

A bükk és a bükkösök Magyarországon

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete IV.



2024

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete IV.

A bükk és a bükkösök Magyarországon

Majer Antal (1920–1995) egyetemi tanár,
a bükkösök jeles kutatója emlékének

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete IV.

A bükk és a bükkösök Magyarországon

Szerkesztette:

BARTHA DÉNES, CSÓKA GYÖRGY és MÁTYÁS CSABA



SOPRONI EGYETEM KIADÓ
Sopron, 2024

A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya
Erdészeti Tudományos Bizottságának kezdeményezésére jött létre.



Jelen publikáció a „TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú ErdőLab” 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.

Kiadó:
Soproni Egyetem Kiadó

Felelős kiadó:
Prof. Dr. Fábíán Attila, a Soproni Egyetem rektora



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



Nevezd meg! - Ne add el! - Így add tovább! 4.0 Nemzetközi
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

Borítókép: Frank Tamás
Borítóterv: Gáspár Csaba

ISBN 978-963-334-527-6 (nyomtatott)
ISBN 978-963-334-528-3 (pdf)

A kötet DOI száma: <https://doi.org/10.35511/978-963-334-528-3>

Nyomdai kivitelezés:



INFORM
Kiadó & Nyomda
1149 Budapest, Angol u. 34.
www.informstudio.hu

Budapest, 2024/29

TARTALOM

Előszó	7
A bükkösök és az ErdőLab-projekt	8
1. A bükk bemutatása	9
1.1. A bükk (<i>Fagus</i>) nemzetség és fajai rövid ismertetése	11
1.2. A közönséges bükk (<i>Fagus sylvatica</i>) taxonómiája és biológiája	25
1.3. A bükk és a bükkösök ökológiai sajátosságai	59
1.4. A bükk genetikai változatossága, szaporodásbiológiája	104
1.5. A bükk kémiai sajátosságai	124
2. A bükk a Kárpát-medencében	141
2.1. A bükk posztglaciális elterjedéstörténete	142
2.2. A bükk és a bükkösök aktuális elterjedési területe	147
2.3. A bükk hazai előfordulása, erdészeti statisztikai adatai	151
2.4. Különleges bükk előfordulások Magyarországon	161
3. A bükkös ökoszisztéma és növényközösségei	165
3.1. A bükkösök termőhelyi viszonyai	166
3.2. Bükkös erdőtársulások, bükkös élőhelytípusok	180
4. A bükk és a bükkösök gombái, gombaközösségei	213
4.1. A bükkösök nagygombáinak funkcionális csoportjai	214
4.2. A bükkösök nagygombái mint indikátorok	223
4.3. A klímaváltozás hatása a bükkösökre és a fungájukra	230
5. A bükkösök állatvilága	231
5.1. A bükkösök gerinces állatai	232
5.2. A bükk és a bükkösök ízeltlábú faunája	247
5.3. A bükkösök csigái	266
6. A bükk helye a hazai erdőgazdálkodásban – régen és most	269
6.1. A bükk növekedési tulajdonságai, a bükkösök fatermése	270
6.2. A gazdálkodás hatása a bükkösökre	283
6.3. A bükkösök erdőművelési módszerei	291
6.4. Erdőhasználati módszerek és lehetőségek bükkösökben	312
6.5. A bükkgazdálkodás gyakorlati vonatkozásai	320
6.6. A bükkösök ökonómiai értékelése	333
6.7. A bükk faanyaga és annak felhasználása	340

7. A bükkösök erdővédelmi kérdései	367
7.1. Abiotikus kalamitások/bolygatások	368
7.2. Biotikus tényezők	375
7.3. Közvetlen antropogén károk bükkösökben	397
8. A bükkösök természetvédelmi és közjóléti szerepe, ökológiai szolgáltatásai	399
8.1. A hazai bükkösök természetességi állapota	340
8.2. Bükkös erdőrezervátumok Magyarországon	412
8.3. A hazai bükkösök természetessége és a természetvédelmi oltalom összefüggései	424
8.4. Az erdei biodiverzitás-megőrzés gyakorlati lehetőségei kezelt bükkösökben	434
8.5. A hazai bükkösök közjóléti, társadalmi és ökológiai szolgáltatási szerepe	451
8.6. Kultúrtörténeti vonatkozások	458
9. Bükkösök a változó klímában	477
9.1. Klimatikus változások kihívásai és a bükk	478
9.2. A bükk fenotípusos és genetikai alkalmazkodása a környezeti feltételekhez	480
9.3. A bükk klímaterének és vitalitásának előrevetítése a 21. századra	487
10. Zárszó	499
10.1. Mit tudhatunk?	500
10.2. Mit tehetünk?	501
10.3. Mit remélhetünk?	502
A kötet szerzői és lektorai	505

ELŐSZÓ

A bükk sokoldalú szolgáltatásaival kiemelkedik népszerű és látványos fafajaink közül, és 2024-ben az Év Fája lett. Szerepe és megítélése hűen tükrözi a társadalmi megítélés és a gazdaság áramlatainak gyors változását az idők során. Az utóbbi, alig egy bükkös-vágásfordulót kitevő viszontagságos korszakok során, értékelése és sorsa többször vett hirtelen fordulatot. Évszázadokon át a bükk lenézett fafaj volt, faanyagát tűzifának, vagy faszénégetésre és hamuzsírforrásra használták, a bükkösöket rövid vágásfordulóval sarjzatták. Az akkori megítélést és a bánásmódot, ugyanakkor a változás váteszi jóslatát is jól összegzi Fekete Lajos, a selmeci akadémia tanára 1897-ben: „Ezek után remélhetjük, hogy a hazai erdőségeinkben most csak *megettűrt* bükk, idővel még nagy kincset fog képviselni s talán eljő az idő, midőn utódaink csodálkozva fogják olvasni, hogy e fanemtől mindenáron, még az állófák meggyűrűzése által is igyekeztünk szabadulni.” A 20. században a bükk megbecsült és keresett fafaj lett, pl. faanyagát gőzöléssel alkalmassá tették bútorigipari célokra, felújítását pedig jórészt már magról végezték. A jelenleg kibontakozó időszakban, a természetesség előtérbe kerülésével, az azt szolgáló üzemmódok leghálásabb fafajává vált.

Mégis, mostan romlani látszanak a bükkösök kilátásai. Jóllehet gazdasági, ökológiai és közjóléti szempontból bükköseink értéke nagy (ne feledjük esztétikai értéküket sem), és bár egykor hazai erdőségeink mintegy harmadát a bükk tette ki, mai részesedése – a trianoni elcsatolások következtében – mindössze 113 ezer hektár, az erdőterület alig 6%-a. A klímaváltozás súlyos árnyékot vet rá: sajnos ma az egyik leginkább veszélyeztetett őshonos fafajunk. Nemcsak a bükk, hanem a hozzá kötődő fajgazdag és sok esetben egyedi életközösségei is veszélyben vannak.

Mintegy fél évszázaddal ezelőtt monográfiák készültek minden gazdaságilag fontosabb hazai fafajról: a nyákról (1962, 1978), a fűzekről (1964), az akácról (1965), a tölgyekről (1967) és a fenyőkről (1966, 1978) is. Ebből a sorból kimaradt a bükk, bár az Akadémiai Kiadó sorozatában 1986-ban napvilágot látott egy ún. kismonográfia, de ez jellegénél fogva nem nyújthatott átfogó képet. Jelen munka elkészítésére ösztönzőleg hatott az a tény is, hogy több szomszédos országban publikáltak igényes bükk monográfiát (Románia: 1967, Horvátország: 2003, Szlovákia: 2011).

Manapság ritkán jelennek meg összefoglaló tartalmú monográfiák. A publikációs követelmények egyre növekvő nyomása alatt elsősorban nemzetközi tudományos közlemények írására fordítja véges kapacitását a kutató. Ugyanakkor csak egy monográfia összegezheti egy témakör releváns ismereteit, például azáltal, hogy sokszor a már feledésbe vészett elődök tudását szintetizálja a legfrissebb kutatási eredményekkel. E kötetben – amelyben kiemelten a hazánkban elért eredmények és tapasztalatok szerepelnek – igyekeztünk minden olyan ismeretanyagot feldolgozni, amely a jelen és a jövő erdészeti gyakorlatában szerepet kaphat. Valljuk, hogy a felmerülő problémákat csak széles látókörrrel, fontos összefüggések felismerésével lehet orvosolni. Ehhez pedig – még a világháló korában is – meglátásunk szerint fontos forrás egy monográfia.

Ajánljuk e kötetet mindazoknak, akiket e fafaj jelenlegi szerepe és jövője érdekel. Így reményeink szerint haszonnal forgathatják diákok, kutatók, oktatók, az erdőgazdálkodás és természetvédelem gyakorlati szakemberei, szakpolitikai döntéshozók, illetve általánosságban az erdőt szerető és jövőjük iránt érdeklődő laikusok egyaránt.

Bartha Dénes, Csóka György és Mátyás Csaba
a kötet szerkesztői

A bükkösök és az ErdőLab-projekt

Borovics Attila

Bár a köztudat az erdőt elsősorban rekreációs és szociális térnek tekinti, emellett nemcsak gazdasági erőforrás, hanem az emberiség elemi létfeltételeinek fenntartásához is hozzájárul, például a klímaváltozást fékező szénmegkötéssel. Ökológiai szempontból az erdők kritikus fontosságú élőhelyet biztosítanak nem csak növényfajok számára, hanem a vadon élő állatoktól egészen a talajban élő mikroorganizmusokig.

Az éghajlatváltozás okozta károk az európai erdei ökoszisztémák stabilitását veszélyeztetik, beleértve az erdők számára kedvezőtlenebb feltételek kialakulását is. Az ENSZ és az EU nemzetközi megállapodásai azt a kulcsfontosságú megállapítást tükrözik, hogy az erdőtakaró és termékei karbon forgalmának fontos szerepe van az éghajlatváltozás mérséklésében. A ratifikált egyezmények alapján a résztvevő országok kötelesek figyelemmel kísérni az erdők szénkészletének változását, és azt jelenteniük kell.

A Soproni Egyetem által vezetett TKP2021-NKTA-43 számú *ErdőLab-projekt*ben résztvevő kutatók célja az egyensúly optimalizálása az erdei ökoszisztémák szénmegkötése, a fatermékekben történő szén-tárolás, valamint a szén-dioxid-intenzív anyagok helyettesítése és a fosszilis tüzelőanyagok kiváltása között. Az erdészeti a legelső gazdasági ágazat, amely feladatául tűzte ki a fenntarthatóság (tartamosság) megvalósítását, de a globális éghajlatváltozás hatásai miatt különösen sürgős a fenntartható erdőgazdálkodás új szemléletű megközelítése. A mai alkalmazkodó erdőgazdálkodás felvállalja a társadalmi, ökológiai és gazdasági szempontok egyensúlyának megőrzését.

Az erdészeti és a faipar egymásra is kiható együttes szerepe egyedülálló a klímaváltozás folyamatának mérséklésében. A klímasemlegesség 2050-re kitűzött elérésében az erdőalapú mitigáció (lassítás), az aktív, mélyrehatóbb alkalmazkodás, valamint a faipari innovációk összehangolása kulcsfontosságú. A gazdálkodás nélküli, vagy korlátozottan kezelt erdőkben felhalmozódó holt faanyagot lebontó szervezetek hasznosítják, amely során ugyanaz a szén-dioxid szabadul fel, mintha azt (fosszilis energiahordozók kiváltására) tűzifaként hasznosítanánk. A fenntartható erdőgazdálkodás a lebontók elől csapolja meg ezt a szénforrást, ügyelve az ökoszisztéma működéshez és biodiverzitás fenntartásához szükséges holtfa visszahagyására. A beavatkozások késleltetése vagy elhagyása csak rövid távon csökkenti a széndioxid kibocsátást, miközben elmaradnak az alkalmazkodást segítő beavatkozások, mint például a fafajcserék, az előalkalmazkodott, klímarezisztens szaporítóanyaggal végzett felújítások és állománykiegészítések, valamint a vízfelhasználást csökkentő, erdőállomány-szerkezetet átalakító gyérítések. Tehát a faanyag hasznosításának elmaradása hosszabb távon akadályozza a klímaváltozás mérséklését, és a klímaváltozáshoz történő alkalmazkodást. A szén megkötés fokozását éppen az innovatív fatermékek és a faalapú termék helyettesítések révén érhetjük el, mobilizálva az erdőkben eddig nem hasznosított favagyont. Az alkalmazkodó erdőgazdálkodással egybekötött faipari innováció, mint erdőipari fejlesztés, 2050-re képes maximális szénmegkötést eredményezni.

A kutatási projekt megvalósítása keretében a célok elérését ösztönző, zöld beruházási gazdasági eszközök kidolgozása, és a teljes folyamat jobb kommunikációját lehetővé tevő képzési tartalmak fejlesztése zajlik, összehangolva az ökológiai, biológiai és műszaki területeket. A változások által erőteljesen érintett bükkösöknek a jelen kötetben közreadott, sokoldalú elemzése fontos mintaként szolgál a feladatok komplex megközelítéséhez.

1. A BÜKK BEMUTATÁSA

1.1. A bükk (<i>Fagus</i>) nemzetség és fajai rövid ismertetése (Bartha Dénes)	11
1.2. A közönséges bükk (<i>Fagus sylvatica</i>) taxonómiája és biológiája	25
A bükk nomenklatúrája és taxonómiája (Bartha Dénes)	25
Tudományos és magyar elnevezései	25
Infraspecifikus változatossága	26
A bükk morfológiája (Bartha Dénes)	28
Architekturális felépítés	28
Vegetatív morfológiai bélyegek	40
Generatív morfológiai bélyegek	43
A bükk fiziológiája a változó klíma tükrében (Mészáros Ilona)	45
A bükk alkalmazkodóképessége és korlátai	45
A bükk lombkoronája és a levelek funkcionális tulajdonságai	46
A levél vízállapot változásai	47
A sztómválaszok és a gázcsere, valamint összefüggéseik a szárazságstressz alatt	48
A xilém hidraulikus vezetőképessége és a kavitáció	49
A gyökérrendszer szerepe a szárazságtoleranciában	50
A törzs radiális növekedése és a szárazságstressz	50
Ökofiziológiai vizsgálatok egy közös tenyészkertben	50
A bükk fenológiája (Korda Márton)	53
Lombfakadás és -hullás	53
Hajtásfejlődés	54
Virágzás	54
Termésérés és -hullás	55
Gyökérfejlődés	55
1.3. A bükk és a bükkösök ökológiai sajátosságai	59
Erdészeti ökológiai kutatások hazai bükkösökben (Führer Ernő)	59
A társulásképeség ökofiziológiai háttere (Csiszár Ágnes)	59
Bükköseink klímája (Führer Ernő és Jagodics Anikó)	61
A bükkös energiaforgalma (Vig Péter)	64
Sugárzás- és hőforgalom	64
A sugárzási egyenleg hasznosulása	67
A bükkösök vízgazdálkodása és vízforgalma (Gribovszki Zoltán, Führer Ernő, Kalicz Péter, Vig Péter, Zagyvainé Kiss Katalin és Herceg András)	70
Az éven belüli növekedés szakaszai és az időjárás szerepe (Führer Ernő és Jagodics Anikó)	73
A szervesanyag-készlet összetétele és mennyisége egy bükkösben (Führer Ernő és Jagodics Anikó)	77
A szervesanyag-produkció kutatása faállományokban	77
Földfeletti dendromassza	78
Földalatti dendromassza	80
Összes dendromassza	80
Az avar- és humuszszint, valamint a talaj szervesanyag-készlete	81
Az eredmények felhasználása a szénkészlet-becsléshez	81

A gyökérzet térbeli elhelyezkedése (<i>Führer Ernő és Jagodics Anikó</i>)	83
Faállományok gyökérfeltárása	83
A gyökérzet szervesanyagának térbeli megoszlása	84
Gyökérrendszerek összehasonlítása	85
A finomgyökérzet és a fizikai talajféleség kapcsolata	86
Tápelem-készlet és -fogalom (<i>Führer Ernő, Bidló András és Jagodics Anikó</i>)	87
A bükk tápelemtartalma	88
A fontosabb tápelemek felvétele, körforgalma	89
Bükkösök tápanyag-készlete és -szükséglete	90
A bükkös avar- és humuszszintje és az időjárás hatása (<i>Führer Ernő és Jagodics Anikó</i>)	93
Dombvidéki körülmények	94
Hegyvidéki körülmények	95
1.4. A bükk genetikai változatossága, szaporodásbiológiája	104
A posztglaciális vándorlás nyomai a faj genetikai változatosságában (<i>Lados Botond Boldizsár és Köbölkúti Zoltán Attila</i>)	104
Erdőművelési beavatkozások hatása a bükkösök genetikai struktúrájára (<i>Cseke Klára</i>)	107
A gyérités hatása az állományok genetikai szerkezetére	108
Mesterséges felújítás hatása a fajon belüli diverzitásra	109
A bükk fenotípusos változatossága származási kísérletekben	110
A bükk fajon belüli fenológiai változatossága (<i>Mátyás Csaba</i>)	110
A bükk fiatalkori növekedése nemzetközi származási kísérletekben (<i>Nagy László és Mátyás Csaba</i>)	112
A bükk szaporodásbiológiája (<i>Benke Attila és Mátyás Csaba</i>)	114
A bükk szaporítóanyag forrásai és génrezervátumai (<i>Nagy László</i>)	116
A bükk vegetatív szaporodása (<i>Korda Márton</i>)	118
1.5. A bükk kémiai sajátosságai	124
Fatest, kéreg, levél: kémiai komponensek és paraméterek (<i>Hofmann Tamás</i>)	124
Az álgesztesedés molekuláris folyamatai (<i>Hofmann Tamás, Visiné-Rajczi Eszter, Rétfalvi Tamás és Albert Levente</i>)	126
A bükk klimatikus alkalmazkodóképességének lehetséges kémiai indikátorai (<i>Hofmann Tamás, Albert Levente és Visiné-Rajczi Eszter</i>)	130
Antioxidáns polifenolok kinyerése és hasznosítása bükk szövetekből (<i>Hofmann Tamás, Visiné-Rajczi Eszter és Albert Levente</i>)	132

1.1. A bükk (*Fagus*) nemzetség és fajai rövid ismertetése

Bartha Dénes

A bükkfavirágzatúak rendjében (*Fagales*), a bükkfafélék családjában (*Fagaceae*) ma három alcsaládban nyolc nemzetséget különböztet meg a tudomány [*Castaneoideae*: *Castanea* (8), *Castanopsis* (143), *Chrysolepis* (2), *Lithocarpus* (343), *Notholithocarpus* (1), *Quercoidae*: *Quercus* (464), *Trigonobalanus* (3), *Fagoideae*: *Fagus* (12); zárójelben a jelenleg ismert és elfogadott fajszám]. A korábban szintén ebbe a családba sorolt délibükk [*Nothofagus* (35)] nemzetséget újabban önálló családban (*Nothofagaceae*) tartják nyilván. A növényvilágban csak e két családban található a virágzati tengely megvastagodása és elfásodása révén létrejövő kupacs, amely a termés(eke)t részben vagy egészben borítja. A bükk (*Fagus*) nemzetséghez alaki tekintetben a délibükk (*Nothofagus*) nemzetség áll legközelebb, genetikai tekintetben viszont meglepően távol állnak egymástól (ezért is sorolják ma őket külön családba). A lombhullató és fatermetű bükkök az északi féltekén fontos állományalkotók, az ún. horizontális vikarizmus (helyettesítés) szép példájaként az örökzöld vagy lombhullató, fa- illetve cserjetermetű délibükkök a déli féltekén (D-Amerika déli része, DK-Ausztrália, Tasmánia, Új-Zéland, Új-Guinea, Új-Kaledónia) élnek, a fajok közel fele a bükkökhöz hasonló ökológiai adottságú területeken tölt be hasonló szerepet (Kubitzki 1993).

