread. A key issue is that people often underestimate how human–animal interactions transmit pathogens and parasites. Wild animals enter urban areas due to habitat fragmentation, increasing the risk of zoonoses. Our research aims to assess the presence of helminth species shed by predators in anthropogenic environments—specifically in the Botanical Garden of the University of Sopron and the Erzsébet Garden—to understand better the implications for public health and urban ecosystem management. We surveyed areas frequently used by people (paths, trails, surroundings of buildings, etc.) each month. We then examined faeces samples from foxes, dogs, and mustelids in the lab for larvae and eggs. This revealed the helminth fauna of predators in these human-impacted environments.

Kivonat

A vadfajok terjesztette betegségek lehetnek zoonotikusak, valamint gazdasági jelentőségűek. Az emberi kórokozók több, mint 75 %-a zoonózis (vírus, baktérium, gomba, protozoa, makroparazita stb.). A zoonózisok megjelenését, újra megjelenését és terjedését. leggyakrabban az urbanizáció, az állatok migrációja és a turizmus befolyásolja. A betegségek terjedésében az egyik legnagyobb probléma, hogy az emberek alábecsülik az ember–állat kölcsönhatást a kórokozók és paraziták átvitelében. A vadon élő állatok az sokszor az élőhely-fragmentálódás miatt jelennek meg a városokban, ezáltal számos zoonotikus kórokozó megjelenéséért is felelősek a településeken. Kutatásunk célja volt, hogy felmérjük a ragadozók által ürített féregfajok jelenlétét antropogén környezetben. Ezt a Soproni Egyetem Élő Növénygyűjteményben, illetve Erzsébet-kertben vizsgáltuk. Ennek során a területeken az emberek által használt helyeket (utak, ösvények, épületek környéke stb.) havonta átvizsgáltuk. A talált hullatékokat (róka, kutya, menyétfélék) lárvaizolálással és felszindúsítási módszerekkel értékeltük. Eredményeink rávilágítottak az antropogén környezetben előforduló ragadozó féregfaunájára.

Introduction

Interactions between humans and wildlife constitute a fundamental, ever-evolving element of our existence. These interactions range from positive experiences to severe conflicts, with intensity ranging from rare encounters to daily contact. At the core of human-wildlife conflicts lies the competition for resources and habitat, which has reached a global scale due to population growth, increasing land-use demands, and the effects of climate change. While such conflicts have been present since the beginning, the process of domestication and the expansion of agriculture have significantly intensified them, particularly in areas where the livelihoods of rural populations depend directly on animal husbandry and crop cultivation (Distefano, 2005; White – Ward, 2010; Nyhus, 2016; Torres et al., 2018).

Based on the nature of the conflicts, two main categories can be distinguished: indirect and direct. Indirect impacts include economic and social damage that is more difficult to quantify, such as the opportunity costs for farmers, declines in well-being, deterioration of food security, and significant material damage to livestock, crops, and equipment. In contrast, direct impacts encompass events threatening human physical integrity, such as attacks by predators (e.g., bears, tigers, sharks), bites, scratches, as well as injuries and fatalities resulting from wildlife-vehicle collisions. The direct transmission of zoonoses and parasites is also classified within this category. (Nyhus, 2016; Torres et al., 2018).

Diseases transmitted by wild animals represent a public health risk and a serious economic threat (Soulsbury – White, 2015; Jordt et al., 2016). More than 75% of human pathogens are zoonotic. Their emergence and dispersal are facilitated by urbanisation, wildlife migration, and global tourism alike. The greatest challenge is that society often underestimates the risks of wildlife contact in terms of pathogen transmission. (Rahman et al., 2020; Mackenstedt et al., 2015; Hegglin et al., 2015).

In inhabited areas, the density of wildlife—particularly foxes—has increased significantly due to the absence of natural predators, rabies vaccination programs, and anthropogenic feeding. This phenomenon entails the emergence of parasites that pose a threat to both humans and companion animals, such as *Echinococcus multilocularis*, the pathogen responsible for alveolar echinococcosis. (Hegglin et al., 2015).

Material and Methods

Sample collection was accomplished from September 2025 to November 2025 within the Botanical Garden of the University of Sopron (covering 10.3 ha) and the Erzsébet Garden (covering 4.8 ha). During this period, areas frequently used by people (such as roads, paths, and the vicinity of buildings) were surveyed monthly. Collected samples were bagged and labelled with unique identification codes. The precise locations were recorded using coordinates, and the resulting data were entered into an Excel database. Subsequently, the samples were stored in a refrigerator until laboratory processing.

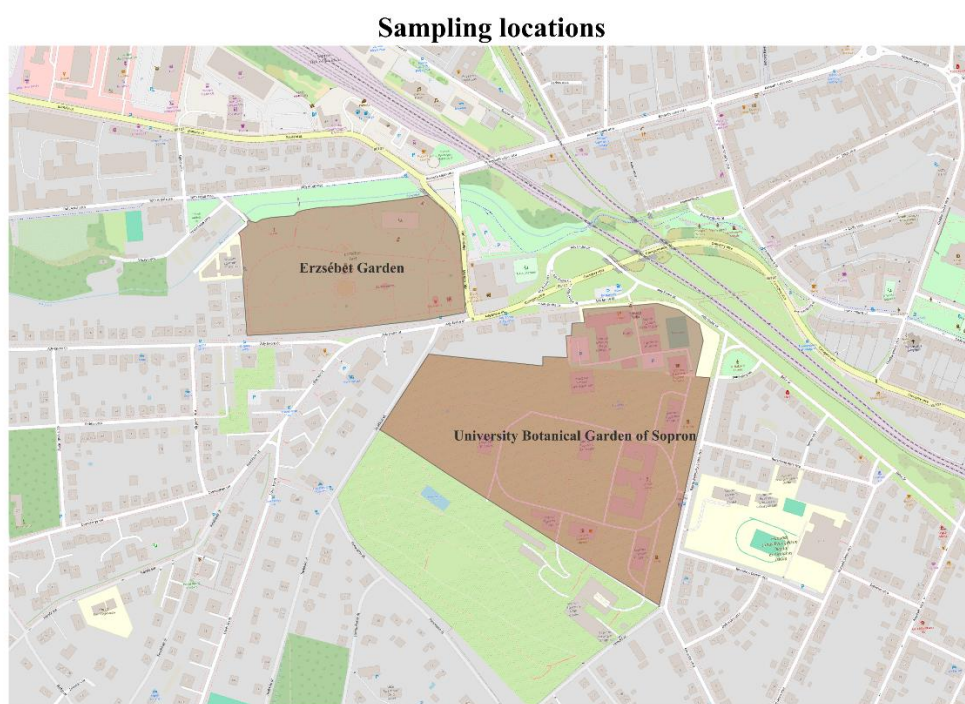


Figure 1: Sampling locations. Source: QGIS, 2026.

Sample processing was carried out at the Institute of Wildlife Biology and Management at the University of Sopron. Two distinct methods were applied. In the first method, 3 grams of faecal sample were weighed and soaked for 2–3 hours in a sedimentation vessel with a narrowed base. Subsequently, 200 µl of fluid was pipetted onto a specialised microscope slide. The samples were examined under a microscope to detect helminth larvae.

In the second method, the pre-weighed 3-gram samples were placed in a sieve and homogenised with 42 ml of water. Following filtration of the suspension, 15 ml volumes were transferred to centrifuge tubes and centrifuged (~3 minutes at 1200 rpm). The supernatant was discarded in a single, swift motion, after which the tubes were refilled with surface enhancer (MgSO₄) and centrifuged again. The tubes were then carefully topped up until a convex meniscus formed, and a coverslip was placed on top. After several minutes, the coverslip was transferred to a microscope slide, and the presence of eggs was examined under a microscope. All findings were recorded in the Excel database.

From the results, prevalence, mean intensity, median intensity, and abundance were determined using the QPweb software (URL1).

Results

A total of 34 faecal samples were collected from three host species. The host species included the red fox (*Vulpes vulpes*), mustelids (Mustelidae), and the domestic dog (*Canis familiaris*). Parasite species were successfully detected in only 11 samples. During sedimentation, *Angiostrongylus* larvae were found in only one sample; therefore, no further statistical analysis was performed.

Through the flotation method, parasite eggs were identified in 10 samples. This represents a prevalence of 29.4%, as shown in Table 1. The egg count intensity was low.

Table 1: Prevalence, mean intensity, median intensity, and abundance of the helminths

	Prevalence	Mean intensity	Median intensity	Abundance
From sample	29.4 %	10.5	2.5	3.09
Lower CL - Upper CL	15.6 % – 47.0 %	3.1 – 29.1	1 – 27	0.735 – 9.44

During the flotation process, the following helminth taxa were identified from the samples: *Capillaria*, *Strongylida*, *Toxocara*, *Ancylostomatidae* (hookworms), and *Trichuris* (whipworms). Their distribution according to host species is illustrated in Figure 2.

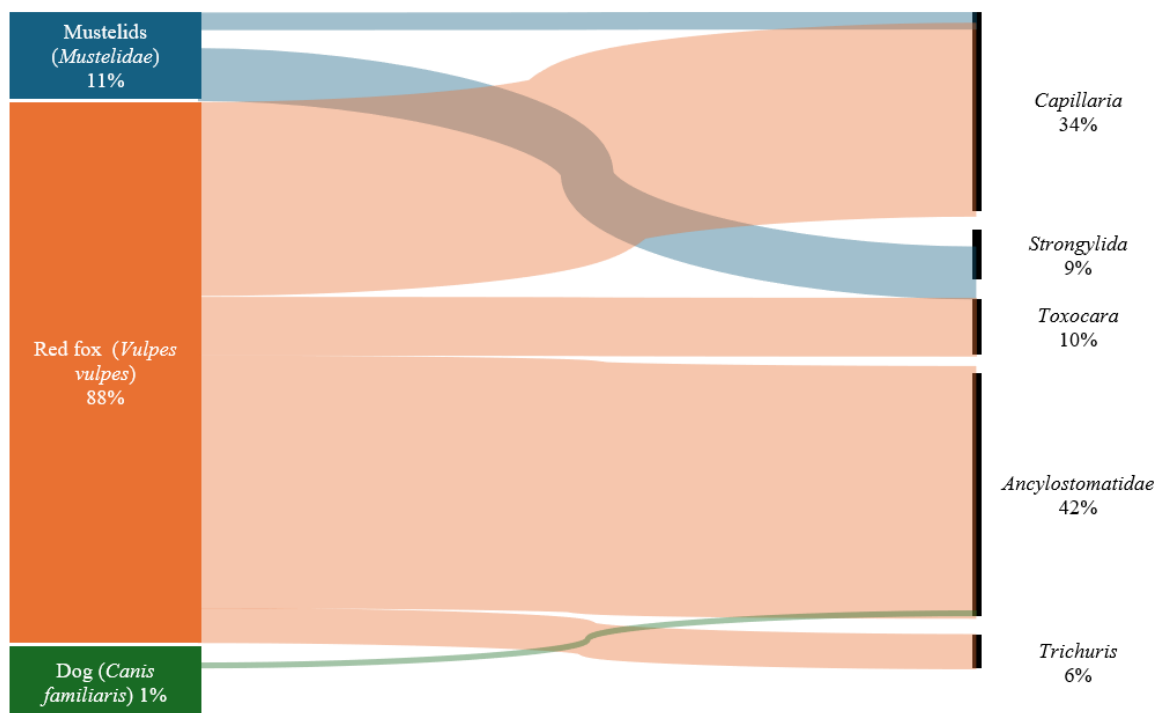


Figure 2: Distribution of helminth taxa by host species

As observed, the most diverse helminth fauna and the highest number of infected hosts were identified in the red fox samples. In the samples originating from dogs, only one infected individual was found, which also exhibited a very low faecal egg count (1 egg/g).

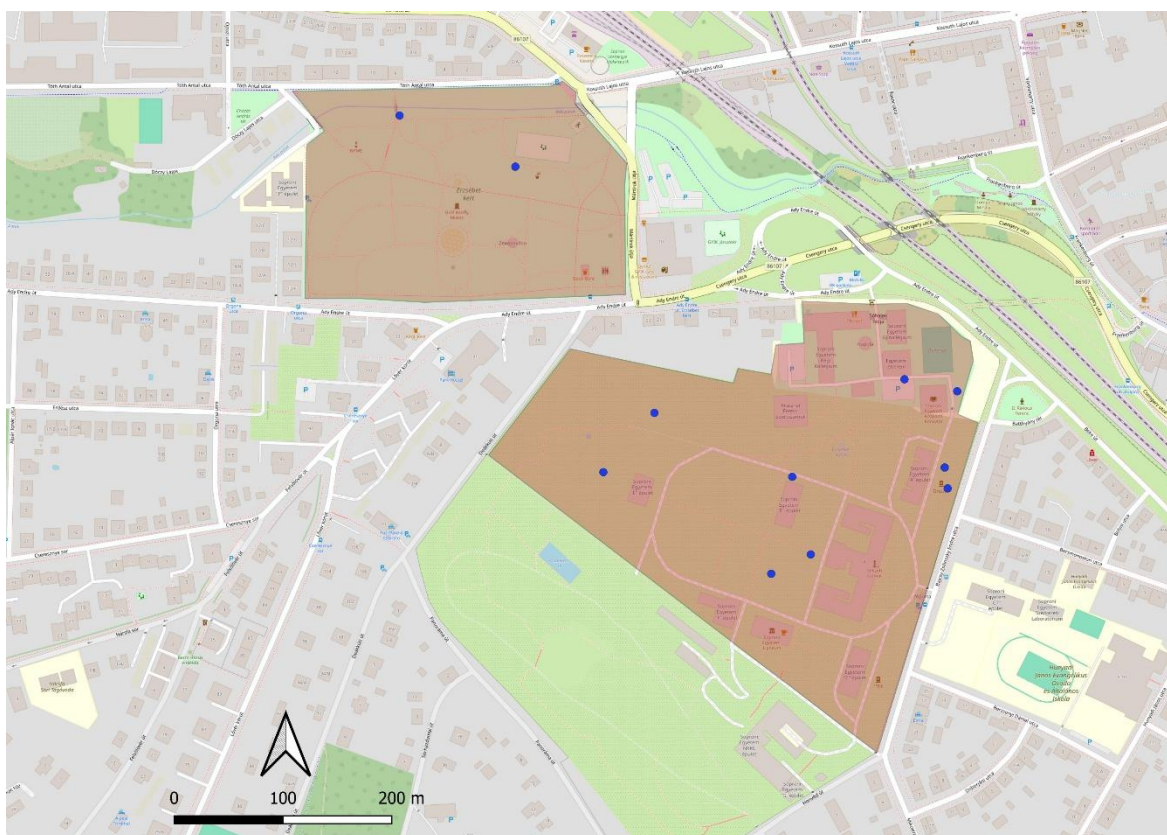


Figure 3: Map illustrating the location of positive samples

Figure 3 illustrates the locations of the positive samples. Two samples originated from the Erzsébet Garden, while nine were collected within the Botanical Garden of the University of Sopron. Six of these samples were obtained from high-traffic areas.

Conclusion

The higher mean intensity and more diverse helminth fauna observed in red fox samples may be attributed to their predatory lifestyle, which leads to the accumulation of pathogens. Furthermore, their preference for anthropogenic food sources also contributes to the acquisition of pathogens.

The low prevalence of infection in dogs likely results from regular anthelmintic treatments.

The frequent occurrence of Ancylostomatidae species may be attributed to their widespread distribution among various domestic and wild animals. Furthermore, due to urbanisation, climate change, and soil degradation, numerous emerging species are appearing in animal hosts (Daba et al., 2021). *Capillaria* species were also prevalent, which can be explained by their thick-shelled eggs. These eggs are highly resilient to environmental stressors. Additionally, earthworms, acting as intermediate hosts, play a significant role in their transmission. Both study areas provide suitable conditions for the presence of these intermediate hosts (Traversa et al. 2011).

More than half of the infected samples originated from areas frequently utilised by the public. These included main pathways, parking lots, and playgrounds. It is worth noting that both study areas are popular destinations for families with young children. Furthermore, these locations regularly host child-friendly programs and summer camps (URL2; URL3).

In conclusion, urbanised predator species play a significant role in the maintenance and transmission of zoonotic parasitoses. However, the current sample size is insufficient to draw far-reaching conclusions. Therefore, the sampling process will be continued for a full calendar year.

Acknowledgments

Project No. 2025-2.1.1-EKÖP-2025-00002 has been implemented with the support provided by the Ministry of Culture and Innovation of Hungary from the National Research, Development and Innovation Fund, financed under the EKÖP-25-3-II Funding Scheme.

References

- DABA M. – NARAMO M. – HAILE G. (2021): Current Status of Ancylostoma Species in Domestic and Wild Animals and Their Zoonotic Implication: Review. *Animal and Veterinary Sciences*. 9(4): 107-114. DOI: 10.11648/j.avs.20210904.14
- DISTEFANO E. (2005): Human-Wildlife Conflict worldwide: collection of case studies, analysis of management strategies and good practices. *FAO, SARD Initiative Report*.
- HEGGLIN D. – BONTADINA F. – DEPLAZES P. (2015): Human-wildlife interactions and zoonotic transmission of Echinococcus multilocularis. *Trends Parasitol*. 31(5):167-73. DOI: 10.1016/j.pt.2014.12.004
- JORDT A. M. – LANGE M. – KRAMER-SCHADT S. – NIELSEN L. H. – NIELSEN S. S. – THULKE H.-H. – ALBAN, L. (2016): Spatio-temporal modelling of the invasive potential of wild boar—a conflict-prone species—using multi-source citizen science data. *Preventive Veterinary Medicine*. 124, 34–44, DOI:10.1016/j.prevetmed.2015.12.017
- MACKENSTEDT U. – JENKINS D. – ROMIG T. (2015): The role of wildlife in the transmission of parasitic zoonoses in peri-urban and urban areas. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*. 4(1), 71–79, DOI:10.1016/j.ijppaw.2015.01.006
- NYHUS P. J. (2016): Human–Wildlife Conflict and Coexistence. *Annual Review of Environment and Resources*. 41:143–71. DOI: 10.1146/annurev-environ-110615-085634

- RAHMAN M. T. – SOBUR M. A. – ISLAM M. S. – IEVY S. – HOSSAIN M. J. – EL ZOWALATY M. E. – RAHMAN T. – ASHOUR H. M. (2020): Zoonotic Diseases: Etiology, Impact, and Control. *Microorganisms*. 8(9), 1405, DOI:10.3390/microorganisms8091405
- SOULSBURY C. D. – WHITE P. C. L. (2015): Human–wildlife interactions in urban areas: a review of conflicts, benefits and opportunities. *Wildlife Research*. 42(7), 541, DOI:10.1071/wr14229
- TORRES D. F. – OLIVEIRA E. S. – ALVES R. R. N. (2018): Chapter 22 - Understanding Human–Wildlife Conflicts and Their Implications. *Ethnozoology* 2018. Pgs. 421-445. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809913-1.00022-3>
- TRAVESA D. – DI CESARE A. – LIA R. P. – CASTAGNA G. – MELONI S. – HEINE J. – STRUBE K. – MILILLO P. – OTRANTO D. – MECKES O. – SCHAPER, R. (2011): New insights into morphological and biological features of *Capillaria aerophila* (Trichocephalida, Trichuridae). *Parasitology Research*. 109(Suppl 1), 97-104. DOI: 10.1007/s00436-011-2406-4
- WHITE P. C. L. – WARD A. I. (2010): Interdisciplinary approaches for the management of existing and emerging human–wildlife conflicts. *Wildlife Research*. 37, 623–629. DOI: 10.1071/WR10191
- URL₁: Quantitative Parasitology (QPweb)
<https://www2.univet.hu/qpweb/qp10/index.php> (2026. 01. 08.)
- URL₂: Tanulás élményekkel - BOTANIKA nyári gyermektábor a Soproni Egyetemen
<https://n9.cl/qvs3vd> (2026. 01. 08.)
- URL₃: Sopron legtündéribb fesztiválja – idén is tündérek és manók vették birtokba az Erzsébet-keretet, <https://www.sopronmedia.hu/cikkek/sopron-legtunderibb-fesztivalja-iden-is-tunderek-es-manok-vettek-birtokba-az-erzsebet-keretet> (2026. 01. 08.)

FENNTARTHATÓ ERDŐGAZDÁLKODÁS ÉS VÁLLALATI GYAKORLATOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA A GLOBÁLIS BÚTORIPARBAN

Comparison of Sustainable Forest Management and Corporate Practices
in the Global Furniture Industry

NAGY VIVIEN¹, BODORKÓS DÁNIEL²

¹ Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar,
Cziráki József Faanyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola

² Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Kreatívipari Intézet
e-mail: nagyvivien@phd.uni-sopron.hu

Kivonat

A 21. században a bútorigarban egyre meghatározóbbá válik a fenntarthatósági szempontok integrálása, melyre a gyártói oldal mellett a fogyasztói preferenciák is jelentős hatást gyakorolnak. A minőségi, hosszú élettartamú és környezettudatos anyaghasználatot előtérbe helyező termékek – különösen a tanúsított forrásból származó tömörfa bútorok – egyre inkább alternatívát jelentenek a „fast-fashion furniture” modelljével szemben. A faanyag alacsony szénlábnnyoma, megújuló természete és újrahasznosíthatósága kiemelt jelentőséggel bír a körkörös gazdaság erősödésében. A tanulmány célja az amerikai és európai fenntartható erdőgazdálkodási gyakorlatok, valamint a vállalati szintű stratégiák összehasonlítása, különös hangsúllyal a hazai és közép-európai példákra.

Az elemzés rávilágít, hogy míg Európában a szigorú szabályozási környezet (FSC, PEFC, EU Deforestation Regulation) és a társadalmi elvárások támogatják a felelős erdőgazdálkodást, addig az Egyesült Államokban döntően piaci és vállalati kezdeményezések határozzák meg a fenntarthatósági irányokat. A vizsgált vállalatok között jelentős különbségek mutatkoznak a tanúsított alapanyagok arányában, a körforgásos dizájn alkalmazásában, valamint az ellátási láncok átláthatóságában. A közép-európai régió – köztük Magyarország – sajátos helyzetét az erdőgazdálkodás adottságai és a faipari KKV-k korlátozott zöldátállási lehetőségei formálják.

A kutatás hozzájárul a fenntartható bútorigar fejlődését befolyásoló globális és regionális mechanizmusok feltárásához, valamint alátámasztja, hogy a minőség és a fenntartható anyaghasználat előtérbe helyezése elengedhetetlen a jövő versenyképes és környezettudatos iparában.

Abstract

In the 21st century, the integration of sustainability considerations has become increasingly decisive in the furniture industry, influenced not only by manufacturers but also significantly by changing consumer preferences. Products that prioritize quality, long service life, and environmentally conscious material use—particularly solid wood furniture sourced from certified forests—are increasingly emerging as viable alternatives to the “fast-fashion furniture” model. The low carbon footprint of wood, its renewable nature, and its recyclability play a key role in strengthening the circular economy.

The aim of this study is to compare sustainable forest management practices in the United States and Europe, as well as corporate-level strategies, with particular emphasis on Hungarian and Central European examples.

The analysis highlights that while in Europe responsible forest management is supported by a strict regulatory environment (FSC, PEFC, EU Deforestation Regulation) and strong

societal expectations, in the United States sustainability pathways are predominantly shaped by market-driven and corporate initiatives. Among the examined companies, significant differences can be observed in the proportion of certified raw materials used, the application of circular design principles, and the transparency of supply chains. The specific situation of the Central European region—including Hungary—is shaped by the characteristics of forest management and the limited capacity of small and medium-sized enterprises in the wood and furniture industries to implement green transition measures.

The research contributes to the understanding of global and regional mechanisms influencing the development of a sustainable furniture industry and supports the conclusion that prioritizing quality and sustainable material use is essential for a competitive and environmentally conscious industry of the future.

Bevezetés

A globális bútortipar az elmúlt évtizedekben jelentős szerkezeti átalakuláson ment keresztül, amelyet a tömegtermelés, a rövid termékéletről szóló ciklusok és az alacsony árakra épülő üzleti modellek térnyerése jellemez. A „fast furniture” (FURMSTON & BRAITHWAITE, 2025) szemlélet ugyan széles fogyasztói rétegek számára tette elérhetővé a lakberendezési termékeket, azonban ezzel párhuzamosan növelte a természeti erőforrásokra nehezedő nyomást, valamint hozzájárult a hulladékképződés és a környezeti terhelés fokozódásához (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2023). E tendenciákkal szemben a 21. században egyre hangsúlyosabbá válik a fenntarthatósági szempontok integrálása a bútortipari értéklánc teljes egészében, különös tekintettel az alapanyag-előállításra és az erdőgazdálkodás gyakorlatára. A fa, mint megújuló nyersanyag kiemelt szerepet tölt be a körforgásos gazdaság koncepciójában, alacsony szénlábnyoma, hosszú távú szénmegkötő képessége és újrahasznosíthatósága révén (IPCC, 2019A; IPCC 2019B). A fenntartható erdőgazdálkodás elterjedésében fontos szerepet játszanak a nemzetközi tanúsítási rendszerek (CLARK & KOZAR 2011), mint az FSC és a PEFC, amelyek célja az erdei ökoszisztémák védelme, a gazdasági hasznosítás és a társadalmi elvárások összehangolása. Ugyanakkor e rendszerek alkalmazása és hatékonysága jelentős regionális eltéréseket mutat, amelyeket alapvetően meghatároz a jogszabályi környezet, a piaci ösztönzők rendszere, valamint a vállalati felelősségvállalás mértéke. Európában a fenntartható erdőgazdálkodás gyakorlata jellemzően szigorú szabályozási keretek között valósul meg, ahol az uniós és nemzeti szintű előírások egyaránt meghatározzák a faanyag kitermelésének és felhasználásának feltételeit (EUROPEAN COMMISSION 2023). Ezzel szemben az Egyesült Államokban a fenntarthatósági törekvések elsősorban piaci alapú és vállalati kezdeményezésekhez kötődnek, az állami szabályozás területi szinten eltérő súllyal jelenik meg. A két kontinens eltérő megközelítése különösen jól vizsgálható a bútortipar példáján, ahol az alapanyag-beszerezés, a beszállítói láncok átláthatósága és a körforgásos tervezési elvek alkalmazása közvetlenül befolyásolja a termékek fenntarthatósági teljesítményét.

A tanulmány célja az európai és az amerikai fenntartható erdőgazdálkodási és vállalati gyakorlatok regionális összehasonlítása a bútortipar kontextusában, különös tekintettel három-három jellegzetes régióra. Az elemzés kitér a szabályozási környezetek közötti alapvető különbségekre, valamint arra, hogy ezek miként hatnak a vállalati stratégiákra és a faipari értéklánc működésére. A vizsgálat külön hangsúlyt fektet a közép-európai régió és Magyarország sajátos helyzetére, hozzájárulva a hazai faipar és bútortipar fenntartható fejlődését támogató szakmai diskurzushoz.

Fenntartható erdőgazdálkodás és a bútortipari értéklánc kapcsolata

A fenntartható erdőgazdálkodás a globális bútorigipari értéklánc egyik meghatározó kiindulópontja és alappillére, mivel a faanyag minősége, elérhetősége és nyomon követhetősége közvetlen hatással van a végtermék környezeti teljesítményére és annak minősítésére. A fa, mint megújuló erőforrás kiemelt szerepet tölt be a körforgásos gazdaság koncepciójában, mivel megfelelő gazdálkodás mellett képes hozzájárulni a klímaváltozás mérsékléséhez és az erőforrás-hatékonyság javításához. A hosszú élettartamú faalapú termékek így különösen a tömörfa bútorok jelentős mennyiségű szemet képesek tárolni teljes életciklusuk során, miközben előállításuk jellemzően alacsonyabb energiaigényű, mint számos alternatív alapanyagé (INTRUST, 2023). A bútorigipar esetében ez a tulajdonság különösen releváns, mivel a termékek funkcionális és esztétikai élettartama gyakran több évtizedre tehető. A fenntartható erdőgazdálkodás gyakorlati érvényesülését nemzetközi tanúsítási rendszerek támogatják, amelyek célja az erdészeti, környezeti és társadalmi szempontok összehangolása. A bútorigipari vállalatok számára ezek a rendszerek elsősorban a felelős alapanyag-beszerezés igazolásának és a beszállítói lánc átláthatóságának eszközei, Chain of Custody tanúsítással biztosítva az EUDR-megfelelőséget, amely Európában egyre inkább alapkövetelmény (PEFC, 2025). Ugyanakkor a tanúsítás önmagában nem garantálja a fenntarthatósági célok teljesülését. Hatékonysága nagymértékben függ attól, hogy a vállalatok miként integrálják azt saját működésükbe, valamint attól, hogy az adott régió intézményi és piaci környezete milyen mértékben támogatja a felelős erdőgazdálkodási gyakorlatokat. A bútorigipar szempontjából a tanúsított alapanyag valódi hozzáadott értéke akkor érvényesül, ha az a teljes értéklánc mentén, az az a primer feldolgozástól a végtermékig, következetesen megjelenik. Ezt a kiskereskedők fenntarthatósági értékelési rendszerei mérik, például a Wood Furniture Scorecard, amely hetedik éve értékeli nyilvános adatok alapján a deforest-csökkentést, FSC/SFI tanúsításokat, átláthatóságot és célkitűzéseket az USA bútorigiparban (SUSTAINABLE FURNISHINGS COUNCIL & NATIONAL WILDLIFE FEDERATION, 2025).

A bútorigipari értéklánc sajátossága, hogy az erdőgazdálkodás és a végtermék között több feldolgozási és logisztikai lépcső helyezkedik el. A faipari elsődleges és másodlagos feldolgozás során keletkező melléktermékek hasznosítása, az anyagveszteségek csökkentése, valamint az anyaghatékonyság növelése alapvető elemei a körforgásos szemlélet érvényesítésének. E folyamatok révén a fenntartható erdőgazdálkodás nem csupán környezeti, hanem gazdasági előnyt is jelenthet a bútorigipari vállalatok számára, különösen a magasabb minőségi és fenntarthatósági elvárásokat támaztó piacokon, miközben magyar KKV-k fahulladékból készült kompozit anyagokkal növelik anyaghatékonyságukat (REMÉNYI, 2022).

Az összehasonlító elemzés szempontrendszerre és módszertana

A tanulmány összehasonlító elemzése többlépcsős szempontrendszerre épül, amely a fenntartható erdőgazdálkodás, a vállalati gyakorlatok és a szabályozási környezetek kulcstényezőit vizsgálja a bútorigipari értéklánc mentén. A módszertan célja nem egyes vállalatok teljesítményének rangsorolása, hanem a regionális különbségek és jellemző fenntarthatósági mintázatok feltárása európai és amerikai példákon keresztül. A szempontrendszer három fő pillérrre épül (1. ábra):



1. ábra: A szempontrendszer három fő pillére (V. Nagy 2025)

Az elemzés leíró-összehasonlító módszertant alkalmaz, elsősorban másodlagos adatforrásokra támaszkodva. A felhasznált adatok között szerepelnek nemzetközi szervezetek és tanúsító rendszerek nyilvános statisztikái, iparági jelentések, valamint vállalati fenntarthatósági beszámolók. Az összehasonlítás regionális szinten történik: Európában a skandináv térség, Németország és Közép-Európa (különös tekintettel Magyarországra), míg az Egyesült Államokban az északkeleti, délkeleti és nyugati parti régiók kerülnek vizsgálatra. A régiók kiválasztását az eltérő erdőgazdálkodási modellek, piaci szerkezetek és szabályozási környezetek indokolják. A módszertan korlátai közé tartozik a nyilvánosan elérhető adatok eltérő részletessége és összehasonlíthatósága, valamint a vállalati jelentések önkéntes jellegéből fakadó információs aszimmetria. A közép-európai, különösen a magyar faipari kis- és középvállalkozások esetében további korlátozó tényezőt jelent a fenntarthatósági adatok alacsony szintű formalizáltsága és digitalizációja. A korlátok ellenére a választott módszertan alkalmas a regionális különbségek és általános trendek azonosítására, amelyek megalapozzák a későbbi fejezetek elemzéseit.

Európai régiók erdőgazdálkodási és vállalati gyakorlatai

Az európai bútorigipari értéklánc fenntarthatósági gyakorlatait alapvetően meghatározza az erdőgazdálkodás intézményes stabilitása, a tanúsítási rendszerek elterjedtsége és a vállalati fenntarthatósági stratégiák integráltsága. Az egyes piaci szereplők e szempontokat eltérő mértékben érvényesítik működésükben, ugyanakkor a tanúsított alapanyag-használat, a beszállítói lánc átláthatósága és a körforgásos tervezési elvek alkalmazása egyre inkább iparági alapelvárássá válik. Az olyan nagy európai bútorigipari gyártók, mint az IKEA, a Fritz Hansen vagy a Vitra, fenntarthatósági stratégiáikban kiemelt hangsúlyt fektetnek e követelmények teljesítésére, ami jól szemlélteti a piaci és szabályozási környezet által kijelölt irányokat. Bár a tanulmány nem vállalati szintű esettanulmányokra épül, e gyártók gyakorlata rávilágít azokra az iparági trendekre, amelyek az európai bútorigipar egészére hatással vannak, és amelyekhez a kisebb piaci szereplőknek is fokozatosan alkalmazkodniuk kell. A következő alfejezetek ezért három európai régió (Skandinávia, Németország és Közép-Európa kiemelten Magyarország) fenntarthatósági modelljeit és vállalati gyakorlatait mutatják be, különös tekintettel az erdőgazdálkodás és a vállalati stratégiák összefüggéseire.

Skandinávia: intézményi stabilitás és vállalati integráció

A skandináv országokban (Svédország, Finnország, Norvégia) az erdőgazdálkodás hosszú múltra tekint vissza, és a fenntarthatósági gyakorlatok rendszerszintűvé váltak. Az állami szabályozás, a területgazdálkodási tervek, valamint a tanúsítási rendszerek (különösen a Forest Stewardship Council (FSC) és a Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC)) erős jelenléte azt eredményezi, hogy a faanyag-ellátás több mint 90%-a megfelel a nemzetközi elvárásoknak (PEFC SWEDEN, 2023).

Az FSC egy globális, nonprofit szervezet által működtetett tanúsítási rendszer, amelynek célja az erdők ökológiai, társadalmi és gazdasági szempontból fenntartható kezelésének előmozdítása, valamint a felelős erdőgazdálkodás igazolása a teljes ellátási lánc mentén (FSC 2024). A PEFC ezzel párhuzamosan egy nemzetközi emyőszervezetként működő tanúsítási rendszer, amely elsősorban nemzeti erdőgazdálkodási szabványokat ismer el és harmonizál, jelenleg világszerte több mint 300 millió hektár tanúsított erdőterületet lefedve. A skandináv régióban e rendszerek 90-95%-os erdőtartási aránya versenyelőnyt biztosít a bútorigipari vállalatoknak (SILVESTICA, 2023). Mindkét rendszer közös célja a felelősségteljes erdőgazdálkodás biztosítása és a faanyag eredetének, valamint nyomon követhetőségének átlátható igazolása. A skandináv régióban e tanúsítási rendszerek széles körű alkalmazása hozzájárul ahhoz, hogy a faipari és bútorigipari vállalatok magas tanúsított alapanyag-arányt (80-95%) érjenek el, ami jelentős versenyelőnyt biztosít számukra az európai és globális beszállítói láncokban (PEFC SWEDEN, 2023). A régió vállalatai jellemzően átfogó fenntarthatósági stratégiákat működtetnek, amelyek a faanyag-beszerzéstől a termékek teljes életciklusáig terjednek. E stratégiák közé tartozik a nyomon követhetőség (ERP rendszerek), körforgásos gazdálkodást (hulladékmentesség) és rendszeres beszállítói auditokat alkalmazva (IKEA, 2024; INTRUST, 2023).

A skandináv modell vállalati szintű megvalósítására jó példát szolgáltat az IKEA 2024-es Fenntarthatósági Jelentése, amely konkrét vállalati célokat és teljesítmény adatokat is bemutat. A vállalat stratégiája egyértelműen előírja, hogy a bútorok gyártásához felhasznált faanyagoknak FSC-tanúsított vagy újrahasznosított forrásból kell származnia, miközben a beszállítói lánc átláthatóságát fejlett nyomon követési és auditálási mechanizmusokkal támogatja (IKEA SUSTAINABILITY REPORT FY24, 2025). Emellett a jelentés hangsúlyozza a körforgásos gazdasági elvek, így a termékek élettartam-növelése és az anyaghatékonyság integrálását az egész értékláncba, ami jól tükrözi a skandináv régió vállalati fenntarthatósági modelljének erősségeit.

Németország – szabályozási ösztönzők és vállalati gyakorlatok

Németországban a fenntartható erdőgazdálkodás és a bútorigipari értéklánc integrálása egy olyan szigorú és magas elvárású környezetben zajlik, amelyben a szabályozási keretek, a fogyasztói elvárások és a vállalati megfelelés egyaránt meghatározó szerepet játszanak (EUROPEAN COMMISSION, 2023). Az Európai Unió és a német nemzeti jogrendszer, különösen a Bundeswaldgesetz és az EUDR harmonizálja az erdőgazdálkodási és faanyagbiztosítási követelményeket, miközben a tanúsítási rendszerek (FSC, PEFC) keretei között működő vállalatok számára >75% tanúsított faanyag használat kötelező a nagy beszállítói láncokban (BM CERTIFICATION, 2023).

A német bútorigipari vállalatok fenntarthatósági stratégiái gyakran jóval túlmutatnak a jogi minimális követelményeken. Jellemző, hogy a gyártók olyan integrált fenntarthatósági politikákat alakítanak ki, amelyekben a tanúsított faanyag arányának növelése mellett a körforgásos gazdálkodási elvek, így a faipari hulladék 65%-os hasznosítása, moduláris tervezés és javíthatóság is hangsúlyos szerepet kapnak (INTRUST, 2023). A beszállítói lánc menedzsmentje szintén komplex gyakorlattá vált: ERP-alapú nyomon követés, rendszeres auditok és kockázatelemzések biztosítják a felelős alapanyagellátást. A Wilkhahn esete jól illusztrálja ezt: tanúsított faanyagok, a gyártása pedig 100%-osan nyomon követhető (WILKHAHN SUSTAINABILITY REPORT, 2024). Mindemellett a cég Cradle to Cradle minősítéssel is rendelkezik. A Cradle to Cradle (C2C) minősítési rendszer a körforgásos gazdaság egyik legátfogóbb termékszintű értékelési keretrendszere, amely a termékek teljes életciklusát vizsgálja a nyersanyag-kitermeléstől az újrahasznosításig vagy visszaforgatásig. A minősítés alapelve, hogy az anyagok ne hulladékként, hanem folyamatosan hasznosuló erőforrásként jelenjenek

meg az ipari rendszerekben (CRADLE TO CRADLE PRODUCTS INNOVATION INSTITUTE INC. 2025). Ez a megközelítés a szigorú német piaci elvárásoknak megfelelően erősíti a vállalati versenyképességet. Sőt ez már a társadalmi elvárásokra adott válasz is, amelyben a fogyasztók egyre inkább a környezeti teljesítmény és a teljes értéklánc átláthatósága alapján választanak termékeket. A német modell, amelyben a szabályozási keretek és a vállalati gyakorlatok kölcsönösen erősítik egymást tökéletesen példázza azt a dinamizmust, amely az európai bútortipar fenntarthatósági átmenetét ma jellemzi.

A német nyelvterülethez szorosan kapcsolódó, svájci székhelyű Vitra vállalati gyakorlata szintén jól illusztrálja a térségre jellemző fenntarthatósági szemléletet. Bár a Vitra nem német vállalat, működése, beszállítói kapcsolatai és piaci orientációja szorosan kötődik a német és nyugat-európai bútortipari környezethez. Fenntarthatósági stratégiájában központi szerepet kap a hosszú élettartamra tervezett termékek fejlesztése, a javíthatóság és az anyagkörforgás elősegítése, valamint a tanúsított alapanyagok alkalmazása. A vállalat példája jól mutatja, hogy a német piaci és szabályozási elvárások a szomszédos országok meghatározó gyártóinak stratégiáira is érdemi hatást gyakorolnak. (VITRA, 2024)

Közép-Európa és Magyarország – KKV-domináns szerkezet és alkalmazkodási kényszerek

A közép-európai régióban, különösen Magyarországon, a bútortipari és faipari értékláncot döntően kis- és középvállalkozások alkotják, amelyek működési feltételei jelentősen eltérnek a skandináv és nyugat-európai modellektől. A hazai KKV-k korlátozott tőke- és humán-erőforrásai miatt a fenntarthatósági gyakorlatok jellemzően kevésbé formalizáltak, ugyanakkor a piaci és szabályozási elvárások, különösen a tanúsított faanyag-használat és az ellátási lánc dokumentáltsága egyre erőteljesebben jelennek meg (GYŐRI ET AL., 2024). A fenntartható erdőgazdálkodáshoz való kapcsolódás elsősorban az alapanyag-beszerezés szintjén érvényesül, mivel a belföldi faanyagellátás 85%-a állami erdőgazdaságokból származik PEFC tanúsítással (NÉBIH, 2024). A KKV-k számára a tanúsítás gyakran nem stratégiai döntés, hanem vevői elvárásokhoz való alkalmazkodás, különösen exportorientált vagy nagyvállalati beszállítói kapcsolatok esetén, csupán 11%-uknak van ISO 14001 rendszere (SZABÓ 2025). A körforgásos gazdálkodási elemek, például a faipari melléktermékek hasznosítása és az anyagveszteségek csökkentése sok esetben gazdasági racionalitásból fakadnak, nem pedig formális fenntarthatósági stratégiákból. A legnagyobb kihívást a nyomon követhetőséghez és tanúsításhoz kapcsolódó adminisztratív és digitális kapacitások hiánya jelenti, ami lassítja a fenntarthatósági átmenetet. Ennek ellenére a magyar KKV-k számára a fenntarthatóság hosszú távon lehetőséget kínál a magasabb hozzáadott értékű, minőségorientált piaci szegmensekbe való belépésre.

Az európai bútortipari értéklánc fenntarthatósági gyakorlatai jelentős regionális eltéréseket mutatnak, amelyeket az erdőgazdálkodás intézményi háttere, a szabályozási környezet és a vállalati erőforrások különbségei alakítanak. A skandináv és a német modellben a tanúsított alapanyag-használat és az ellátási lánc átláthatósága rendszerszinten integrált a vállalati stratégiákba. Ezzel szemben Közép-Európában a fenntarthatósági gyakorlatok jellemzően kevésbé formalizáltak, és inkább piaci és szabályozási kényszerekhez való alkalmazkodásként jelennek meg. Az európai példák összességében rámutatnak arra, hogy a fenntarthatósági átmenet sikere szorosan összefügg az intézményi környezettel és a vállalati kapacitásokkal.

Amerikai régiók fenntarthatósági modelljei

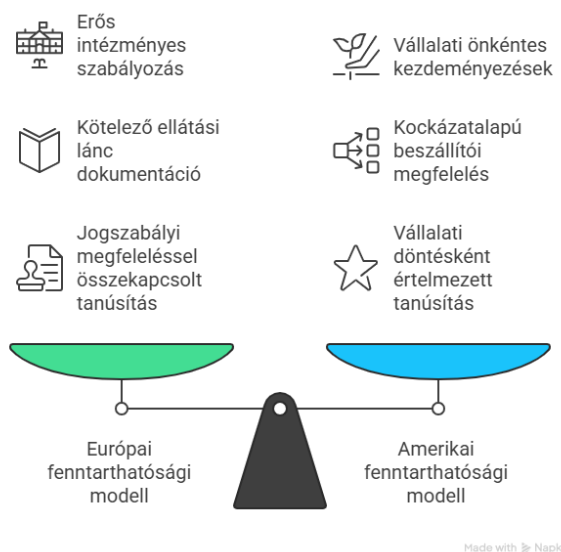
Az Egyesült Államok bútortipari és faipari fenntarthatósági gyakorlatai eltérő logikát követnek az európai modellekhez képest, mivel az erdőgazdálkodás és az ipari szabályozás elsősorban szövetségi és tagállami szinten valósul meg, eltérő súllyal és követelményrendszerrel. A fenntarthatósági törekvések az amerikai bútortiparban jellemzően kevésbé

szabályozásvezéreltek, és nagyobb mértékben épülnek vállalati önkéntes kezdeményezésekre, piaci ösztönzőkre és reputációs megfontolásokra. Az erdőgazdálkodás területén az Egyesült Államokban a tanúsítási rendszerek alkalmazása regionálisan eltérő képet mutat. A fenntarthatósági igazolásban az FSC mellett jelentős szerepet tölt be a Sustainable Forestry Initiative (SFI), amely elsősorban Észak-Amerikában elterjedt 40%+ lefedettséggel, és a vállalati beszerzési politikákban gyakran egyenértékű alternatívaként jelenik meg (SUSTAINABLE FURNISHINGS COUNCIL & NATIONAL WILDLIFE FEDERATION, 2025). A tanúsított faanyag használata nem jogszabályi kötelezettség, hanem nagyvállalati elvárás (pl. Williams Sonoma, Target), különösen exportorientált (35% reclaimed/FSC wood) és prémium szegmensekben (GSA, 2024).

A vállalati fenntarthatósági gyakorlatok szintjén az amerikai modell egyik meghatározó sajátossága, hogy a környezeti és társadalmi szempontok érvényesítése elsősorban önkéntes vállalati stratégiákon és piaci ösztönzőkön alapul. Az olyan globálisan meghatározó bútorgyártó szerezplők, mint a Herman Miller és a Steelcase, fenntarthatósági politikájukban hangsúlyosan kezelik a felelős alapanyag-beszerzést, a beszállítói lánc átláthatóságát és a termékek teljes életciklusára kiterjedő környezeti teljesítményt. E vállalatok esetében a tanúsított faanyagok és egyéb alapanyagok alkalmazása elsősorban vállalati beszerzési irányelvekhez kötődik, nem pedig egységes jogszabályi kötelezettséghez. A fenntarthatósági célok gyakran termékszintű tanúsításokon, életciklus-elemzésekben (LCA) és körforgásos tervezési elveken keresztül jelennek meg, különös hangsúlyt fektetve az anyaghatékonyságra, az újrahasznosíthatóságra és a termékek hosszú élettartamára. A Herman Miller és a Steelcase gyakorlatiban egyaránt megfigyelhető a moduláris kialakítás, a javíthatóság és a visszavételi vagy újrahasznosítási programok alkalmazása, amelyek a körforgásos gazdaság vállalati szintű megvalósítását szolgálják (HERMAN MILLER, 2024; STEELCASE, 2024).

Szabályozási környezetek összevetése

Az európai és az amerikai bútorgyártó értéklánc fenntarthatósági modelljei alapvetően eltérő szabályozási logikára épülnek (2. ábra). Európában a fenntartható erdőgazdálkodás és a faanyag-ellátás szabályozása erősen intézményesített, ahol az uniós és nemzeti jogszabályok, valamint a tanúsítási rendszerek együttesen alakítják a vállalati gyakorlatokat. A tanúsított alapanyag-használat, az ellátási lánc dokumentáltsága és a nyomon követhetőség egyre inkább kötelező elvárássá válik, különösen a nagyobb vállalatok és a nemzetközi beszállítói láncok esetében.



2. ábra Európai és amerikai fenntarthatósági modellek összehasonlítása (V. Nagy 2025)

Ezzel szemben az Egyesült Államokban a fenntarthatósági törekvések kevésbé szabályozásvezéreltek, és nagyobb mértékben támaszkodnak vállalati önkéntes kezdeményezésekre és piaci ösztönzőkre. Az amerikai nagyvállalatok fenntarthatósági stratégiái kevésbé egységesek az ellátási lánc teljes körű nyomon követhetősége terén, mint az európai modellek esetében. A beszállítói megfelelés és az auditálás gyakran kockázatalapú megközelítést követ, amelyben a vállalatok saját prioritásaik és piaci kitettségük alapján határozzák meg a követelményeket. Ez a rugalmasság elősegíti az innovációt és a gyors alkalmazkodást, ugyanakkor nagyobb eltéréseket eredményez a vállalatok közötti fenntarthatósági teljesítményben. A tanúsítási rendszerek szerepe szintén eltérően jelenik meg a két térségben. Míg Európában az FSC és a PEFC alkalmazása szorosan összekapcsolódik a jogszabályi megfeleléssel és a piaci elvárásokkal, addig az amerikai piacon ezek inkább vállalati döntésként vagy versenyelőnyként értelmezhetők, és gyakran regionálisan eltérő alternatív tanúsítási rendszerekkel egészülnek ki. Ennek következtében az európai modell egységesebb és jobban standardizált fenntarthatósági teljesítményt eredményez, míg az amerikai modell heterogénebb, vállalatoként és régióként változó megoldásokat mutat.

Következtetések

Összességében az európai és az amerikai szabályozási környezetek összevetése rámutat arra, hogy a fenntartható bútortipar fejlődése eltérő intézményi és piaci mechanizmusokon keresztül valósul meg. Európában a szabályozás és a tanúsítás rendszerszintű integrációja biztosítja a követelmények egységességét, míg az Egyesült Államokban a vállalati autonómia és az innovációs rugalmasság dominál. A két modell eltérő előnyökkel és korlátokkal jár, amelyek a vállalati stratégiákra és az ellátási lánc működésére egyaránt jelentős hatást gyakorolnak. A tanulmány arra is rávilágít, hogy a bútortipari értéklánc fenntarthatósági teljesítményét alapvetően meghatározza az erdőgazdálkodás intézményi háttere, a szabályozási környezet szigorja és a vállalati stratégiák integráltsága. Az európai és az amerikai modellek összehasonlítása jól szemlélteti, hogy a fenntartható erdőgazdálkodás és a felelős alapanyag-használat eltérő mechanizmusokon keresztül valósul meg: Európában elsősorban szabályozásvezérelt és tanúsításokra épülő rendszerben, míg az Egyesült Államokban nagyobb szerepet kapnak az önkéntes vállalati kezdeményezések és a piaci ösztönzők.

Az európai régiók elemzése megmutatja, hogy a skandináv és a német modellekben a fenntarthatósági szempontok rendszerszinten épülnek be a vállalati gyakorlatokba, míg Közép-Európában, különösen Magyarországon ezek gyakran alkalmazkodás-orientált módon, korlátozott erőforrások mellett jelennek meg. A magyar faipari KKV-k helyzete jól példázza, hogy a fenntarthatósági átmenet nem kizárólag technológiai kérdés, hanem szorosan összefügg a vállalati mérettel, a piaci pozícióval és az adminisztratív kapacitásokkal. A vizsgálat azt is megerősíti, hogy a tanúsítási rendszerek, mint az FSC, a PEFC vagy a termékszintű Cradle to Cradle minősítés fontos, de önmagukban nem elegendő eszközei a fenntarthatóság biztosításának. Hatékonyságuk nagymértékben függ attól, hogy miként illeszkednek a szabályozási környezethez és a vállalati stratégiákhoz, valamint attól, hogy a beszállítói lánc teljes egészében képes-e ezekhez alkalmazkodni.

Összességében arra a következtetésre jutottunk, hogy a fenntartható bútortipar jövője a szabályozási keretek, a vállalati felelősségvállalás és a körforgásos tervezési elvek összehangolt érvényesítésén múlik. A közép-európai és hazai szereplők számára a fenntarthatósági követelmények nemcsak kihívást, hanem hosszú távon versenyelőnyt is jelenthetnek, amennyiben azok a minőségorientált, magasabb hozzáadott értékű piaci szegmensekbe való belépést támogatják.

Irodalomjegyzék

- BM CERTIFICATION (2023): EUDR és FSC/PEFC megfeleléség. Megtekintve: 2026.01.03. [<https://hu.bmcertification.com/az-europai-unio-erdoirtasmentes-termekekrol-szolo-rendelete-eudr-megfelel-az-fsc-es-a-pefc-felugyeleti-lanc-rendszerenek/>]
- CLARK, M. R., KOZAR, J. S. (2011): Comparing sustainable forest management certifications standards: a meta-analysis. *Ecology and Society*, 16(1): 3. Megtekintve: 2026.01.01. [<https://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art3/>]
- CRADLE TO CRADLE PRODUCTS INNOVATION INSTITUTE INC. (2025): Product circularity, verified Megtekintve: 2026.01.03. [<https://c2ccertified.org/>]
- EUROPEAN COMMISSION (2023): EU Deforestation Regulation – Implementation and Due Diligence. Megtekintve: 2026.01.01. [https://environment.ec.europa.eu/topics/forests/deforestation_en]
- EUROPEAN COMMISSION (2023): EU Deforestation Regulation. Megtekintve: 2026.01.03. [https://environment.ec.europa.eu/topics/forests/deforestation_en]
- FSC (2024): What’s in a label? Megtekintve: 2026.01.01. [<https://fsc.org/en/label>]
- FURMSTON, K. & BRAITHWAITE, N. (2025): How “Fast” is Fast Furniture?; Proceedings of the 6th PLATE Conference – Product Lifetimes and the Environment 2025, Aalborg, Denmark, 2–4 July 2025. Aalborg University, Aalborg
- GYÓRI, ZS., REICHER, R., KOLNHOFER-DERECSEI, A. (2024): A magyar KKV-k szerepe a fenntartható fejlődési célok elérésében – Gyorsjelentés. Budapesti Gazdasági Egyetem CESIBUS Kiválósági Központ. Megtekintve: 2026.01.03. [https://uzletem.hu/file/news/96042/file/cesibus_gyorsjelentés_pdf.pdf]
- HERMAN MILLER (2024): Sustainability Report FY24. Megtekintve: 2026.01.03. [<https://www.hermanmiller.com>]
- IKEA 2024-es Fenntarthatósági Jelentés, Inter IKEA Systems B.V., 2025. Megtekintve: 2026.01.01. [https://www.ikea.com/hu/hu/files/pdf/46/26/46265c83/ikea_hu_25.pdf]
- INTRUST (2023). Twin Transition in the Wood-Furniture Value Chain. European Circular Economy Platform. Megtekintve 2026.01.01. [https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2023-01/intrust_stateofthearts_final.pdf]
- IPCC (2019) (A): 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland Megtekintve: 2026.01.01. [<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>]
- IPCC (2019) (B): Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on Climate Change and Land (SRCCL). Shukla, P.R., Skea, J., Calvo Buendia, E., et al. (eds). Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland Megtekintve: 2026.01.01. [<https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/>]
- PEFC SWEDEN (2023): PEFC Sweden Certification System. Megtekintve: 2026.01.01. [<https://www.pefc.org/discover-pefc/our-pefc-members/national-members/pefc-sweden>]
- REMÉNYI, A. (2022): Fenntarthatóság és design kapcsolata a hazai bútorgyártásban. *Gazdaság & Társadalom / Journal of Economy & Society* 15 (33) (2022) 4, 21–46. DOI: <https://doi.org/10.21637/GT.2022.4.02>
- SILVESTICA (2023): Forest Certification in the Baltic Sea Region. Megtekintve: 2026.01.01. [<https://silvestica.se/en/forest-certification/>]
- STEELCASE (2024): Cradle-to-Cradle Certification Report. Megtekintve: 2026.01.03. [<https://www.steelcase.com>]
- Sustainable Furnishings Council & National Wildlife Federation (2025): Wood Furniture Scorecard Megtekintve: 2026.01.07. [<https://sustainablefurnishings.org/sustainable-stories/wood-furniture-scorecard-2025>]
- SZABÓ, K. (2025): Magyar KKV-k fenntarthatósági attitűdjei és gyakorlatai: empirikus kutatások tanulságai Megtekintve: 2026.01.03. <https://www.linkedin.com/pulse/magyar-kkv-k-fenntarthat%C3%B3s%C3%A1gi-attit%C5%B1djei-%C3%A9s-empirikus-k%C3%A1lm%C3%A1n-szabo-sx1sf/>
- U.S. Environmental Protection Agency (2023): Advancing Sustainable Materials Management: Facts and Figures – Furniture and Furnishings. Megtekintve: 2026.01.01.

[https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/durable-goods-product-specific-data?utm_source=chatgpt.com]

U.S. GENERAL SERVICES ADMINISTRATION (2024): Buy Clean Furniture Requirements Megtekintve 2026. 01.03. [<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/us-sustainable-furniture-market>]

VITRA (2024): Sustainability Report 2024. Megtekintve: 2026.01.03. [<https://static.vitra.com/static/external/vitra-bhag/assets/Vitra-Sustainability-Report-2024-EN.8afcd3c6.pdf>]

WILKHAHN (2024): Sustainability Report 2024. . Megtekintve: 2026.01.03. [<https://www.wilkhahn.com/en/sustainability>]

TÖRTÉNETI BÚTORIPARI DOKUMENTUMOK KÖRNYEZETTUDATOS SZEMSZÖGBŐL: A TELKI VADÁSZHÁZ PÉLDÁJÁN KERESZTÜL

Historical Furniture Industry Documents from an Environmental Sustainability Perspective: Through the Example of the Telki Hunting Lodge

NAGY VIVIEN¹, ANTAL MÁRIA RÉKA²

¹ Doktor jelölt, Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Cziráki József Faanyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola

² Egyetemi docens, Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Kreatívipari Intézet
e-mail: nagyvivien@phd.uni-sopron.hu

Kivonat

A bútorigar hagyományos típusstervei és az ipari bútorgyártás történeti dokumentumai ma is releváns tudásbázist jelentenek a körforgásos és fenntartható anyaghasználati irányok erősítésében. A kutatás a Bútoripari Fejlesztési Intézet (BIFI) fennmaradt tervanyagának bútorigari vizsgálatára fókuszál, különös tekintettel a természetközeli, erdei funkciókhoz kapcsolódó berendezések szerkezeti és anyaghasználati mintázataira. A szűkített elemzés példája a Telki vadászaház egykori enteriőrjéhez készült bútorterv, amely jól szemlélteti a korabeli tervezési gyakorlat tartósságra, javíthatóságra és anyagtakarékosságra törekvő megoldásait. A műszaki rajzok elemzése rámutat arra, hogy e történeti bútorszerkezetek olyan konstrukciós elveket hordoznak, amelyek a modern körforgásos tervezés kulcselemeiként is értelmezhetők. Az eredmények igazolják, hogy a történeti faipari tudás a fenntartható és természetvédelmi célokat támogató innováció forrása lehet.

Abstract

Traditional furniture type plans and historical documents of industrial furniture production constitute a body of knowledge that remains relevant today in supporting circular and sustainable material-use approaches. The research focuses on the furniture-industrial analysis of the surviving design documentation of the Furniture Industry Development Institute (BIFI), with particular attention to structural and material-use patterns associated with furniture designed for nature-related, forest-based functions. As a narrowed case study, a furniture design created for the former interior of the Telki hunting lodge is examined, illustrating design solutions aimed at durability, repairability, and material efficiency characteristic of the period. The analysis of technical drawings reveals that these historical furniture structures embody construction principles that can be interpreted as key elements of contemporary circular design. The results confirm that historical woodworking knowledge can serve not only as cultural heritage but also as a source of innovation supporting sustainability and nature conservation objectives.

Bevezetés

A fenntarthatóság és a körforgásos gazdaság elvei az erdészeti és faipari szakterületeken egyre hangsúlyosabban jelennek meg, különös tekintettel a faanyag, mint megújuló erőforrás felelős felhasználására (European Commission, 2020). A környezettudatos szemlélet azonban nem kizárólag új anyagok és technológiák alkalmazásával érvényesíthető, hanem olyan történeti tudásbázisokra is építhet, amelyek a tartósságot, a javíthatóságot és az anyagtakarékosságot már korábban is alapvető tervezési szempontként kezelték (Stahel, 2016). A bútorigar hagyományos típusstervei és az ipari bútorgyártás fennmaradt dokumentumai ilyen, ma is releváns szakmai forrást jelentenek (Nagy & Antal, 2025).

A történeti faipari és bútorigari tervanyagok vizsgálata lehetőséget ad arra, hogy feltárjuk azokat a szerkezeti és anyaghasználati megoldásokat, amelyek a jelenlegi fenntarthatósági törekvésekkel párhuzamba állíthatók. Különösen érdekesek ebből a szempontból azok a berendezések, amelyek természetközeli, erdei funkciókhoz kapcsolódó épületek számára készültek. Az ilyen környezetben használt bútorokkal szemben hagyományosan magas követelményként jelent meg a hosszú élettartam, a robusztus kialakítás, valamint a karbantarthatóság. A tanulmány egy szűkített kutatási részterületre fókuszál, amely a Bútorigari Fejlesztési Intézet fennmaradt tervanyagának elemzésén keresztül vizsgálja a történeti bútorszerkezetek környezettudatos újraértelmezési lehetőségeit. Ezen belül esettanulmányként a Telki vadászház egykori enteriőrjéhez kapcsolódó bútortervek kerülnek bemutatásra. Az épület a használata során korábban felújításon esett át, amelynek célja az elavult szerkezetek és rendszerek korszerűsítése volt, miközben az eredeti karakter és a természeti környezethez való kapcsolódás megőrzése is hangsúlyt kapott (Koller Építész Stúdió, 2005). Ez a folyamat jól rávilágít arra, hogy a múlt értékeinek megőrzése és a mai funkcionális igények összehangolása nemcsak az építészet, hanem a bútorigar területén is aktuális kérdés.

A kutatás célja annak bemutatása, hogy a történeti bútortervekben megjelenő konstrukciós elvek miként értelmezhetők a kortárs körforgásos tervezés szempontjából, különös tekintettel az erőforrás-hatékonyságra és az életciklus-hosszabbításra. A tanulmány hozzájárul egy olyan szemlélet erősítéséhez, amely a faipari örökséget nem pusztán kulturális emlékként, hanem a fenntartható és természetközeli tervezési gyakorlat egyik lehetséges alapjaként kezeli.

Irodalmi áttekintés

A Telki vadászház használatitörténete a korszak vadászati és társadalmi gyakorlatába is beágyazódik. A 20. század közepén a vadászat nem csupán rekreációs tevékenység volt, hanem a politikai és társadalmi kapcsolatok informális színtere is, ahol a döntéshozók és a gazdasági élet szereplői rendszeresen találkoztak. Ebben az összefüggésben a vadászházak, így a Telki vadászház is, egyaránt töltötték be funkcionális, reprezentációs és protokolláris szerepet. Az épületben Kádár János számára külön, állandóan fenntartott szoba állt rendelkezésre, ami jól jelzi a létesítmény kiemelt státuszát. A korabeli vadászatokon a hazai pártvezetés tagjai, állami és gazdasági vezetők, valamint alkalmanként külföldi vendégek is megfordultak, ami indokolta a belső terek és a berendezések magas színvonalú, tartós és reprezentatív kialakítását (Mesél az erdő, 2017). Az épület az 1960-as évek elején épült, a korszakra jellemző modernista stílusban, Barcsay László építész és Prohászka László belsőépítész gondos, részletekre kiterjedő tervezői munkája nyomán (Koller Építész Stúdió, 2005). A ház belső tereit Csergezőn Pál vadászati témájú festményei gazdagították, és karakterében az egész épület tudatosan eltért a puritán vadászház-ideáltól.

A fenntartható bútorigar kérdésköre az elmúlt években mind nemzetközi, mind hazai szinten fokozott figyelmet kapott, elsősorban a bútorigari termékek rövid élettartamából és jelentős anyagfelhasználásából fakadó környezeti terhelések miatt. A szakirodalomban gyakran használt „fast furniture” kifejezés azokra a tömegtermékekre utal, amelyek alacsony minőségük és korlátozott javíthatóságuk miatt rövid időn belül hulladékká válnak. Az ide sorolható bútorok átlagos élettartama mindössze 7 év, miközben egy bútorigari felhasználásra alkalmas fa növekedéséhez legalább 25 évre, de gyakran akár 80–100 évre is szükség van. Európában évente jelentős mennyiségű bútor válik hulladékká, amelynek közel 90%-a jelenleg szeméttelre vagy égetőbe kerül. Ennek oka, hogy az ágazat újrahasznosítási aránya megközelítőleg csupán 10%. A globális és európai bútorigari alapanyagigény kielégítése érdekében továbbra is számottevő mértékű illegális erdőirtás zajlik, amely hozzájárul az erdőterületek gyors csökkenéséhez és az erdei ökoszisztémák biológiai sokféleségének jelentős

visszaeséséhez (FATÁJ, 2022). A fenntartható bútorokkal szemben támasztott elvárások között a szakirodalom és a gyakorlati útmutatók egyaránt kiemelik a megújuló vagy felelősen kezelt alapanyagok használatát, a káros anyagoktól mentes felületkezelést, valamint a szerkezeti kialakítás szerepét. Utóbbi különösen meghatározó abból a szempontból, hogy egy bútor mennyire javítható, szétszerelhető vagy később újrahasznosítható. A fenntarthatóság tehát nem kizárólag anyagválasztási kérdés, hanem szorosan összefügg a konstrukciós logikával és a tervezési szemlélettel is (Officelife, 2022).

Viszont az anyagválasztásnál figyelembe kell venni a faanyag eredetét és az ellátási lánc átláthatóságát is. A szakirodalom hangsúlyozza, hogy a fa- és bútorigar fenntarthatóságának alapfeltétele a fenntartható erdőgazdálkodásból származó alapanyagok alkalmazása, valamint a faanyag útjának nyomon követhetősége a kitermeléstől a késztermékig (Zöld Föld – Andrási, 2023). A tanúsítási rendszerek és szabványok alkalmazása ebben a folyamatban kulcsszerepet játszanak, mivel ezek biztosítják, hogy a bútorigari termékek ne járuljanak hozzá az illegális fakitermeléshez és az erdei ökoszisztémák további terheléséhez. A Zöld Föld Füzetek kiadványa továbbá rámutat arra, hogy a fenntarthatóság a faiparban nem kizárólag környezeti, hanem gazdasági és társadalmi kérdés is. A tartós, javítható és hosszú életciklusra tervezett termékek előállításához hozzájárulhat az erőforrás-felhasználás csökkentéséhez, miközben elősegíti a helyi alapanyagokra és szaktudásra épülő termelési gyakorlatok fennmaradását (Zöld Föld – Andrási, 2023).

Ez a megközelítés összhangban áll az Európai Gazdasági és Szociális Bizottság ajánlásaival, amelyek hangsúlyozzák a faiparban a munkakörülmények javítását, a társadalmi befogadást és a hulladékmentes körforgásos modellt, hogy az ágazat vonzóbbá váljon a fiatal munkavállalók számára is (EGSZB, 2024). A stratégiai dokumentumok hangsúlyozzák továbbá, hogy a fenntarthatóság érvényesítése nem kizárólag technológiai kérdés, hanem szemléletváltást is igényel a tervezési és gyártási gyakorlatban. Ennek része a termékek életciklusának tudatos kezelése, valamint azoknak a konstrukciós elveknek az előtérbe helyezése, amelyek lehetővé teszik a bútorok javítását, felújítását és hosszabb ideig történő használatát. Ez a megközelítés közvetlen kapcsolatot teremt a kortárs szakpolitikai irányok és a történeti faipari tervezési gyakorlatok között, amelyekben a tartósság és az anyagtakarékosság alapvető követelményként jelent meg (EGSZB, 2024). A szakirodalmi és szakpolitikai források együttesen arra utalnak, hogy a fenntartható bútorigar jövője nem csupán az új anyagok és innovatív technológiák alkalmazásában rejlik, hanem a meglévő tudásbázis újraértelmezésében is.

A történeti bútorigari gyakorlat megértéséhez fontos szerepet játszanak a 19–20. századi bútortörvászások és kiállítások, amelyek nemcsak a termékek bemutatásának helyszínei, hanem a szakmai tudás, a technológiai újítások és a tervezési szemlélet közvetítésének fórumai is. A kiállításokon megjelenő bútorok gyakran mintaként szolgáltak a későbbi sorozatgyártás számára, és hozzájárultak a szerkezeti megoldások, anyaghasználati elvek és minőségi elvárások szélesebb körű elterjedéséhez (Antal & Nagy, 2025). Ez a történeti kontextus rámutat arra, hogy a bútorigari tudás nem elszigetelt műhelyszinten formálódott, hanem intézményszerű keretek között, dokumentált módon adódott tovább. Ez a tudásátadási folyamat megalapozta azokat a tartósságra és funkcionalitásra épülő tervezési elveket, amelyek a kortárs fenntartható és körforgásos bútorigari gondolkodás számára is releváns kiindulópontot jelentenek.

A történeti bútortervezési elvek vizsgálata így releváns kiindulópontot jelent a mai körforgásos törekvések számára, különösen a faanyaggal dolgozó, természetközeli funkciókat ellátó épületek berendezéseinek esetében.

Anyag és módszer

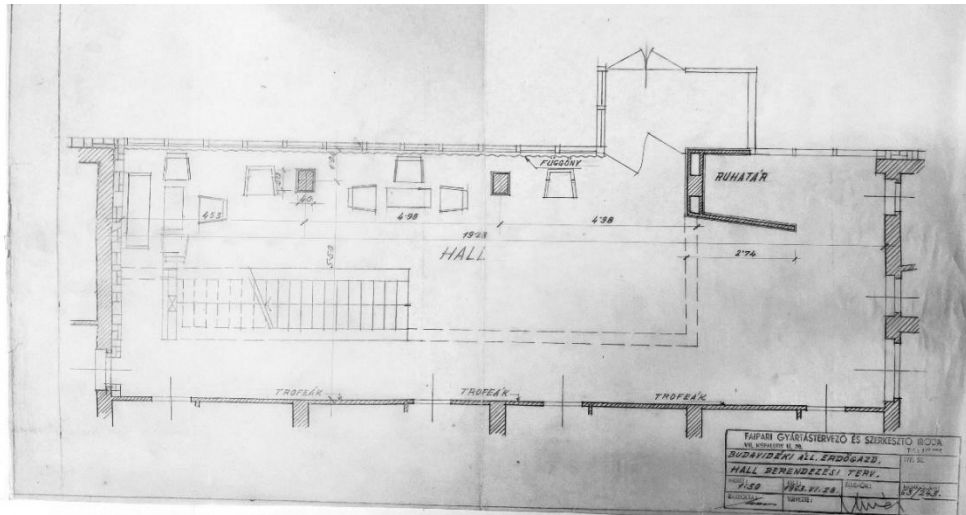
A kutatás anyagát a Bútoripari Fejlesztési Intézet (BIFI) fennmaradt bútoripari tervanyaga képezi, amely a 20. század második felének ipari bútortervezési gyakorlatába nyújt betekintést (SOE Könyvtár és Levéltár Központi Levéltár, 2026). A vizsgálat a teljes gyűjteményen belül egy szűkített részhalmozatra fókuszál, azon tervekre, amelyek természetközeli, erdei funkciókhoz kapcsolódó épületek enteriőrjeihez készültek. Ezen belül esettanulmányként a Telki vadászház egykori berendezéséhez kapcsolódó bútortervek kerültek kiválasztásra, mivel ezek jól reprezentálják a korabeli tartósságra és anyagtakarékosságra törekvő tervezési szemléletet. A módszertan kvalitatív jellegű, elsősorban dokumentumelemzésen alapul.

A vizsgálat során a műszaki rajzok és tervlapok szerkezeti felépítése, anyaghasználata és funkcionális logikája került elemzésre. A bútortervek értékelése során kiemelt szempont volt a szerkezeti egyszerűség, a javíthatóság és a szétszerelhetőség lehetősége, valamint az anyagfelhasználás racionalitása. A módszertani megközelítés kiterjedt a bútorok funkcionális környezetének értelmezésére is. A Telki vadászház esetében az épület rendeltetéséből fakadó használati igények meghatározó keretet adtak a bútortervek értelmezéséhez. Ezek, az elemzés során, az épület későbbi felújításával összefüggésben kerültek vizsgálatra (Koller Építész Stúdió, 2005). A cél nem a történeti tervek pontos rekonstrukciója, hanem azoknak a konstrukciós és anyaghasználati elveknek a feltárása, amelyek a mai fenntartható bútoripari gyakorlat számára is relevánsak. Jelen kutatás így egy értelmező, összehasonlító szemléletet követ, amely a múlt bútortervezési logikáit a kortárs körforgásos tervezés keretrendszerében értelmezi újra.

Esettanulmány: A Telki Vadászház bútortervei

A Telki vadászház belsőépítészeti és bútoripari tervanyaga különösen értékes forrást jelent a 20. század közepének állami faipari és bútoripari tervezési gyakorlatának vizsgálatához. Az épület a Budavidéki Állami Erdőgazdaság kezelésében állt, és funkcióját tekintve egyszerre szolgált vadászati célokat, reprezentatív társasági eseményeket, valamint pihenési és munkavégzési funkciókat. E komplex használat a bútorozás kialakításában is egyértelműen megjelenik. A fennmaradt tervlapok tanúsága szerint a belső berendezés egységes koncepció alapján, a Faipari Gyártmánytervező és Szerkesztő Iroda (Későbbi nevén röviden: BIFI) közreműködésével készült az 1960-as évek elején. A rajzokon feltüntetett munkaszámok 63/243 (Korábbi munkaszám: 52/118. és 53/54.) lehetővé teszik a tervanyag pontos azonosítását és archiválási kontextusba helyezését, ami különösen fontos a történeti faipari dokumentáció kutathatósága szempontjából.

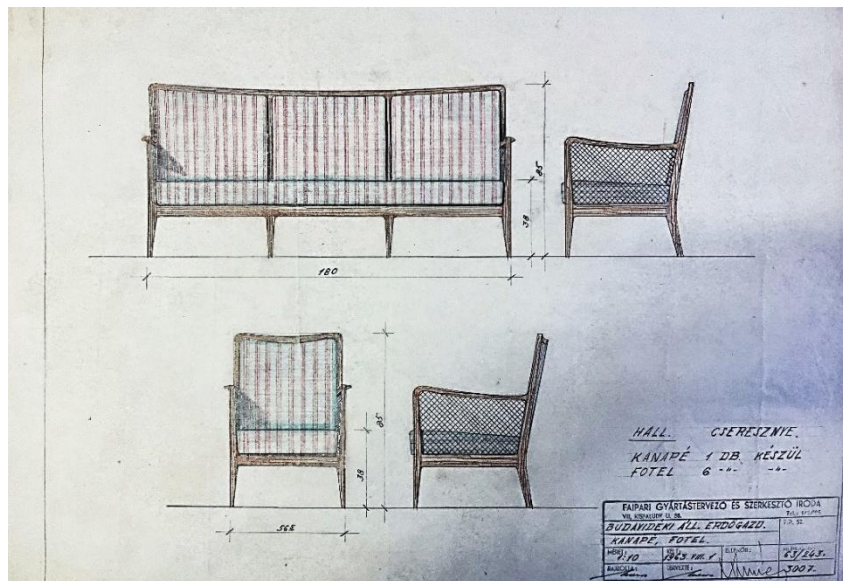
Az alaprajzok és perspektivikus ábrázolások alapján a vadászház belső tereit világosan elkülönülő, mégis egymással szoros kapcsolatban álló funkcionális egységek alkotják: hall, társalgó, dolgozó, étkező és hálófunkciók. A bútorozás nem pusztán a terek berendezését szolgálja, hanem aktívan részt vesz azok szervezésében: az ülőcsoportok, asztalok és tárolóbútorok elhelyezése egyértelműen kijelöli a társasági, pihenési és munkavégzési zónákat (1. ábra). A bútorok elrendezése lehetővé teszi a hosszabb tartózkodást, beszélgetést és reprezentatív használatot, miközben a közlekedési útvonalak szabadon maradnak. Ez a térhasználati logika jól illeszkedik az erdei létesítményekre jellemző, rugalmas és többfunkciós használathoz. A szerkezeti kialakítás a korabeli faipari racionalitást tükrözi: a nagy igénybevételnek kitett elemek tömörfából készültek, míg a nagyobb felületeken furnérozott lapanyagok jelentek meg. Ez a megoldás egyszerre szolgálta az anyagtakarékosságot és az egységes megjelenést, ami a mai fenntarthatósági szemlélet szempontjából is releváns tervezési elvként értelmezhető.



1. ábra: Telki- vadászház alaprajz

Forrás: Faipari Gyártmánytervező és Szerkesztő Iroda, 1963
 SOE Könyvtár és Levéltár Központi Levéltár 2026

A részletrajzok tanúsága szerint a bútorok klasszikus, időtálló szerkezeti logikát követnek. A csapozott és rejtett kötések stabilitást biztosítanak, ugyanakkor lehetővé teszik az egyes elemek javítását vagy cseréjét. A kárpitozott ülőbútorok esetében a fa vázszerkezet és a kárpitos szerkezet elkülönül, ami lehetőséget ad a kopásnak kitett felületek megújítására a teljes bútor cseréje nélkül (2. ábra).



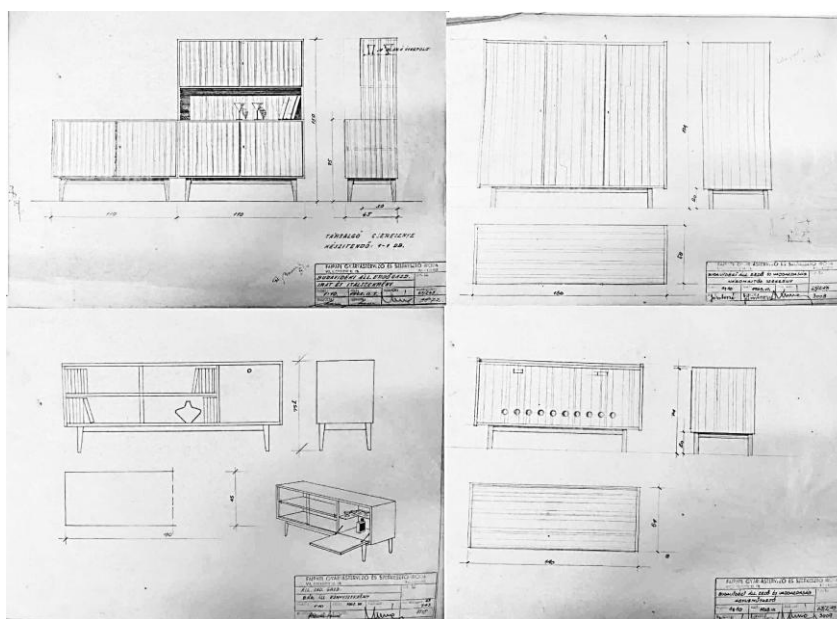
2. ábra: Hall – Kanapé és fotel

Forrás: Faipari Gyártmánytervező és Szerkesztő Iroda, 1963
 SOE Könyvtár és Levéltár Központi Levéltár 2026

Ez a megközelítés a hosszú élettartamra tervezést és az életciklus-hosszabbítást szolgálja, amely a körforgásos tervezés egyik alapelve. A bútorok nem egyszer használatos tárgyakként, hanem tartós, karbantartható berendezési elemként jelennek meg. A bútorok anyagválasztása is ezt tükrözte (Bútor és Fafeldolgozóipari Lapszemle, 1958-63). A tervekben megjelenő cseresznyefa olyan faanyag, amelyet a korabeli faipari szakirodalom jó megmunkálhatósága, megfelelő szilárdsági tulajdonságai és kedvező kopásállósága miatt ajánlott bútortipari felhasználásra. A cseresznye közepes keménysége lehetővé tette a precíz szerkezeti

kialakítást, miközben alkalmas maradt a hosszú távú igénybevétel elviselésére (Babos et. al. 1979). A cseresznyefa alkalmazása esztétikai szempontból is indokolt volt: meleg tónusú színe és finom erezete a reprezentatív belső terekben időtálló megjelenést biztosított, amely nem igényelt gyakori felületmegújítást. A faanyag természetes öregedése során kialakuló patina tovább erősítette a bútorok karakterét, ami összhangban állt az erdei környezethez kapcsolódó, természetes anyaghasználatra épülő belsőépítészeti koncepcióval. A cseresznyefa ilyen módon nem csupán szerkezeti alapanyagként, hanem a tartósságot és az anyag-tudatosságot kifejező tervezési döntésként jelent meg a Telki vadászház berendezéseiben (Babos et. al. 1979).

A berendezési tervanyag további jellegzetes eleme a hallhoz és a társalgóhoz kapcsolódó tárolóbútorok és szekrények kialakítása. Ezek a bútorok a tervrajzok tanúsága szerint egyszerű, letisztult szerkezeti felépítést követnek, hangsúlyozva a funkcionalitást és az anyag-takarékosságot. A szekrények méretezése és belső osztása a vadászház használati igényeihez igazodott, lehetővé téve ruházat, felszerelések és kisebb tárgyak rendszerezett elhelyezését, miközben a bútorok nem váltak domináns elemmé a térben. A tárolóbútorok esetében is megfigyelhető a tömörfa–furnérozott felület kombinációja, valamint az egyszerű, jól hozzáférhető kötési megoldások alkalmazása. Ez a kialakítás elősegítette a bútorok hosszú távú használatát és karbantartását, valamint összhangban állt a vadászház természetközeli, visszafogott belsőépítészeti koncepciójával. A tárolóbútorok így nem csupán kiszolgáló elemekként, hanem a tér egységes arculatát erősítő, tartós berendezési tárgyakként értelmezhetők (SOE Könyvtár és Levéltár Központi Levéltár 2026).



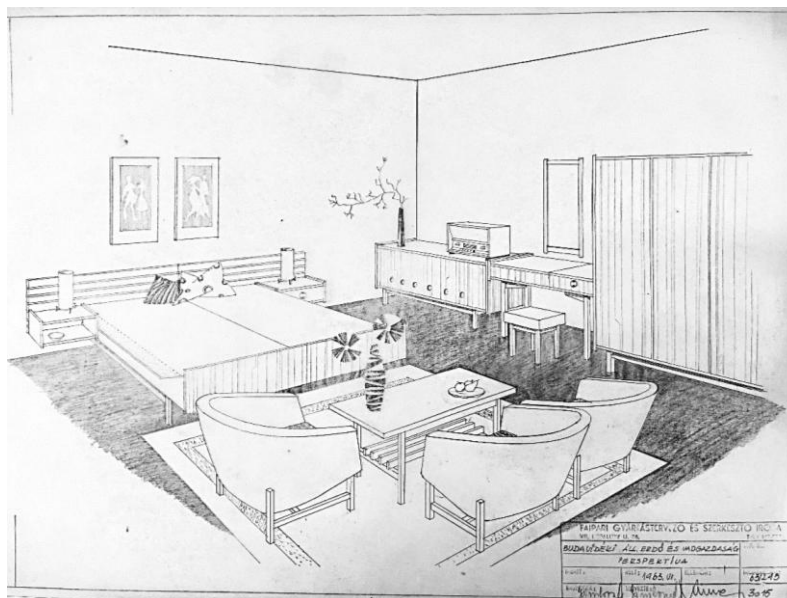
3. ábra: Tárolóbútorok és szekrények

Forrás: Faipari Gyártmánytervező és Szerkesztő Iroda, 1963

SOE Könyvtár és Levéltár Központi Levéltár 2026

A bútorok tartósságát és funkcionális rugalmasságát a későbbi használat is visszaigazolta. Keszleri Józseffel folytatott rövid beszélgetés során visszaemlékezésében elmondta, hogy a 2005–2006-os felújítás idején a vadászházban még több eredeti berendezési elem jelen volt, köztük a hálósobák ágyai is. Ezekhez a falakon elhelyezett fémvázaz rögzítőelemek tartoztak, amelyek lehetővé tették a szimpla ágyak összetolását és stabil franciaágyként történő használatát (4. ábra, ahol jól látható, hogy a franciaágy két külön elemből áll). Ez a megoldás jól példázza a bútorok alkalmazkodóképességét és hosszú távú használhatóságát, amely

túlmutat az eredeti rendeltetésen, valamint a változó igényekhez való igazodást is lehetővé tette.



4. ábra: Hálószoba perspektíva rajza

Forrás: Faipari Gyártmánytervező és Szerkesztő Iroda, 1963
SOE Könyvtár és Levéltár Központi Levéltár 2026

Alkalmazhatóság és innovációs potenciál

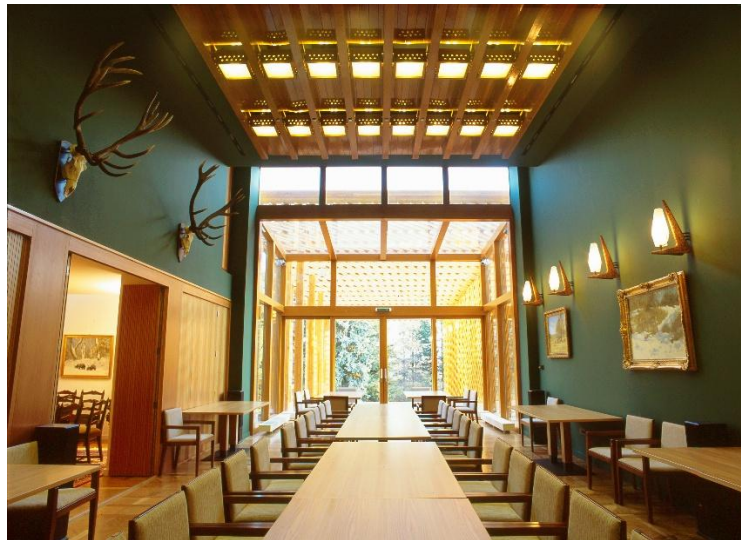
A Telki vadászház esettanulmánya jól szemlélteti, hogy a történeti faipari és belsőépítészeti teranyagok nem csupán múltbeli dokumentumok, hanem olyan alkalmazható tudásforrások, amelyek kortárs tervezési és fenntarthatósági kérdésekre is releváns válaszokat kínálnak. Az épület és berendezéseinek vizsgálata arra utal, hogy az eredeti koncepcióban rejlő potenciált nemcsak elméleti szinten lehet felismerni, hanem az a későbbi beavatkozások során is innovációs alapként szolgálhatott.

A vadászház az 1980-as években kisebb-nagyobb átalakításokon és felújításokon esett át, amelyek során egyes elemek például a külső korlátok és az előcsarnok világítása az eredeti tervektől eltérően módosultak, ugyanakkor az épület alapvető karaktere megmaradt. A legutóbbi felújítást elsősorban az épületszerkezetek, illetve bizonyos funkcionális igények változása tette szükségessé. A felújítás során érvényesülő tervezői szemlélet a Koller Józseffel (Ybl-díjas, kétszeres Pro Architectura díjas építészmérnök) folytatott telefonbeszélgetésből derült ki, melyben elmondta, hogy tudatosan került az eredeti karakter megváltoztatását. A beavatkozások célja az épület korszerűsítése és továbbfejlesztése volt, az eredeti homlokzat, valamint a kő alapanyag adta markáns megjelenés kihangsúlyozása mellett. A cél tehát az volt, hogy az épület egész megjelenését gazdagítsák, miközben annak meglévő értékei maradjanak sértetlenek (5. ábra).



5. ábra: A felújított homlokzat (Koller Építész Stúdió, 2005)

A Telki vadászház napjainkban is aktív használatban van: Budapesttől mintegy 12 km-re, a Budakeszi Vadaspark és Arborétum közvetlen közelében található, teljeskörűen felújított, szállás- és rendezvényfunkciókat ellátó létesítményként működik. Az épület két apartmannal és nyolc kétágyas szobával összesen húsz fő elhelyezésére alkalmas, társalgóval, ebédlővel és konferenciateremmel kiegészülve. A jelenlegi szolgáltatások a kortárs igényekhez igazodnak, ugyanakkor az épület alapvető rendeltetése nem változott meg: továbbra is vendégfogadást, pihenést és közösségi tartózkodást tesz lehetővé, szoros kapcsolatban a természeti környezettel (Természetjáró 2024). A jelenlegi állapot bemutatását a felújítást követően készült, Keszleri József által rendelkezésre bocsátott fotódokumentáció egészíti ki, amely az épület mai használatát és térkapcsolatait teszi érzékletessé (6. ábra).



6. ábra: A felújított tárgyaló interior Forrás: Keszleri József, 2026

Innovációs szempontból különösen jelentős, hogy a vadászház eredeti funkcióját mindmáig betölti, ami a történeti faipari és belsőépítészeti tervanyagok vizsgálata során rendkívül ritka jelenségnek számít. A kutatás során feldolgozott tervanyagok között csak elvétve találhatók olyan épület- és belsőtér-rendezési tervek, amelyek esetében az épület nemcsak fennmaradt, hanem folyamatos használat mellett, eredeti rendeltetéséhez közeli funkcióval működik. Ez a körülmény lehetőséget ad arra, hogy a történeti tervezési döntések hosszú távú működőképessége és adaptálhatósága a gyakorlatban is értelmezhető legyen. A bútorok és belső be rendezések esetében ez különösen jól tetten érhető. A tartósságra, javíthatóságra és

anyagtudatosságra épülő konstrukciók nemcsak esztétikai vagy korhoz kötött megoldások voltak, hanem olyan tervezési elvek megnyilvánulásai, amelyek a mai fenntartható és körforgásos szemlélet számára iránymutatóak.