A bükk (*Fagus*) nemzetség tagjai jelenleg három régióban (1. Észak- és Közép-Amerika, 2. Európa és Kis-Ázsia, 3. Kelet-Ázsia) egymástól elszigetelt és távoli elterjedési területek formájában élnek. Kérdés, hogy ez a három diszjunkt elterjedési terület mikor és hogyan jött létre? Erre a választ részben az eddigi meglehetősen részletes paleobotanikai ismeretek (Denk 2003; Denk et al. 2005; Denk & Grimm 2009), részben a napjainkban megszületett filogenetikai-filogeográfiai eredmények alapján lehet megadni (Jiang et al. 2022a).

A filogenetikai vizsgálatok szerint a bükk nemzetség monofiletikusnak tekinthető, azaz feltételezhető minden tagjának közös eredete. Már korábban, a morfológiai bélyegeken nyugvó taxonómia két alnemzetségre (subgenus *Fagus* és subgenus *Engleriana*) bontotta fel a nemzetséget, amelyek létjogosultságát a molekuláris genetikai vizsgálatok is igazolják. A paleobotanikai ismeretek szerint a *Fagus* nemzetség a *Fagaceae* család többi ősi tagjától a korai eocénben, úgy 53 millió évvel ezelőtt különült el. A nemzetség kialakulásának helyszíne az Észak-amerikai pacifikus térség, és nem Kína, mint azt korábban, az ottani bükkfajokban való viszonylagos gazdagság miatt feltételezték, amit ősnövénytani leletek is bizonyítanak (korán kialakult, régen kihalt fajok Észak-Amerika északnyugati részén a *Fagus langevinii* és a *F. pacifica*, míg Kamcsatkán és Szahalin-szigetén a *F. evenensis*, amelyek elterjedését és kapcsolatát a Bering-földnyelv tette lehetővé). A két, ma alnemzetség (*Fagus* és *Engleriana*) szinten megkülönböztetett csoportok ősi fajai az eocén–oligocén határán, mintegy 33 millió évvel ezelőtt váltak el egymástól, amikor is jelentős éghajlati változások voltak, s vélhetően ez okozta a szétválásukat. A *Fagus* alnemzetségen belül a *Fagus* és a *Grandifolia* szekció közös őse a kelet-ázsiai vonaltól a késő miocén kezdetén, mintegy 11 millió évvel ezelőtt vált le, míg e szekciók (azaz az európai–kis-ázsiai, illetve az észak- és közép-amerikai areák) elválása kb. fél millió évvel később történhetett meg. A ma élő fajok a kelet-ázsiai területen belül a legidősebbek, a *F. hayatae* vált le leghamarabb, 7,8 millió évvel ezelőtt, amit a *F. crenata* követett 7 millió éve, végül a *F. lucida* és a *F. longipetiolata* kettéválása a késő miocénben 5,8 millió évvel ezelőtt következett be. E viszonylagos *Fagus* fajgazdagság e területen annak tudható be, hogy a környezeti tényezők változása ebben a térségben kevésbé volt markáns. Észak- és Közép-Amerikában (a *Grandifolia* szekció esetében) a *F. grandifolia* és a *F. mexicana* szétválását 3,1 millió évvel ezelőttinek mutatták ki, Európában és Kis-Ázsiában (a *Fagus* szekció tagjai) a *F. sylvatica* és a *F. orientalis* elkülönülése 2,8 millió évvel ezelőtt következhetett be, amely feldarabolódások kapcsolatba hozhatók a miocén végi, pliocén során bekövetkező lehűlésekkel. A két utóbbi bükkfaj keletkezéstörténete a miocénben és a pliocénben széles körben elterjedt európai bükkfajból közvetlenül vezethető le (Denk 2004). Az *Engleriana* alnemzetségben a mai három faj őseinek elválása csak későn következett be: először a *F. mul-*

tinervis vált le 3,8 millió évvel ezelőtt, a *F. engleriana* és a *F. japonica* egymástól 2,4 millió évvel ezelőtt különült el egymástól (1.1.-1. ábra).

A Kínában élő négy faj és a Japánban található két faj átfedéses elterjedésű (szimpatrikus), azaz areáik jelentős mértékben átfednek, ennek ellenére hibridek köztük nem ismeretek. Az Észak- és Közép-Amerikában, illetve Európában és Kis-Ázsiában élő két-két faj elkülönült elterjedésű (allopatrikus), azaz areáik nem fednek át, természetes hibridek – az eddigi vélekedésekkel ellentétben – e fajoknál sem ismertek (Fang & Lechowicz 2006). (A *F. sylvatica* és a *F. orientalis* esetében a bolgár-török határon húzóódó Sztrandzsa-hegységben van átfedés az előfordulásaik között, de a hibridizálódásukat eddig innen sem jelezték. Ugyanakkor ellenőrzött megporzásuk sikeres volt.)

A *Fagus* nemzetség felosztása, az alegységek főbb jellemvonásai, a ma elfogadott fajok és elterjedési területeik (1.1.-2. ábra) az alábbiak:

Subg. *Engleriana*

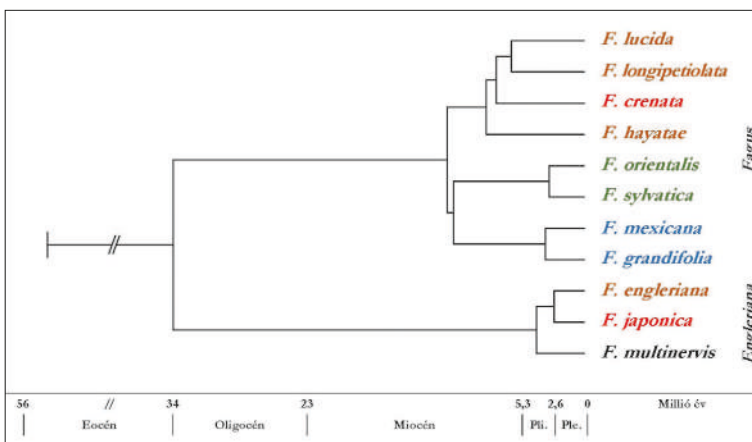
Többtrzsűek, a terméskocsányuk hosszú, a levél másodrendű erei a levélszél előtt elhajlanak, levélrügyeik gyengén nyelesek.

<i>F. engleriana</i>	Kína
<i>F. japonica</i>	Japán
<i>F. multinervis</i>	Korea: Ullung-sziget

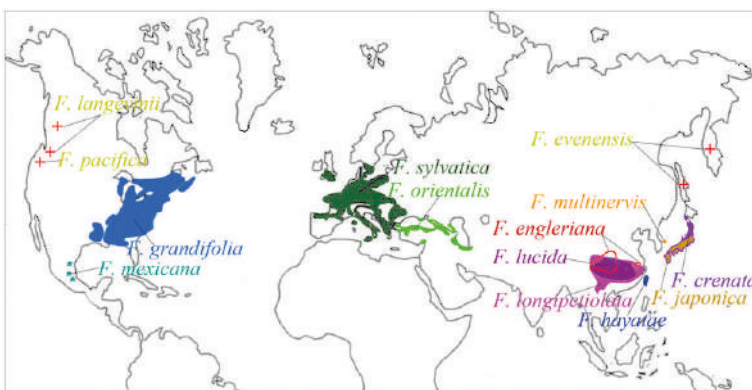
Subg. *Fagus*

Egytrzsűek, a terméskocsányuk rövid, a levél másodrendű erei a levélszélhez futnak ki, levélrügyeik nem nyelesek.

Sect. <i>Grandifolia</i>	
<i>F. grandifolia</i>	K-USA Kanadáig
<i>F. mexicana</i>	Mexikó
Sect. <i>Longipetiolata</i>	
<i>F. longipetiolata</i>	Kína, É-Vietnam
<i>F. lucida</i>	Kína



1.1.-1. ábra. A *Fagus* nemzetség és két alnemzetsége (*Engleriana* és *Fagus*) jelenlegi fajainak leszármazási dendrogramja a földtörténeti korokkal összevetve (Jelmagyarázat: a. barna – Kína és a környező területek, piros – Japán, zöld – Európa és Kis-Ázsia, kék – Észak- és Közép-Amerika, fekete – Korea; b. Pli. – pliocén, Ple. – pleisztocén, a holocén ebben a léptékben nem ábrázolható) (Jiang et al. 2022a nyomán egyszerűsítve és módosítva)



1.1.-2. ábra. A *Fagus* nemzetség jelenlegi fajainak és a filogenetikai szempontból fontosabb Észak-Pacifikus elterjedésű, ősi, kihalt fajainak elterjedési területe (Peters 1997 és Jiang et al. 2022a nyomán, egyszerűsítve)

Sect. <i>Lucida</i>	
<i>F. hayatae</i>	Kína, É-Tajvan
<i>F. crenata</i>	Japán
Sect. <i>Fagus</i>	
<i>F. sylvatica</i>	Európa
<i>F. orientalis</i>	Kis-Ázsia

A *Fagus* nemzetségnek és valamennyi fájának monografikus feldolgoása nem létezik, a hazai szakirodalom is rendkívül szegényes ebből a szempontból (pl. Péch 1896; Fekete & Mágócsy-Dietz 1896; Gencsi & Vancsura 1989). Az alábbiakban a fajok bemutatása botanikuskeri megfigyeléseken és szakirodalmi forrásokon alapul, amelyek között azonban csak kevés átfogó jellegű van (pl. Clarke 1976; Hammes & Arndt 1985; Roland 2010; Shen 1992).

Észak- és közép-amerikai fajok

Amerikai bükk (*Fagus grandifolia* Ehrhart) (Syn.: *Fagus americana* Sweet)

20–30 m magas fa, ritkán eléri a 35 m-t is. Gyakran hoz gyökérsarjakat és így sarjtelepeket alkothat, ezzel a szokatlan tulajdonságával egyedüli a *Fagus* fajok között (1.1.-3. ábra). Kérge halványszürke. A levelek tojásdadok, megnyúlt tojásdadok vagy ritkán visszástojásdadok, 6–12 × 2,5–7,5 cm nagyok, fonákuk halványzöld, fiatalon lágyan szőrösek, később lekopaszodók, de a levélfonákon a főér és az érzugok szőrösek maradnak. A másodrendű erek száma 9–15 pár, a levélszél gyéren, de jellegzetesen durván fogazott, az oldalerek a levélcsúcs felé hajló fogakba futnak ki. A levélnyél 4–8(–12) mm hosszú, gyakran szőrös. A terméskocsány 16–22 mm hosszú, a kupacs 1,5–2,0(–2,5) cm nagy, árszerű, szúrós kupacsfüggelékei hosszúak és visszahajlók (1.1.-4. ábra). Őszi lombszínűzödése halványabb a *F. sylvatica*-énál, szalmaszínű.

A *Fagus grandifolia* nagy elterjedési területén belül jelentős eltérések mutatkoznak különösen a levelek és a termések esetében. Az északi populációkra a sűrűbben álló és hosszabb kupacsfüggelékek, valamint a keskenyebb levelek és a nagyobb termések jellemzőbbek. A *F. grandifolia* var. *caroliniana* (Loudon) Fernald et Rehder megnevezést a déli populációkra szokták alkalmazni, amely taxonnál sekélyebben fogazott leveleket és rövidebb kupacsfüggelékeket (2–3 mm hosszú, az általánosságban jellemző 3–14 mm hosszúsággal szemben) lehet találni. Egyesek (pl. Nixon 1997) szerint e tulajdonságok tekintetében inkább a klímával összefüggő, klinális változatosság áll fenn, s egy-egy populáción belül is nagyfokú alaki eltéréseket lehet találni. Korábban az erdészeti gyakorlatban egyenesen három „fajt” különböztettek meg (szürke bükk, vörös bükk, fehér bükk), de e kifejezéseket már csak a faipar használja.



1.1.-3. ábra. Az amerikai bükk (*Fagus grandifolia*) gyakran hoz gyökérsarjakat, amely szokatlan jelenség a bükk nemzetségben (Fotó: N. Dendrológiai Alapítvány, Debreczy & Rácz)

Kanadában Új-Skócia, Új-Brunswick, D-Quebec és DK-Ontario tartományokban él, az Amerikai Egyesült Államokban a keleti part mentén Maine állam déli részétől Georgiáig, nyugaton Wisconsin északi részétől Texas keleti részéig terjed.

Az amerikai bükk az atlantikus Észak-Amerika egyik legismertebb és gazdaságilag fontos fafaja, 1000 méter tszf. magasság fölé csak az Appalache-hegység déli részén emelkedik, az alacsonyabb régiókban is meglehetősen gyakori, gyökérsarjai segítségével esetenként elegyetlen állományokat alkot vagy a cukorjuhar (*Acer saccharum*), sárga nyír (*Betula alleghaniensis*), amerikai hárs (*Tilia americana*), különböző tölgy (*Quercus* spp.) és hikoridió (*Carya* spp.), valamint simafenyő (*Pinus strobus*) és vöröslő luc (*Picea rubens*) fajokkal képez egyes állományokat.

Az elmúlt években számos fajtáját szelektálták, de ezeket eddig csak az Amerikai Egyesült Államokban forgalmazták.

Mexikói bükk (*Fagus mexicana* Martínez) (Syn.: *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* (Martínez) A.E. Murray)

Termete az amerikai bükkéhez hasonló. Kérge szürke, a gyakori kéreglakó zuzmók miatt fehér foltokkal tarkított. Leveli borszerűek, elliptikusak, kisebbek, mint az amerikai bükké, 5–8 × 3–5 cm nagyok, a levélszél csipkés vagy az amerikai bükkéhez képest finomabban fogas, a levélnyel 3–6 mm hosszú. Az Európában ültetett egyedei télen, tél végén, s többnyire zölden hullatják leveleiket. Érdekesség, hogy virágzatának felépítése kínai fajokéhoz (*F. hayatae*, *F. longipetiolata*, *F. lucida*), míg porzós és termős virágainak jellemzői az amerikai bükkéhez, az európai bükkéhez és a Japánban élő csipkéslevelű bükkéhez hasonlít (Rodríguez-Ramírez et al. 2021).

Mexikó északkeleti részén, a Sierra Madre Oriental területén honos Hidalgo, Tamaulipas, Nuevo León, San Luis, Veracruz, Potosi és Puebla államokban. Utóbbi kettőből az erőteljes tájhasználat miatt már ki is pusztult. Társuló fajai közt olyan jellegzetes északi mérsékeltövi fajok vannak, mint az amerikai gyertyán (*Carpinus caroliniana*) és az amerikai ámbrafa (*Liquidambar styraciflua*), ami arra utal, hogy a bükkösök Mexikóban az észak-amerikai erdők déli állományainak – ma félsivatagok által térben elválasztott – maradványai. Ma mindössze 11, 2–35 hektár kiterjedésű populációja ismert 1400–2000 m tszf. magasságban (Williams-Linera et al. 2003), de ennek ellenére az amerikai bükkal (*Fagus grandifolia*) szemben meglepően nagyfokú genetikai változatosságot mutat (Rowden et al. 2004).

Taxonómiai megítélése változó volt, korábban változatként, alfajként, fajként is értékelték, a legújabb molekuláris genetikai vizsgálatok (Jiang et al. 2022a) alapján faji rangon ismerik el.



1.1.-4. ábra. Az amerikai bükk (*Fagus grandifolia*) hajtásrészlete a durván fogazott levelekkel és az érésfélben lévő terméssel (Fotó: N. Dendrológiai Alapítvány, Debreczy & Rácz)

Kelet-ázsiai fajok

A Kelet-Ázsiában élő bükk fajok taxonómiája bonyolult és ellentmondás, amely helyzetet némiképp a legutóbbi évek genetikai vizsgálatai azért enyhítettek. A már korábban, főleg morfológiai bélyegek alapján elkülönített „jó fajokat” (Kína: *F. lucida*, *F. longipetiolata*, *F. hayatae*, *F. engleriana*, Japán: *F. crenata*,

F. japonica) a filogenetikai vizsgálatok is megerősítették, míg a főként egyetlen előfordulási helyről jelzettek (Kína: *F. chienii*, *F. brevipetiolata*, *F. bijiensis*, *F. tientaiensis*, Japán: *F. okamotoi*) faji elkülönültségét nagyobbrészt már korábban elvetették (Cao et al. 1995; Iwatsuki et al. 2006). Az egyetlen és kicsiny előfordulási területtel rendelkező *F. multinervis* (Korea: Ullung-sziget) faji önállóságát viszont a genetikai vizsgálatok igazolták. Legbonyolultabb taxonómiájú a *F. longipetiolata* (syn.: *F. sinica*), amely a fenti *F. brevipetiolata*, *F. bijiensis* és *F. tientanensis* „fajokat” is magába foglalja (Huang et al. 1999), míg a *F. chienii* esetében kilencven év után, éppen napjainkban igazolódott be, hogy a *F. hayatae* alá rendelendő. A *F. okamotoi*-ról pedig bebizonyosodott, hogy a *F. japonica* alakkörébe tartozik.

Európai arborétumokban nagyon ritkák a kelet-ázsiai bükk fajok, inkább csak fiatalabb, oltvány eredetű példányokat találunk, amely nehezítette a taxonómiai megítélésüket és a szakirodalomban való szerepelte-
tésüket.

Kína

Engler-bükk (*Fagus engleriana* Seemen ex Diels)

Finom ágrendszerű, elegáns megjelenésű, rendszerint többtörzsű, 25 m magas fa (Cao & Peters 1998). Kérge halvány szürkésbarna (1.1.-5. ábra). A levéllemez elliptikus, tojásdad vagy ritkán megnyúlt tojásdad, 5–9(–11) × 2,5–5 cm nagy, fonáka kékeszöld, kopasz, de az ereken hosszú selyemszőrű, a levélszél ép vagy fogas. Másodrendű ereinek száma 9–14 pár, oldalerei a levélcúcs felé görbülnek. A levélnyel 0,5–1,5 cm hosszú, kopasz (1.1.-6. ábra). A terméskocsány 2–7 cm hosszú, vékony, kopasz, a kupacs 1,5–1,8 cm nagy, a kupacsfüggelék a kupacs alapi részén levélszerűek, erezettek, zöldesek, kopaszak, a csúcsi részén fonalask, barnásak, szőrösek. A makk csúcsa közelében 3 keskeny szárnyú. Őszi lombszínéződése sárgásbronz.



1.1.-5. ábra. Az Engler-bükk (*Fagus engleriana*) rendszerint többtörzsű, kérge halvány szürkésbarna színű (Fotó: N. Dendrológiai Alapítvány, Debreczy & Rác)



1.1.-6. ábra. Az Engler-bükk (*Fagus engleriana*) kékeszöld levelű és hosszú terméskocsányú faj (Fotó: N. Dendrológiai Alapítvány, Debreczy & Rác)

A *Fagus engleriana* a *F. crenata*, *F. orientalis* és „*F. taurica*” mellett az a faj, amelyre a kupacs alapi részén az ellaposodó kupacsfüggelék jellemzők, de termés nélküli állapotban is jól megkülönböztethető ezektől kékeszöld levélfonákával.

Főként 1500–2500 m tszfm. között él Kína középső és déli részén (Anhui, É-Kuanghszi, D-Kujcsou, Honan, ÉNY-Hupej, Hunan, Senhszi, K-Szecsuan, Jünnan, Csöcsiang tartományokban).

Kínai bükk (*Fagus longipetiolata* Seemen) (Syn.: *Fagus sinensis* Oliv.)

25 m magas fa, kérge világosszürke (1.1.-7. ábra). Rügyei a többi *Fagus* fajjal ellentétben tompák. A levéllemez tojásdad vagy megnyúlt tojásdad, 7–13(–15) × 3–7,5 cm nagy, a levélfonák kékeszöld, sűrűn és finoman molyhos, a levélszél távol fogazott, a másodrendű erek száma 9–15 pár, az erek fogakba kifutók. A levélnyel 1–2(–3,5) cm hosszú. A gyakran S-alakú terméskocsány 1–10 cm (a névvel ellentétben nem mindig) hosszú, a kupacshoz közel pelyhes, a kupacs 2–2,5 cm nagy, a kupacsfüggelékek szálasak, visszahajlók, molyhosak. A makk csúcsa közelében 3 keskeny szárnyú.

Kína középső és déli részén (Anhuj, Fucsien, Kuangtong, Kuanghszi, Kujcsou, Hupej, Hunan, Csianghszi, Senhszi, Szecsuán, Jünnan, Csöcsiang tartományokban) 300–2400 m tszfm. között él, a kínai bükk fajok közül ez a faj rendelkezik a legnagyobb elterjedési területtel. Megtalálható még Vietnam északi részén (Sapa és Moc Chau vidékén) is (Chinh et al. 1996).

A korábban önálló fajnak vélt *Fagus brevipedunculata* Hu, *F. bijiensis* C. F. Wei et Y.T. Chang, *F. tientaiensis* T.N. Liou csak a kínai bükk lokálisan előforduló faj alatti egységeinek tekinthető.



1.1.-7. ábra. A kínai bükk (*Fagus longipetiolata*) finom ágrendszer (Fotó: N. Dendrológiai Alapítvány, Debreczy & Ráczy)

Fényeslevelű bükk (*Fagus lucida* Rehder et E.H. Wilson in Sargent)

Széles lombkoronájú, vastag ágú, 25 m magas fa. Kérge tompa szürke. A levéllemez tojásdad vagy elliptikus tojásdad, 5–9(–11) × 2–4,5 cm nagy, felül és alul fénylő zöld és kopasz, csak a fonákon a főéren vannak finom szőrök, a levélszél enyhén fogas, a másodrendű erek száma 8–12 pár, amelyek apró, de hegyes fogakba futnak ki (1.1.-8. ábra). A levélnyel 0,6–2 cm hosszú. A terméskocsány 0,5–1,5 cm hosszú, kopasz, a kupacs 1–1,5 cm nagy, gyakran csak 3 kopáccsal kovád, a kupacsfüggelékek apró bordákból indulnak, hegyesek, púposak, szorosan rányomottak, de a csúcsuk visszahajló, ritkán a kupacs csúcsa közelében lévő felhajlók. A makk a csúcs közelében alig látható szárnyakat visel.



1.1.-8. ábra. A fényeslevelű bükk (*Fagus lucida*) fénylő zöld levelein jól megfigyelhetők a hegyes fogakba kifutó oldalerek (Fotó: N. Dendrológiai Alapítvány, Debreczy & Ráczy)

Kína keleti és déli részén (Anhuj, Fucsien, Kuangtong, Kuanghszi, Kujcsou, Hupej, Hunan, Csianghszi, Szecsuán, Csöcsiang tartományokban) 800–2000 m tszfm. között él, gyakran alkot elegyetlen állományokat vagy az Engler-bükkal társul.

Fiatal levelei és makkjai ehetőek, szárított magját liszttel keverve kenyérsütésre használják, pirítva pedig kávépótló szer.

Tajvani bükk (*Fagus hayatae* Palib. ex Hayata) (Syn.: *Fagus pashanica* C.C. Yang, *Fagus hayatae* subsp. *pashanica* (C.C. Yang) R. Peter ex J.Q. Li)

15–20 m magas fa, kérge sötétszürke. Levelei rombusz vagy tojásdad alakúak, 3–8 cm × 2,5–4 cm nagyok, fiatalon mindkét oldalon lágy selyemszőrökkel borítottak, később lekopaszodók, de a levéllemez fonákán az érzugokban és a másodrendű ereken szőrösomók vannak, az oldalerek száma 5–9 pár, különösen a levél felső harmadában a harmadrendű erek kis fogakba futnak ki, amelyek a levélcúcs felé hajlanak. A levélnyel kb. 0,5 cm hosszú, sűrűn selyemszőrű. A terméskocsány 0,5–2 cm hosszú, szőrös. A kupacs csak 0,7–1 cm nagy, a kupacsfüggelékek szálasak, visszahajlottak, szőrösek. A makk csúcsánál csak nagyon keskeny szárny van. Őszi lombszínéződése rézvörös (Rushforth 2021).

Jelentős genetikai diverzitás, de csekély morfológiai különbség figyelhető meg e fajnál (Jiang et al. 2022b), már a jégkorszak (pleisztocén) alatt is elszigetelt populációi voltak, s a refúgiumok közötti génáramlás erősen korlátozott volt (Ying et al. 2016). Tajvan északkeleti részén fedezték fel, de honos a szárazföldi Kínában is, ahol ma három, egymástól elkülönülő részterületről (Hupej, Hunan, Csianghszi, Szecsuán, Csöcsiang tartományok) ismert. Bizonyos szakirodalmak a kínai populációkat *F. pashanica* néven tartják nyilván (Yang 1978), s csak a tajvani előfordulást illetik *F. hayatae* névvel. Hegygerincek és csúcsok lombhullató erdeiben él, 1300–2300 m között, ahol a klímaváltozás miatt a széleslevelű örökzöld fajok kezdtek el kiszorítani, Tajvanon a felújulását bambuszfajok nehezítik (Liang et al. 2022).

A szakirodalmakban rendszeresen szerepeltetett *Fagus chienii* Shen e faj alá sorolandó (Li et al. 2023).

Korea

Koreai bükk (*Fagus multinervis* Nakai) (Syn.: *Fagus japonica* var. *multinervis* (Nakai) Y.N. Lee)

Az Engler-bükkhöz hasonló faj, attól morfológiai bélyegek alapján alig lehet elkülöníteni, genetikai alapon viszont nagyban eltérnek egymástól. (Egyetlen jó morfológiai különbség, hogy a koreai bükk hosszan megnyúlt, rombusz alakú lenticellákkal rendelkezik.) Egyes szerzők korábban önálló fajként nem ismerték el, s a *Fagus crenata*, *F. engleriana* vagy *F. japonica* fajok alá sorolták (Lee 1967).

Endemikus faj, csak Ullung-szigetén él, amely a Koreai-félszigettől keletre 130 km-re található. A vulkanikus eredetű szigeten az örökzöld szubtrópusi erdők öve felett, 300 m tszf. magasságtól fölfelé közel 1000 méterig alkot állományokat.

A faj genetikai felépítése jól tanulmányozott (Jong-Soo et al. 2019; Ohkawa et al. 2006), a vizsgálatok azt bizonyították, hogy a *F. multinervis* hibrid eredetű, és közeli rokonságban áll a *F. engleriana* és *F. japonica* fajokkal. A szigeten való megtelepedés a feltételezések alapján tájfunok vagy madarak segítségével egyszeri esemény lehetett, s először ily módon Kínából érkezhettek a *F. engleriana* a szigetre, viszont a későbbiekben Japánból a *F. japonica* pollen is gyakran eljuthatott ide. Ezzel magyarázzák, hogy a kicsiny elterjedési terület (73 km²) ellenére nagy a faj genetikai diverzitása (Oh 2015; Oh et al. 2016). Az egész nemzetségre kiterjedő filogenetikai vizsgálatok ellenben mást mutatnak, ugyanis először a *F. multinervis* különült el (az *Engleriana* alnemzetségen belül), s a közös ősből a szülőknél feltételezett *F. engleriana* és *F. japonica* csak később ágazott szét (Jiang et al. 2022a). E különleges faj keletkezéstörténete további vizsgálatokra vár.

Japán

Csipkéslevelű bükk (*Fagus crenata* Blume) (Syn.: *Fagus sieboldii* Endl. ex A. DC.)

A *Fagus orientalis*-hoz hasonló, 30–35 m magas, dús koronájú fa, kérge világosszürke. Levelei tojásdadok vagy rombusz alakúak, közepük alatt a legszélesebbek, 5–8 × 3–5 cm nagyok, fonákuk halványzöld, jóval világosabb, mint felül, fiatalon hosszú szőrűek, különösen a levél szélén és a fonáki ereken, később kopaszodók,

a levélszél csipkés, enyhén hullámos, esetenként alig feltűnően fogazott, a másodrendű erek száma 7–11 pár, melyek a levélszél bemetszéseibe futnak ki, a levélnyel 3–10 mm hosszú, gyengén molyhos (1.1.-9. ábra). A terméskocsány 5–15(–20) mm hosszú, molyhos, a kupacs kb. 1,5 cm nagy, kupacsfüggelékei sűrűn állók, feltűnően hosszúak, elállóak és felhajlók, gyakran borzasan állók, szőrösek és szálasak, esetenként a kupacs alapjánál ellaposodó függelékek vannak. Őszi lombszíneződése fénylő sárgásbarna.

Japánban Hokkaidó, Honsú, Sikoku és Kjúsú hegyvidékein hűvös mérsékelt éghajlaton él, főként 300–1600 m tszfm. között található meg, fontos állományalkotó fafaj. Nagy genetikai változatosságú (Okaura & Harada 2002) és a filogeográfiai vizsgálatok azt mutatják, hogy a faj élettörténetében két fő vándorlási útvonal volt, az egyik a Japán-tenger mentén, a másik a szigetcsoport Csendes-óceáni oldalán (Fujii et al. 2002).

'Mount Fuji' fajtája törpe növéssű, gyakran használják bonsaiként.



1.1.-9. ábra. A csipkéslevelű bükk (*Fagus crenata*) leveleinek széle erősen hullámos, az oldalerek a levélszél bemetszéseibe futnak ki (Fotó: N. Dendrológiai Alapítvány, Debreczy & Ráczy)

Japán kék bükk (*Fagus japonica* Maxim.)

25 m magas fa, rendszerint többtörzsű. Leveli tojásdadok vagy elliptikus-tojásdadok, 5–8 cm × 2,5–5 cm nagyok, fonákuk viaszréteg miatt enyhén kékes- vagy szürkészöldek (amely még a *F. longipetiolata* és a *F. engleriana* esetében is jellemző), fiatal korban mindkét oldalon molyhosak, felül később kopaszodók, fonákuk viszont maradandóan molyhos, ami különösen a főér mentén feltűnő. A másodrendű erek száma 10–14 pár, amelyek a levélszél előtt elhajlanak, így nem futnak ki sem fogakba, sem öblökbe, a levélszél gyengén csipkés vagy ép. A levélnyel 0,8–1 cm hosszú. A terméskocsány 3–7 cm hosszú, karcsú, kopasz. Feltűnően kis termése van, a kupacs csak 0,6–0,8 cm nagy. A kupacsfüggelékek a kupacs alján háromszög alakúak, szorosan a kupacsra simulók. Bár makkjai kicsik, érett állapotban mégis kilógnak a felnyílt kupacsból (ez esetenként a *F. lucida*-nál is megfigyelhető), ami a fajazonosítás egyik legfontosabb bélyege.

Japánban Honsú, Sikoku és Kjúsú hegyvidékein él, előfordulása a Csúgoku régió kivételével a csendes-óceáni oldalra, az alacsonyabb régiókra korlátozódik. Melegkedvelő faj, amely a mérsékelt-övi erdőkben csak ritkán állományalkotó. Gyökfősarjakat gyakran hoz, amelyek az idős törzs pusztulása esetén átvehetik annak szerepét. Gazdasági szempontból a *Fagus crenata*-hoz képest kevésbé jelentős faj (1.1.-10. ábra).



1.1.-10. ábra. A japán kék bükk (*Fagus japonica*) dekoratív megjelenésű, de gazdasági szempontból kevésbé jelentős faj (Fotó: N. Dendrológiai Alapítvány, Debreczy & Ráczy)

1992-ben írták le a *F. okamotoi* Shen fajt, amely a *F. japonica* elterjedési területén belül fordul elő, s ettől határozottan szárnyas makkjaival és szúrós kupacsfüggelékeivel különbözik (Shen 1992), de önálló fajként való tárgyalása nem indokolt.

Európai és Kis-ázsiai fajok

Európai (közönséges) bükk (*Fagus sylvatica* L.)

Részletes jellemzése más fejezetekben olvasható.

Keleti bükk (*Fagus orientalis* Lipsky) (Syn.: *Fagus sylvatica* subsp. *orientalis* (Lipsky) Greuter et Burdet)

40(–50) méter magas fa, kérge ezüstösen szürke, kissé sötétebb, mint az európai bükké. Leveli elliptikusak vagy visszástojásdadok, 6,5–15,5 × 4–9 cm nagyok, másodlagos ereinek száma 8–13 pár, a levélszél ép vagy enyhén hullámos, az elterjedési terület keleti részén különösen az árnyéklevelek fogasak, a levélfonák halványzöld, a levéllemez kopasz, kivételt a fonákon a főér és a mellékerek képeznek, amelyek hosszú selyemszőrűek. Az alsó másodlagos erek a levél széle előtt elhajlanak. A levélnyel 0,5–1,5 cm hosszú, molyhos. A terméskocsány 2,5–3,5 cm hosszú, molyhos, a kupacs 2–2,5 cm nagy, kupacsfüggelékei kétfélek: a felsők szálasak, árszerűek, az alsók ellaposodók, fellevélszerűek, zöldek és eresek (ez utóbbiak a *F. crenata* és a *F. engleriana* esetében is megtalálhatók) (1.1.-11. ábra). A makk 1,2–2,2 cm nagy. Őszi lombszíneződése sárgásbarna.



1.1.-11. ábra. A keleti bükk (*Fagus orientalis*) érésfélben lévő kupacsai a jellegzetesen ellaposodó kupacsfüggelékekkel (Fotó: Bartha Dénes)

Európában, a Balkán-hegység keleti részén és a Rodope-hegységben, valamint a Márvány-tengertől északra él, Kis-Ázsiában a Márvány-tengertől délre kezdődik és a Fekete-tenger mentén a Pontuszi-hegység lejtőin végighúzóódik az areája, szigetszerű és legdélebbi előfordulása van az Amanos-(Nur-)hegységben. Legészakibbnak tartott, a Krím-félsziget délkeleti részén lévő előfordulásáról bebizonyosodott, hogy az a krími bükkhöz („*F. taurica*”) tartozik. Továbbá jellemző a Kaukázus középső régióiban és a Kaszpi-tengertől délre fekvő Alborz-hegységben. Izolált előfordulását jelezték a Déli-Kárpátokban, Dobrudzsában, Moldáviában (Borza 1956, 1965; Ocskay & Dumitriu-Tătăranu 1950), valamint a Kis-Kaukázus keleti részén. Előbbiek nagy valószínűséggel a „*F. moesiaca*” taxonhoz tartoznak, vagy a *F. sylvatica* nagyfokú fenotípusos plaszticitásának szélső esetei. A keleti bükk elterjedési területét a Kr. e. 7. évezredtől kezdve jelentősen befolyásolja az ember (Czeczott 1932) (1.1.-12. ábra).

Többnyire 200–2200 m tszfm. között él, legmagasabbra, 2600 m-re az Elbrusz-hegységben kapaszkodik fel. Gyakran a felső fahatárt alkotja. Részben elegendően állományokat képez, vagy más harmadkori reliktumokkal (pl. *Ostrya carpinifolia*, *Corylus colurna*), magasabb régiókban pedig fenyőfajokkal (a Balkán-félszigeten pl. *Abies alba*, *A. borisii-regis*, *Picea abies*, Kis-Ázsiában és a Kaukázusban pl. *Abies nordmanniana*, *A. bornmuelleriana*, *Picea orientalis*) társul (1.1.-13. ábra). Állományainak cserjeszintjében gyakoriak az örökzöld cserjefajok. Ahol areája átfed az európai bükkével (pl. Sztrandsza-hegység), ott a keleti bükk a szárazabb és melegebb helyeket részesíti előnyben, mint az európai bükk, a hőtűrőbb *F. orientalis* alacso-

nyabb tengerszint feletti magasságban, például völgyekben fordul elő, míg a *F. sylvatica* magasabban, hűvösebb körülmények között jelenik meg (Kandemir & Kaya 2009).

Törökország déli részén az Amanos-(Nur-)hegységben található reliktum előfordulás mintegy 40 ezer hektárt tesz ki, s az állományok kb. 1000 m tszfm.-nél kezdődnek, viszont a klímaváltozás miatt erősen veszélyeztetettek (Yilmaz 2010). Ezzel szemben az előrejelzések szerint a kaukázusi és az észak-iráni populációk vannak legkevésbé kitéve az éghajlatváltozás várható hatásának (Dagtekin et al. 2020).

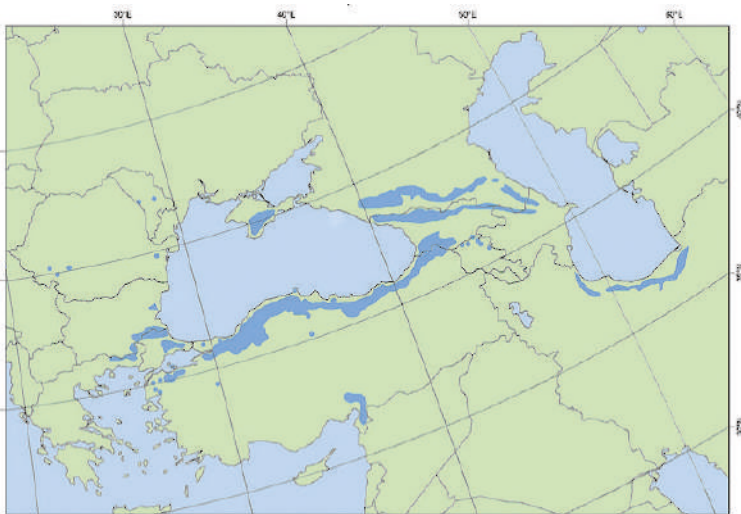
A faj eredete Eurázsia nyugati felének fajgazdag harmadkori flórájáig nyúlik vissza. A középső terciérben élt

Fagus castaneifolia Unger fajból több bükk faj, köztük a *F. orientalis* jött létre, amely egyedül vészelt át ebben a térségben az utolsó jégkorszakot (pleisztocént) (Denk & Grimm 2009).