Következtetések

A Telki vadászház példája arra mutat rá, hogy a történeti faipari és bútorigari örökség nem csupán megőrzendő érték, hanem kortárs tervezési és innovációs potenciált hordozó erőforrás. A bútorigari gyakorlat számára a vizsgált tervanyagok olyan referenciaértékkel bírnak, amelyek hozzájárulnak a rövid élettartamú, cserére tervezett termékekkel szemben a hosszú távú használatra optimalizált konstrukciók előtérbe helyezéséhez. Emellett az esettanulmány rámutat arra is, hogy az építészeti és bútorigari örökség összehangolt kezelése a korszerűsítés és értékmegőrzés egyensúlyára törekedve hatékony eszköze lehet a fenntartható és körforgásos tervezési szemlélet gyakorlati megvalósításának.

Irodalomjegyzék

- ANDRÁSI LÁSZLÓ (2023): *Fenntarthatóság a fa- és bútorigar ágazatban. Zöld Föld Füzetek, 3. sz. Zöld Föld pedagógiai program, Budapest.* Megtekintve 2026.01.02. [https://www.zold-fold.hu/letoltes/fuzetek/_03_Faipar_output.pdf]
- ANTAL, MÁRIA RÉKA - NAGY, VIVIEN (2025) A bútorigarok és kiállítások szerepe a 19-20. században. In: *A kreatív ipar az alkotói és befogadói szemléletben.* Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 136-145. ISBN 9789633345511 DOI: [<https://doi.org/10.35511/978-963-334-551-1-14>]
- DR. BABOS, KÁROLY - DR. FILLO, ZOLTÁN - DR. SOMKUTI, ELEMÉR (1979): *Haszonfák.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. ISBN 963-10-2582-9
- EGSZB (2024): *Javaslat az EU faipari stratégiájára.* Európai Gazdasági és Szociális Bizottság, Brüsszel. Megtekintve 2026.01.04. [<https://fataj.hu/2024/07/javaslat-az-eu-faipari-strategiajara/>]
- FATÁJ – HALASI RITA MÁRIA (2022): *Fenntartható bútorigar – miért elkerülhetetlen a szemléletváltás?* FATÁJ – Faipari és erdészeti szakportál. Megtekintve 2026.01.04. [<https://fataj.hu/2022/02/fenntarthato-butorigar/>]
- KOLLER ÉPÍTÉSZ STÚDIÓ (2005): *Telki Vadászház projektoldal.* Koller és Társa Tervező Kft. honlapja, Budakeszi. Megtekintve 2026.01.02. [<https://kollermuterem.hu/munka/telki-vadaszhaz/>]
- MESÉL AZ ERDŐ (2017): *Mesél az erdő – A gyorstüzelő főtítká, a fakezű géniusz, a bicikliző medve és a láncos vadászkutya kalandjai.*, NTF – Nemzeti Tanácsadó Fórum online magazin. Megtekintve: 2026.01.04. [https://ntf.hu/index.php/2017/01/22/mesel_az_erdo_a_gyorstuzelo_fotitkar_a_fakezu_geniusz_a_biciklizo_medve_es_a_lancos_vadaszkutya_kalandjai/?utm_source=chatgpt.com]
- NAGY, V. - ANTAL, M. R. (2025): *The kitchens of the past, the modules of the future: The evolution of kitchen design at the dawn of the digital age and today.* Pro Ligno, 21(4), 105-112. Megtekintve 2026.01.04. [<https://www.proligno.ro/en/articles/2025/202504.htm>]
- OFFICELIFE (2022): *Mitől fenntartható egy bútorigar?*, Officelife – irodai és lakberendezési szakportál. Megtekintve 2026.01.04. [<http://officelife.hu/mitol-fenntarthato-egy-butorigar/>]
- SOPRONI EGYETEM KÖZPONTI LEVÉLTÁR ANYAGA:
SOPRONI EGYETEM KÖZPONTI KÖNYVTÁR ÉS LEVÉLTÁR KÖZPONTI LEVÉLTÁR 41. FOND: Bútorigari Fejlesztési Intézet tervanyagai & Nagy Vivien: *A magyar ipari bútorigar tervezés tradiciójának értékeinek kutatása, továbbfejlesztésük lehetőségeinek feltárása c. Doktori Kutatási anyag*
BÚTOR ÉS FAFELDOLGOZÓIPARI LAPSZEMLE (1958-63) ISSN 0201-1506; Budapest; Kiadó: Faipari Gyártástervező és Szerkesztő Iroda
BÚTORIPARI LAPSZEMLE (1964-71) ISSN 0201-1514; Budapest; Kiadó: Faipari Gyártás és Gyártmánytervező Iroda
- STAHEL, W. R. (2016): *The circular economy.* Nature, 531(7595), 435-438. Megtekintve 2026.01.03. [<https://doi.org/10.1038/531435a>]
- TERMÉSZETJÁRÓ (2024): *Budakeszi Vadászház – szálláshely adatlap.* Természetjáró online magazin. Megtekintve: 2026.01.04. [<https://www.termeszettjaro.hu/hu/lodging/panzio/budakeszi-vadaszhaz/25360462/>]

FENNTARTHATÓSÁGI TUDÁS- ÉS ATTITÚDFELMÉRÉS A SOPRONI EGYETEM HALLGATÓI KÖRÉBEN

Sustainability Knowledge and Attitudes: A Survey of Students at the University of Sopron

NÁHLIK ANDRÁS^{1,2}, ELEKNÉ FODOR VERONIKA¹, BAZSÓNÉ BERTALAN LAURA²,
POLGÁR ANDRÁS¹

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

²Soproni Egyetem, Lámfalussy Sándor Közgazdaságtudományi Kar

andras.nahlik@uni-sopron.hu

Kivonat

A fenntarthatósági célok elérése érdekében kulcsfontosságú, hogy a jövő nemzedékei olyan tudományos alapokra helyezhető szaktudást sajátítsanak el a felsőoktatási intézményekben, amelyekkel jövőorientált környezeti, társadalmi és gazdasági döntéseket tudnak hozni a szakmai és magánélet területein. A Soproni Egyetem ezért is tűzte ki a fenntarthatósági átmenet megvalósítását stratégiai célként. Ehhez azonban a témában jártas, valamint a problémák iránt érzékeny és elkötelezett hallgatók megléte nélkülözhetetlen. Kutatásunkban ezért azt tűztük ki célul, hogy feltárjuk a hallgatók fenntarthatósági tudásának és elkötelezettségének szintjét. Strukturált, online kérdőívet hoztunk létre 23 kérdéssel, irányított (eldönthető, egy-, és többválasztós, rangsorolós kérdések) és kifejtős kérdésekkel, melyek a primer, kvantitatív és kvalitatív adatgyűjtés módszertani eszközeként szolgáltak. A hallgatói kitöltés 2024. októberében és novemberében zajlott, a Soproni Egyetem négy karáról összesen 916 értékelhető válasz érkezett. Az eredmények egyaránt lehetőséget adtak számunkra leíró elemzésekre és kapcsolati táblák létrehozására, közleményünkben a legfontosabb eredményeket és következtetéseket mutatjuk be. A hallgatók véleménye szerint a hulladékgazdálkodási és energiahatékonysági kérdések határozzák meg legjobban az egyetemi fenntarthatóságot. Az eredmények egyértelműen rávilágítanak arra, hogy a hallgatók, habár tisztában vannak vele, hogy „Zöld és Fenntartható Egyetem” -re járnak, tudásuk hiányos a fenntarthatóság terén. A kutatás egyik javaslata, hogy az egyetemi döntéshozóknak meg kell találniuk azokat a kommunikációs csatornákat, ahol a leghatékonyabban lehet a hallgatókat érzékenyíteni online és offline formában egyaránt. Minden tantárgy tematikájába javasolt beépíteni a fenntarthatósági aspektusokat. Az elkötelezettség növelése érdekében fokozandó a saját fenntarthatósági üzenetek hangsúlyozása („Természetesen Veled!” jelmondat, természetpozitív egyetem, kerékpárosbarát munkahely stb.), valamint a tantárgyak széles körében alkalmazni szükséges az ENSZ SDG-alapú besorolást.

Abstract

In order to achieve sustainability goals, it is crucial that future generations acquire scientifically grounded professional knowledge in higher education institutions that enables them to make future-oriented environmental, social, and economic decisions in both their professional and private lives. For this reason, the University of Sopron has set the implementation of the sustainability transition as a strategic objective. However, this cannot be achieved without students who are knowledgeable in the topic and sensitive and committed to addressing sustainability-related challenges. Therefore, the aim of our research was to explore the level of students' sustainability knowledge and commitment. We developed a structured online questionnaire consisting of 23 questions, including guided (yes/no, single- and multiple-choice, ranking) and open-ended questions, serving as methodological tools for primary quantitative and qualitative data collection. Data collection took place in October and November 2024, and a total of 916 valid responses were received from students of the four

faculties of the University of Sopron. The results allowed for both descriptive analyses and the creation of contingency tables. In our presentation and conference paper, we highlight the most important findings and conclusions. According to the students, waste management and energy efficiency issues play the most significant role in defining university sustainability. The results clearly indicate that although students are aware that they study at a “Green and Sustainable University,” their knowledge of sustainability remains incomplete. One of the key recommendations of the research is that university decision-makers should identify the most effective communication channels through which students can be sensitized to sustainability issues, both online and offline. It is recommended that sustainability aspects be integrated into the curricula of all courses. In order to increase commitment, greater emphasis should be placed on the university’s own sustainability messages (e.g., the “Naturally with You!” slogan, nature-positive university initiatives, bicycle-friendly workplace), and UN SDG-based classification should be applied across a wide range of courses.

Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben a fenntarthatóság az élet szinte minden területén központi kérdéskörre vált. Az egyetemek számára is kulcsfontosságú a fenntarthatósági átállás, amit jól mutat, hogy egyre több felsőoktatási intézmény tűzi ki stratégiai célként a fenntarthatóság megvalósítását, illetve kapcsolódik be nemzetközi fenntarthatósági egyetemi rangsorokba, mint például a UI GreenMetric.

A Soproni Egyetem (SOE) ezen a téren – képzési portfóliójának megfelelően – iránymutató szerepre törekszik Magyarországon, amit mottója is kifejez: „Soproni Egyetem - Természetesen Veled!”. Évről évre egyre előkelőbb helyen végez a UI GreenMetric rangsorában, és a 2025-ös évben első alkalommal került be a globális rangsor TOP 100 egyeteme közé 1745 felsőoktatási intézmény közül (SOE, 2025). Elektronikai hulladékgyűjtési kampánya világszerte első volt, valamint harmadjára nyerte el az Építési és Közlekedési Minisztérium pályázatán a „Kerékpárosbarát Munkahely” címet.

Az egyetem törekvéseit erősíti, hogy műszaki és agrár képzésein – az Erdőmérnöki Karon, valamint a Faipari Mérnöki és Kreatívipari Karon – végzett hallgatók szakértelmükkel jelentősen hozzájárulnak a klímaváltozás elleni küzdelemhez és a fenntarthatóság eléréséhez. Ezekben a karokon műszaki, agrár, természettudományos, informatikai és kreatívipari művészeti képzések is megtalálhatók. Az egyetemen a társadalomtudományok is kiemelt szerepet kapnak a fenntarthatóság szolgálatában: a Lámfalussy Sándor Közgazdaságtudományi Karon a környezeti problémák iránt elkötelezett gazdasági szakembereket képeznek, míg a Benedek Elek Pedagógiai Karon felelősen gondolkodó pedagógusokat, akik már kisgyermekkorától kezdve megvalósítják a környezeti nevelést és érzékenyítést.

Az intézmény életében ezek a törekvések 2020-tól stratégiai szinten is megjelennek. Ekkor került kialakításra a „Sound of Earth – University of Sopron” Megvalósítási Program (SOEMP), amelynek egyik lényeges eleme az „Egyetem, mint Élő Labor” koncepció (Living Lab Concept) (FÁBIÁN et al., 2024). E tanulmány a következő kérdésekre keresi a választ, miszerint a Soproni Egyetem hallgatói:

- mennyire elkötelezettek a fenntarthatóság iránt?
- Nyitottak-e ismereteik bővítésére és mélyítésére?
- Mennyire ismerik egyetemük fenntarthatósági törekvéseit és eredményeit?
- Milyen irányba fejlesztenék tovább az egyetemi fenntarthatóságot?

Szakirodalmi összefoglaló

Az egyetemi fenntarthatósági törekvések komplex folyamatot tükröznek, amely az érintettek széles körének bevonását igényli. Az érintettek közül az adott intézmény hallgatói kiemelt fontosságúak (GRAVES–ERIKSON, 2024), hiszen az egyetemek alapvető célja, hogy tudományos alapokon nyugvó, versenyképes szaktudást adjanak át a fiatal generációnak. Ez átfogó feladat kell, hogy legyen, azonban sok esetben a hallgatók bevonása még csak projektek mentén valósul meg az egyetem fenntarthatósági törekvéseibe és céljainak megvalósításába (HORN et al., 2023). Ennek kiterjesztése ugyanakkor kulcsfontosságú, mivel a fenntartható egyetemi működés kizárólag a hallgatók aktív közreműködésével érhető el (CONCINA–FRATE, 2023).

Leal Filho és szerzőtársai (2023) kutatása szerint a hallgatók nyitottak a fenntarthatósági kérdések iránt, mivel tisztában vannak a klímaváltozás okozta kihívásokkal és kockázatokkal. A cél elérése érdekében elengedhetetlen, hogy megismerjük a hallgatók fenntarthatósághoz való hozzáállását, ismereteit, valamint az egyetemi fenntarthatóságról kialakított véleményüket. Számos kutatás foglalkozott e tényezők feltárásával. Egyes vizsgálatok megállapították, hogy a hallgatók rendelkeznek fenntarthatósági ismeretekkel, azonban azokat nem mindig sikerül a gyakorlatban alkalmazniuk (AHMAD et al., 2015; LEAL et al., 2024). Egy hazai kutatás (SZEBERÉNYI et al., 2022) is hasonló eredményeket mutatott az elméleti és a gyakorlati tudás viszonylatában. Erre megoldást jelenthet Ásványi és szerzőtársai (2022) következtetése, mely szerint az elméleti tananyag elsajátítása mellett gyakorlati tevékenységekre ösztönző szemléletformálásra is szükség van.

A hallgatók körében a fenntarthatósági tudás és a klímatudatosság jelentős eltéréseket mutathat demográfiai jellemzők, valamint a képzés tudományterülete alapján. López-Bermúdez és szerzőtársai (2025) arra a következtetésre jutottak, hogy a női hallgatók nagyobb érdeklődést és érzékenységet mutattak a téma iránt. Alter és Mónus (2024) kutatása alapján az úgynevezett STEM tudományterületen tanuló hallgatók jelentősen kedvezőtlenebb attitűdöket mutattak a fenntarthatósági kérdéskörökkel kapcsolatban.

Mészáros és Németh (2025) – hozzánk hasonlóan – a Soproni Egyetem hallgatói körében végezték kutatásukat, azonban mindössze két kar 233 hallgatójának bevonásával. Eredményeik szerint mindkét kar hallgatói a környezetszennyezést, a klímaváltozást és a túlnépesedést tartják a legégetőbb problémáknak. Következtetésük alapján az egyetem leginkább a szelektív hulladékgyűjtés területén tudja bevonni hallgatóit. Ezek az eredmények egybevágóan Nagy (2023) kutatásával, aki szintén arra mutatott rá, hogy az egyetemi fenntarthatóság hallgatói észlelése leginkább a szelektív hulladékgyűjtéshez kapcsolódik.

Anyag és módszer

Kutatásunk célja a Soproni Egyetem hallgatóinak fenntarthatósági attitűdjeinek feltárása volt, beleértve az egyetemi fenntarthatósággal kapcsolatos ismereteiket, valamint felsőoktatási intézményük fenntarthatósági törekvéseivel kapcsolatos percepcióikat és azt, hogy mennyire érzik magukénak ezeket. Összeállítottunk egy strukturált, kvalitatív online kérdőívet, amelyet az egyetem hallgatói körében terjesztettünk 2024 őszén. A kérdőív kitöltési kampányában nappali tagozatos hallgatók vettek részt; a továbbiakban a „hallgató” kifejezés alatt a kutatásban részt vevő nappali tagozatos hallgatókat értjük.

A kérdéssor összesen 23 kérdést tartalmazott. Ezek között 8 eldöntendő, 3 egyválasztós, 4 többválasztós, 2 Likert-skálás, 1 rangsorolós és 5 kifejtendő kérdés szerepelt. A terjedelmi korlátok miatt jelen tanulmány nem foglalkozik a kifejtendő kérdések részletes bemutatásával. A kérdőívet 2024 októberében és novemberében online terjesztettük, az adatokat Excel-adattáblába exportáltuk, majd kiszűrtük az értékelhetetlen válaszokat.

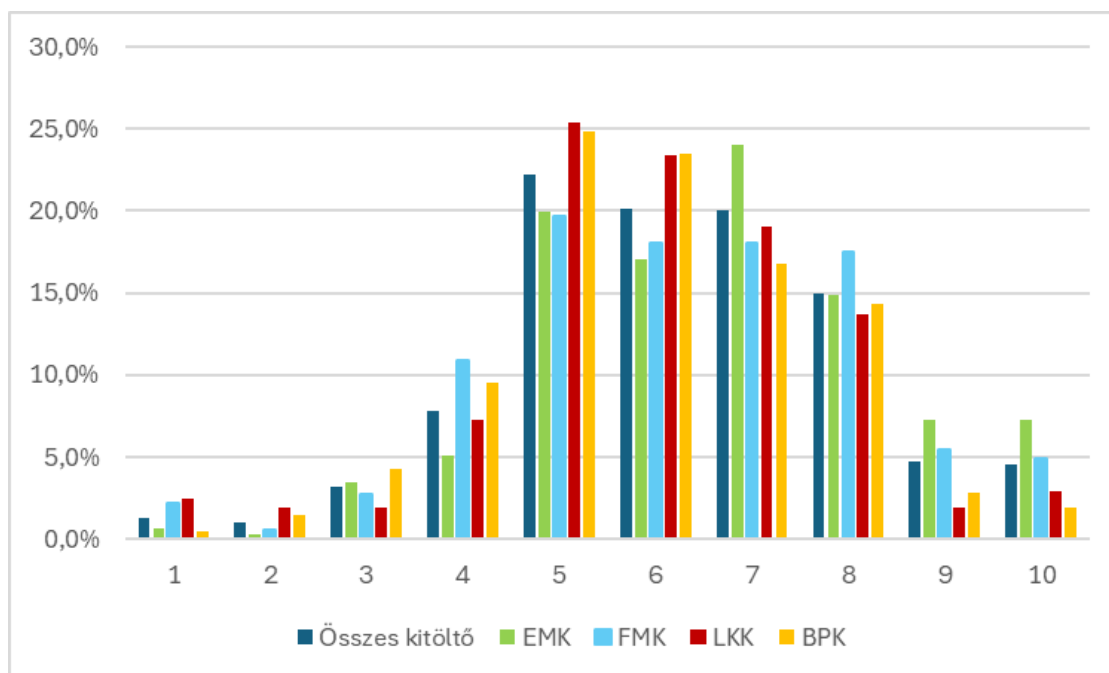
A kérdőívben alkalmazott módszerek a fenntarthatósági attitűdök három fő összetevőjét – kognitív, affektív és konatív (ismereti, érzelmi, cselekvéses) dimenziókat – operacionalizálták. Emellett tematikusan is négy fő csoportba sorolhatók a kérdések. Ezek közé tartoztak a demográfiai és háttérváltozókra vonatkozó kérdések, a tudásfelmérést célzó kérdések, a viselkedési szándékokra irányuló kérdések, valamint a globális fenntarthatósági célok ismeretére vonatkozó kérdések.

Az első csoport arányskálás és nominális típusú kérdései a kitöltők karára, nemére, képzésére, valamint tanulmányaik megkezdésének időpontjára vonatkoztak. A második csoportban a fenntarthatóság definíciójára, a saját fenntarthatósági tudás önértékelésére, a szelektív hulladékgyűjtéssel kapcsolatos magabiztosságra, valamint a „természetpozitív egyetem” fogalmának értelmezésére kérdeztünk rá. A harmadik kérdéscsoport a fenntarthatósági viselkedési szándékokra fókuszált. A kérdések rávilágítottak többek között arra, hogy a hallgatók számára meghatározó szempont volt-e egy fenntartható egyetemre való jelentkezés, illetve, hogy érdeklődnének-e szabadon választható, kredites fenntarthatósági kurzusok iránt. A negyedik csoportban a globális célokra (ENSZ 17 Fenntartható Fejlődési Cél) vonatkozó kérdéseket tettünk fel, a hallgató ismeri-e, és érdeklődik-e ezek iránt.

A kérdőívet összesen 916 hallgató töltötte ki értékelhető módon. A kitöltés tanévében, azaz a 2024/2025-ös tanévben az egyetemnek 1713 nappali tagozatos hallgatója volt, ami azt jelenti, hogy a hallgatók több mint fele részt vett a kutatásban, így a mintát reprezentatívnak tekintjük. Az egyetem valamennyi karáról megfelelő mennyiségű válasz érkezett. A legtöbb kitöltő alapképzésen tanul, közülük a legnagyobb arányban az óvodapedagógia, valamint a gazdálkodási és menedzsment szakon. Az összes kitöltő közül a legtöbben az osztatlan erdőmérnök képzés hallgatói voltak (187 fő). A kérdőívet kitöltők 56%-a nő.

Eredmények

Az eredményeket a terjedelmi korlátok miatt a teljességre való törekvést mellőzve mutatjuk be. A kérdőív egyik kérdése a hallgatók fenntarthatósági magabiztosságára irányult, amelyet egy tízfokozatú skálán mértünk.



1. ábra: Fenntarthatósági tudásban való magabiztosság önértékelése (fokozatok: 1-10-ig) (100%=összes adat és karok)

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a hallgatók átlagosan a közepesnél valamivel magabiztosabbnak értékelik fenntarthatósági tudásukat (átlag: 6,25). Az egyes karok és nemek között nem mutatkoztak jelentős eltérések, a sokaság viszonylagos homogenitását a szórás értéke is alátámasztja (1,79). Az alábbi diagram szemlélteti, hogy az egyes karok hallgatói milyen mértékben érzik magukat magabiztosnak fenntarthatósági ismereteik tekintetében.

Eredményeink rávilágítottak arra, hogy a hallgatók többsége számára a fenntarthatóság nem volt meghatározó szempont a pályaválasztás során: mindössze 32,8% jelölte meg, hogy fontos tényezőként vette figyelembe. Nemek szerinti összevetésben a női kitöltők nagyobb arányban tartották fontosnak a fenntarthatóságot. Kari bontásban az Erdőmérnöki Kar hallgatói esetében volt a leginkább meghatározó szempont a fenntarthatóság.

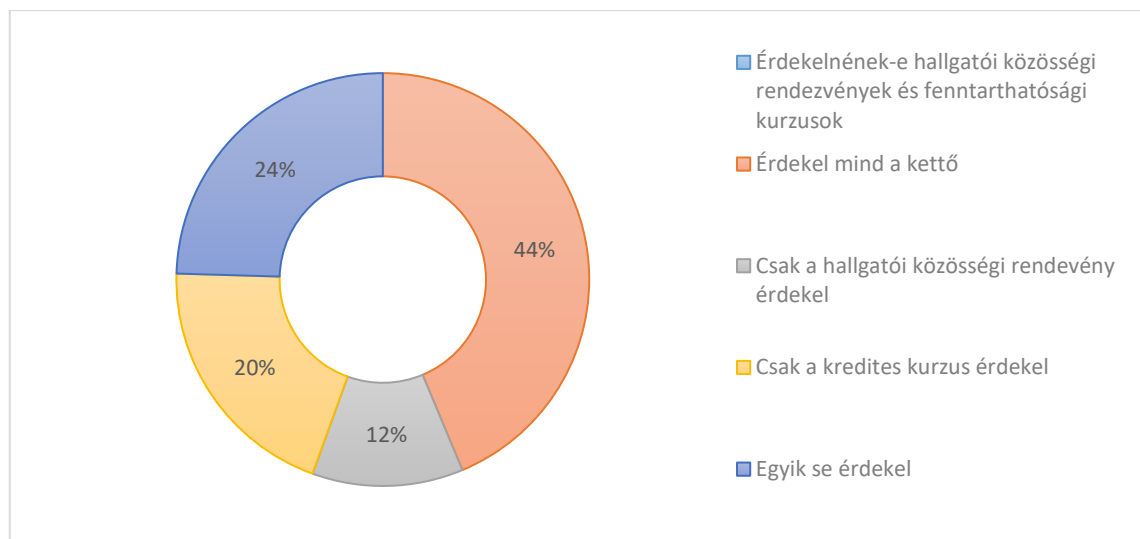
Kutatásunkban fontosnak tartottuk feltárni azt is, hogy a hallgatók szerint milyen intézkedések járulhatnak hozzá leginkább a Soproni Egyetem fenntarthatóbbá válásához. Az általunk megadott válaszlehetőségek közül választhattak. A műszaki és természettudományos profilú karokon (EMK, FMK) a megújuló energiaforrásokra való átállás került a preferenciasorrend élére. A másik két karon (LKK, BPK) a szelektív hulladékgyűjtésre való törekvés bizonyult a legfontosabbnak.

Kutatásunk további két lényeges kérdése arra irányult, hogy a hallgatók mennyire tartják fontosnak, illetve mennyire követik nyomon az egyetem fenntarthatósági rangsorokban való szereplését. A válaszadók 73,2%-a fontosnak tartja a Soproni Egyetem részvételét a fenntarthatósági rangsorokban, paradox módon azonban mindössze 18,2% követi ténylegesen nyomon az ezzel kapcsolatos eredményeket. A két kérdés keresztábra elemzése rávilágított arra, hogy azon a hallgatóknak nagyobb részese követi nyomon a fenntarthatósági rangsorokban való teljesítményt, akik lényegesnek tartják a részvételt.

Kutatásunkban azt is vizsgáltuk, hogy a hallgatók mennyire nyitottak a fenntarthatósághoz kapcsolódó egyetemi képzésekre, valamint a hallgatók által szervezett fenntarthatósági rendezvényekre. Ennek feltárására két eldöntendő kérdést alkalmaztunk. Az eredmények alapján a válaszadók 63,6%-át érdeklik a fenntarthatósági témájú kurzusok, míg a hallgatók által szervezett fenntarthatósági rendezvények iránt 55,6% mutatott érdeklődést.

A keresztábra-elemzések eredményei alapján megállapítható, hogy egyes hallgatói csoportok között jelentős különbségek mutatkoznak az érdeklődés mértékében. Különösen a nemek szerinti bontásban figyelhető meg eltérés, mivel a női hallgatók lényegesen nyitottabbnak bizonyultak a fenntarthatósághoz kapcsolódó képzések és rendezvények iránt, mint a férfi hallgatók.

Amennyiben a fenntarthatósági kurzusok és a fenntarthatósági rendezvények iránti nyitottságot együttesen vizsgáljuk keresztábra segítségével, megállapítható, hogy a hallgatók 44%-a mindkét lehetőség iránt nyitott, míg 24% egyik iránt sem mutat érdeklődést. Ez azt jelenti, hogy a válaszadók több mint kétharmada vagy több formában is nyitott fenntarthatósági ismereteinek bővítésére, vagy egyáltalán nem érdeklődik ilyen irányú kezdeményezések iránt.



2. ábra: Hallgatók érdeklődése a fenntarthatósági kurzusok és rendezvények iránt

A kérdőívben hangsúlyos szerepet kapott a hallgatók szelektív hulladékgyűjtéshez való hozzáállásának vizsgálata. Elsőként azt mértük fel, hogy a válaszadók mennyire érzik magukat magabiztosnak a keletkezett hulladékok megfelelő elhelyezése során. Az eredmények alapján a hallgatók 85%-a magabiztosnak érzi magát a szelektív hulladékgyűjtés területén. Közülük 46,7% saját tudására alapozva, míg 37,5% az egyetemen kihelyezett, a helyes szelektív gyűjtést bemutató plakátok segítségével érzik magukat biztosnak. A válaszadók 13,9%-a bizonytalan a szelektív hulladékgyűjtés témakörében, míg valamivel több mint 1,5%-ot egyáltalán nem érdekel ez a kérdés

A válaszadók tényleges tudásának ellenőrzésére egy kontrollkérdést is alkalmaztunk, amely arra irányult, hogy hová helyeznék el az alumínium italos dobozt. A helyes válasz szerint Sopronban – így a Soproni Egyetemen is – az alumínium dobozokat a műanyag hulladékkal együtt, a sárga színű gyűjtőedénybe kell elhelyezni. A kérdésre a hallgatók mindössze 43%-a adott helyes választ, míg a többséget (53%) a kommunális hulladékgyűjtő lehetősége tévesztette meg.

Kutatásunk kiterjedt a két említett kérdés összehasonlítására is, amely egyértelműen rámutatott arra, hogy a szelektív hulladékgyűjtéssel kapcsolatos magabiztosság nem feltétlenül tükrözi a valós tudásszintet. A fenntarthatósági szemléletformálás szempontjából különösen lényeges annak feltárása, hogy a hallgatói magabiztosság mennyire áll stabil tudásbázison. Az alábbi táblázat szemlélteti, hogy a különböző fenntarthatósági tudásszinttel kapcsolatos magabiztossági kategóriákba tartozó hallgatók milyen arányban jelölték meg a helyes választ, és egyben azt is bemutatja, hogy az önértékelt magabiztosság nem minden esetben tükrözi a tényleges tudást.

1. táblázat: Az alumínium doboz elhelyezésére adott válasz a hallgató fenntarthatósági önértékelés alapján

Magabiztos- ság önértéke- lés	Kommunális gyűjtőbe	Műanyag gyűjtőbe	Papír gyűj- tőbe	Üveg gyűj- tőbe	Végösszeg
1	75,0%	8,3%	8,3%	8,3%	100%
2	77,8%	22,2%	0,0%	0,0%	100%
3	62,1%	31,0%	0,0%	6,9%	100%
4	60,0%	35,7%	1,4%	2,9%	100%
5	59,2%	37,8%	0,5%	2,5%	100%
6	52,7%	44,0%	1,1%	2,2%	100%
7	54,1%	44,2%	1,7%	0,0%	100%
8	47,0%	50,0%	1,5%	1,5%	100%
9	34,9%	60,5%	0,0%	4,7%	100%
10	50,0%	45,2%	2,4%	2,4%	100%
Összes válasz	54,0%	42,6%	1,2%	2,1%	100%

Kutatásunk kiterjedt a globális Fenntartható Fejlődési Célok (ENSZ SDG 1-17) ismertségének vizsgálatára is. Egy eldöntendő kérdés keretében mértük fel, hogy a hallgatók ismerik-e ezeket a célokat. Az eredmények arra utalnak, hogy a globális fenntartható fejlődési célok rendszere nem elterjedt széles körben a hallgatók körében. A válaszadók mindössze 34,2%-a jelezte, hogy ismeri ezeket a célokat. A karok és a nemek között jelentős eltérések mutatkoztak: a férfi hallgatók kevesebb mint 30%-a, míg a Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar hallgatóinak kevesebb mint 25%-a rendelkezett ismeretekkel a globális célokról.

Összefoglalás és következtetések

Kutatásunk a Soproni Egyetem hallgatóinak fenntarthatósági attitűdjeit vizsgálta primer, kvantitatív módszertani eszközök alkalmazásával. A vizsgálat során egy online empirikus kérdőívet alkalmaztunk, amelyet az egyetem belső terjesztési csatornáin keresztül juttattunk el a hallgatókhoz 2024 őszén. A kérdőívet összesen 916 nappali tagozatos hallgató töltötte ki, ami az egyetem teljes nappali hallgatói létszámának (1713 fő) több mint felét jelenti, így a minta reprezentatívnak tekinthető.

Vizsgáltuk, hogy a hallgatók mely fenntarthatósági területeket tartják a legfontosabbnak a fenntartható egyetemi célok elérése szempontjából. Kari bontásban a klímaváltozás elleni fellépést és a szelektív hulladékgyűjtést jelölték meg a legjelentősebb területként. A szakirodalom is megerősíti, hogy a szelektív hulladékgyűjtés észlelése meghatározó tényező a fenntartható egyetemmé válás folyamatában, valamint a hallgatói bevonást leginkább igénylő fenntarthatósági tevékenységek közé tartozik (NAGY 2023; MÉSZÁROS–NÉMETH 2025).

Eredményeink alapján a hallgatók saját fenntarthatósági tudásukat közepes szintűnek ítélik meg, ugyanakkor az objektív mérés szerint ez a tudásszint fejlesztésre szorul. Ezt jól szemléltette a szelektív hulladékgyűjtésre vonatkozó ellenőrző kérdés, amely rávilágított az önértékelés és a tényleges tudás közötti eltérésre. A szelektív hulladékgyűjtéssel kapcsolatos kérdések azt is megmutatták, hogy az elméleti ismeretek hiányosságai a gyakorlati alkalmazás során téves megoldásokhoz vezethetnek, amit más hazai kutatások is megerősítettek (ÁSVÁNYI et al. 2022; SZEBERÉNYI et al. 2022).

Kutatásunk arra is rámutatott, hogy a globális fenntarthatósági célok (ENSZ SDG 1-17) ismeretése alacsony, mivel a hallgatók körülbelül egyharmada rendelkezik ezzel kapcsolatos ismeretekkel. Ennek alapján az egyetem számára kiemelt feladat a célrendszer tudatosítása, amely online és offline kommunikációs eszközök együttes alkalmazásával valósítható meg.

A fenntarthatósági célok elterjesztése érdekében célszerű rendszeres, a hallgatók számára vonzó fenntarthatósági rendezvények szervezése. Emellett indokolt a fenntarthatósági kurzusok tantervébe történő integrálása és az ENSZ SDG 1-17 céljaira épülő online kurzus aktív népszerűsítése, kétirányú, visszajelzést is biztosító kommunikációs csatornák alkalmazásával.

Irodalomjegyzék

- AHMAD, J. – NOOR, S. M. – ISMAIL, N. (2015). Investigating students' environmental knowledge, attitude, practice and communication. *Asian Social Science*, 11(16), 284.
- ALTER, E. – MÓNUS, F. (2024). A STEM szakos hallgatók fenntarthatósági nézetei. *Iskolakultúra*, 34(5), 43-63.
- ÁSVÁNYI, K. – FEHÉR, Z. – ZSÓKA, Á. (2022). „Erősödött bennem a fenntartható életmód iránti igény”. Hogyan fejleszhető az egyetemisták fenntarthatósági tudatossága egy kurzus által? – ‘The demand for a sustainable lifestyle has strengthened in me’. How Can University Students’ Sustainability Consciousness Be Developed by a Course?. *Magyar Tudomány*, 183(1), 79-93.
- CONCINA, E. – FRATE, S. (2023). Assessing university students’ beliefs and attitudes towards sustainability and sustainable development: A systematic review. *Trends in Higher Education*, 2(4), 705-717.
- GRAVES, B. M. – ERICKSON, F. J. (2024). Strategic planning in higher education: perceptions of faculty and administrators at public institutions. *Discover Education*, 3(1), 1-9.
- HORN, A. – SCHEFFELAAR, A. – URIAS, E. – ZWEEKHORST, M. B. (2023). Training students for complex sustainability issues: a literature review on the design of inter-and transdisciplinary higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 24(1), 1-27.
- LEAL, S. – NASCIMENTO, J. – PIKI, A. – TEKEREK, A. – GÜZEL, A. – LOUREIRO, A., ... – OLIVEIRA, S. (2024). Exploring sustainable development perceptions among higher education students: An empirical study on knowledge, attitudes, and behaviours. *Cleaner and Responsible Consumption*, 14, 100223.
- LEAL FILHO, W. – AYAL, D. Y. – WALL, T. – SHIEL, C. – PACO, A. – PACE, P., ... – KOVALEVA, M. (2023). An assessment of attitudes and perceptions of international university students on climate change. *Climate Risk Management*, 39, 100486.
- LÓPEZ-BERMÚDEZ, E. – PALACIOS-GÁLVEZ, M. S. – GARCÍA-MORO, F. J. – GÓMEZ-BAYA, D. (2025). Positive Youth Development and Pro-Environmental Behaviours: Examining the Role of Gender among Spanish University Students. *International Journal of Mental Health Promotion*, 27(9).
- FÁBIÁN A. – LAKATOS F. – ELEKNÉ F. V. V. ÖRSI Á. – NÁHLIK A. – POLGÁR A. (2024): A Soproni Egyetem alkalmazott fenntarthatósági modellje. *Erdészettudományi Közlemények*, 14(1): 33-46. DOI: 10.17164/EK.2024.03
- MÉSZÁROS K – NÉMETH N. (2025) Egyetemi hallgatók és fenntarthatóság. In: FENNTARTHATÓSÁGI ÁTMENET – INNOVÁCIÓS ÖKOSZISZTÉMÁK – DIGITÁLIS MEGOLDÁSOK: Konferenciakötet. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 176-186. ISBN 9789633345504
- SZEBERÉNYI A. – LUKÁCS R. – PAPP-VÁRY Á. F. (2022). A Budapesten tanuló egyetemi hallgatók környezettudatos hozzáállásának vizsgálata. *GAZDASÁG ÉS TÁRSADALOM*, 15(1).

AZ ÚJ UNIÓS ERDŐIRTÁSMENTES TERMÉKEKRE VONATKOZÓ SZABÁLYOZÁS ÁTTEKINTŐ VIZSGÁLATA

An overview of the new EU regulation on deforestation-free products

NÉMETH DÓRA¹, POLGÁR ANDRÁS¹, TÓTH MÁRTON¹, ELEKNÉ FODOR VERONIKA¹

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
dora.nemeth@uni-sopron.hu

Kivonat

Az Európai Unió erdőirtásmentes termékekről szóló rendelete ((EU) 2023/1115) új jogszabályi környezetet teremt az erdőalapú ellátási láncok szereplői számára. A rendelet hatálybalépésével a fenntarthatósági jelentéstétel fókuszja a kvalitatív leírásokról a verifikálható, kvantitatív adatok – elsősorban a geolokáció és az időbélyegzők – irányába mozdul el. Jelen kutatás célja a rendelet általános logikájának és főbb szabályozási elemeinek rendszerező bemutatása, átfogó képet adva a várható változások irányáról. A kutatás a jogszabály szövegének feldolgozásával ismerteti az új rendszer alapvető elvárásait. A vizsgálat kitér arra, hogyan változik meg a fenntarthatósági jelentéstétel megközelítése, és milyen új fogalmakat – például a földrajzi helymeghatározáson alapuló nyomon követést – vezet be az uniós jogalkotó. A kutatás nem technikai részletkérdésekre fókuszál, hanem a szabályozás mögött húzódó elveket és a „kellő gondosság” rendszerének általános felépítését vizsgálja. Az eredmények összegzésként a kutatás rögzíti: az új keretrendszer célja az átláthatóság növelése, amely újfajta adminisztrációs szemléletet követel meg a piaci szereplőktől.

Abstract

The European Union Regulation on deforestation-free products ((EU) 2023/1115) creates a new legal environment for actors in forest-based supply chains. With the Regulation's entry into force, the focus of sustainability reporting shifts from qualitative descriptions to verifiable, quantitative data—primarily geolocation and timestamps. The aim of this research is to present, in a structured manner, the Regulation's general logic and its main regulatory elements, providing a comprehensive overview of the direction of the expected changes. By processing the text of the legislation, the research outlines the fundamental requirements of the new system. The analysis addresses how the approach to sustainability reporting is changing and what new concepts—such as traceability based on geographic location—are being introduced by the EU legislator. The research does not focus on technical details; rather, it examines the principles underlying the regulation and the overall structure of the due diligence system. In summarizing the results, the research states that the objective of the new framework is to increase transparency, which requires a new administrative mindset from market participants.

Bevezetés

Az EUDR a globális erdőirtás és erdődegradáció mérséklését célzó uniós szakpolitikák kiemelt eszköze. A rendelet azt a logikát követi, hogy az uniós fogyasztás és a nemzetközi ellátási láncok keresleti oldali szabályozásán keresztül csökkenthető az Európai Unió közvetett hozzájárulása a természeti erőforrások pusztulásához (European Union, 2023).

A rendelet sajátossága, hogy nem közvetlen erdőgazdálkodási (erdőkezelési) normákat állapít meg, hanem a fa- és fatermékek, illetve más, erdőirtáshoz köthető áruk piacra jutását köti szigorú megfelelési feltételekhez. Ezzel az erdőgazdálkodási és faipari szereplők

(erdőtulajdonosok, gazdálkodók, kitermelők, feldolgozók, kereskedők) adat- és dokumentációs kötelezettségei közvetetten, de érdemben bővülnek (European Union, 2023).

A tanulmány a szabályozás fő elemeit áttekintő, rendszerező megközelítésben tárgyalja. Célszerű annak bemutatása, hogy a rendelet hogyan alakítja át a fenntarthatósági megfelelés „bizonyítási” logikáját, és milyen adminisztratív, szervezeti és információmenedzsment-következményekkel járhat az erdőalapú ellátási láncokban (European Union, 2023).

Irodalmi áttekintés

A globális erdőborítás változásának nagyfelbontású, műholdas alapú feltérképezése alapvetően megváltoztatta az erdőirtás mérésének és ellenőrzésének lehetőségeit. A Landsat-alapú, 30 m felbontású idősorok például a veszteség és nyereség térbeli mintázatait is láthatóvá tették, ami később számos ellátási lánc- és kockázatelemzési megközelítés alapjául szolgált (Hansen et al., 2013). A globális erdővesztés hajtóerőinek elkülönítése (pl. árutermeléshez kötődő terjeszkedés, erdőgazdálkodási kitermelés, tűz, urbanizáció) szintén hozzájárul ahhoz, hogy az ellenőrzési rendszerek a releváns kockázati mintázatokra fókuszáljanak (Curtis et al., 2018).

A deforesztáció „beágyazódása” a nemzetközi kereskedelemben jól dokumentált: egyes fogyasztó régiók erdőnyeresége részben olyan importfolyamatok mellett jelenik meg, amelyek a termelő országokban erdővesztéssel járó árualapokra támaszkodnak (Pendrill et al., 2019). Ezek a felismerések a 2010-es évektől a vállalati zéró-erdőirtás vállalások (ZDC) gyors terjedéséhez vezettek, ugyanakkor a szakirodalom rámutat arra, hogy a vállalások tartalma, ellenőrizhetősége és a szankcionálhatóság erősen heterogén, ami korlátozhatja tényleges hatásukat (Lambin & Furumo, 2023; Garrett et al., 2019). A hatékonyság és a társadalmi igazságosság közötti kompromisszumok (különösen a kisgazdaságok és KKV-k esetében) külön figyelmet igényelnek, mert a túlzott adminisztratív és technológiai belépési korlátok piacvesztéshez vagy kiszoruláshoz vezethetnek (Grabs et al., 2021).

A „zéró-erdőirtás” irányú ellátási lánc-kormányzás egyik visszatérő problémája az indirekt beszerzés (indirect sourcing): amikor a feldolgozó/kereskedői csatornák több forrásból kevernek, a kockázatos eredet „felhígulhat” a rendszerben. A legújabb kutatások szerint az indirekt beszerzés kezelése nélkül a megfelelési rendszerek jelentős kockázatot hagynak lefedetlenül, ezért a beszállítói adatminőség, a nyomonkövetés mélysége és az ellenőrzési kapacitás kritikus tényezők (zu Ermgassen et al., 2022). EUDR-környezetben mindez a parcella-szintű geolokáció, az időszerű távérzékelés-alapú verifikáció és az adatkapcsolatok (kereskedelmi, logisztikai, termelési) integrációja felé tolja a megoldásokat (Verhaeghe & Ramcilovic-Suominen, 2024).

Anyag és módszer

A vizsgálat elsődleges forrása a vonatkozó uniós joganyag: a 2023/1115/EU rendelet és annak 2025. decemberi módosítása. A szövegelemzés kiterjed a tárgyi és személyi hatályra, az alapfogalmakra, valamint a kellő gondossággal felépítésére.

A jogdogmatikai áttekintést kiegészítik a Bizottság által közzétett végrehajtási/értelmezési anyagok (útmutatók, GYIK) és a nyomonkövethetőséget, illetve geolokációt részletező tájékoztatók. Ezek alapján a tanulmány azonosítja azokat a kulcspontokat, amelyek az erdőalapú ellátási láncok szereplői számára a legjelentősebb megfelelési kockázatot és szervezeti kihívást jelenthetik.

A fenti dokumentumelemzést rövid folyamat- és szerepkör-térképezéssel egészítettük ki: az erdőalapú termékek tipikus „operátor–kereskedő–feldolgozó–exportőr” láncában azonosítottuk, hol keletkeznek és hol vesznek el kritikus adatok (különösen a geolokáció és a

tételkapcsolás szempontjából), majd ezek alapján javasoltunk minimális kontrollpontokat a DDS-hez kapcsolódó adatfolyamban (European Commission, 2024; European Commission, n.d.).

A rendelet szabályozási logikája

A rendelet alapfeltevése, hogy bizonyos áruk és termékek előállítása és nemzetközi kereskedelme összefügghet erdőirtással vagy erdődegradációval, ezért az uniós piaci hozzáférést olyan feltételekhez kell kötni, amelyek a termőhely szintjén ellenőrizhetővé teszik az eredetet. A szabályozás ezért a „termőhelyig visszavezethető” nyomonkövethetőséget helyezi a középpontba, és az ellátási lánc szereplőinek felelősségét a piaci művelet (első piacra bocsátás, illetve export) pillanatához kapcsolja (European Union, 2023).

A tárgyi hatály a rendelet mellékletében felsorolt releváns árukhoz és termékekhez igazodik; a releváns áruk között szerepel többek között a fa, míg a releváns termékek a fa felhasználásával készült termékeket is magukban foglalják. A szabályozás így a klasszikus faanyagkereskedelmi csatornákon túl a feldolgozott termékek széles körére is kiterjedhet, ami a downstream láncszemek számára is megfelelési következményeket eredményez (European Union, 2023).

A megfelelés három pillérre épül: (i) erdőirtás- és erdődegradáció-mentesség, (ii) jogszerű előállítás (az érintett termelő ország jogának való megfelelés), (iii) kellő gondosság alapján alátámasztott, dokumentált kockázatkezelés. A rendelet logikája ezzel a „tilalom + bizonyítási kötelezettség” kombinációjára épül (European Union, 2023).

A kellő gondosság rendszere

A rendelet szerint az üzemeltetőknek a piacra bocsátás vagy export előtt kellő gondosságot kell gyakorolniuk. Ennek három fő eleme: (1) információk, adatok és dokumentumok összegyűjtése; (2) kockázatértékelés; (3) kockázatcsökkentés. A rendszer kifejezetten kockázatalapú: a cél annak bizonyítása, hogy a releváns termék megfelelési kockázata „nincs” vagy „elhanyagolható” (European Union, 2023).

Az információgyűjtés magja az eredet igazolhatósága. A rendelet előírja többek között a termelési/kitermelési parcellák geolokációjának megadását, valamint a termelés dátumát vagy időtartamát. A geolokációs követelmény a faalapú termékeknel a kitermelés helyéhez kapcsolódik, és elvileg lehetővé teszi, hogy a hatósági ellenőrzés akár távérzékelési eszközökkel is összevesse a megadott parcellát a vonatkozó erdőborítottsági adatokkal (European Union, 2023).

A kockázatértékelés során az üzemeltetőnek figyelembe kell vennie többek között a termelő ország vagy régió kockázati besorolását, a beszállítói lánc összetettségét, a korrupciós/illegtális fakitermelési kockázat indikátorait, valamint az információk teljességét és megbízhatóságát. Ha a kockázat nem elhanyagolható, kockázatcsökkentő intézkedések szükségesek (pl. kiegészítő adatok bekérése, helyszíni audit, szerződéses garanciák; European Union, 2023).

A folyamat végpontja a kellő gondossági nyilatkozat (due diligence statement) benyújtása az uniós információs rendszeren keresztül. A nyilatkozat benyújtásával az üzemeltető felelősséget vállal a megfelelésért, és a kapcsolódó dokumentációt meghatározott ideig meg kell őriznie. A digitális benyújtás egyben standardizálja az adatszerkezetet, ami a vállalatok oldalán adatminőségi és adatgazdálkodási fejlesztéseket tesz szükségessé (European Union, 2023).

Jelentéstételi paradigmaváltás: kvalitatív leírásokból verifikálható adatok

A fenntarthatósági megfelelés a múltban gyakran narratív jellegű vállalati nyilatkozatokra, tanúsítványokra és belső szabályzatokra épült. Az EUDR ezzel szemben „ellenőrizhető tényállításokat” kér számon: a termék konkrét parcellához és időponthoz kötött, digitálisan felolgozható adatait (European Union, 2023).

A geolokáció és az időbélyeg kötelezővé tétele két irányban erősíti az átláthatóságot. Egyrészt támogatja a hatósági ellenőrzések kockázatalapú célzását (a megadott parcellák összevethetők erdőborítottsági és földhasználati adatokkal), másrészt a piaci szereplők közötti adatátadás standardizálásán keresztül az ellátási lánc belső ellenőrizhetőségét is növeli (European Union, 2023).

Ezzel párhuzamosan nő a megfelelési költségek és a hibakockázatok jelentősége: hiányos vagy pontatlan geoadatok esetén a termék piacra bocsátása akadályba ütközhet. A vállalati megfelelés így nem pusztán jogi és fenntarthatósági kérdés, hanem adatmenedzsment- és informatikai feladat is.

Várható hatások az erdőalapú ellátási láncokra

Az erdőalapú láncokban a nyomonkövethetőség egy része már létező gyakorlatokra épül (pl. fakitermelési dokumentáció, szállítójegyek, tanúsítási rendszerek), azonban az EUDR a termőhely-szintű geolokáció egységes megadásával új minőségi szintet követel. Különösen kihívást jelenthet a sok kis beszállítót magában foglaló struktúrákban az adatgyűjtés és -ellenőrzés megszervezése (European Union, 2023).

A vállalkozásoknak a megfelelés érdekében tipikusan három területen kell kapacitást építeniük: (i) adatgyűjtés (parcella-határok, koordináták, termelési időablak), (ii) adatminőség-ellenőrzés és dokumentumkezelés (bizonyítékok, megfelelési akták), (iii) kockázatkezelési folyamatok (beszállítói értékelés, audit, szerződéses kontroll). E feladatok részben centralizálhatók, de a terepi adatgyűjtés és a beszállítói együttműködés erősítését nem váltják ki.

Az erdőgazdálkodás szempontjából külön kérdés, hogy a jogszerűség igazolása milyen mértékben támaszkodik majd a nemzeti nyilvántartásokra és engedélyezési rendszerekre. A hatósági és vállalati rendszerek közötti adatkapcsolatok (pl. elektronikus interfészek) fejlettsége érdemben befolyásolhatja a megfelelési költséget.

A szabályozás ugyanakkor piaci ösztönzőt is teremthet: a rendezett, digitálisan hozzáférhető erdőgazdálkodási adatok és a transzparens eredet igazolhatósága versenyelőny lehet az uniós piacon, különösen a nagy vevői láncok beszállítói követelményei között.

Megfelelési folyamatmodell és technológiai támaszok

Az EUDR-kötelezettségek teljesítése az erdőalapú termékek esetében jellemzően egy több lépésből álló megfelelési munkafolyamatként értelmezhető, amelynek központi eleme a kellő gondossági nyilatkozat (Due Diligence Statement, DDS) elektronikus benyújtása az uniós információs rendszerben (European Commission, 2024). A folyamat a gyakorlatban akkor működtethető skálázható módon, ha a jogi megfelelés (termékhatály, szerepkör, beszállítói lánc) mellett az adatok strukturált gyűjtése és ellenőrzése is standardizált.

A vállalati folyamatmodell a szakirodalom és a végrehajtási útmutatók alapján az alábbi minimális lépésekre bontható:

- 1) Hatály- és szerepkör-azonosítás: releváns termék/HS-kód, operátor vagy kereskedő minőség meghatározása.
- 2) Beszállítói adatgyűjtés: termelési ország, termelési/kitermelési időintervallum, mennyiségi és logisztikai adatok, jogszerűségi dokumentumok.

3) Geolokáció biztosítása és validálása: a termelési/kitermelési parcellák koordinátái (pont/poligon) és azok minőség-ellenőrzése; a parcella-szintű nyomonkövetés az ellenőrzhetőség előfeltétele (European Commission, n.d.).

4) Kockázatértékelés: deforesztáció- és jogszerűségi kockázat becslése (ország-, táj-, beszállító- és tétel-szint), beleértve az indirekt beszerzési kockázatot is (zu Ermgassen et al., 2022).

5) Kockázatcsökkentés és bizonyítékgyűjtés: szerződéses kontrollok, auditok, tanúsítások, terepi ellenőrzések és kiegészítő távérzékelés-alapú vizsgálatok kombinációja (Lambin & Furumo, 2023; Verhaeghe & Ramcilovic-Suominen, 2024).

6) DDS benyújtása és nyomon követés: nyilatkozat-kezelés, tételkapcsolás, dokumentum-megőrzés és visszakereshetőség az információs rendszerben (European Commission, 2024).

A technológiai oldalról az EUDR a távérzékelés, a geoadatok és az ellátási lánc-információk integrációját ösztönzi. A műholdas megfigyelés a távoli upstream láncszemek átláthatóságát javíthatja, és kiegészítheti a tanúsításokat, különösen erdőkockázatos árualapoknál (Heldt & Beske-Janssen, 2023). Farm-/parcella-szinten a Sentinel-2 képek és gépi tanulási megoldások alkalmasak lehetnek közel valós idejű erdőborítás-változás jelzésére, amely közvetlenül támogathatja a kellő gondossági döntéseket (Reading et al., 2024). A földmegfigyelés (Earth Observation, EO) alkalmazása mellett szóló érvrendszer különösen erős az EUDR ellenőrzési és végrehajtási oldala felől: a skálázhatóság, a független verifikálhatóság és a tagállami kapacitáskülönbségek részbeni kiegyenlítése miatt (Berger et al., 2025).

A közép-európai faanyagpiacokra vonatkozó jogi és intézményi elemzések arra utalnak, hogy az EUDR sikeres bevezetése nemcsak vállalati, hanem hatósági és adat-infrastruktúra oldalon is „digitális érettséget” feltételez; ennek hiányában a megfelelési költségek és a működési kockázatok nőhetnek (Hlaváčková et al., 2025).

Ütemezés és legutóbbi módosítások

A rendelet alkalmazásának időpontja az elfogadást követően többször módosult. A legutóbbi, 2025. decemberi módosítás alapján az EUDR kötelező alkalmazása a közepes és nagy operátorokra és kereskedőkre 2026. december 30-tól, a 2013/34/EU irányelv szerinti mikro- és kisvállalkozásokra pedig 2027. június 30-tól esedékes (European Union, 2025; European Parliament, 2025). A módosítás a határidők kitolása mellett célzott egyszerűsítéseket is bevezet, különös tekintettel a downstream láncszemek adminisztratív terheinek csökkentésére (European Union, 2025).

A faanyag és faalapú termékek esetében a felkészülés szempontjából lényeges, hogy a korábbi EU Timber Regulation (EUTR, 995/2010) 2026. december 30-ával kerül hatályon kívül helyezésre, ugyanakkor egyes, 2023. június 29. előtt előállított tételekre átmeneti rendelkezések vonatkoznak (European Union, 2025). Mivel a kellő gondossági nyilatkozatokat az uniós információs rendszerben kell kezelni, a vállalati adat- és folyamatrendszerek kialakítása, valamint a geolokációs állományok technikai kompatibilitásának tesztelése a határidő kitolása ellenére is azonnali feladat (European Commission, 2024; European Commission, n.d.).

Következtetések

Az EUDR a fenntarthatósági megfelelés területén olyan fordulatot képvisel, amelyben a bizonyíthatóság és az adatminőség központi szerepet kap. A „kellő gondosság” rendszerének lényege, hogy a vállalkozások proaktív kockázatkezeléssel, dokumentált eljárásokkal és parcellaszintű nyomonkövetéssel támasszák alá a termékek erdőirtásmentes és jogszerű eredetét (European Union, 2023).

Az erdőalapú ellátási láncok számára a legnagyobb kihívás várhatóan nem egyetlen jogi rendelkezés, hanem a különböző követelmények összehangolt teljesítése: geolokáció és időbélyeg biztosítása, beszállítói adatok integrálása, kockázatértékelés, valamint a digitális nyilatkozattételi rendszerhez való csatlakozás (European Union, 2023).

Összességében a szabályozás az átláthatóságot növeli, és ezzel új adminisztratív szemléletet követel meg. A sikeres megfelelés feltétele a jogi értelmezés, az erdészeti szakmai tudás és az információmenedzsment közötti integráció (European Union, 2023).

További kutatási és fejlesztési irányt jelenthet a földmegfigyelési (EO) adatok és a vállalati nyomkövetési rendszerek közötti automatizált összekapcsolás, különösen a parcellaszintű kockázatjelzések és a tétel-szintű döntéstámogatás területén. A szakirodalom alapján az EO-alapú verifikáció akkor ad a megfeleléshez érdemi hozzáadott értéket, ha a beszállítói adatminőség és az indirekt beszerzés kezelésére szolgáló szerződéses és szervezeti kontrollok is érettek (zu Ermgassen et al., 2022; Reading et al., 2024; Berger et al., 2025).

Irodalomjegyzék

- BERGER, K., HEROLD, M., & SZANTOI, Z. (2025). Earth observation as enabler for implementing the EU regulation on deforestation-free products. *npj Climate Action*, 4, 68. <https://doi.org/10.1038/s44168-025-00276-9>
- CURTIS, P. G., SLAY, C. M., HARRIS, N. L., TYUKAVINA, A., & HANSEN, M. C. (2018). Classifying drivers of global forest loss. *Science*, 361(6407), 1108–1111. <https://doi.org/10.1126/science.aau3445>
- EUROPEAN COMMISSION. (2024, December 6). EU Deforestation Regulation Information System launches. *European Commission – Directorate-General for Environment*. https://environment.ec.europa.eu/news/eu-deforestation-regulation-information-system-launches-2024-12-06_en
- EUROPEAN COMMISSION. (n.d.). Traceability and geolocation of commodities subject to EUDR. *Green Forum*. Retrieved January 11, 2026, from https://green-forum.ec.europa.eu/nature-and-biodiversity/deforestation-regulation-implementation/traceability-and-geolocation-commodities-subject-eudr_en
- EUROPEAN PARLIAMENT. (2025, December 17). Deforestation law: Parliament adopts changes to postpone and simplify measures [Press release]. *European Parliament News*. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20251211IPR32168/deforestation-law-parliament-adopts-changes-to-postpone-and-simplify-measures>
- EUROPEAN UNION. (2023). *Regulation (EU) 2023/1115 of the European Parliament and of the Council of 31 May 2023 on the making available on the Union market and the export from the Union of certain commodities and products associated with deforestation and forest degradation and repealing Regulation (EU) No 995/2010*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1115/oj/eng>
- EUROPEAN UNION. (2025). *Regulation (EU) 2025/2650 of the European Parliament and of the Council of 19 December 2025 amending Regulation (EU) 2023/1115 as regards certain obligations of operators and traders*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2025/2650/oj/eng>
- GARRETT, R. D., LEVY, S., CARLSON, K. M., ET AL. (2019). Criteria for effective zero-deforestation commitments. *Global Environmental Change*, 54, 135–147. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.11.003>
- GRABS, J., CAMMELLI, F., LEVY, S. A., & GARRETT, R. D. (2021). Designing effective and equitable zero-deforestation supply chain policies. *Global Environmental Change*, 70, 102357. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102357>
- HANSEN, M. C., POTAPOV, P. V., MOORE, R., ET AL. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- HELDT, L., & BESKE-JANSSEN, P. (2023). Solutions from space? A dynamic capabilities perspective on the growing use of satellite technology for managing sustainability in multi-tier supply chains. *International Journal of Production Economics*, 260, 108864. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108864>

- HLAVÁČKOVÁ, P., CEMPÍREK, M., & BŘEZINA, D. (2025). The new EU Timber Regulation 2023/1115 and its legal implications for the Czech forestry and timber sector. *Journal of Forest Science*, 71(12), 575–588. <https://doi.org/10.17221/82/2025-JFS>
- LAMBIN, E. F., & FURUMO, P. R. (2023). Deforestation-free commodity supply chains: Myth or reality? *Annual Review of Environment and Resources*, 48, 237–261. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112321-121436>
- PENDRILL, F., PERSSON, U. M., GODAR, J., & KASTNER, T. (2019). Deforestation displaced: Trade in forest-risk commodities and the prospects for a global forest transition. *Environmental Research Letters*, 14(5), 055003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab0d41>
- READING, I., BIKA, K., DRAKESMITH, T., MCNEILL, C., CHEESBROUGH, S., BYRNE, J., & BALZTER, H. (2024). Due diligence for deforestation-free supply chains with Copernicus Sentinel-2 imagery and machine learning. *Forests*, 15(4), 617. <https://doi.org/10.3390/f15040617>
- VERHAEGHE, E., & RAMCILOVIC-SUOMINEN, S. (2024). Transformation or more of the same? The EU's deforestation-free products regulation through a radical transformation lens. *Environmental Science & Policy*, 158, 103807. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103807>
- ERMGASSEN, E. K. H. J., BASTOS LIMA, M. G., BELLFIELD, H., ET AL. (2022). Addressing indirect sourcing in zero deforestation commodity supply chains. *Science Advances*, 8(17), eabn3132. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abn3132>

LIFE CYCLE ASSESSMENT IMPLEMENTATION IN EUROPEAN BUILDINGS: A QUANTITATIVE REVIEW

ISMAIL NIME¹, MAHDI ECHAJARI¹, ANDRAS POLGAR¹

¹Institute of Environmental Protection and Nature Conservation, University of Sopron, Hungary.
Ismail.nime.inn@gmail.com

Abstract

This paper is a review of the literature on the use of LCA across European buildings. Results show that Residential buildings are the main focus with 16 studies, and offices with 7 studies. Most studies use cradle to grave boundaries and a 50–60 year lifetime. For conventional buildings, the operational phase accounts for 79 to 93% of total impacts while for high performance buildings, embodied impacts increase from 43 to 97%. Reported carbon footprints range from 10 to 71 kgCO_{2e}/m²yr for offices and 269 to 324 kgCO_{2e}/m² for single family houses across different areas. Central and Eastern Europe have an average of 17% higher impacts than Northern and Western Europe. the product stage (A1–A3) is the largest contributor with embodied impacts, accounting for 75% of total embodied greenhouse gas emissions. This shows that material choices and early design decisions are very important in European building LCAs.

Introduction

The building sector represents one of the largest contributors to energy consumption and greenhouse gas emissions in Europe. This makes it important to have ways to measure their environmental impact throughout their entire existence. Life cycle assessment (LCA) is a method to measure the environmental effects of material production, construction, operation, maintenance, and end of life stages of buildings (ORTIZ-RODRIGUEZ et al., 2010, BLENGINI & DI CARLO, 2008, VITALE & ARENA, 2018, ANGELAKOGLU et al., 2025) .

Over the last 20 years, there have been more LCA studies, especially in Europe. These studies evaluated different types of homes and buildings, different ways of building, and different climate contexts (PALEARI et al., 2016, RUCIŃSKA et al., 2020, DE PAULA FILHO et al., 2023, PACHTA & GIOUROU, 2022). Most building LCAs consider the whole building and use common standards when measuring and setting time frames, and often follow European rules (FRISCHKNECHT et al., 2019, RÖCK et al., 2024)

The importance of LCA has increased with the increase in both high performance and net zero energy buildings, and that's because the reductions in operational energy demand are linked to impacts associated with materials and construction processes (MAIERHOFER et al., 2022, PALEARI et al., 2016). At the same time, the adoption variations across the European regions suggest the need for studies that compare methods and geographic contexts (SPUDYS et al., 2024).

This paper reviews the European building LCA studies and examines how life cycle assessment impacts are evaluated across building types and regions quantitatively. It provides an overview of the used methodologies and assessment focus within the literature.

Methodology

We conducted a literature review to examine the application of Life Cycle Assessment (LCA) to residential and office buildings in Europe. The literature search was based on Google scholar database using the following search string: "life cycle assessment" OR "LCA" OR "whole life carbon" AND "embodied carbon" OR "cradle to grave" AND

"residential building" OR "office building" AND "Europe" OR "European Union" OR "EU" AND "EN 15978" OR "building carbon footprint" AND "whole building". The search returned approximately 103 records.

In the first screening stage, we reviewed the titles and abstracts to assess relevance to whole building LCA studies within Europe. Studies focusing only on materials, components, or non buildings were excluded at this stage, and we got 54 potentially relevant publications.

In the second stage, we carried out a full text assessment using precise inclusion criteria including the application of LCA at the whole building level, the European geographic scope, and reporting of quantitative environmental impact results. Following this eligibility assessment, 24 studies met all selection criteria and were included in the final analysis.

Data were extracted on building type, system boundaries, reference study period, functional unit, and life cycle impact distribution. The results were synthesized to identify common methodological practices and dominant life cycle impact patterns.

Results & Discussion

Study characteristics

After following the screening and eligibility assessment, we included 24 studies in the final analysis. The literature shows a focus on residential buildings with 16 studies, and covers both single and multi family housing types (PALEARI et al., 2016, SPUDYS et al., 2024, BLENGINI & DI CARLO, 2008, MONTEIRO & SOARES, 2022, BUYLE et al., 2015, LACHAT et al., 2021). The second most evaluated building type is the office building with 7 studies, and that reflects their relevance within the non residential building sector (FRISCHKNECHT et al., 2019, RUCIŃSKA et al., 2020, RAMON et al., 2022, DE PAULA FILHO et al., 2023, MAIERHOFER et al., 2022).

The geographical scope of the studies covers several European regions, including Northern, Western, Southern, and Central and Eastern Europe, with both single country case studies and multi country analyses were reported (FRISCHKNECHT et al., 2019, RÖCK et al., 2024, SPUDYS et al., 2024, FELICIONI et al., 2023, BARJOT & MALMQVIST, 2024, FROSSARD et al., 2023).

We observed that most studies applied whole building LCA approaches with cradle to grave system boundaries and based on standardized functional units, generally expressed per square meter of floor area, which allows the comparison across building types and regions (PALEARI et al., 2016, MOUTON et al., 2024).

LCA methodological patterns

We observed a high degree of consistency in the methodologies applied across the included studies. The majority of studies employed cradle to grave system boundaries (Figure 1), covering material production, construction, operation, maintenance, and end of life stages (BLENGINI & DI CARLO, 2008, PALEARI et al., 2016, FRISCHKNECHT et al., 2019, MOUTON et al., 2024). Few studies adopted partial life cycle boundaries, typically focusing on operational impacts or embodied stages only (ARISTODEMOU et al., 2024, ORTIZ-RODRIGUEZ et al., 2010).

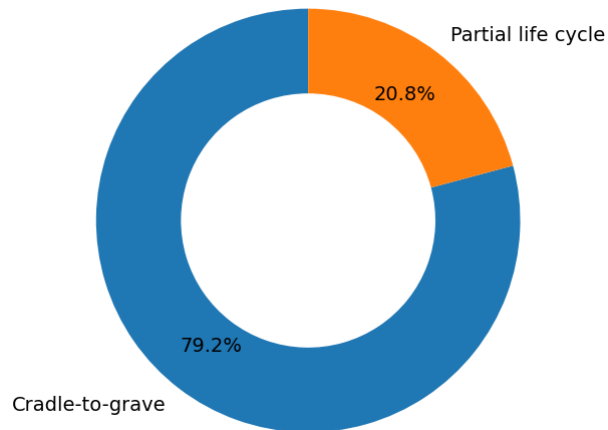


Figure 1: Distribution of studies based on LCA system boundaries

The most reported reference study period was 50 years, followed by 60 year lifetimes, especially in studies assessing office buildings and public or multi family residential buildings (PALEARI et al., 2016, RUCIŃSKA et al., 2020, BROOKS et al., 2021). There are few studies that applied longer reference periods, which shows country specific practices and differences in methodology analysis (FRISCHKNECHT et al., 2019).

Regarding functional units, the dominant reporting approach was based on floor area metrics (Figure 2), with impacts most expressed per square meter (m^2) of floor area. Several studies additionally reported annualized values (per $m^2 \cdot year$) in order to facilitate comparison of operational and life cycle impacts across buildings with different life times (FRISCHKNECHT et al., 2019, MOUTON et al., 2024, GOULOUTI et al., 2020).

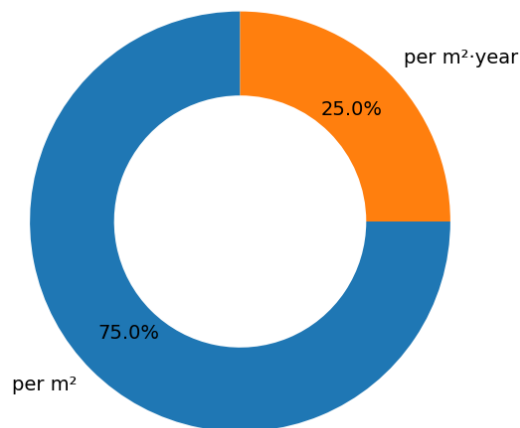


Figure 2: Distribution of studies based on functional unit

Carbon footprint ranges

Carbon footprint values for European buildings vary across building types and evaluation approaches. For office buildings, the annualized whole life greenhouse gas emissions ranged from 10 to 71 $kgCO_2e/m^2 \cdot year$. The studies assuming low carbon electricity mixes and high operational efficiency reported lower values ranging between 10 to 20 $kgCO_2e/m^2 \cdot year$, while higher values between 50 to 71 $kgCO_2e/m^2 \cdot year$ were associated with carbon intensive energy supply and higher operational demand (FRISCHKNECHT et al., 2019, RUCIŃSKA et al.,

2020, FELICIONI et al., 2023, DE PAULA FILHO et al., 2023). In multi country comparison assessments, total office building life cycle emissions over a 50–60 year reference period ranged between approximately 500 and 5,000 kgCO₂e/m², and that depends on national methodology and grid factors (FRISCHKNECHT et al., 2019, RUCIŃSKA et al., 2020).

For single family residential buildings, the carbon footprints ranged from 269 to 324 kgCO₂e/m² (SPUDYS et al., 2024). The residential buildings showed emissions between approximately 38 and 45 kgCO₂e/m²·year when expressed as annualized values, depending on climatic region and building standard (ORTIZ-RODRIGUEZ et al., 2010, PALEARI et al., 2016). Embodied emissions for residential buildings range from approximately 740 to 1,860 kgCO₂e/ (RÖCK et al., 2024).

Regional differences

Based on European assessments of residential buildings, The Central and Eastern Europe (CEE) exhibits a higher life cycle greenhouse gas emissions than Northern and Western Europe. Single family houses in CEE showed average total life cycle impacts of approximately 324 kgCO₂e/m², compared to 269 kgCO₂e/m² for equivalent buildings in Northern and Western Europe, which shows an increase of approximately 17% (SPUDYS et al., 2024).

Distribution of life cycle impacts

The contribution of life cycle stages varied according to building performance level. For conventional buildings, the operational phase is the dominant contributor to total life cycle environmental impacts. Multiple studies quantified operational energy use and associated emissions, as it accounts for approximately 79 to 93% of total life cycle greenhouse gas emissions, with the remaining share attributed to embodied and end of life stages (ORTIZ-RODRIGUEZ et al., 2010, RUCIŃSKA et al., 2020, BROOKS et al., 2021, ARISTODEMOU et al., 2024).

In contrast, studies that evaluate high performance buildings, including nearly zero energy and passive buildings, show a higher contribution from embodied impacts. The embodied carbon ranges from 43% to 97% of total life cycle emissions, which reflects a reduced operational energy demand over the reference study period (PALEARI et al., 2016, RÖCK et al., 2024, MAIERHOFER et al., 2022, SCHERZ et al., 2022, FELICIONI et al., 2023). In several cases, the embodied emissions exceed operational emissions over the full building life cycle when the evaluation is done using cradle to grave system boundaries.

Conclusion

This review synthesizes results from European building Life Cycle Assessment (LCA) studies to characterize methodological practices and reported life cycle carbon impacts across residential and office buildings. The results show that European building LCAs are largely consistent in the methodology, with most studies applying cradle to grave system boundaries, reference study periods of 50–60 years, and floor area functional units. Conventional buildings are dominated by operational impacts, while high performance buildings have higher embodied impacts. The reported carbon footprint values vary by building type and region, with office buildings showing annualized emissions between 10 and 71 kgCO₂e/m²·year and single family houses ranging from 269 to 324 kgCO₂e/m² over the full life cycle. Regional comparisons indicate that Central and Eastern European buildings have approximately 17% higher life cycle impacts than those in Northern and Western Europe under comparable assumptions. Across all building types, the product stage (A1–A3) represents the dominant contributor to embodied emissions. Overall, the findings show the

importance of whole life approaches in European building assessment and provide a quantitative base for future comparative and region specific LCA studies.

References

- ANGELAKOGLU K. – LAMPROPOULOS I. – CHATZIGEORGIOU E. – GIORKA P. – MARTINOPOULOS G. – SKEMBRIS A. – SEITARIDIS A. – KOUSOVISTA G. – NIKOLOPOULOS N. (2025): Advancing energy-efficient renovation through dynamic life cycle assessment and costing: Insights and experiences from VERIFY tool deployment. *Energies*.
- ARISTODEMOU E. – STOJCESKA V. – CHRISTANTONI I. – TSAKANIKI D. – KOLOKOTRONI M. (2024): Advancing sustainability in a residential building in Europe: A case study on LCA and LCC across different scenarios. *Proceedings of the World Conference on Climate Change and Global Warming*.
- BARJOT Z. – MALMQVIST T. (2024): Limit values in LCA-based regulations for buildings – System boundaries and implications on practice. *Building and Environment*.
- BLENGINI G. – DI CARLO T. (2008): Evaluation of the environmental sustainability of a low energy residential building with the LCA methodology.
- BROOKS M. – ABDELLATIF M. – ALKHADDAR R. (2021): Application of life cycle carbon assessment for a sustainable building design: A case study in the UK.
- BUYLE M. – AUDENAERT A. – BRAET J. – DEBACKER W. (2015): Towards a more sustainable building stock: Optimizing a Flemish dwelling using a life cycle approach.
- DE PAULA FILHO J. H. – D'ANTIMO M. – CHARLIER M. – VASSART O. (2023): Life-cycle assessment of an office building: Influence of the structural design on the embodied carbon emissions. *Modelling*.
- FELICIONI L. – GASPARI J. – VESELKA J. – MALÍK Z. (2023): A comparative cradle-to-grave life cycle approach for addressing construction design choices: An applicative case study for a residential tower in Aalborg, Denmark. *Energy and Buildings*.
- FRISCHKNECHT R. – BIRGISDÓTTIR H. – CHAE C. – LÜTZKENDORF T. – PASSER A. – ALSEMA E. – BALOUKTSI M. ET AL. (2019): Comparison of the environmental assessment of an identical office building with national methods. *IOP Conference Series: Earth and Environment*.
- FROSSARD M. – LASVAUX S. – PETETIN F. – GROSS L. (2023): Reuse practices in building construction: Proposition of a life cycle assessment methodology and application to a case study in Switzerland. *Journal of Physics: Conference Series*.
- GOULOUTI K. – PADEY P. – GALIMSHINA A. – HABERT G. – LASVAUX S. (2020): Uncertainty of building elements' service lives in building LCA and LCC: What matters?
- LACHAT A. – MANTALOVAS K. – DESBOIS T. – YAZOGHLI-MARZOUK O. – COLAS A. – DI MINO G. – FERAILLE A. (2021): From buildings' end of life to aggregate recycling under a circular economic perspective: A comparative life cycle assessment case study. *Sustainability*.
- MAIERHOFER D. – RÖCK M. – RUSCHI MENDES SAADE M. – HOXHA E. – PASSER A. (2022): Critical life cycle assessment of the innovative passive nZEB building concept "Be 2226" in view of net-zero carbon targets. *Building and Environment*.
- MONTEIRO H. – SOARES N. (2022): Integrated life cycle assessment of a southern European house addressing different design, construction solutions, operational patterns, and heating systems. *Energy Reports*.
- MOUTON L. – RAMON D. – TRIGAUX D. – ALLACKER K. – CRAWFORD R. H. (2024): Life cycle environmental benchmarks for Flemish dwellings. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*.
- ORTÍZ-RODRIGUEZ O. – COLODEL C. M. – FISCHER M. – CASTELLS F. – SONNEMANN G. (2010): An application of life cycle assessment (LCA) within the Catalanian building sector: A case study.
- PACHTA V. – GIOUROU V. (2022): Comparative life cycle assessment of a historic and a modern school building, located in the city of Naoussa, Greece. *Sustainability*.
- PALEARIM. – LAVAGNA M. – CAMPIOLI A. (2016): The assessment of the relevance of building components and life phases for the environmental profile of nearly zero-energy buildings: Life

- cycle assessment of a multifamily building in Italy. *The International Journal of Life Cycle Assessment*.
- RAMON D. – ALLACKER K. – TRIGAUX D. – WOUTERS H. – VAN LIPZIG N. V. (2022): Dynamic modelling of operational energy use in a building LCA: A case study of a Belgian office building. *Energy and Buildings*.
- RÖCK M. – PRISTERÁ G. – RAMON D. – VAN DE MOORTELE E. – MOUTON L. – KOCKAT J. – TOTTH Z. – ALLACKER K. (2024): Science for policy: Insights from supporting an EU roadmap for the reduction of whole life carbon of buildings. *IOP Conference Series: Earth and Environment*.
- RUCIŃSKA J. – KOMERSKA A. – KWIATKOWSKI J. (2020): Preliminary study on the GWP benchmark of office buildings in Poland using the LCA approach. *Energies*.
- SCHERZ M. – HOXHA E. – MAIERHOFER D. – KREINER H. – PASSER A. (2022): Strategies to improve building environmental and economic performance: An exploratory study on 37 residential building scenarios. *The International Journal of Life Cycle Assessment*.
- SHINDER. – KIM A. – HELLWEG S. (2024): Bottom-up LCA building stock model: Tool for future building-management scenarios. *Journal of Cleaner Production*.
- SPUDYS P. – OSADCHA I. – MORKŪNAITĖ L. – CLARE M. F. – GEORGALIP. – KLUMBYTĖ E. – JURELIONIS A. – PAPADOPOULOS A. M. – FOKAIDES P. A. (2024): A comparative life cycle assessment of building sustainability across typical European building geometries. *Energy*.
- VITALE P. – ARENA U. (2018): An attributional life cycle assessment for an Italian residential multifamily building. *Environmental Technology*.

A QUANTITATIVE REVIEW OF EUROPEAN BUILDING SUSTAINABILITY CERTIFICATIONS: LEED, BREEAM, DGNB, EPC, AND NZEB ADOPTION

ISMAIL NIME¹, MAHDI ECHAJARI¹, ANDRAS POLGAR¹

¹Institute of Environmental Protection and Nature Conservation, University of Sopron, Hungary.
Ismail.nime.inn@gmail.com

Abstract

This paper presents a quantitative review of 50 studies examining building sustainability certification systems across Europe. LEED and BREEAM are leading certification systems, appearing in 27 and 25 studies, followed by DGNB with 15 studies, EPC with 8 studies, and nZEB with 7 studies. Geographically, research activity is concentrated in Poland with 10 studies and Germany with 7 studies, with additional coverage of Spain, Italy, and Portugal with 3 studies each. Thematic analysis shows that 32 studies focus on certification growth and spatial distribution, 29 compare certification systems, 27 examine policy influences, and 22 analyse sectoral or methodological patterns. This review provides a clear view of how certification research is distributed across Europe and show where studies are concentrated by regions and topics.

Introduction

Research on sustainability certifications and adoption trends of the certifications, including LEED, BREEAM, DGNB, HQE, ITACA, Minergie, EPC, and national nZEB framework is becoming important because of the environmental footprint of the building sector. Buildings account for 25 to 40% of the global energy consumption, which highlights the importance of sustainability certifications in mitigating climate change (KRYVOMAZ et al., 2020, MADUTA et al., 2023, GARCIA & KRANZL, 2018, FOKAIDES, 2012). Since the 1990s, certification systems such as LEED and BREEAM have expanded to address decreasing emissions across buildings and to face the climate change issues. (POLLI, 2020, LEI & CUI, 2022, GHAZAL & MONNA, n.d.).

Despite the growing number of certification systems, there is still a fragmentation of the systems across Europe. Existing studies often focus on individual certification systems in national markets, and there is a lack of quantitative comparison across Europe (GŁUSZAK et al., 2021, KULCZYK-DYNOWSKA & NOWICKA, 2024). This review addresses this gap by synthesizing quantitative research on certification adoption across Europe, providing a comparative overview to support policymakers, stakeholders, and researchers in advancing sustainable building practices.

Methodology

We conducted this review to examine the literature on the adoption of LEED, BREEAM, DGNB, EPC, and nZEB across Europe. In the identification stage, we were based on Google scholar database using the following search string: "green building certification" OR "building sustainability certification") AND ("LEED" OR "BREEAM" OR "DGNB" OR "HQE" OR "ITACA" OR "Minergie" OR "EPC" OR "energy performance certificate" OR "nZEB" OR "nearly zero energy building") AND ("quantitative review" OR "systematic review" OR "comparative analysis") AND ("Europe" OR "European Union" OR "EU". The results gave 257 records.

In the screening stage, we reviewed the titles and abstracts in order to get the studies that concentrates on certification systems within Europe. Studies out of the study scope were excluded, and that results 120 relevant publications.

In the second screening stage, we carried out a text assessment based on inclusion criteria, including building sustainability certification systems, a European geographic scope, and the presence of quantitative indicators such as adoption trends or system comparisons. Following this eligibility assessment, we included 50 studies in the final analysis.

Results & discussion

Number of studies by certification system

The review shows a clear difference in research concentration across building certification systems in Europe. LEED and BREEAM dominate the literature (Figure 1) by appearing in 27 and 25 studies, respectively, and that reflects their early international diffusion and strong presence in European buildings, especially commercial real estate (GŁUSZAK et al., 2021, HOLTERMANS & KOK, 2018, KULCZYK-DYNOWSKA & NOWICKA, 2024, GHAZAL & MONNA, n.d., GHOSH & PETROVA, 2023, BARTHAUER, 2024). DGNB follows with 15 studies and largely concentrated in Central European and German speaking countries, including Germany and Austria, as it is closely linked to their national sustainability policies (JABERI & POIRIER, 2024, FERREIRA et al., 2023, ZIMMERMANN et al., 2019). Energy Performance Certificates (EPC) and nearly zero energy buildings (nZEB) are the less dominant, with 8 and 7 studies consecutively despite their central role in EU climate regulation, regulatory and policy certification systems (GARCIA & KRANZL, 2018, SESANA et al., 2024, JENKINS et al., 2024, DELIA & PAOLO, 2016). National certification systems are less represented as well, with 6 studies on HQE, 4 on ITACA, and only 2 on Minergie (ASSEFA et al., 2022, ZIMMERMANN et al., 2019, WIJK et al., 2023). The distribution indicates a strong research focus on the international certification systems, while nationally regulatory systems remain not represented in studies.

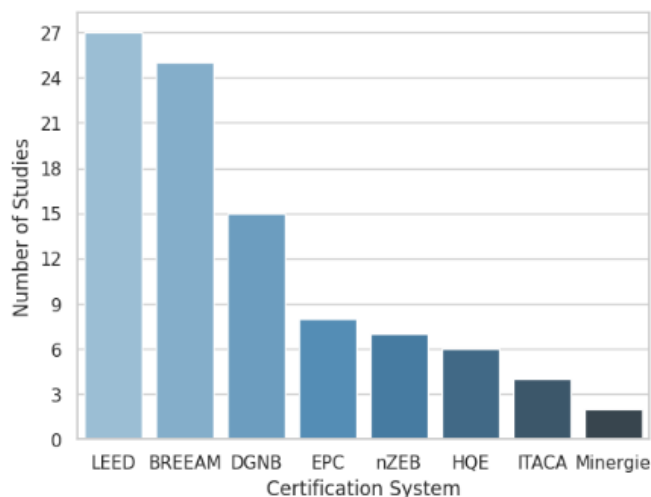


Figure 1: Number of studies by certification system

Number of studies by country and region

The geographic distribution of the reviewed studies is concentrated in a limited number of European countries. Poland has 10 studies and is considered as the most frequently examined national context, which reflects the rapid expansion of certified building markets and growing academic interest in certification adoption (GŁUSZAK et al., 2021, KULCZYK-DYNOWSKA

& NOWICKA, 2024, SZER & PRZYBYLSKA, 2024, PIĘTOCHA, 2024, MAZUR et al., 2023). Germany follows with 7 studies, with concentrated research on DGNB, LEED, and the interaction between certification systems and office market performance (HOLTERMANS & KOK, 2018, JABERI & POIRIER, 2024, BARTHAUER, 2024). Southern European countries have fewer studies, with 3 studies each focusing on Portugal, Spain, and Italy, which are often examine national adaptations or comparative certification performance (FOKAIDES, 2012, MARQUES et al., 2024, FEIJÃO et al., 2024, PUSHKAR, 2018). In addition, 12 studies adopt a wide EU perspective, analysing certification systems, regulatory frameworks such as EPC and nZEB, and cross country challenges (GARCIA & KRANZL, 2018, SESANA et al., 2024, JENKINS et al., 2024, SAYFIKAR & JENKINS, 2024).

Certification numbers and market penetration

Poland provides the clearest national data, with 845 certified buildings which reflect the country's strong uptake of international certification schemes, particularly BREEAM and LEED (GŁUSZAK et al., 2021, KULCZYK-DYNOWSKA & NOWICKA, 2024). In contrast, certification penetration based on literature is low in Eastern Europe, and that highlights the differences in market maturity and data availability (KRYVOMAZ et al., 2020). Germany is one of the few countries where the penetration rates are reported, with approximately 14% of office buildings holding a sustainability certification, which shows the integration of certification in commercial real estate markets (HOLTERMANS & KOK, 2018, JABERI & POIRIER, 2024). At the regulatory level, Energy Performance Certificates (EPC) are implemented across all 27 European Union Member States, which indicates a full geographic coverage of this mandatory framework, although certification adoption intensity varies between countries (GARCIA & KRANZL, 2018, SESANA et al., 2024).

Economic quantitative indicators

Several studies indicate that certified office buildings achieve rental and price premiums ranging between 10 to 12% compared to non certified ones, especially in the Western European markets (HOLTERMANS & KOK, 2018, MARQUES et al., 2024, GHOSH & PETROVA, 2023, DOAN & QIN, 2023). These advantages are most frequently observed in commercial office sectors, where certification is closely linked to investor preferences, demand, and risk mitigation strategies. Moreover, there is a positive association between certification level and economic performance, buildings achieving higher certification levels, such as LEED Gold and LEED Platinum, have a stronger premiums than those certified at lower levels (JABERI & POIRIER, 2024, ASSEFA et al., 2022). While these findings point to a measurable market signal in favour of certification, the number of studies providing quantitative estimates remains small, and results are concentrated in a few countries, which indicates a need for broader and standardized economic reporting across European countries.

Thematic quantitative distribution

The thematic classification of the reviewed literature in the Figure 2 has a clear pattern in the focus of quantitative research on building certification systems in Europe. 32 studies examine certification growth and spatial distribution which reflects a strong interest in understanding the adoption across markets and regions (GŁUSZAK et al., 2021, KULCZYK-DYNOWSKA & NOWICKA, 2024). The analysis of certification systems is also major with 29 studies, often comparing LEED, BREEAM, and DGNB in terms of structure, performance indicators, and market positioning (HOLTERMANS & KOK, 2018, JABERI & POIRIER, 2024). Policy influence is examined in 27 studies, and that highlights the interaction between certification adoption and regulatory frameworks such as EPC and nZEB requirements (GARCIA & KRANZL, 2018, SESANA et al., 2024, LIMA et al., 2023, CORDERO et al., 2019). 22 studies

analysed the economic impacts, including market performance and investment effects (MARQUES et al., 2024). Smart technologies and post occupancy evaluation appear only 12 studies which indicates a scarcity of quantitative research linking certification to operational performance and building use (ASSEFA et al., 2022, ZIMMERMANN et al., 2019, TSIROVASILIS et al., 2025)).