A keleti bükk taxonómiai megítélése a múltban különböző volt, a *Fagus sylvatica* alfajaként (subsp. *orientalis*) (Lipsky) Greuter et Burdet) (Greuter & Burdet 1981), vagy önálló fajként tárgyalták. Ma az utóbbi nézet az elfogadott.

A leveleken és a kupacsokon végzett morfometriai vizsgálatok e fajnál igen jelentős fenotípusos változatosságot igazolnak, a legkeletibb, iráni populációk térnek el legjobban a többi populációtól, s érdekes módon az Észak-Amerika délkeleti részén élő *Fagus grandifolia* populációkkal mutatnak nagyfokú morfológiai hasonlóságot (Denk 1999). A korábbi irodalomban idézett morfológiai megkülönböztetések közül csak néhány bír jelentőséggel, mivel kevés, s sok esetben botanikuskeri minta alapján adták meg azokat, s így csak töredékét képviselik a természetben élő populációk változatosságának. A *F. orientalis* levelei általában nagyobbak és „keményebbek”, mint a *F. sylvatica* levelei, és a levéllemez általában közepe felett a legszélesebb, oldalérpárjainak száma is több (Wulff 1935), továbbá terméskocsányai hosszabbak, a kupacs alján pedig ellaposodó kupacsfüggelékei vannak.

A keleti bükk populációiban nagyobbfokú genetikai differenciálódást mutatnak a vizsgálatok, mint az európai bükk esetében. Ezt a hosszabb fajkeletkezési folyamattal, a jégkorszak csekélyebb hatásával, a feldaraboltabb elterjedési területtel és a heterogénebb termőhelyi sajátosságokkal magyarázzák (Gömöry et al. 1999, 2007). Az európai bükk és a keleti bükk közötti csekély genetikai és morfológiai különbség ténye különböző rangfokozatú felfogásokat eredményezett a taxonómiában, a keleti bükköt faj, illetve a *F. sylvatica* alá rendelve alfaj, változat vagy éppen ökotípus rang-



1.1.-12. ábra. A *Fagus orientalis* elterjedési területe (Forrás: Caudullo et al. 2017). A Krím-félszigeti előfordulás a „*F. taurica*”, a romániai, moldáviai és részben a bolgár, görög előfordulások a „*F. moesiaca*” taxonokra vonatkoznak



1.1.-13. ábra. Keleti bükk (*Fagus orientalis*) a kaukázusi jegenyefenyővel (*Abies nordmanniana*) gyakran alkot állományokat (Fotó: N. Dendrológiai Alapítvány, Debreczy & Rácz)

ján is tárgyalták, a legszélsőségesebb nézet szerint pedig a *F. orientalis* megnevezés a *F. sylvatica* szinonimja (Denk et al. 2002).

A *F. orientalis* nagy elterjedési területének számos részén, különösen Törökországtól keletre Iránig, erdészeti szempontból a legfontosabb állományalkotó lombos fafaj (Kandemir & Kaya 2009). Dísznövényként való felhasználását ezeken a vidékeken a nyugati szakirodalom kevésbé dokumentálja, míg ilyen célú európai alkalmazása sohasem közelítette meg a *F. sylvatica* jelentőségét. E fajból csak egy fajta, az 'Iskander' került kereskedelmi forgalomba, amelynek oszlopos koronája van, s elszáradt levelei egész télen többnyire a fán maradnak. A későbbi vizsgálatok során azonban bebizonyosodhat, hogy a ma a *F. sylvatica*-hoz sorolt bizonyos fajták, mint például a 'Latifolia' és a 'Zlatia', vagy a keleti bükkhöz, vagy a balkáni (mőziai) bükkhöz tartoznak.

Balkáni (mőziai) bükk („*F. moesiaca*” (K. Malý) Czeczott) és **krími bükk** („*Fagus taurica*” Popl.)

A balkáni (mőziai¹) bükk és krími bükk nevezéktana és rendszertani helyzete a mai napig tisztázatlan és ellentmondásos. Korábban úgy vélték, mivel az európai bükk és a keleti bükk együtt él a Balkán- és a Krím-félszigeten, ezért hibridek jöhettek közöttük létre (Poplawska 1928). Közel egyidőben a Krím-félszigeten található hibridet *Fagus* × *taurica*, a Balkán-félszigeten fellelhető hibridet *F.* × *moesiaca* néven írták le, s bizonyos körökben általánossá vált az a nézet, hogy az előző hibrid inkább a *F. orientalis*-ra, az utóbbi hibrid inkább a *F. sylvatica*-ra hasonlít, illetve más körökben pedig a hibrid vegetatív bélyegeit inkább a *F. orientalis*-éra, generatív bélyegeit pedig inkább a *F. sylvatica*-éra hasonlítóknak jelezték. A botanikusok már eleve megosztottak voltak a keleti bükk taxonómiai rangját illetően, sokan a közönséges bükk alfajának tekintették és nem külön fajnak, ezért számos rangfokozaton és felfogásban adtak e hibrideknek neveket. A nevezéktan szabályai szerint két szülőfaj közötti primér hibridet csak egyetlen névvel lehet ellátni, ezért a későbbiekben a *F.* × *moesiaca* a *F.* × *taurica* szinonimja lett (Govaerts & Frodin 1998). E problémakör értelmezésének szélsőségét mutatja Duty (1985) felfogása, aki önálló fajként írt le egy *F. intermedia* taxont, mely alá számos faj alatti egységet rendelt, köztük a „*moesiaca*” és „*taurica*” is megtalálható.

Az újabb genetikai kutatások megerősítették a Krím-félszigeti bükk populációk hibridogén eredetét, amelyek vélhetően a jégkorszak (pleisztocén) utolsó interglaciálisában (Riss–Würm) jöhettek létre úgy 120 ezer évvel ezelőtt. Tehát nem a jelenlegi szülők (*F. sylvatica* és *F. orientalis*) ismételt és napjainkban is bekövetkező hibridizációjának terméke a krími bükk, hanem egy korábban létrejött és azóta állandósult taxon, amely az egykori szülőfajok nélkül él ma a Krím-félszigeten. A balkáni (mőziai) bükk populációk pedig valószínűleg nem hibridogén eredetűek, hanem mintegy jó 800 ezer évvel ezelőtt, a Günz–Mindel interglaciális kezdetén hasadhattak ki a *F. orientalis* populációiból, s maradtak fenn napjainkig a Balkán-félszigeten. Így a balkáni (mőziai) bükk köztes taxonnak tekinthető az európai bükk és a keleti bükk között, amelynek bélyegei már a taxon kialakulásakor is intermedier jellegűek voltak a *F. sylvatica* és a *F. orientalis* között (Gömöry et al. 2018; Hrivnak et al. 2024) (1.1.-14. ábra).



1.1.-14. ábra. Balkáni bükk („*Fagus moesiaca*”) hajtásrészlete érett termésekkel a Sztrandsza-hegységéből (Fotó: N. Dendrológiai Alapítvány, Debreczy & Rác)

¹A kisázsiai mysos (bükk) kifejezésből kapta a kelet-balkáni terület a Moesia nevét, ami tulajdonképpen bükkföldjét jelent.

Kárpáti Zoltán a közönséges bükk hazai fajalatti változatosságának vizsgálatokor azonosítani vélte a *F. moesiaca* taxont is (Kárpáti 1937, 1940, 1942, 1944), mely a saját gyűjtései és a herbárium anyag átvizsgálása alapján elsősorban a Magyar Középhegységben fordul elő. Ezt átvette a hazai erdészeti szakirodalom is (Csapody et al. 1966; Gencsi & Vancsura 1989), s a *F. sylvatica* termőhelyénél szárazabb, mészkerülőbb ökológiai igényel jellemezte. A későbbi, statisztikai alapon nyugvó levélmorfológiai vizsgálatok nem erősítették meg a balkáni bükk hazai előfordulását, a közönséges bükk levelének nagyfokú változatossága, bizonyos tulajdonságok (pl. érszám, levélnagyság, a legnagyobb levélszélesség helye) tág határok közötti ingadozása okozhatták a korábbi félreismerést (Bartha & Raisz 2004). Az utóbbi időszakban a Balkán-félszigetről, főként Romániából is hoztak be bükk szaporítóanyagot, nem kizárt, hogy közöttük balkáni (mőziai) bükk is előfordult. Mindezekről függetlenül e „fafajnak” szerepe lehet a klímaváltozás ténye miatt a jövő hazai erdőgazdálkodásában.

Irodalom

- Bartha D. & Raisz Á. 2004: Untersuchungen zur Variabilität von Blattmerkmalen innerhalb der Krone bei *Fagus sylvatica* und *Fagus orientalis*. – Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 38(4): 169–178.
- Borza Al. 1956: Über *Fagus orientalis* und *Fagus Taurica* in Rumänien sowie über die Verbreitung zweier Varietäten von *Fagus sylvatica*. – Feddes Repertorium 59(1): 113–116.
- Borza Al. 1965: Le genre *Fagus* dans la République Populaire Roumanie. – Biológia 20: 367–373.
- Cao K.-F., Peters R. & Oldeman R.A.A. 1995: Climatic range and distribution of Chinese *Fagus* species. – Journal of Vegetation Science 6: 317–324.
- Cao K.-F. & Peters R. 1998: Structure and stem growth of multi-stemmed trees of *Fagus engleriana* in China. – Plant Ecology 139(2): 211–220.
- Caudullo G., Welk E. & San-Miguel-Ayanz J. 2017: Chorological maps for the main European woody species. – Data in Brief 12: 662–666.
- Chinh N.N., Chung C.T., Can V.V., Dung N.X., Dung V.V., Dao N.K., Hop T., Oanh T.T., Quynh N.B. & Thin N.N. 1996: Vietnam forest trees. – Forest Inventory and Planning Institute, Agricultural Publishing House, Hanoi, Vietnam.
- Clarke D.L. 1976: *Fagus* L. In: Bean W.J. (ed.): Trees & Shrubs Hardy in the British Isles. Ed. 8. Revised. Vol. 3. – John Murray, London, pp. 173–184.
- Csapody I., Csapody V. & Rott F. 1966: Erdei fák és cserjék. – Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 327 pp.
- Czeczott H. 1932: Distribution of *Fagus orientalis* Lipsky. – Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich 8: 362–387.
- Dagtekin D., Şahan E.A., Denk T., Köse N. & Dalfes H.N. 2020: Past, present and future distributions of Oriental beech (*Fagus orientalis*) under climate change projections. – PLoS ONE 15(11): e0242280.
- Denk T. 1999: The taxonomy of *Fagus* in western Eurasia, 1: *Fagus sylvatica* subsp. *orientalis* (= *F. orientalis*). – Feddes Repertorium 110(3-4): 177–200.
- Denk T. 2003: Phylogeny of *Fagus* L. (Fagaceae) based on morphological data. – Plant Systematics and Evolution 240: 55–81.
- Denk T., Grimm G.W., Stogerer K., Langer M. & Hemleben V. 2002: The evolutionary history of *Fagus* in western Eurasia: Evidence from genes, morphology and the fossil record. – Plant Systematics and Evolution 232: 213–236.
- Denk T., Grimm G.W. & Hemleben V. 2005: Patterns of molecular and morphological differentiation in *Fagus* (Fagaceae): Phylogenetic implications. – American Journal of Botany 92: 1006–1016.
- Denk T. & Grimm G.W. 2009: The biogeographic history of beech trees. – Review of Palaeobotany and Palynology 158: 83–100.
- Duty J. 1985: Die *Fagus*-Sippen Europas und ihre geographisch-soziologische Korrelation zur Verbreitung der Assoziationen des *Fagion* s.l. – Vegetatio 59: 177–184.
- Fang J. & Lechowicz M.J. (2006): Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus* L.) species in the world. – Journal of Biogeography 33: 1804–1819.
- Fekete L. & Mágócsy-Dietz S. 1896: Erdészeti növénytan II. kötet. Növényrendszertan, részletes növénytan, növényföldrajz. – A Pátria könyvsajtója, Budapest, 1336 pp.
- Fujii N., Tomaru N., Okuyama K., Koike T., Mikami T. & Ueda K. 2002: Chloroplast DNA phylogeography of *Fagus crenata* (Fagaceae) in Japan. – Plant Systematics and Evolution 232: 21–33.

- Gencsi L. & Vancsura R. 1989: Dendrológia. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 728 pp.
- Govaerts R. & Frodin D.G. 1998: World Checklist and Bibliography of Fagales. – The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew, 408 pp.
- Gömöry D., Paule L., Brus R., Zhelev P., Tomović Z. & Gračan J. 1999: Genetic differentiation and phylogeny of beech on the Balkan peninsula. – *Journal of Evolutionary Biology* 12: 746–752.
- Gömöry D., Paule L. & Vysny J. 2007: Patterns of allozyme variation in western Eurasian *Fagus*. – *Botanical Journal of the Linnean Society* 154: 165–174.
- Gömöry D., Paule L. & Mačejovský V. 2018: Phylogeny of beech in western Eurasia as inferred by approximate Bayesian computation. – *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 87(2): 3582.
- Greuter W. & Burdet H.M. (1981): *Fagus sylvatica* subsp. *orientalis* (Lipsky) Greuter & Burdet. – *Willdenowia* 11: 271–280.
- Hammes W. & Arndt H.J. 1985: Die Identifikation verschiedener Buchenarten anhand morphologischer Blattmerkmale. – *Allgemeine Forst Zeitschrift* 41(45): 1207–1212.
- Hrivnák M., Krajmerová D., Paule L., Zhelev P., Sevik H., Ivanković M., Goginashvili N., Paule J. & Gömöry D. 2024: Are there hybrid zones in *Fagus sylvatica* L. sensu lato? – *European Journal of Forest Research* 143: 451–464.
- Huang C.-J., Zhang Y.T. & Bartholomew B. 1999: *Fagus* L. In: Wu Z.Y., Raven P.H. & Hong D.Y. (eds.): *Flora of China*. Vol. 4. – Science Press and Missouri Botanical Garden Press, Beijing, China and St. Louis, Missouri, pp. 314–315.
- Iwatsuki K., Boufford D.E. & Ohba H. (eds.) 2006: *Flora of Japan*. Vol. IIA. – Kodansha Ltd., Tokyo.
- Jiang L., Bao Q., He W., Fan D.-M., Cheng S.-M., López-Pujol J., Chung M. G., Sakaguchi S., Sánchez-González A., Gedik A., Li D.-Z., Kou Y.-X. & Zhang Z.-Y. 2022a: Phylogeny and biogeography of *Fagus* (Fagaceae) based on 28 nuclear single/low-copy loci. – *Journal of Systematics and Evolution* 60(4): 759–772.
- Jiang C., Fan W., Chen L. & Gan X. 2022b: Complete chloroplast genome sequence of *Fagus hayatae* Palib. (Fagaceae). – *Mitochondrial DNA Part B*. 7(6): 944–945.
- Jong-Soo P., Dong-Pil J., Jong-Won P. & Byoung-Hee C. (2019): Complete chloroplast genome of *Fagus multinervis*, a beech species endemic to Ulleung Island in South Korea. – *Mitochondrial DNA Part B*. 4: 1698–1699.
- Kandemir G. & Kaya Z. 2009: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use of oriental beech (*Fagus orientalis*). – Biodiversity International, Rome, 6 pp.
- Kárpáti Z. 1937: Dendrológiai jegyzetek. II. Adatok a *Fagus silvatica* L. alakkörének ismeretéhez. – *Botanikai Közlemények* 34(5–6): 192–204.
- Kárpáti Z. 1940: A bükkfa vadontermő és kerti változatainak rendszertani áttekintése. – A m. kir. Kertészeti Akadémia Közleményei 7: 93–115.
- Kárpáti Z. 1942: Pótlás „A bükkfa vadontermő és kerti változatainak rendszertani áttekintése” c. cikkhez. – A m. kir. Kertészeti Akadémia Közleményei 8: 181–182.
- Kárpáti Z. 1944: Dendrológiai jegyzetek IV. 3. Újabb adatok a hazai bükkfák ismeretéhez. – A m. k. Kertészeti és Szőlészeti Főiskola Közleményei 10: 162–171.
- Kubitzki K. 1993: Fagaceae. In: Kubitzki K., Rohwer J.G. & Bittrich W. (eds.): *Flowering Plants * Dicotyledons. Magnoliid, Hamamelid and Caryophyllid Families. The Families and Genera of Vascular Plants II*. – Springer Verlag, Berlin – Heidelberg, pp. 301–309.
- Lee Y.N. 1967: Taxonomic studies on the *Fagus multinervis*, *Fagus japonica* and *Fagus crenata*. – *Bulletin of Korean Institute of Cultural Research* 10: 373–377.
- Li D.-Q., Jiang L., Liang H., Zhu D.-H., Fan D.-M., Kou Y.-X., Yang Y. & Zhang Z.-Y. 2023: Resolving a nearly 90-year-old enigma: The rare *Fagus chienii* is conspecific with *F. hayatae* based on molecular and morphological evidence. – *Plant Diversity* 45: 544–551.
- Liang Y., Yang X.-X., Zhang X.-Y., Zhang J.-T., Da-Yong Zhang D.-Y. & Liao W.-L. 2022: Effects of plant interactions on the populations of the endangered *Fagus pasbanica*. – *Plant Ecology & Diversity* 15(1–2): 25–37.
- Nixon K.C. 1997: *Fagaceae* Dumortier: Beech Family in *Flora of North America*. In: Editorial Committee (ed.): *Flora of North America North of Mexico*. Vol. 3. – Oxford University Press, New York, pp. 436–506.
- Ocskay S. & Dumitriu-Tătăranu I. 1950: Contribuțiuni la studiul fagulii din R.P.R. – *Analele Academiei Republicii Populare Române* 3(4): 1–14.
- Oh S.-H. 2015: Sea, wind, or bird: Origin of *Fagus multinervis* (Fagaceae) inferred from Chloroplast DNA sequences. – *Korean Journal of Plant Taxonomy* 45: 213–220.
- Oh S.-H., Youm J.-W., Kim Y.-I. & Kim Y.-D. 2016: Phylogeny and Evolution of Endemic Species on Ulleungdo Island, Korea: The Case of *Fagus multinervis* (Fagaceae). – *Systematic Botany* 41(3): 617–625.
- Ohkawa T., Kitamura K., Takasu H. & Kawano S. 2006: Genetic variation in *Fagus multinervis* Nakai (Fagaceae), a beech species endemic to Ullung Island, South Korea. – *Plant Species Biology* 21: 135–145.