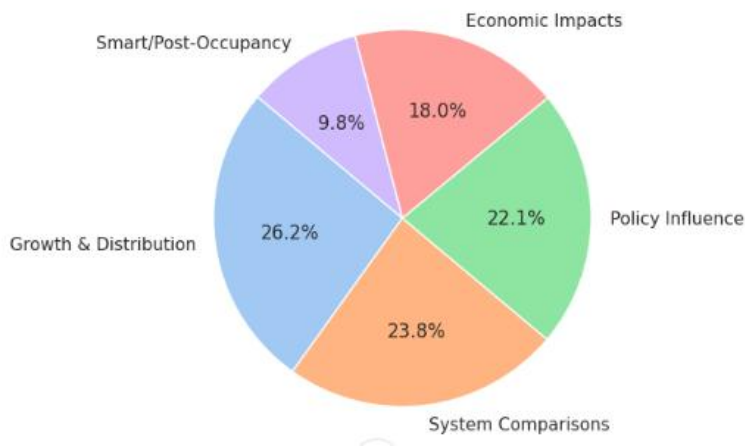


Figure 2: Percentage of studies by thematic

Conclusion

The paper examines the research in the adoption of sustainability certifications across Europe, including LEED, BREEAM, DGNB, EPC, and nZEB, the findings show a research dominance on international certification systems, particularly LEED and BREEAM, which together account for more than half of the reviewed studies. The national systems like DGNB, HQE, ITACA, and Minergie remain less represented. The academic attention is concentrated in countries like Poland and Germany, while there is a lack of research in Southern and Eastern Europe.

Thematic analysis indicates that most studies address certification growth, comparative assessments, and regulatory impacts, with fewer works investigating operational outcomes or smart technology integration. These highlight a need for a balanced and standardized data collection, particularly in less represented countries and certification systems. Expanding the research scope will be essential to support policymaking and accelerate the adoption of sustainable building practices across Europe.

References

- KRYVOMAZ T. – CHMIELEWSKA J. – KANASHCHUK T. (2020): The prospects of green building developing in Ukraine on example of Poland. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2020.4.20-31>
- MADUTA C. – D'AGOSTINO D. – TSEMEKIDI-TZEIRANAKI S. – CASTELLAZZI L. – MELICA G. – BERTOLDI P. (2023): Towards climate neutrality within the European Union: Assessment of the Energy Performance of Buildings Directive implementation in member states. *Energy and Buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113716>
- GARCIA J. F. – KRANZL L. (2018): Ambition levels of nearly zero energy buildings (nZEB) definitions: An approach for cross-country comparison. *Buildings*, 8 (10). <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS8100143>
- FOKAIDES P. A. (2012): Towards zero energy buildings (zeb): The role of environmental technologies. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-4852-4.CH096>

- POLLI G. H. B. (2020): A comparison about European environmental sustainability rating systems: BREEAM UK, DGNB, LiderA, ITACA and HQE. https://doi.org/10.24840/2183-6493_006.002_0005
- LEI M. – CUI T. (2022): A scientometric analysis and visualization of global LEED research. *Buildings*, 12 (8), 1099-1099. <https://doi.org/10.3390/buildings12081099>
- GHAZAL I. – MONNA S. (N.D.): Green building progress assessment: Analysis of registered and certified buildings for LEED rating system. <https://doi.org/10.35552/anujr.a.38.2.2212>
- GLUSZAK M. – MAŁKOWSKA A. – MARONA B. (2021): Green building adoption on office markets in Europe: An empirical investigation into LEED certification. *Energies*, 14 (7). <https://doi.org/10.3390/EN14071971>
- HOLTERMANS R. – KOK N. (2018): International green building adoption index 2018.
- KULCZYK-DYNOWSKA A. – NOWICKA A. (2024): Analysis of environmentally certified residential developments in Poland. *Real Estate Management and Valuation*. <https://doi.org/10.2478/remav-2024-0003>
- GHOSH C. – PETROVA M. T. (2023): Building sustainability, certification, and price premiums: Evidence from Europe. *Journal of Real Estate Research*. <https://doi.org/10.1080/08965803.2023.2267717>
- BARTHAUER M. (2024): Die Nachhaltigkeitszertifizierung von Büroimmobilien gewinnt an Relevanz. *Bautechnik*. <https://doi.org/10.1002/bate.202400098>
- JABERI M. – POIRIER É. A. (2024): MIND THE GAP: An evaluation of indicator discrepancies between sustainability standards and certifications in the built asset industry. *European Journal of Sustainable Development*, 13 (2), 141-141. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2024.v13n2p141>
- FERREIRA A. J. A. – PINHEIRO M. D. – BRITO J. D. – MATEUS R. (2023): A critical analysis of LEED, BREEAM and DGNB as sustainability assessment methods for retail buildings. *Journal of Building Engineering*, 66, 105825-105825. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105825>
- ZIMMERMANN R. K. – SKJELMOSE O. – JENSEN K. G. – JENSEN K. K. – BIRGISDOTTIR H. (2019): Categorizing building certification systems according to the definition of sustainable building. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/9/092060>
- SESANA M. M. – SALVALAI G. – VALLE N. D. – GIULIA M. – BERTOLDI P. (2024): Towards harmonising energy performance certificate indicators in Europe. *Journal of Building Engineering*, 95, 110323-110323. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110323>
- JENKINS D. – SAYFIKAR M. – GÓMEZ A. L. – FUEYO N. (2024): A comparative study of energy performance certificates across Europe. *Buildings*, 14 (9), 2906-2906. <https://doi.org/10.3390/buildings14092906>
- DELIA D. – PAOLO Z. (2016): Development of the nZEBs concept in member states: Towards nearly zero energy buildings in Europe. <https://doi.org/10.2788/278314>
- ASSEFA S. – LEE H. – SHIUE F. (2022): Sustainability performance of green building rating systems (GBRSs) in an integration model. *Buildings*, 12 (2), 208-208. <https://doi.org/10.3390/buildings12020208>
- WIJK M. R. K. – HOMA EI S. – HENKE L. – FUFA S. M. – KNOTH K. (2023): A comparative assessment of building sustainability schemes in Norway. *IOP Conference Series*, 1196 (1), 012045-012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1196/1/012045>
- PIĘTOCHA A. (2024): The BREEAM, the LEED and the DGNB certifications as an aspect of sustainable development. *Acta Scientiarum Polonorum*, 23. [HTTPS://DOI.ORG/10.22630/ASPA.2024.23.9](https://doi.org/10.22630/ASPA.2024.23.9)
- MAZUR Ł. – RESLER M. – KODA E. – WALASEK D. – VAVERKOVÁ M. D. (2023): ENERGY SAVING AND GREEN BUILDING CERTIFICATION: CASE STUDY OF COMMERCIAL BUILDINGS IN WARSAW, POLAND. SUSTAINABLE ENERGY TECHNOLOGIES AND ASSESSMENTS. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.SETA.2023.103520](https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103520)
- FEIJÃO D. – REIS C. – MARQUES M. C. (2024): Comparative analysis of sustainable building certification processes. *Journal of Building Engineering*, 96, 110401-110401. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110401>
- PUSHKAR S. (2018): A comparative analysis of gold Leadership in Energy and Environmental Design for New Construction 2009 certified projects in Finland, Sweden, Turkey, and Spain. *Applied Sciences*, 8 (9). <https://doi.org/10.3390/APP8091496>

- DOAN D. T. – QIN L. (2023): Impacts of green rating systems on the economy and society. IOP Conference Series, 1204 (1), 012006-012006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1204/1/012006>
- LIMA R. D. O. – COUTO P. – BASTOS T. (2023): Buildings sustainability certifications and the common European framework Level(s). https://doi.org/10.1007/978-3-031-48461-2_43
- CORDERO A. S. – MELGAR S. J. G. – MÁRQUEZ J. M. A. (2019): Green building rating systems and the new framework Level(s): A critical review of sustainability certification within Europe. Energies, 13 (1). <https://doi.org/10.3390/EN13010066>
- TSIROVASILIS E. – KATAFYGIOU M. – PSATHITI C. (2025): Benchmarking building certification systems: A comparative assessment of LEED, BREEAM, and WELL in advancing energy-efficient and sustainable built environments. <https://doi.org/10.20944/preprints202507.0444.v1>
- SAYFIKAR M. – JENKINS D. (2024): Energy performance certificate calculation methodologies across Europe and accommodating new performance indicators. Building Services Engineering Research and Technology. <https://doi.org/10.1177/01436244241282076>

ESG-KÖVETELMÉNYEK ERDÉSZETI VONATKOZÁSAI ÉS A KÖRNYEZETI INFORMÁCIÓ HITELESÍTÉSI KÉRDÉSEI

Forestry-related ESG requirements and the verification of environmental information

POLGÁR ANDRÁS^{1,4}, LAKATOS FERENC^{2,4}, SZÉKÁCS GYULA³, CSABAI HAJNALKA³,

RÉTFALVI TAMÁS¹, ELEKNÉ FODOR VERONIKA^{1,4}

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

²Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

³Greenpact Kft.

⁴Soproni Egyetem Környezeti Információ Validáló és Verifikáló Testület

polgar.andras@uni-sopron.hu

Kivonat

A közlemény célja annak bemutatása, hogy miként integrálhatók az erdészeti tevékenységek környezeti vonatkozásai az 2023. évi CVIII. törvény („ESG törvény”) szerinti jelentéstételi kötelezettségekbe, továbbá milyen szerepet tölthet be a Soproni Egyetem Környezeti Információ Validáló és Verifikáló Testület (KIVVT) a környezeti információk hitelesítésében. Az ESG törvény a fenntarthatósági adatszolgáltatást kötelezővé teszi bizonyos nagyvállalatok számára, meghatározva, hogy az ESG beszámolónak tartalmaznia kell a környezeti hatásokra (pl. karbonlábnyom, erdőgazdálkodás, biodiverzitás, természetvédelmi intézkedések), kockázatokra és célkitűzésekre vonatkozó adatokat. Az erdészeti és faipari ágazat sajátosságai – az erdő szénnyelési, a faanyag szén-megkötő képessége, az élőhelyek védelme, a biodiverzitás fenntartása – olyan környezeti információkat igényelnek, amelyek részben kvalitatívak, részben kvantitatív adatokon alapulnak. Az ilyen adatok hitelesítése nélkül az ESG beszámolók „relevanciája”, „ellenőrizhetősége” és „összehasonlíthatósága” – amelyek a törvény által előírt minőségi kritériumok – sérülhet. Az erdészeti és faipari szektorban is alkalmazott validálási/verifikálási eljárások jelentősen növelhetik az ESG beszámolók hitelességét, különösen olyan kritikus környezeti mutatók esetén, mint az élővilág sokfélesége, szén- és vízlábnyom, környezeti terméknnyilatkozatok (EPD) és életciklus-értékelések (LCA). Az erdészeti és faipari vállalkozások és erdőgazdálkodók – főként, ha egy nagyvállalathoz tartoznak ESG adatszolgáltatás tekintetében vagy szállítói láncban szerepelnek – kihasználhatják az akkreditált környezeti információ-hitelesítőket (pl. KIVVT) szolgáltatásait a kötelező ESG jelentések során. Az erdészeti és faipari tevékenységek környezeti hatásainak megbízható jelentéstételét akkor lehet megfelelően biztosítani, ha az adatok mögött szilárd, auditált információ bázis áll — melyben a Környezeti Információ Validáló és Verifikáló Testület hitelesítő szerepe kulcsfontosságú lehet.

Abstract

The aim of the manuscript is to demonstrate how the environmental aspects of forestry activities can be integrated into the reporting obligations set out in Act CVIII of 2023 (the “ESG Act”), and what role the Environmental Information Validation and Verification Body (KIVVT) of the University of Sopron can play in the authentication of environmental information. The ESG Act makes sustainability data disclosure mandatory for certain large companies and stipulates that ESG reports must include data on environmental impacts (e.g. carbon footprint, forest management, biodiversity, nature conservation measures), as well as related risks and objectives. The specific characteristics of the forestry and wood industry sector – such as the carbon sequestration capacity of forests, the carbon storage potential of wood products, habitat protection, and the maintenance of biodiversity – require environmental information that is partly qualitative and partly based on quantitative data. Without

the verification of such data, the “relevance,” “verifiability,” and “comparability” of ESG reports – which are quality criteria prescribed by the Act – may be compromised. Validation and verification procedures applied in the forestry and wood industry sector can significantly enhance the credibility of ESG reports, particularly in relation to critical environmental indicators such as biodiversity, carbon and water footprints, environmental product declarations (EPDs), and life cycle assessments (LCAs). Forestry and wood industry enterprises and forest managers – especially when they are part of a large company’s ESG data reporting obligations or operate within a supplier value chain – may make use of the services of accredited environmental information verifiers (e.g. KIVVT) in the preparation and validation of mandatory ESG reports. Reliable reporting on the environmental impacts of forestry and wood industry activities can only be adequately ensured if the underlying data are supported by a robust, audited information base, in which the certifying role of the Environmental Information Validation and Verification Body may be of key importance.

Bevezetés

Az ESG (Environmental, Social, Governance) a vállalatok és szervezetek környezeti, társadalmi és irányítási teljesítményét egységes keretrendszerben értelmező megközelítés, amely mára nemcsak piaci elvárássá, hanem egyre inkább jogi kötelezettséggé is vált. Az ESG szemlélet célja, hogy a gazdasági működés átlátható módon kezelje a környezeti hatásokat, a társadalmi felelősséget és a felelős irányítást, elősegítve ezzel a hosszú távú fenntarthatóságot.

Az Európai Unió a fenntarthatósági átállás felgyorsítása érdekében két fontos jogszabályt vezetett be: a CSRD-t (Vállalati Fenntarthatósági Jelentéstételi Irányelv), valamint a CSDDD-t (Vállalati Fenntarthatósági Kellő Gondossági Irányelv). Ezek célja, hogy a vállalatok működését átláthatóbbá, felelősebbé és fenntarthatóbbá tegyék. A hazai szabályozás részben mindkét uniós irányelvet lefedi, és segíti a vállalatokat a megfelelésben, továbbá az átállásra való felkészülésben: a cégeknek fel kell térképezniük saját működésüket, valamint teljes értékláncuk környezeti, egyben társadalmi hatásait, kockázatait, lehetőségeit, ezeket időben, hatékonyan kezelve. Ez a megközelítés nemcsak a vezetői döntéseket támogatja, hanem nagyobb átláthatóságot biztosít a megrendelők, beszállítók, ügyfelek és munkavállalók számára is – például betekintést nyújt a munkavállalói jóllétet javító intézkedésekbe vagy a vállalat környezeti teljesítményébe.

A hazai ESG-szabályozás alapját a 2023. évi CVIII. törvény képezi, amely 2024. január 1-jén lépett hatályba, és elsőként teremtett átfogó jogi keretet a környezeti, társadalmi és vállalatiirányítási (ESG) szempontok hazai érvényesítésére. A jogszabály a Magyarországon működő nagyvállalatok számára kötelezővé teszi az ESG-szemléletű működést, az átvilágítási kötelezettségek teljesítését, valamint az éves ESG beszámoló elkészítését és benyújtását. A beszámolók felügyeletét és ellenőrzését a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH) látja el, amely végrehajtási rendeletekben (SZTFH 1-4) határozza meg a formai és tartalmi követelményeket, valamint a tanúsítás részletszabályait. A hazai szabályozás szorosan illeszkedik az európai uniós elvárásokhoz: a 2000. évi C. törvény a számvitelről módosításai révén átülteti a vállalati fenntarthatósági jelentéstételről szóló uniós irányelv (CSRD) előírásait, így biztosítva, hogy az érintett vállalkozások az egységes európai fenntarthatósági jelentéstételi standardok szerint számoljanak be működésük ESG-hatásairól. A szabályozási keretrendszer célja a vállalati átláthatóság növelése, a fenntartható gazdasági működés ösztönzése és a hosszú távú társadalmi-környezeti kockázatok kezelése.

Környezeti információ olyan adat, amely a környezetállapotra, természeti erőforrásokra és az emberi tevékenységek környezeti hatásaira vonatkozik. A környezeti információk lehetővé teszik a környezeti kockázatok felmérését, támogatják a fenntartható döntéshozatalt,

átláthatóvá teszik a környezeti teljesítményt, elősegítik a felelősségvállalást, hozzájárulnak a természeti erőforrások hosszú távú megóvásához.

A környezeti információk felhasználói tudni szeretnék, hogy azok pontosak és megbízhatóak. Bizonyosságot keresnek a múltbeli információkról szóló nyilatkozatokkal kapcsolatban, valamint annak validálására, hogy az előrejelzett információk ésszerű feltételezéseken és módszereken alapulnak. Ma már egyre több vállalat kommunikál karbonsemlegességről vagy kibocsátáscsökkentésről – ezek az állítások jelentősen befolyásolják a fogyasztókat, a befektetőket és a partnereket. Ezért alapvető, hogy az információkat függetlenül ellenőrizzük.

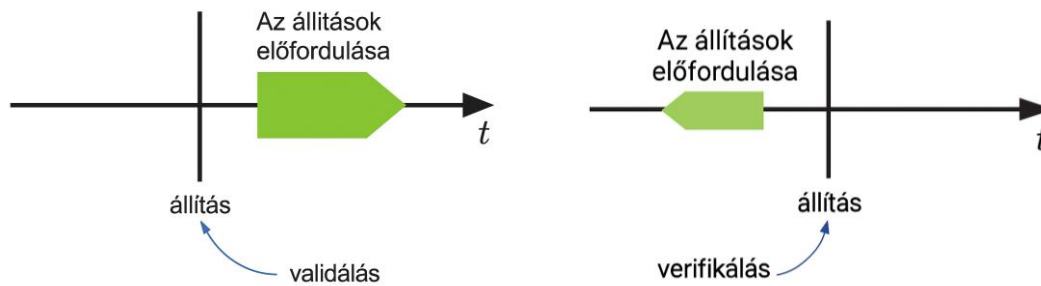
Az ESG-hez és a környezeti információk hitelesítéséhez kapcsolódó validálási és verifikálási tevékenységek nemzetközileg elismert szabványokra épülnek, amelyek egységes keretet biztosítanak a megfelelésértékelés számára. A legfontosabb alapidokumentumok közé tartozik az MSZ EN ISO/IEC 17029:2020 szabvány (ISO 17029), amely a validáló és verifikáló testületekre vonatkozó általános alapelveket és követelményeket rögzíti, valamint az MSZ EN ISO 14065:2022 (ISO 14065), amely kifejezetten a környezeti információkat validáló és verifikáló szervezetek működésére vonatkozó elvárásokat határozza meg. E szabványok biztosítják, hogy a hitelesítési tevékenységek függetlenek, következetesek és szakmailag megalapozottak legyenek.

A fő szabványokat több kiegészítő, tematikus szabvány egészíti ki, amelyek az egyes környezeti információtípusok értékeléséhez nyújtanak módszertani iránymutatást. Ide tartozik például az MSZ EN ISO 14064-3:2019 (ISO 14064-3), amely az üvegházhatású gázokra vonatkozó nyilatkozatok validálásának és verifikálásának követelményeit és gyakorlati útmutatóját rögzíti. Ezek a dokumentumok különösen fontosak az ESG beszámolókból megjelenő karbonlábnyom-, kibocsátási és klímavédelmi adatok hitelességének biztosításában.

A közlemény célja annak bemutatása, hogy miként integrálhatók az erdészeti tevékenységek környezeti vonatkozásai az 2023. évi CVIII. törvény („ESG törvény”) szerinti jelentéstételi kötelezettségekbe, továbbá milyen szerepet tölthet be a Soproni Egyetem Környezeti Információ Validáló és Verifikáló Testület (KIVVT) a környezeti információk hitelesítésében.

Anyag és módszer

A validálás és a verifikálás, mint megfelelésértékelés az állításokban kinyilvánított információk megbízhatóságának megerősítését jelenti. A validálással és verifikálással végzett értékelés tárgyára használt egyéb kifejezések a következők: „megállapítás”, „nyilatkozat”, „kijelentés”, „előrejelzés”, „jelentés”. A két tevékenységet aszerint különböztetjük meg, hogy az értékelt állítás milyen időpontra vonatkozik. A validálást a tervezett jövőbeli felhasználásra vagy a várható eredményre vonatkozó állításokra, vagyis az elfogadhatóság megerősítésére alkalmazzák. A verifikálást a már megtörtént eseményekre vagy a már elért eredményekre vonatkozó állításokra, a hitelesség megerősítésére használják (ISO 17029).



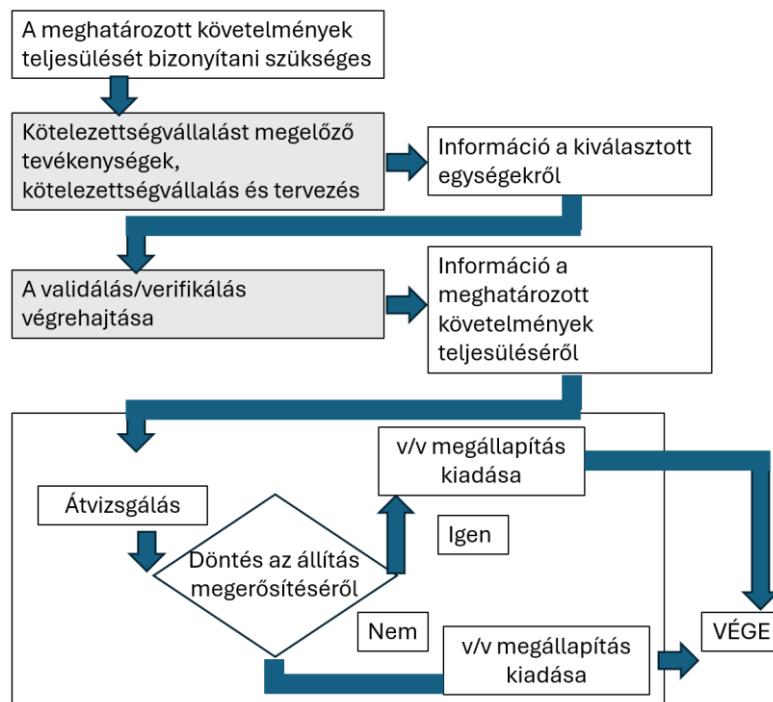
1. ábra: A validálás és verifikálás közötti különbség (ISO 14065)

A validálás és a verifikálás, mint megfelelőségértékelés magában foglalja az állítás megerősítéséről szóló döntést. Ezt követően a validáló/verifikáló testület megállapításként közli a döntést arról, hogy az állítás megfelel-e (vagy sem) az eredetileg meghatározott követelményeknek. A megadott követelmények lehetnek általánosak vagy részletesek (pl. az állítás mentes a lényeges valótlanosságoktól) (ISO 17029).

A szabványos megközelítés alkalmazásához elengedhetetlen néhány alapfogalom egyértelmű tisztázása. Az MSZ EN ISO 14065:2022 szerint „ügyfélnek” minősül minden olyan szervezet vagy személy, aki validálást vagy verifikálást kér. Az ügyfél szerepe többféle lehet: lehet maga a felelős fél, a program tulajdonosa, a megcélzott felhasználó vagy bármely más érdekelt fél. Az ügyfél által közölt információt a szabvány állításként (claim) határozza meg, amely a validálási vagy verifikálási tevékenység tárgyát képezi. Az állítás vonatkozhat egy adott időpontra vagy egy meghatározott időszakra, és célja annak bemutatása, hogy az adott környezeti információ megfelel-e az előírt követelményeknek.

A megfelelőség megítélésének alapját a „kritériumok” (ISO 14065) jelentik, amelyek referenciaként szolgálnak a környezeti információkról szóló nyilatkozat értékeléséhez. A kritériumokat meghatározhatják jogszabályok, kormányzati vagy hatósági előírások, környezeti információs programok, önkéntes jelentéstételi kezdeményezések, szabványok, gyakorlati kódexek vagy belső szervezeti eljárások. A szabványrendszer hangsúlyozza, hogy az ISO/IEC 17029-ben alkalmazott „meghatározott követelmények” fogalma ebben az összefüggésben a „kritériumok” kifejezéssel azonos értelmű.

A megfelelőségértékelés funkcionális megközelítését az ISO/IEC 17000:2020 szabvány írja le, amely szerint a megfelelőség bizonyítása három egymásra épülő funkció mentén történik: a kiválasztás, a meghatározás, valamint az átvizsgálás és igazolás.



2. ábra: A megfelelőségértékelés funkcionális megközelítése (ISO 17000)

E logika alapján a validálás és a verifikálás olyan megfelelőségértékelési tevékenységek, amelyek végső soron egy döntést foglalnak magukban az állítás megerősítéséről. A validáló vagy verifikáló testület a folyamat eredményeként megállapítja, hogy az adott állítás megfelel-e az előzetesen rögzített kritériumoknak, például annak, hogy mentes-e a lényeges valótlanságoktól. Egyes programok a szabványi minimumon túl további lépéseket is előírhatnak a validálási vagy verifikálási folyamat részeként (ISO 17029).

Fontos hangsúlyozni, hogy a validálás és a verifikálás mint megfelelőségértékelési eszközök elkülönülnek más értékelési formáktól. Ezek a tevékenységek nem jelentenek vizsgálatot, nem minősülnek ellenőrzésnek, és nem eredményeznek meghatározott időszakra szóló tanúsítást. Céljuk ugyanakkor a megfelelőségértékelési rendszer egységes alkalmazásának támogatása és az állításokba vetett bizalom növelése (ISO 17029).

A validálási és verifikálási folyamat (ISO 17029, ISO 14065) kulcseleme a megfelelő tervezés. Ennek során a validáló vagy verifikáló csoport stratégiai elemzést végez annak érdekében, hogy megértse a környezeti információról szóló nyilatkozat jellegét és összetettségét, valamint a kötelezettségvállalás típusát. Ezzel párhuzamosan értékelni kell a kritériumoknak való nemmegfelelés kockázatát is, amely meghatározza a vizsgálat mélységét és terjedelmét.

A szabványrendszer központi fogalma a „bizonyosság (assurance)” (ISO 17029, ISO 14065), amely a múltbeli környezeti információkról szóló nyilatkozatba vetett bizalmat jelenti. A bizonyosság mértékét a bizonyossági szint fejezi ki. Az „észszerű bizonyosság” olyan magas, de nem abszolút szintű bizalmat nyújt, amelyet a verifikálási tevékenységek jellegének és kiterjedésének megfelelő megtervezésével érnek el. Ezzel szemben a „korlátozott bizonyosság” csökkentett szintű bizalmat jelent, ahol a vizsgálati eljárások szűkebb körűek, de továbbra is alkalmasak arra, hogy megalapozott következtetést adjanak a múltbeli adatok és információk megbízhatóságáról.

A megfelelőségértékelés során a validálás és verifikálás adat- és információigénye kulcsszerepet játszik abban, hogy az ügyfél által benyújtott állítás megerősíthető-e. Ennek megállapításához a validáló vagy verifikáló testületnek átfogó információgyűjtést kell végeznie, és

teljes körű ismereteket kell szereznie arról, hogy az állítás mennyiben felel meg az előzetesen meghatározott követelményeknek és kritériumoknak. Ez a folyamat nem pusztán a rendelkezésre álló adatok formális átvételét jelenti, hanem azok szakmai értékelését és kontextusba helyezését is (ISO 17029, ISO 14065).

Az információgyűjtés és -értékelés többféle tevékenységet foglalhat magában, így például az adatok, számítások és tervek részletes elemzését, a kapcsolódó dokumentáció átvizsgálását, alternatív számítások elvégzését, helyszíni bejárásokat, valamint az érintett munkatársakkal vagy felelős személyekkel folytatott interjúkat. Ezek az eszközök együttesen biztosítják, hogy a testület megalapozott képet kapjon az állítás tartalmáról, megbízhatóságáról és a kritériumoknak való megfelelés mértékéről (ISO 17029, ISO 14065).

A validálási és verifikálási tevékenységeket különböző típusú testületek végezhetik. Léteznek első félnek minősülő testületek, amelyek az állítást benyújtó szervezet belső egységei, második félnek tekinthetők azok a szervezetek, amelyek felhasználói érdekeltséggel rendelkeznek az adott állításban, míg harmadik félnek számítanak azok a testületek, amelyek teljes mértékben függetlenek az állítást benyújtó szervezettől vagy személytől, és semmilyen érdekeltséggel nem rendelkeznek annak felhasználásában (ISO 17029). Az ESG és a környezeti információk hitelesítése szempontjából különösen a harmadik fél által végzett verifikáció bír kiemelt jelentőséggel, mivel ez biztosítja a legmagasabb szintű objektivitást és hitelességet.

A validálási folyamat eredményeként a validáló testület validálási megállapítást ad ki, amely a vizsgálat következtetéseit foglalja össze (ISO 17029, ISO 14065). E megállapításra a vonatkozó program terminológiájától függően különböző elnevezések – például határozat, vélemény vagy jelentés – használhatók. Fontos hangsúlyozni, hogy a validálási megállapítás mindig a kiadás időpontjában fennálló helyzetet tükrözi, és lehet az állítást megerősítő vagy nem megerősítő, megjegyzésekkel ellátott vagy azok nélküli, a program követelményeinek megfelelően.

Hasonló szerepet tölt be a verifikálási megállapítás, amelyet a verifikáló testület ad ki a verifikálási folyamat lezárásaként (ISO 17029, ISO 14065). A verifikálási megállapítás szintén döntést vagy véleményt fejez ki arról, hogy az állítás megfelel-e az alkalmazott kritériumoknak, és ugyancsak csak a kiadás időpontjára vonatkozó állapotot rögzíti. A megállapítás formája és tartalma igazodik az adott környezeti információs program előírásaihoz.

A validálás és verifikálás tárgyát a környezeti információról szóló nyilatkozat képezi, amely a környezeti információk formális közlését jelenti (ISO 17029, ISO 14065). Ez a nyilatkozat vonatkozhat egy adott időpontra vagy egy meghatározott időszakra, és ajánlott, hogy egyértelműen azonosítható, valamint a megfelelő kritériumok alapján következetes értékelésre alkalmas legyen. A környezeti információról szóló nyilatkozat többféle formában megjelenhet, például jelentésként, hivatalos közleményként, gazdasági vagy pénzügyi értékelés részeként, környezeti terméknyilatkozatban, életciklus-értékelési jelentésben, klímaadaptációs vagy sebezhetőségi elemzésben, projekttervben, illetve akár címkén vagy logón is.

E nyilatkozatok kiadásának és értékelésének kereteit a „környezeti információs programok” határozzák meg (ISO 14065), amelyek a szabályokat, eljárásokat és adott esetben a validálásra vagy verifikálásra vonatkozó követelményeket is rögzítik. Ezek a programok működhetnek nemzetközi, regionális, nemzeti vagy szubnacionális szinten, és tipikus példái közé tartoznak az üvegházhatású gázok kibocsátására és csökkentésére, a kibocsátási leltárakra, a karbon- és vízlábnyomra, valamint a fenntarthatósági jelentések környezeti adataira vonatkozó rendszerek.

A megfelelőségértékelési folyamat végén a testület döntést hoz arról, hogy az állítás megerősíthető-e (ISO 17029, ISO 14065). Egy állítás akkor tekinthető megerősítettnek, ha a testület arra a következtetésre jut, hogy az lényegében helyes, és megfelel az előírt kritériumoknak. A validálási vagy verifikálási nyilatkozat kiadásakor a véleménynek egyértelműen tartalmaznia kell az alkalmazott kritériumok azonosítását, beleértve azokat a kritériumokat is, amelyeket a felelős fél és a testület a „környezeti információról szóló nyilatkozat” (ISO 14065) kidolgozásakor, illetve annak validálása vagy verifikálása során elfogadott. Ez a transzparencia alapvető feltétele annak, hogy a környezeti információk hitelesek, összehasonlíthatók és a döntéshozatal számára megbízhatóak legyenek.

Eredmények

ESG kritériumok alkalmazásának jelentősége erdőgazdaságoknál

Az állami erdőgazdaságok ESG szempontból kiemelt szereplők, mivel jelentős természeti tőkét kezelnek, és működésük közvetlen kapcsolatban áll az ökoszisztéma-szolgáltatások biztosításával. Az erdőgazdaság nem pusztán termelési egység, hanem komplex ökológiai rendszer, amely a jövő gazdaságában az egyik legértékesebb „valutával”, a természeti erőforrásokkal és azok szolgáltatásaival rendelkezik. A 2023. évi CVIII. törvény (ESG törvény) előírja a fenntarthatósági kockázatok kezelését és az ESG adatszolgáltatásra való felkészülést, és azon szervezetek számára, amelyek megfelelnek a jogszabályban rögzített kritériumoknak, az ESG beszámoló készítése már nem választható lehetőség, hanem törvényi kötelezettség.

Ugyanakkor azon erdőgazdaságok számára is indokolt az ESG beszámoló önkéntes elkészítése, amelyek még nem tartoznak a kötelezettek körébe. Az önkéntes jelentéstétel lehetőséget ad a szervezeti felkészülésre, a fenntarthatósági kockázatok feltérképezésére, a beszerzési és piaci előnyök kihasználására, valamint a stakeholder bizalom és a reputáció erősítésére. Az erdőgazdálkodók gyakran közvetett módon is ESG adatszolgáltatásra kötelezettek lehetnek, mivel nagyvállalatok, pénzügyintézetek vagy állami szereplők saját ESG beszámolóikhoz adatokat kérhetnek be tőlük, különösen a környezeti hatások – így az erdőgazdálkodás, a biodiverzitás vagy a klímavédelem –, a társadalmi kérdések és a jogszabályi megfelelés területén. Mindezt tovább erősíti az EUDR és más uniós szabályozások megjelenése, amelyek a faanyag és az erdészeti termékek nyomomonkövethetőségét és hitelességét alapkövetelménnyé teszik. Az ESG jelentéstétel így komplex adatgyűjtést, megfelelő módszertani hátteret és szervezeti felkészültséget igényel, ami az állami erdőgazdaságok számára stratégiai kérdéssé teszi az ESG megfelelést.

Az ESG szemlélet alkalmazása az erdőgazdaságok számára nemcsak megfelelési kényszer, hanem jelentős gazdasági és stratégiai előnyöket is hordoz. A környezeti dimenzióban új bevételi források nyílhatnak meg, például karbonkreditek, ökoszisztéma-jegyek vagy vállalati partnerségek formájában, miközben az erdők jóléti funkciói – turizmus, oktatás, ökoturizmus – is gazdasági értéké válhatnak. Az erdőfelújítás így nem költségként, hanem értékesíthető ESG-termékként jelenik meg. A hiteles ESG adatok és az EUDR-megfelelés piacvédelmi és versenyelőnyt biztosítanak, lehetővé téve a hazai faanyag „zöld prémiummal” történő értékesítését. A finanszírozási oldalon a fenntarthatósági mutatók javítják a hitelképességet, kedvezőbb feltételekkel teszik elérhetővé a zöld hiteleket, és növelik a szervezetek hosszú távú értékét.

ESG képzések jelentősége és lehetőségei a Soproni Egyetem Erdőmérnöki Karán

Az ESG követelmények teljesítése nem képzelhető el megfelelő szakértelem nélkül, ezért az ESG kompetenciák fejlesztése kulcsfontosságú. Az adatgyűjtés, az indikátorrendszerek kialakítása és a jelentéstétel olyan speciális tudást igényel, amelynek fenntartható biztosítása

elsősorban belső szervezeti kompetenciákra épülhet. Ebben meghatározó szerepet töltenek be a felsőoktatási és továbbképzési programok, amelyek célzottan készítik fel a szakembereket az ESG megfelelésre. Az ESG-kompetenciák megszerzése lehetővé teszi az erdőgazdaságok számára, hogy ESG-felelőst, ESG-koordinátort vagy belső szakértőt neveljenek ki, tudatosabban hozzanak stratégiai döntéseket, és felkészülten reagáljanak a hazai és uniós jelentéstételi kötelezettségekre.

A Soproni Egyetem, mint Magyarország Zöld Egyeteme ESG-képzéseivel új szintre emelte a fenntarthatóságról való gondolkodást. Az egyetem célja, hogy a jövő szakemberei ne csak megfeleljenek a 21. századi piaci elvárásoknak, hanem képesek legyenek alakítani a változást – a zöld átmenet aktív formálóiává válva. Az Erdőmérnöki Karon az ESG és alkalmazott fenntarthatósági szakember (MSc) mesterképzés (ESG MSc) és a mesterképzés részeként beépülően vagy önállóan is választható akkreditált ESG tanácsadó részismereti képzés (GFÜ/011/2025) (ESG részismeret), mind olyan hazai programok, ahol az akadémiai tudás és a vállalati gyakorlat találkozása országos szinten is unikális tudás elsajátítását teszi lehetővé. A hallgatók valódi ESG-esettanulmányokon dolgoznak, majd olyan külső oktatókkal (Greenpact Kft. tanácsadóival), vállalati (UBM Csoport) és hatósági oldalról (SZTFH, MGFÜ) érkező vendégelőadókkal találkoznak, akik napi szinten foglalkoznak ESG-jelentésekkel, fenntarthatósági stratégiákkal és szabályozási kérdésekkel.

Soproni Egyetem, mint akkreditált ESG tanácsadó jogi személy

Az ESG gyakorlati megvalósításában kiemelt jelentőségű a hiteles szakmai partner bevonása. A Soproni Egyetem akkreditált ESG tanácsadó jogi személyként mérnöki és tudományos háttérrel támogatja az ESG szemlélet gyakorlati alkalmazását a Greenpact Kft. partnerségével. Szolgáltatásai kiterjednek többek között a szervezeti szintű és FLAG (erdészeti, földhasználat) üvegházhatásúgáz-nyilatkozatokra, életciklus-elemzésekre, karbonlábnyom-számításokra, valamint az ESG adatstruktúrák és jelentéstétel előkészítésére. Az adatvezérelt működés kialakítása hozzájárul ahhoz, hogy az állami erdőgazdaságok hosszú távon is „jövőálló” szervezetekké váljanak. A Környezeti Információ Validáló és Verifikáló Testület akkreditált, független hitelesítési és verifikációs tevékenysége pedig biztosítja, hogy az ESG beszámolók mögött megbízható, auditált adatok álljanak.

Soproni Egyetem Környezeti Információ Validáló és Verifikáló Testülete

A Soproni Egyetem Környezeti Információ Validáló és Verifikáló Testület akkreditált státuszban végzett tevékenysége (Nemzeti Akkreditáló Hatóság általi akkreditálási okiratszám: NAH-10-0008/2025; 2025. 07. 31. - 2030. 07. 31.) az alábbi megfelelőségértékelési ágazatot fedi le: környezeti információ megfelelőségértékelése (validálás/verifikálás), amely kiterjed az alábbi formájú környezeti információk hitelesítésére - egyének és szervezetek szintjén - a döntéshozatal támogatásához:

- Üvegházhatású gázokra vonatkozó nyilatkozatok verifikálása és validálása
- Környezeti jelentések hitelesítése
- Életciklus-értékelés (LCA - Life Cycle Assessment) hitelesítése
- Környezeti címkék és nyilatkozatok hitelesítése
- Vízlábnyom hitelesítése (KIVVT)



3. ábra: Soproni Egyetem Környezeti Információ Validáló és Verifikáló Testület hivatalos logója (URL: <https://kvt.uni-sopron.hu/kezdolap>)

Üvegházhatású gázokra vonatkozó nyilatkozatok verifikálása és validálása

Az ÜHG-kezelés egyik kulcsfontosságú eleme az ÜHG nyilatkozatok ISO 14064-3 szerinti verifikálása és validálása, amely biztosítja az adatok és előrejelzések pontosságát.

- Szervezeti szinten: Az ÜHG-leltárak verifikálása hitelesíti a vállalat által jelentett kibocsátásokat és kivonásokat, biztosítva az átláthatóságot a partnerek, befektetők és szabályozó hatóságok számára.
- Projekt szinten: A validálás és verifikálás segít értékelni az egyes projektek hatékonyságát, például egy új technológia bevezetését, amely csökkenti a kibocsátásokat vagy a természet alapú ÜHG kivonásokat.
- Termék szinten: A karbonlábnyom pontos meghatározása elősegíti a fenntartható termékek piacra kerülését, miközben igazolja azok környezeti előnyeit.

Az ÜHG nyilatkozatok hitelesítése megnyitja az utat a verifikált karbonkrediteken alapuló önkéntes karbonpiac működéséhez (KIVVT).

Környezeti jelentések hitelesítése

A környezeti jelentések célja, hogy átlátható és megbízható információkat nyújtsanak egy szervezet környezeti teljesítményéről. Ezek a jelentések lehetnek önálló dokumentumok, fenntarthatósági jelentések részei, vagy akár az éves pénzügyi jelentések környezeti fejezetei. Az ilyen jelentések alapját számos nemzetközi szabvány és keretrendszer képezi, mint például a CDP (Carbon Disclosure Project) vagy a Global Reporting Initiative (GRI) vagy CSRD vonatkozásában az ESRS szabványok. A környezetközpontú irányítási rendszerek kritériumszabványa, a ISO 14001:2015 szabvány például kimondja, hogy a környezeti információknak megbízhatónak és hiteleseknek kell lenniük (ISO 14065), hogy a szervezetek megfelelő döntéseket hozhassanak, és eleget tegyenek az érdekelt felek elvárásainak. Az érdekelt felek – mint a befektetők, szabályozók, ügyfelek és a nyilvánosság – számára ezek a jelentések nemcsak a cég jelenlegi teljesítményét mutatják be, hanem a jövőbeli stratégiáit is alátámasztják. A minőségbiztosítás nemcsak az adatok ellenőrzésére, hanem a gyűjtési és elemzési folyamatok értékelésére is kiterjed. Az ilyen átfogó megközelítés biztosítja, hogy a jelentések valóban megfeleljenek az érintettek elvárásainak és a szervezet céljainak (KIVVT).

Életciklus-értékelés (LCA - Life Cycle Assessment) hitelesítése

Ahhoz, hogy megértsük, hogyan hatnak termékeink a környezetre, és hogyan lehet ezeket a hatásokat csökkenteni, fejlett elemzési módszerekre van szükség. Az egyik ilyen módszer az életciklus-értékelés, vagyis LCA. Az LCA egy olyan átfogó vizsgálat, amely megmutatja egy termék környezeti hatásait a teljes életciklusa alatt, azaz a nyersanyag-kitermeléstől kezdve a gyártáson és használaton át egészen az újrafeldolgozásig vagy ártalmatlanításig – vagy ahogy mondjuk, “a bölcsőtől a sírig”. Az LCA nem csak a termékfejlesztésben fontos, de használják ipari, kormányzati vagy civil szervezetek is stratégiai tervezéshez, marketinghez (például ökcímkekhez), vagy akár jogszabályoknak való megfeleléshez. A módszer segít az átlátható, megalapozott döntések meghozatalában, és támogatja a környezetbarát innovációkat. Az LCA-elemzés alapossága és pontossága kulcsfontosságú a megbízható eredményekhez. Éppen ezért az elkészült vizsgálatot gyakran kritikai átvizsgálásnak vetik alá, amelyet független szakértők vagy belső szakértői csoportok végeznek el, figyelembe véve az ISO 14040-44 és ISO 14071 szabványok kritériumait. Ez a folyamat biztosítja, hogy a vizsgálat módszertana megfelel a nemzetközi szabványoknak, az adatok megfelelőek és hitelesek, valamint az értelmezések és következtetések megalapozottak legyenek. Ez a hitelesítés kiemelten fontos, különösen akkor, ha az LCA eredményeit nyilvánosan vagy üzleti döntések támogatására használják. A kritikai átvizsgálás növeli az elemzés átláthatóságát, megbízhatóságát, és segít elkerülni a félreértéseket vagy a téves kommunikációt, amelyek akár károsíthatják egy vállalat vagy termék jó hírnevét (KIVVT).

Környezeti címkék és nyilatkozatok hitelesítése

Napjainkban egyre többet hallunk a környezetbarát termékekről és szolgáltatásokról, amelyekről különféle környezetvédelmi nyilatkozatokat tesznek közzé. Ezek a nyilatkozatok három fő típusba sorolhatók, amelyek közül a második és harmadik típus különösen fontosak a hiteles, megbízható információk közvetítésében. A második típusú, vállalati saját nyilatkozaton alapuló környezetvédelmi nyilatkozatok már mérhető, tudományos adatokat tartalmaznak egy termék életciklusáról, például az üvegházhatású gázok kibocsátásáról vagy a vízfelhasználásról. A harmadik típusú, környezetvédelmi terméknyilatkozatok pedig még átfogóbb képet adnak, hiszen függetlenül ellenőrzött életciklus-értékelés (LCA) alapján készült adatokat közölnek, amelyek biztosítják a megbízhatóságot és az összehasonlíthatóságot. Ezen kívül a „lábnyom” információk – például a karbonlábnyom – közlése fontos szerepet játszik abban, hogy a fogyasztók és vállalatok tisztában legyenek azzal, milyen környezeti terhelést okoz egy adott termék vagy szolgáltatás. A környezetvédelmi állítások hitelessége kulcsfontosságú mind a fogyasztók, mind a vállalatok számára. A verifikálás folyamata során független szakértők ellenőrzik, hogy a termék környezeti állításai valóságosak, pontosak és nem félrevezetőek-e. A verifikáció biztosítja, hogy a környezetvédelmi címkék mögött tudományosan megalapozott, átlátható és ellenőrizhető adatok álljanak (KIVVT).

Vízlábnyom hitelesítése

Az utóbbi időben egyre nagyobb figyelmet kap a víz mennyisége és minősége, hiszen sok helyen egyre nagyobb a vízhiány és a vízszennyezés. Ebben a helyzetben nagyon fontos, hogy pontosan megértsük, mennyi vizet használunk fel termékek előállításához, folyamatainkhoz vagy szervezeteink működéséhez, és ez a vízhasználat milyen környezeti hatásokkal jár. A vízlábnyom nemcsak a felhasznált víz mennyiségét mutatja meg, hanem azt is, hogy a víz minősége hogyan változik, valamint figyelembe veszi az adott terület vízviszonyait és az időbeli változásokat is. A vízlábnyom felmérése a termékek, folyamatok vagy szervezetek teljes életciklusát vizsgálja. Ez azt jelenti, hogy a vízhasználatot nem egy adott pillanatban mérjük, hanem a teljes folyamaton keresztül – a nyersanyagok beszerzésétől egészen a késztermék előállításáig. Ez az elemzés segít felmérni a vízzel kapcsolatos környezeti hatásokat, azonosítani a vízhasználat csökkentésének lehetőségeit, támogatni a vízstratégiai

kockázatkezelést, hatékonyabbá tenni a vízgazdálkodást, megalapozott döntéseket hozni vállalati vagy kormányzati szinten. A vízlábnyom mérés és jelentés során kiemelten fontos a hitelesség és a megbízhatóság. Ezért a vízlábnyom jelentéseket általában független szakértők felülvizsgálják. Ez a kritikai felülvizsgálat biztosítja, hogy a módszerek megfelelnek a nemzetközi szabványoknak, az adatok pontosak és megfelelőek, valamint a következtetések megalapozottak és átláthatóak legyenek (KIVVT).

Következtetések

Összességében az ESG szabályozási környezet elkerülhetetlen, azonban a proaktív szemlélet lehetőséget teremt arra, hogy az állami erdőgazdaságok ne csupán alkalmazkodjanak, hanem alakítsák is a piacot. Az állami erdőgazdaságok ebben az értelemben nemzeti ESG-vagyongazdálkodókká válnak: az ökoszisztéma-szolgáltatások beárazásával az ágazat a magyar zöld gazdaság önfenntartó és profitábilis motorjává fejlődhet.

A nemzetközi szabványokon (ISO) alapuló validálási és verifikálási rendszer biztosítja, hogy a környezeti információk – így az ESG beszámolók alapjául szolgáló adatok – összehasonlíthatóak, ellenőrizhetőek és hitelesek legyenek, ami elengedhetetlen a jogszabályi megfelelés és a stakeholder bizalom szempontjából.

A közlemény rámutat arra, hogy az ESG beszámolók törvényben rögzített minőségi kritériumai (különösen a relevancia, ellenőrizhetőség és összehasonlíthatóság) csak akkor teljesíthetők megbízhatóan, ha a jelentéstétel alapját képező adatok mögött dokumentált és auditálható információbázis áll. Ezt a célt szolgálhatják az ISO 17029 és ISO 14065 szabványokra épülő validálási és verifikálási eljárások, amelyek különösen az olyan kritikus mutatók esetében növelik a beszámolók hitelességét, mint a karbon- és vízlábnyom, az LCA-k, illetve az EPD-k és egyéb környezeti nyilatkozatok.

Mindezek alapján az erdészeti és faipari vállalkozások, valamint az erdőgazdálkodók – különösen, ha nagyvállalati kötelezetti körben érintettek, vagy beszállítói láncban adatátadási igényekkel találkoznak – előnyt kovácsolhatnak abból, ha időben kialakítják ESG-adatgyűjtési és -menedzsment folyamataikat, és szükség esetén akkreditált, független hitelesítői kapacitásokra támaszkodnak. Ebben a keretben a Soproni Egyetem Környezeti Információ Validáló és Verifikáló Testületének szerepe a környezeti információk hitelesítésében, valamint az egyetemi ESG-képzések szerepe a szükséges kompetenciák fejlesztésében érdemben hozzájárulhat a felkészüléshez és a követelményeknek való megfeleléshez.

Irodalomjegyzék

2000. évi C. törvény a számvitelről

2023. évi CVIII. törvény a fenntartható finanszírozás és az egységes vállalati felelősségvállalás ösztönzését szolgáló környezettudatos, társadalmi és szociális szempontokat is figyelembe vevő, vállalati társadalmi felelősségvállalás szabályairól és azzal összefüggő egyéb törvények módosításáról

CSDDD. Directive (EU) 2024/1760 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on corporate sustainability due diligence and amending Directive (EU) 2019/1937 and Regulation (EU) 2023/2859 (Text with EEA relevance). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1760/oj>

CDP. Carbon Disclosure Project. URL: <https://www.cdp.net/en>

CSRD. Directive (EU) 2022/2464 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 amending Regulation (EU) No 537/2014, Directive 2004/109/EC, Directive 2006/43/EC and Directive 2013/34/EU, as regards corporate sustainability reporting (Text with EEA relevance). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32022L2464>

ESG MSc. ESG és alkalmazott fenntarthatósági szakember (MSc) mesterképzési szak. URL: <https://emk.uni-sopron.hu/esg-es-alkalmazott-fenntarthatosagi-szakember-msc>

- ESG részismeret. ESG tanácsadó részismereti képzés (GFÜ/011/2025). URL: <https://www.uni-sopron.hu/esg-tanacsado-reszismereti-kepzes>
- ESRS. Commission Delegated Regulation (EU) 2023/2772 of 31 July 2023 supplementing Directive 2013/34/EU of the European Parliament and of the Council as regards sustainability reporting standards. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2023/2772/oj/eng
- EUDR. Regulation (EU) 2023/1115 of the European Parliament and of the Council of 31 May 2023 on the making available on the Union market and the export from the Union of certain commodities and products associated with deforestation and forest degradation and repealing Regulation (EU) No 995/2010 (Text with EEA relevance). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32023R1115>
- GRI. Global Reporting Initiative. URL: <https://www.globalreporting.org/>
- ISO 14064-3. MSZ EN ISO 14064-3:2019 Üvegházhatású gázok. 3. rész: Előírások útmutatóval az üvegházhatású gázokra vonatkozó nyilatkozatok verifikálására és validálására (ISO 14064-3:2019)
- ISO 14065. MSZ EN ISO 14065:2022 A környezeti információkat validáló és verifikáló testületekre vonatkozó általános alapelvek és követelmények (ISO 14065:2020)
- ISO 17000. MSZ EN ISO/IEC 17000:2020 Megfelelőségértékelés. Szakszótár és általános alapelvek (ISO/IEC 17000:2020, 2020. decemberi helyesbített változat)
- ISO 17029. MSZ EN ISO/IEC 17029:2020 Megfelelőségértékelés. Validáló és verifikáló testületekre vonatkozó általános alapelvek és követelmények (ISO/IEC 17029:2019)
- KIVVT. Soproni Egyetem Környezeti Információ Validáló és Verifikáló Testület. URL: <https://kvt.uni-sopron.hu/kezdolap>
- SZTFH 1. 13/2024. (VIII. 15.) SZTFH rendelet a vállalkozások fenntarthatósági célú átvilágítási kötelezettségei teljesítésének részletszabályairól
- SZTFH 2. 244/2024. (VIII. 8.) Korm. rendelet az ESG tanácsadókat oktató intézményként történő akkreditálás részletes eljárási szabályairól
- SZTFH 3. 29/2024. (VIII. 8.) NGM rendelet az ESG tanácsadóként történő akkreditálás követelményrendszeréről
- SZTFH 4. 30/2024. (VIII. 8.) NGM rendelet az ESG tanácsadókat oktató intézményként történő akkreditálás követelményrendszeréről, az akkreditált oktató intézményeket tartalmazó nyilvántartás vezetésére vonatkozó részletes eljárási szabályokról, valamint az ESG tanácsadói képzésről, továbbá a képzés és a vizsga díjáról

DRÓTKERÍTÉS KÖRNYEZETI HATÁSAINAK VIZSGÁLATA ÉLETCIKLUS-ELEMZÉSEL

Life Cycle Assessment of the Environmental Impacts of Wire Fencing

POLGÁR ANDRÁS¹, ELEKNÉ FODOR VERONIKA¹, KOVÁCS ZOLTÁN²

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

²Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet

polgar.andras@uni-sopron.hu

Kivonat

A kutatás célja a drótkerítések vizsgált életcikluson alapuló környezeti lábnyomának feltárása LCA szoftveres támogatással, különös tekintettel az anyagválasztás, gyártási technológia, szállítás, telepítés, használati élettartam és ártalmatlanítás során jelentkező környezeti terhelésekre. Az életciklus-elemzés (LCA) módszertani kerete lehetőséget ad a drótkerítéshez köthető hatások kvantitatív összehasonlítására, környezetterhelésének vizsgálatára. Az elemzés során vizsgált fő hatáskategóriák a globális felmelegedési potenciál (GWP), a primerenergia-felhasználás, a vízfogyasztás, valamint az ökotoxikológiai és erőforrás-kimerülési mutatók. Eredményeink rámutatnak, hogy a környezeti terhelés jelentős része a nyersanyag-kitermelés és acél-előállítás szakaszában koncentrálódik, míg a használati fázis viszonylag alacsony hatásintenzitású. A felületkezelési eljárások érdemben befolyásolják a vizsgált életciklus környezeti lábnyomát, egyszerre növelve az előállítási terhelést és a termék élettartamát. A vizsgálat kiemeli a körkörös gazdasági megközelítés szerepét: a magas újrahasznosíthatóságú fémalkatrészek előnyeit, valamint az újrahasznosított acélhányad növelésének potenciális környezeti megtakarítását. A tanulmány következtetése szerint az LCA-alapú értékelés hatékony eszköz a kerítésrendszerek tervezési és beszerzési döntéseinek támogatására, mivel objektív alapot nyújt az alternatívák összehasonlításához és a környezeti teljesítmény javításához.

Abstract

The aim of the research is to identify the environmental footprint of wire fencing based on the assessed life cycle, supported by LCA software, with particular attention to the environmental burdens arising from material selection, manufacturing technology, transportation, installation, service life, and end-of-life treatment. The methodological framework of Life Cycle Assessment (LCA) enables the quantitative comparison of impacts associated with wire fencing and the evaluation of its environmental burdens. The main impact categories examined in the analysis include Global Warming Potential (GWP), primary energy use, water consumption, as well as ecotoxicological and resource depletion indicators. The results indicate that a significant share of the environmental burden is concentrated in the raw material extraction and steel production phases, while the use phase shows relatively low impact intensity. Surface treatment processes substantially influence the environmental footprint of the assessed life cycle by simultaneously increasing production-related impacts and extending the product's service life. The study highlights the importance of a circular economy approach, emphasizing the advantages of highly recyclable metal components and the potential environmental savings associated with increasing the proportion of recycled steel. The study concludes that LCA-based assessment is an effective tool for supporting design and procurement decisions related to fencing systems, as it provides an objective basis for comparing alternatives and improving environmental performance.

Bevezetés

Az acélból készült fémoszlopos drótkerítések rendkívül sokoldalúak, költséghatékonyak és tartósak. Számos területen alkalmazzák őket, a magánkertektől a köztereken át az ipari létesítményekig. A gyorsforgalmi úthálózat mentén is szinte mindenütt ilyen kerítésekkel találkozhatunk, s az utóbbi években, vadkárelhárító kerítésként a mezőgazdasági területeken is megjelentek (BOLIN – SMITH, 2013).

A vadkár elleni védekezésben a hazai mező- és erdőgazdálkodók még jellemzően villanypásztorokat, faoszlopos dróthálókat, vagy hegesztett paneleket alkalmaznak, azonban a fémoszlopos kerítések számos olyan előnyös tulajdonsággal bírnak (SCOUSE et al. 2020; MSZ EN 10223-4:2013), amelyek miatt gyors terjedésük várható. Az egyik kedvező tulajdonságuk a gyors, egyszerű, alacsony élőmunka igényű telepíthetőség. A kivitelezés során a fémoszlopok helyigénye, tömege miatt a szállítás hatékonyabb, az oszlopok állítása gépi munkával egyszerűen, gyorsan megoldható. Az acél oszlopok speciális kialakítása miatt a telepítés energiaigénye jelentősen alacsonyabb a faoszlophoz viszonyítva (MATTOS et al. 2025). A telepítési technológián túl további kedvező tulajdonsága ezeknek a kerítéseknek a faoszlopos kerítésekhez viszonyítva a tartósságuk, valamint az alacsonyabb karbantartási igényük. Élettartamuk jellemzően húsz év fölött van, míg a faoszlopos kerítések ennél rövidebb idő alatt elavulnak. Költségét tekintve az acéloszlop és az akác faoszlop szinte ugyanakkora ráfordítást jelent, azonban a súly és a térfogat miatt az acéloszlop szállítása gazdaságosabb, a speciális kialakításnak köszönhetően telepítése gyorsabb, így összességében az acél oszlopos kerítés kivitelezési költségei alacsonyabbak (HYDE – ENGEL, 2000).

Ismert ugyanakkor, hogy az acélgyártás az egyik legnagyobb környezeti terheléssel járó tevékenység (WORLD STEEL ASSOCIATION, 2023; LIANG et. al 2020), így joggal merülhet fel a kérdés, hogy mekkora környezeti terhelést jelentenek ezek a típusú kerítések? A tanulmány erre a kérdésre keresi a választ, egy dél-dunántúli kerítésépítő vállalkozás környezeti leltáradataira támaszkodva.

Anyag és módszer

A nagyszilárdágú horganyzott huzalból készült vadháló hegesztés nélkül, csomózással, gépi fonással készül. Ez a megoldás lehetővé teszi, hogy a háló rugalmasan torzulva, az állatokat is megvédje a sérülésektől. A vadháló variálható magasságát a változó rácsméretek adják, amellyel a felhasználási célnak megfelelően a leggazdaságosabb megoldás választható. A hálózhoz külön feszítőhuzal nem szükséges. A vízszintes huzalok a teherviselő szálak, a függőleges huzalok a kötőszálak. A vízszintes huzalok távolsága 15 cm. (URL1) A kész-termék jellemző paraméterei a szemméret (mesh), a huzalátmérő, a magasság, a szegélykialakítás (selvage), valamint a korrózióvédelmi bevonat. Európában a láncháló termékjellemzőit az EN 10223-6 szabvány határozza meg (méretek, tulajdonságok, bevonatok). Az acélhuzal vizsgálati módszereit és általános követelményeit az EN 10218-1 tartalmazza. A fémes bevonatok (Zn, Zn-ötvezetek) követelményeit az EN 10244-2, míg a PVC-bevonatú huzalokét az EN 10245-2 írja elő.

A fonatos és hegesztett kerítéshálók gyártásának tipikus fő lépései az alábbiak (EPD 1, 2024):

1. Acél alapanyag (wire rod) előállítás, alapvetően BOF (Basic Oxygen Furnace – alapoxigén konverter) vagy EAF (Electric Arc Furnace – elektromos ívkemence) technológiai útvonalon. Életciklus-elemzés (LCA) során az alkalmazott acéladatbázis és gyártási útvonal megválasztása kritikus jelentőségű.
2. Huzalhúzás több lépcsőben a kívánt huzalátmérő eléréséig; szükség esetén közbenső vagy utólagos hőkezeléssel.

3. Felület-előkészítés, beleértve a zsírtalanítást és öblítést, illetve egyes technológiák esetén savazást.
4. Korrózióvédelmi bevonat kialakítása, jellemzően tűzhorganyzással (Zn), Zn–Al–Mg ötvözetrel, illetve opcionálisan szerves bevonattal (PVC vagy PE).
5. Késztermék-formázás (szövés vagy hegesztés a terméktípustól függően), tekercselés vagy panelesítés, minőségellenőrzés és csomagolás.

Az ipari gyakorlat megkülönbözteti a huzal szövés előtti horganyzását (GBW – galvanized before weaving) és a szövés utáni horganyzást (GAW – galvanized after weaving). A korrózióvédelmi bevonat jellemzőit a termékadatokban és környezeti terméknnyilatkozatokban (EPD) gyakran bevonattömeggként (g/m²) adják meg (EPD 1, 2024).

Az oszlop anyaga S320GD nagy szilárdságú 2,0 mm vastag szerkezeti acél. Az oszlop alakja és oldal bordázata növeli annak szilárdságát, csavarás és kihajlás elleni védelmét (URL2).

Kerítésállítási technológiai folyamatok – betonmentes kivitelezés

A vizsgált drótkerítés kivitelezése – dél-dunántúli kerítésépítő vállalkozás releváns műveleti lépéseire támaszkodva – helyszíni szerelési technológiával, előregyártott fém elemek alkalmazásával történt. Az oszlopok rögzítése beton alkalmazása nélkül, mechanikai talajkapcsolattal valósult meg, ami jelentősen csökkenti a kivitelezési fázis anyag- és környezeti terhelését.

1. Előkészítés és szállítás: A kerítés elemei – acél oszlopok, drótháló és rögzítő elemek – közúti és kisebb részben terepi áruszállítással kerültek a kivitelezés helyszínére. A szállítás regionális léptékű volt, jellemzően rövid–közepes távolságon belül. A szállítás tehergépjárművel történt, amely az LCA modellben a logisztikai háttér folyamatok egyik fő bemeneti paramétere.
2. Nyomvonal kijelölése és terepelőkészítés: A kerítés nyomvonala előzetesen kijelölésre került, így csak minimális helyszíni előkészítésre volt szükség. A terepviszonyok lehetővé tették a gépi kivitelezést, talajcsere vagy tömörítés nélkül.
3. Oszlopok telepítése oszlopverővel: A fém oszlopok végleges rögzítése oszlopverő gép segítségével történt. Az oszlopverés során az oszlopokat közvetlenül a teherbíró talajrétegbe juttatták, beton vagy egyéb kötőanyag alkalmazása nélkül. Ez a technológia gyors kivitelezést, azonnali terhelhetőséget és csökkentett anyagfelhasználást eredményez. Az oszlopverő üzemorái jól becsülhetők, és közvetlen bemeneti adatként szolgálnak az LCA számításokhoz. A talajviszonyok függvényében néhány ponton az oszlopok helyét előre ki kellett mélyíteni. Ezt a műveletet szintén az oszlopverő gép végezte, egy erre a célra kialakított adapterrel. A gép egy, az oszlop átmérőjének megfelelő méretű acél tüskét ver a talajba, majd azt kihúzva jön létre az oszlop elhelyezésére már alkalmas üreg. Ezekben az esetekben az oszlopverő gép gyakorlatilag kétszer végzi el ugyanazt a műveletet egy oszlop rögzítése érdekében.
4. Támaszok elhelyezése: Az oszlopok rögzítését követően került sor a töréspontokon a támaszok elhelyezésére, rögzítésére.
5. Drótháló kifeszítése és rögzítése: Az oszlopok telepítését követően történt a drótháló kifeszítése és rögzítése. A művelet döntően kézi erővel, egyszerű segédeszközök alkalmazásával zajlott, gépi energiafelhasználás nélkül. A felhasznált anyagok közé a horganyzott drótháló és a rögzítő fém elemek tartoznak. Az oszlopokon a speciális alakú külső fülek megakadályozzák a huzal kiakadását, ugyan akkor szabad mozgást teret biztosítanak a fülön belül. A kifeszített vadháló vízszintes szálait a fülekbe futtatják, majd a háló megfeszítése után a füleket ráhajtják (URL2).

6. Munkaerő-ráfordítás és kivitelezési idő: A kivitelezés teljes időtartama 100 fm kerítésre vetítve körülbelül 6–6,5 munkaóra volt, két fős munkacsoporttal. A gépi műveletek (forgó kotró, oszlopverő) időben koncentráltan jelentkeztek, míg a szerelési fázis alacsony energiaigényű volt.

Környezeti életciklus-elemzés

Az életciklus-elemzés (Life Cycle Assessment, LCA) egy szabványosított, kvantitatív környezeti értékelési módszer, amely egy termék, folyamat vagy szolgáltatás teljes életútja során – a nyersanyag-kitermeléstől a gyártáson, szállításon és használaton át egészen az életciklus végéig – fellépő környezeti hatásokat vizsgálja. A módszer célja a környezeti terhelések átfogó feltárása, az egyes életciklus-szakaszok hozzájárulásának azonosítása, valamint az alternatív megoldások objektív összehasonlíthatóságának biztosítása.

Az elemzés módszertani kerete az ISO 14040:2006 és az ISO 14044:2006 szabványokon alapul, amelyek meghatározzák az LCA négy fő szakaszát:

1. Cél- és hatókör-meghatározás,
2. Életciklus-leltár (LCI) elemzés,
3. Életciklus-hatásvizsgálat (LCIA),
4. Értelmezés.

A szabványok előírásai biztosítják az átláthatóságot, az ismételhetőséget és az eredmények tudományos megalapozottságát, különös tekintettel az adatminőségre, az allokációs eljárásokra és az érzékenységvizsgálatokra.

Cél és tárgykör meghatározása

A kutatás célja egy fémoszlopos, drótfonatos vadháló kerítés környezeti hatásainak számszerűsítése életciklus-elemzés (Life Cycle Assessment, LCA) módszerrel, különös tekintettel a teljes környezeti hatásprofilra és a karbonlábnyomra. A vizsgálat célja nem különböző termékek közvetlen összehasonlítása, hanem egy tipikus, hazai gyakorlatban alkalmazott kerítésrendszer környezeti „hotspotjainak” feltárása, valamint a tervezési és beszerzési döntések környezeti megalapozásának támogatása. A tanulmány tárgya egy csúszásmentes csomózású, horganyzott drótfonatból és acél oszlopokból álló vadháló, amelyet a gyorsforgalmi utak mentén, illetve mezőgazdasági és erdészeti területeken alkalmaznak vadkárelhárítás céljából.

Funkcionális egység és referenciaáram

Az életciklus-elemzés funkcionális egysége 100 folyóméter hosszú, 2 m magas, fémoszlopos vadháló drótkerítés, amely biztosítja a vadmozgás fizikai korlátozását a vizsgált alkalmazási környezetben (vízszintes huzalok száma 17 db)

A referenciaáram a funkcionális egység megvalósításához szükséges összes anyag-, energia- és szolgáltatásáram, beleértve a dróthálót, az acél oszlopokat, a rögzítő elemeket, valamint a kivitelezéshez kapcsolódó üzemanyag- és segédanyag-felhasználást.

Rendszerhatárok

A vizsgálat „bölcstől a kapuig” („cradle-to-gate”) rendszerhatárokkal készült, kiterjesztve a kivitelezés helyszínéig. A rendszer magában foglalja a nyersanyag-kitermelést, az alapanyagok és félkész termékek gyártását, a késztermékek előállítását, valamint a forgalmazótól a kivitelezés helyszínéig történő szállítást és a helyszíni telepítést.

A rendszerhatárok ugyanakkor nem tartalmazzák az alapanyagok szállítását a gyártóig vagy a forgalmazóig, továbbá a használati fázist, a karbantartást, illetve az életciklus végi kezelést (bontás, újrahasznosítás, ártalmatlanítás). Ezek kizárása a vizsgálat céljával összhangban

történt, mivel a tanulmány elsősorban az anyaggyártási és kivitelezési fázisok környezeti terhelésére fókuszál.

Földrajzi és időbeli érvényesség

Az elemzés földrajzi érvényessége elsősorban Magyarországra és az európai régióra (RER) terjed ki. A primér adatok egy dél-dunántúli kerítésépítő vállalkozás aktuális műveleti és kivitelezési adataira támaszkodnak, míg a szekunder adatok európai és globális átlagos technológiákat reprezentálnak. Az alkalmazott adatbázisok időbeli érvényessége jellemzően 2015–2023 közötti technológiai állapotot tükröz.

Életciklus-leltár (LCI)

Az LCA-modell felépítése során a vizsgált termékrendszer specifikus folyamataira vonatkozóan primér adatok kerültek felhasználásra, különösen az anyagösszetételre, a kivitelezési technológiára, az üzemanyag-felhasználásra és a szállítási távolságokra vonatkozóan. A háttér folyamatok modellezéséhez szekunder adatkészletek szolgáltak alapul a Sphera Professional Database és az ecoinvent 3.10 adatbázisból. A főbb szekunder adatfolyamatok közé tartozott az acélhuzal és az elektro-horganyzott acél előállítás, az alumínium profil gyártása, a dízel üzemanyag és kenőanyagok előállítása, valamint a közúti szállítás (Euro 6 nehéz-tehergépjárművek és Euro 4 könnyű haszongépjárművek). A kivitelezési fázisban alkalmazott betonmentes oszlopverés energiaigénye közvetlen bemeneti adatként került a modellbe.

Hatásértékelési módszer és hatáskategóriák

Az életciklus-hatásvizsgálat (LCIA) a CML 2001 (Aug. 2016) módszer alkalmazásával történt. Az értékelés során az alábbi fő hatáskategóriák kerültek figyelembevételre: globális felmelegedési potenciál (GWP 100), fosszilis és elemi erőforrás-kimerülési potenciál (ADP fossil, ADP elements), savasodási potenciál (AP), eutrofizációs potenciál (EP), fotokémiai ózonképződési potenciál (POCP), humán toxicitási potenciál (HTP), édesvízi és tengeri vízi ökotoxicitási potenciál (FAETP, MAETP), valamint ózonréteg-károsodási potenciál (ODP).

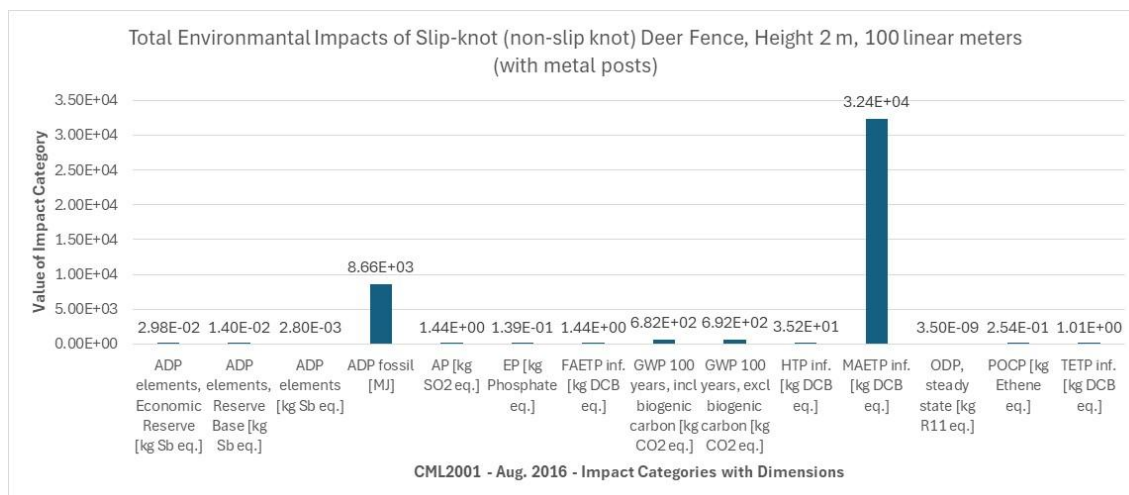
Feltételezések és korlátok

A vizsgálat eredményei a megadott rendszerhatárookra, adatforrásokra és technológiai feltételezésekre érvényesek. A használati fázis és az életciklus végi kezelések kizárása miatt az eredmények nem alkalmasak teljes „cradle-to-grave” összehasonlításra, ugyanakkor megfelelő alapot biztosítanak az anyaggyártási és kivitelezési fázisok környezeti hatásainak értékelésére és a potenciális beavatkozási pontok azonosítására.

Eredmények

Környezeti hatásprofil értékelése

A 100 fm hosszú, 2 m magas, fémoszlopos vadháló életciklus-elemzése alapján a CML 2001 (Aug. 2016) hatásértékelési módszerrel számított teljes környezeti hatásprofil markánsan egyensúlyozatlan képet mutat, amely egyértelműen az anyaggyártáshoz kapcsolódó terhelések dominanciájára utal. A vizsgált hatáskategóriák közül messze a legnagyobb hozzájárulás a tengeri vízi ökotoxicitási potenciál (MAETP) esetében jelentkezik, amely nagyságrendekkel meghaladja a többi hatáskategória értékeit. Ez a fémalapú szerkezetekre jellemző nehéz-fém-kibocsátásokkal, valamint a fémek kitermeléséhez és feldolgozásához kapcsolódó háttér folyamatokkal magyarázható, és tipikus „hotspot”-ként azonosítható a rendszer életciklusában.



1. ábra: Csúszásmentes csomózású vadháló teljes környezeti hatása, magasság 2 m, 100 folyóméter (fémoszlopokkal) a CML2001 – Aug. 2016 hatásértékelési módszer szerint

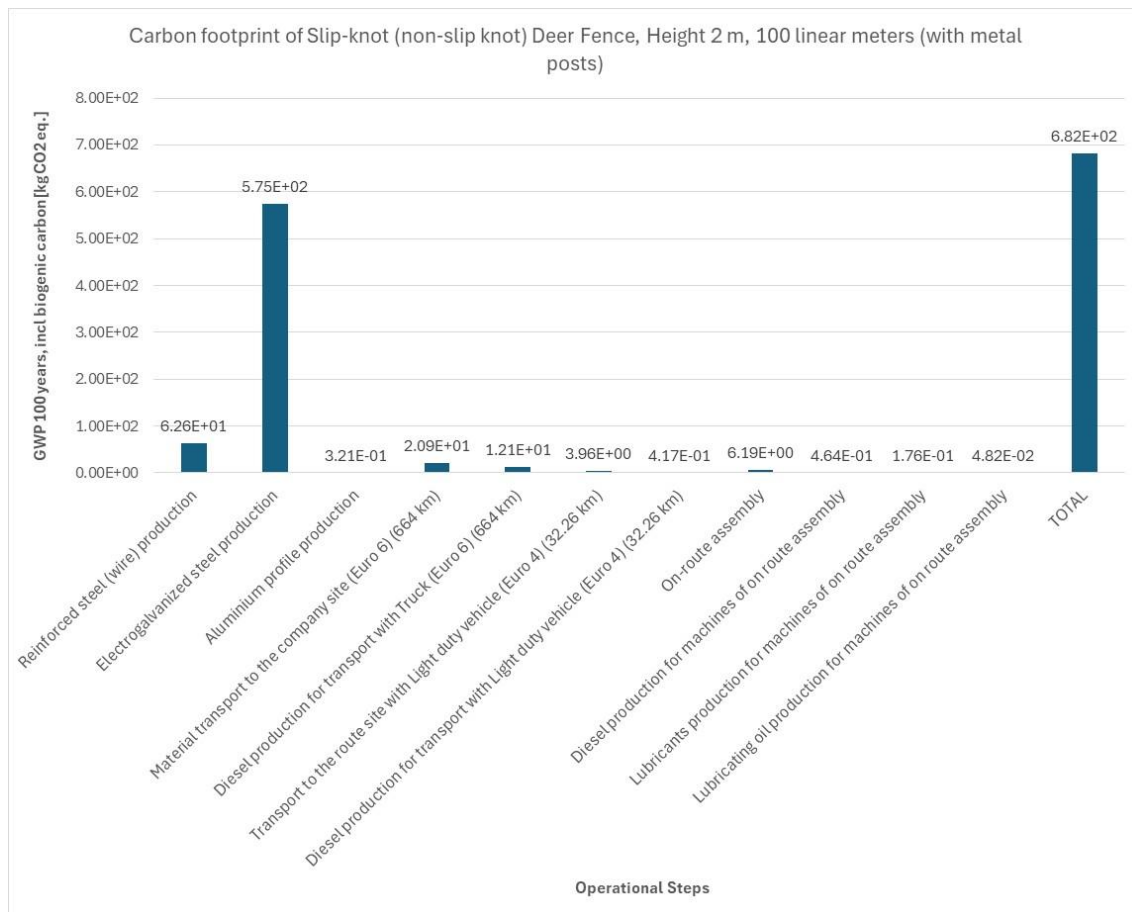
A második legjelentősebb hatáskategória a fosszilis erőforrás-kimerülési potenciál (ADP fossil), amely a vadháló gyártásához szükséges primer energiaigény magas szintjét tükrözi. Az acélalapú huzalok és oszlopok előállítására, valamint az ezekhez kapcsolódó energiafelhasználás meghatározó szerepet játszik a teljes életciklus fosszilis energiahordozó-igényében. A klímaváltozási potenciál (GWP 100) szintén számottevő, ugyanakkor a biogén szén figyelembevételével és anélkül számított értékek közötti különbség elhanyagolható, ami alátámasztja, hogy a rendszer gyakorlatilag teljes mértékben fosszilis és ásványi alapú anyagokra épül, biológiai eredetű komponensek jelentős hozzájárulása nélkül.

A humán toxicitási potenciál (HTP) és az édesvízi vízi ökotoxicitási potenciál (FAETP) közepes mértékű terhelést mutatnak, amelyek szintén a fémgyártáshoz és az energiatermeléshez kapcsolódó kibocsátások következményei. Ezek a hatások nagyságrendileg elmaradnak a tengeri ökotoxicitási potenciáltól, ugyanakkor nem tekinthetők elhanyagolhatónak a környezeti kockázatok átfogó értékelése szempontjából.

A savasodási potenciál (AP), az eutrofizációs potenciál (EP) és a fotokémiai ózonnépződési potenciál (POCP) viszonylag alacsony értékeket mutatnak, ami arra utal, hogy a vizsgált rendszer nem jár jelentős savasító, tápanyag-terhelési vagy alsó légköri ózonnépző hatásokkal. Az ózonréteg-károsodási potenciál (ODP) gyakorlatilag elhanyagolható, ami összhangban van a modern gyártási technológiák és szabályozások általános elvárásaival. Az abiogén erőforrás-kimerülés elemekre vonatkozó indikátorai (ADP elements) alacsony értékei arra utalnak, hogy a rendszer nem kritikus ritkafém-felhasználáson alapul, ugyanakkor ez nem jelenti a fémhasználat hiányát, csupán az indikátor korlátozott érzékenységét az acélalapú anyagokra.

A vizsgált életciklus szakaszok karbonlábnyoma és részesedés elemzés

A vizsgált vadháló teljes karbonlábnyoma a GWP 100 (biogén szénrel együtt számítva) kategóriában $\approx 6,82 \times 10^2$ kg CO₂-egyenérték, amelynek megoszlása az egyes műveleti lépések között erősen koncentrált képet mutat. A részesedés-elemzés alapján egyértelműen az anyaggyártási folyamatok dominálják a teljes klímahatást, míg a szállítási és kivitelezési műveletek másodlagos szerepet töltenek be.



2. ábra: Csúszásmentes csomózású vadháló, magasság 2 m, 100 folyóméter (fémoszlopokkal) vizsgált életciklus szakaszainak (biogén szén is tartalmazó) karbonlábnyoma (kg CO₂ eq.) a CML2001 – Aug. 2016 hatásértékelési módszer szerint

A legnagyobb hozzájárulást az elektro-horganyzott acél előállítás adja, amely 575 kg CO₂-eq kibocsátással a teljes karbonlábnyom mintegy 84%-áért felelős. Ez az eredmény jól tükrözi a horganyzott acél nagy energia- és emisszióigényét, valamint összhangban van a teljes hatásprofil elemzése során azonosított erőforrás- és gyártásintenzív „hotspot”-okkal. A második legjelentősebb tétel az erősített acélhuzal gyártása, amely 62,6 kg CO₂-eq értékkel a teljes kibocsátás körülbelül 9%-át teszi ki. A két fő acélalapú komponens együttesen a teljes karbonlábnyom több mint 90%-át adja, ami egyértelműen jelzi, hogy a vizsgált rendszer klímahatása döntően az alapanyag-előállítás szakaszában keletkezik.

A vizsgált rendszert jellemző szállításhoz kapcsolódó műveletek összességében jóval kisebb, de nem elhanyagolható hozzájárulást mutatnak. A dízel előállításához és a tehergépkocsis szállításhoz kapcsolódó folyamatok – beleértve az Euro 6-os teherautós anyagszállítást és az Euro 4-es könnyű haszongépjárműves helyszíni szállítást – együttesen 3–4% körüli részesedést képviselnek a teljes karbonlábnyomból. Ezek közül a legnagyobb tétel a hosszabb távú anyagszállításhoz köthető dízelfelhasználás, azonban nagyságrendileg messze elmarad az acélgyártás klímahatásától.

A kivitelezéshez kapcsolódó helyszíni műveletek – beleértve a gépek üzemanyag- és kenőanyag-igényét – csak marginális hozzájárulást jelentenek. A nyomvonal menti kerítés összeszerelés (on-route assembly) során felhasznált dízel és kenőanyagok egyenként jellemzően 0,1% alatti részesedést mutatnak, így a teljes karbonlábnyom szempontjából elhanyagolhatóak. Az alumínium profil, vagyis a huzalkapcsoló hüvely gyártásának hozzájárulása

szintén csekély, 0,1% alatti, ami arra utal, hogy a rendszerben alkalmazott alumínium mennyisége és szerepe a klímahatás szempontjából nem meghatározó.

Következtetések

Összességében megállapítható, hogy a fémoszlopos vadháló életciklusának környezeti hatásait elsősorban az anyaggyártási fázishoz köthető energia- és erőforrás-igény, valamint a fémfeldolgozáshoz kapcsolódó ökotoxikus kibocsátások határozzák meg. A teljes hatásprofil alapján a rendszer környezeti teljesítményének javítása elsősorban az anyagválasztás, az alapanyagok újrahasznosított tartalma, valamint az energiaintenzív gyártási folyamatok optimalizálása révén érhető el.

A részesedés-elemzés egyértelműen igazolja, hogy a fémoszlopos vadháló kerítés karbonlábnyomát döntően az acélalapú komponensek előállítás, különösen az elektro-horganyzott acél gyártása határozza meg. A vizsgált rendszerben a szállítási és kivitelezési fázisok hozzájárulása másodlagos, míg a helyszíni szerelési műveletek klímahatása elhanyagolható. A karbonlábnyom csökkentésére irányuló beavatkozások szempontjából ezért a legnagyobb potenciál az anyagválasztásban, az újrahasznosított acél alkalmazásában, valamint az acélgyártáshoz kapcsolódó energia- és emisszióintenzitás mérséklésében azonosítható, míg a logisztikai optimalizáció csak kiegészítő jellegű javulást eredményezhet.

Hazánkban a gyorsforgalmi úthálózat hossza összesen 2429,7 km, melyből 1324,3 km autópálya, 559,1 km autótút, és 546,3 km autópálya vagy autótút csomóponti ága (URL3). Ezek alapján a gyorsforgalmi úthálózat menti kerítések hossza 3766,8 km hosszúra becsülhető, melyhez a tanulmányunk szerint vizsgált és hozzárendelhető kerítés karbonlábnyom értéke 25 689 576 kg CO₂ eq. (vagyis 25,7 kt CO₂ eq.), ami a fogyasztásalapú (~6 t CO₂/fő/év) megközelítés szerint hozzávetőleg 4300 fő magyar lakos egyéves karbonlábnyomának felel meg.

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében az Innovációs és Technológiai Minisztérium (jogutód: Kulturális és Innovációs Minisztérium) Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BOLIN, C. – SMITH, S. (2013): Life Cycle Assessment of CCA-Treated Wood Highway Guard Rail Posts in the US with Comparisons to Galvanized Steel Guard Rail Posts. *Journal of Transportation Technologies*, 3, 58-67. doi: 10.4236/jtts.2013.31007.
- EPD 1: EPD-IES-0011902:001 (2024): Fencing and agriculture products (vineyard wires, barbed wire, chain link, field fence, welded mesh, X-knot). EPD International
- EN 10223-6:2013 Steel wire and wire products for fencing and netting - Part 6: Steel wire chain link fencing
- EN 10218-1:2012 Steel wire and wire products - General - Part 1: Test methods
- EN 10244-2:2023 Steel wire and wire products. Non-ferrous metallic coatings on steel wire Zinc or zinc alloy coatings
- EN 10245-2:2011 Steel wire and wire products. Organic coatings on steel wire PVC finished wire
- HYDE, J. – ENGEL, P. (2000): Lifecycle Assessment Study—Guardrail Offset Blocks: Recycled Plastic, Steel, and Pressure-Treated Wood Blocks; Technical Report n°27; Chelsea Centre for Recycling and Economic Development: Chelsea, MA, USA, 2000
- ISO 14040:2006 Environmental Management—Life Cycle Assessment—Principles and Framework. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2006.
- ISO 14044:2006 Environmental Management—Life Cycle Assessment—Requirements and Guidelines. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2006.

- LIANG, T. – WANG, S. – LU, C. – JIANG, N. – LONG, W. – ZHANG, M. – ZHANG, R. (2020): Environmental impact evaluation of an iron and steel plant in China: Normalized data and direct/indirect contribution. *J. Clean. Prod.* 2020, 264, 121697.
- MATTOS, D. – ESTEVES DA SILVA, J. C. G. – PINTO DA SILVA, L. (2025): Life Cycle Assessment of Reconditioned Guardrail Beams. *Waste*, 3(4), 36. <https://doi.org/10.3390/waste3040036>
- MSZ EN 10223-4:2013 Acélhuzal és huzaltermékek kerítésekhez és huzalhálókhoz. 4. rész: Acélhuzalból hegesztett kerítésháló
- SCOUSE, A. A. – KELLEY, S. S. – VENDITTI, R. A. – MCCONNELL, T. E. (2020): Evaluating sustainable product alternatives by combining life cycle assessment with full-cost accounting: A highway guardrail case study. *BioRes.* 15(4), 9103-9127.
- URL1: Fix vadháló. Leolvasás: 2026.01.10., URL: <https://tarjanacel.hu/vadhalo/fix-vadhalo-2-2-2-5>,
- URL2: Kerítés soroszlop. Leolvasás: 2026.01.10., URL: <https://tarjanacel.hu/fem-kerites/salgo-magnelis-kerites-soroszlop.html>
- URL3: Magyar Közút. Az állami közúthálózatról. A közúthálózat fő jellemzői. Leolvasás: 2026.01.10., URL: <https://internet.kozut.hu/kozerdeku-adatok/orszagos-kozuti-adatbank/az-allami-kozuthalozatrol/>
- WORLD STEEL ASSOCIATION. *World Steel in Figures Report (2023)*; World Steel Association: Brussels, Belgium, 2023; pp. 05–08. Available online: <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures/world-steel-in-figures-2023/> (accessed on 17 May 2024).