- Okaura T. & Harada K. 2002: Phylogeographical structure revealed by chloroplast DNA variation in Japanese Beech (*Fagus crenata* Blume). – *Heredity* 88: 322–329.
- Péché D. (1896): A bükkfa nemei és földrajzi elterjedése. – *Erdészeti Lapok* 35(5): 359–362.
- Poplawska H. 1928: Die Buche in der Krim und ihre Variabilität. – *Österreichische Botanische Zeitschrift* 77(1): 23–42.
- Rodríguez-Ramírez E.C., Andrés-Hernández A.R. & Luna-Vega I. 2021: Floral morphology and anatomy of *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* (Fagaceae), an endangered-relict tree of the Mexican montane cloud forest. – *Botanical Sciences* 99(3): 599–610.
- Roland W.-A. 2010: Die Welt der Buchen (Gattung *Fagus* L., *Fagaceae*). – *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft* 95: 47–58.
- Rowden A., Robertson A., Allnutt T., Heredia S., Williams-Linera G. & Newton A.C. 2004: Conservation genetics of Mexican beech, *Fagus grandifolia* var. *mexicana*. – *Conservation Genetics* 5: 475–484.
- Rushforth K. 2021: *Fagus hayatae*. – *Curtis's Botanical Magazine* 38(2): 184–190.
- Shen C.F. 1992: A monograph of the genus *Fagus* Tourn. ex L. (Fagaceae). – Ph.D. Dissertation, University of New York, New York, 405 pp.
- Williams-Linera G., Rowden A. & Newton A.C. 2003: Distribution and stand characteristics of relict populations of Mexican beech (*Fagus grandifolia* var. *mexicana*). – *Biological Conservation* 109: 27–36.
- Wulff E. V. 1935: Die Kaukasische Buche, ihre Verbreitung, systematische Stellung und Entwicklungsgeschichte. – *Beihefte zum Botanischen Centralblatt* 54B: 108–139.
- Yang C.-C. 1978: A new species of *Fagus* L. from Szechuan. – *Acta Phytotaxonomica Sinica* 16(4): 100–101.
- Yilmaz M. 2010: Is there a Future for the Isolated Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Forests in Southern Turkey? – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 6: 111–114.
- Ying L.-X., Zhang T.-T., Chiu C.-A., Chen T.-Y., Luo S.-J., Chen X.-Y. & Shen Z.-H. 2016: The phylogeography of *Fagus hayatae* (Fagaceae): genetic isolation among populations. – *Ecology & Evolution* 6(9): 2805–2816.



1.1.-15. ábra. Valamennyi bükkfaj őszi lombszíneződése szemet gyönyörködtető.
A képen az amerikai bükk (*Fagus grandifolia*) cukorjuharral (*Acer saccharum*) pompázik
(Fotó: Christopher Dale)

1.2. A közönséges bükk (*Fagus sylvatica*) taxonómiája és biológiája

A bükk nomenklatúrája és taxonómiája

Bartha Dénes

Tudományos és magyar elnevezései

A közönséges (európai) bükköt Carl von Linné (1707–1778) svéd botanikus vezette be a tudományba, az 1753-ban megjelent »Species Plantarum« c. műve 2. kötetének 998. oldalán adta meg nevét (*Fagus sylvatica* L.) és diagnózisát. Utóbbi meglehetősen rövid, de az általa ismert egyetlen tényleges *Fagus* faj miatt lényegre törő: „foliis ovatis obsolete serratis”, azaz „levelei tojásdadok, gyengén fűrészesek”. E tömör diagnózishoz még az elterjedési területet is feltüntette: „Habitat in Europa”. (Érdekesség, hogy Linné az általa felállított *Fagus* nemzetségbe e fő művében csak három fajt sorolt, a közönséges bükkön kívül a még nemzetség szinten le nem választott közönséges és amerikai szelídgesztenyét, *Fagus castanea* és *F. pumila* néven.) A tudományos fajnév újlatin eredetű (*sylvaticus*, *-a*, *-us*), s erdeit jelent, amely nyilvánvalóan utal az élőhelyére.

A kevés bükk fajnak, a közönséges bükk markánsan elkülönülő elterjedési területének és a kismértékű fajon belüli változatosságának köszönhetően kevés szinonim neve van. Joseph Gaertner (1732–1791) német botanikus az 1788-ban megjelent, a növények terméseit és magjait tárgyaló tanulmánya (*De Fructibus et Seminibus Plantarum*) 1. kötetének 182. oldalán *Fagus sylvestris* Gaertn., azaz ismételtelen erdei bükk néven szerepelteti, s a terméséről, magjáról nagyon részletes latin nyelvű leírást közölt. Giovanni Antonio Scopoli (1723–1788) dél-tiroli, Selmechányán egy évtizeden át oktató természettudós 1771-ben megjelent »Flora carniolica«, azaz a krajnai terület flóráját bemutató műve 2. kiadása 2. kötetének 242. oldalán *Castanea fagus* Scop. néven tárgyalja, s „Folia ovata. Feminei flores trigyni.”, azaz „levelei tojásdadok; nőivarú virágai hárombibésék” leírással látta el. A megjegyzésben még kitért arra, hogy 12 porzója van, s „Cotyledones reniformes, subtus albae”, azaz „sziklevelei vesealakúak, fonákukon fehérek”. Ez a névadás azonban nem felel meg a Nemzetközi Botanikai Kódexnek (mivel nomen superfluum), ezért használata érvénytelen.

Az ókori természettudósok közül Theophrasztosz még *oxya* néven ismertette a bükköt, s a termését háromélűnek írta. A rómaiak viszont már *fagus* néven illették e fajt, Pliniusnál és Vergiliusnál is ez a növény neve, s *glans faginea* pedig a bükkmakk. A *fagus* név szótöve az etimológusok szerint a görög *phag* szóból származik, ami ehetőt, s az ebből levezetett *phagos* bőséges étkezést jelent, a *phegos* pedig a makktermő fák neve volt (Genaust 1996).

A magyar bükk szó nyelvészeink szerint talán ótörök eredetű, és kapcsolatba hozható a csagatáj *bükk* (tölgy) és a tatár *bik* (bükk) szavakkal. Egy 1193-ban kelt oklevélben szerepel nálunk először a növény *big-fa* néven, a későbbi oklevelekben a *byc*, *byk* jelölés is felbukkan. Melius Juhász Péter 1578-ban megjelent »Herbarium az fáknak, füveknek nevekről, természetekről és hasznairól«, Verancsics Faustus 1595-ben napvilágot látott »Dictionarium« és Beythe András szintén 1595-ben kiadott »Fives könyv« művében *bik-fa* megjelölést találunk, az 1655-ben közreadott Apáczai Csere János-féle »Magyar encyclopaedia« már a *bükk* nevet használja (Rácz 2010). A bükk szláv neveit a nyelvészek a német *Buche* szóból eredeztetik (pl. bolgár, orosz *byk*, szerbhorvát, cseh, szlovák, lengyel *buk*), viszont nálunk »A Magyar nyelv történeti-etimológiai szótára« elveti akár a német, akár a szláv nevekből történő származtatást. (Ez csak azért is furcsa, mert a néhány évszázaddal hamarabb megtelepedett szlávoktól is átvehették a magyarok a fafaj nevét, a szlávok pedig korábban egy germán csoporttól, utóbbiak azok, akik a bükk elterjedési területén belül éltek már évezredek óta.) Elődeink sem az urali őshazában, sem az erdőssztyepen vándorolva nem találkoztak bükkal.

Infraspecifikus változatossága

A közönséges bükk infraspecifikus változatossága esetében részben Paul Friedrich August Ascherson és Karl Paul Graebner német, részben Karel Domin cseh botanikus munkái (Ascherson & Graebner 1911; Domin 1932) jelentik az alapot. Alfaji differenciálódás a szűkebben értelmezett *Fagus sylvatica* tekintetében nem figyelhető meg, a tágabban értelmezett európai bükk alatti elkülönítés (subsp. *sylvatica*, subsp. *orientalis* (Lipsky) Greuter et Burdet, subsp. *moesiaca* (K. Malý) Szafer) ma már meghaladott (lásd az »1.1. A bükk nemzetség és fajai rövid ismertetése« c. fejezetet). A jelenlegi taxonómiai felfogás szerint a közönséges bükk faj alatti egységeit alak (forma) rangon kell értékelni, mivel ezen eltérések sem önálló elterjedési területtel nem rendelkeznek, sem önálló populációkat nem alkotnak, hanem a populációkban keverten fordultak elő. Denk (1999) kutatásai alapján a levéljellezők változása esetében egy észak-déli és egy nyugat-keleti klint lehet megfigyelni, amit változatos alakiségű, úgynevezett morfortípusokkal támasztott alá, de ezek a rendszertani kategóriákkal nehezen összeegyeztethetők.

Hazánkban Kárpáti Zoltán (1909–1972) dendrológus foglalkozott behatóan a közönséges bükk infraspecifikus változatosságával (Kárpáti 1937, 1939, 1940, 1942, 1944, 1950, 1951). Az alapváltozaton belül 1 alapformát, 14 levélbeli formát, 3 termésbeli formát, 1 termetbeli formát, 2 kéreg eltérésbeli formát jelzett hazánkból a természetes állományokból. Ezen kívül 27 fajtát is felsorolt, melyek egy jó része azonban nem került forgalomba nálunk. Az alapváltozaton túl további 5 változatot is jellemzett, köztük van a „*F. moesiaca*” is, amit a későbbiekben már tranzitusznak tekintett. A levelek változatossága alapján a *Fagus sylvatica* alapváltozatán belül 5 alakot ő írt le Magyarország területéről (részben Boros Ádámmal): *f. crenata* Kárp., *f. borosii* Kárp., *f. borbasii* Kárp., *f. tornensis* Boros et Kárp., *f. javorkae* Kárp., míg a „*F. moesiaca*” taxonon belül az általa leírt alakok a következők: *f. kummerlei* Kárp., *f. pilisiense* Kárp., *f. andreanszkyana* Kárp. Mivel a levelek tekintetében a közönséges bükk nagyfokú fenotípusos plaszticitást mutat, s a herbáriumi példányoknál sok esetben nem dönthető el, hogy milyen korú és mely termőhelyen nőtt faegyedeokről, a korona mely részéből gyűjtötték a hajtást, ezért a levélváltozatosság alapján elkülönített infraspecifikus egységeknek mind a taxonómiai, mind a gyakorlati jelentősége csekély.

Valójában egy olyan faj alatti taxon van, amely kéregbeli eltérése alapján figyelmet érdemel, s ez a morfológiai fejezetben részletesebben bemutatott kőbükk (*F. sylvatica* var. *quercooides* Pers.), amit ma az elkülönülő populációi hiányában csak alak (forma) rangon lehetne kezelni, de az átértékelése eddig még nem történt meg.

A spontán mutáció révén keletkezett különleges alakok szelekciójával számos fajtát állítottak eddig elő, az utóbbi évtizedekben ezek keresztezésével kettő vagy több különleges tulajdonságot hordozó fajtákat is árusítanak már a faiskolák. Eddig mintegy 150 fajtát ismertek el, melyek első rendszerezett áttekintését Gerd Krüssmann (1910–1980) német dendrológus adta (Krüssmann 1939), s amelyre alapozva hazánkban elsőnek Kárpáti Zoltántól kaphattunk részletes bemutatást (Kárpáti 1940).

A Magyarországon gyakrabban árusított *Fagus sylvatica* fajtákat a következőképpen lehet mesterségesen csoportosítani (az A és B csoportokban felsorolt fajták spontán mutáció, majd szelekció eredményei, egyetlen sajátos tulajdonsággal bírnak, s növekedésükben többnyire nem maradnak el az alapfajtól):

A. Különleges habitusú fajták

'Pendula' (szomorú bükk) – Vázagai fölfelé, majd oldalirányban közel vízszintesen nőnek, gally- és hajtásrendszere csüngő, koronája széles. 1836 előtt Angliában szelektált, a vérbükk mellet a legszélesebb körben elterjedt és alkalmazott fajta.

'Fastigiata' (syn.: 'Dawyck') (oszlopos bükk) – Oszlopos növésű, keskeny koronájú fajta, minden ága fölfelé törő, levelei az alapfajénál szélesebbek. 1800 körül a skóciai Dawyckban szelektálták.

'Tortuosa' (kígyóbükk) – Rövid törzse és ágrendszere csavart, gallyait csüngeti, koronája gomba alakú (Szerednyei 1905). Gyökerei is csavartak, a talajfelszín közelében futók sarjakat hozhatnak, illetve a földre érő ágak is meggyökeresedhetnek (Lange 1974). Kisebb állományait (!) már több mint

két évszázada ismerik Franciaországból, Dániából, Svédországból és különösen Németországból (pl. Süntel-hegység), amelyek egy jó részét az előnytelen törzsfajta miatt már korábban kivágták. Ezen állományok létrejöttét még ma is homály fedi (Dönig 2012).

B. Különleges levelű fajták

1. Különleges levélalak

'Aspleniifolia' – Leveli többnyire szabálytalanul, de mélyen tagoltak, viszont bizonyos leveli keskenyek, alig vagy nem tagoltak. 1811-ben Franciaországban szelektált fajta.

'Cristata' – Leveli részben kör alakúak, részben a kakastaréjhoz hasonlóan tagoltak, élben összehajlók. Koronája laza, ágai nyúlánkak. 1836-ban árusították először Angliában.

'Laciniata' – Leveli megnyúltak, szabályosan mélyen tagoltak. 1795-ben Németországban a szász Tetschen birtokon szelektált fajta.

'Rotundifolia' – Leveli kerekdedek. 1870-es években az angliai Surrey-ben szelektálták.

2. Különleges levélszín

'Atropurpurea' (syn.: 'Atropunicea', 'Purpurea') (vérbükk) – Leveli fakadás után sötétbordó színűek, később feketésvörösek. Vérbükkök már a XV. századtól ismertek, a napjainkban is szaporított klónok egyikét 1680 előtt a svájci Buchs falu mellett találták meg, de nem sokkal ezután a tübingi Sondershausen melletti Possenwald-ban és a Vogézek-beli Darney faluban is találtak vérbükköket (Dönig 1994). Ma faiskolai forgalomban több klónja van, amelyek színben kissé eltérnek egymástól. A vörös szín az epidermiszben az antocián felhalmozódására vezethető vissza, amely egy enzim hiánya miatt nem tud lebomlani ennél a fajtánál (Schuch 1920). Fajtaú alakjait bujtással vagy oltással szaporítják, de antociános alakok magról szaporítva is magas arányban jelennek meg.

'Cuprea' – Leveli fakadáskor vöröslők, később ± megzöldülnek. A vérbükk magról szaporított fajtája, ezért egyedei egymástól kissé eltérőek.

'Purpurea Tricolor' (syn.: 'Roseomarginata') – Fénylő sötétvörös leveleinek széle kárminpiros és rózsaszín, ami a fiatal leveleken különösen szembetűnő. Először 1883-ban Franciaországban szelektálták, de közel egyidőben Hollandiából is felbukkant a kereskedelemben.

'Zlatia' – Leveli fakadáskor fénylő aransárgák, később sárgászöldek. 1890-ben Horvátországban Vranja közelében szelektált fajta.

[Megjegyzendő, hogy fehér levelű – klorofilhiányos – magoncokat gyakran lehet találni nálunk is erdőfelújításokban, csemetekertekben (Lavotha 1883), amelyek azonban csak rövid ideig életképesek.]

C. Kombinált tulajdonságú fajták (amelyek keresztezéssel jöttek létre, s növekedésükben rendszerint elmaradnak az egyetlen tulajdonságra szelektált fajtáktól, kereskedelmi értéküket a kettő vagy több különleges tulajdonságuk adja meg)

'Atropunicea Compact' – Tömör gömbös koronát fejlesztő vérbükk fajta, növekedési erélye csekély. 2000-ben Magyarországon jelentették be.

'Dawyck Gold' – Kis termetű, oszlopos növésű, levelei kihajtáskor aransárgák, később sárgászöldek. 1968-ban Hollandiában keresztezéssel ('Dawyck' × 'Zlatia') előállított fajta.

'Dawyck Purple' – Kis termetű, oszlopos növésű, oldalágainak csúcsa befelé hajlik, levelei sötét barnászöldek. A fenti fajtával egyidőben és ugyanott hozták létre ('Dawyck' × 'Atropurpurea').

'Purpurea Pendula' – Lassú növekedésű, kis termetű, ágai lefelé hajlók, levelei fakadáskor fényes vérvörösek, később feketésvörösek. 1865 körül Németországban hozták létre ('Pendula' × 'Atropurpurea').

'Tortuosa Purpurea' – A kígyóbükköt eddig csak a vérbükkal sikerült keresztezni ('Tortuosa' × 'Atropurpurea'), 1967-ben állították elő ezt a fajtát.

A közönséges bükk morfológiája

Bartha Dénes

Architekturális felépítés

Termet

A közönséges bükk termete a termőhelyi viszonyok és a tengerszintfeletti magasság függvényében változik. Ahol a bükk alkotja az erdőhatárt (pl. a Déli-Kárpátok vagy a Déli-Alpok bizonyos részein), vagy szélnek erősen kitett helyeken nő (pl. tengerpartok közelében, szálkőveken), ott csak cserjésedő egyedeivel lehet találkozni. Szélsőségektől mentes termőhelyen viszont az 50 méter magasságot is közelíti (lásd a »8.6. Kultúrtörténeti vonatkozások« fejezetet). Hazánkban – a jelenleg alkalmazott vágásérettségi korok miatt – a 35 métert meghaladó egyedei ritkák, a termőhelyi szélsőségek növekedésével (pl. erősen savanyú, tápanyagszegény talajok, vagy sekély termőrétegű köves-sziklás, illetve közethatású talajok) magassága csökken, van, ahol a 20 métert sem haladja meg. Megjelenési formáját a makroklimán és a talajadottságokon túl a késői fagyok is lényegesen befolyásolják, amely következtében alacsony magasságú, hajlott törzsű, gömbölyded koronájú egyedek lesznek (Majer 1966).

Szélsőségektől mentes termőhelyeken az elérhető legmagasabb életkora 300 év, az ennél idősebb egyedei nagyon ritkák, életkoruk meghatározása is bizonytalan (lásd a »8.6. Kultúrtörténeti vonatkozások« fejezetet).

A közönséges bükk gyökérzete és koronája is rendkívüli mértékben plasztikus, a környezeti heterogenitásokhoz jól alkalmazkodó.

Gyökérzet

A szak- és tankönyvek java része (pl. Majer 1966; Köstler et al. 1968) a lombosfák közül a bükk gyökérzetét a szívgyökérzet klasszikus példajaként hozza fel. Ennek alapja az, hogy 1) a karógyökér az életkor előre haladtával az oldalgökökkel szemben veszít a szerepéből, s idővel el is pusztul, 2) a gyökfő közelében a legtöbb gyökér vízszintesen vagy ferdén lefelé fut, 3) az oldalt futó gyökerek nem érnek túl a koronacsurgón és 4) nem különböztethető meg egy sekélyen futó és egy mélybe törekvő, egymástól elkülönülő részgyökérzet. Ez a klasszikus szívgyökérzet azonban csak kiegyenlített vízháztartás, közepesen kötött talaj, mély termőréteg esetén és talajhibák nélküli termőhelyeken figyelhető meg főleg a középkorú egyedeknél, a gyökérzet alakja idős korban már félgömb vagy fordított süveg alakú lesz. De a termőhely függvényében ettől eltérő gyökérzeti formákkal is lehet találkozni.