KILÁTÓPONTOK VONZÁSÁBAN – NÉPSZERŰ KIRÁNDULÓHELYEINK LÁTOGATOTTSÁGI TRENDJEI – A PARKERDEI LÁTOGATOTTSÁGI ADATOK ALAPJÁN KIRAJZOLÓDÓ TENDENCIÁK

Attracted by Scenic Viewpoints – Visitation Trends at Our Popular Hiking
Destinations Based on Forest Park Visitor Data English

RÁCZ KÁROLY¹, KÁLMÁN MIKLÓS², KOVÁCS VIKTÓRIA³

¹Pilisi Parkerdő Zrt., Budapesti Erdészet

²Pilisi Parkerdő Zrt., Pályázati és Vállalkozási főmérnökség

³Pilisi Parkerdő Zrt., Ökoturisztikai és kommunikációs osztály

racz.karoly@pprt.hu

Kivonat

A tanulmány célja, hogy bemutassa a Pilisi Parkerdő Zrt. területén található, kiemelten népszerű kilátópontok látogatottsági trendjeit a 2020–2025 közötti időszakban, automatikus gyalogos forgalomszámlálók adatai alapján. A kutatás hat frekventált kirándulóhely – köztük a Prédikálószték, a Rám-szakadék és a Hármashatár-hegy – hosszú távú, objektív mérési eredményeire épül. Az alkalmazott módszer lehetővé tette a látogatások időbeli, heti és napszakos megoszlásának, valamint a szezonális és rendkívüli események (például a COVID-19 járvány vagy ideiglenes lezárások) hatásainak elemzését. Az eredmények jelentős, tartósan magas látogatószámot, erős hétvégi és ünnepnap koncentrációt, valamint markáns tavaszi–ősz szezonálisitást mutatnak. A vizsgálat igazolja, hogy a kilátópontok nem csupán helyi, hanem országos jelentőségű rekreációs célterületekké váltak. A mért adatok fontos alapot szolgáltatnak a fenntartható ökoturisztikai tervezéshez, a terheléskezeléshez és a megalapozott szakmai kommunikációhoz.

Abstract

The aim of the study is to present visitor trends at several highly popular scenic viewpoints located within the area managed by Pilisi Parkerdő Zrt., based on data from automatic pedestrian counters covering the period 2020–2025. The research is built on long-term, objective measurement results from six frequently visited hiking destinations, including Prédikálószték, the Rám Gorge, and Hármashatár Hill. The applied methodology made it possible to analyze the temporal, weekly, and diurnal distribution of visits, as well as the impacts of seasonal patterns and extraordinary events (such as the COVID-19 pandemic or temporary site closures). The results indicate a significant and persistently high level of visitation, with strong concentration on weekends and public holidays, along with pronounced spring and autumn seasonality. The study confirms that these viewpoints have become recreational destinations of not only local but also national importance. The measured data provide an essential basis for sustainable ecotourism planning, visitor pressure management, and well-founded professional communication.

Bevezetés

Az erdőterületek rekreációs szerepe az elmúlt évtizedekben folyamatosan erősödött, különösen a városközeli természeti környezetek esetében. A természetjárás, mint szabadidős tevékenység, egyre szélesebb társadalmi rétegek számára válik rendszeres kikapcsolódási formává, amelynek egyik legfontosabb vonzerejét a kilátópontok és látványos természeti attrakciók jelentik. A kilátók nemcsak esztétikai élményt nyújtanak, hanem orientációs, edukációs és identitásképző szereppel is bírnak, ezért kiemelt helyet foglalnak el az erdei turizmus infrastruktúrájában. A növekvő látogatói igények ugyanakkor fokozott terhelést

jelentenek az erdőterületekre, ami szükségessé teszi a látogatottság pontos mérését és elemzését, valamint a fenntartható használat szakmai megalapozását.

A szakirodalomban egyre hangsúlyosabban jelenik meg az ökoturizmus és a rekreációs erdőhasználat mérhetőségének kérdése. Nemzetközi és hazai kutatások egyaránt rámutatnak arra, hogy az objektív, hosszú idősoros látogatottsági adatok kulcsszerepet játszanak a tervezésben, a természetvédelmi szempontok érvényesítésében, valamint a látogatómenedzsment kialakításában. A korábbi gyakorlatban gyakran becsléseken vagy eseti megfigyeléseken alapultak a látogatói adatok, amelyek pontatlansága korlátozta a következtetések megbízhatóságát. Az automatikus forgalomszámláló rendszerek elterjedése új lehetőséget teremtett a valós látogatói mozgások folyamatos, torzításmentes nyomon követésére, különösen olyan helyszíneken, ahol a hagyományos adatgyűjtési módszerek nehezen alkalmazhatók.

Magyarországon az erdei látogatottság hosszú távú, automatizált mérésében úttörő szerepet tölt be a Pilisi Parkerdő Zrt., amely évek óta alkalmaz különböző forgalomszámláló eszközöket közjóléti létesítményein és frekventált kirándulóhelyein. A jelen tanulmány ebbe a kutatási irányba illeszkedik, és célja, hogy bemutassa több kiemelten népszerű kilátópont látogatottsági trendjeit, valamint feltárja az időbeli mintázatokat, a szezonális sajátosságokat és a rendkívüli események hatásait. A látogatószámlálók által nyert adatok segíthetnek abban, hogy a terhelés ne haladja meg az ökológiai tűréshatárt, és a természeti értékek hosszú távon is megőrizhetők maradjanak. (KÁLMÁN et al. 2025)

Anyag és módszer

A vizsgálat a Pilisi Parkerdő Zrt. kezelésében álló erdőterületeken, kiemelten népszerű ökoturisztikai létesítményekhez kapcsolódó kilátópontokon zajlott. A kutatás fókuszában hat frekventált kirándulóhely állt: a Boldog Özséb-kilátó, a Guckler Károly-tanösvény, a Hármashatár-hegy kilátó, a Makovecz-kilátói út, a Prédikálószerék-kilátó és a Rám-szakadék. E helyszínek kiválasztását egyrészt magas látogatottságuk, másrészt eltérő földrajzi elhelyezkedésük és funkciójuk indokolta, amely lehetőséget adott a különböző típusú kirándulóhelyek összehasonlító elemzésére.

Az adatgyűjtő rendszer alapja egy kifejezetten kültéri használatra tervezett, áthaladó személyek számlálására, a számlálás adatainak feldolgozására, illetve a feldolgozott adatok megjelenítésére alkalmas rendszer. Az áthaladó személyek számlálását, a test jelenlétét érzékelő szenzor teszi lehetővé. A mért adatokat a készülék rögzíti, majd a nap zárását követően, mobil hálózaton keresztül egy szerverre továbbítja. A beérkező adatok feldolgozása ezután történik meg. A feldolgozás eredménye, egy átlátható és informatív web-felületen tekinthető meg. Az eszközök energiaellátását nagy kapacitású, ipari felhasználásra tervezett elemek biztosítják, így a számlálók elektromos hálózattól függetlenül, nehezen megközelíthető erdei környezetben is hosszú távon üzemeltethetők. (KÁLMÁN et al. 2025)

A feldolgozott adatok egy webalapú felületen válnak hozzáférhetővé, amely numerikus és grafikus formában is megjeleníti a látogatottság alakulását. A rendszer lehetőséget biztosít napi, havi és éves összesítések készítésére, valamint különböző eloszlások – például napszakok, a hét napjai, csúcnapok és csúcshónapok – elemzésére. A jelen tanulmányban a 2020 és 2025 közötti időszak adatai kerültek feldolgozásra, figyelembe véve az esetleges adatki-maradásokat, illetve a rendkívüli eseményeket, mint például műszaki meghibásodások, vandálizmus vagy ideiglenes területlezárások.

Az alkalmazott módszer elsősorban leíró statisztikai elemzésre épült. A vizsgálat során meghatározásra kerültek az egyes helyszínek összesített látogatószámai, a legforgalmasabb időszakok, valamint a hétvégi és hétköznapi forgalom arányai. Az eredmények értelmezése során külön hangsúlyt kapott a szezonális mintázatok, a járványhelyzet hatásai és a természeti

attrakciók elérhetőségének szerepe. A módszertan lehetővé tette a hosszú távú trendek fel-tárását, és megalapozta a látogatottsági adatok összehasonlítható, objektív értékelését a vizsgált kirándulólhelyek között.

Eredmények

Leghosszabb ideje mérési adatokkal a Prédikálószték-kilátó esetén rendelkezünk. Az éves adatokból egyértelműen látszik a „Covid időszak” hatása, melyet követett egy visszarendeződés a 2018-2019. évek számaira (2. ábra). Az előző év azonos időszakához viszonyítva megállapítható, hogy 2020. közel 40%-os a 2021. pedig még ehhez képest is közel 20%-os látogatószám emelkedést eredményezett. A Parkerdő több csatornán kommunikálta, konkrét mérési adatokkal is alátámasztva az erdőterületek rekreációs szerepének megnövekedését. A fővárostól „távolabb és nehezebben megközelíthető” helyszínek látogatottsága nőtt jelentősebben (közel 40%-kal), úgy mint a Boldog Özséb-kilátóé és a Prédikálószték-kilátóé. (KÁLMÁN et al. 2025)



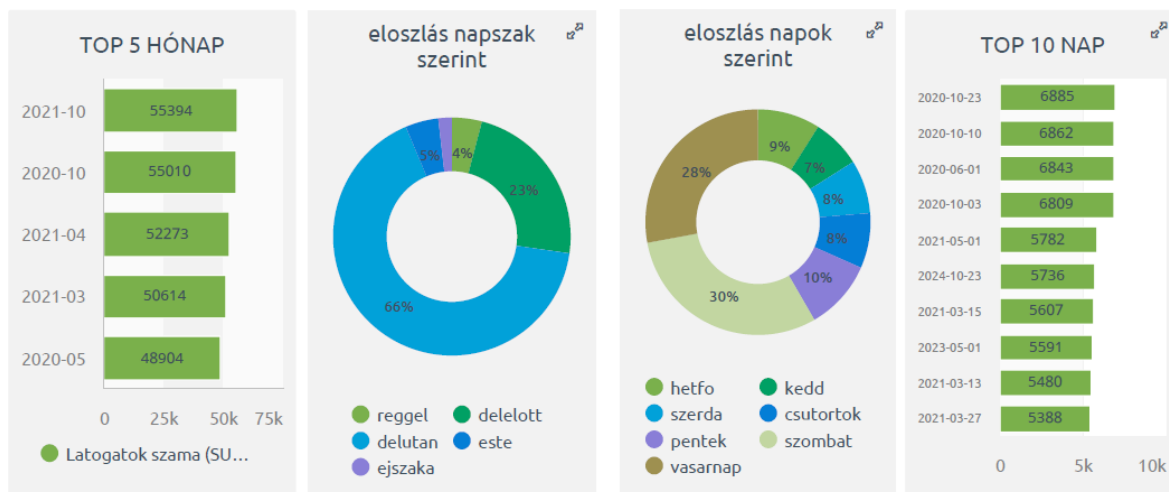
1. ábra: Prédikálószték-kilátó látogatószám adatok (2018-2025. évek)

A 2020–2025 közötti időszak automatikus gyalogos forgalomszámlálási adatai alapján egyértelműen megállapítható, hogy a vizsgált kilátópontok a hazai erdei turizmus kiemelten látogatott helyszínei közé tartoznak. A hat elemzett kirándulólhely összesen több mint 2,27 millió látogatót fogadott a vizsgált időszakban, ami tartósan magas érdeklődést jelez. Az adatokból jól kirajzolódik a COVID–19 járvány hatása: 2020-ban és 2021-ben több helyszínen kiugró látogatószám-emelkedés volt tapasztalható. A későbbi években a látogatottság kiegyensúlyozottabbá vált, de továbbra is meghaladta az évi 300 ezer főt. A természetjárás iránti érdeklődés tehát nem átmeneti jelenségnek, hanem hosszabb távon fennmaradó szokásnak bizonyult.

Időbeli eloszlás tekintetében markáns szezonális figyelhető meg. A legtöbb látogatás tavasszal és ősszel történt, különösen március–április, illetve szeptember–október hónapokban. A nyári időszakban – a Rám-szakadék kivételével – alacsonyabb forgalmat regisztráltak. A havi csúcserőterek döntően a pandémiás évekhez köthetők, ugyanakkor a későbbi időszakokban is rendszeresen előfordultak kiemelkedő forgalmú hónapok, jelezve a kilátók stabil vonzerejét.

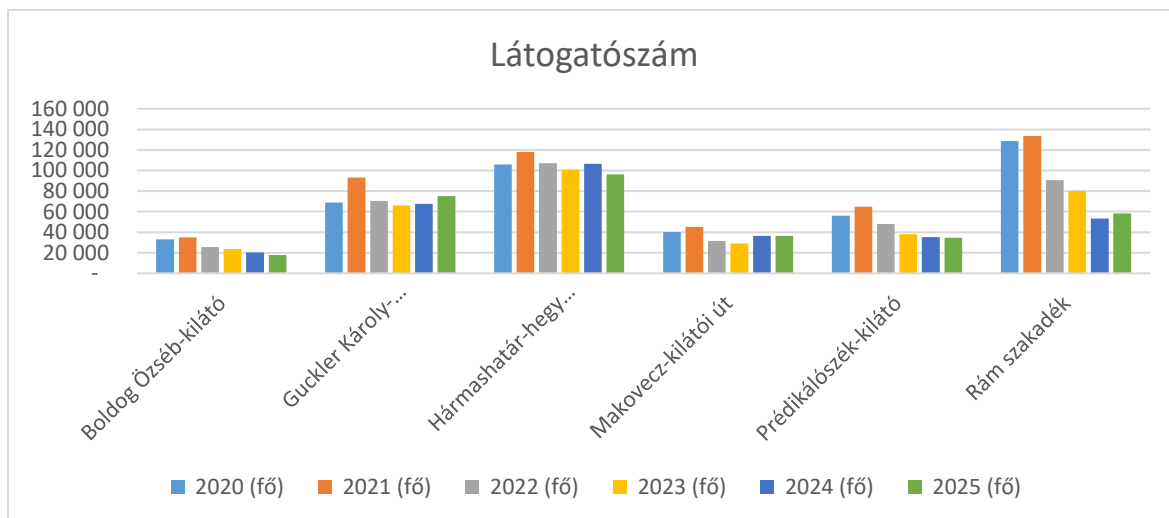
A heti ritmus vizsgálata azt mutatta, hogy a látogatások jelentős része hétfővégre koncentráldódik. A látogatók közel 60%-a szombaton és vasárnap kereste fel a vizsgált helyszíneket,

míg a hétköznapok forgalma egyenletesebb, de lényegesen alacsonyabb volt. A napi időbeli megoszlás alapján a délutáni órák dominanciája figyelhető meg, a látogatások mintegy kétharmada ebben az időszakban zajlott, míg a reggeli és esti időszakok szerepe marginális maradt.



2. ábra: Hat kiemelt kilátópont főbb látogatottsági adatai (2020-2025).
Forrás: Forestvisit, 2026

A helyszínek közötti összehasonlítás jelentős eltéréseket tárt fel. A legnagyobb összesített látogatószámot a Hármashatár-hegy regisztrálta, amelynek népszerűsége elsősorban városközelbeli elhelyezkedéséből és könnyű megközelíthetőségéből adódik. Országos vonzerejű célpontként jelent meg a Rám-szakadék és a Prédikálószték, amelyek esetében nemcsak a magas összeforgalom, hanem az egyes csúcspanapokon mért rendkívül nagy látogatószámok is kiemelkedők. Ezzel szemben a Boldog Özséb-kilátó és a Makovecz-kilátói út alacsonyabb, de kiegyensúlyozottabb forgalmat mutatott, ami inkább célzott, tudatos kirándulói kört jelez.



2. ábra: Hat kiemelt kilátópont éves látogatószáma

A vizsgált időszak abszolút csúcstartója a Rám-szakadék, ahol 2020. június 1-jén több mint 3 100 fő haladt át a szurdokon. Ez messze felülmúlja a többi helyszín egy napra eső forgalmát. A Hármashatár-hegyen a legforgalmasabb nap 2020. május 11-én volt, több mint 2 100 fővel – ez is jól mutatja, hogy a járvány első hulláma utáni időszakban sokan keresték a szabad levegőt. A többi kilátónál is jellemzően az ünnepnapok és hosszú hétvégék hozták a legmagasabb látogatószámokat: a Boldog Özsébnél például 2023. október 23-án, a

Gucklernél 2021. április 25-én, a Prédikálósztéknél pedig 2020. október 3-án dőlt meg a rekord. (KÁLMÁN et al. 2025)

1. Táblázat: Hat kilátópont látogatottsági összefoglaló táblázata

Kilátó	Összes látogató (2020–2025)	Legforgalmasabb hónap	Csúcsnap
Boldog Özséb	136 612	2021-01 (4 238 fő)	2023-10-23 (605 fő)
Guckler	366 191	2021-04 (14 599 fő)	2021-04-25 (1 472 fő)
Hármashatár-hegy	538 398	2024-10 (14 866 fő)	2020-05-11 (2 193 fő)
Makovecz	182 515	2021-01 (5 612 fő)	2021-09-02 (1 238 fő)
Prédikálószték	242 455	2021-10 (9 306 fő)	2020-10-03 (1 174 fő)
Rám-szakadék	486 233	2020-08 (23 177 fő)	2020-06-01 (3 116 fő)

Az elemzéssel érintve az elmúlt négy évben (2022–2025) 12 kilátópont (a fentebb részletesen vizsgált hat ponton felüliek: Bölcsohegyi-kilátó, Csergezán Pál-kilátó, Kaán Károly-kilátó, Naplás- tó kilátó, Rezső-kilátói út, Dévényi Antal-kilátó- mely 2025-ben lebontásra került) összesen több, mint 2,2 millió látogatót fogadott. A tíz legforgalmasabb nap mind ünnepnaphoz, vagy hosszú hétvégéhez kapcsolódik. Az abszolút rekordot 2024. október 23-án tartja, amikor közel 10 ezer fő kereste fel a 12 helyszínt. Szintén kiugróan magas volt a látogatottság 2023. május 1-jén (8 606 fő), valamint 2022. március 14-én. (KÁLMÁN et al. 2025)

A rendkívüli események hatása szintén jól nyomon követhető volt az adatsorokban. Egyes helyszíneken műszaki meghibásodás vagy vandalizmus okozott átmeneti adatkimaradást, míg a Rám-szakadék 2024. évi ideiglenes lezárása drasztikus látogatószám-csökkenést eredményezett. Ezek az esetek egyértelműen rámutattak arra, hogy a természeti attrakciók elérhetősége alapvetően meghatározza a turisztikai forgalom alakulását. Összességében az eredmények megerősítik, hogy a vizsgált kilátópontok kiemelt szerepet töltenek be a térség rekreációs rendszerében, és látogatottságuk alakulása jól értelmezhető mintázatot mutat.

Következtetések

A vizsgálat eredményei egyértelműen igazolják, hogy a Pilisi Parkerdő területén található, elemzett kilátópontok meghatározó szerepet töltenek be a hazai erdei rekreációban és ökoturizmusban. A 2020–2025 közötti időszak adatai alapján megállapítható, hogy a látogatottság tartósan magas szinten stabilizálódott, még a pandémiás időszakot követően is. Ez arra utal, hogy a természetjárás és a kilátók felkeresése nem csupán a rendkívüli körülményekhez kötődő átmeneti jelenség volt, hanem hosszabb távon fennmaradó társadalmi igényné vált. A tavaszi és őszi szezonális, valamint a hétvégi és ünnepnapra csúcsforgalom egyaránt megerősíti a kirándulóhelyek klasszikus rekreációs funkcióját.

Az eredmények értékelése során jól kirajzolódnak a különböző helyszínek eltérő szerepei. A városközeleli, könnyen megközelíthető kilátók – mint a Hármashatár-hegy – elsősorban rövid, spontán kirándulások célpontjai, míg az országos vonzerővel bíró természeti attrakciók, például a Rám-szakadék vagy a Prédikálószték, tudatosabb, gyakran hosszabb túrák végpontjaiként jelennek meg. Ez a differenciáltság fontos szempont a látogatómenedzsment és a területkezelés során, hiszen eltérő terhelési mintázatokat és infrastruktúra-igényeket eredményez. A kevésbé frekvenciált, de stabil forgalmat mutató helyszínek ugyanakkor lehetőséget kínálnak a látogatói nyomás térbeli megosztására.

A rendkívüli események – különösen a járványhelyzet és a területlezáráások – hatásainak elemzése rávilágított arra, hogy az erdei turizmus érzékenyen reagál a hozzáférhetőség változásaira. A Rám-szakadék ideiglenes lezárása drasztikus forgalomcsökkenést eredményezett, amely nemcsak az adott helyszínt, hanem a tágabb térség turisztikai rendszerét is érintette. Mindez hangsúlyozza a megelőző karbantartás, a kockázatkezelés és az alternatív útvonalak, célpontok kommunikációjának fontosságát. Ugyanakkor a közeli kilátópontok forgalmának relatív stabilitása azt mutatja, hogy a látogatók részben képesek alkalmazkodni a megváltozott körülményekhez.

Összességében a tanulmány alátámasztja, hogy az automatikus látogatószámláló rendszerek hatékony és megbízható eszközt jelentenek az erdei közjóléti létesítmények hosszú távú monitorozásában. Az így nyert adatok nemcsak a fejlesztések eredményességének értékelését teszik lehetővé, hanem alapot szolgáltatnak a fenntartható terheléskezeléshez, az ökológiai tűréshatárok figyelembevételéhez és a megalapozott szakmai döntéshozatalhoz. A jövőbeni fejlesztések és kutatások számára különösen fontos feladat lesz a látogatói adatok további integrálása – például időjárási, közlekedési vagy társadalmi tényezőkkel –, annak érdekében, hogy a népszerű kirándulóhelyek természeti értékei hosszú távon is megőrizhetők maradjanak, miközben a rekreációs igények kielégítése is biztosított marad.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Pilisi Parkerdő Zrt. támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

KÁLMÁN M. – KOVÁCS V. – RÁCZ K. (2025): Kilátópontok vonzásában – Hat népszerű kirándulóhely látogatottsági trendjei 2020–2024 között, Erdészeti Lapok CLX.. évf. 11. szám (2025. november)

KORÁN, GYAKRAN, INTENZÍVEN: FAÁLLOMÁNYAINK TÚLÉLÉSÉNEK SEGÍTÉSE A SZÁRAZODÓ KLÍMÁBAN

Early, Frequently, Intensively: Helping Forests Survive in a Drying Climate

SOMOGYI ZOLTÁN¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet
somogyi.zoltan@uni-sopron.hu

Kivonat

A klímavédelem (mitigáció) sikertelenségre ítélt vállalkozás, elvonva a figyelmet és erőforrásokat a klímaváltozás hatásaihoz szükséges alkalmazkodástól. Az erdőgazdálkodásban az okos alkalmazkodáshoz a reálisan várható melegedéssel és szárazodással megfelelő időtávokon kell számolni; és építeni kell a releváns ökológiai tapasztalatokra. Ezek elemzése alapján a tanulmány három proaktív, a hazai faállományok túlélését legalább bizonyos ideig segítő, a helyi viszonyok függvényében konkretizálható eszköz alkalmazására tesz javaslatot: a meglévő faállományok megszokottnál korábban, gyakrabban és nagyobb mértékben történő ritkítására, továbbá vágáskorának csökkentésére, valamint erdősítésekénél kisebb induló törzsszám alkalmazására. E módszerek hozzájárulhatnak az erdők, valamint azok szolgáltatásainak és termék-előállító képességének a megőrzéséhez, de minimalizálhatják a szárazodás miatt pusztuló állományokból várható óriási üvegház gáz kibocsátásokat is.

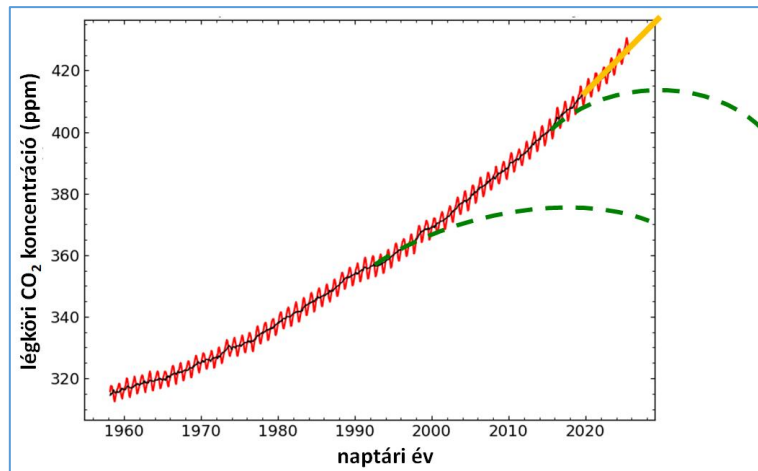
Abstract

Climate change mitigation is a doomed undertaking but diverts attention and resources from much-needed adaptation. Smart adaptation in forestry requires that realistically expected future climatic effects be taken into account at appropriate time frames. Based on such considerations and ecological evidence, the study proposes the application of preventive “early, frequent and intensive” thinning of existing tree stands, shorter preventive rotation ages if needed and smaller starting number of trees in forestations. When applied properly, these methods can help stands to survive in a warming and drying climate at least for a certain period of time. The application of these methods may contribute to the preservation of forests and their capacity to provide services and products, while also minimize the huge potential greenhouse gas emissions from stands suffering from increasingly drying conditions.

Bevezetés

Már régóta kimutatható, hogy az üvegház gázok kibocsátásának évtizedekkel ezelőtt meghirdetett csökkentése (klímavédelem, más néven mitigáció) sikertelenségre ítélt vállalkozás (Somogyi, 2019, 2024, 2025). A csökkentés feltételei ugyanis nem adóttak, és a tapasztalatok is a tervek kudarcát mutatják (*1. ábra*). Nem zárható ki teljesen, hogy a még jelenleg is zajló komoly erőfeszítések (pl. új kibocsátás-kereskedelmi rendszerek) idővel hoznak (rész)eredményeket. Azonban időközben *a globális klíma igen jelentősen megváltozott* (WMO, 2024), a jövőben *további jelentős melegedés várható* (IPCC, 2021), és a mitigációs erőfeszítések elvonják a figyelmet és az erőforrásokat attól, hogy *megfelelően kezeljük* a klímaváltozás egyre erőteljesebb, az élet minden területén jelentkező, gyakran *negatív hatásait*.

Azt, hogy e hatásokkal hazánkban is komolyan kell foglalkozni, már az első, kifejezetten az alkalmazkodásra fókuszáló hazai tanulmány jelezte (Somogyi, 2009). Később dedikált kutatási projektek foglalkoztak az adaptáció néhány, elsősorban az azt megalapozó aspektusával (pl. Mátyás et al. 2017). A téma iránti igazi érdeklődés (elsősorban a 2025-ben



1. ábra: A légköri CO₂ koncentráció éves ingadozása (pirossal) és hosszabb távú trendje (feketével) a mérések kezdete óta (forrás: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>); nemzetközi megállapodásokban kívánatosnak tartott, az üvegház gáz kibocsátások csökkentésével megvalósítani tervezett trajektóriái (zölddel); valamint Somogyi (2019) által várt alakulása (narancs színnel). A zöld szaggatott vonalak közül az alsó az Éghajlatváltozási Keret-egyezményben, 1992-ben (forrás: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>); a felső a Párizsi Megállapodás idején, 2015-ben (forrás: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf) vizionált jövőkép koncepcióját szemlélteti.

megalakult Erdészeti Klímaadaptációs Fórum mentén, Nagy, 2025) azonban az egyes helyeken már erőteljesen beinduló faszáradás hatására alakult ki¹. Ezt jól demonstrálja, hogy a 2024-es Erdészettudományi Konferencián csupán két előadás foglalkozott legalább részlegesen főképp az alkalmazkodással (Borovics et al. 2024, Csóka, 2024).

Az alkalmazkodást tekintve a figyelem hazánkban eddig bizonyos erdővédelmi kérdések mellett (pl. Hirka et al. 2018) elsősorban a fafajválasztási gyakorlatnak a megváltozott termőhelyi viszonyokhoz történő változtatására (pl. Somogyi, 2009; Bidló et al. 2017; Mátyás et al. 2017, Illés et al. 2024) és ezzel összefüggésben pl. nálunk eddig nem termesztett fafajok és származások keresésére és szaporítóanyag-termelésére irányult. Ezek a módszerek felújításokban és erdőtelepítésekben (évente kb. 20-25 ezer hektáron) alkalmazhatók. Az erdőterület többségén (közel 2 millió hektáron) azonban a normál vágáskoruknál több-kevesebb évtizeddel fiatalabb állományok állnak, és ezen állományok jelentős része a melegedés és szárazodás hatására megfelelő beavatkozás hiányában e vágáskor előtt elpusztulhat.

Ilyen, a meglévő faállományokban alkalmazható, az állományok alkalmazkodását segítő módszerek legtjelesebb – bár rövid, és inkább gyakorlati, mint tudományos – áttekintését eddig talán Bondor és Frank (2010) adta. Ahhoz, hogy erdeink túléléséhez mielőbbi segítséget adjunk, szükségesnek tűnik alaposabb elemzéseket végezni. Ez a tanulmány három olyan módszer alkalmazására tesz javaslatot, amikkel bizonyos mértékig és ideig, valamint bizonyos feltételek mellett elősegíthető meglévő vagy újonnan létrehozott faállományok fenntartása a melegedő és szárazodó klimatikus körülmények között is.

Anyag és módszer

Az egykorú, főleg elegyetlen faállományok alkalmazkodását segítő, javasolt módszerek kialakításához „klasszikus”, hosszú időtartamú, a termőhelyi-, fafaj- és másféle

¹ Egyes vélemények szerint 2025-ben „a klímaváltozás ránk rúgta az ajtót!”. Azonban hazai előrejelzések alapján (pl. Mátyás-Czímber, 2001, Somogyi, 2018) már régebben is lehetett tudni, hogy mi vár az erdőkre.

változatosságot lekövető tudományos kísérletek megvalósítására nem volt – és a jövőben sem nagyon lesz – lehetőség. Ehelyett megfelelő klíma-projekciókat, ismert tényeket és megfigyeléseket, valamint (ha nem is közvetlenül a cikk tárgyában) elért kísérleti eredményeket, továbbá az ezek által vezérelt alábbi megfontolásokat alkalmaztuk:

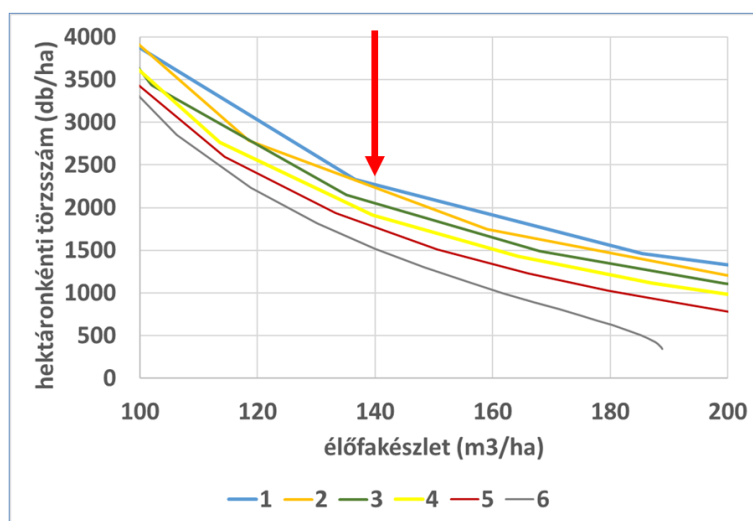
(1) Feltételeztük, hogy a melegedés és szárazodás a jövőben az IPCC (2021) SSP 8.5 forgatókönyve szerint folytatódik: az 1850-1900-as időszak átlaghőmérsékletéhez képest 2050-re legalább 2 fokkal, 2075-re kb. 3,5 fokkal, 2100-ra 4,5 fokkal melegebb globális átlaghőmérsékletre kell számítani.

(2) Egy ilyen mértékű klímaváltozásnak a világon mindenhol (Allen et al. 2010) várhatóan jelentős szárító hatása lesz. A szárazság fafajtól viszonylag függetlenül (Martin-Bonito és Pederson, 2015) megnehezítheti egyrészt a fák vízfelhasználását és -visszatartását (Aussenac, 2000, McDowell et al. 2008, Grossiord, 2020; még az egyébként szárazságtűrőnek tartott fafajok esetében is, Móricz et al. 2018), másrészt azok tápanyagfelvételét, összességében növelheti a faegyedek közötti konkurenciát.

(3) A klíma megváltozása jóval gyorsabb az állományok alkalmazkodóképességéhez képest (IPCC, 2014)². Ebből adódóan jelentősen megnövekedő állományszintű mortalitási kockázattal kell számolni, és a legtöbb állomány túlélése csak célzott beavatkozással érhető el.

(4) Megfelelő beavatkozások meghatározásához a klíma változására és a fenti mortalitási kockázatra vonatkozóan minden állományban a vágáskorrig kell előrejelzést végezni (ilyenekre hazánkban is régóta van példa, l. a fenti 1. lábjegyzetet.), és ez fel kell váltsa az eddigi, az erdőgazdákban nem is tudatosuló „a környezeti feltételek állandóak” feltételezést.

(5) Ismert, hogy gyengébb termőhely mind egykorú, elegyetlen, mind elegyes állományoknál (Béky-Somogyi, 1996) kisebb törzsszámot tud eltartani, mint a jobbak (2. ábra).



2. ábra: A hektáronkénti törzsszám az élőfakészlet és a fatermési osztály (legjobb: 1; leggyengébb: 6) függvényében kocsányos tölgy esetében (Kiss et al. 1986 alapján). A jobb termőhelyek felől (pl. a piros nyíl vonalán) haladva látszik, hogy adott élőfakészletnél a gyengébb termőhely jelentősen kisebb hektáronkénti törzsszámot tud eltartani, mint a jobb.

² Mindez járulékosan felveti annak a kérdését is, hogy a várható alkalmazkodási kényszerekhez képest vajon okos adaptáció-e erőltetni „öshonos” állományok eredeti állapotukban való fenntartását és a különböző formájú „természetszerű” kezeléseket?

Konkrét faállományoknál a szárazodás hatására az ábra bal felső széle felől jobbra lefelé haladva, a görbéket menet közben, évtizedes távlatban keresztezve, egy vagy akár több fa-termési osztállyal is romolhat majd a termőhely minősége és az eltartható törzsszám. Kocsánytalan tölgy esetében ez utóbbira korábban már Berki (2017) is felhívta a figyelmet.

(6) A törzsszámot a technikai feltételek birtokában, a megfelelő módszereket alkalmazva az erdőgazdálkodó a saját belátása alapján csökkentheti (ahogyan a korábbi, „normál” viszonyok között ezt tette is), és így megelőzheti a természetes faszáradás legalább egy részét.

(7) A fák közötti versenynek (a körülményektől függő) csökkentése a gyakorlat szerint javítja a meghagyott fák vízellátását (McDowell et al. 2008), ami így bizonyos esetekben növeli a ritkítás után megmaradó fák életesélyeit.

(8) Ez a hatás azonban – újabb, megfelelő ritkítás hiányában – idővel csökken (Sohn et al. 2016), mert a megmaradó fák a növekedésük révén újból benövik a növényteret, és újból konkurenciái lesznek egymásnak. A törzsszám-csökkentést tehát ismételt módon kell elvégezni.

Eredmények

Fentiek alapján három alkalmazkodást segítő javaslat fogalmazható meg. Az első az, hogy meglévő, a vágáskoruktól még többé-kevésbé távol lévő, erdeink nagy részét kitevő állományainkban – vagy azoknak legalább egy részében: az értékesebb faállományokban – a szárazodáshoz, a termőhelyhez és az állomány-szerkezeti viszonyokhoz igazodó, *megelőző ritkítás*okat hajtsunk vége: korán kezdve, és az eddigiéknél gyakrabban és nagyobb mértékben.

A „ritkítás” szó használata itt szándékos és arra utal, hogy elvégzése nem valamilyen hagyományos célt – pl. törzskiválasztást vagy átmérő növekedés fokozást – szolgál, hanem azt, hogy biztosíthassuk a faállomány túlélését a megváltozó körülmények között. Megfelelő feltételek mellett ugyanakkor természetesen a hagyományos célokról sem kell lemondani.

A fenti logika kiterjesztéseként megfontolandó az is, hogy gyengébb termőhelyeken az eddigiéknél *eleve kisebb törzsszámmal* történjen a telepítés vagy felújítás a korai kompetíciós stressz és a tisztítási igény csökkentése érdekében. Végül a *vágáskor megelőző célú csökkentése* is hasznos lehet: amikor már látható, hogy az állomány nehezen viseli a szárazodás hatásait, letermeljük a faállományt, megmentendő a faanyag legalább egy részét, és így esélyt adva arra is, hogy a felújításnál fafajcserét alkalmazzunk, ha az szükségesnek látszik.

Az eredmények értékelése. Következtetések

A jövőbeli klímaváltozás feltételezett nagy sebességét valószínűsítik Schwalm et al. (2020) eredményei (az eddigi klímaváltozás az IPCC, 2014 RCP 8.5-ös, „nagyon magas”, az IPCC, 2021 SSP 8.5 forgatókönyvével analóg kibocsátást feltételező forgatókönyve szerint haladt) és Somogyi (2024, 2025) érvelése. Azt, hogy ez jelentős mértékű változás, és adott helyeken a klímátípus feltehetően valamilyen más, melegebb és szárazabb típusba (pl. bükkösből cseresbe) történő átváltását eredményezi majd, már számos hazai tanulmány kimutatta (legutóbb pl. Kis et al. 2023). Ahhoz, hogy a tanulmányban azonosított módszerek az „okos alkalmazkodás” eszközeivé válhassanak, az erdőgazdálkodónak az adott helyen reálisan várható jövőbeli klímával és annak hatásaival a releváns, vagyis a vágáskorig tartó időtávokon kell számolnia. A reális felújítási lehetőségig hátrálévő esetenként több évtized alatt a klíma jelentősen tovább melegedhet és szárazodhat. Megfelelő projekció akár több évtizedre előre felkészítheti az nagy értékű erdőkért felelős erdőgazdálkodót. Korábbi tanulmányok (pl. Berki, 2017, Somogyi, 2018) adtak példát ilyen projekciókra; és ezek szerint egyre erőteljesebb mortalitásra és az azzal együtt járó következményekre kell felkészülnünk.

E következmények elkerülése és kezelése mindenképpen proaktív szemléletet igényel, amit többen vallanak (pl. Hirka et al. 2018): nem várhatjuk, hogy az állományok maguk fognak

tudni alkalmazkodni. A mortalitás kockázatának emelkedése olyan nagy, hogy (más célokat részben félretéve) meg kell próbálni menteni, ami menthető a lehetséges összes módszerrel.

A javasolt módszerek alkalmazása várható kedvező hatásai alapján javasolhatóak még akkor is, ha – a dolog komolysága ellenére, részben a kísérletezési nehézségek miatt – elég kevés az azokat alátámasztó tapasztalat. A rendelkezésre álló eredmények többnyire elszórt, rövid ideig tartó megfigyelésből származnak (pl. Gebhardt et al. 2015: egy kísérlet; Bottero et al. 2017: 3 kísérlet; Restaino et al. 2019: 10 kísérlet stb.); a számok az erdők óriási diverzitásához képest számítanak kicsiknek). A kísérletek és meta-elemzések (Sohn et al. 2016, Bottero et al. 2017, Castagneri et al. 2022) többsége is a gyéritéseknek a megmaradt fák növekedésére és egyéb paraméterére gyakorolt hatását vizsgálta, és nem közvetlenül a gyéritéseknek a száradó körülmények között a mortalitásra gyakorolt hatására vonatkozik.

Mindazonáltal már az első globális, a mortalitásra fókuszáló meta-analízis (Willig et al. 2025) is azt állapította meg, hogy a mortalitás kockázata csökkent a vizsgálatokban alkalmazott ritkítás erélyének növekedésével. Az analízis szerint minél nagyobb volt a szárazodás hatása, annál nagyobb mértékben csökkentette a ritkítás a mortalitást, és hogy a jelentős záródás-csökkentés – a különböző félelmek ellenére – nem növelte a szárazság utáni mortalitást. Ezért bár az említett eredményeket nem minden kísérletben sikerült statisztikai értelemben szignifikánsnak kimutatni, a ritkítás mégis ajánlható alkalmazkodási célú módszerként, és nemcsak a szárazodás hatásainak kezelésére, hanem egyéb célok, pl. a szélöntések kockázatának csökkentésére is. Restaino et al. (2019) széles ökológiai tartományokra vonatkozóan sokkal határozottabban jelenti ki, hogy a sűrűség csökkentése hatékony eszköznek bizonyult a szárazsággal szembeni ellenállóképesség biztosítása céljából.

Ahol valamilyen módszerrel kimérték a ritkításnak a vízháztartásra gyakorolt hatását (pl. Gebhardt et al. 2015, Sankey és Tatum, 2022), ott kimutatható volt, hogy a ritkítások növelték a megmaradó fák vízellátását. Ez megegyezik az elmélettel, hogy ti. a ritkítások (legalább egy ideig, de akár évtizedekig) csökkentik a kompetíciót, ami azután növeli a megmaradó fák életesélyeit. Bottero et al. (2017) kimutatta, hogy az alacsonyabb sűrűségű állományokra kevésbé hatott a szárazság minden vizsgált ökoszisztémában, továbbá minden fajnál és korosztályban. Castagneri et al. (2022) az alacsonyabb sűrűség pozitív hatását tudta kimutatni a fanövekedésre a szárazság alatt, azonban nem talált teljesen egyirányú és általánosan alkalmazható összefüggést a szárazság és a fanövekedés között a száraz időszak lezárulta után.

Kiemelendő, hogy Elkin et al. (2015) szerint a várható szárazodás olyan mértékű lesz, hogy semmilyen ritkítás nem tud majd elegendő mértékben segíteni az állományoknak.

A helytelenül végzett ritkításoknak ugyanakkor káros hatásai is lehetnek. D'Amato et al. (2013) vizsgálatában *hosszabb távon* a gyéritett állomány szárazsággal szembeni ellenállóképessége alacsonyabb volt, mint a gyéritetlené. Ez az eredmény azonban feltehetően annak tulajdonítható, hogy a(z esetleg túlzott) ritkítás hatására túl nagyra nőttek és túl nagy vízigényűvé fejlődtek a megmaradt fák. A ritkítás nem éri el a célját (vagy esetleg növeli a stresszt), ha a fafaj igényeihez, héjaszás-tűréséhez, a termőhelyhez (elsősorban szárazabb területeken, pl. erdeifenyő állományok alatt) vagy a szélöntés veszélyéhez képest túl nagy mértékű. Az egy lépésben történő, nagyon erős ritkítás kerülendő (főleg büknél, idősebb állományokban), és szükség esetén a kivágott fákat (szárazon éghető anyagot) a területről el kell távolítani az erdőtűzek megelőzése érdekében. A megelőző ritkításokat erdőrészleten belül is változatosan, a szárazabb mikro-termőhelyekre koncentrálna érdemes elvégezni. Amennyiben pedig a szárazság túl nagy, vagyis semmiképpen nincsen és nem biztosítható elegendő mennyiségű víz a fák számára, a ritkítás már nem segíthet, ezért nem kell erőltetni.

A megelőző ritkításoknak bizonyos fanövekedési jellemzőkre és a fatermesre nézve is lehetnek negatív hatásai (Pretsch, 2020), mivel a megmaradó fák növétér-használatának

hatékonysága csökkenhet a ritkítás következtében. A szárazodás azonban várhatóan olyan mértékű lesz (sok helyen már most is az), hogy az erdők fenntarthatósága válik a fő szemponttá, ezért már most is (különösen a gyengébb termőhelyeken, ahol a negatív hatások kisebbek) azok túlélésének segítését kell a legfőbb erdőgazdálkodói feladatnak tekinteni.

Mindezek alapján általánosságban állítható, hogy a javasolt módszerek *legalábbis átmenetileg (akár évekig)* segíthetik az állományok túlélését a gyorsan romló körülmények között.

Jelen tanulmánynak a ritkításokra vonatkozó – a fentiekben megalapozottnak tekintett – javaslat részben eltér Bondor és Frank (2010, elméleti és tapasztalati alátámasztás nélkül közölt) véleményétől, hogy ti. „korán, gyakran, mérsékelten” célszerű törzsszám-csökkentéseket végezni. E tanulmány javaslata a „korán és gyakran” kitétellel egyetért, de a „mérsékelten” helyett az „intenzív” beavatkozásokat szorgalmazza (különösen az azt fiatal korban jól viselő tölgyeknél és csernél). Az „intenzív” azonban csak „az eddigieknél intenzívebb”-et jelent – mindig figyelve a helyi viszonyokra (helyi klíma, talajtípus, fafaj és annak szárazság-toleranciája, állomány-szerkezet, beleértve a méret-diverzitást, a cserjeszint szerkezetét stb.). A ritkítások célja a jövőben elsősorban az kell legyen, hogy felkészítsük az állományokat a jövőbeli száraz, aszályos viszonyokra, és megelőzzük az egyébként elkerülhetetlen mortalitást – akár annak az árán is, hogy a záródás átmenetileg vagy akár tartósabban a korábbiaknál alacsonyabb, az állomány növekedése és hozama pedig alacsonyabb legyen. Ez látszólag az érdekeink ellen hat – valójában azonban azzal kell számolni, hogy ha nem mi ritkítunk, akkor a természet fogja azt megtenni helyettünk, mégpedig nem feltétlenül olyan formában és mértékben, ahogyan azt mi szeretnénk. Intenzívebb ritkítás, korábbra hozott véghasználat, ill. erdősítéseknel a kisebb induló hektáronkénti törzsszám esetén nagyobb mértékben marad meg a kontrollunk a céljaink elérése érdekében.

A javasolt módszerek alkalmazása erdészeti ökonómiai és szakigazgatási kérdéseket is felvet. Ennek a tanulmánynak nem tárgya ezekkel a kérdésekkel foglalkozni. Csak annyit jegyünk meg itt, hogy az erdő és annak szolgáltatásai ér termékei nagy társadalmi értékek, és az alkalmazkodás esetleg felmerülő plusz feladatokat és azok költségeit ezekhez az értékekhez, azok megőrzéséhez kell viszonyítani – akár magántulajdonosi, akár társadalmi szinten.

Az erdőgazdálkodás legnagyobb kihívása jelenleg annak biztosítása, hogy minden egyes állomány életképes maradjon a prognosztizálható klimatikus változások ellenére egy még elfogadható, tényleges vágáskorig. Az e kihívásnak megfelelő alkalmazkodás sokféle erdőkezelési eszközt igényel: szárazságtűrőbb fafajok, származások stb. alkalmazása, különböző monitoring és erdővédelmi intézkedések stb. Ezek mellé mindenképpen érdemesnek látszik felvenni a megelőző ritkítást és a többi, a tanulmányban javasolt módszert az arra alkalmas helyeken. Ezekről nem várható, hogy minden problémát megelőzzünk vagy megoldjunk velük, de megfelelő alkalmazás esetén ezek legalább időnként és helyenként, és legalább egy bizonyos ideig mérsékelhetik a klímaváltozás negatív hatásait, és ezzel hozzájárulhatnak az erdők, valamint azok szolgáltatásainak és termék-előállító képességének a megőrzéséhez, de minimalizálhatják a pusztuló állományokból származó üvegház gáz kibocsátásokat is.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond Pájer-Gálos Borbálának a cikk egy korábbi változatának lelkiismeretes lektorálásáért.

Irodalomjegyzék

ALLEN C.D. – MACALADY A.K. – CHENCHOUNI, H. ET AL. (2010): A Global Overview of Drought and Heat-Induced Tree Mortality Reveals Emerging Climate Change Risks for Forests. *Forest Ecology and Management*, 259, 660-684. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>

- AUSSENAC, G. (1999): Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Ann. For. Sci.*, 57 3:287-301. DOI: <https://doi.org/10.1051/forest:2000119>.
- BERKI I. (2017): Szárazodás befolyásolta kigyérülés a kocsánytalan tölgy példáján. In: Mátyás és tsai (2017) I., *Erdészeti Lapok* CLII.4:105-106. URL: https://erdeszetilapok.oszk.hu/01823/pdf/EPA01192_erdeszeti_lapok_2017-04_102-106.pdf
- BÉKY A. – SOMOGYI Z. 1996. Fatermési tábla optimális szerkezetű gyertyános-kocsánytalan tölgyesekre. *Erdészeti Kutatások* 85:49-78.
- BIDLÓ A. – MÁTYÁS CS. – BERKI I. – FÜHRER E. – ILLÉS G. – CZIMBER K. – CSÓKA GY. (2017): A célállományrendszer aktualizálása a döntéstámogató rendszerben. *Erdészeti Lapok* 152. évf. 11. sz. 346-352. URL: https://erdeszetilapok.oszk.hu/01829/pdf/EPA01192_erdeszeti_lapok_2017_11_346-352.pdf
- BONDOR A. – FRANK N. (2010): Erdőgazdálkodás a klímaváltozás tükrében. *Erdészeti lapok* 145. évf. 12. sz. 410-415. URL: https://erdeszetilapok.oszk.hu/01754/pdf/EL_EPA01192_2010-12_410-415.pdf
- BOTTERO A. – D'AMATO A.W. – PALIK B.J. – BRADFORD J.B. – FRAVER S. – BATTAGLIA M.A. – ASHERIN L.A. (2017): Density-dependent vulnerability of forest ecosystems to drought. *J Appl Ecol*, 54: 1605-1614. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12847>
- BOROVICS A. – ILLÉS G. – FONYÓ T. – KOTTEK P. – KIRÁLY É. (2024): Alkalmazkodás és a klímaváltozás mérséklése az erdészeti- és faipari szektorban. In: Czimber, K.; Vágvolgyi, A.; Kovács, G. (szerk.) *Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa 2024*. pp. 32-39. URL: <https://m2.mtmt.hu/api/publication/34517129>
- CASTAGNERI D. – VACCHIANO G. – HACKET-PAIN A. – DE ROSE R. J. – KLEIN T. – BOTTERO A. (2022): Meta-analysis Reveals Different Competition Effects on Tree Growth Resistance and Resilience to Drought. *Ecosystems* 25, 30–43. <https://doi.org/10.1007/s10021-021-00638-4>
- CSÓKA G. (2024): Zöldfelületek jelentősége az éghajlatvédelmi hatásvizsgálatok és kockázatelemzések során, budapesti kerületek példáján. In: Czimber, K.; Vágvolgyi, A.; Kovács, G. (szerk.) *Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa 2024*. pp. 46-54. URL: <https://m2.mtmt.hu/api/publication/34517129>
- D'AMATO A.W. – BRADFORD J.B. – FRAVER S. – PALIK B.J. (2013): Effects of thinning on drought vulnerability and climate response in north temperate forest ecosystems. *Ecological Applications*, 23: 1735-1742. <https://doi.org/10.1890/13-0677.1>
- ELKIN C. – GIUGGIOLA A. – RIGLING A. – BUGMANN H. (2015): Short- and long-term efficacy of forest thinning to mitigate drought impacts in mountain forests in the European Alps. *Ecol Appl*, 25(4), 1083–1098. URL: <https://doi.org/10.1890/14-0690.1>.
- GEBHARDT T. – HÖBERLE K-H. – Matyssek R. – Schulz Ch. – Ammer C. (2014): The more, the better? Water relations of Norway spruce stands after progressive thinning. *Agric For Meteorol*, 197, 235–243. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.05.013>.
- GROSSIORD C. – BUCKLEY T.N. – CERNUSAK L.A. – NOVICK K.A. – POULTER B. – SIEGWOLF R.T.W. – SPERRY J.S. – MCDOWELL, N.G. (2020): Plant responses to rising vapor pressure deficit. *New Phytol*, 226: 1550-1566. <https://doi.org/10.1111/nph.16485>
- HIRKA A. – PÖDÖR Z. – GARAMSZEGI B. – CSÓKA GY. (2018): A magyarországi erdei aszálykárok fél évszázados trendjei (1962-2011). *Erdészettudományi Közlemények* 8(1):11-25. URL: <http://www.erdtudkoz.hu/cikkek/2018-001.pdf>
- ILLÉS G. – FONYÓ T. – BOROVICS A. (2024): SiteViewer: a Decision Support Tool for Forest Management. *Hungarian agricultural research: environmental management land use biodiversity* 34 (3–4): 11–14. URL: <https://www.agrarlapok.hu/olvaso/2232>
- 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.
- IPCC (2021): *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. URL: <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.

- KIS A. – SZABÓ P. – PONGRÁCZ R. (2023): Spatial and temporal analysis of drought-related climate indices for Hungary for 1971–2100. *Hungarian Geographical Bulletin*, 72(3), 223-238. <https://doi.org/10.15201/hungeobull.72.3.2>
- KISS R. – SOMOGYI Z. – JUHÁSZ GY. (1986): Kocsányos tölgy fatermési tábla (1985). *Erdészeti Kutatások* 75: 265-282.
- MARTIN-BENITO D. – PEDERSON N. (2015): Convergence in drought stress, but a divergence of climatic drivers across a latitudinal gradient in a temperate broadleaf forest. *J. Biogeogr.*, 42: 925-937. <https://doi.org/10.1111/jbi.12462>
- MÁTYÁS CS. – CZIMBER K. (2001): Az előrejelzett klímaváltozás és a magyar erdőtakaró sorsa. In: Neményi M. (ed.): *Tudományos Tanácskozás, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 2001.* pp. 67-74. URL: <https://www.researchgate.net/publication/289202388>
- MÁTYÁS CS. ÉS TSAI (2017): A klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás kihívásai — I-VIII. *Cikksorozat az Erdészeti Lapokban*, 2017. 4. sz. – 2018. 1. sz.
- MCDOWELL N. – POCKMAN W.T. – ALLEN C.D. – BRESHEARS D.D. – COBB N. – KOLB T. – PLAUT J. – SPERRY J. – WEST A. – WILLIAMS D.G. – YEPEZ E.A. (2008): Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? *NEW PHYTOLOGIST*, 178(4):719-739. doi: <https://10.1111/j.1469-8137.2008.02436.x>.
- MÓRICZ N. – GARAMSZEGI B. – RASZTOVITS E. – BIDLÓ A. – HORVÁTH A. – JAGICZA A. – ILLÉS G. – VEKERDY Z. – SOMOGYI Z. – GÁLÓS B. (2018): Recent Drought-Induced Vitality Decline of Black Pine (*Pinus nigra* Arn.) in South-West Hungary — Is This Drought-Resistant Species under Threat by Climate Change? *Forests* 9(7): 414. URL: <https://www.mdpi.com/1999-4907/9/7/414>
- NAGY L. (2025): Megalakult az Erdészeti Klímaadaptációs Fórum. *Erdészeti Lapok* CLX.9:389-390.
- PRETZSCH H. (2020): Density and growth of forest stands revisited. Effect of the temporal scale of observation, site quality, and thinning. *Forest Ecology and Management* 460, 15, 117879. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117879>
- RESTAINO C. – YOUNG D. – ESTES B. – GROSS S. – WUENSCHER A. – MEYER A. – SAFFORD H. (2019): Forest structure and climate mediate drought-induced tree mortality in forests of the Sierra Nevada, USA. *Ecological Applications* 29(4):e01902. <https://doi.org/10.1002/eap.1902>
- SANKEY T. – TATUM J. (2022): Thinning increases forest resiliency during unprecedented drought. *Sci Rep* 12, 9041. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12982-z>
- SCHWALM C. R. – GLENDON S. – DUFFY P. B. (2020): RCP8.5 tracks cumulative CO2 emissions. *Proc Natl Acad Sci USA*, 117(33):19656-19657. URL: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2007117117>
- SOHN J.A. – SAHA S. – BAUHUS J. (2016): Potential of forest thinning to mitigate drought stress: A meta-analysis. *For. Ecol. Manag.*, 380, 261–273, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.07.046>.
- SOMOGYI Z. (2009): Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz: hogyan fogjunk hozzá? *Erdészeti Lapok* CXLIV.6:164-167. URL: https://erdeszeti-lapok.oszk.hu/01734/pdf/EL_EPA01192_2009_06_164-167.pdf
- SOMOGYI Z. 2018. A klímaváltozás miatti fapusztulás tovább gyorsíthatja a klímaváltozást. *Erdészettudományi Közlemények*, 8 (1). pp. 211-226. ISSN 2062-6711. URL: <http://www.erdtudkoz.hu/cikkek/2018-013.pdf>
- SOMOGYI Z. (2019): Miért nem tudjuk megállítani a klímaváltozást? URL: www.scientia.hu/cv/2019/Miert_nem_tudjuk_megallitani_a_klimavaltozast_Somogyi_Zoltan.pdf
- SOMOGYI Z. (2024): A globális környezeti fenntarthatóság elmélete. URL: https://www.researchgate.net/publication/386086512_A_globalis_kornyezeti_fenntarthatosag_elmelete
- SOMOGYI Z. (2025): 2025 Update on the Theory of Global Environmental sustainability. Private edition, Budapest, pp. 24. URL: <http://www.scientia.hu/honnantudod/2025-update-on-the-theory-of-global-environmental-sustainability/>
- WILLIG J. – SCHWARZ J. – COMEAU P. ET AL. (2025): No increased drought-related mortality after thinning: a meta-analysis. *Annals of Forest Science* 82, 6 (2025). <https://doi.org/10.1186/s13595-025-01278-7>
- WMO (2025): State of the Global Climate 2024. WMO-No. 1368. URL: <https://library.wmo.int/records/item/69455-state-of-the-global-climate-2024>

TEREPI REFERENCIA MÉRÉSEK FAFAJOSZTÁLYOZÁSHOZ HIPERSPEKTRÁLIS FELVÉTELEK ALAPJÁN

Field reference measurements for tree species classification based on hyperspectral images

SZALAI ÁRON¹, DR. KIRÁLY GÉZA¹, DR. BROLLY GÁBOR¹

¹ Soproni Egyetem, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

szalai.aron@uni-sopron.hu

Kivonat

A távérzékelte felvételek feldolgozása során a képosztályozó modulok tanításához tanító-, míg az eredmények ellenőrzéséhez teszterületekre van szükség. Napjaink adat bőségében nagyon fontos egy saját, megbízható adatbázis építése. A Soproni-hegység egy részletének erdőállományáról készült hiperspektrális felvétel feldolgozásához készítettük el a referencia adatbázisunkat, a terület nagysága 1800 ha. A fafajosztályozás céljából 5 lombos (B, KTT, CS, MÉ, GY) és 3 tűlevelű (EF, LF, VF) fafajhoz mértünk mintaadatokat. Az érintett erdő-részletek száma 25. A részletek nagy részében állandó mintakörös felmérést végeztünk, a mintakörök sugara 8,92 és 12,62 m volt a törzsszámtól függően. A bemért törzsek száma 1001, a pozíció meghatározásán túl a törzsek átmérőjét és a szociális helyzetet rögzítettük. A fafajosztályozás pontossága jó képet ad a referencia adatbázis minőségéről.

Abstract

When processing remote sensing images, training areas are needed to train the image classification modules, while test areas are needed to verify the results. In today's world of abundant data, it is very important to build your own reliable database. We created our reference database for processing hyperspectral images of a section of the Sopron Mountains forest, covering an area of 1800 ha. For tree species classification, we measured sample data for 5 deciduous (B, KTT, CS, MÉ, GY) and three coniferous (EF, LF, VF) tree species. There are 25 forest sections involved. In most of the sections, we conducted a permanent sample plot survey, with sample plot radii of 8.92 and 12.62 m, depending on the number of stems. The number of stems measured was 1001. In addition to determining their position, we also recorded the diameter and social status of the stems. The accuracy of the tree species classification provides a good indication of the quality of the reference database.

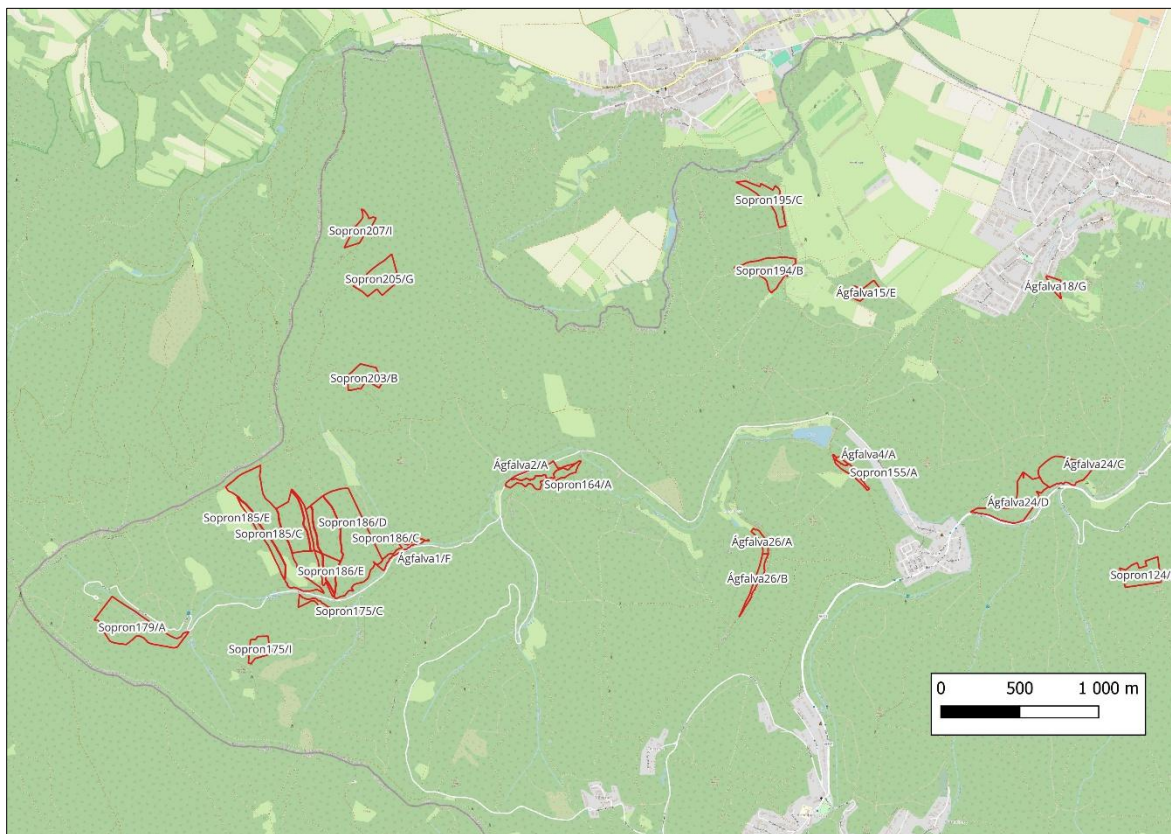
Bevezetés

Az adatbázis fejlesztését 2022-ben kezdtük el. Célunk a Soproni-hegység faállományának térképezése hiperspektrális felvétel alapján. Az adatbázisunk ezen felvételhez szolgál referenciául. Egy korábbi 2023-as cikkben, az adatbázis egy köztes állapotában, 5 fafaj (KTT, B, GY, LF, VF) térképezését végeztük el, egy kisebb területen, mely a Hidegvíz-völgy Erdőrezervátumra és az azzal szomszédos erdőrészekre terjedt ki. Az osztályozás pontosságára jó eredményeket kaptunk (SZALAI et al. 2023). A képosztályozást pixel alapon végeztük el. Egy későbbi cikkben LiDAR adatokból faállomány szerkezeti paramétereket számítottunk, melyet szintén az osztályozáshoz szándékoztunk felhasználni (SZALAI et al. 2025). A lehatárolt koronapoligonok képezték volna az osztályozás szegmentumait. Sajnos a hiperspektrális felvétel geometriája nem megfelelő, ezért ezt a lehetőséget egyelőre elvetettük. Közben 2025. nyarán a terepi felméréseket befejeztük, a referencia adatbázisunkat teljesnek lehet tekinteni. Ez alapján a teljes felvétel osztályozását el tudtuk végezni. A korábban említett probléma miatt továbbra is a pixel alapú osztályozást alkalmaztuk, a már jól bevált képosztályozó modullal (SVM). Az osztályozás pontosságát abból a szempontból

vizsgáltuk, hogy megfelelő-e a referencia adatbázis mintafáinak mennyisége, illetve minősége a felvételezett területhez viszonyítva az irodalmi adatokkal összevetésben.

Anyag és módszer

Az első felméréseket 2022. telén végeztük el. Ekkor még elegyes állományokban, és változó sugarú mintakörös módszert alkalmaztunk. A mintaterületek megrajzolását, ha nem szándékunk a koronánként való szegmentálás, és a módszer hatékonyságát nagyban növeli az elegyetlen vagy kevéssé elegyes állományokban történő mintavételezés. Ezen szempontok figyelembevételével történt meg a már említett 8 térképezendő fafaj kiválasztása (B, KTT, CS, MÉ, GY, EF, LF, VF). Ehhez a 8 fafajhoz válogattuk le az üzemtervből az erdőrészteket, melyek Ágfalva és Sopron községhatárában találhatóak. Kivételt egyedül a vörösfenyő képezett, mert kizárólag szálánkénti vagy csoportos elegyben fordul elő a hegyvidéken, viszont a többi fafajtól vizuálisan jól elkülöníthető és az idősebb egyedek a fátyol szintben szép nagy koronát fejlesztenek, ezért érdemes volt az osztályozásba belevenni. A felmérés módszertanát és az adatbázis struktúráját 2023-ra dolgoztuk ki, az első felméréseket ezen módszerrel az év nyarán folytattuk le.



1. ábra: A felmért részletek. 2025.

A Hidegvíz-völgy Erdőrezervátum kivételével minden erdőrészletben 2 mintakört felvételeztünk, a kör középpontját GNSS RTK módszerrel határoztuk meg, mértük a fák távolságát és mágneses azimutját a középponttól, átmérőjét, rögzítettük a fafajt és a szociális helyzetet. A mintakör sugara a törzsszámtól függően 8,92 vagy 12,62 m. A felvételezett terület nagysága ebből következően 250 vagy 500 m². 2023. nyarat megelőző félévben változó mintakörös felmérést végeztünk, a felmérés módszere, annyiban tért el az előbbitől, hogy a kör sugarát nem rögzítettük. Végül a 2 módszerrel összesen 25 erdőrészletben, 43 mintakört vetünk fel, a faegyedek száma 1001. A törzs pozíciókat először EOVB-ban határoztuk meg, majd átszámítottuk UTM-be.

1. Táblázat: A referencia adatbázis felépítése

sorsz.	település	részlet	mintakör	fafaj	átmérő(cm)	táv.	azimut°	szoc. hely.	megjegyzés
B01				kör kp					
168	Sopron	179/A	B01	B	68,7	9,5	334,4	2	
169	Sopron	179/A	B01	B	94,9	9,6	61,7	1	

deklináció°	irányszög°	radián	EOV_Y	EOV_X	H	UTM_X	UTM_Y	H(ellip.fel.)	KH	Eszk.	dátum
5,27			453542,45	260985,66	487,15	607460,25	5279848,25	533,00	0,008	PooLee	2024.08.14
	339,7	5,928	453539,14	260994,57		607456,95	5279857,16				
	67,0	1,169	453551,28	260989,42		607469,09	5279852,00				

Az hiperspektrális felvétel által lefedett erdőterület átnyúlik Ausztriába is, ebből a hazai terület nagysága 1800 ha. A törzs pozíciók felhasználásával rajzoltuk meg a QGIS szoftverben a mintaterületeket, melyeket később szétválogattunk tanító- és teszterterületekre, figyelembe véve, hogy ezek kellően szórta helyezkedjenek el a hegyvidéken. Minden egyes bemért faegyed koronájához nem rajzoltunk mintaterületet. A jól elkülöníthető fakoronákat, vagy elegycsoportokat használtuk, az elegyetlen állományokban könnyű dolgunk volt, ott akár az egész felmért mintakör egy poligont képezett. Voltak olyan egyedek, melyeket az ortofotó és a hiperspektrális felvétel alapján azonosítottunk fafaj szinten. A tanító- és a teszterterületek arányát 70/30-ban határoztuk meg, egy előző publikációnkban kapott eredmények alapján (SZALAI et al. 2023). A tanító- és teszterterületek méretének növelése egy bizonyos határig a képosztályozás pontosságának javulását eredményezi. Viszont a terepi munka erőforrás igénye nagy, ezért meg kell határozni azt az optimális mintaterület/teljes terület arányt, mely mind az osztályozás pontossága, mind a terepi munkára fordított energia szempontjából megfelelő számunkra.

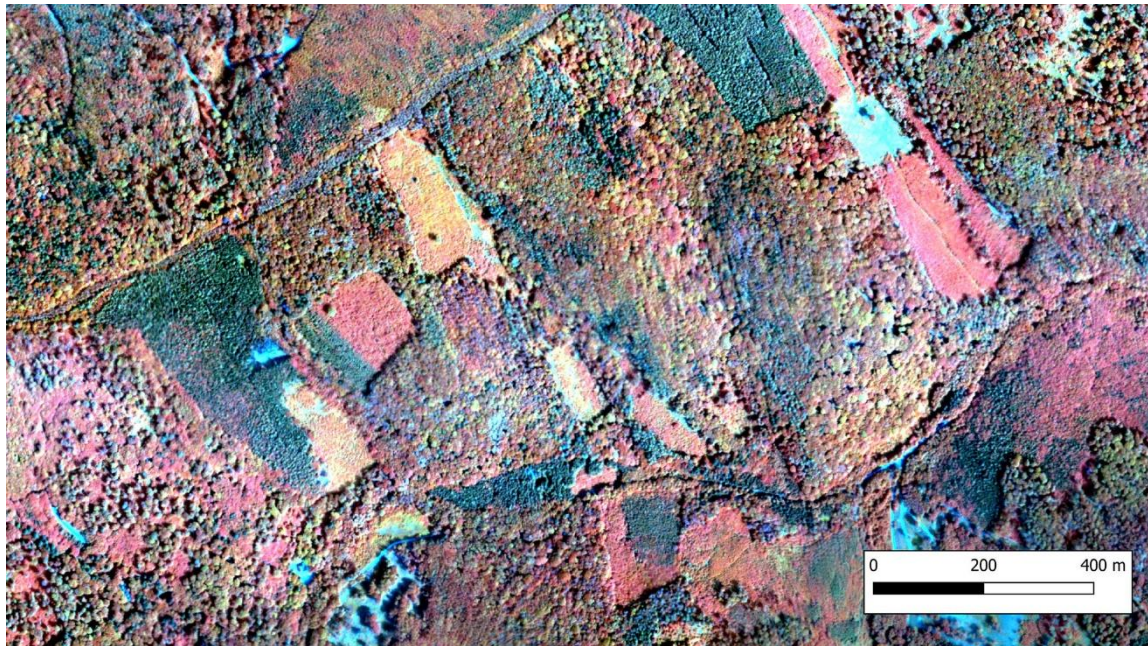
2. Táblázat: A tanító- és teszterterületek nagysága fafajonként (1 pixel = 1 m²)

pixel szám	KTT	CS	B	GY	MÉ	EF	VF	LF	összes
tanítóterület	703	394	755	718	735	797	646	716	5464
teszterterület	313	222	328	325	351	344	284	308	2475
összes	1016	616	1083	1043	1086	557	930	1024	7939

Egy finn tanulmányban a felvételezett terület nagysága 8300 ha, ehhez kétféle mérési módszerrel 6599 mintafát mértek fel. Az osztályozandó fafajok száma 4, lévén a boreális erdők fajszegényebbek (MÄYRÄ et al. 2021). Összehasonlítva a saját mérések számaival nagyságrendileg megegyezik. Egy másik hazai tanulmányban, mely egy mecseki 170 ha-os területet vizsgált 10 fafajra a mintaszám 4811 pixel (1 pixel = 1 m²) volt összesen, de az egyes fafajok arányaiban jelentős eltérések voltak tapasztalhatók. A tanító- és teszterterület arányt 60/40-re állították be (LIKÓ et al. 2024). A mintaterület arány a teljes területhez viszonyítva egy nagyságrenddel nagyobb, mint esetemben.

A képosztályozás során nem volt célunk többféle módszert tesztelni. Kizárólag a referencia adataink minőségének ellenőrzésére használtuk fel. Egy korábbi cikkben jól bevált séma alapján végeztük el az osztályozást az ENVI szoftverben. A hiperspektrális felvételt NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) segítségével maszkoltuk. Azokat a pixeleket, melyeknek 0,6-nál alacsonyabb volt az NDVI értéke leválogattuk. Ezek számára egy külön nodata osztályt hoztunk létre. Képjavitó eljárásként a MNF-et (Minimum Noise Fraction) használtuk. Ez egy két főkomponens analízisből álló lineáris transzformáció. Az így transzformált felvétel első 10, 30 és 50 sávját használtuk fel az osztályozáshoz. Az osztályozó modul az SVM (Support Vector Machine) volt. Az SVM döntési felületként egy hipersíkot használ az

egyes osztályok szétválasztásához, mely során maximalizálja az osztályok közötti eltéréseket. Az osztályozást pixel alapon végeztük el.



2. ábra: A hiperspektrális felvétel hamis színes színekompozitja a Hideg-vízvölgy Erdőrezervátum környékéről. 2021.

Eredmények

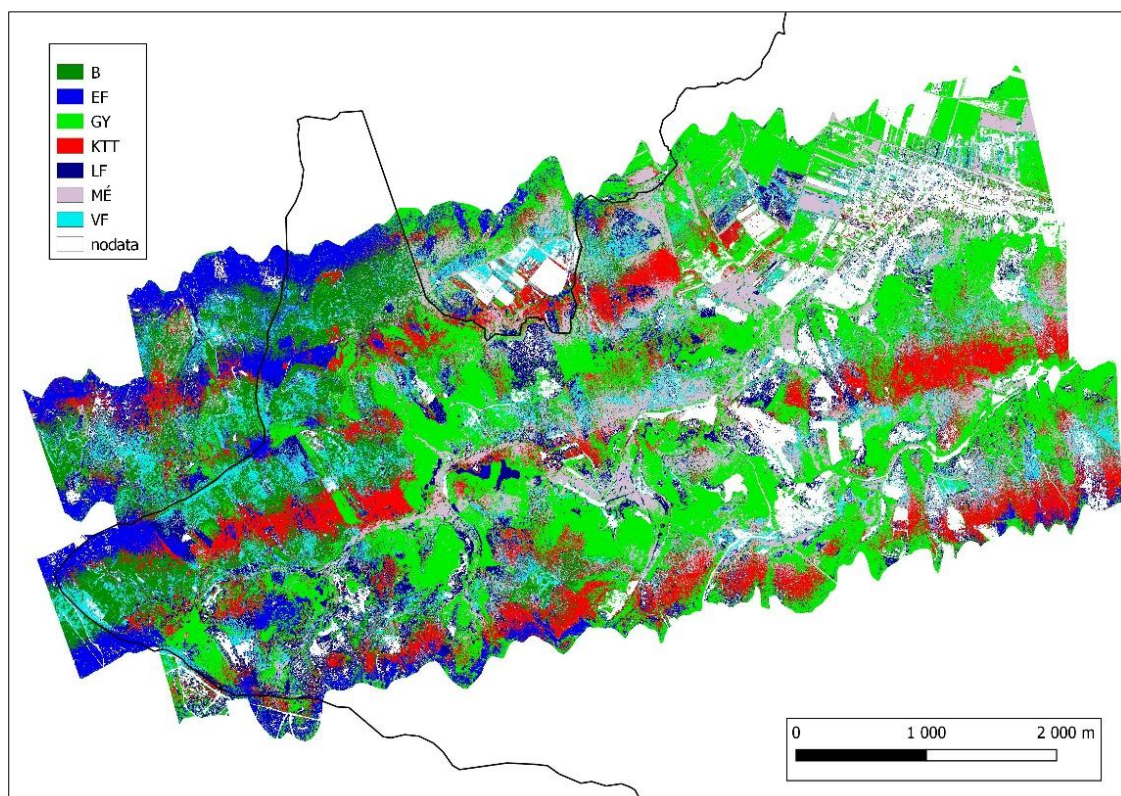
Az MNF transzformált felvétel első 10 sávjával végzett osztályozás során kiderült, hogy a hiperspektrális felvétel geometriai hibái, mely az egyes képek egymáshoz való illesztésénél lépnek fel, a pixelek spektrális tulajdonságait jelentősen befolyásolja, és a hibák sávosan jelentkeznek. Az osztályozás eredményeinek pontossága alacsony volt. 3 faj esetében kaptunk értékelhető pontosságot a mézgás égernél 66,76 %-ot, a vörösfenyőnél 57,86%-ot és végül a lucfenyő esetében 45,15%-ot. A csertölgy elegyaránya alacsony a hegyvidéken, ennek ellenére szembeűnő volt, hogy kb. a pixelek felét cserként azonosította az SVM. Így arra a következtetésre jutottunk, hogy a cser tanító területek pixelei keverték voltak. Megoldás lehetett volna újabb terepi felvételek elvégzése, de idő hiányában amellet döntöttünk, hogy kihagyjuk a csert a térképezésből.

A következő osztályozás eredményei igazolták a várakozásainkat. A kocsánytalan tölgynél 83,23 %-ot, gyertyánnál 96,94%-ot, a mézgás égernél 98,56%-ot, a lucfenyőnél 76,92%-ot, a vörösfenyő esetében 81,79 %-ot kaptunk eredményül az osztályozás pontosságára. A bükknél alacsonyabb mindössze 51,67 % volt az osztályozás pontossága. Az erdei fenyőnél az okozott problémát, hogy sok nodata pixel került a tesztterületek közé. Ezeket a tesztterületeket kihagytuk a későbbi osztályozásnál. A bükk mintaterületeit átvizsgáltuk. Azokat az erdőrészteteket részesítettük előnyben, ahol a bükk elegyetlenül vagy csoportos elegyben fordul elő. A harmadik osztályozásnál tovább javult a pontosság. Természetesen a bükknél és az erdei fenyőnél tapasztaltuk a legnagyobb változást, előbbinél 82,35 %-ot, míg utóbbinál 94,58%-ot kaptunk eredményül. Így már a teljes pontosság kiszámítása is indokoltá vált, ennek értéke 88,16 %.

3. Táblázat: A tanító- és teszterületek nagysága fajajonként a módosítások után

pixel szám	KTT	B	GY	MÉ	EF	VF	LF	összes
tanítóterület	703	755	718	735	304	646	716	4577
teszterület	313	328	325	351	253	284	308	2162
összes	1016	1083	1043	1086	557	930	1024	6739

Az eddigiek során az első 10 sávot használtuk fel a hiperspektrális felvételből. A kezdeti hibák kijavítása után további sávokat vontunk be az osztályozásba, mert ezek jelentős információ tartalommal bírnak. Az újabb osztályozáshoz már 30 sávot használtunk fel, ennek köszönhetően a teljes pontosság javult, 91,75 %-ra.



3. ábra: A Soproni-hegység részletének fajajterképe az SVM alapján 30 sáv esetén. 2025.

A fajajterképet megvizsgálva a sávos félre osztályozások nagyon szembebtűnőek. A mintaterületek szerencsés elhelyezkedésének köszönhetően a tanító- és teszterületek nem estek bele a hibás sávokba, ezt az osztályozási pontosság is alátámasztja. A legalacsonyabb osztályozási pontossággal a lucfenyő rendelkezik (77,59 %), a lucfenyő pixelek jelentős számban lettek nodata-ként azonosítva, ez a lombkorona szerkezetből fakadó jelentős számú árnyékos pixelnek tudható be. Erre megoldás a valódi maszkolás. Jelentős továbbá a vörösfenyőként azonosított pixelek száma. De fordítva is igaz, hogy a vörösfenyő pixelek jelentős része lett lucfenyőként azonosítva. A kocsánytalan tölgy esetében a félre osztályozás a bükköt és a vörösfenyőt illetően áll fenn nagyobb mértékben. Feltűnő még a fajajterkép alapján a gertyán túlzott jelenléte a felső lombkoronaszintben, ami hibás képet mutat. A teljes pontosság értéke 30 felhasznált sáv esetén 91,75 %. Lefuttatunk egy osztályozást az első 50 sávval, de rosszabb eredményt kaptunk a teljes pontosságra, 91,55 %-ot. A nodata oszlopot nem tettem be a hibamátrixba, mert ez esetben nincs félre osztályozás, és a célja csak a maszkolás volt.

4. Táblázat: Az SVM osztályozás pontosságának hibamátrixa 30 felhasznált sáv esetén

%	B	EF	GY	KTT	LF	MÉ	VF
B	96,90	0,00	0,31	4,84	0,00	0,00	2,14
EF	0,00	94,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GY	0,00	0,00	99,69	2,58	0,00	0,29	0,00
KTT	2,17	0,00	0,00	87,74	0,00	1,45	1,07
LF	0,00	0,00	0,00	0,00	77,59	0,00	6,43
MÉ	0,31	0,00	0,00	1,29	0,00	98,27	1,79
VF	0,62	0,00	0,00	3,55	9,36	0,00	87,50
nodata	0,00	5,42	0,00	0,00	13,04	0,00	1,07

Következtetések

Az eredmények fejezetben közölt osztályozási pontosságok biztatóak, viszont le kell szögeznünk, hogy kizárólag a fajtérkép azon részére érvényesek ezek az értékek, ahol nem jelentkeznek a képek illesztéséből fakadó hiba hatásai, és itt is csak relatív értelemben. Már a mintaterületek poligonjainak a megrajzolásokor szembesültünk a hiperspektrális felvétel nem megfelelő geometriájából fakadó problémákkal. Ezért a tanító- és tesztterületeket hozzá kellett „rontani” a felvételhez, ráadásul az geometriai eltérések nem mutattak szabályosságot. Ezeket a problémákat figyelembe kell venni az eredmények értékelésekor.

A továbbiakra nézve tervben van a hiperspektrális felvétel tájékozása a nyers képek alapján, mellyel az előbb felsorolt hibák kiküszöbölhetőek lennének, és a végeredmény egy a gyakorlat számára is felhasználható fajtérkép. A valódi maszkolás, amikor a nodata pixelek nem vesznek részt az osztályozás folyamatában, javítaná a megbízhatóságot. Az osztályozási pontosságok alapján kijelenthető, hogy a referencia adatbázis minősége és a mintafák mennyisége kielégítő. A hiperspektrális kép kellő pontosságú osztályozásához a teljes felvétel területének arányában elegendő alacsonyabb mintaszám egyéb szenzorokkal készült képekkel összevetve.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk megköszönni a terepi felmérés során nyújtott segítséget a családtagoknak, barátoknak, de elsősorban Vezdén Koppány Józsefnek, aki nélkül ez az adatbázis nem jöhetett volna létre. Köszönjük az Envirosense Hungary Kft-nek, hogy rendelkezésünkre bocsátotta a felvételeket. Jelen publikáció a TKP2021-NVA-13 azonosítószámú projekt keretében a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- LIKÓ SZ. B. – HOLB I. J. – OLÁH V. – BURAI P. – SZABÓ SZ. (2024): Deep learning-based training data augmentation combined with post-classification improves the classification accuracy for dominant and scattered invasive forest tree species. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* 10: 2. 203-219.
- MÄYRÄ J. - KESKI-SAARI S. - KIVINEN S. – TANHUANPÄÄ T. – HURSKAINEN P. – KULLBERG P. – POIKOLAINEN L. – VIINIKKA A. – TUOMINEN S. – KUMPULA T. – VIHervaara P. (2021): Tree species classification from airborne hyperspectral and LiDAR data using 3D convolutional neural networks. *Remote Sensing of Environment*. 256: 112322.
- SZALAI Á. – KIRÁLY G. – BROLLY G. (2023): Fafajosztályozás és pontossági vizsgálata légi hiperspektrális felvétel alapján a Soproni-hegységben. *Alföldi Erdőkért Egyesület*: 124-128.
- SZALAI Á. – KIRÁLY G. – BROLLY G. (2025): Terepi referencia mérések ellenőrzése légi lézeres felmérések alapján. *Erdészeti Tudományos Konferencia Kiadványa 2024. Soproni Egyetem*: 316-324.

DIGITÁLIS DOMBORZATMODELL-ELEMZÉS A SOILSENSE PROJEKT RÉDEI MINTATERÜLETÉN

Analysis of Digital Terrain Models at the Réde Sample Site within the SoilSense Project

SZÁSZ BOTOND¹, CZIMBER KORNÉL¹

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet
szasz.botond@uni-sopron.hu

Kivonat

A SoilSense projekt második mintaterületként kijelölt, Réde községhatárán belül elterülő erdőtömb esetén is első lépésként a domborzat elemzése volt esedékes. Ehhez lejtési és kitettségi vizsgálat alá vetettük a domborzatmodellt, valamint egy korábban megalkotott matematikai modell segítségével meghatároztuk a topográfiai pozíció index (TPI) levezetéséhez szükséges sugarakat, majd ezek felhasználásával a domborzatformák eloszlását is. A kapott eredmények alapján kijelenthető, hogy a kiválasztott mintaterület megfelelő változatoságot mutat ahhoz, hogy egy nagyszabású, több részletre kitérő termőhelyi és faállományi vizsgálatot lehessen végezni rajta. Bizonyos mértékű korreláció volt megfigyelhető a TPI és a famagasság között, amely hozzájárulhat a szénkészlet-bebecslési módszer finomításához és továbbfejlesztéséhez.

Abstract

As the second sample site of the SoilSense project, the forested area located within the administrative boundary of Réde was also subjected to terrain analysis as a first step. The digital terrain model was analysed in terms of slope and aspect, and a previously developed mathematical model was used to determine the radii required for deriving the Topographic Position Index (TPI). Based on these radii, the spatial distribution of landform classes was calculated. The results indicate that the selected sample site exhibits sufficient topographic variability to support large-scale, detailed site and forest stand analyses. A certain degree of correlation was observed between TPI and tree height, which may contribute to the refinement and further development of the carbon stock estimation methodology.

Bevezetés

Az elmúlt 5-10 év jelentős fejlődést hozott a légi távérzékelési úton végzett domborzatmodellezésben. Mára már viszonylag egyszerű hozzájutni nagyfelbontású, erdészeti szempontból is kielégítő pontosságú digitális domborzatmodellekhez (DDM), melyek kiváló alapot adnak az erdőállományok domborzati viszonyainak termőhelyi szempontú elemzésére. Ennek szükségessége ráadásul az egyre gyorsuló ütemet produkáló klímaváltozás fényében jelentősen felértékelődött.

Épp ezért a domborzatmodell-elemzés szintén részét képezi az Agrárminisztérium által 2023-ban elindított és finanszírozott SoilSense projektnek. A kutatás keretein belül elsőként kijelölt Dudlesz-erdei mintaterületről már számos publikáció látott napvilágot (SZÁSZ et al. 2024, CZIMBER et al. 2025, SZÁSZ et al. 2025), jelen tanulmány pedig a második, Réde községhatárán kijelölt mintaterület topográfiai, orográfiai viszonyainak, valamint azok faállomány-paraméterekre gyakorolt hatásainak elemzéséről szól.

A topográfia a földrajztudomány egyik alapvető területe, amely a Föld felszínének részletes leírásával és ábrázolásával foglalkozik, beleértve a természetes és mesterséges felszínformákat is. Az orográfia ezzel szemben szűkebb értelemben a felszíni kiemelkedések morfológiai és szerkezeti vizsgálatára összpontosít. A domborzat formáinak meghatározása és

osztályozása tudományterületenként eltérő megközelítések mentén történik, ezért a szakirodalomban számos felszínforma-osztályozási rendszer létezik (MILNE et al. 1995; SPEIGHT, 1990).

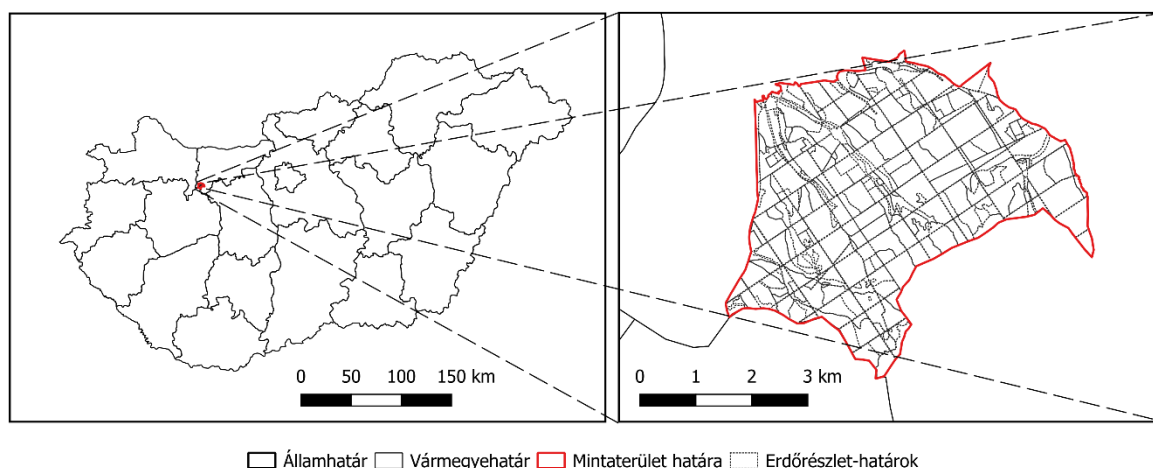
A klasszikus morfometriai alapú osztályozások jellemzően a domborzatmodellek pixeleinek és azok lokális környezetének vizsgálatán alapulnak, fókuszált elemzési ablakok segítségével (PEUCKER–DOUGLAS, 1975; DIKAU, 1989). Későbbi megközelítések a görbületi paraméterek kombinációját helyezték előtérbe (SHARY et al. 2005). A módszerek alkalmazhatóságát jelentősen befolyásolja az elemzés léptéke és a domborzatmodellek térbeli felbontása, amely kulcsszerepet játszik az osztályozás megbízhatóságában (KIENZLE, 2004; MOKARRAM–SATHYAMOORTHY, 2018).

Az utóbbi években olyan komplexebb megközelítések is megjelentek, mint a geomorphon-alapú felszínforma-leírás (STEPINSKI–JASIEWICZ, 2011) vagy az objektum-alapú képelemzés (DRÄGUT–BLASCHKE, 2006), amelyek a domborzat lokális és regionális szerkezetét egyaránt képesek figyelembe venni. Erre szintén alkalmas a Weiss (2001) által bevezetett topográfiai pozíció indexre (TPI) épülő, Jenness (2006) által kidolgozott kétléptékű osztályozási módszer, amely egyszerre veszi figyelembe a pixelek lokális környezetét és a tágabb domborzati helyzetet, csökkentve ezzel a túlzott részletezés és az információvesztés kockázatát.

Számos kutatás foglalkozott a topográfiai tényezők és az erdőállomány-paraméterek, különösen a famagasság kapcsolatával. Eredményeik alapján a lejtők meredeksége, kitettsége, valamint a felszín konvex–konkáv jellege jelentős hatással van a magassági növedék mértékére (MCNAB, 1989; TATENO–TAKEDA, 2003). Egyes vizsgálatok szerint a konkáv völgyekben álló fák nagyobb magasságot érhetnek el (FARHADUR RAHMAN ET AL. 2022), míg más tanulmányok a gerinceken és magasabban fekvő területeken mutattak ki nagyobb magassági növedéket (MOKARRAM–SATHYAMOORTHY, 2016). Balazy et al. (2019) rámutatott, hogy a növekedési dinamika szoros kapcsolatban áll a lokális topográfiai adottságokkal, ugyanakkor az egyes topográfiai indexek szerepe eltérő mértékű lehet.

Anyag és módszer

A projekt második mintaterületként a Bakony északi lábánál fekvő Réde község határán belül elterülő, mintegy 2000 hektárnyi egybefüggő erdőterület került kijelölésre (1. ábra).



1. ábra: A rédei mintaterület elhelyezkedése

Az elemzéshez szükséges pontfelhőt az EnviroSense Hungary Kft. biztosította, amelyet egy Riegl VQ780 II típusú, kisrepülőre szerelhető lézerszkennerrel felvételeztek lombtalan állapotban. A pontfelhő átlagos sűrűsége 20 pont/m², melyből levezetésre került a domborzat-

és lombkoronamodell, valamint az egyesfa-pozíciók és paraméterek a *TreeDetect* szoftver segítségével.

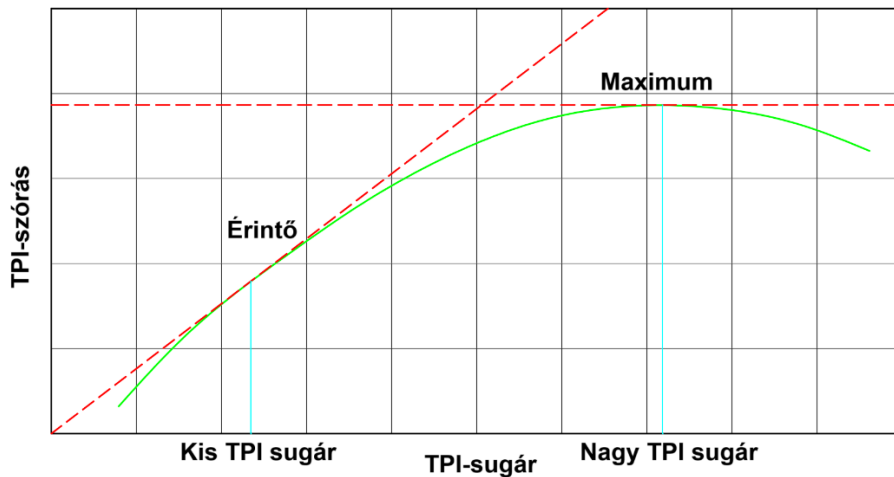
Az előállított modellek felbontása 1 m/pixel, mellyel már nagyfelbontású, rendkívül részletgazdag modellek kategóriájába sorolhatók, amelyen kisebb gödrök, kúpok, illetve útpászták is jól kivehetőek. Mivel ezek az apróbb részletek termőhelyi szempontból jelentéktelennek hatnak, sőt, kisebb mértékben ugyan, de befolyásolhatják az elemzések pontosságát, ezért mintegy nulladik lépésként egy Gauss-szűrés elvégzésére volt szükség ($r=10m$, $s=100m$).

A domborzati viszonyok elemzésére különböző tematikákat vezetünk le: lejtés, kitétség és domborzatformák. A lejtés értéke a környező pixelek alapján mért, fokban kifejezett lejtőszöglet jelenti, a kitétség a legmeredekebb magasságcsökkenés irányát mutatja meg 0-360° között, északi kezdőiránnyal, míg a domborzatformák a Jenness (2006) által meghatározott kategóriákba lettek besorolva (1. táblázat). Mivel lejtés és kitétség esetén a levezetett tematikák pixelei folytonos értékeket tárolnak, a könnyebb feldolgozhatóság érdekében kategorizáltuk ezeket az értékeket, lejtés esetén 5°-os élességgel, míg kitétség esetén a 4 fő- és 4 mellékégtáj szerint (tehát 45°-onként). A 2° alatti lejtőszögű területeket mind a lejtés-, mind pedig a kitétségraszteren a SÍK kategóriába soroltuk.

1. Táblázat: Levezetett domborzatformák. Forrás: Jenness, 2006

Megnevezés	Kis sugár	Nagy sugár	Lejtés
Mély völgy/vízfolyás	$TPI \leq -1$	$TPI \leq -1$	
Közepes lejtésű vízfolyás, sekély völgy	$TPI \leq -1$	$-1 < TPI < 1$	
Vízfolyás hegy/dombtetőn	$TPI \leq -1$	$TPI \geq 1$	
U-alakú völgy	$-1 < TPI < 1$	$TPI \leq -1$	
Sík	$-1 < TPI < 1$	$-1 < TPI < 1$	$\leq 2^\circ$
Nyílt lejtő	$-1 < TPI < 1$	$-1 < TPI < 1$	$> 2^\circ$
Fennsík, lejtők magasabb részei	$-1 < TPI < 1$	$TPI \geq 1$	
Kisebb gerinc/domb völgyben	$TPI \geq 1$	$TPI \leq -1$	
Közepes lejtésű gerinc, kisebb domb síkon	$TPI \geq 1$	$-1 < TPI < 1$	
Hegy/dombtető, magas gerinc	$TPI \geq 1$	$TPI \geq 1$	

A domborzatformák kategorizálásához, ahogy azt a fenti táblázat is mutatja, két különböző sugárértékkel végzett TPI-vizsgálatra volt szükségünk. A sugarak objektív meghatározásából adódó hibafaktor kiküszöbölése végett korábban kidolgoztunk egy matematikai modellt, amely a domborzatmodell térbeli felbontásából kiindulva először 5, 10, 15, 20 és 25 méteres vizsgálati sugarakkal végeztünk TPI-elemzést, majd ezeket további, nagyobb léptékű sugarakkal (a kezdeti sugárértékek három, négy, illetve ötszörösével) egészítettük ki, összesen 14 különböző TPI-modellt létrehozva. Az elkészült modelleken 25 m sugarú környezetben szórásalapú statisztikai elemzést végeztünk, amelyből szórásraszterek készültek. Ezek globális maximumértékeinek változását a vizsgálati sugarak függvényében grafikonon ábrázoltuk (2. ábra), majd másodfokú polinomiális trendvonal illesztésével meghatároztuk a kis- és nagy léptékű optimális vizsgálati sugarakat (SZÁSZ et al. 2024).

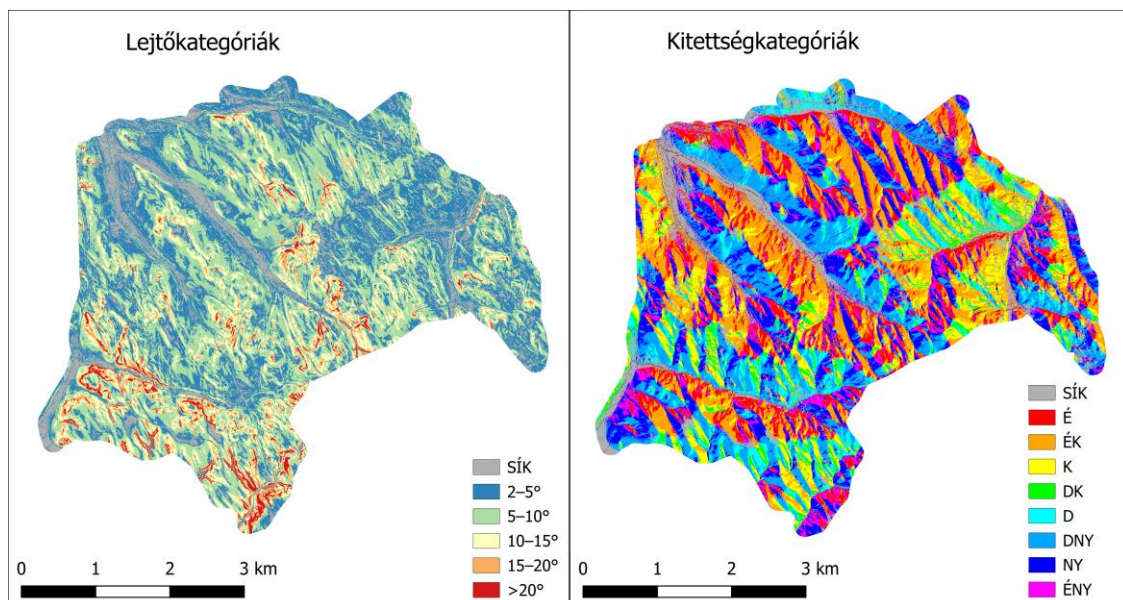


2. ábra: TPI-sugarak megválasztásának matematikai modellje. Forrás: Szász et al. 2024

A domborzati jellemzők mellett egyes erdőrészek esetében összefüggéseket vizsgáltunk a levezetett domborzatformák és a pontfelhőből meghatározott fmagasság, valamint az ebből számított magassági növedék között. Az elemzések célja annak feltárása volt, hogy a domborzati adottságok milyen mértékben befolyásolják az állomány szerkezeti jellemzőit. Mivel fafaj-azonosítás nem állt rendelkezésre, az összehasonlításokat kizárólag olyan erdőrészekre korlátoztuk, amelyek elegendően, egykorú faállományokból állnak, így biztosítva az eredmények értelmezhetőségét és összehasonlíthatóságát.

Eredmények

A vizsgálati terület lejtő- illetve kitétségekategóriáit a 3. ábra, míg az előbbi területi eloszlását a 2. táblázat, az utóbbiét pedig a 3. táblázat szemlélteti.



3. ábra: Lejtő- és kitétségekategóriák

A fenti ábrán, illetve az alábbi táblázatokban látható, hogy a sík területek részaránya jelentős, de kiterjedését tekintve elnyúló, leginkább a szélesebb völgyekre jellemző. A súlypont az 5–10° közötti lejtőkategóriára esik, de az előlötti lejtésértékek mértéke sem elhanyagolható, leginkább a mintaterület déli-délnyugati részén figyelhető meg meredekebb lejtők. A

kitettség tekintetében leginkább az északi-északkeleti kategóriák dominálnak, de emellett a nyugati-délnyugati lejtők is jelentős részarányt képviselnek.

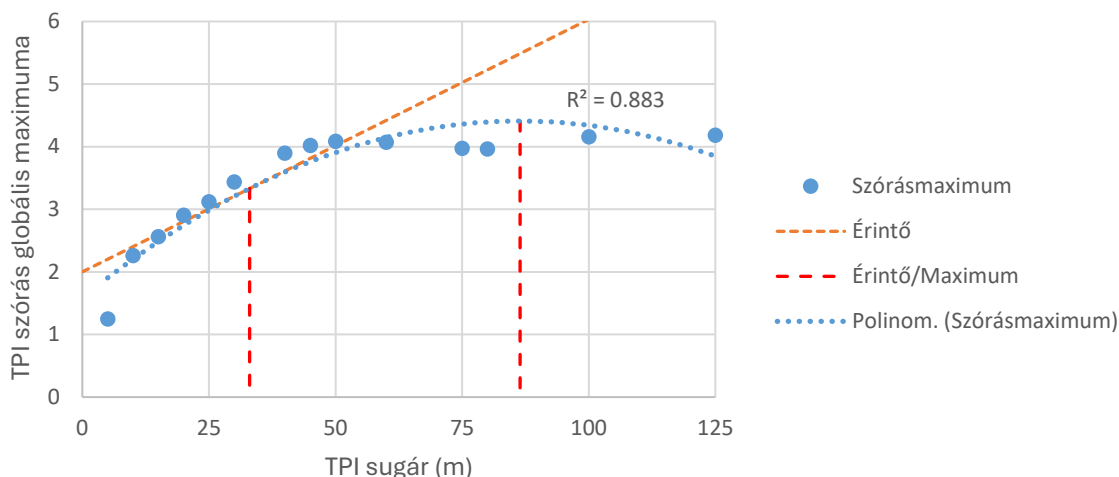
2. Táblázat: Lejtőkategóriák területi eloszlása

Kategória	Terület [ha]	Arány [%]
Sík	190,07	9,25
2–5°	630,74	30,71
5–10°	802,95	39,09
10–15°	287,12	13,98
15–20°	93,96	4,57
20–25°	32,26	1,57
25–30°	11,87	0,58
30°–	4,99	0,24
Összesen	2053,96	100

3. Táblázat: Kitettségkategóriák területi eloszlása

Kategória	Terület [ha]	Arány [%]
Sík	190,07	9,25
Észak (É)	238,34	11,60
Északkelet (ÉK)	412,36	20,08
Kelet (K)	198,04	9,64
Délkelet (DK)	87,15	4,24
Dél (D)	130,28	6,34
Délnyugat (DNY)	332,95	16,21
Nyugat (NY)	300,28	14,62
Északnyugat (ÉNY)	164,49	8,01
Összesen	2053,96	100

A szabdalt és változatos domborzatnak köszönhetően az alacsonyabb sugárértékű TPI raszterek szórásmaximumai viszonylag magasak, így az origón is áthaladó érintője nincs a trendgörbének, ezért az y-tengely magasabb egész értékeihez tartozó érintőket vizsgálva végül a (0;2) ponton áthaladó határozza meg a kisebbik TPI sugarat. Így tehát a görbe 86,44 méternél kulminál, az említett ponthoz tartozó egyenes pedig 33,04 méternél érinti azt (4. ábra). A kapott értékeket a legközelebbi olyan számokra kerekítettük, amelyekre már el lett készítve a TPI-raszter, így a két TPI-sugar 30 és 80 méterben lett meghatározva.



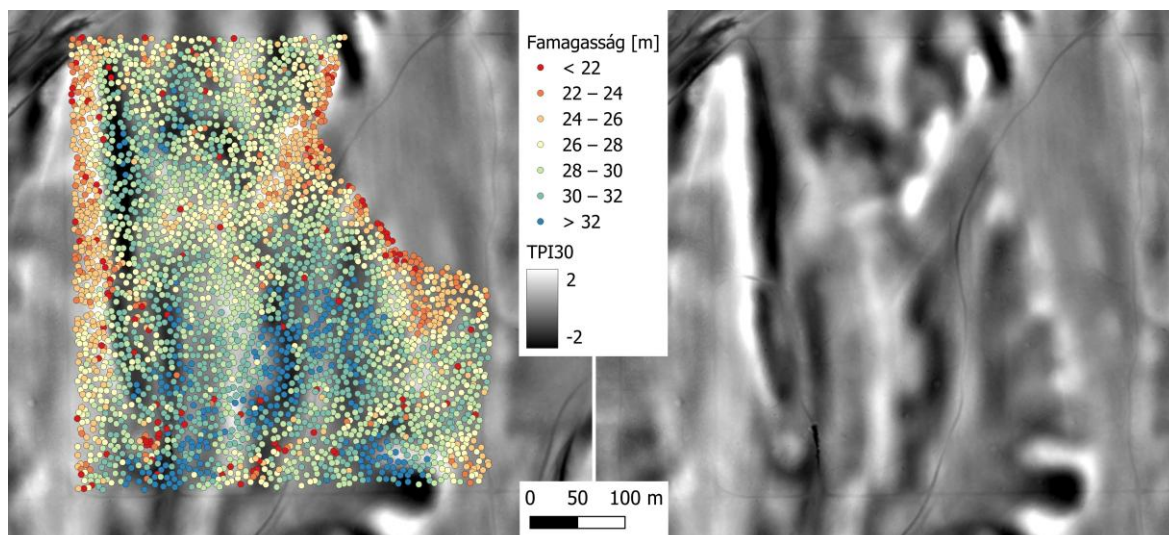
4. ábra: TPI-sugárértékek megválasztása

A 4. táblázat bemutatja a 10 különböző domborzatforma területi eloszlását. Ezekből az adatokból látható, hogy a kiválasztott mintaterület topográfiai szempontból igencsak magassztű változatosságot mutat, mivel nem elhanyagolható arányban jelennek meg a „szélsőségesebb” domborzatformák, úgy, mint a mély völgy, illetve a hegy/dombtető, valamint a völgyek aránya is jelentős.

4. Táblázat: Domborzatformák területi eloszlása

Kategória	Terület [ha]	Arány [%]
Mély völgy/vízfolyás	93,91	4,57
Közepes lejtésű vízfolyás, sekély völgy	4,41	0,21
Vízfolyás hegy/dombtetőn	0,66	0,03
U-alakú völgy	415,31	20,22
Sík	120,43	5,86
Nyílt lejtő	903,09	43,97
Fennsík, lejtők magasabb részei	414,99	20,20
Kisebb gerinc/domb völgyben	2,02	0,10
Közepes lejtésű gerinc, kisebb domb	8,15	0,40
Hegy/dombtető, magas gerinc	90,99	4,43
Összesen	2053,96	100

A famagasságok és a domborzatformák között kézzelfogható összefüggés figyelhető meg. Az érthetőbb szemléltetés kedvéért a kisebbik sugárral (30 m) előállított TPI-raszter és a famagasságok kapcsolatát mutatja be az 5. ábra a 21A erdőrészlet példáján. Látható, hogy a gerinceken kisebb a famagasság, míg utóbbinál a völgyben elhelyezkedő faegyedek egyértelműen nagyobb magassága tűnik szembe. Számszerűsítve, a famagasság és a TPI30 közötti korreláció $-0,37$, ami azt jelzi, hogy magasabb TPI (tehát magasabban fekvő térszínek) esetén várhatóan alacsonyabb lesz a faegyedek magassága.



5. ábra: Famagasság a TPI30 függvényében (Réde 21A)

Következtetések

A levezetett lejtési és kitettségi jellemzők alapján egyértelműen kijelenthető, hogy a választott mintaterület kellő változatosságot mutat ahhoz, hogy egy nagyszabású, több részletre kitérő termőhelyi és faállományi vizsgálatot lehessen végezni rajta. Mivel ellentétben a Dudlesz-erdővel, ahol a mintavételi pontok szabályos minta alapján lettek kijelölve (SZÁSZ et al. 2024), ez a két jellemző, kiegészülve a domborzatformák eloszlásával, megfelelő támpontot adnak azok pozícióinak megválasztásához. Ezen művelet egyértelmű célja, hogy ezek a pontok a lehető legjobb mértékben legyenek reprezentatívak a terület teljes egészére vetítve.

A vizsgálat azt is megmutatta, hogy a TPI-sugarak megválasztásához megalkotott matematikai modell a változatosabb, szabdaltabb domborzatú területek esetén is megfelelően alkalmazható. Az így levezetett TPI-értékek és a famagasságok közötti korreláció is jelzésértékű, melynek ismeretében fejleszthető, illetve tökéletesíthető a Dudlesz-erdő példáján ismertetett szénkészlet-becslési módszer (CZIMBER et al. 2025), amely a SoilSense projekt legfőbb kitűzött célját képezi.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az EGF/365/2023 számú, „Digitális termőhely-térképezés és szénkészlet meghatározás hazánk erdőtalajaiban” című projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BALAZY, R. – KAMIŃSKA, A. – CIESIELSKI, M. – SOCHA, J. – PIERZCHALSKI, M. (2019): Modeling the Effect of Environmental and Topographic Variables Affecting the Height Increment of Norway Spruce Stands in Mountainous Conditions with the Use of LiDAR Data, In: Remote Sensing 11(20): 2407.
- CZIMBER K. – SZÁSZ B. – ÁCS N. – HEILIG D. – ILLÉS G. – MÉSZÁROS D. – VEPERDI G. – HEIL B. – KOVÁCS G. (2025): Estimation of the Total Carbon Stock of Dudles Forest Based on Satellite Imagery, Airborne Laser Scanning, and Field Surveys, In: Forests 16(3): 512.
- DIKAU, R. (1989): The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology. Three Dimensional Applications In GIS. CRC Press.
- DRĂGUȚ, L. – BLASCHKE, T. (2006): Automated classification of landform elements using object-based image analysis, In: Geomorphology 81(3): 330–344.
- FARHADUR RAHMAN, MD. – ONODA, Y. – KITAJIMA, K. (2022): Forest canopy height variation in relation to topography and forest types in central Japan with LiDAR, In: Forest Ecology and Management 503: 119792.

- JENNESS, J. (2006): Topographic position index (TPI). An ArcView 3.x tool for analyzing the shape of the landscape
- KIENZLE, S. (2004): The Effect of DEM Raster Resolution on First Order, Second Order and Compound Terrain Derivatives, In: *Transactions in GIS* 8(1): 83–111.
- MILNE, J. D. G. – CLAYDEN, B. – SINGLETON, P. L. – WILSON, A. D. (1995): *Soil description handbook*. Revised edition. Manaaki Whenua, Lincoln, Új-Zéland.
- MCNAB, W. H. (1989): Terrain Shape Index: Quantifying Effect of Minor Landforms on Tree Height, In: *Forest Science* 35(1): 91–104.
- MOKARRAM, M. – SATHYAMOORTHY, D. (2016): Relationship between landform classification and vegetation (case study: southwest of Fars province, Iran), In: *Open Geosciences* 8(1): 302–309.
- MOKARRAM, M. – SATHYAMOORTHY, D. (2018): A review of landform classification methods, In: *Spatial Information Research* 26(6): 647–660.
- PEUCKER, T. K. – DOUGLAS, D. H. (1975): Detection of Surface-Specific Points by Local Parallel Processing of Discrete Terrain Elevation Data, In: *Computer Graphics and Image Processing* 4(4): 375–387.
- SHARY, P. A. – SHARAYA, L. S. – MITUSOV, A. V. (2005): The problem of scale-specific and scale-free approaches in geomorphometry, In: *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 28(1): 81–101.
- SPEIGHT, J. (1990): Landform. *Australian Soil and Land Survey Field Handbook*
- STEPINSKI, T. – JASIEWICZ, J. (2011): Geomorphons - a new approach to classification of landforms, In: *Proceedings of geomorphometry*: 109–112.
- SZÁSZ B. – HEIL B. – KOVÁCS G. – HEILIG D. – VEPERDI G. – MÉSZÁROS D. – ILLÉS G. – CZIMBER K. (2024): Investigation of the Relationship between Topographic and Forest Stand Characteristics Using Aerial Laser Scanning and Field Survey Data, In: *Forests* 15(9): 1546.
- SZÁSZ B. – HEIL B. – KOVÁCS G. – MÉSZÁROS D. – CZIMBER K. (2025): Comparison of Advanced Terrestrial and Aerial Remote Sensing Methods for Above-Ground Carbon Stock Estimation—A Comparative Case Study for a Hungarian Temperate Forest, In: *Remote Sensing* 17(13): 2173.
- TATENO, R. – TAKEDA, H. (2003): Forest structure and tree species distribution in relation to topography-mediated heterogeneity of soil nitrogen and light at the forest floor, In: *Ecological Research* 18(5): 559–571.
- WEISS, A. (2001): Topographic position and landforms analysis. Poszter, ESRI user conference, San Diego, CA.

ERDŐFELÚJÍTÁSI KÍSÉRLETEK A TAEG TANULMÁNYI ERDŐGAZDASÁG ZRT.-NÉL

Reforestation Experiments at TAEG Tanulmányi Erdőgazdaság Zrt.

FOLCZ ÁDÁM¹, KÖVESKUTI ZOLTÁN¹, PREISINGER MÁRK¹, KOVÁCS JÁNOS¹,
RÓZSAI GÁBOR¹, VÖRÖS ATTILA¹, MARTOS ÁKOS¹, MESICS BERTALAN¹,
ZSÍRAI PÉTER¹, PESZLEN ROLAND¹, ÁBRAHÁM ISTVÁN¹

¹TAEG Tanulmányi Erdőgazdaság Zrt.
folcz.adam@taegrt.hu

Kivonat

Társaságunk területén számos hosszú távú erdőgazdálkodási kísérlet folyik, amelyek az ágazaton belül több szakterületet is lefednek, így például a művelés, a használat és az erdőrendezés kérdésköreit. Az oktatási és kutatási tevékenységek támogatása érdekében elengedhetetlen a kutatások megvalósításához szükséges terepi és materiális feltételek biztosítása. A felgyorsuló klímaváltozás napjaink egyik legjelentősebb szakmai kihívását jelenti, amely újabb kísérletek beállítását indokolta déli származású fafajok bevonásával. Ennek keretében összesen négy fafaj-összehasonlító kísérletet hoztunk létre eltérő termőhelyi adottságok mellett. Ezen túlmenően a kiválasztott déli származású fafajokat társaságunk területén széles körben, különböző elegyarányokban alkalmaztuk. Az eddigi eredmények alapján megállapítható, hogy a délkelet-európai származású fafajok közül több faj kedvező növekedési teljesítményt mutat az erdőfelújítások során, és jobban tolerálja az elmúlt évek rendkívül változékony időjárási viszonyait, mint a Kárpát-medencén belüli származású szaporítóanyagok. Mindezek alapján megítélésünk szerint, bár ezen szaporítóanyagok beszerzése jelentős nehézségekkel jár, alkalmazásuk hosszú távon érdemben hozzájárulhat a társaság területén található erdők jövőbeni stabilitásához és alkalmazkodóképességéhez.

Abstract

Several long-term forest management experiments are being conducted within the area of our company, covering multiple thematic fields within the forestry sector, including silviculture, forest utilization, and forest planning. In order to support educational and research activities, it is essential to ensure the availability of the necessary field-based and material conditions required for conducting research. Accelerating climate change represents one of the most significant professional challenges of our time, which has prompted the establishment of new experiments involving tree species of southern origin. Within this framework, a total of four tree species comparison experiments were established across different site conditions. In addition, the selected southern-origin tree species have been applied in mixed stands across a wide range of locations within the company's managed area. Based on the results obtained to date, it can be concluded that several tree species originating from southeastern Europe exhibit favorable growth performance in forest regeneration and demonstrate greater tolerance to the highly variable climatic conditions experienced in recent years compared to reproductive material originating from within the Carpathian Basin. In light of these findings, we consider that although the procurement of such reproductive material presents considerable challenges, its application may significantly contribute to the long-term stability and resilience of future forests within the company's territory.

Bevezetés

Társaságunk területén számos hosszú lejáratú erdőgazdálkodási kísérlet zajlik, amelyek az ágazaton belül több témának (erdőművelés, fahasználat, rendezés stb.) is releváns kutatási alapot nyújtanak. Talán legismertebb ilyen a Roth-féle száralóerdő, melynek részletes történetét Koloszár József professzor úr írta meg a kísérlet kezdetétől 2011-ig (KOLOSZÁR J. 2013). A kutatási terület azóta is fennáll. Jelenleg is Dr. Frank Norbert és az Erdőműveléstani Tanszék munkatársaival közösen zajlanak a szakmai beavatkozások. Emellett számos hosszú távú fafajkísérlet és erdőnevelési kísérlet zajlik társaságunk területén, amelyek eredményei sajnos kevésbé ismertek. Ilyenek a nagylózi Haraszt erdőben található fafaj-összehasonlító kísérletek vagy az ágfalvi fafajösszehasonlító kísérletek a Bögöly-hegyen. Ezekről részletesebben SZENKOVITS MARIANN (2007; 2008; 2011) munkássága nyomán jelent meg érdemi publikáció.

Egy másik új hosszú lejáratú kísérleti példát említünk, az akác fontos fafaj lehet a klímaváltozás során. Sajnos sok helyen többször sorjáztatott, gyenge minőségű és fatermőképességű akácok alakultak ki térségünkben is. Tapasztalataink szerint a mag eredetű állományok valamivel jobb egészségi állapotnak és jobb növekedéssel rendelkeznek a sorjáztatott állományoknál, ezért saját projekt keretében megkíséreltük valamilyen módon a természetes, magról történő akácfelújítást. Ennek érdekében kipróbáltunk egy új módszert, melynek lényege, hogy egy erdészeti talajmaróval az akác véghasználata után a humuszos réteget átmarjuk, ezáltal szkarifikálva a talajon lévő magokat, de még nem sértve a gyökérszót, így elkerülve a nem kívánatos gyökér sarjakat. Így a magok csírázásnak indulnak és a korábban megszokott gyökérsarjak helyett magoncok ezrei jelennek meg a területen (FOLCZ ET AL. 2025). A módszert társaságunk egy 2024-ben megrendezett erdőművelési szakosztály-ülésen be is mutatta a szakosztály tagjainak (URBÁN 2024). A módszer hatékonysága minden bizonnyal csak évtizedek múltán igazolódik be igazán, de talán a klímaváltozás tükrében még akkor is hasznos lesz az információ a módszer hatékonyságáról.

Társaságunk oktatás és kutatás támogató tevékenységében elengedhetetlen, hogy megteremtjük azokat a terepi, materiális feltételeket, melyek a kutatásokhoz kellenek. A felgyorsuló klímaváltozás, mind napjaink legnagyobb szakmai kihívása, újabb kísérletek beállítására készítet bennünk déli származású fafajok alkalmazásával.

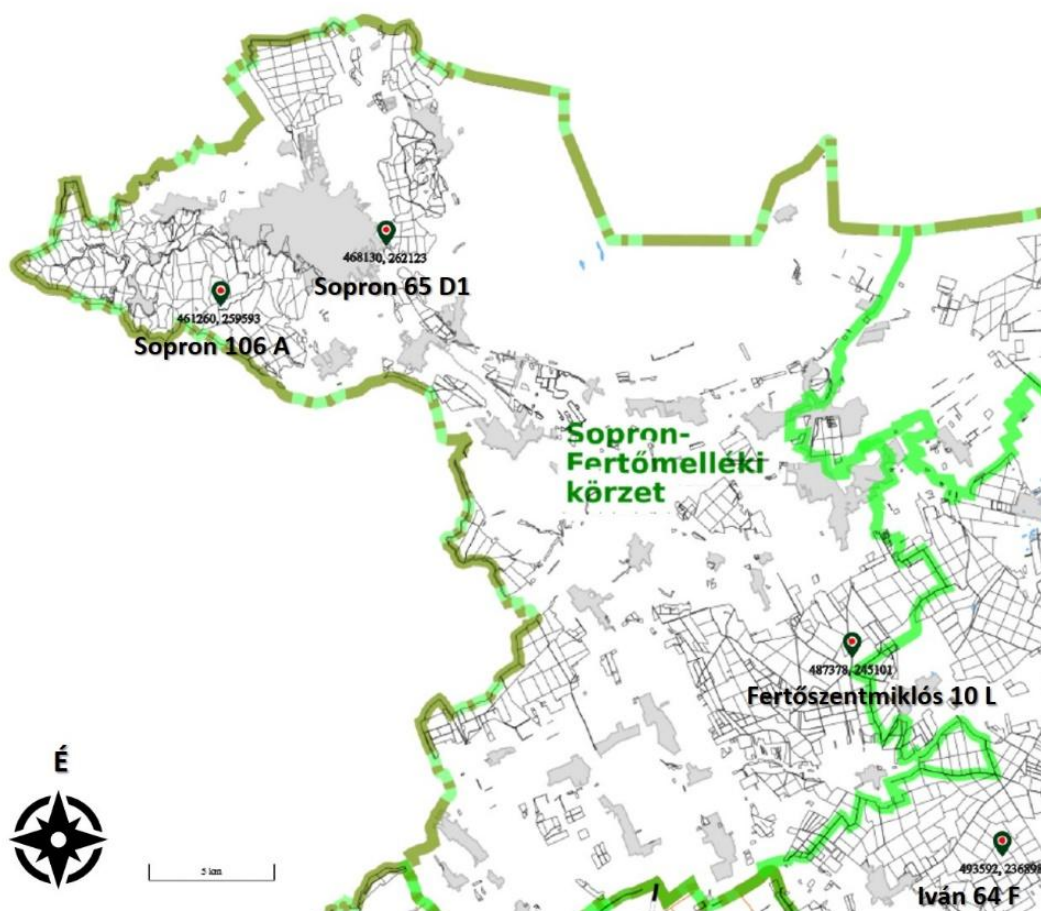
Ez három fő szakmai irányt vett társaságunknál. Az egyik az új fafajok megfelelő szaporítóanyag termesztésének kérdését, hiszen ezek az olykor több 1000 km távolságból származó szaporítóanyagok meglehetősen magas fajlagos költséggel bírnak ahhoz, hogy csak úgy kihelyezzük őket egy szokványosnak mondható erdőfelújításba. A másik fontos irány, hogy növeljük társaságunk faállományainak elegyességét, amely ezáltal vélhetően ellenállóbbá válik a kalamitásoknak és növelhető az állományok és fafajcsoportok genetikai diverzitása is. A harmadik irány pedig, hogy tudományos minőségű alapadatokat kapjunk ezeknek a fafajoknak a növekedési és faállománybéli viselkedési tulajdonságairól. Ennek érdekében fafajösszehasonlító kísérleteket hoztunk létre, (a kisebb elegyítések mellett). Jelen tanulmányban ezek közül négy erdőrészletben kísérleti erdőfelújítások létrehozásának első tapasztalatait osztjuk meg a szakmai érdeklődőkkel.

Anyag és módszer

A társaságunk által jelenleg bemutatott négy fafajösszehasonlító kísérlet közül kettő a Soproni Erdészetről, kettő a Síkvidéki Erdészetről található. Ezen négy kísérlet mellett elegyítés céljából a társaság az elmúlt 5 évben összesen 80 erdőrészletben, 19 fafaj összesen 129 180 db csemetéjét ültette ki. E mellett 430 kg, négy különböző fajú Kárpát-medencén kívüli származású tölgy makkot helyeztünk ki elegyítés és állományszerkezet diverzitás növelése céljából. Azért, hogy néhány érdekesebb példát említünk, akácok erdőszegélybe helyeztünk ki

fehér eper csemetét (*Morus alba*), bolgár származású mezei szil (*Ulmus minor*) csemetét ültettünk több helyre a száraz termőhelyeinkre. Ismét termesztésbe vontuk a korábban a szilkehez hasonlóan szintén majdnem teljesen kipusztult szelíd gesztenyét (*Castanea sativa*), és ültettünk ki természetvédelmi célokból háziberkenyét (*Sorbus domestica*) és madárberkenyét (*Sorbus aucuparia*) is.

A jelenlegi kísérleti bemutatóban szereplő négy erdőrészlet közül a legnagyobb a Sopron 106 A, amely terület egy szubmontán régióban (gyertyános-tölgyes mezoklimában) a Soproni hegység központi részén, savanyú alap kőzetű, változó termőrétegű, agyagbemosódásos barna erdőtalajon fekvő terület. A terület termőhely szempontjából változatos. Északi és déli felén kismértékű szivárgó víz is megjelenhet a mikrodomborzati viszonyok miatt. A középső területrész egy kúp, sekély felszínig köves talajjal. A Sopron 65 D2, amely Sopron város közvetlen szomszédságában, meszes alapközeten, sekély barnaföld talajon, az M85-s autót közvetlen szomszédságában igen száraz termőhelyi viszonyok között és az autópálya okozta szélsőségesen száraz mikroklímában helyezkedik el. A másik két terület a Síkvidéki erdészet területén található. A Fertőszentmiklós 10 L erdőrészlet egy változó vízgazdálkodású, cseri talajjal rendelkező terület, tölgyes klímában. A terület jellegzetessége, hogy szerencsétlen esetekben egy éven belül sújthatja a területet belvíz miatti kár és aszálykár egyaránt. Az Iván 64F erdőrészlet társaságunk déli részén található, nagyon gyenge termőhelyen pseudoglejes talajon, tölgyes (erdőssztyepp) mikroklímában viszonyok között. Az erdőrészletek elhelyezkedését az alábbi térképen láthatjuk. A létrehozott erdőfelújítások kivitelének módját a következő részekben olvashatjuk. A Sopron 65 D2 erdőrészleten kívül a többi három erdőrészlet be lett kerítve a csülkös nagyvad túrás és rágási kártétele ellen.



7. ábra. A fafajösszehasonlító kísérletek elhelyezkedése

A Sopron 65 D2 erdőrészt az M85 gyorsforgalmi út Sopron-Balfi lehajtójánál a Pihenőkeszttel mellett helyezkedik el. Korábban egy erdeifenyves állt rajta, mely a gyenge termőhelyi viszonyok és a légköri aszályok miatt egészségi állapota leromlott. Az erdeifenyves a gyorsforgalmi út elkészülését követően 2023-ban az erdészeti hatóság által elrendelve tarvágással kitermelésre került. Az erdőrészt területén, 2024 tavaszán kézi kapás, pásztás területelő-készítést követően, klímarezisztens szaporítóanyag került ültetésre és vetésre egyaránt. A területen kisebb parcellákban kézi makkvetés történt az alábbi fafajokból: bolgár származású molyhos tölgy (*Quercus pubescens*) 30 kg, magyar tölgy (*Q. frainetto*) 50 kg, grúz származású ibériai tölgy (*Quercus petraea subsp. iberica*) 50 kg, továbbá Kárpát-medencei származású kocsánytalan tölgy (*Q. petraea*) 50 kg és vörös tölgy (*Q. rubra*) 200 kg. A parcellákat elválasztó jelölő sorokba egyéves csemeték: grúziai származású keleti bükk (*Fagus orientalis*) 150 db és Kárpát-medencei zöld duglászfenyő (*Pseudotsuga menziesii*) 150 db került kézi ékásós ültetéssel. A jelentős gyomkonkurencia ellen kézi mechanikus ápolással védekeztünk az ültetés évében, majd 2025-ben egyaránt.

A felsorolt fajok már ismertek és termesztésbe ton fajok Magyarországon. Jelenleg kiemelt szerepüket inkább származásuk és hazai elfordulások ritkasága adja. A fenti fajok közül talán érdemes kiemelni egy gondolat erejéig a keleti bükköt, amely egy délkeleti faj, földrajzi elterjedése a közönséges bükknek a Balkánon, a Fekete tenger mentén, Görögországban és a Törökországban. Reményeink szerint ez a szárazságtűrőbb formája a közönséges bükknek, segíteni tudja a hazai bükkösöket a klímaváltozás során (KIRÁLY 2024). A másik faj, amit a fenti fafajsorból érdemes kiemelni az az ibériai tölgy (*Quercus iberica*, vagy *Q. petraea subsp. iberica*), a faj a kocsánytalan tölgy csoportba tartozó önálló fafaj (PAPINI et al. 2011). A faj makkját Grúziából sikerült beszerezni és reményeink szerint megmaradása esetén délkeleti: balkáni, kaukázusi, szárazságtűrő származásával (a keleti bükkhöz hasonlóan) egy új genetikai vonallal tudja növelni a jelenlegi kocsánytalan tölgyeseink diverzitását.

A Sopron 106 A erdőrészt a Muck térségében a Récényi út és az Újréti nyiladék találkozásánál helyezkedik el. A területen korábban lomb elegendő vörösfenyves állomány volt, ahol 2024-ben egészségügyi okok miatt tarvágás lett végrehajtva. 2025 év tavaszán kísérleti jelleggel a kézi kapás és pásztás területelő-készítést követően, kézi makkvetés és ékásós ültetéssel történt az első kivitel. Az erdősítés során különböző származású szaporítóanyagot használtunk parcellás felosztásban. Fészkes makkvetéssel romániai származású szürke tölgy (Fekete-tenger partvidéke) (*Q. robur subsp. pedunculiflora*) 80 kg (egy fészekbe 3-5 db), bolgár eredetű molyhos tölgy (*Q. pubescens*) 60 kg (egy fészekbe 5-7 db). Pásztás talaj elő-készítést követően, kézi ékásós ültetéssel 1,5 m sortávval és 70 cm tőtávval került elültetésre grúziai származású egyéves ibériai tölgy (*Q. petraea subsp. iberica*) csemete 5000 db, egyéves keleti bükk (*Fagus sylvatica subsp. orientalis*) 2150 db, valamint bolgár származású közönséges bükk (*Fagus sylvatica*) 2850 db, egyéves magyar tölgy (*Q. frainetto*) 1000 db, kétéves páncélfenyő (*Pinus heldreichii*) 400 db, hazai származású egyéves törökmogyoró (*Corylus colurna*) 950 db került a területre. Az 2025-ös év májusában és augusztusában is mechanikus ápolást kapott a terület, a jelentős gyomkonkurenciát jelentőszeder (*Rubus sp.*) és békaszittyó (*Juncus effusus*) miatt.

Az Iván 64 F erdőrészt 2024-ben lett tarra vágva, az előző állomány 60% EF – 40% FF volt. Az faanyag lehordása után a területet erdészeti zúzóval mulcsoztuk. Az új célállomány vörös tölgy (*Q. rubra*) lett, makkvetéssel. A mulcsozás után 2,50 m-es sortávval kétszeri tárcsázás, majd gépi makkvetés következett. A kísérleti terület kijelölése az ÉNY-i sarokban történt. 50-50 kg makk állt rendelkezésre molyhos- (*Q. pubescens*), szürke (*Q. robur subsp. pedunculiflora*)- és magyar tölgyből (*Q. frainetto*), É-ről indulva ebben a sorrendben lett elvetve a makk cca. 0,20-0,24 ha-os parcellákban. A makkvetés után a területen 2025. tavaszán vegyszeres gyomirtás történt Click Combi gyomirtószerezrel 2,5 liter/ha dózissal.

A Fertőszentmiklós 10 L erőrészletben 2023 év őszén kezdtük meg az ott álló elegyes kocsányos tölgyes egészségügyi tarvágását, amit a csapadékos időjárás miatt csak 2024 telén fejeztünk be. A korábbi rossz egészségi állapotú, fenyő elegyes tölgyes állomány helyén kézi vágástakarítás és gépi pásztázást követően 2025 tavaszán végeztük el az első kivitel 70% cser (*Quercus cerris*) és 30% kocsányos tölgy (*Q. robur*) makkvetéssel. Sorjelzőként kevertünk a makkételhez 2% vöröstölgyet (*Q. rubra*) is, illetve 0,68 ha-on itt kapott helyet a fafaj összehasonlító kísérlet is. A kísérleti sort a terület ÉNY-i sarkában tűztük ki. A molyhos tölgy (*Q. pubescens*) a szürke tölgy (*Q. robur subsp. pedunculiflora*) és a magyar tölgy (*Q. frainetto*) is gépi makkvetéssel került a földre.

A sortávolság 2,50 m. A 220 kg/ha vetési normához mindegyik fafajból 50 kg állt rendelkezésre. A tavaszi makkvetést követően preemergens gyomírtást végeztünk a magról kelő egy és kétszikűek ellen (Click Combi, 2,5 l/ha). A nyár folyamán a Cliophar 600 SL gyomirtó szerrel (szelektív módon) szorítottuk vissza a felverődött akác sarjakat (0,3 l/ha). Összel szárzúzóval sorközapolást végeztünk.

Eredmények

Sopron 65 D2 erdőrészletben 2024-ben az elültetett fafajok egyedeinek többsége gyenge megeredést mutatott. Ennek fő oka a kedvezőtlen kitétség és az autópálya építés miatt megváltozott mikrotermőhelyi viszonyokon túl, vélhetően a tavaszi, majd a nyár végi aszály volt. Az erdőrészletben az erdősítés után meglepően jó növekedést az ibériai tölgy (*Q. petraea subsp. iberica*) mutatott. Kezdetben a vörös tölgy (*Q. rubra*) is hasonlóan megeredt, viszont a nyár végére sajnos kiszáradt. A parcellák elválasztására alkalmazott fafajok sem viselték jól az ültetést. A következő év tavaszán végrehajtott pótlást indokoltá tette a részben sikertelen makkvetés. A 2025.- évi pótlás során főleg kézi ékásós ültetés történt. Ezévből a vörös tölgyből (*Q. rubra*) az ültetést kiegészítve ismételt kézi makkvetés is történt. Ez a módszer célravezetőbbnek tűnt, a kijuttatott szaporítóanyag 70%-a megeredt. A sorok elválasztására egyéves vörösfenyő (*Larix decidua*) került ültetésre, ami sajnos nem maradt meg. A magyar tölgy (*Q. frainetto*) és a kocsánytalan tölgy (*Q. petraea*) vetést követően, valamint pótlás után sem tudott jól alkalmazkodni a termőhelyhez. Az első évben 85%-os megmaradást mutató ibériai tölgy (*Q. petraea subsp. iberica*) a második év végére is 80%-ban megmaradt (beleértve a 2025-ben ültetett 200 db egyéves csemetét is).

A Sopron 106 A erdőrészletben az erdősítés után meglepően jó megmaradást (75%) és növekedést az ibériai tölgy (*Q. petraea subsp. iberica*) mutatott, amely az erdőrészlet északi részére került. Kezdetben a tőle délre elhelyezkedő magyar tölgy (*Q. frainetto*) (65%) és a török mogyoró (*Corylus colurna*) (45%) is hasonlóan megeredt, viszont a nyár végére sajnos csak az alsó hajtások maradtak életben. Ennek oka a részlet közepe felé egyre sekélyebb termőréteg vastagság és a feltalajban is lévő váz lehetett, amely a napsütés hatására felmelegítette a talajt. A sziklás púpra ültetett páncélfenyő (*Pinus heldreichii*) egyedei közel 75%-ban jó megeredést mutattak, de a nyár végére már a mortalitás közel az elültetett csemeték 90%-nál jelentkezett, ami a nyári aszályokra vezethető vissza. Ugyancsak jó eredményeket mutatott a keleti bükk (*Fagus orientalis*), valamint bolgár eredetű közönséges bükk (*Fagus sylvatica*), amelyek az erdőrészlet völgy felőli, üdébb déli részére kerültek. Itt a megeredés és a megmaradás a legnagyobb arányú (85%) volt az összes fafaj közül. A molyhos tölgy (*Q. pubescens*) és szürke tölgy (*Q. robur subsp. pedunculiflora*) makkvetések megeredése gyenge (10%) volt a nagy arányú váz és a talaj felmelegedése miatt, valamint rágcsálók általi károsítást (közel 40%) is szenvedett ez a területrész. A makkvetéseket 2026-tavaszi csemetével tervezzük pótolni.

Az Iván 64 F esetében a csapadékos 2024. évi ősz is befolyásolta a sikert, foltokban, szakaszokban voltak kisebb vízállások, ami nehezítette a gépi vetést. Az erdőrészletben a fafajok

kelése a következőképpen alakult. A molyhos tölgy (*Q. pubescens*) makkvetés sikere 60 %-os, a csemeték magassága 5-15 cm. A szürke tölgy (*Q. robur subsp. pedunculiflora*) makkvetés sikere 80 %-os, a csemeték magassága 10-25 cm. Magyar tölgy (*Q. frainetto*) a makkvetés sikeressége 40 %-os, a csemeték magassága 5-20 cm. Ez a megmaradási arány ugyan nagyon rossznak tűnik, mégis egy makkvetés esetén elégséges lehet egy sikeres erdőfelújításhoz, ha a továbbiakban a magoncok megmaradnak.

A Fertőszentmiklós 10 L esetén a kísérleti makktelek minősége eltérő volt. A kelés során a szürke tölgy (*Q. robur subsp. pedunculiflora*) elmaradt a molyhos (*Q. pubescens*) és a magyar (*Q. frainetto*) tölgytől, lassabban és később kelt, valamint a sikeressége is gyengébb lett. Az erdőrészletben a fafajok kelése a következőképpen alakult. A molyhos tölgy (*Q. pubescens*) makkvetés sikere 80 %-os, a csemeték magassága 5-12 cm. A szürke tölgy (*Q. robur subsp. pedunculiflora*) makkvetés sikeressége 70 %-os, a csemeték magassága 10-15 cm. A magyar tölgy (*Q. frainetto*) makkvetés sikere 80 %-os, a csemeték magassága 5-15 cm. A terület belvizes foltja helyenként kedvezőtlenül befolyásolták a szürke tölgy megfelelő kelését. Feltételezésünk szerint az alacsonyabb sikeresség ennek tudható be.

Következtetések

Az eredmények összefoglalását az alábbi táblázatban láthatjuk erdőrészletenként.

10. táblázat: Négy kísérleti erdőfelújítás első kivitelének eredménye a TAEG Zrt területén

erdőrészlet	Termőhely típus változat	kötelezettség terület	kísérleti terület			
Iván 64 F	KTT-TVFLN-PGBE-KMÉ-V	10,51	0,67			
fafaj	származás	fafaj terület	mag/csemete	kg/db/ha	év	sikeresség %
<i>Quercus pubescens</i>	Bulgária	0,24	mag	220	2024.	60
<i>Quercus pedunculiflora</i>	Bulgária	0,20	mag	220	2024.	80
<i>Quercus frainetto</i>	Bulgária	0,21	mag	220	2024.	40
<i>Quercus rubra</i>	Kárpát-medence	9,86	mag	320	2024.	85
<i>Pinus silvestrys</i>	Kárpát-medence	3,00	csemete	8000	2024.	10
erdőrészlet	Termőhely típus változat	kötelezettség terület	kísérleti terület			
Fertőszentmiklós 10 L	KTT-TVFLN-CSERISE-V	4,68	0,68			
fafaj	származás	fafaj terület	mag/csemete	kg/db/ha	év	sikeresség %
<i>Quercus frainetto</i>	Bulgária	0,20	mag	220	2025.	80
<i>Quercus pubescens</i>	Bulgária	0,23	mag	220	2025	80
<i>Quercus pedunculiflora</i>	Románia	0,25	mag	220	2025	70
<i>Quercus cerris, Q. petre, Q. rubra</i>	Kárpát-medence	4,00	mag	250	2025.	95
erdőrészlet	Termőhely típus változat	kötelezettség terület	kísérleti terület			
Sopron 106 A	GYT-TVFLN-ABE-MÉ-V	2,21	2,21			
fafaj	származás	fafaj terület	mag/csemete	kg/db/ha	év	sikeresség %
<i>Quercus petraea sp. ibe-rica</i>	Grúzia	0,59	csemete 1/0	5000	2025	75

<i>Quercus frainetto</i>	Bulgária	0,12	csemete 1/0	1000	2025	65
<i>Corylus colurna</i>	Kárpát-medence	0,14	csemete 1/0	950	2025	45
<i>Pinus heldreichii</i>	Bulgária	0,05	csemete 2/0	400	2025	10
<i>Quercus pedunculiflora</i>	Kárpát-medence	0,39	mag	80	2025	10
<i>Quercus pubescens</i>	Bulgária	0,25	mag	60	2025	0
<i>Fagus sylvestris</i>	Bulgária	0,33	csemete 2/0	2850	2025	85
<i>Fagus orientalis</i>	Grúzia	0,15	csemete 1/0	2150	2025	75
erdőrészlet	Termőhely típus változat	kötelezettség terület	kísérleti terület			
Sopron 65 D2	KTT-TVFLN-BFÖLD-KMÉ-V	0,68	0,68			
fafaj	származás	fafaj terület	mag/csemete	kg/db/ha	év	sikeresség %
<i>Fagus orientalis</i>	Grúzia	0,01	csemete 1/0	150	2024	0
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Kárpát-medence	0,01	csemete 1/0	150	2024	0
<i>Quercus pubescens</i>	Bulgária	0,04	mag	30	2024	0
<i>Quercus petraea sp. iberica</i>	Grúzia	0,15	mag	50	2024	85
<i>Quercus frainetto</i>	Bulgária	0,15	mag	50	2024	10
<i>Quercus petraea</i>	Kárpát-medence	0,16	mag	30	2024	30
<i>Quercus rubra</i>	Kárpát-medence	0,16	mag	200	2024	70

A táblázatból is kitűnik, hogy az ibériai tölgy (*Q. petraea subsp. iberica*) sikeressége volt a legmagasabb a kihelyezett fajok közül a leggyengébb, Sopron 65 D2 erdő részletben, és jól teljesített a Sopron 106 A-ban. Ez a faj a kocsánytalan tölgyek alfaja, kisleveles, ezért megmaradását különösen fontosnak véljük a jelenleg helyben őshonos természetes felújítások diverzitás növelése érdekében (PAPINI ET AL 2011).

Sajnos általános tendencia, hogy a parcellák elválasztására alkalmazott fafajok (főként fenyők) mortalitása igen nagy volt, a hagyományos szabad gyökerű ékásos csemeteültetés után. Ezért ezek pótlásként a későbbiekben burkolt gyökérzetű csemetével, gödörfürős technológiával kerülnek majd elültetésre. Ehhez azonban a megfelelő minőségű szaporítóanyag előállítása nélkülözhetetlenül szükséges.

A kontrolállományok megeredése hasonló, sok esetben jobb a klímarezisztens szaporítóanyagok megmaradásához, amit nem tartunk meglepőnek. Úgy véljük nem csak a fajok megmaradásán van a hangsúly, hanem azok jövőbeni szerepén. Ez a kísérlet is vélhetően csak 3-5-10-20-50 év múlva hoz érdemi, kézzelfogható eredményeket a hazai erdészeti szakma számára, amire megláthatók majd ezeknek a pilot projekteknek a hatásai és különbségei a szomszédos „hagyományos” állományokéhoz képest. Úgy véljük küldetésünk jegyében: *oktatás a természet oldalán*”, lehetőséget biztosítunk a jövő generációk számára, hogy újabb ismereteket szerezzenek a klímaváltozás elleni küzdelemben.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a Bakonyerdő Zrt. és a KEFAG Zrt. Munkatársainak, a magok beszerzésében nyújtott segítségét.

Köszönet illeti a TAEG valamennyi munkatársát, kiemelten is a kerület vezető erdész kollégákat, és Partnerét (ültetők, ápolók) akik a kísérletek felállításában segítették munkánkat.

Irodalomjegyzék

- FOLCZ Á., PESZLEN R., MESICS B., ÁBRAHÁM I. (2025): Mageredetű akác természetes felújítási kísérletek a TAEG Tanulmányi Erdőgazdaság Zrt. területén, Erdészeti lapok 160 : 3 pp. 111-112. , 2 p. (2025)
- KIRÁLY G. (2024): A közönséges bükk (*Fagus sylvatica*) botanikai jellemzése. Erdészeti lapok 159: 3pp. 230-233
- KOLOSZÁR J. (2013): *A Roth-féle száraló erdő története – 1936 és 2011 közötti időszak*. NymE–ERFARET Nonprofit Kft., Sopron. (60 p., monográfia)
- KONDORNÉ SZENKOVITS M. (2007): A 35 éves Nagylózsi fafaj-összehasonlító kísérlet; Erdészeti lapok 142 : 2 pp. 40-42. , 3 p.
- KONDORNÉ SZENKOVITS M. (2008): A 35 éves ágfalvi (Soproni-hegység) fafaj-összehasonlító kísérlet eredményei; Erdészeti kutatások 92 pp. 129-144. , 16 p.
- KONDORNÉ SZENKOVITS M. (2011): Fafaj-összehasonlító kísérletek bemutatása pp. 23-27. In: VARGA SZ.; FRANK N. (szerk.) Majer Antal - Igmándy Zoltán emléknapp Sopron, 2010. október 7. : Tudományos ülés Majer Antal professzor emlékére Sopron, Magyarország : Nyugat-magyarországi Egyetem (NYME), (2011) p. 59
- PAPINI A., SIMEONE M. C., BELLAROSA R., SPADA F., SCHIRONE B. (2011). *Quercus macranthera* Fisch. & Mey. ex Hohen. and *Quercus iberica* M. Bieb.: Taxonomic definition and systematic relationships with European oaks inferred from nuclear internal transcribed spacer (ITS) data. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 145(1), 37–49.
- URBÁN P.(2024): Sarjerdőgazdálkodás fókuszban , Erdészeti lapok 159: 10 pp. 462-463.

LAKOTT-TERÜLETEN MEGJELENŐ VADFAJOK MIKROHABITAT-HASZNÁLATÁNAK JELLEMZŐI KAMERACsapDA-MONITORING ALAPJÁN

Microhabitat Use Characteristics of Wild Species Occurring in Urban Areas
Based on Camera Trap Monitoring

TARI TAMÁS¹, ZÁM IZABELLA¹, SAMWELY AXWESO, MASSANG'W¹,
CSIVINCSIK ÁGNES², NAGY GÁBOR² ÉS NAGY ESZTER¹

¹Soproni Egyetem, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet, Ember-Vadvilág Interakciók Kutatócsoport

² MATE, One Health Kutatócsoport

tari.tamas@uni-sopron.hu

Kivonat

A lakott területeken megjelenő vadfajok konfliktusai világszerte, így Magyarországon is egyre gyakoribbak. Sopron városszéli élőhelyein két éven át zajlott kameracsapda monitoring, összesen több mint 50 helyszínen, helyszínenként háromhetes mintavétellel. A kamera-helyek kijelölése a Snapshot Europe protokollt követte, az eszközök eseményenként három képet rögzítettek. Az észlelések adatbázisban kerültek rögzítésre, fajszintű azonosítással és pontos időbélyeggel. A kamerák GPS-koordinátái alapján, a Magyar Ökoszisztéma Alaptérkép felhasználásával 100 méteres körzetben meghatározásra kerültek a mikroélőhelyek, amelyek kategorizálása klaszter analízissel történt. E mikrohabitat-típusokra vonatkoztatva megtörtént a fajok előfordulási gyakoriságának és diverzitásának elemzése. Az eredmények alapján azonosításra kerültek azok a kulcsélőhelyi tényezőket, amelyek a fajok megjelenését befolyásolták, lehetővé téve ezzel a konfliktusok mérséklését szolgáló élőhelykezelési javaslatok megfogalmazását.

Abstract

Conflicts arising from the presence of wild animal species in urban areas are becoming increasingly common worldwide, including in Hungary. We conducted a two-year-long camera-trap monitoring programme along the urban–rural interface of Sopron, covering more than 50 locations with three-week sampling periods at each site. Camera placement followed the Snapshot Europe protocol, with devices capturing three images per event without delay. All detections were processed in a database, including species identification and precise timestamps. Using the cameras' GPS positions and the Hungarian Ecosystem Basemap, we identified microhabitats within a 100-m radius and classified them using cluster analysis. For each microhabitat type, we quantified species occurrence frequencies and diversity metrics. Based on the results, we identified the key habitat characteristics influencing species presence, providing a basis for habitat-management recommendations to mitigate human–wildlife conflicts.

Bevezetés

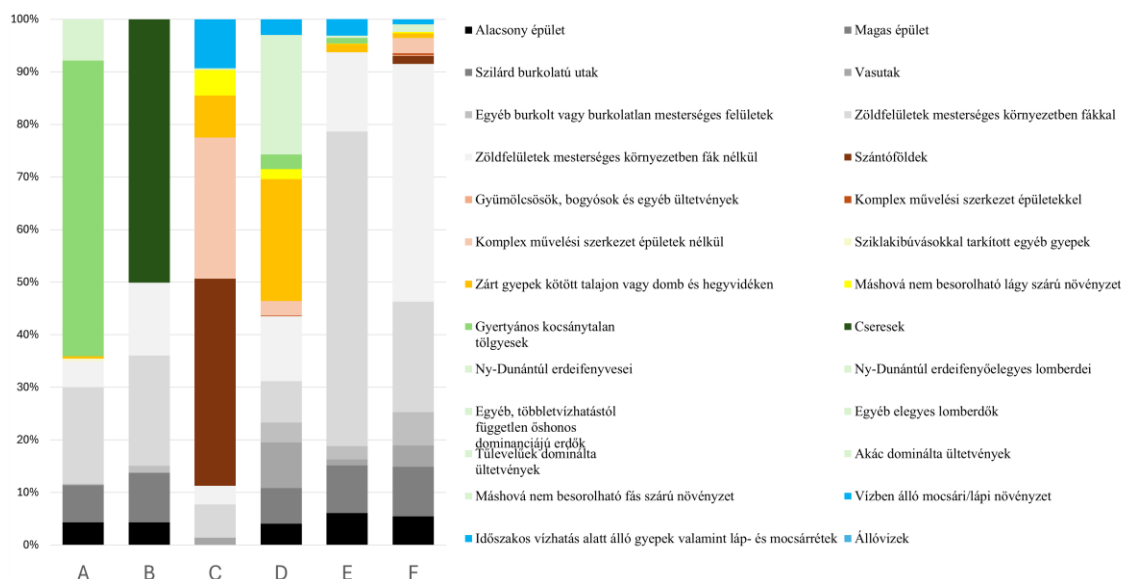
A különböző állatfajok városszéli és városi előfordulása világszinten egyre gyakoribb jelenség. A városok terjeszkedése, és ezzel együtt az élőhelyek fragmentációja, olyan mozaikos élőhelykomplexet hoz létre, amely elősegíti számos generalista faj megjelenését. Ezek az átmeneti városszéli zónák sajátos elegyei a természetes élőhelyeknek és az antropogén hatásoknak, így kiváló táplálék forrást biztosíthatnak akár egész éven keresztül (FINNERTY et al. 2025). Ez a folyamat Magyarországon is egyre inkább általánossá válik, szinte napi szinten jelennek meg a különböző média felületeken arra vonatkozó híradások és beszámolók, hogy valamilyen állatfaj – gyakran vadászható vadfaj – jelenik meg utcákon, lakóingatlanok területén. Ez a tény azonban számos kérdést felvet, ami sok esetben ezen fajok okozta

felhasználásával, valamennyi vadfaj esetében átlagos RAI_1 érték és SE (*sztenderd hiba*) került meghatározásra. Továbbá az összes csapdaéjszakát felhasználva megtörtént minden vadfaj esetében a RAI_2 (*csapdaráfordítás*) érték meghatározása, ami a csapdaéjszaka és eseményszám hányadosa volt (JENKS et al. 2011). Meghatározásra került továbbá a FOO (előfordulási gyakoriság) érték, ami az előfordulási arányt mutatja meg az összes kameracsapda számához viszonyítva. Az eseményszám felhasználásával kamerahelyenként fajdiverzitás (Shannon H) került meghatározásra. A RAI és Shannon H értékek összehasonlítása normalitásvizsgálatot követően Kruskal-Wallis teszttel történt.

A mintapontok mikroélőhelyeinek jellemzésére a Magyar Ökoszisztéma Alaptérkép fedvénye került felhasználásra (AGRÁRMINISZTERIUM, 2019). A telepítés során rögzített GPS pozíciók felhasználásával, 100 méter sugarú körön belül megadásra került az élőhelykínálat élőhelytípusok szerint. A kamerahelyek osztályozása klaszter elemzéssel történt, Ward módszer alkalmazva (WARD, 1963), a létrejött csoportok eltérésének igazolására permutációs varianciaanalízis (PERMANOVA) került felhasználásra, Bray-Curtis távolságmátrix felhasználásával és 9999 permutációs modell illesztéssel (ANDERSON, 2001). Az közösségi összetétel adatvizualizációja nem-metrikus többdimenziós skálázás (NMDS) segítségével történt (KRUSKAL, 1964) Az urbán élőhelyek arányának jellemzésére lakott-területi index (U-index) került kialakításra, ehhez 100%-os súllyal került felhasználásra az alacsony és magas épületek, szilárdburkolat utak és vasutak, valamint az egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek aránya, míg, 50%-os súllyal a zöldfelületek mesterséges környezetben fákkal és fák nélkül élőhelytípusok.

Eredmények

Első lépésent a kamerahelyek mikroélőhelyek szerinti osztályozása történt meg. A klaszterezés eredményeként 6 egymástól jól elkülönülő csoport volt megfigyelhető. Az eltéréseket ez elvégzett PERMANOVA elemzés megerősítette ($F: 14,09; p=0,0001$). Így két erdei mikroélőhelyeket tartalmazó főcsoport „A” és „B” jött létre, továbbá megkülönböztethető volt egy agrárélőhely dominanciát mutató „C” csoport. A „D” csoportba voltak sorolható a peri-urbán élőhelyek, Míg az „E” és „F” a fedett és nyílt urbán élőhelyek (2. ábra).



2. ábra: Mikroélőhelyek eloszlása az egyes élőhely osztályok között

Az így létrejött csoportok urbanizációs érintettségéről elmondható, hogy a legalacsonyabb átlagos U-index a „C” csoport esetén volt megfigyelhető 0,06-os értékkel, az ide tartozó mintapontok értékeinek eloszlása igazolhatóan eltért a többi csoporttól. Az „A” – „B” – „D”

csoportok átlagos U-index értékei 0,23 és 0,33 között mozogtak, míg a legmagasabb urbanizációt az „E” és „F” csoportok mutatták 0,56 és 0,58 átlagos értékkel, igazoltan eltérve valamennyi csoporttól.

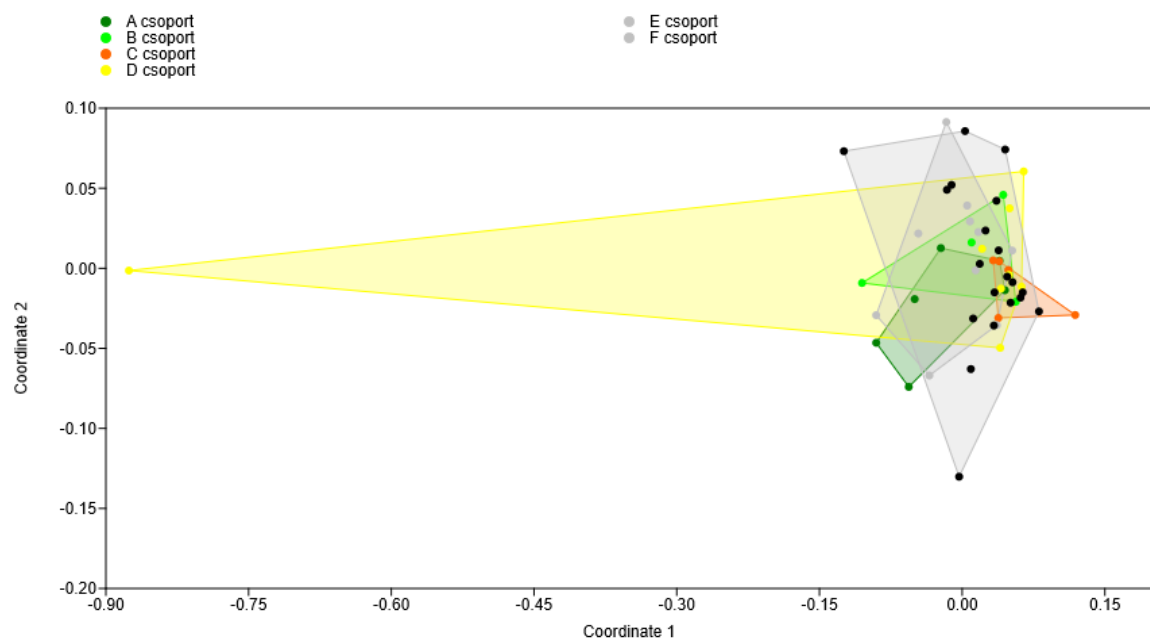
Az élőhelyek elemzését követően megtörtént a kameraadatbázis elemzése. A vizsgálati időszak alatt mindösszesen 1003 független eseményt sikerült rögzíteni, ami összesen 32 fajhoz volt köthető. Az események 80,8%-a ($n=810$) emlősökhöz, 12,7% madarakhoz ($n=127$), míg 6,6%-uk emberhez vagy háziállathoz ($n=66$). A relatív előfordulási gyakoriságot tekintve (RAI_1) elmondható, hogy az emlősök esetében ez az érték $72,7 \pm 10,1$ volt, a madaraké $11,4 \pm 3,3$, míg a humán előfordulás $5,9 \pm 1,7$ volt 100 csapdaéjszakára vonatkoztatva. A megfigyelt fajok között jelentős eltérések voltak megfigyelhetők (1. táblázat).

1. Táblázat: Kameramonitoring eredmények faj és fajcsoport szerinti bontásban

Faj	Előfordulási gyakoriság összes eseményszámhoz	Előfordulás kamerahelyek számához (FOO%)	RAI1		RAI2
			Átlag	SE	
<i>házi görény (Mustela putorius)</i>	0,1%	1,9%	0,1	0,1	1113
<i>gímszarvas (Cervus elaphus)</i>	0,2%	3,8%	0,2	0,1	557
<i>keleti sün (Erinaceus roumanicus)</i>	0,2%	1,9%	0,2	0,2	557
<i>egérfélék (Muridae)</i>	0,5%	1,9%	0,4	0,4	223
<i>nyest (Martes foina)</i>	1,6%	13,2%	1,4	0,7	70
<i>vörös róka (Vulpes vulpes)</i>	1,89%	3,8%	1,7	1,2	59
<i>mezei nyúl (Lepus europaeus)</i>	1,99%	18,9%	1,8	0,8	56
<i>eurázsiai borz (Meles meles)</i>	2,29%	13,2%	2,1	1,1	48
<i>vörös mókus (Sciurus vulgaris)</i>	5,48%	22,6%	4,9	2,4	20
<i>róka (Vulpes vulpes)</i>	6,38%	37,7%	5,8	1,3	17
<i>vaddisznó (Sus scrofa)</i>	13,86%	45,3%	12,5	3,4	8
<i>őz (Capreolus capreolus)</i>	46,26%	92,5%	41,7	7,8	2
Emlősök Mamalisa)	80,76%	100,0%	72,8	10,1	1,37
<i>barázdabillegető (Motacilla alba)</i>	0,1%	1,9%	0,1	0,1	1113
<i>csuszka (Sitta europaea)</i>	0,1%	1,9%	0,1	0,1	1113
<i>karvaly (Accipiter nisus)</i>	0,1%	1,9%	0,1	0,1	1113
<i>kék cinege (Cyanistes caeruleus)</i>	0,1%	1,9%	0,1	0,1	1113
<i>macskabagoly (Strix aluco)</i>	0,1%	1,9%	0,1	0,1	1113
<i>nádi rigó (Acrocephalus arundinaceus)</i>	0,1%	1,9%	0,1	0,1	1113
<i>széncinege (Parus major)</i>	0,1%	1,9%	0,1	0,1	1113
<i>zöld küllő (Picus viridis)</i>	0,1%	1,9%	0,1	0,1	1113
<i>örvös galamb (Columba palumbus)</i>	0,2%	3,8%	0,2	0,1	557
<i>erdei pinty (Fringilla coelebs)</i>	0,3%	3,8%	0,3	0,2	371
<i>szajkó (Garrulus glandarius)</i>	0,3%	5,7%	0,3	0,2	371
<i>nagy fakopáncs (Dendrocopos major)</i>	0,4%	7,5%	0,4	0,2	278
<i>vörösbegy (Erithacus rubecula)</i>	0,4%	1,9%	0,4	0,4	278
<i>énekes rigó (Turdus philomelos)</i>	0,9%	9,4%	0,8	0,4	124
<i>fácán (Phasianus colchicus)</i>	1,79%	15,1%	1,6	0,8	62
<i>fekete rigó (Turdus merula)</i>	7,58%	26,4%	6,8	2,9	15
Madarak (Aves)	12,66%	49,1%	11,4	3,3	8,76
<i>Házi juh (Ovis aries)</i>	0,1%	1,9%	0,1	0,1	1113
<i>Kutya (Canis lupus familiaris)</i>	0,5%	9,4%	0,4	0,2	223
<i>Macska (Felis silvestris catus)</i>	4,49%	28,3%	4,0	1,6	25
<i>Ember (Homo sapiens sapiens)</i>	1,5%	18,9%	1,3	0,5	74

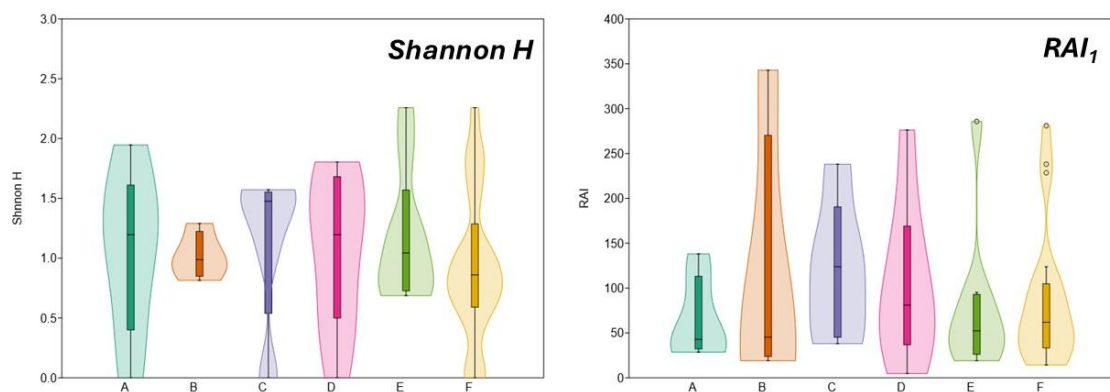
Humán	6,58%	49,1%	5,9	1,7	16,86
--------------	--------------	--------------	------------	------------	--------------

A létrehozott élőhelycsoportok és az azokhoz tartozó kamerahelyek fajonkénti észlelésszámai alapján megtörtént a PERMANOVA teszt alkalmazásával az élőhelyek fajösszetételének elemzése. A teszt eredményei alapján ($F=1,08$, $p=0,33$) megállapítható, hogy az élőhelytípusok faji diverzitását tekintve nem igazolódott eltérés, amit az elvégzett MNDS adatvizualizáció is alátámaszt, az egyes élőhelyek jelentős átfedést mutatnak egymással (3. ábra).



3. ábra: Élőhelycsoportok átfedése MNDS (Non-metric Multidimensional Scaling) elemzés alapján

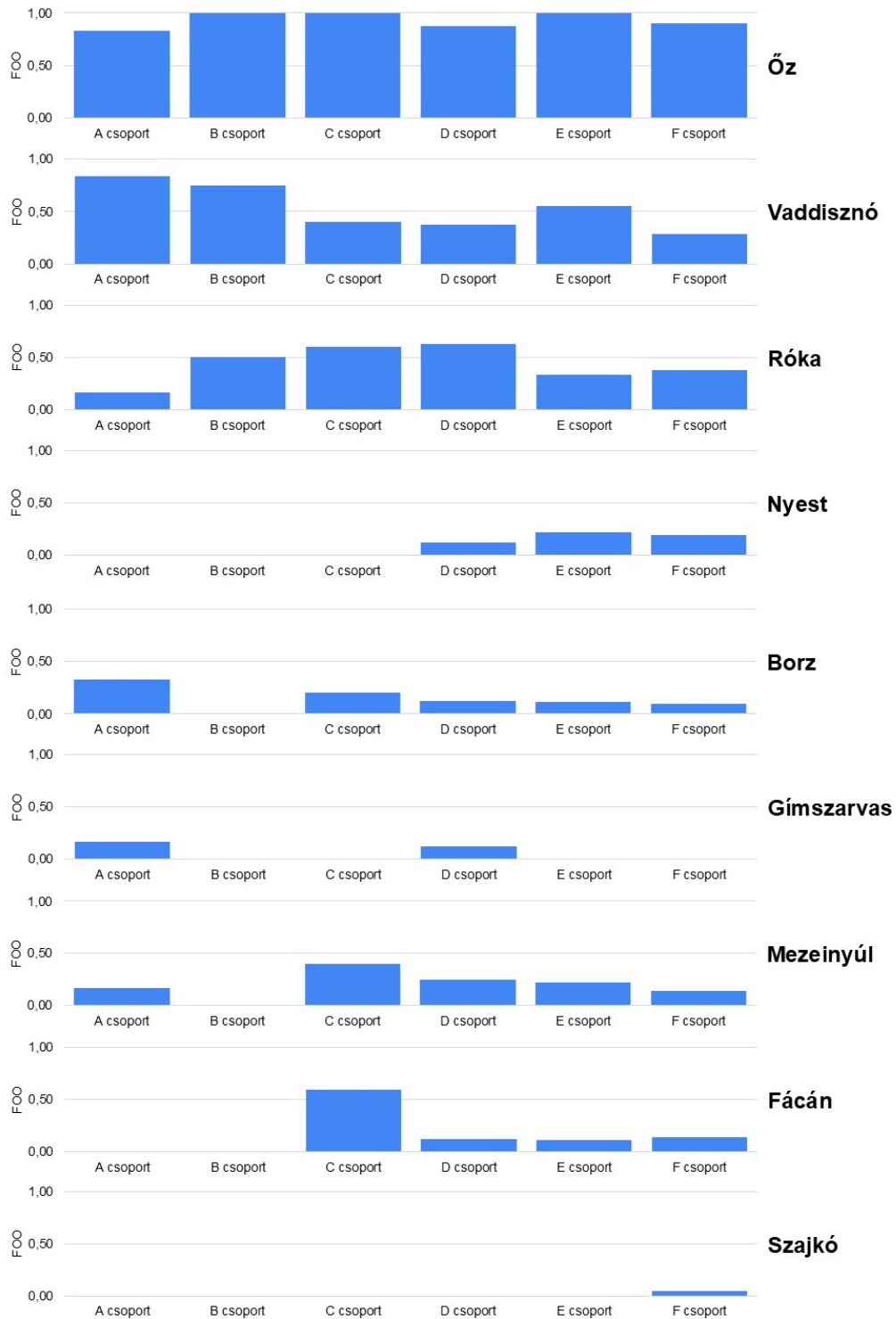
Az eltérés szintén nem volt igazolható a Kruskal-Wallis teszt segítségével sem a Shannon diverzitás index ($H:1,777$, $p=0,8788$), sem pedig a RAI_1 értékek ($H=2,355$; $p=0,797$) tekintetében (4. ábra).



4. ábra. Diverzitás és relatív gyakorisági arány (RAI_1) alakulása élőhelytípusonként

Ugyanakkor a vadászható fajok előfordulási arányát (FOO) megvizsgálva jelentős különbségek mutatkoznak a fajok között élőhelytípusonként (5. ábra). Megállapítható, hogy a legmagasabb, minden élőhelytípusra kiterjedő előfordulási arányt az őz mutatta, nem mutatott különbséget az urbanizációs hatás függvényében. A vaddisznó ezzel szemben az erdei

élőhelyek túlsúlyát mutató kamerahelyeken fordult elő magasabb arányban, a róka az agrár és átmeneti peri-urban élőhelyeken fordult elő magasabb arányban, míg a nyest az előző fajokhoz képes alacsonyabb arányban, de urbanizált élőhelyek esetében mutatott magasabb előfordulási arányt. A fennmaradó fajok közül a mezeinyúl és a fácán egyaránt az agrár-élőhelyeket tartalmazó mikrohabitatokban fordult elő, ugyanakkor meg kell említeni, hogy mindkét faj előfordult a magas U-indexű kamerahelyek környékén is. A gímszarvas váltóvadként jellemezhető a peri-urban és erdős területeken, míg a borz a B csoporton kívül minden területen előfordult, de a legmagasabb értéket az A csoport esetében mutatta.



5. ábra: Vadászható fajok előfordulási arányának (FOO) alakulása mintaterületenként

Következtetések

Az eredmények alapján megállapítható, hogy városszéli élőhelyre vonatkoztatott 28-as összes megfigyelt fajszám (ember és háziállatok nélkül) magasnak tekinthető, figyelembevéve az emberi hatások fokozott jelenlétét. A fajszám mellett a magas eseményszám és az a tény, hogy azok 80%-a emlős fajokhoz köthető arra enged következtetni, hogy a vizsgált terület jó minőségű élőhely-komplexet jelent. A klaszter analízis is ezt igazolta, azzal, hogy statisztikailag 6 mikroélőhely csoport volt elkülöníthető. Ugyanakkor ezen élőhelytípusok fajdiverzitásra gyakorolt hatásait sem a PERMANOVA sem az NMDS vizsgálat nem igazolta, továbbá sem a Shannon diverzitás sem a relatív előfordulási gyakoriság (RAI_1) nem mutatott eltérést a mikroélőhelyek között. Annak ellenére sem, hogy az urbanizációs indexet tekintve két élőhelycsoport („F” és „E”) kimagasló értéket képviselt. Így összességében azt lehet megállapítani, hogy a magas urbanizációs nyomás ellenére az összesített fajdiverzitásban nem mutatott eltérést a természetesebb élőhelykomplexek javára a fajgazdagság. Így feltételezhető, hogy az egyes fajok városszéli jelenléte sokkal inkább a környezet heterogenitására adott rugalmas válasz, sem specifikus mikrohabitat preferencia eredménye.

Fajsztint vizsgálva, azonban már láthatók eltérések, ami szintén a fajok között eltérő plaszticitásra utal. A vadászható fajok között ki kell emelni az őz általános jelenlétét, amit mind az élőhelyenkénti magas FOO érték, mind a kiugró RAI_1 értékek alátámasztanak. Ez alapján megállapítható, hogy az őz rendkívül jól alkalmazkodott a vizsgált területen az urbán hatásokhoz. A vaddisznó széles körben ismert urbanizációs képessége ellenére (CSÓKÁS et al. 2020; TARI et al. 2017; TARI et al. 2020) jelen vizsgálatban inkább az erdei jellegű élőhelyekhez kötődött, de megjelent a magasabb urbanizációs indexet mutató kamerahelyeken is. A róka agrár és átmeneti élőhelyekhez való kötődése megfelel a faj opportunistá, széles táplálékspektrumú stratégiájának (LANSZKYNÉ – LANSZKY 2005), míg a nyest magasabb lakott területi előfordulása összhangban van a faj ismert magasfokú urbanizációjával (TÓTH et al. 2011). A mezei nyúl és a fácán agrárélőhelyekhez való erősebb kötődése szintén várható mintázatot mutatott, azonban városi peremterületeken való előfordulásuk utal arra, hogy ezek a fajok képesek lehetnek a jövőben még jobban integrálódni az a városszéli tájszerkezetbe.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Tanulmányi Erdőgazdaság Zrt. támogatásával valósult meg. A szerzők ezúton is kifejezik hálójukat a nyújtott szakmai segítségért.

Irodalomjegyzék

- AGRÁRMINISZTERIUM (2019): Ökoszisztéma-alaptérkép és adatmodell kialakítása
- ANDERSON M.J. (2001): A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26: 32-46. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x>
- CARBONE C. – CHRISTIE S. – CONFORTI K. – COULSON T. – FRANKLIN N. – GINSBERG J.R. – GRIF-FITHS M. – HOLDEN J. – KAWANISHI K. – KINNAIRD M. – LAIDLAW R. (2001): The use of photographic rates to estimate densities of Tigers and other cryptic mammals. In *Animal Conservation forum* 4(1): 75–79. <https://doi.org/10.1017/S1367943001001081>
- CSÓKÁS A. – SCHALLY G. – SZABÓ L. – CSÁNYI S. – KOVÁCS F. – HELTAI M. (2020): Space use of wild boar (*Sus Scrofa*) in Budapest: are they resident or transient city dwellers?. *Biologia Futura*. 71. 71. [10.1007/s42977-020-00010-y](https://doi.org/10.1007/s42977-020-00010-y).
- FINNERTY P.B. – CARTHEY A.J.R. – BANKS P.B. – BREWSTER R. – GRUEBER C.E. – HOUSTON D. – MARTIN J.M. – MCMANUS P. – RONCOLATO F. – VAN EEDEN L.M. (2025): Urban rewilding to combat global biodiversity decline. *BioScience*, 75(7), 545–558. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaf062>

- HAMMER Ø. – HARPER D.A.T. – RYAN P.D. (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron* 4(1): pp.9.
- JENKS K.E. – CHANTEAP P. – KANDA D. – PETER C. – CUTTER P. – REDFORD T. – ANTONY J.L. – HOWARD J. – LEIMGRUBER P. (2011): Using relative abundance indices from camera-trapping to test wildlife conservation hypotheses—an example from KhaoYai National Park, Thailand. *Tropical Conservation Science* 4 (2): 113–131. <https://doi.org/10.1177/194008291100400203>
- KRUSKAL J.B. (1964): Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method. *Psychometrika* 29, 115–129. <https://doi.org/10.1007/BF02289694>
- LANSZKINÉ SZ.G. – LANSZKI J. (2005): Urbanizálódó ragadozó emlősök lakossági megfigyelése és megítélése két Somogy megyei faluban. – *Acta Agraria Kaposváriensis* 9. (1): 51–58
- O'BRIEN T.G. – KINNAIRD M.F. – WIBISONO H.T. (2003): Crouching tigers, hidden prey: Sumatran Tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation* 6 (2): 131–139. <https://doi.org/10.1017/S1367943003003172>
- PRÓNAY K. – NAGY E. – TARI T. (2022): Lakott-területi vadmegjelenésekből adódó konfliktusok jellemzői Budapest IV. kerületében, In: Czimber, Kornél (szerk.) Erdészeti Tudományos Konferencia, Sopron, Magyarország: Soproni Egyetem Kiadó 316 p. pp. 311-316. , 6 p.
- SMITH A. F. – ALVEY D. (2023): “Snapshot Europe” Wicklow Subproject – 2022. Research Report. P. 19.
- TARI T. – SÁNDOR GY. – HEFFENTRÄGER G. – NÁHLIK A. (2017): A vaddisznó lakott-területi előfordulása és viselkedésének jellemzői Balaton-parti településeken, VII. Magyar Tájékológiai Konferencia Tanulmányai, p. 597-604
- TARI T. – SÁNDOR GY. – NÁHLIK A. (2020): A vaddisznó lakott-területi megjelenésének jellemzői kérdőíves felmérés eredményeinek tükrében, In: Facskó, F.; Király, G. (szerk.), Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar: Tudományos közlemények, Soproni Egyetem Kiadó, p. 298-304.
- TÓTH M. – BÁRÁNY A. – SZENCZI P. (2011): A nyest Budapesten. (The stone marten in Budapest). *Állattani Közlemények*. 96. 39-59.
- ZÁMI, TARI T., NAGY E. (2024): Results of the Snapshot Europe 2023 survey in the peri-urban areas of Sopron, Hungary, in: Tari T., Nagy E., Csivincsik Á., Nagy G., Jánoska F.: „EGY EGÉSZSÉG NAP - ONE HEALTH DAY” KONFERENCIA Tanulmánykötet / Proceedings p.65-73.
- WARD J.H. (1963): Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58(301), 236–244. <https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845>

A FAALAPÚ ÉRTÉKLÁNC SCOPE 3 ADATIGÉNYÉNEK FELMÉRÉSE

Assessing Scope 3 data needs in a wood-based value chain

TÓTH MÁRTON¹, ELEKNÉ FODOR VERONIKA¹, NÉMETH DÓRA¹, POLGÁR ANDRÁS¹

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
toth.marton@uni-sopron.hu

Kivonat

A faipari és erdészeti termékek értékláncában keletkező fenntarthatósági adatok kritikusak a vállalati ESG-jelentések megbízhatóságához. Ezen adatok nagy része azonban becsléseken, önbevallásokon és eltérő minőségű háttérinformációkon alapul, ami komoly információs bizonytalanságot eredményez. Ennek következménye, hogy az életciklus-elemzések és a teljes láncra vonatkozó kibocsátási adatok (Scope 3) pontatlanok lehetnek, növelve a greenwashing kockázatát. Jelen kutatás fő célja felmérni a faalapú értékláncok pontos Scope 3 jelentéstételéhez szükséges adatigényét. A felméréshez a kutatás a széles körben elfogadott GHG Protocol keretrendszerre támaszkodik, különös tekintettel az értéklánc (Scope 3) kibocsátások meghatározására vonatkozó előírásokra. A logisztikai adatok hitelességének biztosításához és a szállítmányozásból eredő üvegházhatású gázok pontos számszerűsítéséhez a kutatás elemzi az ISO 14083 szabvány alkalmazhatóságát. A kutatás eredményeként azonosítottuk a szükséges adatok típusait, gyűjtési forrásait, valamint a verifikációs követelményeket, ezzel alapot teremtve a megbízható ESG és LCA alapú értékelésekhez.