A tipikus szívgyökérzet szerveződése esetén az elsődleges gyökér karógyökér, a másodlagos gyökerek hegyesszögben indulnak lefelé, és az egyedfejlődés során villaszerű elágazásokat mutatnak. Fiatal egyedeknél a főgyökér erősebb, fejlettebb, mint az oldalgökök. Később, de még fiatal korban a főgyökér is elágazik, majd hamarosan véget ér a főgyökér és az oldalgökök mélybe hatolása, miközben az utóbbiak oldalirányba hajlanak. Eközben az oldalgökök a főgyökert túlnövik, amely legkésőbb az ötödik évtizedben elhal. (Általában a főgyökérheg a gyökfő talpán később is jól felismerhető marad.) A főgyökér növekedési erélyének hanyatlásával a felső oldalgökök erőteljes fejlődésnek indulnak. Az erős oldalgökök idős fák esetében a törzs közelében nagyon vastagok lehetnek, terpeszeket hozhatnak létre, de átmérőjük a törzstől távolodva erőteljesen csökken. Az erős oldalgökök gazdag elágazása és az egymáshoz közel futó finomgyökerek miatt a gyökfő közelében különösen sűrű gyökérzetrés alakul ki, amit csak a hársak múlnak felül. A sekélyen, oldalirányba futó gyökerek a külső zónában is hálózatosan ágaznak el, a lefelé hatoló oldalágak azonban nem érik el a gyökfő közelében lévő mélységet, ezért kifelé a mélyreható gyökerek és az oldalirányba törekvő gyökerek között fokozatosan csökkenő arány figyelhető meg. A közönséges bükknek különösen gazdagon

elágazó gyökérrendszere van, a finomgyökérány kimondottan magas. A finomgyökerek a vékony gyökérgakkal legyezőszerű gyökérzetrészt alkotnak. A gyökértömeg csekély, az összes dendromassza csak 13–17%-a, amely mérték a korral csökken. Az 1 mm-nél gyengébb finomgyökerek tömege talajfelszín közelben 1 cm talajrétegben 16 g/m². A fajok közül a legnagyobb finomgyökérány már fiatal kortól kezdve a közönséges büknél figyelhető meg. Egészséges egyedek finomgyökerein a gombahifák gazdag hálózatát találjuk (mikorrhiza) (lásd a 4.1. fejezet »A mikorrhizaképző nagygombák« alfejezetét).

A gyökérzet szerkezetét a termőhelyi viszonyok erősen módosíthatják. A finomgyökérzet arányát a tápanyagellátás, a finomgyökerek alakját és irányultságát a talajtípus és a mikorrhiza partnerek befolyásolják. Megfigyelhető, hogy öreg egyedek a feltalaj tápanyagokban gazdag rétegeit intenzíven átszövik gyökereikkel és így egy tányérszerű gyökérzetet hoznak létre. A durvagyökérzet erősen reagál az oxigénhiányra és a magas vázarányra. Pseudoglejes, változó vízhatású talajokon szinte kizárólag csak a finomgyökerek hatolnak a tömörödtebb rétegek zsugorodási repedéseibe, vihar esetén a gyökérzet a tömörödött (vízzáró) réteg fölélt el is szakadhat. Talajvíz megléte esetén a gyökerek az átlagos éves talajvízállás rétegéig hatolnak csak le. Váztalajokon, köves, sziklás, törmelékes, erózióra hajlamos termőhelyeken a közönséges bükk sekélyen gyökerezik, a felső rétegben tányérszerű gyökérzet képződik (1.2.-1. ábra), a plasztikus gyökérzet azonban a talajrézsekkel kitöltött sziklarepedésekbe is be tud hatolni. Különösen szembeűnő itt a gyökerek deformálódása, csavarodása. Elsősorban meszes alapkőzetten feltűnő, hogy a gyökerek nem hatolnak mélyre és a felső rétegben tányérszerű gyökérzet alakul ki, melynek előzménye a gyökfő közeli vastagabb gyökerek korai elágazása és a gyakoribb gyökérosszenővések. A jelentős mennyiségű felszínközeli gyökerek miatt a taposás nagy veszélyt jelent ennél a fafajnál!

Zavartalan növekedés, tipikus szívgyökérzet fejlesztése esetén a bükk intenzíven és egyenletesen szövi át gyökereivel a talajt. A gyökérzet mélysége 20 éves korban átlagosan 120–140 cm, vályog fizikai talajféleségnél elérheti a 180 cm-t, agyag fizikai talajféleségnél viszont csak 80–90 cm, változó vízhatású, levegőtlen talajokon pedig 50–70 cm. Utóbbi talajokon a fő gyökértömeg a felső 30 cm-es rétegben található, tányérszerű képletet alkot, ami széldöntésnek nagyon kitetté teszi a fát. 80 éves korban átlagosan 160–180 cm mélységig hatolnak le a gyökerek. A megfigyelt legnagyobb gyökérmélység löszön 2 m, homokon 3 m, sziklás talajon 5 m volt (Kutschera & Lichtenegger 2002).

Magyarországon kevés gyökérfeltárás történt bükkösökben, az egykori Ugodi Kísérleti Erdészet területén végzett ilyen munkát Majer Antal. A löszön kialakult gyengén savanyú barna erdőtalajon álló 80 éves bükkös vizsgálata azt mutatta, hogy a 0–5 cm felső talajrétegben csak 5 mm-nél kisebb átmérőjű gyökerek voltak, s az 5–15 cm-es talajrétegben volt a legnagyobb a gyökértömeg, ahonnan az fokozatosan csökkent a B-szint felső részéig. A kilúgzási szint felső, 55–90 cm-es rétegében ismét nőtt a gyökértömeg, majd innen megint fokozatosan csökkent 170 cm-es mélységig. Különböző életkorú egyedeket vizsgálva azt találta, hogy az egyéves csemete gyökere már az első évben eléri a talaj B-szintjének felső rétegét, az 5 éves fiatal egyed gyökere pedig már lehatol a B-szint alsó határáig, a 10 éves egyedek pedig a C-szint felső rétegéig jutottak, miközben a horizontális gyökérzet rész egyre jobban elvált a vertikálisától. Ekkor a gyökérzet még kúp alakú volt, s csak a 40 éves egyedeknél lehetett a szívgyökérzetet felismerni (Majer 1958). A közelmúltban végzett gyökérfeltárások eredményeit lásd az 1.3. fejezet »A gyökérzet térbeli elhelyezkedése« alfejezetében.



1.2.-1. ábra. Erózióra hajlamos területeken, sekély termőrétegű talajokon inkább tányérgyökérzet jellemző a közönséges bükkre (Fotó: Ficzeré Mónika)

A gyökfő közeli gyakori elágazások és a gyökerek kölcsönös keresztződése számos gyökérösszenövéshez vezet, amelyek a gyökfő közelében a talajfelszínen dendrotelmát képezhetnek. Az életkor előre haladtával az egyeden belül és a szomszédos egyedekkel a gyökérösszenövések száma növekszik. Sekély termőrétegű talajon, gyenge termőhelyeken, közethasadékokban, erős szeleknek kitett helyeken gyakoribbak a gyökérösszenövések (1.2.-2. ábra). Hazánkban Majer Antal foglalkozott ezzel a jelenséggel, aki a szentgáli tiszafás dolomiton kialakult közethatású talajain gyakoribbnak találta a bükk esetében a gyökérösszenövéseket, mint a löszön kialakult agyagbemosódásos barna erdőtalajon (Majer 1961). A közönséges bükkhöz hasonló gyökérösszenövés a többi fafajnál nem tapasztalható, amelynek a tápanyag- és vízháztartás kiegyenlítettébbé tételében, a széldöntésekkel szembeni ellenállóképesség növelésében jelentős szerepe van.

Gyökérsérülés esetén a hajtásnövekedés tekintetében csak a következő évben lesz reakció, ami köszönhető annak, hogy a hajtások a rügyben már az előző évben kialakulnak, s a rákövetkező évben rövid idő alatt (rendszerint májusban) fejlődnek ki.

Törzs és kéreg

Törzse többnyire egyenes, hengeres, de a görbe, csavarodott és villás törzs is előfordul. Alsó egyharmadában a törzs általában jól feltisztul, de szélsőséges termőhelyeken, alacsony záródásnál földig ágas is lehet. A korona alsó eredési pontja és ezzel együtt a törzs hosszúsága függ a tőszámtól, a termőhely minőségétől, az erdőkezelési módoktól. Zárt állományban, nagy törzsszám és szélsőségektől mentes termőhely esetén a korona magasra tolódik fel. Hazai vizsgálatok alapján a törzsek java része, a Nap járásával ellenkező irányban, jobbra csavarodott (Majer 1966).

Monopodiális (közalapos) elágazástípusú fa, azaz a csúcsmerisztéma minden kihajtás után megmarad, a csúcsrügyből induló és újra csúcsrüggyel záruló hajtástengely az előző évi tengely folytatása lesz. A csúcsrügy a növény élete során mindvégig megtartja vegetatív jellegét. Az oldalelágazások alárendeltek, a főtenyelyt nem növik túl. Megjegyzendő, hogy a hazai szakirodalmak (pl. Csapody et al. 1966; Gencsi & Vancsura 1992) nem monopodiális, hanem szimpodiális (áltengelyes) elágazástípusú és ennek megfelelően nem valódi csúcsrügyet jeleznek e fajnál, ami nem helytálló. Vélhetően a váltakozó levélállás és a kissé zezugos hajtásfelépítés hatott megtévesztőleg.

Kiemelendő, hogy az egymás közelében lévő faegyedek esetében nagyon gyakori e fafajnál a törzs, illetve az ágak összenövése (Kedves 1918). Ugyanazon egyed érintkező ágai vagy szomszédos egyedek törzsei dörzsölődés esetén egymással összenőhetnek (1.2.-3. ábra).



1.2.-2. ábra. A gyökérösszenövések gyakoriak a közönséges bükknél, a képen a feltalaj erőzójója és a szabaddá vált gyökérrészek miatt fokozottabb ez a jelenség (Fotó: Gergál–Gombási Mónika)



1.2.-3. ábra. A törzssösszenövés szép példája a Sümeghez tartozó Sarvalyi-erdő „Ördögigafa” példány (Fotó: Tóth Sándor)

Kéreg fiatal korban szürkésbarna, később ólomszürke, ezüstszürke és fehéresszürke között váltakozik. Fontos, hogy a bükk nemzetiség tagjainál nem keletkezik héjkéreg (ritidóma), ezért a kéreg magas életkorban is sima marad. A legtöbb fafajjal ellentétben a felületi periderma (azaz a másodlagos bőrszövet) aktivitása egy újabb parakambium képződése révén tartósan megmarad, sejtjeinek sugár irányú osztódásával és később érintő irányú növekedésével követi a törzs folytonosan növekvő területét, általában folyamatosan bővül és a hámlás mértékének megfelelően képez új parasejteket. Azaz a képződő pararéteg (phellem) külső felületén a sejtek elpusztulnak, elporladnak, az elhalt para finom szürke porrá esik szét, de a közvetlenül alattuk képződő pararétegekkel mindig pótlódnak. Így többé-kevésbé állandó vastagságú, átlagban 6–8 mm, de legfeljebb 15 mm vastag, sima felületű kéreg jön létre. A törzs mindig árnyalt oldalán a kéreg vékonyabb, az ellenkező, fénynek jobban kitett oldalon átlagosan 6–8%-kal vastagabb. A földfelszín és a koronakezdet között középtávon a legvastagabb, s a koronaizesülés alatt a legvékonyabb (Dimitri 1968). A kéreg keménysége, szilárdsága a benne lévő számos kősejt (szklereida) következtében nagy. A kősejtek miatt az elhalt hancs is merev és kemény. A sima, vékony kéregnek többek között az is a következménye, hogy a csavartnövés és torznövés, valamint a gally- és ághegek sokáig felismerhetőek maradnak. A tipikus ágleválási hely (heg) egy kör alakú hegrészből és egy szögben álló hegrészből áll. A benőtt ág relatív mélysége a törzsben a kör alakú heg átmérőjéből becsülhető meg. A szögheg (amit általánosságban „kínai bajusz” néven emlegetnek) arról ad felvilágosítást, hogy milyen meredeken ízesült az ág a törzshöz. (Minél közelebb áll a két bajusz vége egymáshoz, annál meredekebb volt a gally- vagy ágszög.) A kéreg rugalmasan alkalmazkodik a törzs vastagodásához, amit az is mutat, hogy a függőleges vékony kéregsebzések (pl. vésések) idővel szélesebbek lesznek, a vízszintesek azonban nem (1.2.-4. ábra). A kéreg színét epifita algák (zöldes árnyalatúra), mintázatát pedig kortikol zuzmók (foltosra) változtathatják.

Hazai vizsgálatok alapján Majer Antal öt kéregtípust különített el (Majer 1966): 1. tükörsima, 2. finoman repedezett, 3. mérsékelten repedezett, 4. erősen repedezett, 5. kőbükk (a német szakirodalom Steinbuche kifejezése alapján). A 2–4. kategóriák elkülönítése meglehetősen szubjektív, konkrét jellemzők megadása nélküliek, ezért alkalmazásuk problémás.

A csak ritkán előforduló úgynevezett kőbükköknél (cserepes bükköknél) túlsúlyban van a parasejt-képzés, ami aztán héjkéreggé fejlődik, s ez ezen egyedek esetében – a névadó Christiaan Hendrik Persoon (1761–1836) németalföldi botanikus és mikológus szerint – a kocsánytalan tölgy kérgéhez, valójában inkább a mézgás éger kérgéhez hasonló mintázatot vesz fel. A valódi kőbükköket (var. *quercoides* Pers.), amelyek sajátos kéregalakulása öröklődő tulajdonság, arról lehet felismerni, hogy nemcsak a törzs, hanem az ágak kérgé is végig egyenletesen, egyformán és mélyen repedezett (1.2.-5. ábra).



1.2.-4. ábra. A függőleges vésések a kerületi növekedés miatt évről évre szélesebbek lesznek, míg a vízszintesek nem (Fotó: Ormos Balázs)



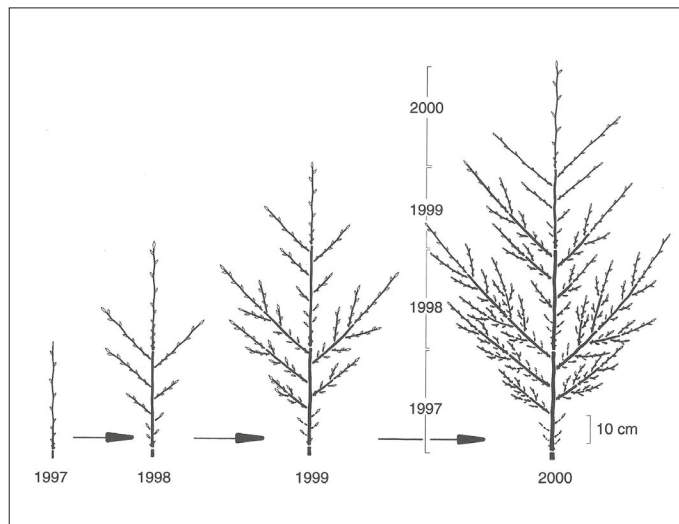
1.2.-5. ábra. Valódi kőbükk kérgé vízajtásokkal (Fotó: Maximilian Joemann)

Hazai megfigyelések alapján ezek az egyedek hajlamosabbak a fattyúhajtásképzésre, viszont a kéregaszásnak jobban ellenállnak (Majer 1966). Léteznek ún. patológiás kőbükkök is, amelyek valamilyen mértékben durván repedezett kérgét abiotikus környezeti tényezők (pl. szélsőségesen sekély termőhely, meredek oldal, nagy szélerősség, klimatikus extrémítások, napégés), mechanikai sérülések (pl. hántás), a törzs erőteljes másodlagos vastagodása révén létrejövő tangenciális feszültség, továbbá biotikus tényezők (pl. *Cryptococcus fagisuga*, *Neonectria* spp., *Ascodichaena rugosa* megtelepedése) okozhatják. Ebben az esetben a cserepes kéreg vagy a tő közeli részeken, vagy csak a törzs egyik oldalán jelentkezik, s mutatja, hogy a vitalitásvesztés és a kérgesedés között kapcsolat van. Egyébként a durvakérgű egyedeken jóval több kéreglakó élőlényt lehet találni, mint a simakérgűeken, ezért például biotópfának alkalmasabbak. A klímaváltozás ténye miatt várhatóan növekszik majd a valamilyen mértékben durvakérgű bükk egyedek aránya (Joemann 2020).

Korona

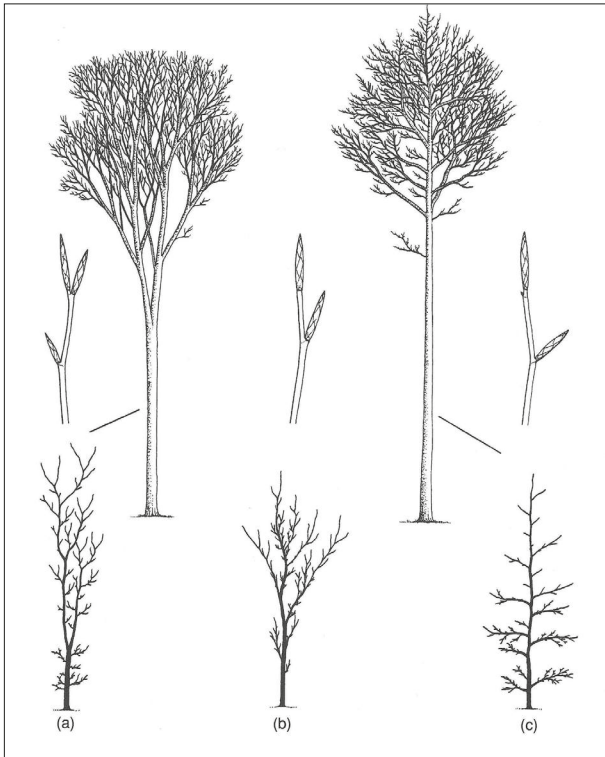
Több szerző (pl. Arnswaldt 1951; Krahl-Urban 1962; Hengst 1964) három **koronatípust** különít el ennél a fafajnál, amelyeket az öröklődő tulajdonságnak tartott, de a környezeti tényezők által is befolyásolt ághajlásszög (az ág tengelye és a törzs tengelye közötti szög) alapján különböztetnek meg. Általánosságban megfigyelhető, hogy a szabadon álló egyedeknél a fiatalabb ágak viszonylag meredeken fölfelé állnak, mivel a bükkök viszonylag mérsékelt apikális kontrollal rendelkeznek. (Apikális kontroll alatt azt értjük, amikor a vezérhajtás meggátolja az oldalhajtások felemelkedését.) A tipikus ághajlásszög – ha nincs gátló körülmény – a későbbi elágazások esetén ismétlődik (1.2.-6. ábra). Árnyékban álló egyedeknél az ághajlásszög nagyobb, mint a fényben állóknál. Az ág életkorának – és ezzel együtt súlyának – növekedésével az ághajlásszög is nő, idős egyedek alsó ágainál akár 90°-nál nagyobb is lehet. A közönséges bükk esetében a gyakorlati szempontból is fontos koronatípusok az alábbiak:

- sudaras törzsű típus – az el nem ágazó törzs többnyire a korona tetejéig jól ki-vehető, az ághajlásszög nagyobb, mint 65°, a törzsre és az ágakra való tagolódás határozott. (Az apikális kontroll itt erős, aminek következtében jön létre e típus.);
- seprőkoronájú típus – az ághajlásszög kisebb, mint 65°, ez a leggyakrabban megjelenő típus;
- villás elágazású típus – az ághajlásszög mindössze 10° körüli, a törzs és az ágak egyenrangúan ágaznak el, utóbbiak ismétlődő villás elágazást mutatnak, amelyek aztán jelentős koronanagyságot eredményeznek. (Az apikális kontroll itt gyenge, aminek következtében alakul ki e típus.)