Abstract

Sustainability data generated across the value chain of wood and forestry products are critical for the reliability of corporate ESG reporting. However, much of these data are based on estimates, self-declarations, and background information of varying quality, which increases information uncertainty. As a consequence, life cycle assessments and value-chain-wide emission inventories (Scope 3) may be inaccurate, elevating the risk of greenwashing. This paper maps the data needs required for more accurate Scope 3 reporting in wood-based value chains using the GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Standard, and reviews the applicability of ISO 14083 for verifying logistics activity data and quantifying transport-related emissions, aligning the findings with CSRD/ESRS E1 requirements.

Bevezetés

Az üvegházhatású gázok (ÜHG) vállalati kibocsátásának mérése és nyilvános jelentése ma már nem csupán önkéntes fenntarthatósági gyakorlat, hanem egyre inkább üzleti és szabályozói elvárás. A szervezetek a Scope 1-2 kibocsátásokat jellemzően hatékonyan kezelik, ugyanakkor a szervezeti karbonlábnyom jelentős hányada jelenik meg az értékláncban is. A GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Standard 15 kategóriába rendezi ezeket a kibocsátásokat és egységes elszámolási elveket határoz meg. (WORLD RESOURCES INSTITUTE & WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2011; HERTWICH-PETERS, 2009; DAVIS et.al. 2011; WIEDMANN-LENZEN, 2018).

A faalapú értékláncokban a kibocsátások jelentős része a beszállítóknál, a szállításban és az életciklus végén keletkezik. A szükséges adatok heterogének, gyakran becslésen vagy önbevalláson alapulnak, ami rontja az ESG-jelentések és az LCA/PCF elemzések megbízhatóságát. (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2006A, 2006B, 2018).

Anyag és módszer

A GHG Protocol a legszélesebb körben alkalmazott nemzetközi keretrendszer egy vállalati ÜHG-leltár összeállításához. A Corporate Standard a Scope 1 és 2 kibocsátások elszámolását határozza meg, míg a Corporate Value Chain (Scope 3) Standard az értéklánc-kibocsátások azonosítását, számszerűsítését és jelentéstételét szabványosítja.

A Scope 3 Standard öt alapelveket rögzít (relevancia, teljesség, konzisztencia, átláthatóság, pontosság) és minimum-jelentéstételi követelményeket határoz meg: kategóriánkénti közzététel, CO₂e szerinti összesítés, kizárások és bizonytalanságok transzparens kezelése, valamint a fosszilis és biogén eredet elkülönítése. (WORLD RESOURCES INSTITUTE & WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2004, 2011; MINX ET AL., 2009; HUANG et al. 2009; LENZEN-MURRAY, 2010)

A Scope 3 leltár összeállítása célszerűen lépcsőzetes: (1) értéklánc és releváns tevékenységek feltérképezése, (2) adatgyűjtés és adatminőség-ellenőrzés, (3) számítás megfelelő emissziós tényezőkkel, (4) jelentés, kizárások és bizonytalanságok bemutatása.

A faalapú értéklánc Scope 3 leltárának kialakítása a gyakorlatban ismétlődő. Célszerű a legnagyobb kibocsátási és adatbizonytalansági fókuszterületek felé haladva fokozatosan növelni az adatok primer jellegét és auditálhatóságát (WORLD RESOURCES INSTITUTE & WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2011, 2013; WOSZCZEK et al. 2025).

Implementációs lépések:

1. Előkészítés és határok: szervezeti és működési határok rögzítése, a releváns upstream és downstream folyamatok feltérképezése, valamint a 15 Scope 3 kategória mentén egy kezdeti aktivitáslista összeállítása.

2. Screening leltár: gyors, szekunder és proxy adatokon alapuló előszámítás a kategóriák rangsorolására; a cél a domináns kategóriák azonosítása és a fejlesztési ütemterv megalapozása.

3. A primer adatok beemelése a kiemelt kibocsátási területekre (hotspot-ok): beszállítói és folyamatszintű adatkérések bevezetése (pl. anyag- és energiaáramok, hulladékkezelés, logisztika), a kulcsparaméterek definícióinak egységesítése és a dokumentáltság javítása a bizonytalanság csökkentése érdekében.

4. Iteráció és verifikáció: módszertani dokumentáció, adatminőségi értékelés, érzékenységi és bizonytalanságvizsgálat, valamint az eredmények integrálása az ESG/CSRD jelentéstételbe és a beszállítói fejlesztési programokba (WORLD RESOURCES INSTITUTE & WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2011, EUROPEAN COMMISSION, 2023; WOSZCZEK et al. 2025).

Eredmények

A Scope 3 Standard 15 kategóriát különít el upstream és downstream oldalon. A faalapú értékláncokban tipikusan az upstream anyag- és energiafolyamatok, valamint a szállítás dominálnak; downstream oldalon a további feldolgozás és az életciklus végi kezelés lehet jelentős. (KÜHMAIER et al. 2022; MEINRENKEN et al. 2020).

A downstream kategóriákban a bizonytalanság gyakran a termék-élettartam és az életciklus-végi kezelési útvonalak (újrafelhasználás, anyagában történő hasznosítás, energetikai hasznosítás, lerakás) feltételezéseiből adódik. A gyakorlatban ezért célszerű átlátható scénariókat alkalmazni és érzékenységvizsgálattal bemutatni, hogy az eltérő életciklus-végi árnyok milyen mértékben változtatják a teljes Scope 3 kibocsátás eredményét. Ez összhangban áll a transzparencia és teljesség elvével, valamint a jelentési döntések dokumentálásának

követelményével (WORLD RESOURCES INSTITUTE & WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2011).

Az upstream oldalon a „beszerzett áruk és szolgáltatások” kategória jellemzően domináns, mert a faalapú termékek karbonlábnyoma nagy részben az alapanyag-termeléshez, a segédanyagokhoz, illetve a beszállítói energiateljesítményhez kötődik. Ennek tudatában a beszállítói adatkérések már a screening fázist követően meghatározhatók. A fókusz először azokra a beszállítókra és termékcsoportokra kell helyezni, amelyek nagy mennyiséget képviselnek vagy szokatlanul magas fajlagos értékeket mutatnak. A beszállítói együttműködés nem csak a pontosságot növeli, hanem az értéklánc-szintű dekarbonizációs beavatkozások (pl. energiateljesítmény, üzemanyag-váltás) tervezését is támogatja (HETTLER-GRAF, 2024).

A faalapú értékláncoknál a Scope 3 fókuszterületek (hotspot-ok) értelmezése erősen függ attól, hogyan határoljuk a rendszert és hogyan kezeljük a többtermékes folyamatokat. A ki-termelés és elsődleges feldolgozás során gyakoriak a társ-termékek (pl. fűrészáru, forgács, kéreg, energia-célú melléktermékek), ezért az allokációs döntések (tömeg-, energia- vagy gazdasági alapú megosztás) érdemben befolyásolhatják a kategóriák közötti megoszlást és a beavatkozási prioritásokat. A szakirodalomban a nem egyértelmű allokáció és az eltérő adatforrások az egyik leggyakoribb oka a vállalati és termék-szintű eredmények szórásának (KÜHMAIER et al. 2022).

Adatigény, adatminőség és számítási megközelítések

A faalapú láncban a feltérképezést érdemes folyamat-alapon végezni (erdőtől telephelyre, primer feldolgozás, késztermék, csomagolás és elosztás, felhasználás, életciklus vége), és már korán azonosítani a jelentős upstream és downstream partnereket. (WORLD RESOURCES INSTITUTE & WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2011).

1. táblázat: Javasolt minimális adatcsomag a faalapú értéklánc Scope 3 becsléseihez

Értéklánc-szakasz	Minimális aktivitásadat	Javasolt primer forrás	Megjegyzés (adatminőség)
Erdőgazdálkodás, kitermelés	Termék/anyag mennyiségek; energiateljesítmény	Üzemnaplók, gépüzem adatok	Évjárat és géptípus kulcs
Elsődleges feldolgozás (fűrészipar)	Anyagkihozatal; hő/áram; hulladékáram	Üzemi mérés, mérlegjegy	Allokáció dokumentálása
Logisztika és elosztás	Távolság; fuvar mód; tömeg/térfogat; kihasználtság	Fuvarokmány	ISO 14083 szerinti struktúra
Felhasználás és életciklus vége	Élettartam-proxy; hulladék útvonalak	Ügyféladatok, hulladékkezelő	Szenárió-érzékenység javasolt

Az adatminőség értékelésénél kulcs az időbeliség, a földrajzi és technológiai reprezentativitás, valamint a rendszerhatárok és allokációs döntések transzparens dokumentálása. A kapcsolódó szakirodalom szerint a Scope 3 jelentések megbízhatóságát döntően a beszállítói adatok heterogenitása és a szekunder adatbázisokra épülő átlagolás korlátai befolyásolják; ezért a kiemelt fókuszterületi kategóriákban a primer adatok fokozatos beemelése érdemi bizonytalanságcsökkenést eredményez (WOSZCZEK et al. 2025; MEINRENKEN et al. 2020).

Tipikus adatcsoportok:

1. anyag- és termékáramok;
2. energia és üzemanyag;

3. logisztika (táv, mód, tömeg, kihasználtság);
4. hulladékáramok és kezelési módok;
5. downstream forgatókönyvek az életciklus végére.

Logisztika és szállítmányozás: ISO 14083 kapcsolódás

A szállítási kibocsátások becslése gyakori bizonytalansági forrás. A pontatlan távolság-, tömeg- vagy kihasználtsági adatok, illetve nem megfelelő emissziós tényezők torzíthatják a ESRS E1 kategóriához kapcsolódó adatpontokat is. (EUROPEAN COMMISSION, 2023).

A bizonytalanság kezelésére több, egymást kiegészítő technika alkalmazható:

1. adatminőségi pontozás a reprezentativitás dimenziói mentén;
2. tartományok és konfidencia-becslések közzlése a fő fókuszterületek kategóriáira;
3. érzékenységvizsgálat a kulcsparaméterekre (pl. szállítási távolság, kihasználtság, anyagkihozatal);
4. független mintavételes ellenőrzés a kritikus beszállítóknál.

A vállalati közzétételeket vizsgáló kutatások szerint ezek az eszközök növelik az összehasonlíthatóságot és csökkentik a greenwashing kockázatát (BORCHARDT et al. 2025).

Az ISO 14083:2023 egységes követelményeket ad a szállítási láncokból származó ÜHG-kibocsátások számszerűsítésére és jelentésére, beleértve az intermodális és többfuvarmódú szállításokat is (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2023).

Gyakorlati minimumként javasolt egységes adatsomagot kérni a fuvarozóktól, amelyben szerepel a feladás/érkezés, a távolság, a fuvar mód, a tömeg vagy a térfogat, a kihasználtság, a visszafuvar, valamint a számítási módszertan.

Verifikáció, bizonytalanság és transzparens jelentéstétel

A Scope 3 leltár hitelessége a dokumentált módszertanon, az adatforrások és feltételezések átláthatóságán, valamint a bizonytalanságok bemutatásán múlik. A standard kategóriánkénti közzétételt és a kizárások indoklását is elvárja. (WORLD RESOURCES INSTITUTE & WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2011).

Szisztematikus áttekintések szerint a gyenge pontok jellemzően a partner-aktivitási adatok hiánya és az adatminőség, ezért a fókuszterületek kategóriáiban célszerű beszállítói és fuvarozói adatsatornákat kiépíteni, majd a hitelesség ellenőrzésének irányba lépni. (HETTLER-GRAF, 2024).

Szabályozói és piaci összhang: CSRD/ESRS E1

Az ESRS E1 a klímával kapcsolatos közzétételek között hangsúlyozza a jelentős Scope 3 kategóriák azonosítását és rendszeres frissítését, valamint azt, hogy a vállalat mutassa be a primer adatok arányát és a módszertani korlátokat.

A gyakorlatban ez materialitás-alapú fókusz és beszállítói adatgyűjtési programot jelent, különösen a domináns upstream kategóriákban. (EUROPEAN COMMISSION, 2023).

Következtetések

A GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Standard egységes és nemzetközileg elfogadott keretet biztosít az értéklánc-kibocsátások feltárására és jelentésére, amely a faalapú értékláncok esetében különösen releváns az upstream folyamatok dominanciája és a logisztikai tevékenységekhez kapcsolódó adatbizonytalanságok miatt. A kutatás eredményei megerősítik, hogy a Scope 3 kibocsátások pontos számszerűsítése teljes körű adatgyűjtés helyett elsősorban a fókuszterület-alapú, lépcsőzetes megközelítéssel valósítható meg hatékonyan.

A faalapú értékláncokban jellemzően a beszerzett áruk és szolgáltatások, valamint a szállítási folyamatok adják a Scope 3 kibocsátások legnagyobb részét, ezért ezek a kategóriák indokolják a primer adatok mielőbbi beemelését. A pontosság és az auditálhatóság javításának kulcsa a fókuszterületi kategóriákban az egységes fogalomhasználat, a rendszerhatárok és allokációs döntések transzparens dokumentálása, valamint a beszállítói és logisztikai aktivitásadatok strukturált gyűjtése.

A szállítási kibocsátások esetében az ISO 14083:2023 szabvány alkalmazása jól használható módszertani alapot nyújt a távolság-, tömeg-, kihasználtság- és fuvarmód-adatok egységes kezelésére. A szabvány hozzájárul a logisztikai kibocsátások összehasonlíthatóságához, csökkenti a számítási bizonytalanságot, és elősegíti a későbbi verifikációs és hitelesítési folyamatokra való felkészülést.

A CSRD és az ESRS E1 követelményeivel összhangban a Scope 3 jelentéstétel fokozatos fejlesztése – screening leltárra, a fókuszterület-azonosításra és célzott adatfejlesztésre építve – reális és hatékony megoldást kínál a faipari vállalatok számára. A Scope 3 leltár ebben az értelmezésben nem csupán megfelelési kötelezettség, hanem az ellátási lánc kockázatainak feltárását, a dekarbonizációs beavatkozások prioritizálását és a greenwashing kockázatának csökkentését támogató stratégiai döntéstámogató eszköz is.

Irodalomjegyzék

- BORCHARDT M. – PEREIRA G. – MILAN G. – PEREIRA E. – LIMA L. – BIANCHI R. – SCAVARDA DO CARMO, A. (2025): Are Sustainable Supply Chains Managing Scope 3 Emissions? A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 17(13), 6066. <https://doi.org/10.3390/su17136066>
- DAVIS S. J. – PETERS G. P. – CALDEIRA K. (2011): The supply chain of CO2 emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(45), 18554–18559. <https://doi.org/10.1073/pnas.1107409108>
- EUROPEAN COMMISSION (2023): Commission Delegated Regulation (EU) 2023/2772 of 31 July 2023 supplementing Directive 2013/34/EU as regards sustainability reporting standards. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2023/2772/oj/eng
- EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION (2022): Directive (EU) 2022/2464 as regards corporate sustainability reporting. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj/eng>
- HERTWICH, E. G. – PETERS G. P. (2009): Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis. *Environmental Science & Technology*, 43(16), 6414–6420. <https://doi.org/10.1021/es803496a>
- HETTLER M. – GRAF-VLACHY L. (2024): Corporate scope 3 carbon emission reporting as an enabler of supply chain decarbonization: A systematic review and comprehensive research agenda. *Business Strategy and the Environment*, 33(2), 263–282. <https://doi.org/10.1002/bse.3486>
- HUANG Y. A. – LENZEN M. – WEBER C. L. – MURRAY J. – MATTHEWS H. S. (2009): The role of input–output analysis for the screening of corporate carbon footprints. *Economic Systems Research*, 21(3), 217–242. <https://doi.org/10.1080/09535310903541348>
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2018): ISO 14064-1:2018 Greenhouse gases—Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. <https://www.iso.org/standard/66453.html>
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2023): ISO 14083:2023 Greenhouse gases—Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations. <https://www.iso.org/standard/78864.html>

- KJAER L. L. – HØST-MADSEN N. K. – SCHMIDT J. H. – MCALOONE T. C. (2015): Application of Environmental Input-Output Analysis for Corporate and Product Environmental Footprints—Learnings from Three Cases. *Sustainability*, 7(9), 11438–11461. <https://doi.org/10.3390/su70911438>
- KÜHMAIER M. – KRAL I. – KANZIAN C. (2022): Greenhouse Gas Emissions of the Forest Supply Chain in Austria in the Year 2018. *Sustainability*, 14(2), 792. <https://doi.org/10.3390/su14020792>
- LENZEN M. – MURRAY J. (2010): Conceptualising environmental responsibility. *Ecological Economics*, 70(2), 261–270. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.04.005>
- MARK V. D. – SERRA P. – FANCELLO G. (2025): Assessing greenhouse gas emissions arising from intermodal freight transport chains using the ISO 14083 standard. *Transportation Research Procedia*, 90, 464–471. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.06.119>
- MEINRENKEN C. J. – CHEN D. – ESPARZA R. A. – IYER V. – PARIDIS S. P. – PRASAD A. – WHILLAS E. (2020): Carbon emissions embodied in product value chains and the role of Life Cycle Assessment in curbing them. *Scientific Reports*, 10, 6184. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62030-x>
- MINX J. C. – WIEDMANN T. – WOOD R. – PETERS G. P. – LENZEN M. – OWEN A. – SCOTT K. – BARRETT J. – HUBACEK K. – BAIOCCHI G. – PAUL A. – DAWKINS E. – BRIGGS J. – GUAN D. – SUH S. – ACKERMAN F. (2009): Input–output analysis and carbon footprinting: An overview of applications. *Economic Systems Research*, 21(3), 187–216. <https://doi.org/10.1080/09535310903541298>
- TRAUB J. – MORILLAS C. – GIL R. – ÁLVAREZ S. – MARTÍNEZ S. (2025): Evaluating Corporate Carbon Emissions Reporting: Assessing Transparency and Completeness with the Carbon Integrity Index. *Sustainability*, 17(17), 7628. <https://doi.org/10.3390/su17177628>
- WIEDMANN T. – LENZEN M. (2018): Environmental and social footprints of international trade. *Nature Geoscience*, 11, 314–321. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0113-9>
- WORLD RESOURCES INSTITUTE, & WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (2004): *The Greenhouse Gas Protocol: A corporate accounting and reporting standard* (Revised ed.). <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>
- WORLD RESOURCES INSTITUTE & WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (2011): *Corporate value chain (Scope 3) accounting and reporting standard*. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf
- WORLD RESOURCES INSTITUTE & WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (2013): *Technical guidance for calculating Scope 3 emissions*. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf
- WORLD RESOURCES INSTITUTE & WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (2015): *GHG Protocol scope 2 guidance*. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/Scope%20%20Guidance.pdf>
- WOSZCZEK A. – CHILD M. – LUORANEN M. – SOUKKA R. (2025): Opportunities to improve data quality of scope 3 emissions in the context of carbon neutrality: The case study of LUT University. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 26(9), 207–225. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-06-2024-0429>

A KOCSÁNYTALAN TÖLGY TAXONOK JÖVŐBENI KILÁTÁSAI A XERIKUS HATÁRON FEKVŐ TERMÉSZETKÖZELI ERDŐÁLLOMÁNYOK KIALAKÍTÁSÁBAN

Future Prospects of the Sessile Oak Taxa in Establishing Semi-Natural Forest Stands on Xeric Limits

UJHEGYI KRISTÓF^{1,3}, KÁDÁR TAMÁS², BARTHA DÉNES¹, KINCSES MIKLÓS²,
BORDÁCS SÁNDOR³

¹Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar, Növénytan Tanszék
²Mecsekerdő Zrt.

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytan Tanszék
ujhegyi.krisu10@gmail.com

Kivonat

A klímaváltozás és az aszályok miatt a hazai erdők, különösen a xerikus határon fekvők, veszélybe kerültek. Mivel a fák természetes adaptációja lassú, emberi beavatkozás (assisted migration) szükséges a fennmaradásukhoz. A kutatás a kocsánytalan tölgy taxonok (*Quercus petraea* agg.) és hibridjeik ökológiai viselkedését vizsgálta komplex módszerekkel (LiDAR, talajtan, numerikus taxonómia). Az eredmények rávilágítottak, hogy a taxonok elkülönülnek kitettség és besugárzási index alapján, emellett sikerült azonosítani könnyen használható, terepi morfológiai bélyegeket is a gyorsabb meghatározáshoz. A feltárt szárazságtűrő, tájhoz-típusok szaporítóanyaga kulcsfontosságú lehet a Mecsek és az egész ország erdőfelújításaihoz, növelve az állományok hosszú távú ellenálló képességét.

Abstract

Due to climate change and increasing droughts, Hungarian forests—particularly those situated at the xeric limit—have become highly vulnerable. Since the natural adaptation of trees is a slow process, human intervention, such as assisted migration, is essential for their survival. This research investigated the ecological behavior of sessile oak (*Quercus petraea* agg.) taxa and their hybrids using a complex methodology, including LiDAR, soil science, and numerical taxonomy. The results highlighted that these taxa are clearly differentiated based on exposure and solar radiation indices. Furthermore, the study identified practical morphological traits for rapid field identification. The reproductive material of these identified drought-tolerant, indigenous types could be crucial for forest regeneration in the Mecsek Mountains and across Hungary, ultimately enhancing the long-term resilience of forest stands.

Bevezetés

A tölgy nemzetség (*Quercus* L.) rendszertani felosztása a széles körű variabilitás és a gyakori introgresszív hibridizáció miatt máig intenzív vita tárgya (BORDÁCS et al., 2002c). Különösen igaz ez a kocsánytalan tölgy (*Q. petraea*) komplexre, ahol a *Q. dalechampii* és a *Q. polycarpa* taxonómiai státusza forrásonként változó: Egyes szerzők önálló fajként, mások alfajként vagy hibrid eredetű taxonként kezelik őket (DI PIETRO et al., 2012; KUČERA, 2018). A Kárpát-medencében a diverzitás alapja a jégkorszaki refúgiumokból (Pireneusi-, Appennini-, Balkán-félsziget) történő visszatelepülés, amely során hazánkban kocsányos, kocsánytalan és molyhos tölgy komplexek alakultak ki (MÁTYÁS V., 1967; BORDÁCS et al., 2002b).

A tölgyfajok speciációja a közép-eocénre vezethető vissza, amikor a változó környezeti feltételekhez való alkalmazkodás morfológiai és fiziológiai elkülönülést eredményezett

(KREMER et al., 1991). A fajok közötti genetikai távolság azonban csekély maradt, így a taxonok közötti határok morfológiai alapokon sokszor nem dönthetők el egyértelműen. Számos genetikai vizsgálat és keresztezési kísérlet igazolja a fajok közötti folyamatos génáramlást és az introgresszív hibridizáció lehetőségét (BOROVICS, 1998, 2000; BORDÁCS et al., 2002a; REBREAN et al., 2023).

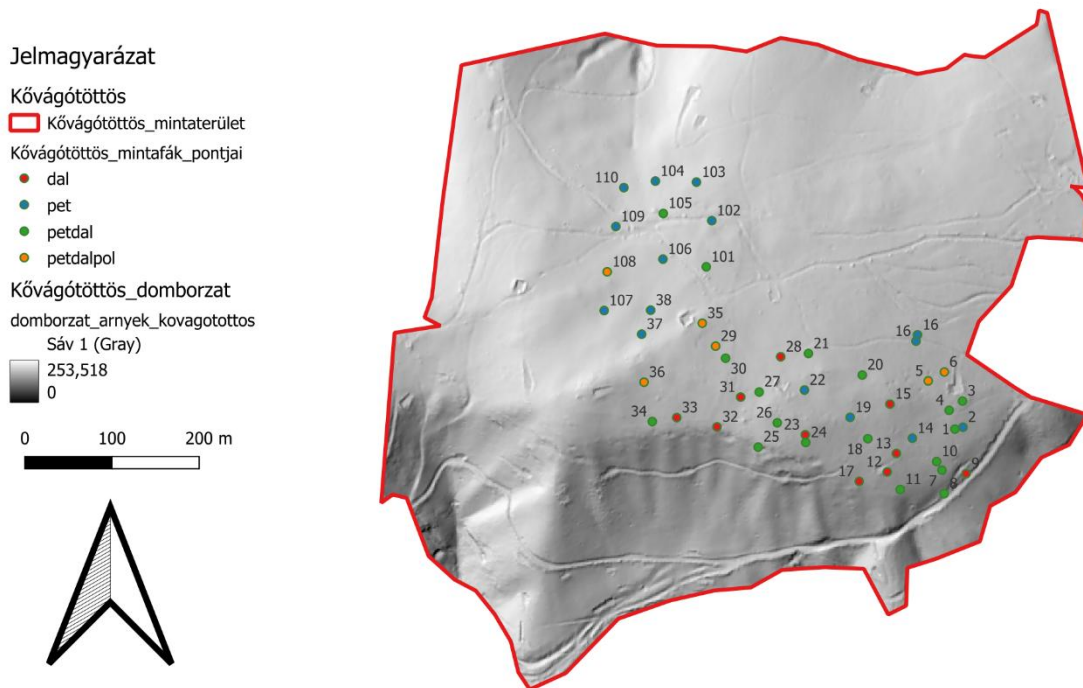
A klímaprojekciók Délkelet-Európában és a Kárpát-medencében a hőmérséklet szignifikáns növekedését és az aszályok gyakoriságának fokozódását jelzik (GÁLOS et al., 2012; BARTHOLY et al., 2014, 2017). Míg a csapadékváltozás tendenciája bizonytalanabb, a melegeedés egyértelmű (GÁLOS & SOMOGYI, 2017; NÉMETH et al., 2021). Az aszálystressz önmagában ritkán okoz azonnali pusztulást, azonban olyan kárláncolatokat indít el, amelyek súlyosan veszélyeztetik a legyengült állományokat (BONDOR & FRANK, 2010; CSÓKA & HIRKA, 2017).

Az éghajlati szelekció és a stressz a genetikai sokféleség csökkenéséhez vezethet, rontva az erdők adaptív potenciálját (KINGSLOVER et al., 2011; BOROVICS & MÁTYÁS, 2013). Emiatt elengedhetetlen az állományok ellenálló képességét és rezilienciáját javító erdőgazdálkodási stratégiák alkalmazása (GÁLOS & FÜHRER, 2018; HIRKA et al., 2018). A klímaváltozás hatására a stabil erdők fenntartásához a szárazságot és meleget jobban tűró taxonok alkalmazása válik szükségessé (MÁTYÁS Cs. et al., 2018; BONDOR & FRANK, 2010).

A kocsánytalan tölgyesekben és melegkedvelő tölgytársulásokban a *Quercus petraea* alternatívájaként a *Quercus dalechampii* és a *Quercus polycarpa* kínál megoldást (MATULA, 2008). E fajok nagyfokú hibridizációs képessége (BARTHA D. et al., 2018) tág genetikai variabilitást biztosít, ami alapvető a változó környezeti feltételekhez való sikeres alkalmazkodáshoz és az optimális populációk kiválasztásához.

Anyag és módszer

A vizsgálatainkat Bükkösdön, Hetvehelyen és Kővágótöttösön végeztük, lefedve a Nyugat-Mecsek változatos topográfiai adottságait. A kővágótöttösi tömböt mutatjuk be részletesen a továbbiakban az egyszerűbb ábrázolás végett (1. számú ábra). A mintavételezéshez észak–déli irányú támadóvonalakat jelöltünk ki, amelyek érintik az uralkodó keleti, déli és északi kitettségeket. Összesen 48 mintafát vételeztünk fel: A délebbi, részeken a támadóvonalakra merőlegesen 38 egyedet (1–38. sorszámig), majd a nyugati vonalak északi irányú meghosszabbításával további 10 egyedet (101–110. sorszámig) rögzítettünk.

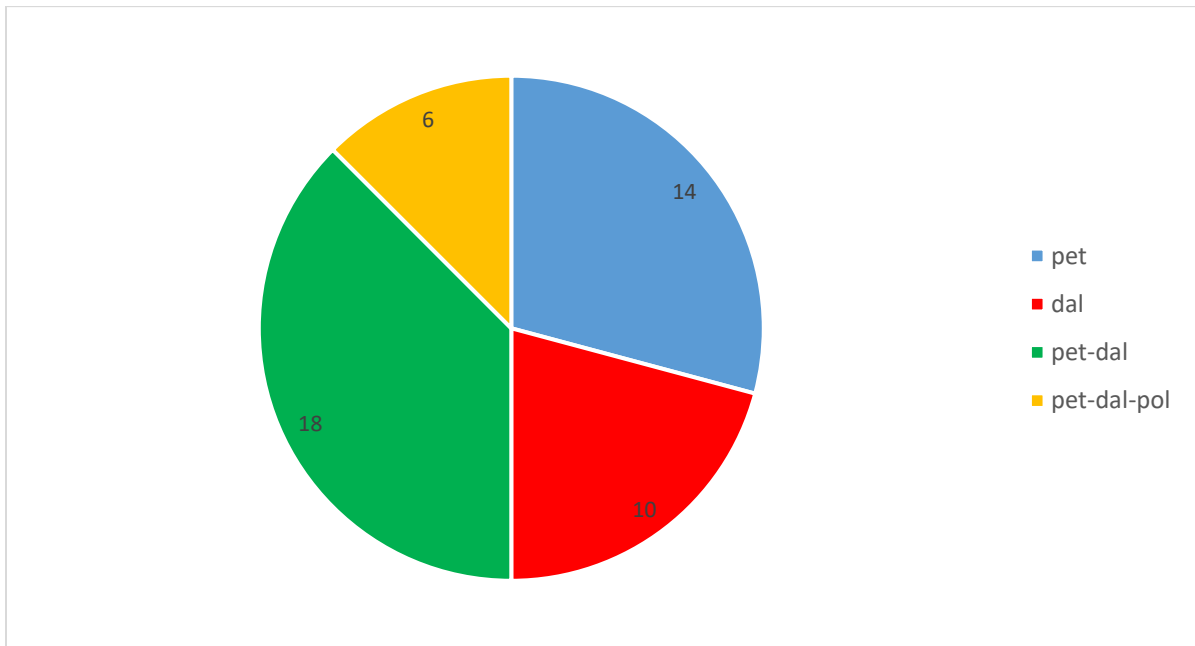


1. ábra: A mintafák elhelyezkedése

A Nyugat-Mecsek térségében végzett kutatásunk során a kocsánytalan tölgy komplex alak-tani és ökológiai elkülönítését vizsgáltuk. A morfológiai elemzéshez a fénykoronából gyűjtött téli és leveles hajtásokat, kéregről készült fotókat, valamint makk- és kupacsmintákat használtunk fel. A termőhelyi adatok feltárása Pürckhauer-féle talajszondával, a kitétség meghatározása pedig LiDAR-adatokból történt. A besugárzási index szintén térinformatikai adatokból származott. Az ökológiai indikációt a lágyszárú növényzet alapján határoztuk meg, az adatbázis-kezelést és a statisztikai kiértékelést pedig QGIS, Ms Excel és SPSS programokkal végeztük.

Eredmények

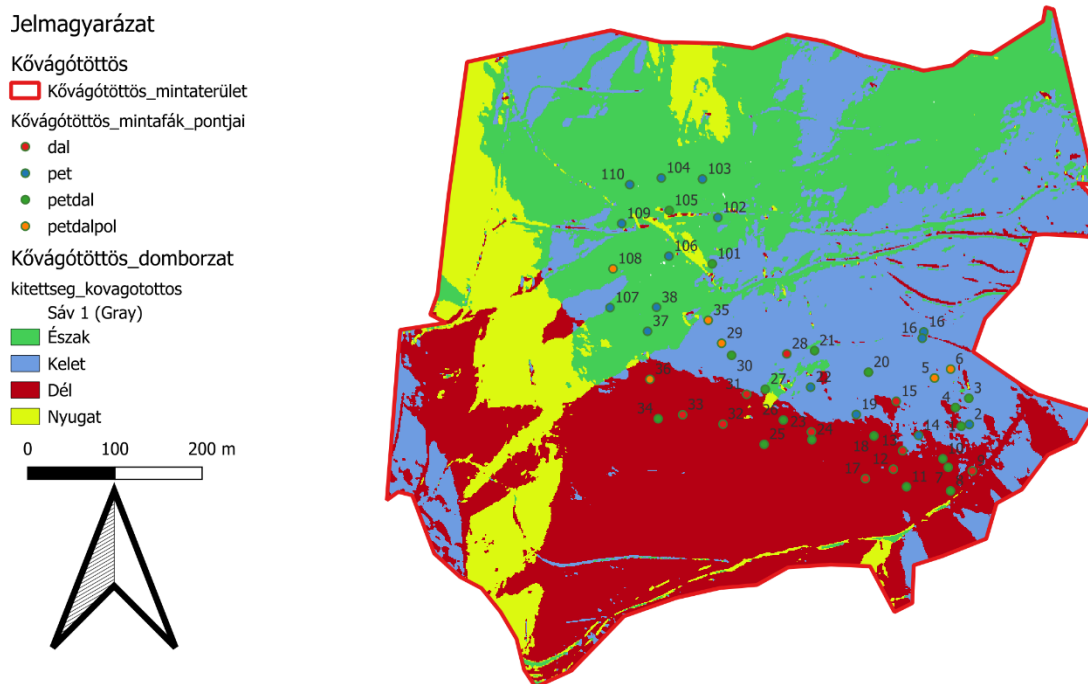
Csináltunk egy MS Excel táblázatot, ahol a kijelölt faegyedek esetében meghatároztunk 8 változót – amelyek a kéreg morfológiája, rügy morfológiája, levél morfológiája, mellék karéjok megléte, kupacs morfológiája, kupacshányadosa, terméskocsány hossza és a rajta lévő terméskezdemények és termések száma és a karéjok száma és tagoltsága – és numerikusan kiértékeljük. Tiszta fajnak vettük azt a faegyedet, amely a morfológiájában 8 taxonértékből elért 5,5-et. Ez azt jelenti, hogy a taxonra jellemző bélyegek 68,75%-át mutatja az egyed. Amely ennél kevesebb pontot ért el, őket hibridként soroltuk be. A következő taxonokat azonosítottuk be (2. ábra):



2. ábra: A beazonosított taxonok darabszám szerinti eloszlása

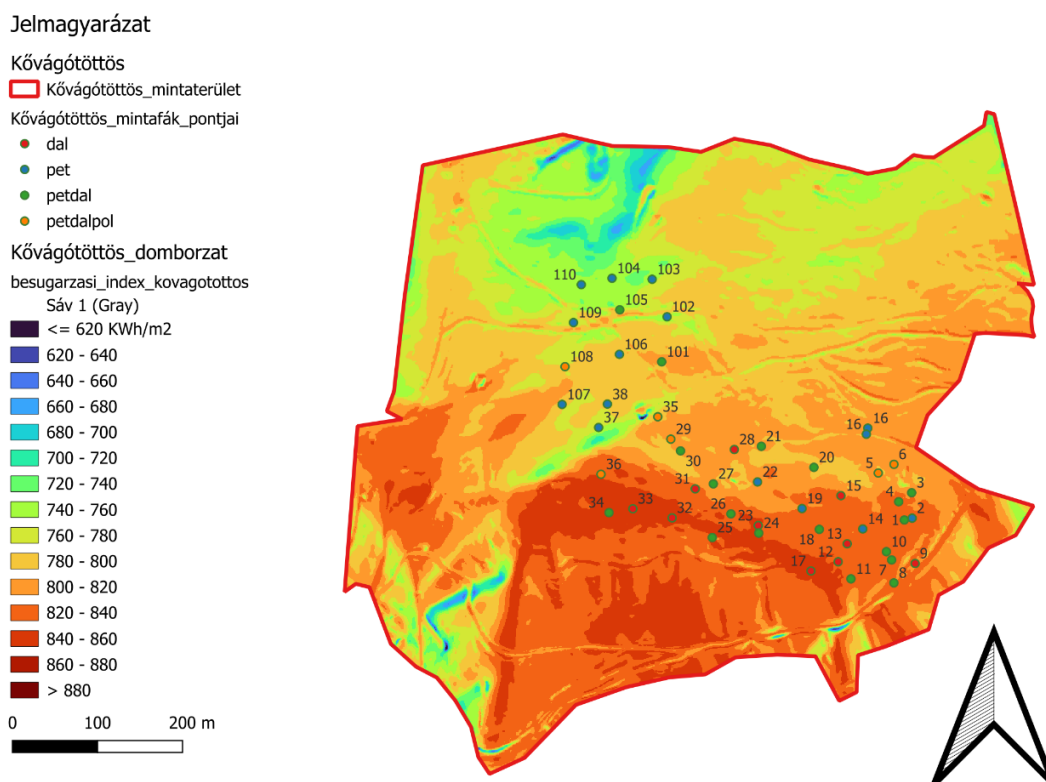
A vizsgált területen leírtunk 14 db pet (*petraea*)-, 18 db pet–dal (*petraea–dalechampii*)-, 10 db dal (*dalechampii*)- és 6 darab pet-dal-pol (*petraea–dalechampii–polycarpa*) típusú taxonok között eltérő területi eloszlást figyeltünk meg. Az eltéréseket befolyásolhatja a taxonok különböző ökológiai körülmények között történő elhelyezkedése, amelynek érvényesülését a következő (3. és 4. számú) ábrák segítségével szemléltetjük. A termőretég vastagsága, a kitétség és a besugárzási index járul hozzá szignifikánsan a taxonok előfordulási mintázatában. A vízgazdálkodás nem szignifikáns a taxonnal. A kitétséget és a besugárzási indexet mutatjuk be részletesen, ugyanis a statisztikai elemzések során a legerősebb asszociációt mutatták a taxonokkal.

A taxonok kitétség szerint (3.ábra) eltérő megoszlási arányt mutattak. A kitétségvizsgálat adatai alapján a *petraea*-típusú egyedek elsősorban az északi és keleti oldalakon jelennek meg, míg a *dalechampii*-egyedek súlypontja egyértelműen a déli kitétségekre esik. A kettős hibridek megoszlása a keleti és déli irányok között közel egyenletes. A *polycarpa* jegyeket tartalmazó egyedek a gerinc mentén figyelhetőek meg, ahol az észak–nyugat és a kelet–dél átvált. A terület mikrodomborzatát meghatározó sziklakúpok közül a térkép közepén elhelyezkedő kúp módosítja a helyi viszonyokat (keletről északi és nyugati irányba), környezetében pedig jól megfigyelhető a fajok elkülönülése: tőle északkeletre egy *petraea*-típusú (22-es fa), délnyugatra pedig egy *dalechampii*-típusú (31-es fa) egyed található.



3. ábra: A taxonok kitettség szerinti megoszlása

A taxonok eltérő besugárzási indexszel rendelkező területeken fordulnak elő (4. ábra). A *petraea*-típusú egyedek 660–800 kWh/m² tartományon belül mozognak, melynek súlypontja ~ 760 kWh/m² értékre tehető. A *dalechampii*-típusú egyedek 800–860 kWh/m² tartományon belül mozognak, melynek súlypontja ~ 840 kWh/m² értéken mozog. A *polycarpa*-típusú egyedek az előző két típus közötti átmeneti határon mozog 780–840 kWh/m² tartományon belül. A kettős hibridek pedig mindenhol előfordultak.



4. ábra: A taxonok besugárzási index szerinti megoszlása

Vizsgáltuk mely növényi bélyegek kötődnek legjobban a taxonhoz, azaz mely növényi bélyegek szerepelnek nagyobb súllyal a taxon beazonosítása során. A statisztikai elemzések azt mutatták, hogy a kéreg és kupacs morfológiája kötődött szignifikánsan és a legnagyobb asszociációs erősséggel a taxonhoz. Valamint megemlítendő, hogy ezen két bélyeg egymással való korrelációja magas. Kiemeltünk 3 különböző taxon besorolású (*petraea*- és *dalechampia*-típusú és *polycarpa*-jellegeket hordozó) faegyedet, amelyeknek bemutatjuk a kéreg (5. ábra) és kupacs (6. ábra) morfológiai bélyegeit, szemléltetve, hogy ezek döntően meghatározzák az adott faegyed taxonómiai besorolását.

A kéreg mintázatok szemmel láthatóan jól elkülöníthetőek. Bal oldalt a tiszta *petraea*-, középen tiszta *dalechampia*-típusú kéreg mintázat látszik. Jobb oldalt helyezkedik el a *polycarpa*-jellegeket hordozó kéreg mintázat. A *petraea*-típusra a vékony és keskeny kéreg cserepek a jellemzőek. A kéreg cserepek a fa törzséhez simulóak és téglalap alakúak. Vertikálisan és horizontálisan szabályos a repedések lefutása. Hosszanti irányú repedésekkel finoman barázdált, a repedések nem mélyek (<1 cm). Vízszintes irányú repedések finomak, sűrűn helyezkednek el. A *dalechampia*-típus esetében a kéreg cserepek vastagabbak és szélesebbek, valamint a fa törzsétől elállnak, ugyanis a kéreg cserép alsó része kihajlik. többé kevésbé téglalap alakot még megtartják. Hosszanti irányú lefutása kevésbé szabályos a *petraea*-típusúhoz képest. Gyakoriak az egymást keresztező Y-elágazású lefutások. A repedések nagyon mélyek (>1 cm). Vízszintes irányú repedezettség ritkábban fordul elő. A *polycarpa*-jellegű mintázat esetén a kéregcserepek változatosak és szabálytalan alakúak, inkább kéreghez simulóak. Vertikális és horizontális repedezettség szabálytalanul futnak a törzsön. Durva és szabálytalan barázdáltság jellemzi. A repedések közepesen mélyek.



5. ábra: A különböző típusok kéreg mintázata

Hasonlóan a kéreg mintázatok bemutató ábrához, bal oldalt a tiszta *petraea*-, középen tiszta *dalechampia*-típusú kupacs mintázat látszik. Jobb oldalt helyezkedik el a *polycarpa*-jellegeket hordozó kupacs mintázat. A *petraea*-típusú kupacsok esetén a kupacs pikkelyek keskeny rombusz/deltoid, alakúak. A kupacs pikkelyek a kupacshoz simulóak, a hátuk nem domború, vagy csak alig. Világos szürke szín a jellemző. A *dalechampia*-típusú kupacsok esetében a kupacs pikkelyek szintén simulóak, viszont széles rombusz/deltoid alakúak. Széles tojásdadnak tűnhet, ugyanis a kupacs pikkelyek háta láthatóan domború. Sötét szürke szín a jellemző. A *polycarpa*-jellegeket hordozó kupacs esetén a *dalechampia*-típushoz hasonlóan széles rombusz alakúak a kupacs pikkelyek és sötét színűek. Viszont hátuk erőteljesen domború és csomós (barázdált) is lehet. Ezen barázdáltságtól vagy csomóságtól szabálytalanak tűnhet a pikkelyek elhelyezkedése.



6. ábra: Különböző típusok kupacs mintázata

Következtetések

A kocsánytalan tölgy taxonok terepi elkülönítése időigényes. Több növényi bélyeg is szignifikáns és jó asszociációt mutat a taxonnal, viszont gyakorlati szempontból és az asszociáció erősségének mértéke alapján kiválasztottuk a potenciális bélyegeket (kéreg és kupacs morfológia). Ökológiai tényezőknél hasonlóan jártunk el: Bár a termőréteg vastagsága szignifikáns és közepes erősséget mutat a taxonnal, annak felmérése időigényes. A kitettség és besugárzási index lényegesen szorosabb összefüggést mutat, valamint térinformatikailag gyorsan felvételezhető és értelmezhető. Így a morfológiai bélyegeket (négy évszakban kéreg, téli időszakban kupacs kiegészítésével) és a kitettség taxonnal való asszociációja (besugárzási index opcionálisan) és összefüggései alapján alkalmasak a kocsánytalan tölgy faegyedek beazonosításra ~70 %-os pontossággal. Eredményeink igazolják, hogy a LIDAR-ral pontosan térképezhető mikrodomborzat, és az általa meghatározott mikroklíma alapvetően befolyásolja a kistípusok elterjedési mintázatát.

Gyakorlati szemmel nézve, más természetközeli területen olyan kocsánytalan tölgy populációkban, amelyeket több generáció óta természetes felújítással hasznosítanak, vagy sarjeredetűek, a kistípusok és átmeneti alakjaik megjelennek, próbálva az élőhelyet a legjobb módon hasznosítani. Ezek a területek a tölgyek adaptációját ökológiai lehetőségeik, tehát a termőhely szelekciós nyomása generálja. KREMER & HIPPE (2020) szerint jelenleg a tölgyeknek a szűkebben vett másodlagos evolúciója zajlik termőhelyi tényezők szerint, mellyel a fentiek alapján egyetértek. A klímaváltozásnak kitett állományokban prioritást kell élveznie az elkülönített szaporítóanyag-zónáknak és a természetes felújítás preferálásának, amely módszerek hatékonyan támogatják a tölgy populációk természetes adaptációját és a heterogén állományszerkezet megőrzését. A célzott szaporítóanyag gyűjtése, tárolása, kezelése és felhasználása egy pozitív utat jelenthet a klímaváltozással érintett erdőállományok fennmaradása érdekében, előnyben részesítve a már termőhelyhez adaptálódott, tájhoz szaporítóanyagokat.

Köszönetnyilvánítás

Mi, Ujhegyi Kristóf és Kádár Tamás, köszönettel tartozunk Prof. Dr. Bartha Dénesnek és Dr. Bordács Sándornak, akik szakmailag megalapozták a tanulmányunkat. Valamint köszönettel tartozunk a Mecsekerdő Zrt. -nek az adatszolgáltatásért és eszközökért, kiemelve Kincses Miklósnak, aki a terepi munkálatok lebonyolításában segített nekünk.

Irodalomjegyzék

- BARTHA D., BERKI I., LENGYEL A., RASZTOVITS E., TIBORCZ V. & ZAGYVAI G. (2018): Erdőtársulások és fajtáik átrendeződési lehetőségei a változó klímában. Erdészettudományi Közlemények. 8(1), 163–195 pp. DOI: 10.17164/EK.2018.011.
- BARTHOLY J., PONGRÁCZ R. & PIECZKA I. (2014): How the climate will change in this century? Hungarian Geographical Bulletin 63, 55–67 pp. DOI: 10.15201/hungeobull.63.1.5.
- BARTHOLY J. & PONGRÁCZ R. (2017): A közelmúlt és a jövő országos éghajlati trendjei (A klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás kihívásai II.). Erdészeti Lapok 152(5), 134–136 pp.
- BONDOR A. & FRANK N. (2010): Erdőgazdálkodás a klímaváltozás tükrében. Erdészeti Lapok 145(12), 410–411 pp.
- BORDÁCS S. (2002b) A tölgyek jégkorszak utáni (posztglaciális) vándorlása Európában. In: Mátyás Cs. (szerk.) Erdészeti -és természetvédelmi genetika. Budapest, Mezőgazda Kiadó, 245–247 pp.
- BORDÁCS S., BOROVICS A., MÁTYÁS Cs. (2002c) Tölgyek. In: Mátyás Cs. (szerk.) Erdészeti -és természetvédelmi genetika. Budapest, Mezőgazda Kiadó, 338–345pp.
- BOROVICS, A. (1998): Keresztezési kísérletek őshonos tölgyfajaink között. Erd. Kutatások 88, 223–235 pp.
- BOROVICS, A. (2000): Doktori, Keresztezési kísérletek és taxonómiai vizsgálatok az őshonos tölgyek hazai alakkörében. (Ph. D.) Értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron.
- BOROVICS A. & MÁTYÁS Cs. (2013): Decline of genetic diversity of sessile oak at the retracting (xeric) limits. Annals of Forest Science, Official Journal of the Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). DOI: 10.1007/s13595-013-0324-6.
- CSÓKA GY. & HIRKA A. (2017): A változások jelei. (A klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás kihívásai –I.) Erdészeti lapok 152(4), 104–105 pp.
- DI PIETRO R., VISCOSI V., PERUZZI L., FORTINI P. (2012). A review of the application of the name *Quercus dalechampii*. Taxon 61(6), 1311–1316 pp. DOI: <https://doi.org/10.1002/tax.616012>.
- FLORIN ALEXANDRU REBREAN, ADRIAN FUSTOS, KATALIN SZABÓ, TABITA-TEODORA LISANDRU, MIHAELA SIMONA REBREAN, MIRCEA IOAN VARGA AND DORU PAMFIL (2023): Genetic Diversity and Structure of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Populations in Central and Northern Romania Revealed by SRAP Markers. Diversity. DOI: <https://doi.org/10.3390/d15101093>.
- GÁLOS B., HÄNSLER A., KINDERMANN G., RECHID D., SIECK K., JACOB D. (2012): The role of forests in adapting to climate change – a case study for Europe. Acta Silv. Lign. Hung. 8, 87– 102pp.
- GÁLOS B. & SOMOGYI Z. (2017): Új klímaszcenáriók – fellélegezhetnek bükköseink? Erdészettudományi Közlemények 7(2), 85–98 pp. DOI: 10.17164/EK.2017.006.
- GÁLOS B. & FÜHRER E. (2018): A klíma erdészeti célú előrevetítése. Erdészettudományi Közlemények 8(1), 43–55 pp. DOI: 10.17164/EK.2018.003.
- HIRKA A., PÖDÖR Z., GARAMSZEGI B. & CSÓKA GY. (2018): A magyarországi erdei aszálykárok fél évszázados trendjei (1962–2011). Erdészettudományi Közlemények 8(1), 11–25 pp. DOI: 10.17164/EK.2018.001.
- KINGSOLVER JG., DIAMOND SE., SIEPIELSKI AM., CARLSON SM. (2011): Synthetic analyses of phenotypic selection in natural populations: lessons, limitations and future directions. Trends Evol Ecol 26, 1101–1118 pp.

- KREMER, A., PETIT, R. J., ZANETTO, A., FOUGÈRE, V., DUCOUSSO, A., WAGNER, D., & CHAUVIN, C. (1991). Organization of genetic diversity in European oaks. *Annales des Sciences Forestières*, 48(5), 447–465pp.
- KREMER A. & HIPP L. A. (2020): Oaks: an evolutionary success story. *New Phytologist*, 226, 987–1011 pp.
- KUČERA P. (2018): New name for Central European oak formerly labelled as *Quercus dalechampii*. *Biologia* 73(4), 313–317 pp. DOI: <https://doi.org/10.2478/s11756-018-0048-z>.
- MATULA R. (2008): Comparison of general tree characteristics of less known oak species *Quercus dalechampii* Ten. and *Quercus polycarpa* Schur. *J. For. Sci.*, 54, 333–339 pp. DOI: 10.17221/3096-JFS.
- MÁTYÁS, V. (1967). A tölgyek dendrológiai ismertetése. In B. Keresztesi (Szerk.), *A tölgyek*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 51-90pp.
- MÁTYÁS, V. (1967). A tölgyek története. In B. Keresztesi (Szerk.), *A tölgyek*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 15-50pp.
- NÉMETH T. M., SZABÓ O. & MÓRICZ N. (2021): Fiatal somogyi kocsánytalan tölgyek és cser-tölgyek szárazságérzékenységének összehasonlító vizsgálata. *Erdészettudományi Közlemények*, 11(1): 27–40 pp. DOI: 10.17164/EK.2021.008.

GÍMSZARVASBIKÁK KORSPECIFIKUS AGANCSJELLEMZŐINEK VIZSGÁLATA ÉS AZOK KORBECSLÉSI VONATKOZÁSAI A VÉRTESERDŐ ZRT. TERÜLETÉN

Age-Specific Antler Characteristics of Red Deer Stags and Their Implications
for Age Estimation in the Hunting Grounds of Vérteserdő Zrt.

VÁGÓ SÁRA¹, KIS BALÁZS² ÉS TARI TAMÁS¹

¹ Soproni Egyetem, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet

² Vérteserdő Zrt.

tari.tamas@uni-sopron.hu

Kivonat

A kutatás a gímszarvas (*Cervus elaphus*) trófeaparaméterei és életkor közötti összefüggéseit vizsgálta. Cél volt a trófeamorfológia és kor kapcsolatának elemzése. A minták a Vérteserdő Zrt. állományhasznosítása során terítékre hozott bikákból származtak, három vadászterületről. A laboratóriumi feldolgozás során az M1-es fogak cementrétegeinek mikroszkópos vizsgálata adta a referenciakort, amelyhez a terepi és bírálati becslések viszonyítása történt. A trófeák morfológiai jellemzőinek korspecifikus elemzése magában foglalta a nagykoponyás tömeget, szárhosszokat, ágak számát, koszorú- és szárkörméreteket, valamint szem- és középágak hosszát. Az adatfeldolgozás során korcsoportok, trófeatípusok és területi egységek szerinti összehasonlítás, továbbá korreláció- és regresszióelemzés történt. Az eredmények hozzájárulhatnak a gímszarvas-gazdálkodás döntéstámogató eszköztárának finomításához.

Abstract

The study examined the relationship between trophy parameters and age in red deer (*Cervus elaphus*). Its primary objective was to analyse the association between trophy morphometrics and age. Samples originated from stags harvested during population management by Vérteserdő Zrt., across three hunting areas. Laboratory processing involved microscopic analysis of cement layers in the first molars (M1) to establish a reference age, against which field and trophy-based age estimates were compared. Age-specific analysis of trophy morphology included skull weight, beam lengths, number of tines, coronet and beam circumferences, as well as the lengths of brow and bay tines. Data processing included comparisons by age groups, trophy types, and management units, as well as correlation and regression analyses. The findings may contribute to the refinement of decision-support tools for red deer management.

Bevezetés

A gímszarvas (*Cervus elaphus*) Európa egyik legjelentősebb nagyvadfaja, amelynek gazdasági és ökológiai szerepe kiemelkedő (GARCIA ET AL. 2025). Az állományok fenntartható hasznosítása és minőségi javítása érdekében elengedhetetlen a korosztályi jellemzők ismerete. A korbecslés hagyományosan terepi megfigyelésen és trófeabírálaton alapul, azonban ezek megbízhatósága korlátozott lehet. A cementrétegek mikroszkópos vizsgálata jelenleg a legpontosabb módszer (VEIBERG ET AL. 2020), amely referenciaként szolgálhat a terepi és trófeaalapú becslések ellenőrzéséhez.

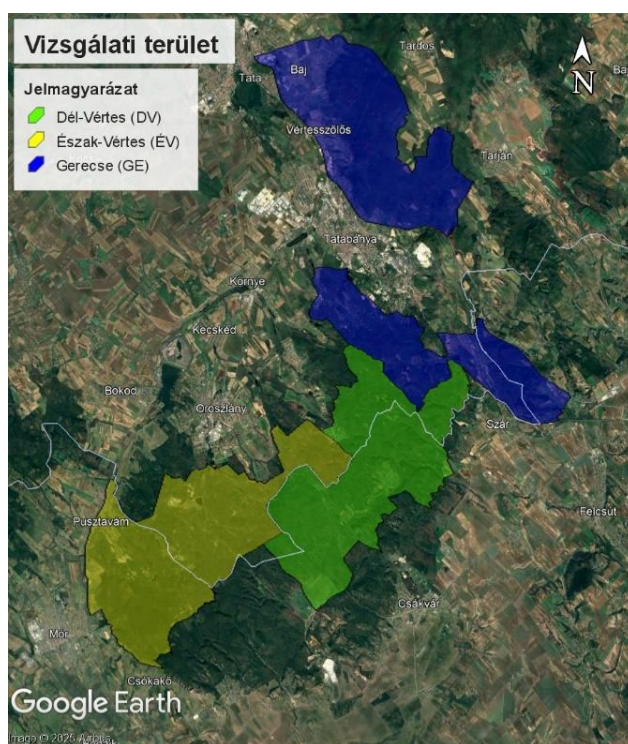
A kutatás célja a gímszarvas trófeamorfológiai jellemzőinek és az életkor közötti összefüggések feltárása, valamint annak vizsgálata, hogy a különböző paraméterek milyen mértékben lehetnek alkalmasak korbecslés alátámasztására. Emellett elemeztük a területi adottságok

hatását a trófeaméretekre három eltérő élőhelyen (Dél-Vértes, Észak-Vértes, Gerecse). Az eredmények hozzájárulhatnak a vadgazdálkodási döntéstámogató eszköztár finomításához és a korbecslési gyakorlatok fejlesztéséhez.

Anyag és módszer

A kutatás a Dunántúli-középhegység két erdészeti táján, a Vértesben és a Gerecsében zajlott. A Vértes erdősültsége kiemelkedően magas, míg a Gerecsében ez az arány alacsonyabb, jelentős szántóföldi területekkel. A térség tengerszint feletti magassága 171–500 m között változik, klímája mérsékeltén száraz, az évi csapadékösszeg 609–623 mm. Az erdők fafajösszetétele döntően őshonos, leggyakoribb a csertölgy, a gyertyán, a bükk és a kocsánytalan tölgy, mellettük juhar- és kőrisfajok fordulnak elő. Az idegenhonos fafajok aránya alacsony, leginkább akác és fenyőfélék jelennek meg. Az erdők jelentős része elegyes állományú, ami változatos élőhelyet biztosít a nagyvad, különösen a gímszarvas számára.

A vizsgálatba bevont gímszarvasok a Vérteserdő Zrt. kezelésében lévő vadászterületeken kerültek elejtésre, amelyek három erdészeti igazgatóságot foglalnak magukban: Dél-Vértesi (DV), Észak-Vértesi (ÉV) és Gerecsei (GE).



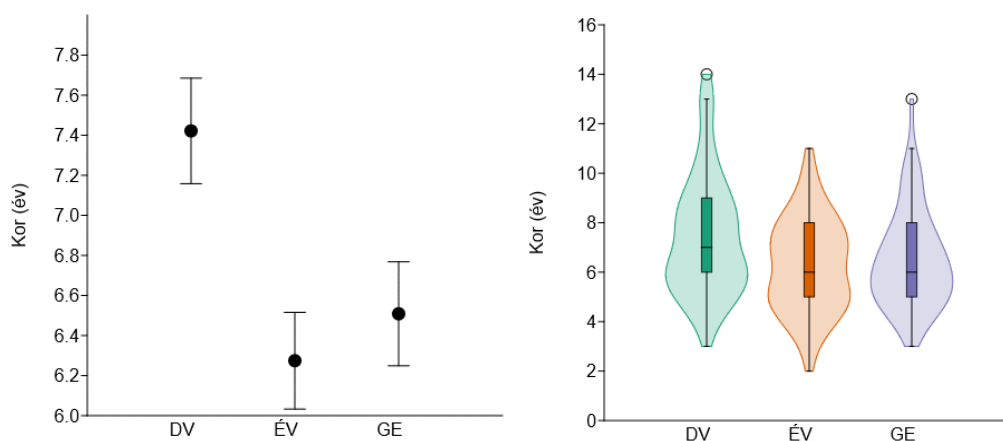
1. ábra: Vizsgálati terület

Összesen 204 db gímszarvas bika kifőzött alsó állkapcsa és trófeabírálati adata jelentette a vizsgálat tárgyát, a 2023/2024 és 2024/2025 vadászati évekből. A korbecslés vizsgálatához a bal oldali alsó állkapcsok kerültek felhasználásra. Az állkapcsok rögzítést követően az M1-es zápfog kézfűrésszel került átvágásra. A metszés a fog középvonalától 2–3 mm-re, a hossz tengely irányában, az állkapocscsonttal együtt történt. A minták csiszolása csiszológépen történt, először 100-as, majd 220-as szemcseméretű csiszolókorong került alkalmazásra, a finomcsiszolás pedig 360-as, majd 400-as csiszolópapírral fejeződött be. A csiszolt felületek glicerinnel lettek nedvesítve, ami javította a rétegek kontrasztját és megfigyelhetőségét. A cementrétegek vizsgálata 20-szoros nagyítású sztereomikroszkóppal történt. A megfigyelt cementrétegek számához minden esetben egy év került hozzáadásra, a fogbúvásból adódó korrekció miatt (NÁHLIK, 1996, KÖHALMY 1999). Ennek megfelelően az így kapott adatok referenciaként szolgáltak, és ezekhez kerültek viszonyításra a trófeametrikai jellemzők.

Az adatok feldolgozása Microsoft Excel és PAST 5 (HAMMER ET AL. 2001) szoftverekkel történt. Az átlagok mellett a sztenderd hiba (SE) került feltüntetésre. A változók eloszlása Shapiro–Wilk teszttel került vizsgálatra, amely eredménye alapján történt meg a statisztikai próbák megválasztása. Normáeloszlás esetén paraméteres módszerek kerültek alkalmazásra: Pearson-korreláció az összefüggések vizsgálatához, egyszempontos varianciaanalízis (ANOVA) a csoportok közötti különbségek értékelésére, valamint Tukey-féle próba a páronkénti szignifikáns eltérések részletezésére. Nem-paraméteres eloszlás esetén Spearman rangkorreláció, Kruskal–Wallis-próba és Mann–Whitney U-próba került alkalmazásra. Az eredmények 95%-os megbízhatósági szinten kerültek értelmezésre, a statisztikai szignifikancia $p < 0,05$ határérték alapján került megállapításra.

Eredmények

A vizsgálatba bevont egyedek korbecslési adatai alapján az egész területre vonatkozóan elmondható, hogy a vizsgák minták 31%-a fiatalokból, 63%-a középkorból, 6%-a pedig idős korból származott, míg az átlagos életkor $6,81 \pm 0,15$ év volt, a megfigyelt maximum 14 év. A dél-vértesi minták esetében az átlagos életkor pedig $7,42 \pm 0,26$ év volt. Az észak-vértesi állkapcsok vizsgálata során megállapított átlagos életkor $6,27 \pm 0,24$ év volt. A gereszei bikák pedig $6,51 \pm 0,26$ éves átlagos kort mutattak (1. ábra).



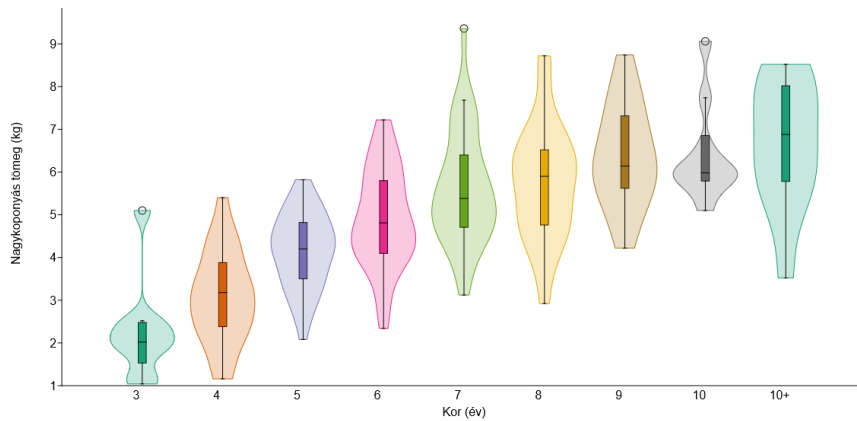
1. ábra: Bikák mintaterületenkénti korjellemzői cementréteg-számlálás alapján

A vizsgált területek között statisztikailag kimutatható eltérés volt ($p=0,01$), a párosított összehasonlításoknál a dél-vértesi és az észak-vértesi ($p=0,006$), valamint a dél-vértesi és gereszei ($p=0,02$) minták között igazolódott eltérés, míg a gereszei és észak-vértesi minták között nem volt statisztikai különbség ($p > 0,05$).

A trófea-metrikai vizsgálatok közül elsőként a nagykoponyás trófeatómeg került megvizsgálásra (1. táblázat, 2. ábra).

1. táblázat: Nagykoponyás trófeatómegek kor szerinti átlagértékei

Kor	3	4	5	6	7	8	9	10	10+
Átl. (kg)	2,3	3,1	4,2	4,9	5,6	5,7	$6,4 \pm 0,3$	6,4	6,6
	$\pm 0,39$	$\pm 0,24$	$\pm 0,14$	$\pm 0,18$	$\pm 0,24$	$\pm 0,27$		$\pm 0,37$	$\pm 0,46$



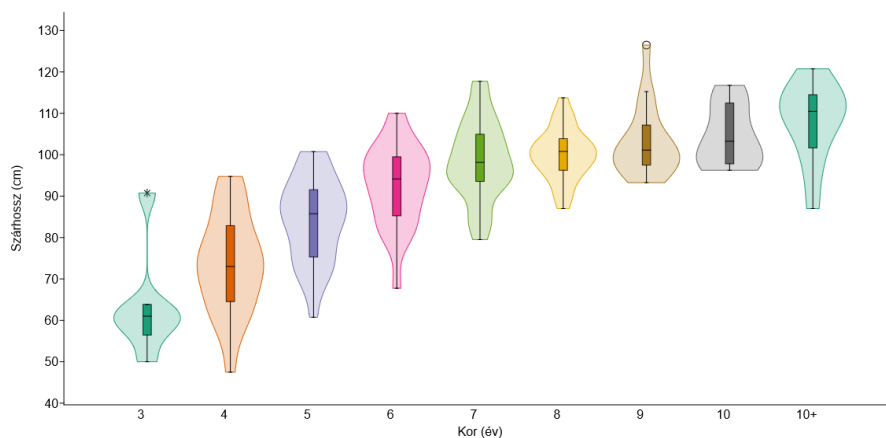
2. ábra: Nagykoponyás trófeatömegek kor szerinti eloszlása

A nagykoponyás tömeg átlagértékei a korrelációs vizsgálat alapján szignifikáns, pozitív kapcsolat mutatott az életkor és a tömeg között ($p \leq 0,001$). A Kruskal–Wallis teszt szintén szignifikáns eltérést jelzett a korcsoportok között ($p \leq 0,001$), bár bizonyos szomszédos korcsoportok között nem volt kimutatható különbség, ezek a $7 \leftrightarrow 8$, $8 \leftrightarrow 9$, $8 \leftrightarrow 10$, $8 \leftrightarrow 10+$, valamint a $9 \leftrightarrow 10$, $9 \leftrightarrow 10+$ és a $10 \leftrightarrow 10+$ párosítások voltak ($p \geq 0,05$). A nagykoponyás tömegek vizsgálata során fiatal és középkorú korcsoportokban nem mutatkozott szignifikáns eltérés a három terület között ($p > 0,05$). Idős korban szintén nem volt kimutatható statisztikai különbség ($p = 0,262$). A teljes bírálatot kapó trófeák körében azonban középkorban szignifikáns eltérés jelentkezett ($p = 0,05$), amely a dél-vértesi és gercsei minták között volt kimutatható ($p = 0,024$).

A következő vizsgált paraméter a szárhossz volt (2. táblázat, 3. ábra)

2. táblázat: Szárhossz kor szerinti átlagértékei

Kor (év)	3	4	5	6	7	8	9	10	10+
Átl. (cm)	63,3 ±4,88	73,7 ±2,64	84,3 ±1,96	92,6 ±1,54	98,7 ±1,91	100,1 ±1,27	103,1 ±2,17	104,4 ±2,33	108,1 ±2,91



3. ábra: Szárhossz kor szerinti eloszlása

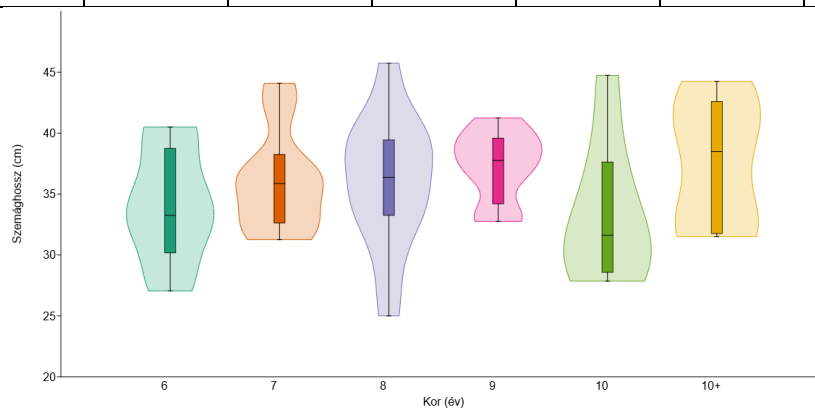
A szárhossz átlagértékei 63,3–108,1 cm között alakultak és korrelációs vizsgálat alapján szignifikáns pozitív kapcsolat mutatkozott az életkor és a szárhossz között ($p \leq 0,001$). A Kruskal–Wallis teszt az egyes korokhoz tartozó szárhossz értékei között szignifikáns ($p \leq 0,001$) eltérés mutatott ki, a páronkénti összehasonlítás során a Mann–Whitney U teszt nem igazolta ($p \geq 0,05$) az értékek eloszlásának eltérését az alábbi esetekben: $7 \leftrightarrow 8$, $7 \leftrightarrow 9$, $7 \leftrightarrow 10$, a $8 \leftrightarrow 9$, $8 \leftrightarrow 10$, a $9 \leftrightarrow 10$, $9 \leftrightarrow 10+$, $10 \leftrightarrow 10+$. A fennmaradó párosítások esetében igazolható volt az eltérés ($p < 0,05$). A szárhosszok vizsgálata során fiatal, középkorú és idős

korcsoportokban nem mutatkozott statisztikailag kimutatható különbség a három terület között ($p>0,05$).

A következő vizsgált paraméter a szemág volt (3. táblázat, 4. ábra).

3. táblázat: Szemághossz korszerinti átlagértékei

Kor (év)	6	7	8	9	10	10+
Átl. (cm)	34,1±1,6	36,1±1,3	36,0±1,6	37,3±1,1	33,4±2,1	37,5±1,7



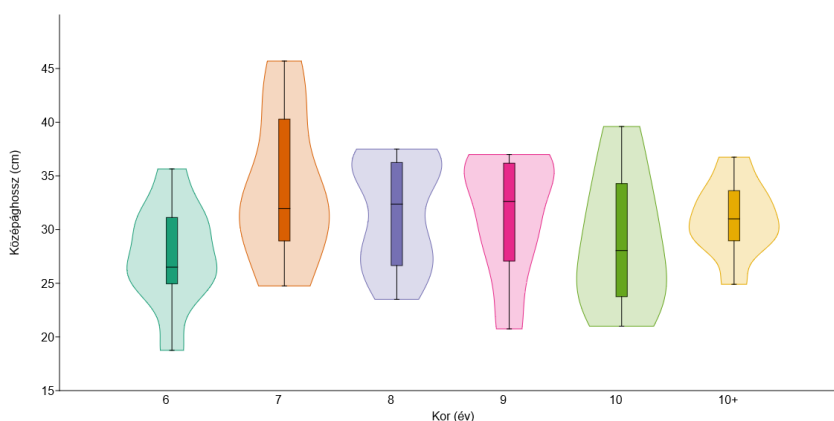
4. ábra: Szemághossz korszerinti eloszlása

A szemághosszok átlagértékei 33,4–37,5 cm között alakultak, az életkor előrehaladtával enyhe növekedési tendencia volt megfigyelhető. Korrelációs vizsgálat alapján az életkor és a szemághossz között nem mutatkozott statisztikailag kimutatható kapcsolat ($p=0,497$). Az egyutas varianciaanalízis sem jelzett szignifikáns eltérést az életkorok között ($p=0,425$), azonban a Tukey-féle párosított teszt szerint a 7 és 8 éves korcsoport között szignifikáns különbség volt ($p=0,040$). Területi összehasonlításban nem volt kimutatható statisztikai eltérés ($p>0,05$).

A következő vizsgált paraméter a középág volt (4. táblázat, 5. ábra).

4. táblázat: Középághossz kor szerinti átlagértékei

Kor	6	7	8	9	10	10+
Átl. (cm)	27,7±1,6	33,7±2,2	31,6±1,5	31,4±2,0	28,9±2,2	31,0±1,2



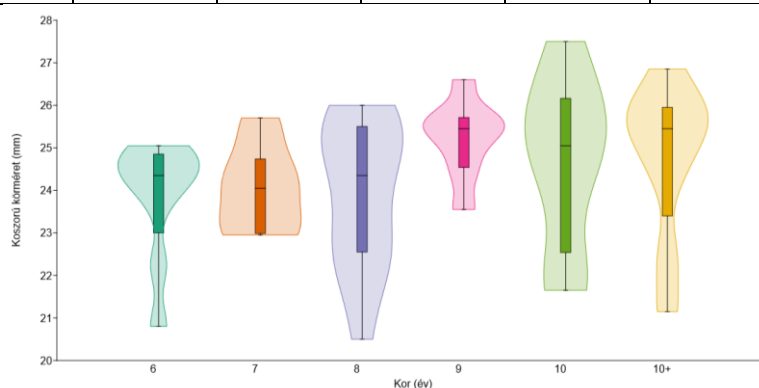
5. ábra: Középághossz kor szerinti eloszlása

A középhosszok átlagértékei 27,7–33,7 cm között alakultak, az életkor előrehaladtával enyhe növekedési tendencia volt megfigyelhető, azonban korrelációs vizsgálat alapján az életkor és a középhossz között nem mutatkozott statisztikailag kimutatható kapcsolat ($p=0,549$). A Kruskal–Wallis teszt szerint az egyes korcsoportok között nem volt szignifikáns eltérés ($p=0,34$). Területi összehasonlításban szintén nem mutatkozott statisztikai különbség ($p>0,05$).

A következő vizsgált paraméter a koszorú körméret volt (5. táblázat, 6. ábra).

5. táblázat: Koszorúkörméret kor szerinti átlagértékei

Kor	6	7	8	9	10	10+
Átl. (cm)	23,9±0,5	24,0±0,3	23,9±0,5	25,2±0,3	24,7±0,7	24,8±0,6



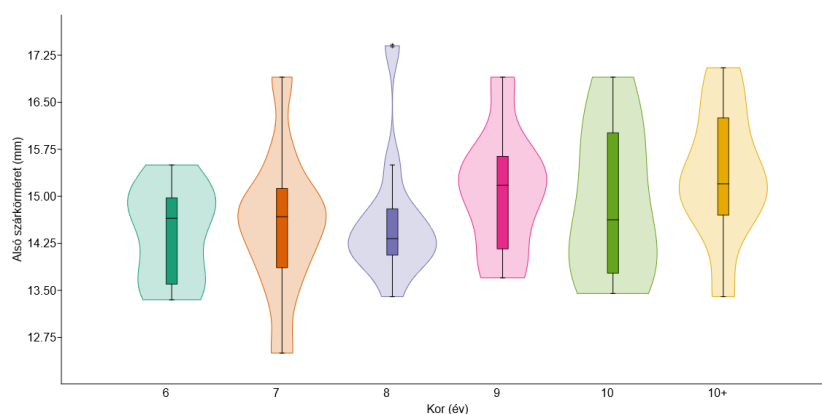
6. ábra: Koszorúkörméret kor szerinti eloszlása

A koszorúkörméret átlagértékei 23,6–25,9 cm között alakultak, az életkor előrehaladtával enyhe növekedés volt megfigyelhető, azonban korrelációs vizsgálat alapján az életkor és a koszorúkörméret között nem mutatkozott statisztikailag kimutatható kapcsolat ($p=0,086$). Az egyutas varianciaanalízis sem jelzett szignifikáns eltérést az életkorok között ($p=0,346$). Területi összehasonlításban középkorban szignifikáns különbség volt kimutatható ($p=0,018$), amely az észak-értes és dél-értes minták között jelentkezett ($p=0,036$). Idős korban a területek között nem volt statisztikailag igazolható eltérés ($p=0,301$).

A következő vizsgált paraméter az alsó szárkörméret volt (6. táblázat, 7. ábra).

6. táblázat: Alsó szárkörméret kor szerinti átlagértékei

Kor	6	7	8	9	10	10+
Átl. (cm)	14,4±0,3	14,6±0,4	14,6±0,3	15,1±0,4	14,9±0,4	15,3±0,4



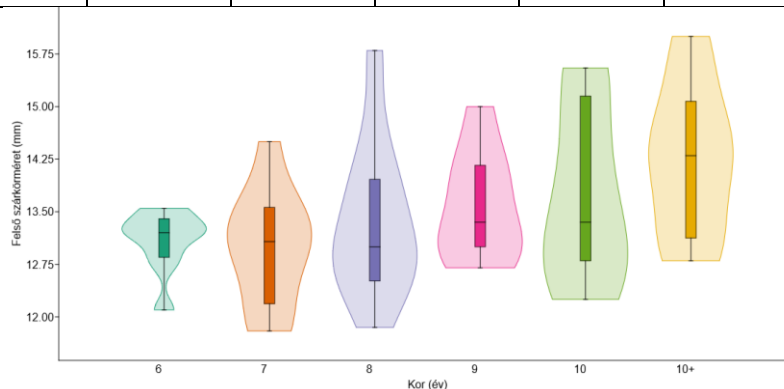
7. ábra: Alsó szárkörméret korszerinti eloszlása

Az alsó szárkörméret átlagértékei 14,4–15,3 cm között alakultak, és korrelációs vizsgálat alapján szignifikáns kapcsolat mutatkozott az életkor és az alsó szárkörméret között ($p=0,008$), amely erős pozitív korrelációt jelez ($r=0,922$). A Kruskal–Wallis teszt ugyanakkor nem jelzett statisztikailag igazolható eltérést az egyes korcsoportok között ($p=0,332$). Területi összehasonlításban nem volt kimutatható szignifikáns különbség ($p>0,05$).

A következő vizsgált paraméter az felső szárkörméret volt (7. táblázat, 8. ábra).

7. táblázat: Felső szárkörméret korszerinti átlagértékei

Kor	6	7	8	9	10	10+
Átl. (mm)	13,1±0,1	13±0,3	13,4±0,3	13,6±0,3	13,7±0,4	14,2±0,4



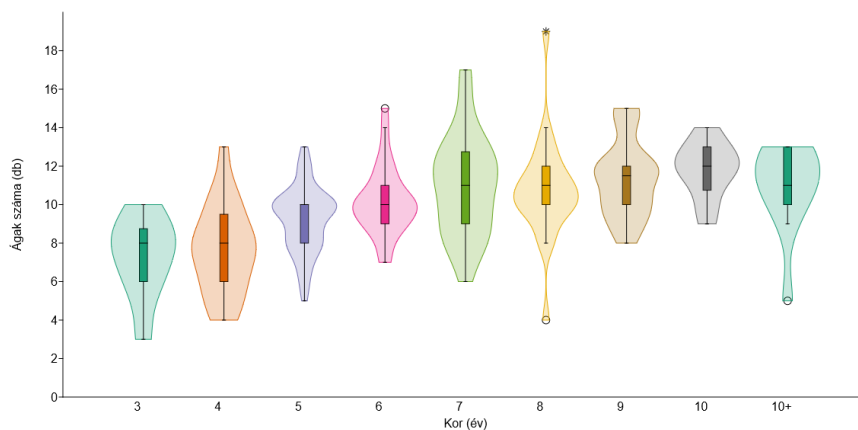
8. ábra: Felső szárkörméret korszerinti eloszlása

A felső szárkörméret átlagértékei 13,0–14,2 mm között alakultak és korrelációs vizsgálat alapján szignifikáns kapcsolat mutatkozott az életkor és a felső szárkörméret között ($p=0,003$), amely erős pozitív korrelációt jelez ($r = 0,952$). A Kruskal–Wallis teszt összességében nem jelzett szignifikáns eltérést a korcsoportok között ($p=0,207$), ugyanakkor a Mann–Whitney párosítás szerint a $6\leftrightarrow 7$, $6\leftrightarrow 8$ és $6\leftrightarrow 10+$ korcsoportok között statisztikailag igazolható különbség volt ($p\leq 0,05$). Területi összehasonlításban nem mutatkozott szignifikáns eltérés ($p>0,05$).

A következő vizsgált paraméter az ágak száma volt (8. táblázat, 9. ábra).

8. táblázat: Ágak számának kor szerinti átlagértékei

Kor	3	4	5	6	7	8	9	10	10+
Átl. (db)	7,3±0,8	7,7±0,5	9,2±0,3	10,2±0,3	11±0,5	10,8±0,5	11,4±0,5	11,8±0,5	10,9±0,7



9. ábra: Ágak számának kor szerinti eloszlása

Az ágak száma átlagosan 7,3–11,8 között alakult, és korrelációs vizsgálat alapján szignifikáns, erős pozitív kapcsolat mutatkozott az életkor és az ágszám között ($p \leq 0,001$; $r = 0,902$). A Kruskal–Wallis teszt szintén szignifikáns eltérést jelzett a korcsoportok között ($p \leq 0,001$), azonban a Mann–Whitney párosítás szerint több korcsoportpár esetében nem volt kimutatható különbség ($p \geq 0,05$). Területi összehasonlításban nem mutatkozott statisztikailag igazolható eltérés ($p \geq 0,05$).

Következtetések

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált trófeamorfolometriai paraméterek közül a nagykoponyás tömeg és a szárhossz mutatta a legerősebb összefüggést az életkorral, mindkét esetben szignifikáns, pozitív korrelációval. Ez megerősíti ezen jellemzők korbecslési jelentőségét. A korcsoportok közötti eltérések szintén szignifikánsak voltak, bár bizonyos szomszédos korcsoportok között nem mutatkozott különbség. Területi összehasonlításban a nagykoponyás tömeg és a szárhossz esetében általánosságban nem volt kimutatható szignifikáns eltérés a Dél-Vértes, Észak-Vértes és Gerecse mintái között, kivételt képezett a teljes bírálatú trófeák nagykoponyás tömege középkorban, ahol a dél-vértesi és gerecsei minták között szignifikáns különbség jelentkezett ($p = 0,024$).

A többi vizsgált paraméter (szemághossz, középaghossz, koszorú- és szárkörméret, ágszám) esetében az életkorral való kapcsolat változó erősségű volt: az alsó és felső szárkörméret, valamint az ágszám erős pozitív korrelációt mutatott, míg a szemághossz és középaghossz nem bizonyult szignifikánsnak. A koszorú körméret esetében középkorban területi eltérés volt kimutatható ($p = 0,018$), míg más paramétereknél területi különbségek nem jelentkeztek.

Összességében a vizsgálat eredményei azt jelzik, hogy a gímszarvas trófeamorfolometriai jellemzői közül a nagykoponyás tömeg, a szárhossz, az ágszám és a szárkörméretek alkalmazabbak az életkor becslésére, míg a területi adottságok hatása csekély ilyen térbeli közelség esetén. A korbecslési módszerek finomítása során ezen paraméterek kiemelt szerepet kaphatnak.

Irodalomjegyzék

- GARCIA F. – ALVES DA SILVA A. – FREITAS H. ET AL. (2025): The essential, but complex, role of red deer as an ecosystem service provider: a comprehensive review across Europe. *Eur J Wildl Res* 71, 46 (2025). <https://doi.org/10.1007/s10344-025-01922-7>
- HAMMER Ø. – HARPER D.A.T. – RYAN P.D. (2011): Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.*, 4(1), 9.
- KŐHALMY, T. (1999): Korbecslések: szarvastól a siketfajdig. *Nimród Alapítvány*
- NÁHLIK A. (1996): Trófeakezelés és bírálat. Soproni Egyetem, jegyzet. Sopron
- VEIBERG V. – NILSEN E.B. – ROLANDSEN C.M. ET AL. (2020): The accuracy and precision of age determination by dental cementum annuli in four northern cervids. *Eur J Wildl Res* 66, 91 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10344-020-01431-9>

AGROERDÉSZETI KLÍMAADAPTÁCIÓ VIZSGÁLATA BOGYÓSGYÜMÖLCS-TERMESZTÉSSEN

Investigation of agroforestry climate adaptation in berry production

VÁGVÖLGYI ANDREA¹, VARGA JENŐ², SZALAI ZITA³, VITYI ANDREA¹

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

²MATE Kertészettudományi Intézet Gyümölcssteresztési Kutatóközpont Fertődi Kutatóállomás

³Magyar Permakultúra Egyesület

vagvolgyi.andrea@uni-sopron.hu

Kivonat

Az éghajlatváltozás hatásai különösen erőteljesen jelentkeznek a Pannon biogeográfiai régió kertészeti termesztési rendszereiben, ahol a növekvő hő- és vízstressz jelentős terméshozam-sági kockázatot jelent a bogyósgyümölcs-kultúrák számára. Az agroerdészeti rendszerek olyan természet-alapú megoldásokat kínálnak, amelyek egyidejűleg járulhatnak hozzá a klímaadaptációhoz, a mikroklíma mérsékléséhez és a mezőgazdasági termelés környezeti fenntarthatóságának javításához.

Jelen tanulmány a ClimaPannonia Horizont Európa projekt keretében Fertődön működő nyár–málna köztestermesztéses agroerdészeti demonstrációs rendszer bemutatására és értékelésére fókuszál. A vizsgálatok során a fás elemekkel integrált málnaültetvényt árnyékolás nélküli, hagyományos kontroll parcellákkal hasonlítják össze. Az értékelt paraméterek kiterjednek a mikroklimatikus és hidrológiai jellemzőkre, a talajállapotra, a növényéletteni válaszokra, a termés mennyiségi és minőségi mutatóira, a biodiverzitásra, valamint a termesztési rendszer karbonlábnyomára.

A bemutatott kísérleti rendszer alkalmas keretet biztosít az agroerdészeti termesztési módok klímaadaptív potenciáljának komplex értékelésére. Az eddigi tapasztalatok arra utalnak, hogy a részleges, természetes árnyékolás mérsékelheti a klimatikus stresszt, ugyanakkor hosszabb távon az árnyékolás mértékének szabályozása kulcsfontosságú a termelékenység fenntartása érdekében. A vizsgálat eredményei hozzájárulhatnak a bogyósgyümölcs-termesztés klímaadaptív fejlesztéséhez, valamint az agroerdészeti gyakorlatok szélesebb körű alkalmazásához a Pannon régióban és az Európai Unió adaptációs stratégiáinak megvalósításában.

Abstract

The impacts of climate change are increasingly pronounced in horticultural production systems of the Pannonian biogeographical region, where rising heat and water stress pose substantial risks to the yield stability of berry crops. Agroforestry systems represent nature-based solutions that can simultaneously support climate adaptation, moderate microclimatic extremes, and improve the environmental sustainability of agricultural production.

This study presents and evaluates a poplar–raspberry intercropping agroforestry demonstration system established in Fertőd, Hungary, within the framework of the ClimaPannonia Horizon Europe project. The agroforestry plots are compared with conventional, non-shaded control plots to assess the effects of tree-based integration on berry production. The investigated parameters include microclimatic and hydrological conditions, soil characteristics, plant physiological responses, yield quantity and quality, biodiversity indicators, and the carbon footprint of the production system.

The experimental system provides a comprehensive framework for assessing the climate-adaptive potential of agroforestry-based berry production. Preliminary experiences indicate that partial, natural shading can mitigate climatic stress, while long-term system performance requires careful regulation of shading intensity to maintain productivity. The findings of this study may support the development of climate-resilient berry production systems and contribute to the wider uptake of agroforestry practices in the Pannonian region and within European Union climate adaptation strategies.

Bevezetés

A klímaváltozás hatásai az európai mezőgazdaságban egyre erőteljesebben jelentkeznek, különösen a mérsékelt száraz, kontinentális klímájú térségekben, mint amilyen a Pannon biogeográfiai régió is. A növekvő hőmérsékleti szélsőségek, az aszályos időszakok gyakoribbá válása, valamint a csapadék időbeli és térbeli eloszlásának kiszámíthatatlansága jelentős kihívás elé állítják a kertészeti ágazatokat, különösen a magas vízigényű bogyósgyümölcs-termesztést.