1.2.-6. ábra. A vezérhajtás elágazása négy egymást követő év során. Az elágazás mintázata nagyon hasonló marad (Roloff 2001)

A fenti típusokat, már fiatal korban is fel lehet ismerni a csúcsrügy és a felső hónaljrügyek egymáshoz való helyzete alapján (1.2.-7. ábra), s az ápolások során ezek segítségével már előnyben lehet részesíteni a várhatóan kedvező törzsalkatot mutató egyedeket. Megjegyzendő, hogy a fenti koronatípusoknak egyébként nincs szerepe a magassági növekedésre és egyéb, a későbbiekben bemutatott jellemzőre nézve. Hazánkban Majer Antal a fenti három típuson kívül megkülönböztette még a csokorszerű ágelágazású és a határozat-



1.2.-7. ábra. A vezérhajtás csúcsrügének és az alatta lévő rendes rügének egymáshoz való helyzete alapvetően meghatározza az elágazásformát (a. villás elágazású típus, b. seprőkoronájú típus, c. sudaras törzsű típus) (Roloff 2001)

fordítva is igaz. Azaz a koronában a hajtáshossz (látható) csökkenése a gyökérzetben hasonló (nem látható) változásokkal jár. A koronában az asszimilálófelület csökkenése (pl. száraz időszak fellépte miatt) a talajfelszíntől lefelé haladva a gyökérmennyiség csökken, s ez valamennyi gyökérféleségre igaz (Asche et al. 1995).



1.2.-8. ábra. Villás elágazású koronatípus (Fotó: Ormos Balázs)

lan ágelágazású típusokat is (Majer 1966), melyek definícióját azonban nem adta meg. (A csokros típus akkor alakul ki, amikor a vezérhajtás 1) rendes csúcsrügye elpusztul, vagy 2) János-napi hajtásának csúcsrügye pusztul el, vagy 3) környezeti okok miatt rövid ízközű János-napi hajtások jönnek létre, lásd később.) Fialat egyedek villásodásának vizsgálata azt mutatta, hogy ahol sok villástörzsű anyafa volt, ott az újulatanban is nagy arányban voltak megtalálhatók az ilyen egyedek, továbbá a nem árnyalt részekén kétszer annyi villástörzsű egyed volt megfigyelhető, mint a jól árnyalt részekén (Bolvanský 1980–1981) (1.2.-8. ábra). Csemetekerti vizsgálatoknál a villástörzsűséget elsősorban a vezérhajtás pusztulása váltotta ki, amely a korai fagyoknak volt a következménye (Bolvanský 1980).

Érdekességképpen megemlítenő, hogy korábban több csemete összekötésével és elültetésével, szabad állásban nevelve, nagy koronájú fák létrejöttét érthették el, amelyeket legelőerdőkben vagy a kertépítészetben alkalmaztak.

A korona és a gyökérzet között szoros kapcsolat van, sem a koronafejlődésnél, sem a gyökér-korona kapcsolat esetében véletlenszerű jelenségek nem figyelhetők meg, az egész fa egy szabályozott rendszert alkot. A koronában bekövetkező változások maguk után vonják a gyökérzet változásait is, s ez

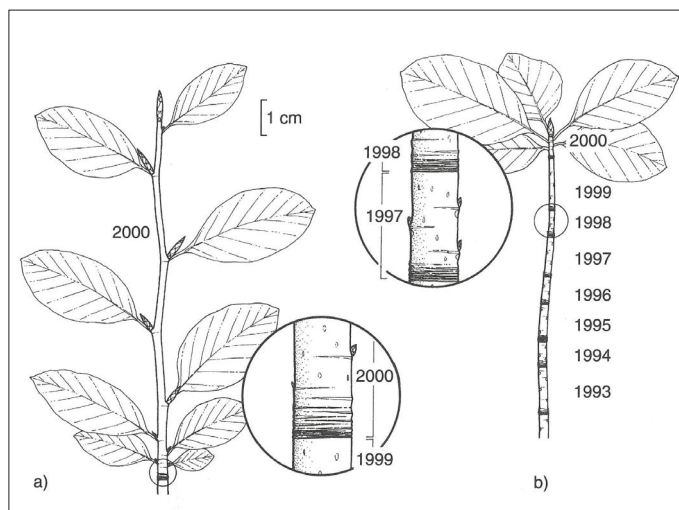
Meglepő módon viszont sem az életkor, sem a gyökérmélység, sem a termőhely nem gyakorol jelentős hatást a koronán belüli, valamint a korona és a gyökérzet közötti kapcsolatokra. Nem árnyékban növő egyedek esetében a gyökér- és hajtástömeg igen szoros kapcsolatban van, a gyökérhossz és a hajtáshossz között viszont már lazább a kapcsolat. A gyökértömeg és az össz-levélfelület között szignifikáns korreláció van, kevésbé szignifikáns a gyökérhossz és az össz-levélfelület közötti kapcsolat. A gyökértömeg és a hajtástömeg viszonyát fiatal korban 1:3 körülinek mérték, de az életkorral ez az érték változik.

A közönséges bükk meglehetősen plasztikus koronája megértéséhez a haj-

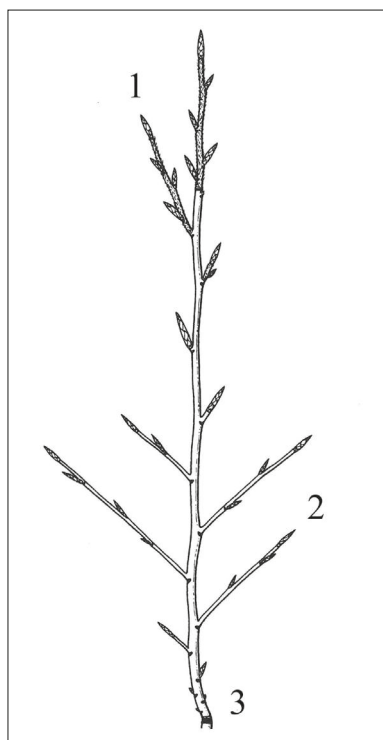
tástípusok és a hajtásképzések, az elágazás-rendszer felépítésének, a gally- és ágfeltisztulás módjának áttekintése szükséges.

E fajnál kétféle **rendes hajtástípus** lehet elkülöníteni (1.2.-9. ábra). A **rövidhajtás** csak csekély hossznövekedést mutat (néhány millimétert évente), az internódiuai ezért rövidek, 2–5 lomblevelet visel, s a csúcsrügyön kívül kizárólag alvórügyeket képez, viszont ebből következően a következő években nem ágazik el. A rövidhajtás legmagasabb életkora e fajnál 15 év, ami összefüggésben van a nagyfokú árnytűrésével. (Megjegyzendő, hogy más közép-európai lombos fafajoknál rövidebb ideig élnek a rövidhajtások.) Az akrotónia mellett a fényellátottság és az egyed kora befolyásolja a rövidhajtások arányát:

a fény mennyiség csökkenésével (pl. a koronabelső felé haladva) és az élekor növekedésével nő a számuk. Bizonyos rövidhajtásokból – ha van elég növőter és fény – hosszúhajtás keletkezhet. Ha az egymást követő években a rövidhajtás csúcsrügyéből évről-évre csak rövidhajtás keletkezik, akkor ún. rövidhajtás-lánc jön létre. Az életkoruk növekedésével ezek a rövidhajtás-láncok vihar vagy más mechanikai hatás következtében egyre könnyebben törnek le.



1.2.-9. ábra. Hosszúhajtás (a) és rövidhajtás-lánc (b) a jól kivehető hajtáshegekkel (Roloff 2001)



1.2.-10. ábra. Egyéves hajtástengely a felső szakaszon proleptikus (János-napi) hajtásokkal (1), az alsó szakaszon szil leptikus hajtásokkal (2) és a hajtásheggel (3)

A **hosszúhajtás** jelentősebb hossznövekedést mutat, néhány centiméternél hosszabb, és rendes hónalj-rügyeket is visel, aminek következtében a rákövetkező években elágazik. A hosszúhajtás átmehet rövidhajtásba, ami rendszerint akkor következik be, amikor a fényellátottság és a növőter kevesebb lesz. Elsősorban a hosszúhajtásokkal tudja az egyed a rendelkezésre álló légtér (növőteret) meghódítani. E faj esetében idősebb korban a levéltömeg mintegy 25%-a a hosszúhajtásokon fejlődik, míg a többi a rövidhajtásokon.

A bükknél mind a hosszúhajtás, mind a rövidhajtás esetében nagyon jól felismerhető az ún. hajtásheg, ami a hajtástengelyen – kis rovátkák formájában – a lehullott rüggypikkelyek hegeiből marad vissza. (Ez a hajtásheg minden más fafajhoz képest a bükk esetében nemcsak jól látható, hanem a sima és vékony kéreg miatt évtizedekre visszamenőleg követhető. Gyakorlatlanok kb. 10 évre, gyakorlottak akár 40 évre visszamenően is megtalálják a hajtáshegeket, így ennek segítségével a hossznövekedés jól tanulmányozható.) A két szomszédos hajtásheg közötti szakasz nem más, mint a rendes éves hossznövekmény, amelynek méretét például környezeti tényezőkkel, traumákkal lehet kapcsolatba hozni.

A fenti, rendes hajtásokon túl esetenként egyéb, **rendellenes hajtások** is meg lehet figyelni a közönséges bükknél (Roloff 1986). Elsősorban vitális, szabadállású, fiatal egyedeknél tapasztalható, hogy a vezérhajtáson ugyanabban az évben akár kétféle elágazás- és ezzel együtt hajtásforma is létrejöhet (1.2.-10. ábra). A hajtástengely alsó részén olyan ún. **szil leptikus hajtások** alakulhatnak ki, amelyek egyszerre jelennek meg a fő hajtástengellyel, anélkül, hogy egy valódi és látható rüggystádium előzné meg őket. Ezek a gyenge apikális kontroll eredményeként

létrejött szilleptikus hajtások könnyen megkülönböztethetők a többi hajtástól (a rendes és proleptikus hajtásoktól), mert itt a hajtásheg hiányzik. Általában a hajtás talpától számított 3–6. csomón jelennek meg a szilleptikus hajtások, amelyek hossza a vezérhajtás csúcsa felé csökken. Ezen hajtásoknak csak a megjelenésük évében van jelentősége az asszimilációs felület növelése révén, ugyanis a következő években fényhiány miatt rendszerint elpusztulnak. Ha a vezérhajtás valamilyen oknál fogva elpusztul, akkor egy szilleptikus hajtás átveheti a szerepét és ugyanolyan erős vezérhajtássá fejlődhet.

A **proleptikus hajtások** („János-napi hajtások”) azokból a (csúcs- vagy az alatti hónalj)rügyekből hajtanak ki, amelyek ugyanabban az évben többnyire már szinte teljesen kifejlődtek. Ezen rügyeknek van egy rövid (kb. 4 hétig tartó) „nyáreleji” rügynyugalma. A János-napi hajtások hajtáshege a rendes hajtásokéval ellentétben viszont gyenge, már a következő évben sem lehet őket felismerni, ezért itt a hajtáshossznövekedés mérése problémás lehet. Jellemző még a proleptikus hajtások tengelyére a szőrözöttség (szemben a rendes hajtásokkal, amelyek tengelyei már lekopaszodtak), valamint a nyáron is megmaradó pálhák, amelyek a rendes hajtások korán lehulló pálháihoz képest jóval rövidebbek és szélesebbek. A proleptikus hajtások levelei kihajtáskor sok esetben vöröslők, később viszont a rendes hajtások leveleihez képest világosabb zöldek és kerekdedebbek azokénál, szélük ép, továbbá nincs feltűnő levélcúcsuk sem. A hosszú ízközű proleptikus hajtások hónaljrügyei pedig kisebbek a rendes hajtásokéhoz képest. A proleptikus hajtások a rendes hajtásokkal ellentétben mindig ortotróp növekedésűek.

A bükk hajtásképzését bonyolítja, hogy a szilleptikus hajtások csúcsrügye még ugyanabban az évben kihajthat, és proleptikus (János-napi) hajtást hozhat, illetve a proleptikus (János-napi) hajtás középső és alsó részén szintén ugyanabban az évben szilleptikus elágazások jöhetnek létre.

A fentieknek megfelelően a közönséges bükk esetében ötféle hajtástípust lehet elkülöníteni: 1. rendes hajtások, 2. proleptikus (János-napi) hajtások a rendes hajtás csúcsán és annak közelében, 3. szilleptikus hajtások a rendes hajtás középső és alsó részén, 4. a rendes hajtáson kialakuló szilleptikus hajtások csúcsán létrejövő proleptikus (János-napi) hajtások, 5. a rendes hajtáson (főleg a csúcsrügyből) kialakult proleptikus (János-napi) hajtás középső és alsó részén létrejött szilleptikus hajtások (Gruber 1987). Ezen típusok révén a bükk koronájának felületén rendkívül változatos hajtásképzés és -növekedés figyelhető meg. E fafaj a bemutatott típusokkal és kombinálódásukkal könnyen tud a változásokra reagálni, így például levél- és gallyvesztés esetén, vagy a rendelkezésre nyíló tér gyors és tartós kihasználása céljából.

A bükk természetes újulatában és kiváltképpen csemetekertekben gyakran lehet a **vezérhajtás** rendelkezésére (pl. rügy- és hajtáshalmazódások, elhalt csúcsrügy) megfigyelni, amelyeket elhamarkodva biotikus vagy abiotikus károsításokkal szoktak kapcsolatba hozni. Ezen rendelkezések közös alapja az, hogy csak a János-napi hajtásokat viselő fákra és ennek következtében fiatal, nem árnyalt egyedeken jelentkeznek. Még ugyanabban az évben a csúcsrügy kihajt, de nem rendes, hosszú internódiómú másodhajtást (proleptikus, János-napi hajtást) hoz létre, hanem csak rövid ízközűt, amelyeken jól fejlett, a csúcsrügy nagyságát is elérő hónaljrügyek fejlődnek. A nagyon rövid ízközök miatt rügyhalmazódás lép fel, ami egyébként nem szokásos jelenség. Ha megmarad a csúcsrügy, akkor kevés rügypikkely borítja, amely miatt a benne lévő hajtáskezdemény nagyon érzékeny a kiszáradásra és a biotikus károsítókra, kórokozókra. Mivel a csúcsrügy gyakran elhal, ezért a következő tavasszal valamennyi halmazott rügy kihajt, s hajtáshalmazódás lép fel, amely a későbbiekben a törzs többszörös (csokros) elágazásához vezet (1.2.-11. ábra). Az árnyaló állományrész idő előtti eltávolítása, a korai felszabadítás gyakran vezet a bükknél proleptikus hajtásképzéshez, és a fenti jelenségek kialakulásához. Megfelelő kezelés esetén a természetes újulat mindig bizonyos fokú árnyalás alatt áll, csak később jut teljes megvilágításhoz, s ezalatt a visszafogott növekedése nem eredményez proleptikus hajtásképzést.

Egy százéves bükk egyed a koronájában elméletileg 99 **elágazásszinttel** rendelkezik, azonban ebből általában csak 8 van meg. Ez a tényleges elágazásszintszám a közép-európai fafajok esetében a legnagyobb érték, ami egyben magyarázza e fafaj nagyfokú árnytűrését is. Az elméletihez képest alacsonyabb tényleges elágazásszint a fényhiánnyal magyarázható: 1. csak a fénynek kitett rügyek hajtanak ki és 2. a kevés fényt kapó hajtások elpusztulnak. Az elágazás – a váltakozó rügyállás következményeként – közel vízszintes síkban

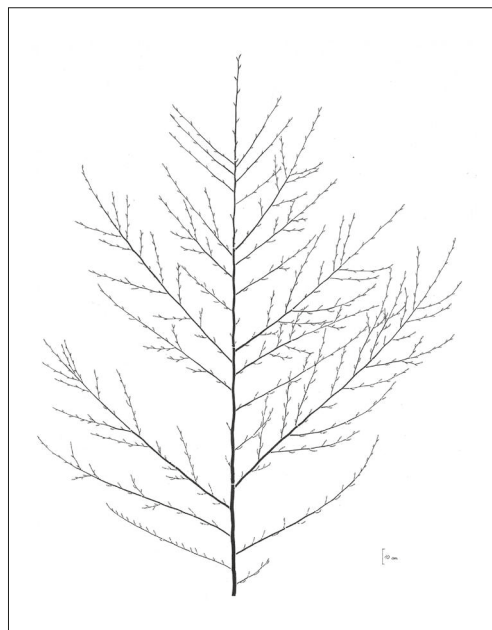
történik, ennek következtében a különböző szintű elágazások levelekkel együtt egy feltűnően zárt felületet képeznek, így a fotoszintézis fényigényéhez többnyire csak egy ágsík kap megfelelő mértékű besugárzást. A hosszú- és rövidhajtások esetében megfigyelhető az egyenlőtlen levelűség (anizofillia), ami az eltérő levelűség (heterofillia) egyik típusa. Azaz a hosszúhajtás esetében a hajtás talpától a csúcs felé haladva a levelek egyre kisebbek lesznek. (A monopodiálisan növekvő preformált (azaz a rügyben kialakult) hajtásra igaz ez, amely jelenség szintén igazolja, hogy a bükknek nem szimpodiális elágazásrendszere van.) A rövidhajtás esetében fordított az anizofillia, a csúcshoz legközelebb álló levél a legnagyobb, s lefelé haladva a levelek egyre kisebbek lesznek. Az anizofillia is hozzájárul a fény optimális kihasználásához. Különbséget lehet tenni fényhajtás és árnyék-hajtás között is, utóbbi finomabb felépítésű és zezgugosabb is. A bükk a lassan és fokozatosan változó fényviszonyokhoz plasztikusan tud alkalmazkodni, részben a fény- és árnyéklevelek, fény- és árnyék-hajtások, részben a hosszú- és rövidhajtások képzésével. Zárt állományban a korona alsó és belső részén árnyéklevelek, árnyék-hajtások képződnek. Ha a korona felső része kiritkul, például csekély elágazás, rövidhajtásképzés, ágtörések vagy koronarészek elhalása miatt, akkor ezeken a részeken az árnyéklevelek, árnyék-hajtások helyett fénylevelek, fényhajtások keletkeznek.