Az agroerdészeti rendszerek – amelyekben fás szárú növényeket integrálnak mezőgazdasági kultúrákkal – egyre nagyobb figyelmet kapnak, mint olyan természet-alapú megoldások, amelyek egyszerre képesek hozzájárulni a klímaadaptációhoz és a klímaváltozás mérsékléséhez (JOSE, 2009; LIN, 2010). Számos kutatás igazolja, hogy a fás elemek jelenléte kedvezően befolyásolja a mikroklímát, mérsékli a hőstresszt, csökkenti a párolgási veszteségeket, valamint javítja a talaj víz- és szervesanyag-gazdálkodását (LIN ET AL., 2018; TORRALBA et al., 2016).

A mikroklimatikus hatások különösen fontosak a bogyósgyümölcs-kultúrák esetében, amelyek érzékenyen reagálnak a magas hőmérsékletre és a vízhiányra. Korábbi vizsgálatok rámutattak arra, hogy az árnyékolás – legyen az mesterséges vagy természetes – kedvezően hathat a málna és más *Rubus* fajok fiziológiai állapotára, terméshozamára és beltartalmi paramétereire, ugyanakkor túlzott mértékben a terméshozam csökkenését is okozhatja (LAUB et al. 2022; HERMELINK et al. 2024). Az agroerdészeti rendszerek lehetőséget kínálnak arra, hogy az árnyékolás mértéke térben és időben szabályozható legyen, különösen megfelelő fajkombinációk és térállás alkalmazásával.

Az agroerdészeti rendszerek előnyei nem korlátozódnak a mikroklíma és a terméshozam alakulására. Számos tanulmány hangsúlyozza a biodiverzitás növekedését, az ökoszisztéma-szolgáltatások erősödését, valamint a szénmegkötési potenciál jelentős javulását is ezekben a rendszerekben (TORRALBA et al., 2016; NAIR et al., 2010; SUBRAMANIAN 2010; KAY et al. 2019; SHEKMOHAMMED 2022; KUMAR et al. 2025). Ez különösen releváns az Európai Unió klíma- és környezetpolitikai célkitűzései szempontjából, ahol a mezőgazdaság egyszerre jelenik meg kibocsátóként és a megoldás részét képező ágazatként.

Ezen összefüggések mentén indult el a 4 éves futamidejű ClimaPannonia Horizont Európa projekt, amelynek célja rendszer-szintű, természet-alapú megoldások tesztelése a Pannon régió mezőgazdasági ökoszisztémáiban. A projektben együttműködő országok – többek között Magyarország, Szerbia, Horvátország, Románia, Csehország és Szlovákia - olyan újszerű, klímaadaptív megoldások megvalósítására törekszenek, amelyek átalakíthatják a régió mezőgazdaságát. A kutatások négy kulcsfontosságú területen zajlanak:

- Víz-élelmiszer tengely: A vízkészletek hatékonyabb kezelése.
- Agrárerdészet: Fák integrálása a mezőgazdaságba.
- Biotermesztés: Környezetbarát gazdálkodási módszerek.
- Szarvasmarha-tenyésztés: Klímatudatos állattartási technológiák.

A projekt magyarországi demonstrációs helyszínén, Fertődön egy nyár–málna köztestermesztéses agroerdészeti rendszer szolgál modellként, amelynek vizsgálata lehetőséget teremt a mikroklimatikus, hidrológiai, termelékenységi, biodiverzitási és klímavédelmi hatások komplex értékelésére. Jelen tanulmány célja a fertődi kísérleti rendszer bemutatása, valamint annak megalapozása, hogy az agroerdészeti megközelítés miként járulhat hozzá a bogyógyümölcs-termesztés klímaadaptív fejlesztéséhez a Pannon régióban.

Anyag és módszer

A kísérleti terület elhelyezkedése, természeti adottságok

A kísérleti terület Nyugat-Magyarországon, Győr-Moson-Sopron vármegyében, Fertőd közigazgatási határában található, a Fertő–Hanság-medence keleti peremén. A térség a Pannon biogeográfiai régió része, amelyet mérsékelt száraz, kontinentális éghajlati hatások jellemeznek.

Az évi átlagos csapadékmennyiség 550–600 mm, amely az utóbbi évtizedekben egyre egyenetlenebb eloszlást mutat, gyakoribb nyári aszályos időszakokkal és szélsőséges csapadékeseményekkel. Az éves középhőmérséklet 10–11 °C, a nyári hőhullámok gyakorisága és intenzitása növekvő tendenciát mutat, ami különösen érzékenyen érinti a bogyógyümölcs-termesztést.

A terület domborzata sík, kis reliefű, ami kedvez a fásoros agroerdészeti rendszerek kialakításának. A talajok jellemzően közepkötött vályogtalajok (homokos vályog, homokos lösz alapkőzetten, kialakult típusos mészlepedékes csernozjom talaj), jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal (nagy víznyelésű és vízvezető képességű, közepes vízraktározó képességű, jó víztartó talajok), ugyanakkor a felső talajrétegek nyári kiszáradása gyakori jelenség. A talajvíz szintje az utóbbi években csökkent, elérhetősége a növények számára az év során jelentős ingadozást mutat.

Ezek az adottságok indokoltá teszik olyan termesztési rendszerek vizsgálatát, amelyek képesek mérsékelni a hő- és vízstresszt, javítani a mikroklímát és növelni a termesztés ökológiai stabilitását, így a fertődi terület különösen alkalmas agroerdészeti klímaadaptációs kísérletek végzésére.

A kísérleti terület bemutatása

A kísérleti terület 2017-ben az akkori NAIK Fertődi Kutatóállomásán (jelenleg: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kertészettudományi Intézet Gyümölcsstermesztési Kutatóközpont, Fertődi Kutatóállomásán) létesült. A 0,2 hektáros területen a nyárfasorok között (*Populus x euramericana* 'Sv-890') szeder (*Rubus fruticosus* 'Hull'; *Rubus fruticosus* 'Chester'; *Rubus fruticosus* 'Dirksen'), málna (*Rubus idaeus* 'Fertődi zamatos'; *Rubus idaeus* 'Eszterházi kétszertermő') és feketeribiszke (*Ribes nigrum* 'Dorotya'; *Ribes nigrum* 'Dyana'; *Ribes nigrum* 'Fertődi 1'; *Ribes nigrum* 'Oteló') bogyógyümölcs-kultúrák kerültek telepítésre, eltérő telepítési évvel és a felsorolt fajtahasználattal (1. ábra). A nyárfasorok térállása 9 × 6 m, a fák északkelet–délnyugat tájolású sorokban helyezkednek el.



1. ábra: Nyár-fekete ribiszke köztestermesztés Fertődön (Forrás: Varga Jenő)

A ClimaPannonia projekt keretében a vizsgálatok fókuszában a nyár–málna köztestermesztéses agroerdészeti rendszer áll DeepDemo (demonstrációs kísérlet), amelyet árnyékolás nélküli, fasorok nélküli kontroll parcellákkal hasonlítanak össze.

A málnaültetvények térállása $2,0 \times 0,4$ m, parcellánként megközelítőleg 530 tővel. A kontroll területeken azonos fajtájú és telepítési sűrűségű málnaállomány található.

A gyors növekedésű fák nyolcéves korukban olyan mértékű árnyékot vetettek, amely a köztes bogyós állomány fényigényét tekintve már korlátozó tényezőt jelentett. Ez a tapasztalat összecseng a nemzetközi szakirodalom megállapításaival (LAUB et al. 2022; HERMELINK et al. 2024) Az optimális fény mennyiség biztosítása érdekében minden második fa kitermelésre került.

A kísérleti területen a különböző kezelések térben elkülönítetten, de azonos termőhelyi adottságok mellett kerültek kialakításra, lehetővé téve az agroerdészeti és a hagyományos termesztési rendszer összehasonlítását mikroklimatikus, hidrológiai, növényélettani, termés- és környezeti lábnyom szempontjából.

A fertődi kísérleti elrendezést és az egyes kultúrák elhelyezkedését a 2. ábra szemlélteti, sárgával jelölve a DeepDemo (demonstrációs kísérlet) területe.



3. ábra: A ClimaPannonia projektben vizsgált nyár-málna köztestermesztéses agroerdészeti rendszer Fertődön (Forrás: Varga Jenő)

A projekt első évében a magyarországi Deep Dem és a ReappDem-ek (szerb és cseh) közös kutatási protokolljainak felépítése, a kísérleti agroerdészeti rendszerek kialakítása, és a 2025-től kezdődő vizsgálatok előkészítése – kutatási eszközök, műszerek beszerzése és telepítése-, valamint az ezt megelőző tesztidőszak előzetes mérései kezdődtek meg, így például a hidrológiai mérések egy része, a meteorológiai és a mikroklímatis adatok gyűjtése. A DeepDem a Soproni Egyetem, a MATE Fertődi Kutatóállomása és a Magyar Peramkultúra Egyesület, valamint számos civil, szakmai és mezőgazdasági szereplő együttműködésében valósítja meg az innovációt.

Ezzel párhuzamosan megtörténik a ReappDem-ek agroerdészeti kísérleti területeinek kialakítása is, melyek vizsgálatával az innovatív technológia különböző adottságú termőhelyeken való adoptálhatóságát tesztelik. Ez a modell nem csak, mint pilot szolgál, hanem hozzájárulhat a Pannon régió agráriumának adaptációs stratégiáihoz is.

A projekt 2025 és 2029 között zajlik, a kísérletet azonban remélhetőleg hosszabb időtávra is ki lehet majd terjeszteni.

Eredmények

A ClimaPannonia projekt keretében vizsgált agroerdészeti termesztési technológia ígéretes megoldást jelenthet a bogyósok klímaadaptív termesztéséhez. Az eddigi tapasztalatok alapján a természetes árnyékolás számos előnnyel jár, ugyanakkor a technológia korlátait is fontos felmérni. Vizsgálataink célja az agroerdészeti rendszer előnyeinek és hátrányainak vizsgálata komplex vízgazdálkodás, talaj-/ mikroklíma, környezeti lábnyom és termelékenység szempontjából. A rendszer korábbi vizsgálatait és az eddig szerzett tapasztalatok azt mutatják, hogy fiatal (1-7 éves) rendszer esetében csökkenthető a klíma-stressz. Ugyanakkor az idő előrehaladásával az erősödő árnyékolás negatív hatásai is megjelennek, ami a fás vegetáció ritkításával és/vagy visszametszésével orvosolható, illetve új telepítés esetében a növényállomány-struktúra és fajkombináció megfelelő összehangolásával hosszabb távon optimalizálható.

Konklúzió

A fertődi bogyóstermesztés agroerdészeti kísérleti és demonstrációs területen közel egy évtizede folyó vizsgálatok során a természetes részleges árnyékolás számos előnyét tapasztalták és mérték a kutatók. Az eddigi eredmények arra engednek következtetni, hogy a vizsgált technológia hatékony eszköz lehet a bogyóstermesztés klímaadaptív fejlesztéshez a Kárpát-medencében. Ugyanakkor az is jól látszik, hogy a természetes árnyékolás hosszútávú előnyeinek-hátrányainak feltárásához és a technológia széleskörű adoptálhatóságához további vizsgálatok szükségesek. A ClimaPannonia projekt lehetőséget biztosít arra, hogy a fertődi kísérleti területen alkalmazott technológiát középtávon is felmérjük és értékeljük, melynek eredményei alapján az érintett szereplőkkel kollaborálva validált és gyakorlatba áttemelhető technológiává fejleszhető.

A fertődi agroerdészeti kísérleti rendszerben szerzett tapasztalatok összhangban állnak az Európai Unió klímaadaptációs és fenntartható mezőgazdasági törekvéseivel, különös tekintettel az EU Klímaadaptációs Stratégiájára, a Közös Agrárpolitika (KAP) zöldítési célkitűzéseire, valamint a természet-alapú megoldások (Nature-based Solutions) szélesebb körű alkalmazására. A bemutatott nyár–málna köztestermesztéses modell hozzájárulhat a mezőgazdasági termelés klímaérzékenységének csökkentéséhez, a mikroklimatikus szélsőségek mérsékléséhez és az ökoszisztéma-szolgáltatások erősítéséhez a Pannon régióban. Az ilyen típusú demonstrációs rendszerek eredményei középtávon megalapozhatják az agroerdészeti gyakorlatok szélesebb körű beépítését a regionális és uniós szintű adaptációs stratégiákba, valamint támogathatják a gazdálkodók gyakorlatorientált átállását klímatudatos természeti rendszerekre.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az ClimaPannonia (Building climate resilience via large scale uptake of systemic solutions in agricultural ecosystems in the Pannonian region) Horizont Európa projekt (támogatási megállapodás száma: 101156281) és a 2020-2.1.1-ED-2024-00352 számú (101156281 Horizon Europe projekthez kapcsolódó) kormányzati önerő támogatással valósult meg. A kifejtett nézetek és vélemények kizárólag a szerző(k) nézeteit tükrözik, és nem feltétlenül tükrözik az Európai Unió vagy az Európai Kutatási Végrehajtó Ügynökség (REA) álláspontját. Sem az Európai Unió, sem a támogatást nyújtó hatóság nem tehető felelőssé értük.

Irodalomjegyzék

- HERMELINK, M. I. – MAESTRINI, B. – J. DE RUIJTER, F. (2024): Berry shade tolerance for agrivoltaics systems: A meta-analysis, *Scientia Horticulturae*, Volume 330, 2024, ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113062>.
- JOSE, S. (2009): Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforest Syst* 76, 1–10 (2009). <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- KAY, S. – REGA, C. – MORENO, G. – M. DEN HERDER – M., PALMA J. H. N. ET AL. (2019): *Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe*. *Land Use Policy*, 85, 193–205. ISSN 0264-8377, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.025>.
- KUMAR, K. – CHATHA, J. – PRADHAN, I. – KUMAR, A. – NAIK, T. – VAISHNAV, R. – SINGH, A. – PRADHAN, R. (2025): The role of agroforestry in carbon sequestration and climate adaptation: A review. *International Journal of Research in Agronomy*. 8. 350-363. 10.33545/2618060X.2025.v8.i2e.2592.
- LAUB, M. – PATAKZEK, L. – FEUERBACHER, A. ET AL. (2022): Contrasting yield responses at varying levels of shade suggest different suitability of crops for dual land-use systems: a meta-analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 42, 51 (2022). <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00783-7>

- LIN, B. B. (2010): *The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150, Issue 4, 510–518. ISSN 0168-1923, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.11.010>.
- NAIR, P. K. R. – NAIR, V. D. – KUMAR, B. M. – SHOWALTER, M. J. (2010): Chapter Five - Carbon Sequestration in Agroforestry Systems, Editor(s): Donald L. Sparks, *Advances in Agronomy*, Academic Press, Volume 108, 2010, pp. 237-307, ISBN 9780123810311, [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08005-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08005-3)
- SHEKMOHAMMED, S. (2022): The Role of Agroforestry in Ecosystem Service and Climate Change Regulation: A Review. *International Journal of Agricultural Economics*, 7(5), 214-221. <https://doi.org/10.11648/j.ijae.20220705.12>
- SUBRAMANIAN, M. (2010): Carbon Sequestration in Agroforestry Systems. *Advances in Agronomy*. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08005-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08005-3)
- TORRALBA, M. – FAGERHOLM, N. – BURGESS, P.J. – MORENO, G. – PLIENINGER, T. (2016): Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 230, 2016, pp 150-161, ISSN 0167-8809, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>.

A MAGYARORSZÁGI NŐI VADÁSZOK DEMOGRÁFIAI JELLEMZŐINEK ÁTTEKINTÉSE 2013 ÉS 2023 KÖZÖTT

An overview of female hunter demography in Hungary between 2013 and 2023

VAJDA JÓZSEF¹, LÁSZLÓ RICHÁRD¹

¹Soproni Egyetem, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet

Jozsef.Vajda@phd.uni-sopron.hu

Kivonat

A nők jelentik a legdinamikusabban növekvő társadalmi csoportot a vadászat és a horgászat területén. E csoport tagjai a tevékenységbe való belépéskor különösen erős elköteleződést mutatnak a vadászati örökség megőrzése iránt, valamint kiemelt figyelmet fordítanak az élővilág és az élőhelyek fenntartására. A rekreációs célú vadászat Magyarországon a vidéki térségekben egyedülálló szerepet tölt be: egyszerre járul hozzá a természetvédelmi célok megvalósításához, a társadalmi rekreációs igények kielégítéséhez és a helyi megélhetés támogatásához. A tanulmány a magyarországi női vadászok demográfiai jellemzőit vizsgálja 2013 és 2023 között, az Országos Magyar Vadászkamara és a KSH adatbázisainak felhasználásával. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a női vadászok aránya a vadászjegytulajdonosok körében 3,45%-ról 5,35%-ra emelkedett, ami több mint kétszeres növekedést jelent egy évtized alatt. A női vadászok körében különösen a 25–49 éves korcsoport felülreprezentált, míg a részvétel 60 év felett jelentősen csökken. Az online kérdőíves felmérés alapján a magyar vadászok többsége középkorú (átlagosan 47 év körüli), vidéki lakóhelyű, aktív kereső, átlag feletti jövedelemmel és több éves vadászati tapasztalattal rendelkezik. Az eredmények arra utalnak, hogy a női vadászok számának növekedése nem csupán mennyiségi, hanem társadalmi-kulturális értelemben is átalakítja a hazai vadászközösség összetételét.

Abstract

Women represent the fastest growing demographic group in hunting and fishing. When entering the field, they often demonstrate a strong commitment to preserving hunting heritage and show heightened sensitivity toward wildlife conservation and habitat sustainability. In Hungary, recreational hunting plays a unique role in rural areas by simultaneously contributing to nature conservation, fulfilling social recreational needs, and supporting local livelihoods. This study examines the demographic characteristics of female hunters in Hungary between 2013 and 2023, using datasets from the National Chamber of Hungarian Hunters and the Hungarian Central Statistical Office. The results indicate that the proportion of female hunting license holders increased from 3.45% to 5.35% over the examined decade, representing more than a twofold growth. Female participation is particularly overrepresented in the 25–49 age group, while participation declines significantly above the age of 60. Based on an online survey, the majority of Hungarian hunters can be characterized as middle-aged (approximately 47 years on average), living in rural areas, economically active, with above-average income levels and several years of hunting experience. These findings suggest that the increasing participation of women in hunting is not merely a quantitative trend but also reflects a broader socio-cultural transformation within the Hungarian hunting community.

Bevezetés

A vadászat az emberi civilizáció egyik legősibb és legmeghatározóbb tevékenysége, amelynek legkorábbi archeológiai bizonyítékai mintegy 1,7 millió évre nyúlnak vissza. A korai embercsoportok számára a vadászat nem csupán élelemszerzési mód volt, hanem alapvetően

Anyag és módszer

A tanulmány egy 2023-as évre kiterjedő, kvantitatív kutatás eredményeire épül, amely több hazai és nemzetközi adatbázis összevetésével készült. A legfontosabb adatforrások az alábbiak voltak:

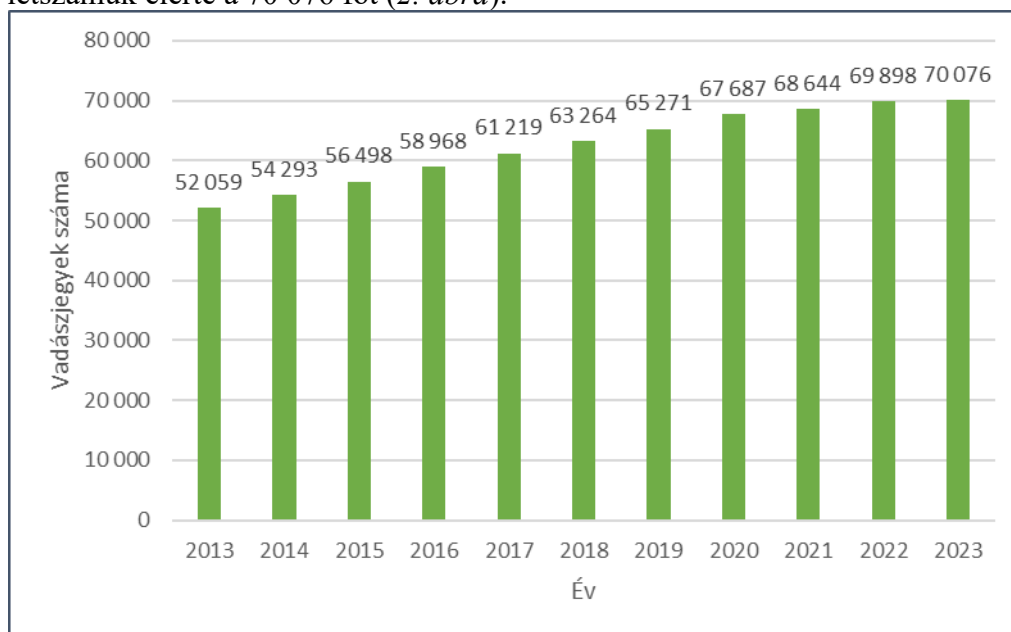
- Országos Magyar Vadászkamara (OMVK): 2013 és 2023 közötti vadászjegy adatok, külön bontva férfi és női vadászokra, valamint korcsoportokra.
- KSH Népszámlálási adatok (1980–2022): nemek és korcsoportok szerinti népességadatok.

A vadászati motivációk feltárására online kérdőíves felmérés készült 156 fő részvételével, amelyben 8% volt a női válaszadók aránya. A kérdőív a vadászattal kapcsolatos anyagi ráfordításokra, motivációs tényezőkre és életmódválasztásokra fókuszált. A kérdőíves módszer alkalmazása a vadászattal kapcsolatos motivációk, életmódbeli jellemzők és anyagi ráfordítások feltárásában nemzetközi kutatásokban is bevett gyakorlat.

A kutatás célja annak vizsgálata volt, hogy a női részvétel emelkedése milyen mértékben tér el a férfi vadászok növekedési ütemétől, illetve milyen társadalmi-demográfiai sajátosságok jellemzik az újonnan csatlakozó női vadászokat.

Eredmények

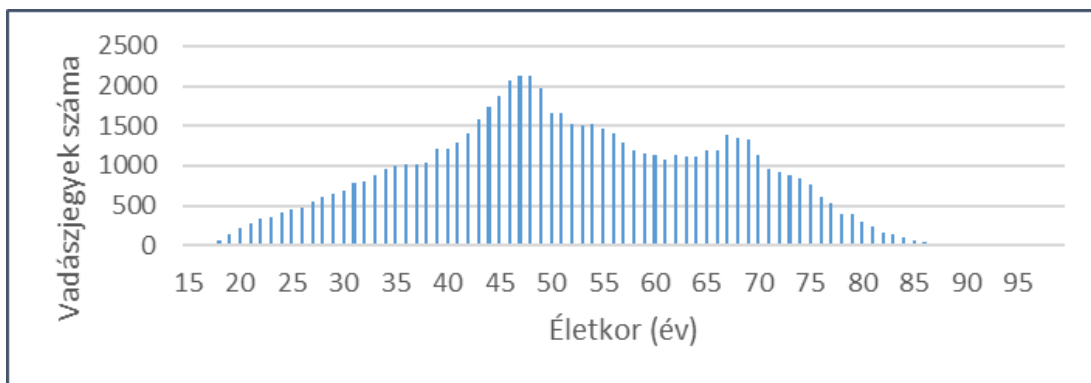
Magyarországon az elmúlt időszakban folyamatosan emelkedett a vadászok száma, 2023-ban a létszámuk elérte a 70 076 főt (2. ábra).



2. ábra: A kiváltott vadászatjegyek száma Magyarországon 2013-2023 között (OMVK adatok)

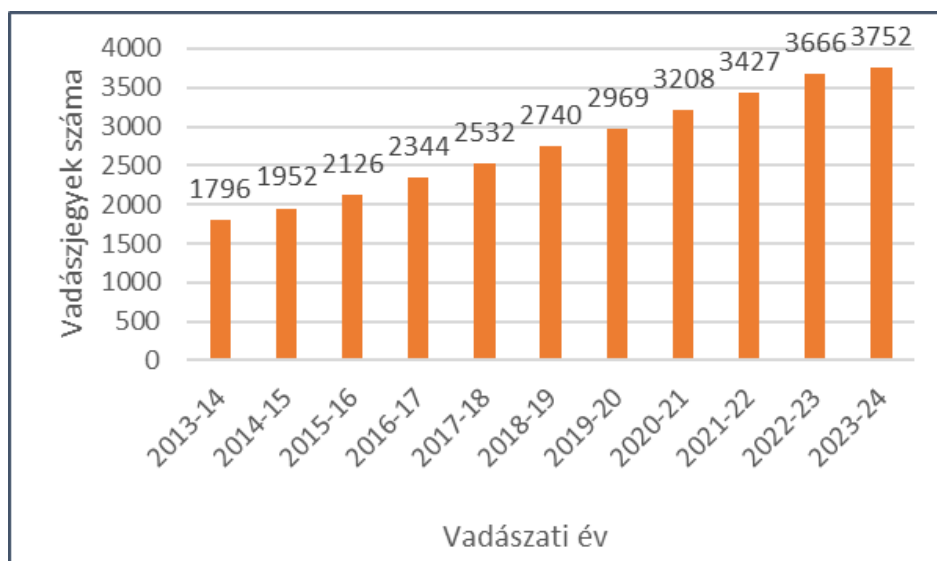
Ez nagyjából 34%-os növekedést jelent 2010 és 2023 között. A népességhez viszonyítva: 70 000 vadász / 9,6–9,7 millió lakos \approx 7–7,5 vadász / 1000 lakos, ami a közép-európai mezőnyben közepes vadász-sűrűségnek felel meg (Ausztriánál alacsonyabb, Szlovákiánál valamivel alacsonyabb, de például Németországnál magasabb arányt jelent). Az online kérdőíves felmérés eredményei alapján a válaszadó vadászok átlagéletkora megközelítőleg 47 év volt. A minta többségét vidéki lakóhelyű, gazdaságilag aktív személyek alkották, akik átlag feletti jövedelemmel és több éves vadászati tapasztalattal rendelkeztek. A fenti trendek alapján a női vadászközösség egyre szélesebb társadalmi és kulturális háttérrel rendelkezik, és a vadászati tevékenység új megközelítéseit hozza be a hazai gyakorlatba. Ez az életkori és

jövedelmi profil összhangban áll más európai vizsgálatok eredményeivel, amelyek szerint a vadászat jellemzően stabil egzisztenciával rendelkező, középkorú társadalmi csoportokhoz kötődik.

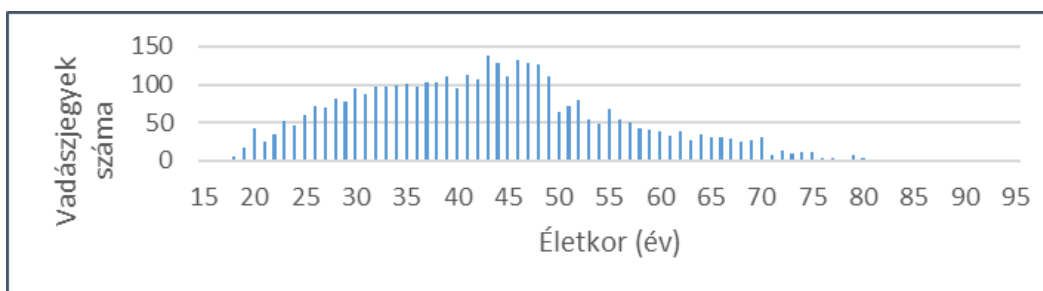


3. ábra: Vadászok megoszlása életkor szerint a férfiak esetében 2023-ban (OMVK adatok)

A női vadászok száma Magyarországon folyamatosan növekedett az elmúlt időszakban, mivel ez intenzívebb volt, mint a férfi vadászok számának növekedése, ezért az arányuk is növekedett. A női vadászok aránya a magyar sportvadászokon belül 2013-ban **3,45%-ról**, 2023-ban **5,35%-ra emelkedett**. Ez **108,69%-os növekedést** jelent egy évtized alatt (4. ábra).



4. ábra: A női vadászok száma Magyarországon 2013-2023 között (OMVK adatok)

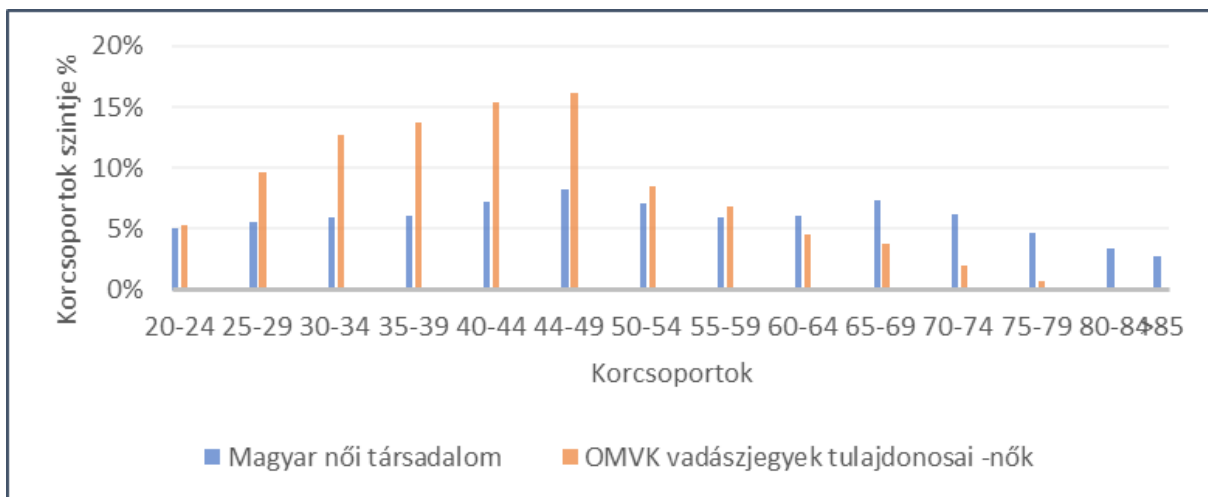


5. ábra: Vadászok megoszlása életkor szerint a nők esetében 2023-ban (OMVK adatok)

A női vadásztársadalom korösszetétele és arányai különösen figyelemre méltó tendenciát mutatnak (5. ábra):

- a 25–49 éves korcsoportban kétszer annyi nő vadászik, mint amennyi a teljes női népességen belüli arányuk indokolná;
- a legmagasabb részvétel a 45–49 éves korcsoportban volt (16,2%);
- a női részvétel 60 év felett jelentősen visszaesik;
- a legidősebb aktív női vadász 2023-ban 87 éves volt.

A fenti trendek alapján a női vadászközösség egyre szélesebb társadalmi és kulturális háttérrel rendelkezik, és a vadászati tevékenység új megközelítéseit hozza be a hazai gyakorlatba.



6. ábra: A női vadászok és a magyarországi női korcsoportok megoszlása (OMVK és KSH adatok)

Következtetések

A nemzetközi trendeket figyelembe véve várhatóan Magyarországon is tovább növekszik a vadászok száma, valamint a női vadászok aránya a magyar vadásztársadalmon belül. A vizsgált időszakban (2013-2023) a női vadászok száma több mint kétszeresére növekedett, arányuk a teljes hazai vadásztársadalmon belül 3,45%-ról 5,35%-ra emelkedett. Lakosságarányosan a vadászok száma Magyarországon nem tekinthető magasnak más európai államokhoz képest, hiszen a szomszédos országokban (Románia kivételével) jóval magasabb ez a mutató. Más fejlett országokban pl. az Amerikai Egyesült Államokban is magasabb a vadászok aránya, itt az európai értékekhez képest kimagasló a női vadászok száma is. Az elmúlt évtizedben Európa-szerte átalakulóban van a vadászközösség társadalmi összetétele: a magyarországi folyamatokhoz hasonlóan egyre több nő csatlakozik a vadászok táborához, hozzájárulva a természetvédelmi célok megvalósításához és a fenntartható vadgazdálkodás új szemléletének kialakításához. A női vadászok létszám-növekedését és közösségépítő szerepét mutatja az is, hogy 2003-ban létrejött Magyar Vadásznők Diana Klubja ma több mint 250 taggal rendelkezik, és aktívan részt vesz a vadászati kultúra ápolásában, a fenntartható vadgazdálkodási szemlélet terjesztésében és a fiatal generációk természetismereti nevelésében. A női vadászok növekvő részvétele nemcsak demográfiai változást jelez, hanem a vadászat társadalmi jelentésének átalakulására is utal, amely a fenntarthatóság, a gondoskodás és a közösségi felelősség hangsúlyosabb megjelenésével jár együtt (LOVELOCK, 2008).

Irodalomjegyzék

- HEBERLEIN T.A. - ERICSSON G. (2005): Ties to the countryside: Accounting for urbanites' attitudes toward hunting, wolves, and wildlife. *Human Dimensions of Wildlife*, 10(3), 213–227. <https://doi.org/10.1080/10871200591003454>
- KELLY R.L. (2013): *The lifeways of hunter-gatherers: The foraging spectrum* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- KIMMERER R.W. (2013): *Braiding sweetgrass: Indigenous wisdom, scientific knowledge and the teachings of plants*. Milkweed Editions.
- KSH. (1980–2022): *Népesség kor és nem szerint*. Központi Statisztikai Hivatal. Elérhető: https://www.ksh.hu/stadat_files/nep/hu/nep0003.html
- LOVELOCK B. (ED.). (2008): *Tourism and the consumption of wildlife: Hunting, shooting and sport fishing*. Routledge.
- LOVERIDGE A.J. - SEARLE A.W. - MURINDAGOMO, F. - MACDONALD, D. W. (2007): The impact of sport-hunting on the population dynamics of an African lion population in a protected area. *Biological Conservation*, 134(4), 548–558. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.09.010>
- ORSZÁGOS MAGYAR VADÁSZKAMARA. (2023): *Kutatási adatszolgáltatás a 2013–2023 közötti időszakra*.
- STATISTA (2023): *Jagd in Europa – Anzahl der Jäger pro 1.000 Einwohner*. Elérhető: <https://de.statista.com/infografik/16411/jagd-in-europa/>
- THE U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE. (2023): *National survey of fishing, hunting, and wildlife-associated recreation*. Elérhető: <https://wildlifemanagement.institute/brief/october-2023/national-survey-fishing-hunting-and-wildlife-associated-recreation-released>

AZ ERDŐPEDAGÓGIA LEHETŐSÉGEI A SZAKMAI KOMMUNIKÁCIÓTERÉN – AZ ERDŐPEDAGÓGIAI KÉPZÉSEK GYAKORLATA

The Possibilities of Forest Pedagogy in the Field of Professional Communication
– The Practice of Forest Pedagogy Training Programs

VARGA RITA¹, HORVÁTH TAMÁS²

¹ Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási
Tudományok Doktori Iskola

²Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet
varga.rita@rothszki.hu

Kivonat

A társadalmi érdeklődés az erdőgazdálkodási tevékenység iránt a COVID járvány óta erőteljesen megnőtt, amelyet az állami erdőgazdálkodási szektor fokozottan érzékel. A hatékony szakmai kommunikáció kiemelt eszköze az erdőpedagógia: releváns szakmai információk átadása hiteles forrásból, pedagógiai módszerekkel, amihez megfelelő képzési háttér is szükséges. Tanulmányunkban bemutatjuk a hazai állami erdőgazdálkodás szintjén végzett kérdőíves felmérés tapasztalatait, elvárásait a fiatal szakemberek kommunikációja terén. Bemutatjuk a hazai erdőgazdálkodók számára is elvégezhető erdőpedagógiai képzéseket, ismertetünk külföldi jó gyakorlatokat. Mindezeket összevetve javaslatot teszünk az erdőpedagógiai képzések kibővítésére, újabb módszertani elemek bevezetésére.

Abstract

Public interest in forest management activities has grown significantly since the COVID pandemic, which has been keenly felt by the state forest management sector. Forest education is a key tool for effective professional communication: it involves the transfer of relevant professional information from reliable sources using pedagogical methods, which requires appropriate training. In our study, we present the findings of a questionnaire survey conducted at the level of domestic state forestry management, as well as the expectations of young professionals in the field of communication. We present forest education training courses that can also be taken by domestic foresters and describe good practices from abroad. Taking all this into account, we make recommendations for expanding forest education training and introducing new methodological elements.

Bevezetés

A hazai erdőgazdálkodók több mint 100 éve dolgoznak azon, hogy a trianoni döntéssel határon kívülre került erdők természeti-gazdasági hiányát orvosolják. 1920-ban a hazai erdők 84,1 %-a Magyarország határain kívülre került. Sajnos azonban nem ez volt az erdőkkel, természettel kapcsolatban az egyetlen negatív hatás.

A XX. század második felére világszerte komoly problémákkal kellett az emberiségnek szembenéznie, mint a globális felmelegedés, szélsőséges időjárás, üvegházhatás, túlnépesedés, erdőirtás. Csak néhány fogalom, ami már szinte mindennapossá válik híradásainkban. Félelemre okot adó kifejezések, amelyek mögött a szakemberek látják a probléma súlyosságát, a társadalom átlagemberének viszont csak az fontos, ami a közvetlen környezetében a saját életére hatással van. Még a következő generációra sem vagyunk igazán tekintettel, pedig a helyzet komplex megoldást igényel, amelynek alapja egy szemléletváltás-szemléletformálás, Ennek alapja a hatékony politikai- gazdasági-pedagógiai átalakulást.

A nemzetközi politika a '70-es évektől kezdte belátni, hogy egységes összefogásra van szükség. 1972-ben Stockholmban rendezték meg az ENSZ Emberi Környezet Konferenciát, majd az elkövetkezendő években több kormányközi egyeztetés született: 1975-ben Belgrádban, majd 1977-ben Tbilisziben, 1992-ben Rio de Janeiro-ban született környezeti nevelés fontosságáról célkitűzéseiről megállapodás. (Botos és tsai, 1992. Stratégia, 1998, Havas, 2001) A riói konferencia után hazánkban is felgyorsult a környezeti nevelés országos szintű segítése, szabályozása.

1995-ben elkészült az első Nemzeti Alaptanterv (NAT), amelyet 2003, 2007, 2012 után 2020-ban továbbiak követtek. A NAT az iskolák 1-12. évfolyamaira vonatkoztatva műveltségi területeket határoz meg. A környezeti-természeti ismereteket tekintve cél az, hogy megértsék: a természet egységes egész; a Föld egységes, de állandóan változó rendszer, amelyben az ember természeti és társadalmi lényként él, és ez megköveteli az erőforrásokkal való ésszerű gazdálkodást. A NAT mellett 2012-ben (majd 2018-ban ezt módosítva) megjelent az Óvodai Nevelés Országos Alapprogramja is.

A környezeti nevelés fontosságát felismerve számos iskola, egyesület, alapítvány vágott bele különböző helyi, vagy országos program kidolgozásába. 1983-ban megalakult a Környezet- és Természetvédelmi Oktatóközpontok Országos Szövetsége (KOKOSZ), 1991-ben megalakult az Erdei Iskola Egyesület, akinek elsősorban koordináló szerepe volt. Létrehoztak egy Környezeti Nevelési és Kommunikációs Programirodát (KÖNKOMP) is a hatékonyabb munkavégzés, valamint pályázatok írása érdekében. A '90-es években közel 100 erdei iskola működött, amelyek szorgalmi, vagy szünidőben természeti környezetben szervezett foglalkozásokat tartottak. Az előző évek szokásait, eredményeit vizsgálva megállapítható, hogy ekkor a leggyakrabban önképzésen részt vett, lelkes pedagógusok vezetésével (személyes ismeretség esetén természetvédelmi szakember, esetleg erdész bevonásával) tartották a foglalkozásokat. (MAROSVÁRY 2005)

Természetesen az erdőgazdálkodók is részt kívántak vállalni a fiatal generáció környezeti nevelésében, így amellet, hogy a KOKOSZ munkájában is aktívan részt vettek, 1996-ban megalakult az Országos Erdészeti Egyesületen belül az Erdészeti Erdei Iskola szakosztály. Német (Roland Migende) és svájci (Franz Lohri) erdőpedagógusokkal vették fel a kapcsolatot, hogy a saját tapasztalatok mellett külföldi jó példákon keresztül sajátítsák el a szakmai fogásokat. Iskolarendszeren kívüli képzések is indultak- pl. Környezetünk az erdő, Környezeti nevelés az erdőben, vagy az Erdőpedagógiai szemináriumok, ahol részben pedagógusok, részben a téma iránt érdeklődő erdész szakemberek tanultak. Iskolai rendszerű képzés 2011-ben indult a Soproni Egyetemen, ami a diplomával rendelkező érdeklődőknek ad lehetőséget magasabb szinten az erdőpedagógia elsajátítására.

2001-ben lezajlott egy ágazati állapotfelmérés, majd a stratégiai célmeghatározás, és a társadalmi vita után 2004-ben kiadták a Nemzeti Erdőprogramot (NEP), amelynek ágazati szintű megvalósítását 2006-2015 közé írták elő. A NEP fő feladata az erdőterület növelése és a tartamos erdőgazdálkodás megvalósítása volt, amelyeket három nagy pillér mentén fogalmazott meg: ökológiai, gazdasági és társadalmi célkitűzések.

Ez utóbbi feladatai között szerepelt *„az erdők kulturális és oktatási szerepének erősítése, különös tekintettel a környezeti nevelésre és az erdőpedagógia támogatására”*, valamint *„Az erdőgazdálkodás társadalmi elfogadottságának növelése, a lakosság és a civil szervezetek bevonása a döntéshozatalba”* (Nemzeti Erdőstratégia, 2016, p. 3).

A Nemzeti Erdőstratégia céljait tovább gondolva és kiegészítve 2016. október 16-án elfogadta a kormány a magyar erdészeti szakpolitika hosszú távú erdészeti stratégiáját, a Nemzeti Erdőprogramot (NEP), amely 2016-2030 közötti időtartamra határozza meg céljait.

A hatékony erdészeti kommunikációval kapcsolatban az alábbiakat tartalmazza általános célként:

„Az erdőgazdálkodás szükségességének elfogadtatása, fenntartható erdőgazdálkodás környezetbarát hatásainak bemutatásán, illetve a társadalmi funkciók ellátásán keresztül, másrészt a megfelelő és széles körű erdészeti kommunikáció kialakítása jelölhető meg. Mindezek érdekében javasolt az ágazati kommunikációs képzések megvalósítása, az ágazati szereplők ösztönzése a kommunikációs tevékenységük fejlesztése érdekében, a különböző célközönségek szemléletformálása.” (NEP 53.p.)

A konkrét javaslatokat az alábbiakkal támasztja alá:

„A hiányos illetve hibás vagy téves kommunikáció a lakosság és a különböző döntéshozók alul- illetve félretájékozottságához vezet. A téves ismertek alapján hozott döntések (beleértve a lakosság életvitelére vonatkozó mindennapi apró döntéseket is), súlyos és hosszú távú következményekkel járhatnak az erdőre, a környezetünkre és az egész társadalomra illetve a gazdaságra.

Az ember felelőssége megnőtt a természeti folyamatok megértésében, működőképességének megőrzésében és a környezeti állapot javításának és fenntartásának terén. Ezért kívánatos az erdővel, az erdőgazdálkodással – ezeknek a vidékfejlesztésben, településkörnyéki erdőgazdálkodásban betöltött szerepével – kapcsolatos ismeretek bővítése, a környezetbarát faanyag felhasználási lehetőségeinek megismertetése. A közvélemény számára be kell mutatni a fenntartható erdőgazdálkodás környezetbarát hatásait, az erdő szolgáltatásainak pozitív hozzájárulását a környezeti állapothoz és a társadalmi igények kielégítéséhez.” (NEP 55.p.)

2025-ben több mint 2 millió hektár erdőt kezeltek az állami és magán szektor szakemberei, ami hazánk területének 22,3%-át teszi ki, és becslések szerint 40-50 millió látogató fordul meg bennük. (AGRÁRMINISZTERIUM 2024).

A társadalmi trendek, az egészséges életmód előtérbe kerülése, a természeti környezet széles körű használata – különös tekintettel a COVID járványt követően - ugrásszerű megemelkedése természetesen magával hozza az erdész szakemberek és a társadalom találkozásainak gyakoribbá válását is. Ahhoz, hogy a szakmai üzenetek kellő hatékonysággal célba érjenek, a társadalom laikus részét úgy kell megszólítani, hogy mind szakmailag, mind pedagógiai helytálló legyen. 1988-ban lelkes erdész szakemberek kezdték el az erdőpedagógiai foglalkozásokat megtartani úgy, hogy sem a szakmai képzésekben nem szerepelt erdőpedagógia, sem továbbképzések formájában nem volt erre lehetőség. Az elmúlt 37 évben több képzést is indítottak erdőpedagógiai témában, amelyeknek célcsoportjai legtöbbször alkalommal pedagógusok voltak. Ez több okból is hasznos volt: az erdőgazdálkodók tágabb körben bemutathatták szakmai elképzeléseiket, az erdőgazdálkodás rendszerét, ezáltal kiegészítve az ágazat kommunikációját is. A pedagógusok számára a képzések szervesen illeszthető volt a pedagógusok hétéves kötelezően előírt továbbképzési rendjébe. (277/1997. (XII. 22.) Korm. rendelet a pedagógus-továbbképzésről, a pedagógus-szakovizgáról, valamint a továbbképzésben részt vevők juttatásairól és kedvezményeiről)

Kutatásunk célja, hogy a megvizsgálja, a hatékony erdészeti kommunikáció, ezen belül az erdőpedagógiai kompetenciák mennyire alakultak ki a szakmai képzések során, valamint arra is kitér, hogy elsajátításának milyen lehetőségei vannak a magukat fejleszteni kívánó szakemberek számára.

Anyag és módszer

Kutatásaink során a szakirodalom áttekintését szekunder kutatási módszerrel végeztük, mivel más által kutatott, leírt információkat vizsgáltuk, amit kvalitatív dokumentumelemzést követett. Ennek keretében magyar és német nyelvű dokumentumokat elemeztünk erdőpedagógia, erdészeti képzések, valamint az erdész- társadalom közötti kapcsolódási pontok témakörében. Áttekintettük az erdőpedagógia történetét, elterjedését a hazai erdőgazdálkodók körében, a XX.-XXI. század erdőpedagógiai képzéseit, valamint az eddigi kérdőíves felmérések eredményeit, amelyek az erdőgazdálkodók közönségkapcsolati munkájának eredményeit mutatták be.

Primer kutatással, kérdőíves felmérések keretében több célcsoport számára készítettünk kérdőíveket erdőpedagógia, valamint erdészeti kommunikáció témakörben. A szakmai oldal tapasztalatait, véleményét a térképeztük fel. Célcsoportjaink:

- a „erdésztechnikus végzettségű szakemberek” (középfokú végzettséggel), magán és állami szektorban dolgozók egyaránt ($N_{\text{össz}}=207$)
- erdészeti szakmai képzésben részt vevő középiskolások és egyetemi hallgatók ($N_{\text{össz}}=255$)
- állami erdőgazdasági Zrt-k felsővezetői ($N=11$).

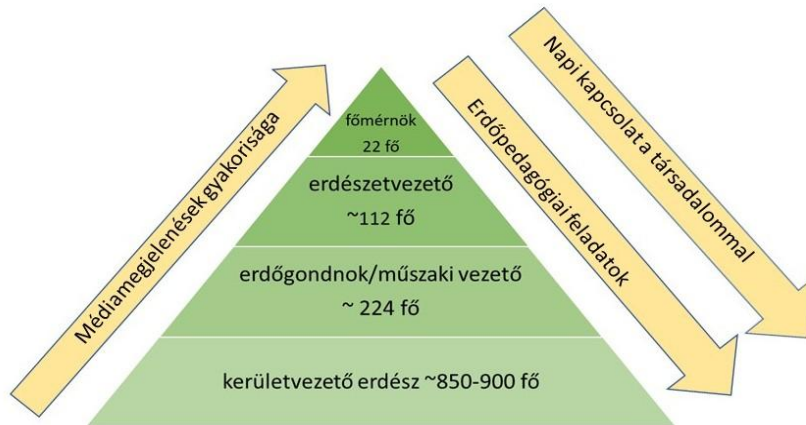
Strukturált online kérdőíveket használtunk, amelyek zárt kérdéssort tartalmaztak. Részben egyszeres választás, részben feleletválasztós kérdéseket tettünk fel többszörös válaszadási lehetőséggel (ezekben az esetekben nem határoztuk meg az adható válaszok számát), valamint minden kérdőívnel megjelenítettünk olyan kérdéseket, amelynél 5 fokozatú Likert-skálát alkalmaztunk.

Eredmények

Az erdészeti kommunikáció egyik legfontosabb pillére az (minősített) erdészeti erdei iskolák hálózata, ahol erdőpedagógusok tartanak tematikus foglalkozásokat, szakvezetések. Mindezek mellett az állami erdőgazdaságokhoz havonta érkezik be több, nem az erdészeti erdei iskolai foglalkozásokhoz kapcsolódó megkeresés (erdőterületen zajló programok, rendezvények), amelynek a gazdálkodó tudtával és engedélyével valósítható csak meg. (VARGA-HORVÁTH 2025.) Ezeknek egy részénél szükség lehet erdei szakvezetőre, más esetben pl. futóversenyénél csak a program helyszíne az erdő. Annak ellenére, hogy ezek a programok nagyon kis részét képezik a szakma és a társadalom találkozásának, mégis mérvadó adatnak tekinthető, mert sok embert mozgatnak meg, valamint a hozzáadott PR értéke sem elhanyagolható.

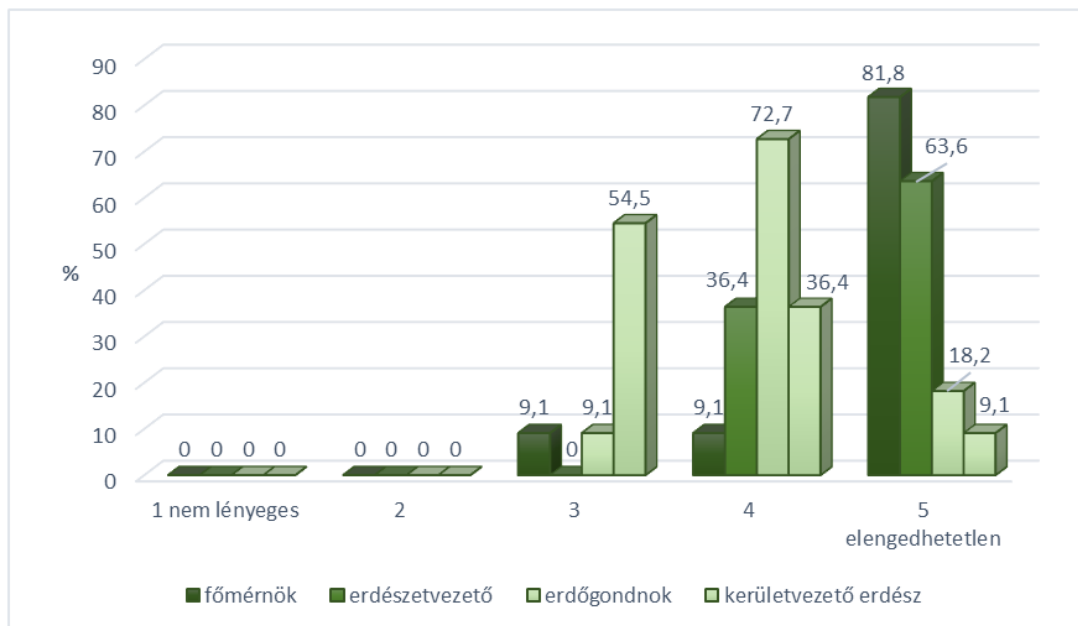
Míg az erdészeti erdei iskolai foglalkozásokhoz gyakran a kerületvezető erdészeket hívják segítségül, addig a média emberei kérdéseikkel az erdőgondnokokat, erdészetvezetőket, esetleg a főmérnököt keresik meg. Így elmondható, hogy minden szakember számára lényeges, hogy jó kommunikációs készséggel rendelkezzen.

Az egyes beosztások kommunikációs feladatait az 1. ábra segítségével szemléltetjük. Az állami erdőgazdasági Zrt-k honlapjain megtalálható adatok alapján számszerűsíthető az egyes beosztásokhoz tartozó szakemberek száma is. A főmérnök, az erdészetvezető és az erdőgondnok (műszaki vezető) erdőmérnök végzettséggel rendelkezik, míg a kerületvezető erdészek erdőszaktechnikusok. A létszámok megállapításánál kizárólag a felsorolt beosztásokban tevékenykedő kollégákat számoltuk bele, így például a kizárólag kerületvezető vadászok nem kerültek bele a kerületvezető erdészek létszámába. Kommunikációs feladatuk ennek ellenére természetesen nekik is van.



1. ábra: Az erdőgazdálkodás szereplőinek kommunikációs feladatkörei

Ahhoz, hogy a szakmai képzések fel tudják készíteni hallgatóikat a kommunikációs feladatokra, szükség van arra, hogy megismerjük, a cégek vezetői – munkáltatói - a felsorolt beosztásokban dolgozó kollégáktól konkrétan milyen kommunikációs kompetenciát várnak el. 1-től 5-ig terjedő skálát határoztunk meg, amelynél az 1-es szám jelölte, ha úgy gondolták, hogy az adott munkakörhöz nem lényeges a jó kommunikációs készség és 5-tel jelöltük azt, ha ez elengedhetetlen. Általánosságban kérdeztünk a kommunikációs készségekre, nem különítettük el a szakmai és nem szakmai kommunikációt. (2. ábra)



2. ábra Az egyes munkakörök kommunikációs készség igénye

A 2. ábrából látható, hogy mind a négy beosztás szakembereinek legalább közepes, de inkább jó kommunikációs készséggel kell rendelkeznie. Az ehhez szükséges készségek részben hozott, de tanulhatók, fejleszthetők is. Elsajátításukban nagy szerepe lehet a középiskolai/egyetemi tanórák során a szóbeli feladatoknak, a mindennapi szóbeli kommunikációnak, és olyan projekteknek, amelyek erősítik a szóbeli kommunikációs készséget.

Korábbi kutatások már kitértek a szakmai képzések elemzésére abból a szempontból, hogy milyen arányban tartalmaznak kommunikációt elősegítő témaköröket. Megállapítottuk, hogy a középfokú képzésekben az érettségi évében (12. évfolyam) a tanulók szinte napi rendszerességgel kapnak a szóbeli feladatot, míg a képzés első éveiben és a végzősök esetén

ez az arány csökken. Az egyetemi hallgatóknál az „alapozó” évek során kevésbé jellemzőek a szóbeli tevékenységek, viszont a tanulmányok második felében nagyobb szerepet kap a verbális kommunikáció, valamint az ezt támogató, oktatással összefüggő tevékenységek. (VARGA-HORVÁTH 2023.)

A hatékony erdészeti szakmai kommunikáció a kommunikációs készségek mellett az erdei iskolákban végzett munka, amely pedagógiai, erdőpedagógiai ismeretekre épül. A szakmai képzésekből kikerülő felsőfokú végzettséggel szakemberek számára lehetőség van erdőpedagógiai végzettség megszerzésére is, azonban középfokú végzettséggel rendelkezők számára ez nem megoldott. Az erdőpedagógia a környezeti nevelés és a fenntarthatóság pedagógiájának egy sajátos, élmény- és tapasztalatalapú területe, amely Európa-szerte eltérő intézményi és képzési formákban valósul meg. Az alábbiakban a magyar, a német és az osztrák erdőpedagógiai képzési rendszerek összehasonlító elemzése kapcsán tekintjük át a képzési struktúrát, a bemeneti követelményeket, jogi háttérrel.

Intézményi és jogi háttér

Németországban az erdőpedagógia (Waldpädagogik) intézményesülése szorosan kapcsolódik az állami erdészeti igazgatáshoz. A képzések tartományi hatáskörben szerveződnek, államilag elismert tanúsítvánnyal zárulnak, és egyértelmű szakmai jogosultságot biztosítanak az erdőpedagógiai tevékenység végzéséhez. Az osztrák rendszer szintén intézményesített, azonban modulárisabb és nyitottabb felépítésű, hangsúlyozva az erdő közvetítő szerepét és az élménypedagógiai szemléletet.

Magyarországon az erdőpedagógiai képzés jellemzően felsőoktatási szakirányú továbbképzésként jelenik meg, elsősorban egyetemi keretek között. A képzés jogi státusza eltér a német és osztrák modellektől, mivel nem államilag szabályozott szakmai minősítéshez, hanem egyetemi oklevélhez vagy tanúsítványhoz kötődik (1. táblázat).

Bemeneti követelmények és célcsoportok

A bemeneti feltételek tekintetében jelentős különbségek mutatkoznak. Németországban és Ausztriában nem kötelező a felsőfokú végzettség, a hangsúly a gyakorlati tapasztalaton, az alkalmasságon és a természet iránti elkötelezettségen van. Ezzel szemben Magyarországon az erdőpedagógiai képzés minden esetben felsőfokú végzettséghez kötött, ami így szűkebb célcsoportot tud megcélózni.

Képzési struktúra és tartalom

A német és osztrák képzési rendszerekben a moduláris felépítés lehetővé teszi a rugalmas tanulási utakat, valamint a képzés és a szakmai gyakorlat összehangolását. A gyakorlati vizsga és a valós célcsoporttal megvalósított erdőpedagógiai foglalkozás központi elem. Magyarországon a képzés féléves struktúrában zajlik, szakdolgozattal és záróvizsgával zárul, ami inkább akadémiai, mint kompetenciaalapú megközelítést tükröz.

1. táblázat: Összefoglaló, összehasonlító táblázat

Szempon	Magyarország	Németország	Ausztria
Képzés jogi státusza	Egyetemi szakirányú továbbképzés	Államilag elismert szakmai képzés	Államilag elismert tanúsítvány
Bemeneti feltételek	Felsőfokú végzettség	Szakképzés vagy gyakorlat	Nincs felsőfokú elvárás
Képzési szerkezet	Féléves, tantervhez kötött	Moduláris, rugalmas	Moduláris, lépcsőzetes

Gyakorlati hangsúly	Közepes	Erős	Erős
Minősítés	Oklevél / tanúsítvány	Zertifizierte/r Waldpädagoge/in	Zertifizierte/r Waldvermittler/in
Továbbképzés	Nem szabályozott	Ajánlott	Kötelező

Következtetések

Az összehasonlítás alapján megállapítható, hogy a magyar, német és osztrák erdőpedagógiai képzések eltérő oktatáspolitikai és intézményi logikák mentén szerveződnek. Míg a német modell erősen formalizált és szakmailag legitimált, az osztrák rendszer rugalmas és széles társadalmi rétegek számára elérhető. A magyar képzés előnye az akadémiai megalapozottság, ugyanakkor további fejlesztési lehetőséget jelentene a gyakorlati minősítés és a továbbképzési rendszer erősítése.

Lényeges előrelépés lenne továbbá a középfokú szakmai végzettséggel rendelkezők erdőpedagógiai továbbtanulásának lehetősége, amelynek képzési terve már elkészült, akkreditálásra vár. Ez a három féléves gyakorlatias szaktechnikus képzés hiánypótló lenne a hazai erdészeti szakmai képzések rendszerében.

Irodalomjegyzék

- MAROSVÁRY (2005) Az erdei iskolázás helyzete Magyarországon 2004/2005 - kutatás https://mkne.hu/wp-content/uploads/2020/12/K7_Ei_H_Mo_n_Marosvary_2005.pdf, letöltés ideje: 2025.04.26.
- MAGYAR KORMÁNY. (2004). 1110/2004. (X. 27.) Korm. határozat a Nemzeti Erdőprogramról. <https://njt.hu/jogszabaly/2004-1110-30-22>, letöltés ideje: 2020.10.11.
- NEMZETI ERDŐSTRATÉGIA (2016-2030): https://erdo-mezo.hu/wp-content/uploads/2016/10/nemzeti_erdostrategia_2016.pdf, letöltés ideje: 2025.08.15.
- MINDESTSTANDARDS_ZERTIFIKAT_WALDPAEDAGOGIK_STAND-12.02.2024, https://zertifikat-waldpaedagogik.de/wp-content/uploads/2025/02/Mindeststandards_Zertifikat_Waldpaedagogik_Stand-12.02.2024.pdf, letöltés ideje: 2025.03.10.
- RICTLINE GZ 2021-0.764.385 BMLRT/FORSTLICHE AUS- UND WEITERBILDUNG) ZERTIFIKATSLEHRGANG WALDPÄDAGOGIK, https://www.fastpichl.at/wp-content/uploads/2023/01/Richtlinie_ZLG_Waldpaedagogik_2021_10_20_.pdf, letöltés ideje: 2024.08.31.
- VARGA R.- HORVÁTH T. (2023): Erdőpedagógia és kommunikáció az erdészeti szakmai képzésben In: Lett, Béla; Gál, János; Horváth, Sándor; Molnár, Katalin; Schiberna, Endre; Stark, Magdolna (szerk.) Tanulmánykötet MÉSZÁROS KÁROLY tiszteletére 2023. Sopron, Magyarország: Soproni Egyetem Kiadó (2023) 116 p. pp. 69-78.
- VARGA R. -HORVÁTH T. (2025): Kommunikáció és erdőpedagógia a gyakorlatban. Felsővezetői szakmai vélemények, elvárások, In: Schiberna, Endre; Lett, Béla; Molnár, Katalin; Stark, Magdolna (szerk.) Tanulmánykötet Mészáros Károly tiszteletére 2025. Sopron, Magyarország : Soproni Egyetem Kiadó (2025) 134 p. pp. 97-110.
- <https://www.agrarszektor.hu/agrofokusz/20240620/turizmus-ingeny-millioek-latogatjak-a-hazai-erdoket-49287>, Letöltés ideje: 2025. 02.05
- 277/1997. (XII. 22.) Korm. rendelet a pedagógus-továbbképzésről, a pedagógus-szakvizsgáról, valamint a továbbképzésben részt vevők juttatásairól és kedvezményeiről, <https://njt.hu/jogszabaly/1997-277-20-22>

AGRÁRERDÉSZETI RENDSZERBEN TERMELT SZEDERFAJTÁK BELTARTALMI ÉRTÉKEINEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Comparative evaluation of quality attributes of blackberry cultivars grown under an agroforestry system

VISINÉ RAJCZI ESZTER, HORNYÁK KRISTÓF, VALASKA ÁKOS, DOMINKÓ EMESE,
HOFMANN TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
visine.rajczi.eszter@uni-sopron.hu

Kivonat

Vizsgálatainkban kontroll és agrárerdészeti rendszerben termelt szederfajták összes savtartalom, antioxidáns kapacitás és összes antocianin tartalom mérését végeztük különböző gyomkezelési technikák (kapálás, takarónövény alkalmazása és mulcsolás) mellett. A szeder minták a MATE Kertészettudományi Intézet, Gyümölcstermesztési Kutatóközpont Fertődi Kutatóállomásáról származtak. A vizsgálatok célja az volt, hogy kimutassuk, milyen hatással van egy fiatal agrárerdészeti rendszerben a fák jelenléte és a különböző gyomkezelések a szabadföldön, de részleges árnyékolás mellett köztesnövényként nevelt bogyósok hozam- és beltartalmi értékeire. Eredményeink alapján megállapítható, hogy a fajták között szignifikáns különbségek vannak a beltartalmi értékekben, mely mind az agrárerdészeti, mind a kontroll területeken igazolható. A gyomkezelési technológiák hatásosságának vizsgálata további méréseket igényel a jövőben.

Abstract

Total acidity, antioxidant capacity and total anthocyanin content were evaluated in blackberry cultivars grown under control and agroforestry systems, using different weed management practices (mechanical cultivation, cover crops, and mulching). Blackberry samples were collected from the Fertőd Research Station of the Fruit Research Centre, Institute of Horticulture, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences. The aim of this study was to determine the effects of tree presence and different weed management practices in a young agroforestry system on the yield and internal quality parameters of berry crops cultivated as intercrops under open-field conditions with partial shading. Our results indicate that significant differences in internal quality parameters exist among cultivars, which were consistently observed in both agroforestry and control systems. Further investigations are required to evaluate the effectiveness of the applied weed management practices.

Bevezetés

A bogyós gyümölcsök jótékony hatásai az emberi szervezetre az ősidőktől ismertek, kutattak. Az ókori görögök és rómaiak nem csak táplálékként, de orvosságként is alkalmazták, elsősorban a köszvény gyógyítására (URL1). A bogyós gyümölcsök kiváló természetes forrásai az antioxidánsoknak. Az antioxidánsok részt vesznek az élő szövetek biotikus és abiotikus stressz elleni védekezési reakcióiban úgy, hogy semlegesítik a stressz folyamatában keletkező veszélyes szabad gyököket, ezáltal védve a szöveteket (DÓCZI, 2011). Az antocianinok a másodlagos növényi metabolitok csoportjába tartoznak, és a polifenol család egyik alosztályába sorolhatók (BUENO et al. 2012). Az antocianinok vízben oldódó pigmentek, amelyek számos gyümölcs és zöldség kék, lila és piros színét adják (FANG, 2015).

Az utóbbi évtizedben a mezőgazdasági termelők világszerte a bogyósok és a zöldség növények növekvő érzékenységevel szembesülnek, ami a kutatók szerint a klímaváltozással járó

egyre gyakoribb szélsőségeknek és a sugárzási viszonyok megváltozásának köszönhető. Minden növény beltartalmi, anatómiai értékeit meghatározzák a környezeti adottságok. A fény nemcsak a növények növekedéséért és szaporodásáért felelős, hanem az elsődleges és másodlagos metabolitok bioszintézisét is szabályozza (ZHONG et al. 1991, KURATA et al. 1997). A fák által biztosított természetes árnyékolás révén a haszonnövények védelmet kapnak az égéses levél foltokkal, kiégett terméssel és a magas sugárzás által visszavetett növekedéssel, továbbá a gyengébb rügy- és sarjképződés, a termékenyülés, és mélynyugalmi zavarok, valamint a rezisztencia szint csökkenése a kórokozókkal és a kártevőkkel szemben (NJAVRO - DURALIJA, 2009, GOTAMI, 2014, DÉNES et al. 2017, DÉNES et al. 2018).

Az agrárerdészet egy előremutató, számos előnnyel rendelkező termelői struktúra. Alapelve a környezeti tényezők szignifikáns javítása, a nagy mértékű klímaváltozás okozta, felerősödő külső fizikai tényezők mérséklése, azok káros hatásának kiegyensúlyozása. Alapozva a Soproni Egyetemmel együttműködő magyar gazdálkodókra: Tapasztalt pozitívumai bizonyos zöldségfajoknál, bogyós terméseknél a legjelentősebb, ugyanakkor szemestakarmányoknál is kardinális lehet a jobb termésátlagok elérése érdekében (VITYI et al. 2018, VITYI et al. 2020). A fák széltörő hatása megakadályozza vagy lassítja a talajeróziót, a talaj vízháztartását és tápanyagforgalmát javítja. A monokultúrákat alkalmazó gazdálkodási modellekkel szemben támogatja és bővítheti a biodiverzitást. Továbbá nem elhanyagolható a fanyagok sokrétű felhasználhatóságának, értékének ténye sem (VITYI et al. 2018). A termés-hozam optimalizálásában akár 30-40 %-os inflációt is hozhatnak ezek az újítások, amelynek működését jól szemlélteti az 1. ábra.



1. ábra: Optimális termőfelület és vészőhozam a fák árnyékában. Forrás: Vityi, 2024

A Fertődi Kutatóállomáson végzett hiánypótló vizsgálatok célja az, hogy kimutassuk, milyen hatással van egy fiatal agrárerdészeti rendszerben a fák jelenléte a szabadföldön, de részleges árnyékolás mellett köztesnövényként nevelt bogyósok hozam- és beltartalmi értékeire. Munkánk során vizsgáltuk az említett rendszerben nevelt szederfajtákat. Háromféle gyomkezelési módszert alkalmaztunk: fakérges mulcsolást, kapálást és takarónövény (vörshere).

Anyag és módszer

Minta és extrakció: Kutatásunkhoz a szeder mintákat a MATE Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Kutatóközpont Fertődi Kutatóállomásán gyűjtöttük be. A 2017-ben ültetett Nemes nyár klónok (*Populus x euramericana* 'sv-890') közt, valamint a kontroll területen háromfajta földi szedret ültettek: Hull, Chester és Dirksen fajtákat. A bogyós gyümölcsöket három különböző talajkezelésben helyezték el, melyek a mulcs, a talajtakarás vörösherevel, valamint a kapált terület voltak. A mulcs és a vöröshere (*Trifolium pratense* L.) kedvezően hat a talaj vízgazdálkodására, növeli a talaj felszínén a biológiai aktivitást, és segít a különböző gyomnövények elnyomásában, míg a kapálás előnye az, hogy nem biztosít búvóhelyet az esetleges kártevők számára.

A 2025 július-augusztusban szedett mintákat liofilizálással (Wave FD260 liofilizáló, Wave Trockensysteme GmbH, Bécs, Ausztria) tartósítottuk és az extrakcióig fénytől és hőtől elzárt helyen tároltuk. Ezután kávédarálóval finomra őröltük, majd 0,3 g mintát 40 ml desztillált vízzel centrifugacsőben extraháltuk. Az úszó szemcsék által generált hibák elkerülése érdekében minden mintát azonos ideig azonos fordulatszámon centrifugáltunk (2x10 perc, 13.000/min fordulatszámon). Az így kapott gyümölcs kivonatokat felhasználásig fagyasztoóban -20 °C-on tároltuk.

Összes savtartalom meghatározás: Az összes savtartalom meghatározásához 10 ml kivonathoz 10 ml desztillált vizet adtunk, majd megtitráltuk 0,1M NaOH oldattal 8,1 pH értékig, az eredményeket citromsav egyenértékben száraz tömegre vonatkoztatva adtuk meg.

FRAP antioxidáns kapacitás meghatározás: Ez a módszer a redukálóképesség mérésén alapul. A reagensünk a Fe^{3+} -TPTZ komplex, mely Fe^{2+} -TPTZ komplexszé redukálódik. A reakciót színváltozás kíséri, melyet spektrofotométerrel (Shimadzu UV 2600 UV-VIS spektrofotométer, Kyoto, Japan) 593 nm-en mérünk (BENZIE - STRAIN, 1996). Az antioxidáns kapacitás számszerűsítéshez aszkorbinsav standardot használtunk.

TPC antioxidáns kapacitás meghatározás: az összes polifenol-tartalom meghatározására a Folin-Ciocalteu módszert alkalmaztuk. Ez egy redukálóképességen alapuló módszer, ahol egy Folin nevű reagensben molibdo-wolframát redukálódik, miközben a fenolok oxidálódnak. A keletkezett termék abszorbanciáját 765 nm-en mérjük spektrofotométerrel (Shimadzu UV 2600 UV-VIS spektrofotométer, Kyoto, Japan) (SINGLETON - ROSSI, 1965). Az antioxidáns kapacitás számszerűsítéshez galluszsav standardot használtunk.

Összes antocianin tartalom (TAC) meghatározás: Az összes antocianin tartalom meghatározásához egy pH differenciás spektrofotometriás módszert használtunk: 20 mg mintát 10 ml desztillált vízben feloldunk, majd a kapott oldatot centrifugáljuk, ezután 2 ml mintához 2 ml 1-es pH-jú kálium-klorid puffert, illetve 2 ml mintához 2 ml 4,5-ös pH-jú nátrium-acetát puffert adunk, 15 perc elteltével megmérjük az abszorbanciákat 520 és 700 nm hullámhosszokon (Shimadzu UV 2600 UV-VIS spektrofotométer, Kyoto, Japan) (GIUSTI - WROLSTAD, 1996). A mennyiségi meghatározást cianidin-3-glükozid standard segítségével végeztük.

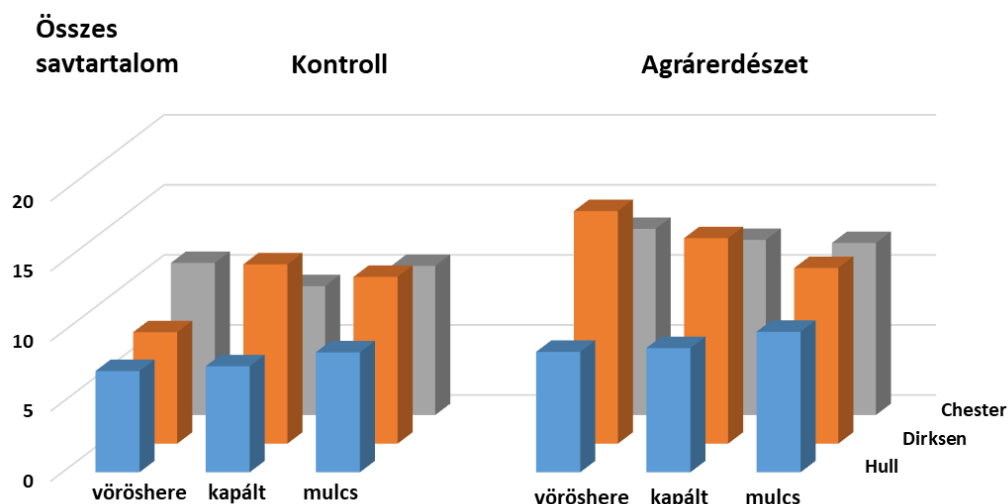
Statisztikai kiértékelés: Az eredmények összehasonlításához a Statistica 8 szoftvert (StatSoft Inc., Tulsa, USA) használtuk. A számolási módszer Tukey HSD, $p < 0,05$, a varianciák homogenitását a Bartlett-próbával ellenőriztük.

Eredmények

Összes savtartalom: A szederminták összes savtartalmának eredményeit a 2. ábra mutatja. Az agrárerdészeti rendszerben termesztett szederminták szignifikánsan magasabb összes savtartalommal rendelkeznek, mint a kontroll területen neveltek. Ez a különbség valamennyi fajta esetében megfigyelhető volt, azonban mértéke fajtanként eltért. Megállapítható, hogy

a három vizsgált szederfajta savtartalma szignifikánsan eltér egymástól: a Dirksen fajta mutatta a legmagasabb összes savtartalmat mindkét termesztési rendszerben, különösen agrárerdészeti körülmények között (12,5–16,6 m/m%). A Chester közepes savtartalommal rendelkezett (9,2–13,3 m/m%), de agrárerdészeti rendszerben értékei szignifikánsan magasabbak voltak, mint a kontrollban. Hull fajta esetében mértük a legalacsonyabb savtartalmat, ugyanakkor agrárerdészeti környezetben ennél a fajtánál is kimutatható volt a savtartalom növekedés.

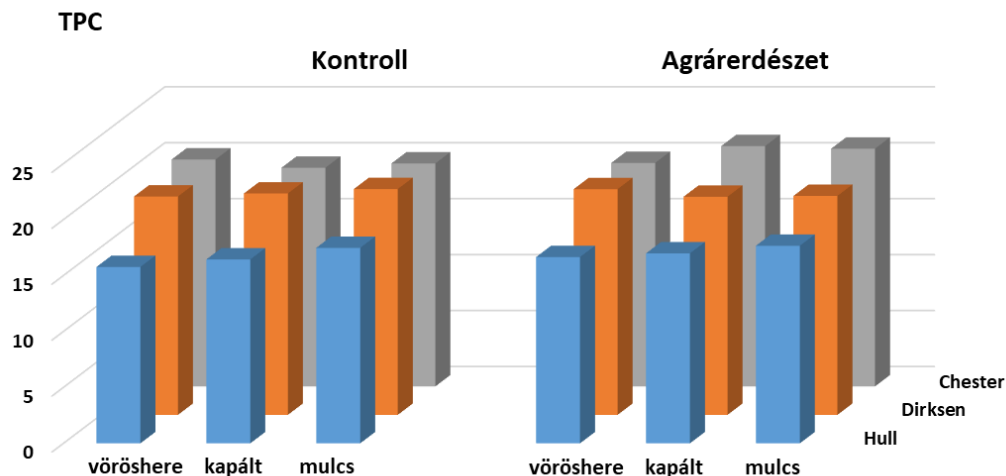
A talajkezelések hatása mindkét termesztési rendszerben szignifikáns volt, de mértéke a fajtától és a termesztési rendszertől függött: vöröshere alkalmazása agrárerdészeti rendszerben minden fajtánál a legmagasabb savtartalomhoz vezetett, különösen a Dirksen esetében.



2. ábra: Szederminták összes savtartalma (m/m% citromsav száraz tömegrre vonatkoztatva) agrárerdészeti és kontroll területeken eltérő gyomkezelések mellett (vöröshere, kapált, mulcs).

Antioxidáns kapacitás: Vizsgálataink során mértük a három szederfajta mintáinak **összes polifenol** tartalmát. Arra kerestük a választ, hogy milyen hatása van a fák árnyékolásának, illetve a különböző gyomkezelések milyen hatást gyakorolnak a bogyósok antioxidáns kapacitására. A 2025. július-augusztusában szedett szeder minták közül a Hull fajtájú szedernek minden esetben – függetlenül, hogy agrárerdészeti vagy kontroll rendszerben termesztik, vagy milyen gyomkezelést alkalmaznak - alacsonyabb antioxidáns tartalma volt, mint az azonos módon termesztett Dirksen és Chester fajtáknak (3. ábra). Az agrárerdészeti rendszerben termesztett szederminták totálfenol tartalma szignifikánsan nem tért el a kontroll területen neveltektől.

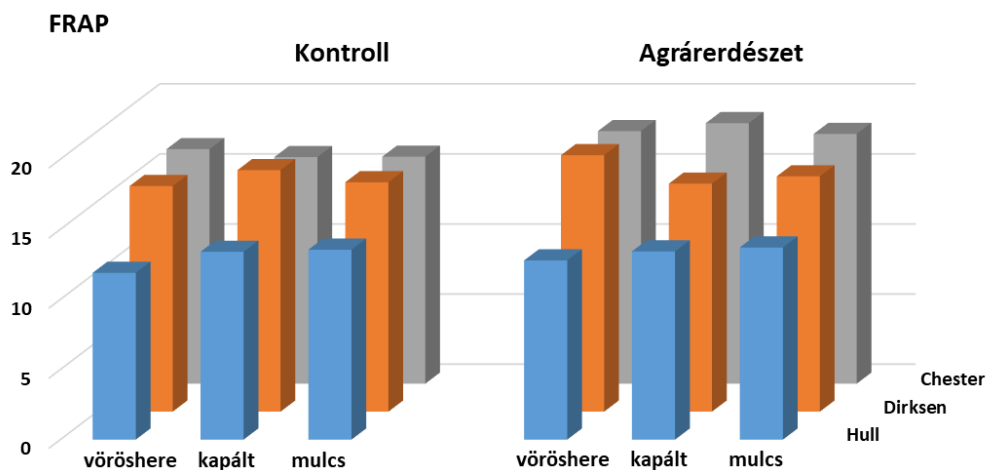
A Chester fajtánál azon belül is a kapálással és mulcsolással kezelt minták estében lényeges polifenol tartalom növekedés volt tapasztalható, az agrárerdészeti rendszerben termesztett növények javára. A vörösherével kezelt szedrek esetében nem mutatkozott számottevő polifenol tartalombéli különbség, attól függően, hogy agrárerdészeti vagy kontroll területéről volt gyűjtve, míg a kapáltaknál a Hull és Chester szedernél, a mulcsoltaknál pedig már csak a Chester szedernél volt tapasztalható szignifikáns eltérés, ahol ismét megmutatkozott az agrárerdészet jótékony hatása. A legnagyobb különbség az agrárerdészeti és a kontroll között – az agrárerdészetben kezelt javára - a kapált Chestereknél volt.



3. ábra: Szederminták összes polifenol (TPC) tartalma (mg galluszsav/g száraz anyag) agrárerdészeti és kontroll területeken eltérő gyomkezelések mellett (vöröshere, kapált, mulcs).

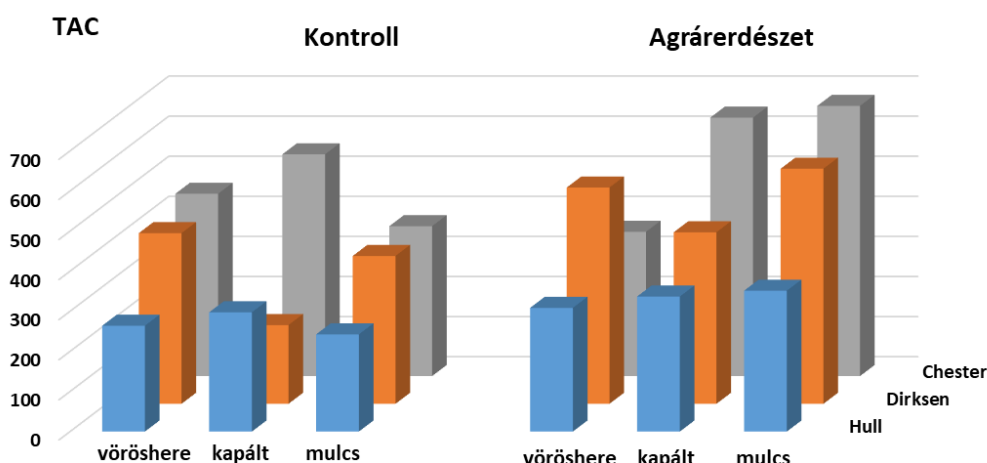
A 4. ábrán a **FRAP** módszerrel mért adatok találhatóak. Az ábrán látható, hogy a Hull szederfajta hasonlóan a TPC tartalomhoz, szignifikánsan alacsonyabb FRAP antioxidáns kapacitással rendelkezik, függetlenül a kezelésektől és az agrárerdészettől.

A Dirksen és Chester fajtáknál, ha az agrárerdészet-kontroll összevetését nézzük már más a helyzet. A Dirksen esetében csak a vörösheres kezelésnél volt jelentősen magasabb, míg a Chester fajtánál minden esetben lényegesen növekedett az antioxidáns tartalom, ha agrárerdészeti rendszerben termesztették. A legnagyobb különbség az agrárerdészeti és a kontroll között – az agrárerdészetben kezelt javára - a kapált Chesterekénél volt.



4. ábra: Szederminták FRAP antioxidáns kapacitása (mg aszkorbinsav/g száraz anyag) agrárerdészeti és kontroll területeken eltérő gyomkezelések mellett (vöröshere, kapált, mulcs).

Összes antocianin tartalom: Az agrárerdészeti rendszer hatása az összes antocianin tartalomra (TAC) az 5. ábrán láthatjuk.



5. ábra: Szedermenták összes antocianin (TAC) tartalma (mg cianidin-3-glükózid/100 g száraz anyag) agrárerdészeti és kontroll területeken eltérő gyomkezelések mellett (vöröshere, kapált, mulcs).

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az agrárerdészeti rendszer összességében kedvezően hatott a szedermenták összes antocianin (TAC) tartalmára, azonban a hatás mértéke fajta- és gyomkezelés-függő volt. Valamennyi vizsgált fajta esetében található olyan kezelések, ahol az agrárerdészeti minták szignifikánsan magasabb TAC értékeket mutattak, mint a megfelelő kontroll kezelések.

A különböző gyomkezelési technikák hatása nem volt egységes, de több esetben szignifikáns különbségek mutatkoztak: Mulcsozás mellett mindhárom fajta esetében jellemzően magasabb TAC értékeket mértünk, különösen agrárerdészeti rendszerben. Ez arra utal, hogy a mulcs által biztosított kedvezőbb talajnedvesség- és hőmérsékleti viszonyok hozzájárulhatnak az antocianin-szintézishez. Kapálás esetén az antocianin tartalom általában közepes értékeket mutatott, azonban a Chester fajta agrárerdészeti körülmények között kiemelkedően magas TAC értéket ért el, ami szignifikáns különbséget jelentett. Vöröshere alkalmazása esetén a fajták reakciója eltérő volt: míg a Dirksen agrárerdészeti mintái esetében szignifikáns TAC növekedés volt megfigyelhető, addig a Chester és Hull fajták esetében a hatás mérsékeltebbnek bizonyult.

A vizsgált szederfajták között szignifikáns különbségek voltak kimutathatók az összes antocianin tartalom tekintetében: A Chester fajta mutatta a legmagasabb TAC értékeket, különösen agrárerdészeti rendszerben, kapálás és mulcsozás mellett. Ez arra utal, hogy a Chester antocianin-felhalmozása kifejezetten jól reagál az agrárerdészeti környezetre. A Dirksen fajta szintén kedvezően reagált az agrárerdészetre, különösen vöröshere és mulcs alkalmazása mellett, ahol szignifikáns növekedés volt kimutatható a kontrollhoz képest. A Hull fajta TAC értékei minden kezelés mellett alacsonyabbak voltak a Chester és Dirksen fajtákhoz képest, és az agrárerdészeti rendszer hatása ennél a fajtánál mérsékeltebbnek bizonyult.

Következtetések

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az agrárerdészeti rendszer kedvezően hatott a szedertermékek összes savtartalmára, ami valószínűsíthetően a módosult mikroklímával (csökkent hőstressz, kiegyenlített vízhiánytartás) és a talajbiológiai aktivitás növekedésével magyarázható. A Dirksen fajta kiemelkedő savtartalma arra utal, hogy ez a fajta különösen jól reagál az agrárerdészeti körülményekre, és alkalmas lehet olyan termesztési

rendszerekbe, ahol a beltartalmi értékek fokozása cél. A vöröshere talajtakarás pozitív hatása valószínűsíthetően a javuló nitrogén-ellátottsággal és a talajszerkezet kedvezőbbé válásával hozható összefüggésbe, amely elősegítheti a szerves savak szintézisét a termésben.

Megállapítottuk, hogy a Hull fajtájú szedernek minden esetben – függetlenül attól, hogy agrárerdészeti vagy kontroll rendszerben termesztik - alacsonyabb antioxidáns tartalma (FRAP, TPC) volt, mint az azonos módon termesztett Dirksen és Chester fajtáknak. Az alkalmazott gyomkezelési módszerekben nincs szignifikáns eltérés. A Hull fajta jellemzően alul teljesít, míg a Chester mintákban mértük a legmagasabb antioxidáns kapacitás értékeket. Az antocianin-felhalmozás erősen fajtaspecifikus, és a Chester, valamint a Dirksen fajták reagálnak a legpozitívabban az agrárerdészeti környezetre. Ez alapján az agrárerdészeti rendszerekben történő szedertermesztés hatékony eszköz lehet az antocianinban gazdag termés előállítására, megfelelő fajta- és talajkezelési technológia megválasztása mellett. Az összes antocianin tartalomban magasan jobb teljesítményt mutatnak az agrárerdészeti termelt szederfajták, a kapált és mulcsolt Chester éri el a legmagasabb értéket.

A korábbi (2024) előkísérletek eltérő tendenciái az időjárásnak és a megváltozott árnyékolásnak köszönhetően mutathatnak eltéréseket a 2025-ös adatokhoz képest.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás megvalósítását a következő projektek támogatták: REFOREST - Agroforestry at the forefront of farming sustainability in multifunctional landscapes in Europe, 101060635 (<https://agroreforest.eu/>), AGROSUS (Agroecological strategies for sustainable weed management in key European crops), 101084084 (<https://agrosus.eu/>) és 2020-2.1.1-ED-2023-00238 (101084084 Horizon Europe projekthez kapcsolódó kormányzati önerő támogatás).

Irodalomjegyzék

- BENZIE I.F. – STRAIN J.J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of 'antioxidant power': The FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239(1): 70–76.
- BUENO J.M. – SÁEZ-PLAZA P. – RAMOS-ESCUADERO F. – JIMÉNEZ A.M. – FETT R. – ASUERO A.G. (2012): Analysis and Antioxidant Capacity of Anthocyanin Pigments. Part II: Chemical Structure, Colour, and Intake of Anthocyanins. *Critical Reviews in Analytical Chemistry* 42(2): 126-151.
- DÉNES F. – RADÓ G. – LAKATOS T. – VARGA J. (2018): A bogyósok termesztése. NAIK. Budapest
- DÉNES F. – SZALAY K. – NAGY G. – M. KOLLÁNYI G. – VARGA J. (2016): Málnatermesztés versenyképességének javítása optimális takarérendszer kialakításával. NAIK. Budapest
- DÓCZI I.T. (2011): Főszerepben a táplálkozás és a testmozgás, szabadgyökök és antioxidánsok. *Rekreáció.eu* 1(4): 26-30.
- FANG J. (2015): Classification of fruits based on anthocyanin types and relevance to their health effects. *Nutrition* 31(11-12): 1301-1306.
- GIUSTI M.M. – WROLSTAD R.E. (1996): Characterization of red radish anthocyanins. *Journal of Food Science* 61: 322-326.
- GOTAMI T.P. (2014): Understanding the effects of temperature on raspberry physiology and gene expression profiles. PhD Thesis Aarhus University 174 p.
- KURATA H. – MATSUMURA S. – FURUSAKI S. (1997): Light irradiation causes physiological and metabolic changes for purine alkaloid production by a *Coffea Arabica* cell suspension culture. *Plant Science* 123: 197–203.
- NJAVRO M. – DURALIJA B. (2009): Economic Impacts Of Climate Variability In Berry Fruit – A Decision Analysis Approach. *Acta Horticulturae* 838: 115–120.
- SINGLETON V. – ROSSI J. (1965): Colorimetry of Total Phenolic Compounds with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* (161):144-158.
- URL (1): <https://netamin.hu/cikkek/tudtud-hogy-ez-tortenik-ha-szedret-eszel-szeder-tudnivalo> Letöltve: 2025.12.20.

- VITYI A. – KISS-SZIGETI N. – KOVÁCS K. (2018): Az agrárerdészet magyarországi helyzete. Kutatások a 210 éves Erdőmérnöki Karon. Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet, Sopron.
- VITYI A. – KOVÁCS K. – KANYÓ I. (2020): Agroforestry Systems: Silvoarable - Ökoház Farm. Case study. AGFOSY project.
- ZHONG J.J. – SEKI T. – KINOSHITA S.I. – YOSHIDA T. (1991): Effect of light irradiation on anthocyanin production by suspended culture of *Perilla frutescens*. *Biotechnology and Bioengineering* 38(6): 653-658.

SZEDER ÉS MÁLNA ANTIOXIDÁNS TULAJDONSÁGAINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA AGRÁRERDÉSZETI RENDSZERBEN

Comparison of the antioxidant properties of blackberry and raspberry
in an agroforestry system

VISINÉ RAJCZI ESZTER, HOFMANN TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
visine.rajczi.eszter@uni-sopron.hu

Kivonat

A MATE Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Kutatóközpont Fertődi Kutató-állomásán kialakított agrárerdészeti rendszerben vizsgáltuk az ültetvényen előforduló három szederfajta és egy málna terméseinek antioxidáns tulajdonságait, összes antocianin tartalmát és mértük a pH és összes savtartalmat. Megállapítottuk, hogy az árnyékolás szignifikánsan befolyásolja a bogyós gyümölcsök beltartalmi értékeit, azonban a hatás mértéke fajtaspecifikus. A legmagasabb antioxidáns kapacitást a Dirksen és a Chester szeder kontroll mintái mutatták, míg a málna antioxidáns tartalma szignifikánsan alacsonyabb volt. Az összes antocianin tartalom a Chester szeder esetében volt a legmagasabb mindkét termesztési rendszerben. Általános trendként megállapítható, hogy az agrárerdészeti rendszerben termesztett bogyósok magasabb savtartalommal rendelkeztek, mint a kontroll területen neveltek.

Abstract

The antioxidant properties, total anthocyanin content, pH, and total acidity of fruits from three blackberry cultivars and one raspberry cultivar were investigated in an agroforestry system established at the Fertőd Research Station of the Fruit Research Centre, Institute of Horticulture, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences. Our results demonstrated that shading significantly influences the internal quality parameters of blackberry fruits; the magnitude of this effect is cultivar-dependent. The highest antioxidant capacity was observed in the control samples of the blackberry cultivars Dirksen and Chester, whereas raspberry samples exhibited significantly lower antioxidant values. Total anthocyanin content was highest in the Chester blackberry cultivar under both production systems. Overall, berry fruits cultivated under agroforestry conditions tended to contain higher total acidity compared to those grown under control conditions.

Bevezetés

Az agrárerdészet egy olyan integrált földhasználati rendszer, amelyben a fás vegetáció és a mezőgazdasági kultúrák együttesen, térben és időben kerülnek hasznosításra, ezáltal növelve az ökoszisztéma-szolgáltatásokat és a termelési rendszerek fenntarthatóságát (NAIR, 1993, JOSE, 2009). Számos tanulmány igazolta, hogy az agrárerdészeti rendszerek kedvezően hatnak a talajminőségre, a vízhasznosításra, valamint a mikroklimatikus viszonyokra, különösen a hőmérséklet és a fényintenzitás mérséklésén keresztül (LIN, 2010, TORRALBA et al. 2016, GARCÍA DE JALÓN et al. 2018). Ezek a változások közvetlenül befolyásolhatják az aljnövényzet növekedését, terméshozamát és beltartalmi értékét.

A bogyós gyümölcsök, különösen a szeder és a málna kedvező morfológiai és ökológiai tulajdonságaik miatt ígéretes köztes növények agrárerdészeti rendszerekben. Mérsékelt fényigényük, rövid termőre fordulási idejük és magas gazdasági értékük lehetővé teszi sikeres integrálásukat fás kultúrák közé (MOSQUERA-LOSADA et al. 2018). Ugyanakkor a bogyós gyümölcsök minőségi paramétereire gyakorolt árnyékolási hatások nem egyértelműek, és

jelentős mértékben függnek a fajta genetikai adottságaitól és a környezeti feltételektől (HEIDE - SØNSTEBY, 2011).

A bogyós gyümölcsök kiemelkedő táplálkozás-élettani értékét magas antioxidáns tartalmuk adja, amely elsősorban a fenolos vegyületeknek, köztük az antocianinoknak tulajdonítható (LILA, 2004). Ezek az összetevők jelentős szerepet játszanak az oxidatív stressz csökkentésében, és hozzájárulhatnak számos krónikus betegség megelőzéséhez (DÓCZI, 2011).

A MATE Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Kutatóközpont Fertődi Kutatóállomásán, az akkori NAIK Erdészeti Tudományos Intézet közreműködésével közel 0,2 hektáros agrárerdészeti kísérleti terület került kialakításra 2017-ben. Itt az árnyékolás hatását természetes árnyékolás mellett vizsgálják, Nemes nyár klónok (*Populus x euramericana* 'sv-890') közt, kontroll (árnyékolásmentes) területek bevonásával. Az Agrosus kutatási projektben belül vizsgáltuk az ültetvényen előforduló szederfajták (Chester, Dirksen, Hull) és málna (Fertődi zamatos) terméseinek antioxidáns tulajdonságait (TPC, FRAP, DPPH), összes antocianin tartalmát (TAC) és mértük a pH és összes savtartalmat. A vizsgált gyümölcsök az agrárerdészeti és a fátlan kontroll területeken helyezkedtek el. Méréseink célja az volt, hogy megnézzük, az árnyékolásnak milyen hatása van a gyümölcsök beltartalmi értékeire, illetve a fajták között vannak-e különbségek.

Anyag és módszer

Mintavétel és extrakció: Kutatásunkhoz a szeder és málna mintákat a MATE Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Kutatóközpont Fertődi Kutatóállomásán gyűjtöttük be. A 2024 augusztusban szedett mintákat liofilizálással (Wave FD260 liofilizáló, Wave Trockensysteme GmbH, Bécs, Ausztria) tartósítottuk és az extrakcióig fénytől és hőtől elzárt helyen tároltuk. Ezután kávédarálással finomra őrültük, majd 0,3 g mintát 40 ml desztillált vízzel centrifugacsőben extraháltuk. Az úszó szemcsék által generált hibák elkerülése érdekében minden mintát azonos ideig azonos fordulatszámon centrifugáltunk (2x10 perc, 13.000/min fordulatszámon). Az így kapott gyümölcs kivonatokat felhasználásig fagyaszttóban -20 °C-on tároltuk.

FRAP antioxidáns kapacitás meghatározás: Ez a módszer a redukálóképesség mérésén alapul. A reagensünk a Fe^{3+} -TPTZ komplex, mely Fe^{2+} -TPTZ komplexszé redukálódik. A reakciót színváltozás kíséri, melyet spektrofotométerrel (Shimadzu UV 2600 UV-VIS spektrofotométer, Kyoto, Japan) 593 nm-en mérünk (BENZIE – STRAIN, 1996). Az antioxidáns kapacitás számszerűsítéshez aszkorbinsav standardot használtunk.

TPC antioxidáns kapacitás meghatározás: az összes polifenol-tartalom meghatározására a Folin-Ciocalteu módszert alkalmaztuk. Ez egy redukálóképességen alapuló módszer, ahol egy Folin nevű reagensben molibdo-wolframát redukálódik, miközben a fenolok oxidálódnak, a keletkezett termék abszorbanciáját 765 nm-en mérjük spektrofotométerrel (Shimadzu UV 2600 UV-VIS spektrofotométer, Kyoto, Japan) (SINGLETON - ROSSI, 1965). Az antioxidáns kapacitás számszerűsítéshez galluszsav standardot használtunk.

DPPH antioxidáns kapacitás meghatározás: A módszer alapját az antioxidánsok DPPH gyök megkötő képessége képezi. A mérés kivitelezése: 200 µl extraktumhoz 2,8 ml DPPH oldatot (80 mM) adtunk, majd 30 percen keresztül letakarva, sötét helyen tároltuk. A keletkezett termék abszorbanciáját 515 nm-en mérjük spektrofotométerrel (Shimadzu UV 2600 UV-VIS spektrofotométer, Kyoto, Japan). Az antioxidáns kapacitás számszerűsítéshez trolox standardot használtunk (VISINÉ RAJCSI et al. 2024).

Összes antocianin tartalom (TAC) meghatározás: Az összes antocianin tartalom meghatározásához egy pH differenciás spektrofotometriás módszert használtunk: 20 mg mintát 10 ml desztillált vízben feloldunk, majd a kapott oldatot centrifugáljuk, ezután 2 ml

mintához 2 ml 1-es pH-jú kálium-klorid puffert, 2 ml mintához 2 ml 4,5-ös pH-jú nátrium-acetát puffert adunk, 15 perc elteltével megmérjük az abszorbanciáját 520 és 700 nm hullámhosszon (Shimadzu UV 2600 UV-VIS spektrofotométer, Kyoto, Japan) (GIUSTI - WROLSTAD, 1996). Mennyiségi meghatározást cianidin-3-glükozid standard segítségével végeztük.

Összes savtartalom meghatározás: Az összes savtartalom meghatározásához 10 ml kivonathoz 10 ml desztillált vizet adunk, majd megtráltuk 0,1M NaOH oldattal 8,1 pH értékig, az eredményeket citromsav egyenértékben száraz tömegre vonatkoztatva adtuk meg.

pH meghatározás: A kivonatok kémhatását direkt potenciometria módszerével határoztuk meg (HANNA HI 2550 pH mérő elektród). A pH meghatározásához 10 ml kivonathoz 10 ml desztillált vizet adunk és megmértük a vizes kivonatok pH értékét.

Statisztikai kiértékelés: Az eredmények összehasonlításához a Statistica 8 szoftvert (StatSoft Inc., Tulsa, USA) használtuk. A számolási módszer Tukey HSD, $p < 0,05$, a varianciák homogenitását a Bartlett-próbával ellenőriztük.

Eredmények

A szeder és a málna minták antioxidáns kapacitás értékei, valamint összes antocianin tartalma az 1. Táblázatban található.

1. Táblázat: A szeder és málna minták TPC (mg GE/g sz.a.), FRAP (mg AE/g sz.a.), DPPH (mg TE/g sz.a.) és TAC (mg Cgl/100 g sz.a.) antioxidáns kapacitás értékei (átlag \pm szórás) kontroll és agrárerdészeti rendszerben. A különböző betűjelek egy antioxidáns meghatározási módszerben belül szignifikáns különbséget jeleznek $p < 0,05$ szinten.

	TPC	FRAP	DPPH	TAC
Dirksen kontroll	23,8 \pm 0,6^b	27,6 \pm 0,6^f	48,9 \pm 0,7^c	623,1 \pm 21,3 ^b
Dirksen agrárerdészeti	19,7 \pm 0,5 ^a	20,8 \pm 0,3 ^b	44,1 \pm 0,4 ^b	694,3 \pm 10,0 ^e
Hull kontroll	18,9 \pm 0,5 ^a	16,9 \pm 0,5 ^a	37,0 \pm 0,7 ^a	544,9 \pm 3,8 ^d
Hull agrárerdészeti	19,2 \pm 0,1 ^a	17,5 \pm 0,4 ^a	38,5 \pm 2,1 ^a	635,3 \pm 12,4 ^b
Chester kontroll	24,1 \pm 0,7^b	21,6 \pm 0,6 ^b	45,7 \pm 0,9^{bc}	911,4 \pm 8,3^c
Chester agrárerdészeti	19,9 \pm 0,5 ^a	23,7 \pm 0,9^e	39,2 \pm 1,8 ^a	885,5 \pm 10,2^c
Málna kontroll	10,9 \pm 0,2 ^c	12,6 \pm 0,2 ^c	25,9 \pm 0,3 ^d	166,9 \pm 16,4 ^a
Málna agrárerdészeti	13,5 \pm 0,4 ^d	15,0 \pm 0,2 ^d	33,2 \pm 0,7 ^e	151,9 \pm 2,2 ^a

Az adatokból megállapítható, hogy az antioxidáns kapacitás egyértelműen fajta- és módszerfüggő. A legmagasabb TPC és DPPH értékeket a Chester és Dirksen szederfajták kontroll mintái mutatták, ami arra utal, hogy ezen fajták antioxidáns vegyületeinek felhalmozódását a besugárzás kedvezően befolyásolja. Az agrárerdészeti rendszerben e két fajta esetében a TPC és DPPH értékek szignifikánsan csökkentek, ami a fényintenzitás mérséklődésével és az ebből fakadó csökkent fenolos bioszintézissel magyarázható. Ezzel szemben a Hull szederfajta antioxidáns paraméterei kevésbé mutattak érzékenységet a termesztési rendszerre; mind a TPC, mind a FRAP és DPPH értékek hasonló vagy enyhén magasabb szinten alakultak agrárerdészeti körülmények között. A málna esetében az agrárerdészeti rendszer hatása pozitívnak bizonyult, mivel valamennyi antioxidáns paraméter (TPC, FRAP, DPPH) szignifikánsan magasabb értéket mutatott, mint a kontroll területen.

Az összes antocianin tartalom tekintetében markáns fajtakülönbségek voltak megfigyelhetők. A Chester szeder mindkét termesztési rendszerben kiemelkedően magas értékeket mutatott, jelentősen meghaladva a Dirksen és Hull fajták értékeit. Az agrárerdészeti rendszer hatása a Chester esetében mérsékelt csökkenést eredményezett, azonban az értékek továbbra is szignifikánsan magasak maradtak. A Dirksen és Hull szederfajták esetében az agrárerdészeti rendszer hatására az antocianin tartalom növekedett, ami arra utal, hogy a részleges árnyékolás e fajták esetében kedvezhet az antocianinok felhalmozódásának. A málna összes antocianin értékei nagyságrendileg alacsonyabbak voltak a szedrekhez képest, és az agrárerdészeti környezetben enyhe csökkenést mutattak.

Az agrárerdészeti rendszer hatása az összes savtartalomra kifejezetten pozitív volt (2. Táblázat). A legnagyobb mértékű növekedést a Dirksen szeder és a málna esetében figyeltük meg, ahol az agrárerdészeti minták szignifikánsan magasabb savtartalommal és alacsonyabb pH-val rendelkeztek. Ez arra utal, hogy az árnyékoltabb, kiegyenlítettebb mikroklíma elősegítheti a szerves savak akkumulációját. A Hull szeder esetében ezzel szemben az agrárerdészeti rendszer savtartalom-csökkenést és magasabb pH-t eredményezett, míg a Chester savtartalma agrárerdészeti környezetben szignifikánsan nőtt, a pH egyidejű csökkenése mellett.

2. Táblázat: A szeder és málna minták összes savtartalom (m/m% citromsav száraz tömegre vonatkoztatva) (átlag ± szórás) és pH értékei kontroll és agrárerdészeti rendszerben. A különböző betűjelek szignifikáns különbséget jeleznek $p < 0,05$ szinten.

	savtartalom m/m% citromsav	pH
Dirksen kontroll	9,8 ± 0,2 ^b	3,34
Dirksen agrárerdészet	15,8 ± 0,2 ^d	3,15
Hull kontroll	9,48 ± 0,7 ^b	3,52
Hull agrárerdészet	6,9 ± 0,2 ^a	3,72
Chester kontroll	6,6 ± 0,2 ^a	3,75
Chester agrárerdészet	10,2 ± 0,0 ^b	3,36
Málna kontroll	14,7 ± 0,2 ^c	3,24
Málna agrárerdészet	20,5 ± 0,2^e	3,15

Következtetések

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az agrárerdészeti rendszer hatása komplex és erősen fajtaspecifikus. Míg az antioxidáns kapacitás - különösen a totálfenol tartalom és a DPPH - több szederfajta esetében csökkent az agrárerdészeti rendszer hatására, addig az összes antocianin- és savtartalom több esetben növekedett, ami a gyümölcsök érzékszervi és feldolgozási értékét kedvezően befolyásolhatja. Az eredmények alátámasztják, hogy az agrárerdészeti rendszerek megfelelő fajta- és termesztéstechnológiai választással hatékonyan alkalmazhatók a bogyós gyümölcsök minőségi paramétereinek célzott alakítására.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás megvalósítását a következő projektek támogatták: REFOREST - Agroforestry at the forefront of farming sustainability in multifunctional landscapes in Europe, 101060635 (<https://agroreforest.eu/>), AGROSUS (Agroecological strategies for sustainable weed management in key European crops), 101084084 (<https://agrosus.eu/>) és 2020-2.1.1-ED-2023-00238 (101084084 Horizon Europe projekthez kapcsolódó kormányzati önerő támogatás).

Irodalomjegyzék

- BENZIE I.F. – STRAIN J.J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of 'antioxidant power': The FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239(1): 70–76.
- DÓCZI I.T. (2011): Főszerepben a táplálkozás és a testmozgás, szabadgyökök és antioxidánsok. *Rekreáció.eu* 1(4): 26-30.
- GARCÍA DE JALÓN S. – BURGESS P.J. – GRAVES A. – MORENO G. – MCADAM J. – POTTIER E. – VITYI A. (2018): How is agroforestry perceived in Europe? An assessment of positive and negative aspects by stakeholders. *Agroforestry Systems* 92(4):829–848.
- GIUSTI M.M. – WROLSTAD R.E. (1996): Characterization of red radish anthocyanins. *Journal of Food Science* 61: 322-326.
- HEIDE O.M. – SØNSTEBY A. (2011): Physiology of flowering and dormancy regulation in annual- and biennial-fruited red raspberry (*Rubus idaeus* L.) – a review. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 86(5): 433–442
- JOSE S. (2009): Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* 76: 1–10.
- LILA M.A. (2004): Anthocyanins and Human Health: An In Vitro Investigative Approach. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* 5: 306–313.
- LIN B.B. (2010): The Role of Agroforestry in Reducing Water Loss through Soil Evaporation and Crop Transpiration in Coffee Agroecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology* 150: 510-518.
- MOSQUERA-LOSADA M.R. – SANTIAGO-FREIJANES J.J. – ROIS-DÍAZ M. – MORENO G. – DEN HERDER M. – ALDREY-VÁZQUEZ J.A. – 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.
- NAIR P.K.R. (1993): State-of-the-art of agroforestry research and education. *Agroforestry Systems* 23: 95–119.
- SINGLETON V. – ROSSI J. (1965): Colorimetry of Total Phenolic Compounds with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* (161):144-158.
- TORRALBA M. – FAGERHOLM N. – BURGESS P.J. – MORENO G. – PLIENINGER T. (2016): Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 230: 150-161.
- VISINÉ RAJCSI E. – BENKE D. – HOFMANN T. (2024): Talajtakarás és árnyékolás hatása lágyszárúak antioxidáns kapacitására egy agrárerdészeti rendszerben. *Georgikon for Agriculture* 28: 185-190.

MARTELOSKÓP MINTATERÜLETEK FEJLESZTÉSE ÉS HASZNÁLATA A SOPRONI-HEGYSÉGBEN

Establishing and using Marteloscope sites in the Sopron Hills

ZAGYVAI GERGELY¹, SZÉLESSY TÜNDE², KULCSÁR OLIVÉR², MURÁNYI LEVENTE², SZAKÁ-
LOS NÉ MÁTYÁS KATALIN²

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

²Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet
zagyvai.gergely@uni-sopron.hu

Kivonat

Sopron 105/M erdőrészletben létrehozott marteloszkóp mintaterület három kvadrátjából állnak rendelkezésre már eredmények a kutatáshoz. A faegyedenként rögzített pozíciók, fmagasságok, átmérők, törzs-koronahányadok, törzsmínősítés és a mikroélelőhelyekre vonatkozó adatok feltöltésre kerültek a nemzetközi Integrate hálózat adatbázisába. I+ Trainer alkalmazás segítségével lehetőség nyílt az adatok és elemzések letöltésére a gyakorló területeket használni szándékozó szakmai közönség számára. Az ökológiai és ökonómiai értékelésre vonatkozó térképek, diagramok, táblázatok terepen is megjeleníthetők, így szemléletes módon segítik a virtuális jelölési folyamatot, többértően támogatva az egyetemi oktatást. A kvadrátok kijelölése és felvételezése diplomamunkák keretében történt, az alsóbb évfolyamos hallgatók a 2025 őszén meghirdetett projekthét keretében avatták fel a tréning területet. A kiértékelt adatokból levont következtetések segítséget adtak a marteloszkóp mintaterületek további bővítésének irányára vonatkozóan is.

Abstract

Results are already available from research conducted in three quadrats of the marteloscope sample area established in forest section 105/M in Sopron. The positions, tree heights, diameters, trunk-to-crown ratios, trunk classifications and microhabitat data recorded for each tree have been uploaded to the international Integrate Network database. The I+ Trainer application enables professionals intending to use the practice areas to download the data and related analyses. Maps, diagrams, and tables supporting ecological and economic assessments can also be displayed in the field, providing visual support for the virtual marking process and contributing to university education in several ways. The quadrats were marked and surveyed as part of a thesis projects, and the training area was put into practical use by undergraduate students during a project week held in the fall of 2025. Conclusions drawn from the evaluated data also helped define the direction for further expansion of the marteloscope sample areas.

Bevezetés

Az erdők fenntartható és természetközeli kezelése napjaink egyik legfontosabb erdészeti kihívása, különösen a klímaváltozás hatásainak erősödése, a biodiverzitás csökkenése és az ökoszisztéma-szolgáltatások iránti társadalmi igények növekedése mellett (BAUHAUS et al. 2015, BRANG et al. 2014). Az erdőgazdálkodási döntések komplexitása egyre nagyobb, mivel a gazdasági szempontok mellett fokozottan figyelembe kell venni az ökológiai stabilitást, a szerkezeti változatosságot és a természetvédelmi értékek megőrzését is (POMMERENING – MURPHY, 2004).

A döntéshozatal és a szakmai képzés támogatására az elmúlt évtizedekben kidolgozott gyakorlatorientált módszerek közé tartoznak a marteloszkóp területek. A marteloszkóp olyan állandó, rendszerint 1 hektár nagyságú mintaterület, amelyben minden fa egyedileg azonosított és részletesen felmért, lehetővé téve különböző erdőkezelési beavatkozások – elsősorban előhasználatok – szimulációját anélkül, hogy a beavatkozások ténylegesen megvalósulnának (DERKS et al. 2020 a, SCHÜTZ et al. 2016). A módszer alapvető célja, hogy szemléletes módon mutassa be az egyes faegyedek gazdasági értéke és ökológiai szerepe közötti összefüggéseket és esetenkénti eltéréseket.

A marteloszkóp széles körben alkalmazható az erdészeti felsőoktatásban, a szaktanácsadásban és a kutatásban, különösen a természetközeli és folyamatos erdőborítást biztosító gazdálkodási rendszerek bemutatására (BALESTRA et al. 2025). Nemzetközi tapasztalatok szerint a módszer hatékonyan hozzájárul az ökológiai szemléletformáláshoz, valamint az erdőgazdálkodási döntések hosszú távú következményeinek előrevetítéséhez, megértéséhez (DEBRYNIUK et al. 2025, RÖMER et al. 2025).

Jelen tanulmány célja a Soproni-hegységben kialakított marteloszkóp mintaterületek fejlesztésének, gyakorlati alkalmazásának és módszertani tanulságainak bemutatása, hangsúlyt fektetve a mintaterületek oktatási, kutatási és döntéstámogató szerepére, valamint arra, hogy miként járulhatnak hozzá a fenntartható, integrált erdőgazdálkodás elterjesztéséhez.

Anyag és módszer

A szokványosan használt 1 hektáros marteloszkóp (100 x 100 m) mintaterület negyedeléssel kapott kvadrátok a Sopron 105/M erdőrészletben találhatóak. Ezidáig diplomamunkákhoz kapcsolódóan három kvadrát került felmérésre a négyből. A teljes befoglaló erdőrészlet 5,89 hektár kiterjedésű. Elsődleges rendeltetése természetvédelmi, a Natura 2000 hálózat részét képezi, vágásos üzemmódban kezelt természetszerű erdő. Tengerszint feletti magassága 350–450 m között helyezkedik el. Az állomány gyertyános-tölgyes klímabesorolású, többletvízhatástól független termőhely. Genetikai talajtípusa podzolos barna erdőtalaj mély termőréteggel, vályog fizikai talajféleséggel.

A záródás megfelelőnek minősül. Az állományalkotó főfafaj a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) 76%-os elegyaránnyal, a felső lombkoronaszintben megtalálható ezen kívül cser-tölgy (*Quercus cerris*) 3%-kal. A közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*) 21%-os aránnyal van jelen. Az üzemtervi adatok szerint egyéb fafajként vörösfenyő (*Larix decidua*), lucfenyő (*Picea abies*), bibircses nyír (*Betula pendula*), magas kőris (*Fraxinus excelsior*), madárcseresznye (*Cerasus avium*), szelídgesztenye (*Castanea sativa*), bükk (*Fagus sylvatica*) is megtalálható az erdőrészletben.

A mintaterületen belül minden 7,5 cm mellmagassági átmérőt (DBH) elérő fa egyedileg azonosításra került. Az egyes törzseket tartós, időjárásálló, festett azonosító számokkal láttuk el, amelyek a törzsen, mellmagasságban kerültek rögzítésre. A jelölés célja az egyes faegyedek egyértelmű azonosíthatóságának biztosítása a későbbi mérések, szimulációk és oktatási gyakorlatok során. A faegyedek térbeli helyzetét Leica Flexline TS03 mérőállomás segítségével rögzítettük, lehetővé téve a részletes térszerkezeti elemzéseket és a digitális marteloszkóp-adatbázis kialakítását.

A faj meghatározásán túl minden azonosított faegyed esetében meghatározásra kerültek a következő dendrometriai paraméterek: mellmagassági átmérő, famagasság, korona kezdetének magassága, törzsminőség. A mellmagassági átmérőt hagyományos, egyvonalos átlaló segítségével mértük. A famagasságot TruPulse magasságmérőt és Nikon Forestry Pro műszerrel mértük, a koronamagasság alsó határának rögzítésével együtt. Minden faegyedre elkészítettük a választékterveket, a marteloszkóp módszer által használt paraméterek

figyelembevételével. Megtörtént a különböző euró értékekkel jellemezhető A, B, C, D minőségi osztályokba sorolása az egyes farészeknek. A választékok hosszának meghatározásához a famagasságmérő műszereket alkalmaztuk, a hozzájuk tartozó csúcsátmérőt becsültük. A koronához tartozó rész már energetikai alapanyaghoz sorolandó.

A felvett adatok feltöltésre kerültek a nemzetközi Integrate hálózat adatbázisába. Az I+ Trainer alkalmazás segítségével lehetőség nyílt a központilag feldolgozott adatok és elemzések letöltésére és virtuális jelölési gyakorlatok végzésére (DERKS et al. 2020 b).

A marteloszkóp módszer egyik lényegi eleme az egyes faegyedek ökológiai értékének számbavétele. Ennek keretében egy mikroélőhely-katalógus kódjainak segítségével minden fához rögzítettük az ún. mikroélőhely-jellemzőket, például odúk, kéregleválások, holt ágak, gombatelepek vagy egyéb élőhely-struktúrák jelenlétét (KRAUS et al. 2016) (1. ábra). Ezek a jellemzők kulcsszerepet játszanak az erdei biodiverzitás fenntartásában, különösen az odúlakó madarak és rovarok esetében.

Illusztráció	Kód	Típus	Leírás	A fa felszínén található mikroélőhelyek
	Támasztógyökerek üregei			
	GR11	$\varnothing \geq 5$ cm	A fa gyökerei által kialakított természetes üregek a törzs alján. Mohával sűrűn borítottak lehetnek. Nincs sérülés vagy korhadt üreg.	Deformáció/ növekedési forma
	GR12	$\varnothing \geq 10$ cm		
GR13	Törzshasadás, hossz ≥ 30 cm	A fa növekedése során keletkező hasadások, sérülés vagy nyílt repedés nélkül. Ez a körülzáródás a törzs magasabb részén található, ezért a támasztógyökérzetnek nem része.		

1. ábra: Támasztógyökér-típusok a mikroélőhely-katalógusban. Forrás: Kraus et al. 2016.

Eredmények

A kijelölést követő felvételezések során az 1 hektáros mintaterület 3 részkvadrátja került felmérésre. Az eredmények értékelése során felmerülő kérdés, hogy a három, egymással szomszédos 0,25 ha kiterjedésű kvadrát adatai mennyire hasonlítanak egymásra (ez a fizikai közelség szempontjából elvárható), illetve a felmerülő különbségeknek milyen következményei vannak az ökonómiai és ökológiai értékelésekre. Módszertani kérdés, hogy mennyire érzékelhető az eltérő felmérő személyek különböző szemléletének szerepe a felvételi adatokon.

A felmért három részterület kvadrátonkénti (0,25 ha) törzsszáma (1 - 278 db, 2 - 236 db, 3 - 284 db), körlapösszege (1 - 9,1 m², 2 - 8,7 m², 3 - 9,5 m²) és fatérfogata (1 - 84,9 m³, 2 - 84,8 m³, 3 - 87,1 m³) egymáshoz hasonló értéket mutat. Szembetűnő viszont a különbség a mikroélőhelyek alapján számított ökológiai pontok tekintetében. Az 1. kvadrátban ezek összege kiemelkedően magas (2212) a 2. és 3. kvadráthoz képest (700, 581).

1. kvadrát

Az 1. kvadrát faállománya két fafajból áll: a kocsánytalan tölgyből és a közönséges gertyánból. Fatérfogat szempontjából a kocsánytalan tölgy 85,8%-kal meghatározó szerepű, a

gyertyán a vékonyabb, 10-15 cm körüli mérettartományokban jelenik meg nagyobb egyed-számban.

A faegyedek kiemelkedő számban vízajtásokkal (GR22) borítottak. Jelentős számban fordultak elő támasztógyökér üregek (GR11, GR12) és kéreghiányos törzsfelületek (IN11, IN12). Minimális számban jelentek meg a következők: kéregbúvóhely (BA11), vízzel telt üregek (CV41), ágakhoz kapcsolódó odúk (CV31), törzsön található odúk (CV21, CV25), lombosmohával (EP31) és levélszerű zuzmóval borított (EP32) mikroélőhelyek.

2. kvadrát

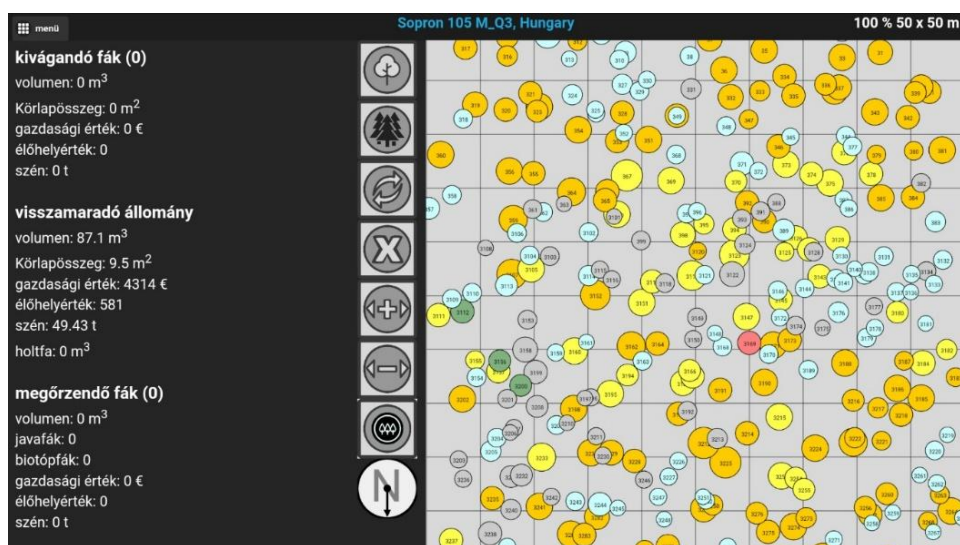
A 2. kvadrát lombkoronaszintje fajgazdagabb, dominanciaviszonyai hasonlóak az 1. kvadráthoz, de az előző két faj mellett alacsonyabb egyedszámban megjelenik a kislevelű hárs (*Tilia cordata*), a csertölgy és a magas kőris.

Eltérően az 1. kvadráttól, itt a leggyakoribb mikroélőhely a kisebb méretű napnak nem kitett koronaág (DE13), de jelentős számban találhatóak napnak kitett kisebb méretű koronaágak (DE11) és a holt felső résszel (DE15) jellemezhető egyedek is. Számottevő a nagyméretű támasztógyökér üregek (GR12) előfordulása is. Az 1. kvadrátban gyakori vízajtások (GR22) egyáltalán nem kerültek rögzítésre, a kisméretű támasztógyökér üregek (GR11) szintén hiányoznak.

Egyéb kis számmal képviseltetett kategóriák: tetején nyitott kéregzseb (BA12), nagyméretű, nyitott tetejű törzsüreg (CV26), nagyméretű rovar röpnílás (CV52), napnak kitett, nagyobb méretű koronaág (DE12), nagyobb méretű, napnak nem kitett koronaág (DE14), kocsányos gombatermőtestek (EP13), kis méretű támasztógyökér üregek (GR11), kéreghiányok (IN12, IN13), hasadások és sérülések (IN31, IN32), nedvfolyás (OT11).

3. kvadrát

A 3. kvadrát fajkompozíciója markánsan különbözik az előzőektől. A fatérfogarányt figyelembe véve csak 55,1%-kal dominál a kocsánytalan tölgy. A cser aránya jelentős (25,8%), ami a magasabb átmérettartományok (20-30 cm) nagyobb törzsszámában is megmutatkozik. Viszonylag sok vékony gyertyán található az állományban elszórtan. A lombkoronaszintet kisszámú vörösfenyő és egy közönséges bükk megjelenése teszi változatosabbá (2-3. ábra).

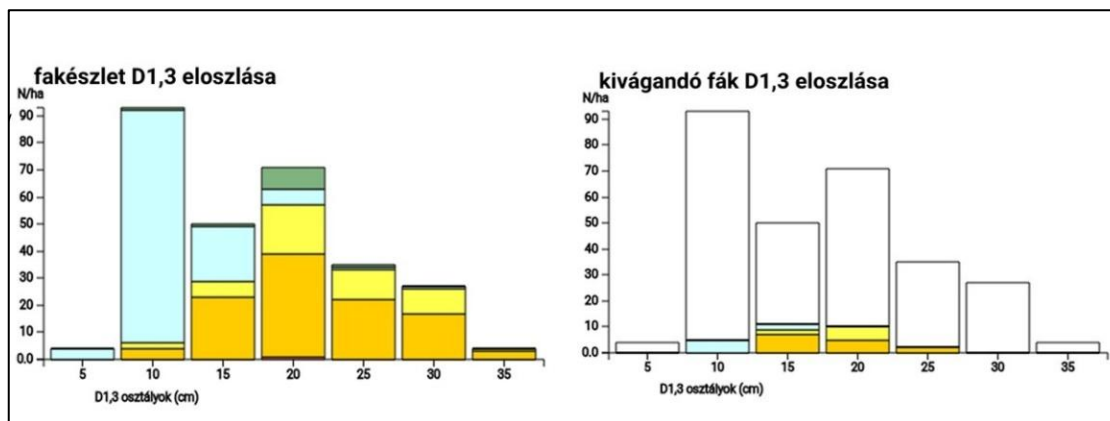


2. ábra: A 3. kvadrát törzstérképe fajok szerint színezve, a törzsátmérővel arányosan ábrázolva, az I+ Trainer alkalmazás felületén (KTT - narancs, CS – sárga, GY – kék, VF – zöld, B – piros, holtfa – szürke).

Hasonlóan a 2. kvadráthoz, itt is a kisebb méretű napnak nem kitett koronaág (DE13) a leggyakoribb mikroélőhely. Jelentős számban rögzítésre került támasztógyökér üregeket (GR11, GR12) is. Egyéb ritka mikrohabitatok a 3. kvadrátban: érdes, durva kéreg (BA21), törzsön található, humusszal telt odúk (CV21, CV23), ágakhoz kapcsolódó odúk (CV31, CV32), napnak kitett kisebb méretű koronaágak (DE11), járatrendszer egyetlen kisméretű rőpnyílással (CV51), rákos kinövés (GR31), kéreghiány (IN11, IN12), törött koronaág (IN23).

Gyakorlati felhasználás tapasztalatai

A marteloszkóp területek eddig több módon is hasznosultak az Erdőmérnöki Kar oktató tevékenységében. Létrehozásuk diplomatervezés keretében történt, amelynek során a diplomatervező komplex feladat keretében végezte el a terület létesítését, a terület kijelöléstől kezdve, a felvételezésen keresztül az adatok kiértékeléséig. Egy marteloszkóp esetében a létesítés csupán a megalapozó feltétele a további hasznosításnak, amelynek elsődleges módja az esedékes erdészeti beavatkozások szimulációja virtuális kijelöléssel, tényleges beavatkozás nélkül. A Kar által szervezett hallgatói projekthét keretében került sor 2025 őszén az első ilyen jellegű gyakorlatra, amelynek során a projektfeladatra jelentkező erdőmérnök hallgatók három db ötfős csoportra osztva végezték el a virtuális kijelölést és annak értékelését az I+ Trainer alkalmazás segítségével a 3. kvadrát területén. A szimulált növedékfokozó gyérítés során irányadóan kitermelendő mennyiséget előzetesen 10,3 m³-ben határoztuk meg a teljes 87,1 m³-es fatérfogathoz viszonyítva. A jelölés során a hallgatóknak az integrált erdőgazdálkodás elveit figyelembe véve kellett „egyensúlyozni” a gazdasági és természetvédelmi szempontok között, figyelembe véve a következőket: faegyedekhez kapcsolódó mikroélőhelyek, megsegítendő egyedek, alászorultság, közbeszorultság, lábön álló holt fák értéke. A 3. kvadrát teljes állományának becsült értéke 4314 euró, ökológiai értéke 550 pont.



3. ábra: A 3. kvadrát teljes fakészletének és virtuális jelölési gyakorlat szerint kivágandó fák átmérő szerinti eloszlása

A szimulált beavatkozások eredményeiből megállapítható, hogy az egyes csoportok a gyérítés gazdasági bevételét és ökológiai pontvesztését különböző ár-érték aránnyal érték el. Az egyes jelölő csoportok esetében a kitermelendő faanyag értékei elosztva a kitermelt fák ökológiai pontszámával a következő eredményt adják: 5,54 euró/ökológiai pont, 7,24 euró/ökológiai pont, 9,22 euró/ökológiai pont (1. táblázat). Látható, hogy a legkisebb és a legnagyobb érték közötti különbség jelentős. A legmagasabb érték kompromisszumos megoldásnak tekinthető, hiszen itt fajlagosan a legmagasabbra értékelték a mikroélőhelyek;

viszonylag alacsony ökológiai veszteséggel (-31 pont) lehet több értéket kihozni az állományból (+286 euró).

1. Táblázat: Kivágandó fák a 3. kvadrátban virtuális jelölési gyakorlat szerint

Fafajok	N/ha	Körlevegő (m ²)	Térfogat (m ³)	Gazdasági érték (€)	Élőhely-érték (pont)	Mikroélőhely (N)	Szén (t)
CS	7	0,2	1,9	77	36	3	1,1
B	0	0	0	0	0	0	0
GY	7	0,1	0,8	34	6	2	0,4
VF	0	0	0	0	0	0	0
KTT	14	0,5	4,2	155	6	1	2,4
Össz.	28	0,8	7	266	48	6	3,9

Módszertani eredmények

A marteloszkóp mintaterületek létesítésével kapcsolatban jól kidolgozott módszertani útmutató áll rendelkezésre (SCHUCK et al. 2015). Ennek ellenére a helyi állományviszonyok, a hozzáférhető eszközök köre és a felmérők tapasztalata szükségessé teszik ezeknek a módszereknek a folyamatos pontosítását. A kisebb méretű kvadrátok különböző diplomatervezők általi felvételezése, a munkába bevont segítők jelentős száma és a projektfeladat résztvevői lehetőséget adnak arra, hogy számos eltérő szemléleten keresztül több előremutató módszertani tanulságot szűrjünk le.

Javaslatként megfogalmazódott a kis fafajdiverzitású állományokban a digitális tolómérő használatának célszerűsége. A fák egyedi azonosító festékekkel való számozásának praktikusabb megoldásaira vonatkozóan szintén tapasztalatokat szereztek a hallgatók. Nem csak a későbbi virtuális jelölésnél, hanem a felvételezésnél is jó szolgálatot tesz a tablet használata, de az akkumulátorának töltési lehetőségéről gondoskodni kell, különösen az ideális felmérési időszakban jellemző hidegebb időjárás esetében. Minden kvadrát esetében megerősítést nyert, hogy a csoportban történő munka előnyös, bizonyos részfeladatoknál elengedhetetlen. A jövőben is hangsúlyt kell fektetni a különböző (akár időben egymást követő) felmérő csapatok közötti tapasztalatcserére, szemléletük egységesítésére.

Következtetések

Az állomány adatai az intenzív vastagsági növekedést megelőző állapotot tükrözik, így a kitermelhető faanyag gazdasági értéke sem nevezhető nagyoknak, hiszen jelentős rönk alapanyag nem nyerhető még az állományból. Az erdő középkorú (55 év) jellegéből adódóan viszonylag kevés mikroélőhely-típus található a területen, ebből származóan az összesített ökológiai érték viszonylag alacsony. A terepi adatok az eddigi, főként faanyagtermesztést előnyben részesítő nevelések hatásait tükrözik. A leggyakrabban fellelhető mikroélőhelyek, mint a vízajtás és a támasztógyökerek üregei is többnyire a korábbi fahasználati beavatkozások, valamint a fafaj növekedési tulajdonságai miatt alakultak ki. Hiányoznak azok az értékes mikrohabitatok, amelyek kialakulásához több idő, vastagabb törzsek és ágak szükségesek, valamint ezzel összefüggően a holtfa kategóriák jelentős része is hiányzik.

Az állományokban megjelenő mikroélőhelyek általában 60 éves kor felett kezdenek el tömegesen kialakulni (LARRIEU et al. 2018). Az előzőekből adódóan a felvételezés során felértékelődnek azok a kevésbé markáns típusok, amelyek esetében pusztán rögzítésük

indokoltsága is nagyban függ a felvételező megítélésétől, szemléletétől. A mikroélőhelyszerkezetben megmutatkozó különbségek jelentős része ennek a tényezőnek tudható be, de természetesen közrejátszik a kvadrátok faállományának változatossága is. A látszólagos el-
lentmondásokat helyesen értelmezve, az eredmények kiegészítik egymást a fokozatosan ki-
egészülő 1 hektáros kvadrát egészét tekintve és lehetővé teszik a tanulságok beépítését a
mintaterületek jövőbeli fejlesztésébe.

Korábbi terveinknek megfelelően további mintaterület kijelölésére és felvételezésének meg-
kezdésére kerül sor a Sopron 126 E erdőrészletben, amely eltérő tulajdonságaival (idősebb
állomány, több mikroélőhely) kontrasztot jelent az előzőhöz képest és alkalmas lesz két el-
térő karakterű állomány összehasonlítására.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Dr. Folcz Ádám termelési- és kereskedelmi igazgatónak (TAEG Zrt),
aki biztosította a területet a felmérés létrejöttéhez, valamint hasznos tanácsokkal segítette a
munkát. Köszönjük Göde Tamás tanársegédnek (Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti
Erőforrás-gazdálkodási Intézet) a hallgatói projektfeladat lebonyolítása során nyújtott segít-
ségét és a további mintaterületek felvételezésében való közreműködést. Köszönet Dr. Király
Géza intézetigazgató egyetemi docensnek (Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki
Intézet) a geodézia feladatok végrehajtásában való iránymutatásokért. Nélkülözhetetlen hát-
teret adtak a European Forest Institute munkatársai, kiemelten az adatfeldolgozást végző
Sergey Zudin.

Hálával tartozunk továbbá a következőkben felsorolt segítőinknek: Ulbert Zsófia, Kenéz Dá-
niel, Szász Botond, Takács Gergő, Jánosi Mátyás, Frank Péter, Reményfy Zsigmond, Bencze
Áron, Kanta Ádám, Leopold Dániel, Teller Álmos, Nagy Levente.

Irodalomjegyzék

- BAUHUS, J. – FORRESTER, D. J. – GARDINER, B. – JACTEL, H. – VALLEJO, R. – PRETZSCH, H. (2017):
Mixed-species forests: ecology and management. Mixed-Species Forests, Springer-Verlag,
978-3-662-54553-9 (eBook). (10.1007/978-3-662-54553-9_7). (hal-01608424)
- BALESTRA, M. – TONELLI, E. – LIZZI, L. – PIERDICCA, R. – URBINATI, C. – VITALI, A. (2025): A Di-
gital Replica of a Marteloscope: A Technical and Educational Tool for Smart Forestry Manage-
ment. Forests 16(5), 820. <https://doi.org/10.3390/f16050820>
- BRANG, P. – SPATHELF, P. – LARSEN, J. B. – BAUHUS, J. – BONCINA, A. – CHAUVIN, C. – DROSSLER,
L. – GARCIA-GUEMES, C. – HEIRI, C. – KERR, G. – LEXER, M. J. – MASON, B. – MOHREN, F.,
MUHLETHALER, U. – NOCENTINI, S. – SVOBODA, M. (2014): Suitability of Close-to-Nature Sil-
viculture for Adapting Temperate European Forests to Climate Change. Forestry 87: 492-503.
<http://dx.doi.org/10.1093/forestry/cpu018>
- DEBRYNIUK, V. – LAVNYI, V. – IVANIUK, A. – ORIKHOVSKYY, R.Y. – SPATHELF, P. (2025): Mo-
nitoring of Forest Sites by Establishing Marteloscopes. 10.3997/2214-4609.202552068.
- DERKS, J. – SCHUCK, A. – O'BRIEN, L. (2020 a): Forestry training with I+ marteloscopes.
10.13140/RG.2.2.19536.93442.
- DERKS, J. – SCHUCK, A. – ZUDIN, S. (2020 b): Step-by-step tutorial: I+ Trainer software European
Forest Institute. Integrate Network Technical Report. 10.13140/RG.2.2.26247.82087.
- KRAUS, D. – BÜTLER, R. – KRUMM, F. – LACHAT, T. – LARRIEU, L. – MERGNER, U. – PAILLET, Y.
– RYDKVIST, T. – SCHUCK, A. – WINTER, S. (2016): Catalogue of tree microhabitats. Reference
field list. Integrate+ Technical Paper. 16 p. 10.13140/RG.2.1.1500.6483.
- LARRIEU, L. – PAILLET, Y. – WINTER, S. – BÜTLER, R. – KRAUS, D. – KRUMM, F. – LACHAT, T. –
MICHEL, A.K. – REGNERY, B. – VANDEKERKHOVE, K. (2018): Tree related microhabitats in
temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory stan-
dardization. Ecological Indicators 84:194–207.

- POMMERENING, A. – MURPHY, S. T. (2004): A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 77(1) 27–44. <https://doi.org/10.1093/forestry/77.1.27>
- RÖMER, N. – SCHUCK, A. – ZUDIN, S. (2025): Integrate Network Marteloscopes - Large scale insights into the growing database. European Forest Institute. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16947681>
- SCHUCK, A. – KRUMM, F. – KRAUS, D. (2015): Integrate+ Marteloscopes - Description of parameters and assessment procedures. Integrate+ Technical Paper No. 18. 16 p.
- SCHÜTZ, J. P. – SANIGA, M. – DIACI, J. – VRŠKA, T. (2016): Comparing close-to-naturesilviculture with processes in pristine forests: lessons from Central Europe. *Annals of Forest Science* 73:911–92. <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0579-9>

EGY FEKETEFEFENYVES LOMBKORONA- ÉS AVARINTERCEPCIÓJÁNAK SZEZONÁLIS VÁLTOZÁSA (ESETTANULMÁNY A SOPRONI EGYETEM BOTANIKUS KERTJÉBŐL)

Seasonal changes in canopy and litter interception in a black pine forest
(case study from the Botanical Garden of the University of Sopron)

ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA¹, OKRES BENCE¹, KALICZ PÉTER¹, HERCEG ANDRÁS¹,
GRIBOVSZKI ZOLTÁN¹

¹Soproni Egyetem, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet
zagyvaine.kiss.katalin@uni-sopron.hu

Kivonat

Egy párosított parcellás hidrológiai vizsgálatot hoztunk létre a Soproni Egyetem Botanikus Kertjében található feketefenyő foltban és a szomszédos szabad területi parcellában. A terület lehetőséget adott az erdő lombkorona- és avarintercepciójának számszerűsítésére. Szezonális csapadékesemény-alapú egyszerű elemzést végeztünk a lombkorona- és avarintercepció veszteség számszerűsítésére a szabad területi csapadékmennyiség és az állomány/effektív csapadék közötti korreláció összefüggésében. A lombkorona-intercepció értéke jellemzően magasabb a nyugalmi időszakban (november 1. és április 30. között), mint a vegetációs periódusban. Az avarintercepció veszteség viszont nem mutat jelentős szezonális eltérést. Az éves átlagokat tekintve a lombkorona a két milliméter feletti csapadékesemények kevesebb mint hatodát, míg a lombkorona és az avar együttesen, közel egyötödét fogta fel. A két milliméter alatti csapadékok szinte teljes egészét a lombkorona fogta fel.

Abstract

We conducted a paired plot hydrological study in a black pine patch located in the Botanical Garden of the University of Sopron and in an adjacent open area plot. The area provided an opportunity to quantify the interception of forest canopy and litter. We performed a simple seasonal precipitation-based analysis to quantify canopy and litter interception losses in relation to the correlation between open area precipitation and stand/effective precipitation. The value of canopy interception is typically higher during the dormant period (between November 1 and April 30) than during the growing season. However, litterfall loss does not show significant seasonal variation. In terms of annual averages, the canopy intercepted less than one-sixth of precipitation events exceeding two millimeters, while the canopy and litter together intercepted nearly one-fifth. Almost all precipitation below two millimeters was absorbed by the canopy.

Bevezetés

A szárazodó klímában egyre több figyelem irányul a vízgazdálkodásra, annak egyes elemeire. Az erdőgazdálkodásban a hosszútávra kiható döntéseknél fontos az előrejelzések és kutatási eredmények figyelembevétele. A csapadéknak, mint bevételi oldalnak a csökkenését vetítik előre a kutatók, valamint éven belüli eloszlásának változását (BARTHOLY et al. 2007, GÁLOS 2010). Az, hogy ebből a csapadékból mennyit tud a vegetáció hasznosítani, függ annak tulajdonságaitól is, hiszen egy jelentős hányad a növényzet benedvesítésére fordítódik, és el sem éri a talajt. Ezt a csapadékrészt nevezzük intercepciónak, amit az élő és holt növényi részek visszatartanak, és onnan visszapárolog a légtérbe, részben már a csapadékesemény alatt.

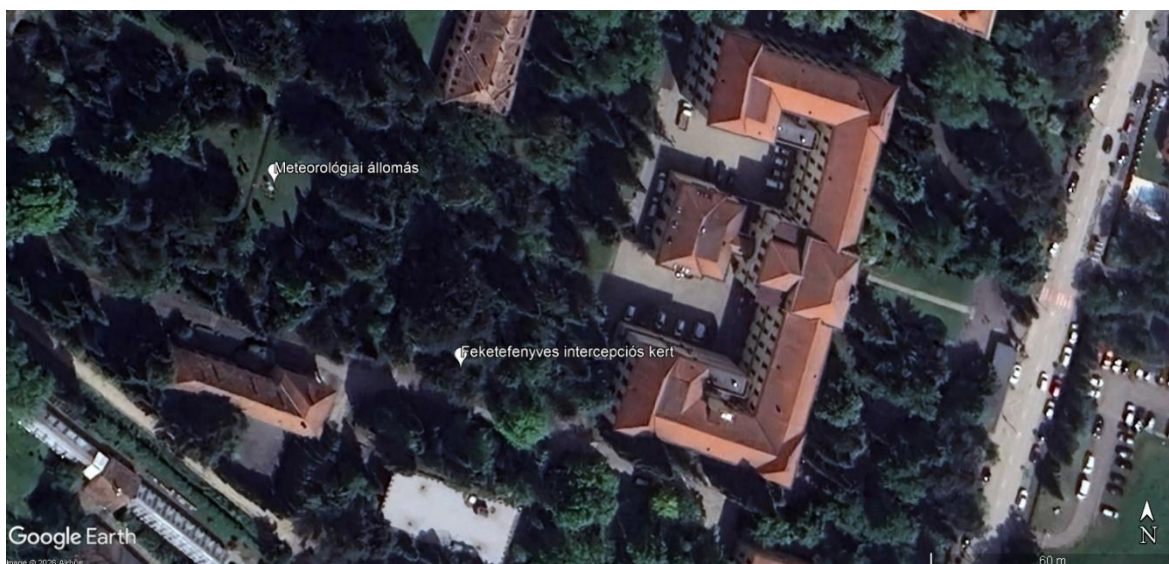
Az intercepciós veszteség az állomány jellemzőitől és az időjárási körülményektől függ, úgy mint fafaj (KUCSARA 1996), levélfelületindex (BULCOCK ÉS JEWITT 2012), az avar mennyisége és minősége (Führer 1992), a növényzet jellemzői (HEWLETT 1982), a csapadék mennyisége (LLORENS 1997), intenzitása (JÁRÓ 1980), formája (STORCK et al. 2002), két csapadékesemény közötti időszak hossza (ZENG et al. 2000), a levegő hőmérséklete (XIAO et al. 2000), a szélesebbesség (HÖRMANN et al. 1996), és a levegő páratartalma (LINK et al. 2004).

A Soproni Egyetemen és jogelőd intézményeiben már évtizedek óta foglalkoznak intercepciós kutatásokkal különböző korú bükk, kocsánytalan tölgy, lucfenyő és égeres állományokban (KUCSARA 1996, ZAGYVAINÉ 2014, KALICZ 2019). Jelen munka egy 2023-ban megkezdett kutatás első eredményeit foglalja össze a feketefenyő (*Pinus nigra*) intercepcióját tárgyalva, amelyhez – a fentebb említett, Hidegvíz-völgyben végzett mérésekkel szemben – a Campuson létesített párosított parcellás mérések szolgáltatottak adatokat. A fafajválasztást a nemzetközi 143972SNN azonosítószámú OTKA pályázat keretében megvalósuló szlovén partnerrel (Ljubljana-i Egyetem) való közös kutatás indokolta.

A feketefenyő ugyan nem őshonos hazánkban, mégis mivel talaj tekintetében igénytelen, ezért hazánk gyenge termőhelyein, váztalajokon, leromlott mezőgazdasági területeken és a környezetvédelmi fásításokkal érintett telepítések (erdősávok, meddőhányók, depóniák, iparterületek, légszennyezéssel érintett területek) kapcsán jelenthetnek jó lehetőséget (KRASZAY 1991). A feketefenyő a vízzel való takarékoság szempontjából kedvező fafajnak számít, éves vízfelhasználása JÁRÓ (1981) szerint 185 mm/év. Avartömege a bomlás lassabb volta miatt elegendően állományban jelentősebb lehet (GARTNER – CARDON 2004), ami miatt jelentősebb vízmennyiséget tarthat vissza, viszont száraz időszakban a lombleveleknél gyorsabb kiszáradása miatt tűzveszélyessé válik (CSERESNYÉS 2013).

Anyag és módszer

A vizsgálat helyszíne a Soproni Egyetem Botanikus kertjében lévő párosított parcella (1. ábra), melynek egyik eleme a meteorológiai állomás, ahonnan a szabadterületi csapadék adatok származnak, valamint a feketefenyves folt, ahol az állományi- és effektív csapadék mérése történt.



1. ábra: A vizsgálati helyszínek a Botanikus Kertben.

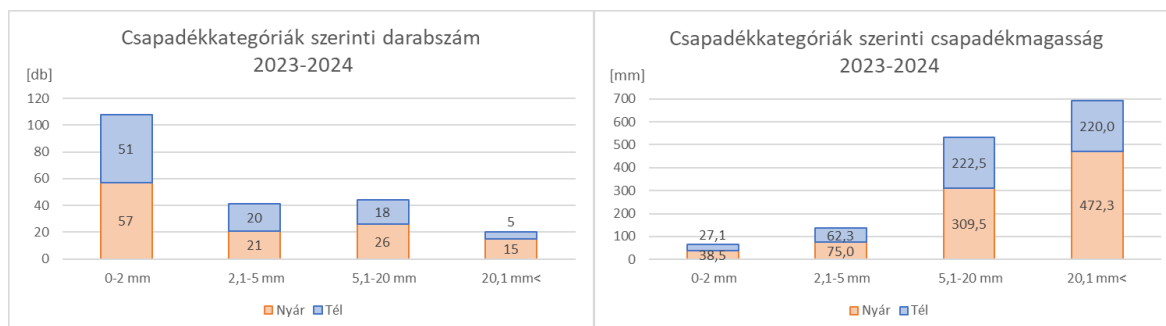
A két helyszín légvonalban mért távolsága kb. 60 m. A szabadterületi csapadék szabványos Hellmann-féle csapadékmérővel történt napi mérési gyakorisággal, kivételt képeznek a vasárnapok, amikor nem történt mérés, ezért a hétfői észlelések két napi csapadékot tartalmazhatnak. A feketefenyves foltban a mérések időben a szabadterületi mérésekhez igazodnak. Az áthulló csapadék mérése három egyenként 0,2 m² felső nyílású káddal történtek, az effektív csapadék 10 db egyenként 0,08 m² felső nyílással rendelkező mérőedényzettel, melynek leemelhető felső részében avart helyeztünk el, alsó része pedig zárt (2. ábra). A kutatás időben két teljes hidrológiai évet ölel fel (2023. november 1. és 2025. október 31. közötti időszak). Az elemzésekben a téli periódus november 1-től április 30-ig tart, a nyári pedig május 1-től október végéig. A téli időszakban, havas fagyos napokon egy-egy esetben nem volt pontosan mérhető és elkülöníthető az egyes csapadékokhoz tartozó intercepció, így ezeket az elemzésből kihagytuk.



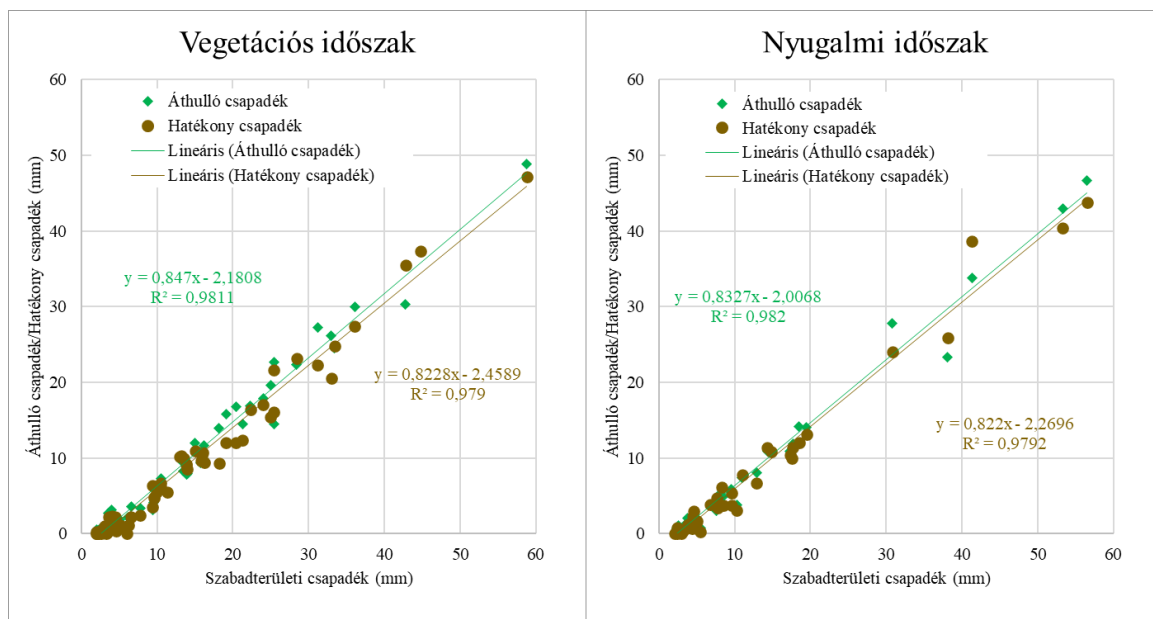
2. ábra: Mérőeszközök a Botanikus Kertben (balról jobbra: Hellmann-féle csapadékmérő, áthulló csapadék mérő kád, effektív csapadék mérőedényzet).

Eredmények

A vizsgált időszak csapadékeseményeit vizsgálva (3. ábra) megállapítható, hogy jellemzően a csapadéknagyság növekedésével a csapadékesemények darabszáma csökken. Egyedül a nyári 5 és 20 mm közötti kategória esetén nem igaz ez a megállapítás. Ez az a csapadéknagyság, ami általában az állomány szempontjából jelentős részben helyben hasznosítható, mert míg a kiscsapadékok nagy része felemészthető intercepció veszteségként, a nagyobb csapadékok pedig részben már a lefolyáshoz adódnak hozzá. A darabszámmal ellentétben a csapadékmagasságok összege a nagyobb csapadékkategóriáknál a nagyobbak.



3. ábra: Két vizsgált hidrológiai év feldolgozott szabadterületi csapadékadatai.



4. ábra: Két vizsgált hidrológiai év adatainak szezonális különbségei.

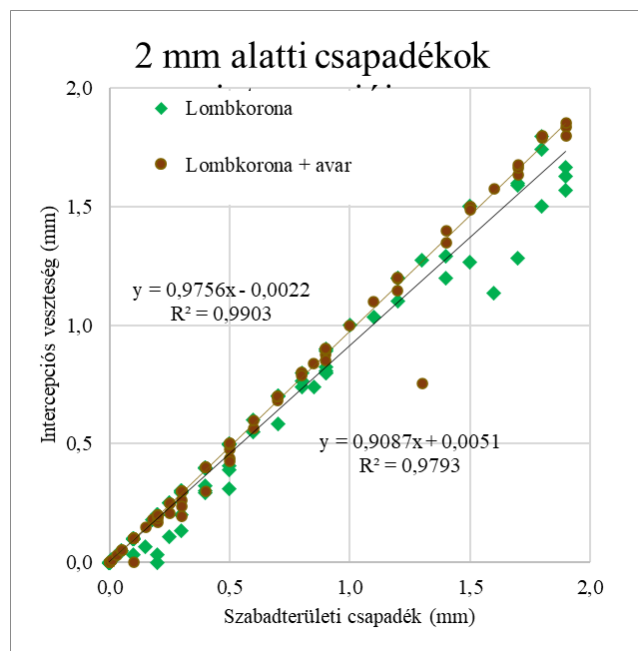
A két hidrológiai év 2 mm-nél nagyobb szabadterületi csapadékkal jellemezhető adatpárjaiból készült diagramok mutatják az összefüggését a szabadterületi csapadéknak és az áthulló csapadéknak, valamint a szabadterületi csapadéknak és az effektív- vagy hatékony csapadéknak külön a téli (nyugalmi) és nyári (vegetációs) időszakokra (4. ábra). Az adatpárookra illesztett trendvonalak egyenletei alapján meghatározható a tározási kapacitás és az intercepció veszteség értéke.

Az 1. táblázat tartalmazza a vizsgálat eredményeit a lombkorona-intercepció, és a lombkorona és avarintercepció együttesének különbségeit szezonálisan és a teljes időszakot tekintve. Látható, hogy a tározási kapacitás értéke vegetációs időszakban nagyobb, mint a nyugalmi időszakban, és várakozásainknak megfelelően a teljes időszakot figyelembe véve a kettő közötti értéket kaptunk. Számszerűen a lombkorona 2,6 mm (nyári félév) és 2,4 mm (téli félév) közötti értékeket mutat, míg a teljes, avar is figyelembe vevő tározási kapacitás 2,8 és 3,0 mm között alakult. Az intercepció veszteség a 2 mm alatti csapadékokat nem tekintve 15 és 18 százalék között alakult, viszont a nagyobb veszteség, annak ellenére hogy a tározási kapacitás kisebb volt, télen figyelhető meg, elsősorban a lombkorona esetében.

1. Táblázat: Szezonális különbségek az intercepció összefüggés-vizsgálatában (2 mm feletti csapadékok esetében).

	Tározási kapacitás [mm]	Intercepció hányad [%]	R ²
Csapadék-Áthulló csapadék NYÁR	2,6	15,3	0,981
Csapadék-Hatékony csapadék NYÁR	3,0	17,7	0,979
Csapadék-Áthulló csapadék TÉL	2,4	16,7	0,982
Csapadék-Hatékony csapadék Tél	2,8	17,8	0,979
Csapadék-Áthulló csapadék TELJES ÉV	2,5	15,9	0,982

Csapadék-Hatékony csapadék TELJES ÉV	2,9	17,8	0,979
--------------------------------------	-----	------	-------



5. ábra: A 2 mm alatti csapadékok intercepciója.

Az 5. ábra mutatja a 2 mm alatti csapadékok intercepcióját a szabadterületi csapadék függvényében. Jól látható, hogy a trendvonalak dőlése közel negyvenöt fokos, vagyis jellemzően a 2 mm alatti csapadékok teljes egészében az intercepcióra fordítódnak.

Következtetések

A feketefenyő intercepciós veszteségének és tárolókapacitásának szezonális változásait vizsgáltuk a lombkorona és az avar esetében, és azt találtuk, hogy a tározási kapacitás értékei nagyobbak a vegetációs időszakban, viszont az intercepciós veszteség télen nagyobb a lombkorona esetében, de az avar és lombkorona együttesénél nem figyelhető meg jelentős évszakos változás. Ezek az eredmények a 2 mm alatti csapadékokat nem veszik figyelembe, melyeket szinte teljes mértékben intercepciós veszteségként könyvelhetünk el. A tározási kapacitásban 0,2 mm az évszakos különbség, az intercepciós veszteségben pedig nem éri el a 1,5%-ot a lombkorona intercepciójában talált különbség, ami kisebb, mint a JÁRÓ (1980) által közölt 5%-os évszakos különbség. A teljes intercepciós veszteség 17,8%-nak adódott, azonban ehhez még hozzászámolandó az a kb. évi 35 mm csapadék, amely a 2 mm alatti csapadékokból tevődik össze, ami nem szerepelt az intercepciós elemzésekben, de még így is alatta marad JÁRÓ (1980) 34% feletti és SITKEY (1999) 32%-os adatának. Ennek oka részben az eltérő klímában, részben az eltérő faállomány-viszonyokban keresendő. Elméleti megfontolás alapján, ha a tározási kapacitás értékei magasabbak voltak, mint 2 mm, és feltételezzük, hogy a tározási kapacitás eléréséig javarészt a benedvesítődésre fordítódik a csapadék, a kicsapadékok nagy száma miatt torzíthatják az összefüggést ezek az adatok. A jövőben érdemes a minden csapadékkategóriát tartalmazó adatsorra intercepciós összefüggést kidolgozni, esetleg mind a 4 évszakra vonatkozólag.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a 143972SNN azonosítószámú OTKA pályázat (NKFIH támogatás), a Slovenian Research and Innovation Agency (N2-0313) pályázata és a kapcsolt TKP2021-NKTA-43

számú projekt támogatta. A TKP2021-NKTA-43 és a 143972SNN számú projekt a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal – NKFIH támogatásával valósult meg. A kutatást a Agrárminisztérium is támogatja.

Irodalomjegyzék

- BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – GELYBÓ G. (2007): Regional climate change expected in Hungary for 2071-2100. *Applied Ecology and Environmental Research* 5: 1–17. DOI [10.15666/aecer/0501_001017](https://doi.org/10.15666/aecer/0501_001017)
- 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: 8293–8333. DOI [10.5194/hess-16-4693-2012](https://doi.org/10.5194/hess-16-4693-2012)
- CSERESNYÉS I. (2013): Feketefenyvesek természetvédelmi megítélésének ökológiai alapjai. Doktori (PhD) értekezés tézisei, Szent István Egyetem Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő, 16 p.
- GARTNER, T. B. – CARDON, Z. G. (2004): Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter. *Oikos* 104 (2): 230-246. DOI [10.1111/j.0030-1299.2004.12738.x](https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12738.x)
- GÁLOS B. (2010): Analysis of forest-climate interactions, applying the regional climate model REMO. Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 122 p.
- HEWLETT, J. D. (1982): Principles of forest hydrology. The University of Georgia Press, Athens, GA, USA. 183 p.
- HÖRMANN, G. – BRANDING, A. – CLEMEN, T. – HERBST, M. – HINRICHS, A. – THAMM, F. (1996): Calculation and simulation of wind controlled canopy interception of a beech forest in Northern Germany. *Agricultural and Forest Meteorology* 79: 131-148. DOI [10.1016/0168-1923\(95\)02275-9](https://doi.org/10.1016/0168-1923(95)02275-9)
- JÁRÓ Z. (1981): A hazai erdők vízfogyasztása. *Agrártudományi közlemények*, 40 (2–4): 353–356.
- JÁRÓ Z. (1980): Intercepció a gödöllői kulturerdei ökoszisztémában, *Erdő és víz: Munkaértekezlet: Sopron, 1980. november 27.* 163 p.
- KALICZ P. – CSÁKI P. – ZAGYVAINÉ KISS K. A. – GRIBOVSKIZI Z. (2019): Intercepciómérések automatizálási lehetőségei. In.: *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap: Tudományos eredmények a gyakorlatban* pp. 208-214
- KRASSAY L. (1991): A feketefenyő megismerésének és kutatásának rövid története. *Erdészettörténeti közlemények* 5: 114-147.
- KUCSARA M. (1996): Csapadék és lefolyás erdészeti kisvízgyűjtőn. Doktori értekezés, Sopron.
- LINK, T. E. – UNSWORTH M. – MARKS D. (2004): The dynamics of rainfall interception by a seasonal temperate rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124: 171–191. DOI [10.1016/j.agrformet.2004.01.010](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.01.010)
- LLORENS, P. (1997): Rainfall interception by a *Pinus sylvestris* forest patch overgrown in a Mediterranean mountainous abandoned area. II- Assessment of the applicability of the Gash analytical model. *Journal of Hydrology*, 199: 346-359. DOI [10.1016/S0022-1694\(96\)03335-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)03335-5)
- SITKEY J. (1999): Erdő és talajvíz kapcsolatára valamint az erdőnek a kis vízgyűjtők hozamára vonatkozó kutatások ismertetése. In. Gácsi Zs. (szerk.): *Erdő – víz. Szemelvények erdészeti kutatási és gyakorlati munkákból.* Kecskemét. pp. 22-34.
- STORCK, P. – LETTENMAIER, D. P. – BOLTON, S. M. (2002): Measurement of snow interception and canopy effects on snow accumulation and melt in a mountainous maritime climate, Oregon, United States. *Water Resources Research*, vol. 38. No. 11: 1223. DOI [10.1029/2002WR001281](https://doi.org/10.1029/2002WR001281)
- XIAO, Q. – MCPHERSON, E. G. – USTIN, S. L. – GRIMMÉRE, M. E. – SIMPSON, J. R. (2000): Winter rainfall interception by two mature open-grown trees in Davis, California, *Hydrological Processes* 14: 763–784. DOI [10.1002/\(SICI\)1099-1085\(200003\)14:43.3.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(200003)14:43.3.CO;2-Z)
- ZAGYVAINÉ KISS K. A. (2012): Az avarintercepció vizsgálata a Soproni-hegységben. Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 121 p.
- ZENG, N. – SHUTTLEWORTH, J. W. – GASH, J. H. C. (2000): Influence of temporal variability of rainfall on interception loss. Part I. Point analysis. *Journal of Hydrology*, 228: 228-241. DOI [10.1016/S0022-1694\(00\)00140-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00140-2)

„ONE HEALTH” FROM MULTIPLE PERSPECTIVES: CAMERA TRAP-BASED OBSERVATION OF VECTOR SPECIES AND ZONOTIC RISKS IN AN URBAN ENVIRONMENT

“Egy Egészség” – több nézőpont: Vektorfajok és zoonózis kockázatok kameracsapdás megfigyelése városi környezetben

IZABELLA ZÁM¹, ESZTER NAGY¹, ÁGNES CSIVINCSIK², GÁBOR NAGY², TAMÁS TARI¹

¹University of Sopron, Institute of Wildlife Biology and Management

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, One Health Research Group
izadm013@gmail.com

Abstract

Human-wildlife overlaps in urban and peri-urban ecosystems elevates zoonotic risks. This study used non-invasive camera trapping in Sopron to monitor potential vector species near red fox (*Vulpes vulpes*) and golden jackal (*Canis aureus*) scats. The brown rat (*Rattus norvegicus*) was the most prevalent species, especially in winter, while higher rodent and bird diversity was linked to fox scats in summer. Contact patterns were shaped by decomposition dynamics of scat, anthropogenic food sources, and seasonal activity. These interactions facilitate the mechanical or indirect dispersal of pathogens such as *Echinococcus*, *Toxocara*, and *Giardia*. Our findings identify key vector species and their activity peaks, providing a framework for urban public health strategies, waste management, and community education.

Kivonat

A városi és periurbán ökoszisztémákban az ember és a vadon élő állatok közötti átfedés fokozza a zoonózisok terjedésének kockázatát. Jelen kutatás non-invazív kameracsapdás monitoring segítségével vizsgálta a potenciális vektorfajok megjelenését róka (*Vulpes vulpes*) és aranyakál (*Canis aureus*) hulladék környezetében Sopronban. A vándorpatkány (*Rattus norvegicus*) volt a leggyakoribb faj, különösen télen, míg nyáron a rókaürülékeknél nagyobb rágcsáló- és madárdiverzitást tapasztaltunk. A kontaktusmintázatokat az ürülék bomlási dinamikája, az antropogén táplálékforrások és a szezonális aktivitás alakította. Ezek az interakciók elősegítik az olyan patogének mechanikai vagy közvetett terjedését, mint az *Echinococcus*, a *Toxocara* és a *Giardia*. Eredményeink azonosítják a kulcsfontosságú vektorfajokat és aktivitási csúcsaikát, keretet biztosítva a városi közegészségügyi stratégiákhoz, a hulladékkezeléshez és a lakossági edukációhoz.

Introduction

Urbanisation has fundamentally restructured natural ecosystems, creating novel ecological interfaces where humans, domestic animals, and wildlife coexist in high density (Grimm et al. 2008). This proximity increases the risk of zoonotic transmission, as pathogens can be transmitted through various pathways, including direct interspecific contact and environmental contamination of soil, water, and anthropogenic waste (Plowright et al. 2017). In these peri-urban environments, diverse species—ranging from predators like red foxes to synanthropic rodents—successfully adapt to green spaces and built-up areas, forming complex networks of potential disease transmission.

Urban vector species are known to harbour a wide array of dangerous pathogens. For instance, rats (*Rattus norvegicus*) are significant reservoirs for *Leptospira* spp. and *Salmonella*, while the faeces of wild carnivores often contain the eggs of *Echinococcus multilocularis* and *Toxocara canis*, posing severe risks to public health (Himsworth et al. 2013, Hegglin-Deplazes, 2013). However, the mere presence of these species is insufficient for an accurate risk assessment. It is critical to understand their spatiotemporal activity and interspecific interactions, as the overlap in their movement patterns directly determines the frequency of contact and, consequently, the probability of infection (Hassell et al. 2017).

This study examines the spatial and temporal occurrence of potential vector species in a peri-urban area of Sopron. Specifically, our objective is to determine the relationships between urban biodiversity and public health risks associated with these species, using non-invasive monitoring methods to provide data that can inform future mitigation and management strategies.

Material and Methods

The study took place in Sopron, in north-western Hungary. The study focuses on a 17-hectare peri-urban area at TAEG Study Forestry Plc. Wood Processing Plant. Here, humans and wildlife often overlap (Fig. 1). Camera traps were set up in four microhabitats with different vegetation cover. Camera stations (HA1-H02; H03-H04) were placed at least 50 m apart. There was a minimum of 200 m between each pair of stations.



Figure 1. Study area in a peri-urban district of Sopron and a camera trap installation

Cameras were mounted on wooden stands for a top-down view of the ground. The cameras were operated in two-week rotations using jackal and red fox faeces as lure. To prevent pathogen transmission, scat samples were pre-treated at -80°C for seven days. Data collection lasted two growing seasons, from March 2024 to March 2025. Maintenance was weekly. Each motion-triggered camera took six-image sequences. A five-minute minimum interval between captures defined an independent detection.

All observations were listed in an Excel database. Records included station ID, scat type, timestamp, species or group, and whether physical contact occurred (defined as directly touching the scat). Event counts were standardised by how long the lure was available. This ensured the data were compatible. Laboratory analysis separated scat components and measured their mass percentage. Statistical tests, including tests for normality, were performed using PAST 4.0 (Hammer et al., 2001).

Results

The study yielded several results; the most significant, according to our criteria, are presented below.

First, we analysed how often rodents appeared by season (spring-summer; autumn-winter) and by month. We focused on cases where rodents had direct contact with fox or jackal faeces. The highest number of contact events occurred in April and May (Figure 2), during the growing season. In autumn and winter, rodent occurrence was higher than during the growing season, peaking in November and December (Figure 3). After applying the Kruskal-Wallis test, no significant differences were found between seasons for fox scats (spring-summer: $p = 0.3095$; autumn-winter: $p = 0.1748$) or jackal scats (spring-summer: $p = 0.1033$; autumn-winter: $p = 0.7621$).

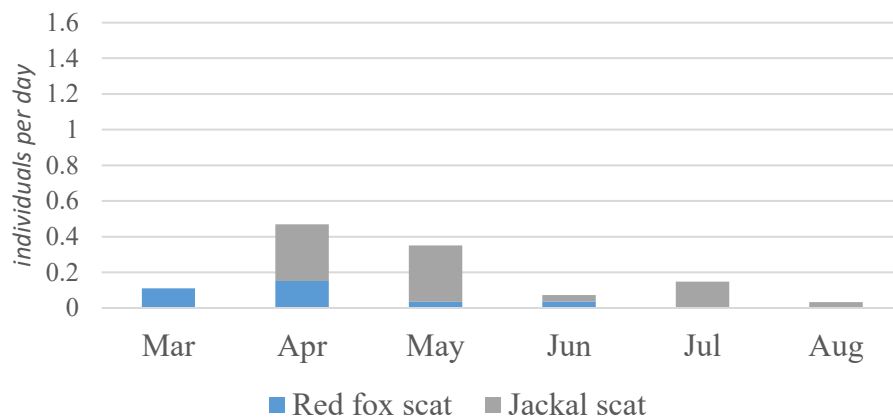


Figure 2. Frequency of occurrence of rodents involved in contact events during the spring and summer periods

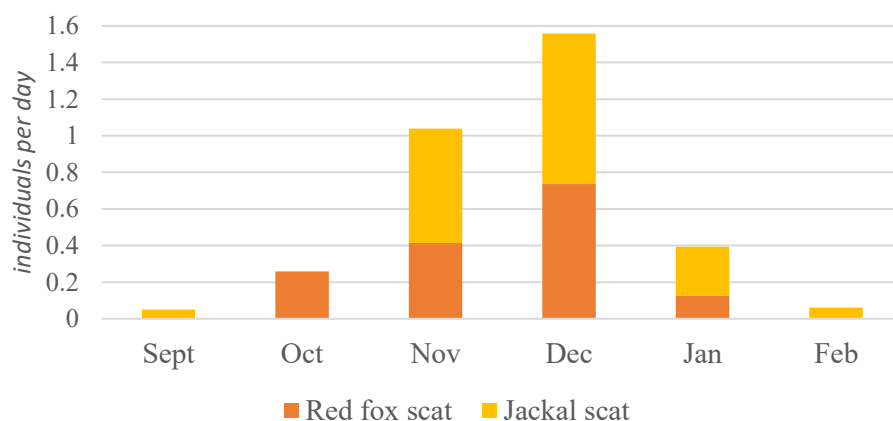


Figure 3. Frequency of occurrence of rodents involved in contact events during the autumn and winter periods

During the study, we recorded 593 animal observations (Table 1). Most were murids (Muridae; n = 379). Brown rats (*Rattus norvegicus*) were the most frequent (46.4%). Birds accounted for 136 events. Among other mammals, the European badger (*Meles meles*) had the highest proportion (4.0%).

Table 1. Summary of animal observations and species distribution

Species	Appearance (Qty)	Frequency (%)	Contact rate (%)
Murids (<i>Muridae</i>)	379	63.9%	22.1%
Brown rat (<i>Rattus norvegicus</i>)	275	46.4%	21.5%
Wood mouse (<i>Apodemus sylvaticus</i>)	82	13.8%	42.7%
Striped field mouse (<i>Apodemus agrarius</i>)	19	3.2%	31.6%
House mouse (<i>Mus musculus</i>)	2	0.3%	50.0%
Shrew (<i>Sorex araneus</i>)	1	0.2%	0.0%
Other Mammals	76	12.8%	61.8%
European badger (<i>Meles meles</i>)	24	4.0%	58.3%
Domestic dog (<i>Canis lupus familiaris</i>)	4	0.7%	50.0%
Domestic cat (<i>Felis catus</i>)	11	1.9%	63.6%
European hedgehog (<i>Erinaceus europaeus</i>)	2	0.3%	100.0%
European hare (<i>Lepus europaeus</i>)	5	0.8%	40.0%
Stone marten (<i>Martes foina</i>)	1	0.2%	0.0%
European pine marten (<i>Martes martes</i>)	15	2.5%	73.3%
Wild boar (<i>Sus scrofa</i>)	1	0.2%	100.0%
Red squirell (<i>Sciurus vulgaris</i>)	1	0.2%	0.0%
Red fox (<i>Vulpes vulpes</i>)	12	2.0%	66.7%
Birds	133	22.4%	31.9%
Common chiffchaff (<i>Anthus trivialis</i>)	2	0.3%	0.0%
Song thrush (<i>Turdus philomenos</i>)	12	2.0%	16.7%
Common chaffinch (<i>Fringila coelebs</i>)	2	0.3%	0.0%
Common pheasant (<i>Phasianus colchicus</i>)	2	0.3%	0.0%
Common blackbird (<i>Turdus merula</i>)	40	6.7%	12.5%
House sparrow (<i>Passer domesticus</i>)	2	0.3%	0.0%
Eurasian magpie (<i>Pica pica</i>)	1	0.2%	0.0%
Great tit (<i>Parus major</i>)	50	8.4%	63.5%
Spotted flycatcher (<i>Muscicapa striata</i>)	1	0.2%	0.0%
European robin (<i>Erithacus rubecula</i>)	20	3.4%	20.0%
European green woodpecker (<i>Picus viridis</i>)	1	0.2%	0.0%
Grand total	593	411.8%	

We examined the diurnal activity patterns of potential vector species (Fig. 4). Murids showed the highest activity in the morning and at night, but their activity decreased significantly during the afternoon. This pattern partially aligns with the early-morning and nocturnal movements of 'other mammals,' including foxes. In contrast, birds were most active during the early morning and daylight hours.

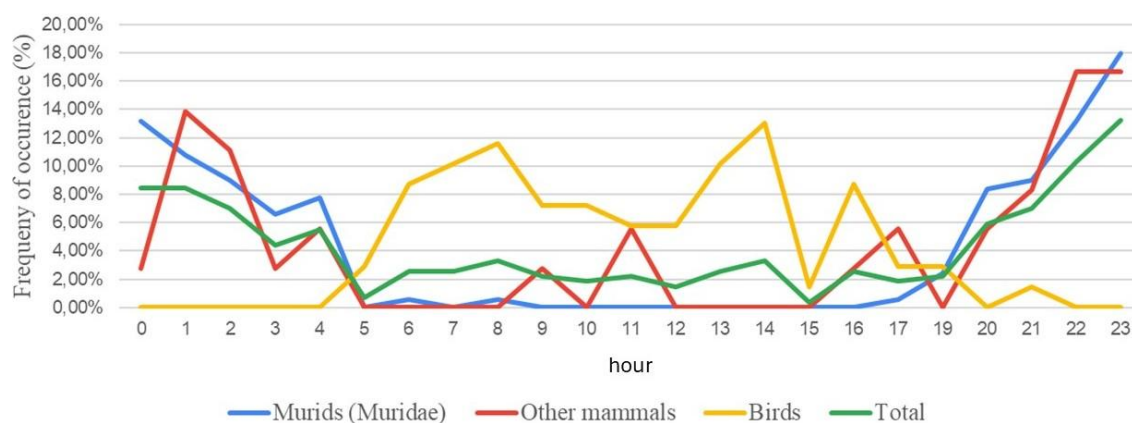


Figure 4. Diurnal activity patterns of potential vector species

Conclusion

Rodent activity peaked in November and December. During this time, natural food sources declined, but urban areas provided food for rodents. The rise in contact events during this period increased the risk of zoonotic transmission (Hegglin & Deplazes, 2013). Brown rats were the most prevalent species. They are confirmed intermediate hosts for *Echinococcus multilocularis* (Fukumoto et al., 2017). *Apodemus* species and birds also often visited scat sites. Birds like the great tit (*Parus major*) may spread parasite eggs by carrying them on their plumage or feet. This is especially likely in places like gardens.

Nocturnal or crepuscular rodents often overlapped with twilight-active predators, thereby increasing infection risk. Both movement patterns and scat contents suggest indirect pathways by which pathogens such as *Leptospira* spp. and *Salmonella* can spread (Himsworth et al., 2013). To reduce these risks in peri-urban areas, we advise using secure waste management, focusing on rodent control during spring peaks, and teaching the public to avoid feeding wildlife. Continuous camera-trap monitoring is vital for identifying infection hotspots and assessing the effectiveness of management actions (Kays et al., 2010).

References

- FUKUMOTO S. – YAMADA S. – FUSHKIDIA M. – TOYADA S. – NISHIKAWA T. – HIGUCHI H. – UENO H. – UEADA H. – SUGIYAMA H. – MORISHIMA Y. (2017): Natural larval *Echinococcus multilocularis* infection in a Norway rat, *Rattus norvegicus*, captured indoors in Hokkaido, Japan. *Journal of Veterinary Medical Science*, 79(11), 1857-1860.
- GRIMM N. B. – FAETH S. H. – GLOBIEWSKI N. E. – REDMAN C. L. – WU J. – BAI X. – BRIGGS J. M. (2008): Global change and ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756-760.
- HAMMER O. – HARPER D. A. T. – RYAN P. D. (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9 o.
- HASSEL J.M. – BEGON M. – WARD M.J. – FÉVRE E.M. (2017): Urbanization and disease emergence: Dynamics at the wildlife-livestock-human interface. *Trends in Ecology & Evolution*.
- HEGGLIN D. – DEPLAZES P. (2013): Control of *Echinococcus multilocularis*: Strategies, progress and challenges. *Journal of Helminthology*, 87(2), 205-207.
- HIMSWORTH C.G. – PARSONS K.L. – JARDINE C. – PATRICK D.M. (2013): Rats, cities, people, and pathogens: A systematic review and narrative synthesis of literature regarding the ecology of rat-associated zoonoses in urban centers. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 13(6), 349-359.

- KAYS R. – TILAK S. – KRANSTAUBER B. – JANSEN P.A. – CARBONE C. – ROWCLIFFE M. – FOUNTAIN C. – EGGERT J. (2010): Camera traps as sensor networks for monitorin animal communitites. *International Journal of Research and Reviews in Wireless Sensor Networks*, 1(2), 19-29.
- PLOWRIGHT R.K. – PARRISH C.R. – MCCALLUM H. – HUDSON P.J. – KO A.I.- GRAHAM A.L. – LLOYD-SMITH J. O. (2017): Pathways to zoonotic spillover. *Nature Reviews Microbiology*, 15(8), 502-510.