1.2.-11. ábra. Csokros elágazású egyed (Olaszfalu: Vüllő-hegy)
(Fotó: Tóth Sándor)

A koronalakulás szempontjából az elágazásrendszer mellett a **gally- és ágfeltisztulás** játszik fontos szerepet. A gally- és ágfeltisztulás a rövidhajtás-láncok leválásával kezdődik, amelyeket egy egészséges koronában nagy számban találunk meg. A rövidhajtás-láncok elsősorban a hajtástengelyen az alvórügyek felett és a belső, illetve alsó koronarészekben halmozódnak, ahol 15 évig is élhetnek. A korona csúcsi részében a rövidhajtás-láncok letörése (vagy elhalása) hamarabb, kb. 10 év múlva következik be. A rövidhajtás-láncok leválása a hajtástengelyen alulról fölfelé, belülről kifelé történik, s a végén csak az erős (felső) oldalelágazások maradnak meg, ami az akrotoniát, a csúcsközelebi elágazást eredményezi (1.2.-12. ábra). Az oldalhajtások hossza a hajtástengely csúcsa irányában (akropetálisan) nő. Ez annak köszönhető, hogy a növekedésgátlás éppen ellentétes irányban (bazipetálisan) nő, amit az apikális kontroll okoz és a csúcsi irányban növekvő fény mennyiség segíti. Az ágtisztulást a rövidhajtás-láncok, gallyak, ágak elhalása és gombatámadás mellett a szél is befolyásolja. Utóbbi az élő, de letörött gallyak igazolják, amelyeken még levél is van. (Ez azonban nem tévesztendő össze az ún. kladoptózással, amely 1–4 éves képletek (hajtások, gallyak, ágak) aktív levélasztása egy elválási zóna segítségével. Szárazság és/vagy fényhiány esetén lép fel a transzspirációs felület csökkentésére, ill. a már nem produktív képletek levélasztására. A kladoptózis a közönséges bükknél kimondottan ritka jelenség.)

A koronalakulás szempontjából az elágazásrendszer mellett a **gally- és ágfeltisztulás** játszik fontos szerepet. A gally- és ágfeltisztulás a rövidhajtás-láncok leválásával kezdődik, amelyeket egy egészséges koronában nagy számban találunk meg. A rövidhajtás-láncok elsősorban a hajtástengelyen az alvórügyek felett és a belső, illetve alsó koronarészekben halmozódnak, ahol 15 évig is élhetnek. A korona csúcsi részében a rövidhajtás-láncok letörése (vagy elhalása) hamarabb, kb. 10 év múlva következik be. A rövidhajtás-láncok leválása a hajtástengelyen alulról fölfelé, belülről kifelé történik, s a végén csak az erős (felső) oldalelágazások maradnak meg, ami az akrotoniát, a csúcsközelebi elágazást eredményezi (1.2.-12. ábra). Az oldalhajtások hossza a hajtástengely csúcsa irányában (akropetálisan) nő. Ez annak köszönhető, hogy a növekedésgátlás éppen ellentétes irányban (bazipetálisan) nő, amit az apikális kontroll okoz és a csúcsi irányban növekvő fény mennyiség segíti. Az ágtisztulást a rövidhajtás-láncok, gallyak, ágak elhalása és gombatámadás mellett a szél is befolyásolja. Utóbbi az élő, de letörött gallyak igazolják, amelyeken még levél is van. (Ez azonban nem tévesztendő össze az ún. kladoptózással, amely 1–4 éves képletek (hajtások, gallyak, ágak) aktív levélasztása egy elválási zóna segítségével. Szárazság és/vagy fényhiány esetén lép fel a transzspirációs felület csökkentésére, ill. a már nem produktív képletek levélasztására. A kladoptózis a közönséges bükknél kimondottan ritka jelenség.)



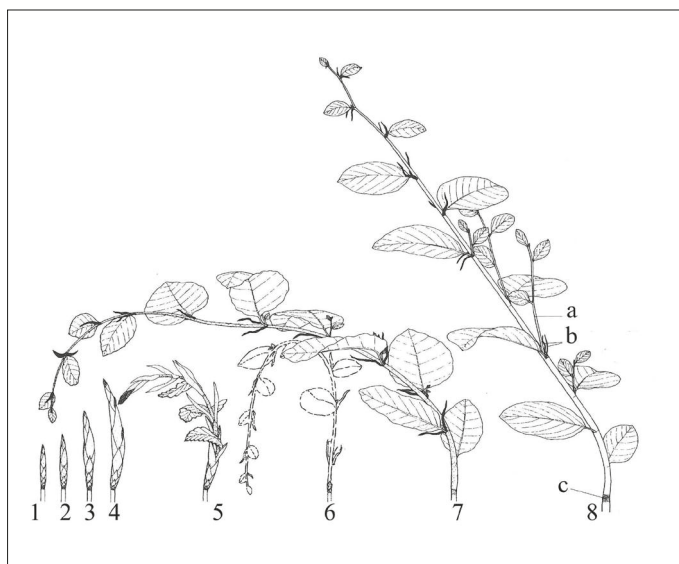
1.2.-12. ábra. Az akroton elágazás jól megfigyelhető egy öt éves vezérhajtáson
(Roloff 1986)

Az ún. **morfogenetikai ciklus**, amely a bükk rügyeinek kialakulásától annak kifésüléséig tart, majdnem két évet ölel fel. Először a rügypikkelyek jönnek létre a rügyfakadást megelőző év előtti év őszenek elején, amelyek fejlődése a téli nyugalom után folytatódik a következő év tavaszán. Ezen év májusától a fejlődő rügyben a levelek és a hónaljrügyek jönnek létre, amelyek kialakulása augusztus vége felé véget ér. A levelek hosszanti növekedése a rügyben egyébként ezután is tart egészen november közepe tájáig. A téli nyugalom után február végétől április közepéig megduzzadnak a rügyek, majd megtörténik azok kifésülése, amely után a hajtás növekedési szakasza következik május végéig, június elejéig. Tavasszal tehát azok a hajtáskezdemények nyúlnak meg, amelyek már az előző év őszeré kialakultak, s rügybe zárva teleltek át. Az éves hossznövekedés gyors, néhány (2–4) hét alatt végbemegy, s a hossznövekedés legkésőbb 4 hét után leáll, rendszerint május végére be is fejeződik. Az éves hajtástengelyen csak egy (és sohasem több) rendes növekedési szakasz különíthető el, amely határa jól felismerhető, s a vastagsági növekedés sem takarja el azt.

A bükk rendes évi **hajtásnövekedésére** az ún. kötött növekedés jellemző, mely során csak az előző év vége felé kialakult és a rendes rügyben áttelelt (preformált) hajtáskezdemény hajt ki és növekedik. Ez a növekedési forma az ún. *Quercus*-típus. Tovább növekedésre még abban az évben csak az esetleges proleptikus (János-napi) hajtásokkal képes a faj. Megjegyzendő, hogy nagyon ritkán fiatal fák esetében a szabad növekedés is előfordul, amikor – például a nyárákhoz és fűzekhez hasonlóan – a preformált hajtás csúcsa tovább növekszik szinte a vegetációs időszak végéig, s egy ún. neoformált hajtásrészt hoz létre.

Az éves hajtásnövekedés befejeztekor valamennyi azévi hajtás, beleértve a vezérhajtást is, vízszintes (plagiotrop) irányultságú. A jövőbeli vezérhajtást ekkor csak a hossza alapján lehet felismerni, amely az összes többi hajtásnál hosszabb. A vezérhajtás és a többi fényhajtás viszonylag rövid időn belül – még abban a vegetációs időszakban – felemelkedik, a vezérhajtás – kellő megvilágítás esetén – függőleges helyzetbe kerül (1.2.-13. ábra). A már felemelkedett fényhajtásoknál csak az alapjuknál íves tengelyszakasz utal a plagiotrop növekedésre. Az árnyékban nőtt egyedek vezérhajtása csak lassan, fokozatosan emelkedik fel, s végül többé-kevésbé ferde irányultságú lesz, ami évekig, évtizedekig megmarad, viszont növekvő fény mennyiség esetén a teljes függőleges helyzet is beállhat. Gyakran megfigyelhető, hogy az árnyékban nőtt egyedek észak felé hajlanak, ugyanis a délies irányból érkező fény mennyiséget a nagyobb térfélen a levelek egymás kisebb takarásával jobban tudják hasznosítani.

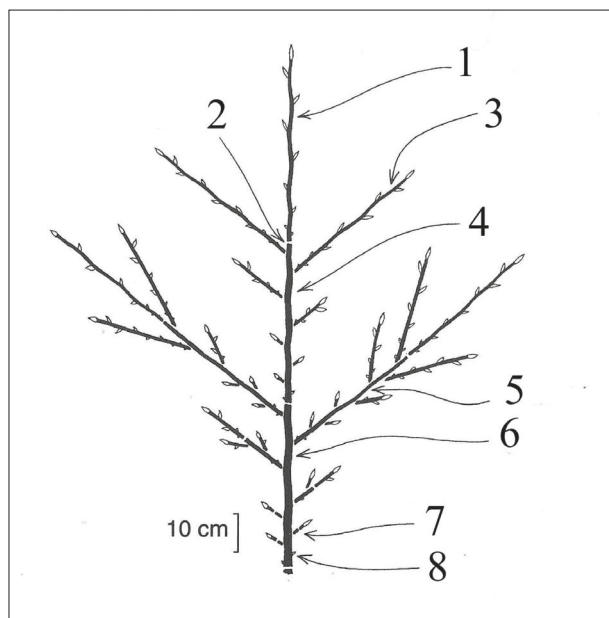
A hazánkban előforduló fafajoknál fellelhető 8 **architekturális típus** közül a bükk a Troll típusba tartozik (Bartha 2011), ahol minden hajtás (beleértve a vezérhajtást is) először vízszintesen (plagiotrop) növekszik, s majd csak később, másodlagosan emelkedik fel. (Ebbe a típusba soroltak még a *Carpinus*, *Celtis*, *Ostrya*, *Tilia*, *Ulmus* fajok is.) A hajtásfelemelkedés ideje egyébként az árnyalás függvénye: mélyárnyékban növekedő egyedek a vízszintesen irányuló ágak miatt évtizedekig ernyőszerű koronát fejlesztenek, teljes megvilágításban viszont a vezérhajtás felemelkedése már az első vegetációs időszakban bekövetkezik, ami jól mutatja a bükk flexibilis koronaszerveződését. E típusnak köszönhető a váltakozva két sorban álló levélhelyezkedés, valamint a hajtás színi és fonáki részre való (dorzi-ventrális) elkülönülése is (Pfisterer & Roloff 2010).



1.2.-13. ábra. Levélrügy fakadása és a vegetatív hajtás teljes kifejlődése, felemelkedése (Jelmagyarázat: 1. I.1., 2. III.27., 3. IV.23., 4. IV.27., 5. V.1., 6. V.10., 7. V.1., 8. VI.15.; a. szilleptikus hajtás, b. pálhalevelek részben lehullóban, c. hajtásheg) (Roloff 2001)

A közönséges bükk egyedfejlődése során az elágazásrendszer felépítésének változásával négy, egymástól elváló életszakaszt lehet megkülönböztetni. Ezek az alábbiak (Roloff 1989):

1. Kiteljesedési szakasz: Ebben az első stádiumban a csúcsrügy és a felső rendes hónalj-rügyek évről-évre hosszúhajtásokat fejlesztenek, a középső rendes hónalj-rügyekből rövidhajtások törnek elő, a legalsó, nagyon kicsi hónalj-rügyek nem hajtanak ki, hanem alvórügyként hosszabb ideig nyugalomban maradnak. Ennek az évről-évre megismétlődő akrotóniának köszönhetően egy emeletes felépítésű elágazásrendszer jön létre (1.2.-14. ábra). Életerős egyedeknél a vezérhajtás ily módon történő növekedése és elágazása évtizedekig megmarad, akár az egyed 150 éves koráig is fennállhat. Fiatal, nem túl sűrűn álló egyedeknél a vezérhajtáson kívül valamennyi felső oldalágon is ez az elágazás figyelhető meg. A hosszúhajtás hossza idős egyedek esetében is 10 cm fölött van.



1.2.-14. ábra. Egy hároméves elágazásrendszer felépítése (Jelmagyarázat: 1. vezérhajtás az X. évben, 2. hajtásheg, mely az X. év hajtástengelyét választja el az X-1. év hajtástengelyétől, 3. az X. évben keletkezett oldalhajtás, 4. az X-1. év vezérhajtásának tengelye, 5. az X-1. évben keletkezett oldalhajtás tengelye, 6. az X-2. év vezérhajtásának tengelye, 7. az X-1. évben keletkezett két éves rövidhajtás, 8. alvórügy) (Roloff 2001 után módosítva)

zük, akkor az egész korona pusztulása kezdődik meg. Kedvezőtlen statikai tulajdonságok (pl. levélhalmozódás a gyenge hajtások csúcsán) miatt a felső koronarészben a rövidhajtás-lánccok nem lesznek hosszú életűek. Az elhalás időpontját az egyre jobban erősödő biotikus és abiotikus tényezők befolyásolják, amely aztán gyengült ághoz vagy faegyedhez vezet. A pusztulási szakasz hosszát megadni nem lehet.

A fenti négy szakasz egyben vitalitási szakasz is, amelyeket a faegyed egészségi állapotának meghatározására is lehet használni. (Ezt részletesebben lásd a »7. A bükkösök erdővédelmi kérdései« fejezetben.)

Megújulás (reiteráció)

Stressz, sebzések és optimálisan kívüli termőhelyi feltételek váltják ki a közönséges büknél a reiterációt, ami egyetlen elágazásrendszerben (egy egyednél) az architekturális felépítés kiszámíthatatlan ismétlődésének felel meg. Ennek helye és ideje előre nem jósolható meg (Roloff 2001).

2. Hanyatlási szakasz: Ebben a stádiumban képez ugyan még a csúcsrügy évről-évre rövidebb hosszúhajtásokat, viszont az összes rendes hónalj-rügyből szinte kizárólag rövidhajtások és az alsó részen pedig alvórügyek képződnek. E szakasz jellemzője az elágazások számának csökkenése. Vitális, öreg bükkök esetében a vezérhajtásnál ez a szakasz 150 év után következik be, gyenge termőhelyeken viszont hamarabb. A rendelkezésre álló növényteret ez a koronaalakulás már nem tudja teljes mértékben kihasználni. A hosszúhajtás hossza idős egyedeknél 5–10 cm között van.

3. Pangási (stagnálási) szakasz: Ebben a stádiumban már a csúcsrügy is rövidhajtásokat kezd el képezni, tehát a vezérhajtás már nem ágazik el, mivel a rövidhajtások eleve el nem ágazók. A csekély rövidhajtáshossz miatt az ágak hosszú növekedése és a fa magassági növekedése gyakorlatilag stagnál. Ez a szakasz egy jelentős és tartós vitalitáscsökkenést mutat az ágaknál, vagy a vezérhajtás esetén az egész fánál. Elnyomott egyedek esetében az erős árnyalás miatt a vezérhajtásnál ez már korán jelentkezik, az oldalágak gyors ágtisztulása utal rá. Az éveken át tartó rövidhajtás-képződés rövidhajtás-lánchoz vezet. E szakasz hossza 5–10 év.

4. Pusztulási szakasz: Ebben az utolsó stádiumban az ágak elhalása, vagy ha a vezérhajtást néz-

Idősebb fák architektúrális felépítésének megértéséhez a reiteráció ismerete fontos, amelynek három kiindulópontja lehet: 1. alvórügyek (proventív rügyek) kihajtása, 2. járulékos (adventív) rügyek keletkezése és kihajtása, 3. oldalhajtások vízszintes (plagiotróp) növekedésből függőleges (ortotróp) növekedésbe való átírányulása. A bükk számos különböző, részben szokatlan mechanizmussal rendelkezik, hogy a környezeti hatásokra a reiteráció segítségével válaszoljon. Tapasztalati tény az is, hogy a környezeti hatásokra inkább a hajtáshossznövekedés-megváltozásával reagál, mintsem a reiteráció valamelyik típusával, amelyek nem gyakoriak, de e fajfaj flexibilitásához hozzájárulnak. Az alábbi reiteráció-típusokat lehet ennél a fajfajnál megkülönböztetni:

1. Elsősorban fiatal fákon jelentkező reiteráció típusok

a. A csúcsrügy, illetve a csúcsajtás elvesztése esetén a vezérhajtás pótlása

A traumatikus reiteráció egyik legismertebb típusa, elsősorban vadrágás hatására következik be. Ha a csúcsrügy tavasz előtt elpusztul, akkor a szerepét a felső hónalj-rügyek egyike fogja átvenni, mivel megszűnik az ún. apikális dominancia, azaz a csúcsrügy hormonális gátlása a rendes hónalj-rügyek kihajtására nézve. Ha viszont később pusztul el, akkor az ún. apikális kontroll hiányában egy szabályos oldalhajtás a vízszintes (plagiotróp) növekedéséből fog fölemelkedni és függőleges (ortotróp) növekedésű lenni. Ugyanez történik, ha a vezérhajtás hal el vagy törik le.

b. Árnyékban nevelkedett egyedek hajtásainak felemelkedése

Az adaptív reiteráció esete. Rügyfakadás után – mint fent részletezésre került – a hajtások vízszintesen (plagiotróp) növekszenek, s csak utána emelkednek fel, ez a bükk sajátos tulajdonsága (ami az architektúrális típusának következménye). Azonban, ha mélyárnyékban marad az egyed, akkor a hajtás megtartja a vízszintes vagy ferde irányú növekedését, s csak ha kellő megvilágítást kap, akkor fog viszonylag rövid idő alatt fölemelkedni. A korona felső részében ezek a felemelkedő oldalhajtások a vezérhajtásnak konkurenciát jelenthetnek, s önálló részkoronákat képezhetnek.

c. Proleptikus hajtások dominanciája a vezérhajtással szemben

Kétféleképpen jöhet létre: a proleptikus (János-napi) hajtások 1. a vezérhajtás hónalj-rügyeiből nem vízszintesen, hanem függőlegesen törnek elő, ill. 2. az oldalhajtások csúcsrügyéből törnek elő és emelkednek fel. A későbbiekben is függőlegesen (ortotróp) nőnek ezek a hajtások, s a vezérhajtásnak jelentenek konkurenciát. Túlzott fénybőséggel, teljes megvilágítással lehet magyarázni ezt az adaptív reiterációt, amely esetben a függőlegesen fölfelé törő hajtások levelei jobban tudják hasznosítani a fénymennyiséget, illetve a felső koronarész a rendelkezésre álló teret jobban ki tudja használni.

2. Elsősorban idős fákon jelentkező reiteráció típusok

a. Vízhajtás (fattyúhajtás) keletkezése

Idős fák szabad állásba kerülésével a már ágmentes törzsrész alvórügyei kihajthatanak, mely vízhajtások vagy vízszintes irányban nőnek, vagy függőlegesen fölfelé törnek, ami így részleges vagy teljes adaptív reiterációnak feleltethető meg. Érdekes módon hirtelen szabad állásba kerüléskor rendszerint nem hoz vízhajtásokat a bükk. Alvórügyei egyébként viszonylag rövid ideig, mintegy 20 éves korukig tartják meg életképességüket.

b. A koronabelsőben megnövekedett fénymennyiség által kiváltott reiteráció

Oka (fénytöbblet) és eredete (alvórügy) a vízhajtáshoz hasonló, de ebben az esetben nem a törzsön, hanem az idősebb ágakon jelennek meg hajtások. A kiváltó ok általában a korona felső részének ritkulása vagy nagyobb ágak letörése.

c. Oldalágak átírányulása

Öreg, szabadállásban található fák alsó oldalágai a vízszintes (plagiotróp) növekedésből átválthatnak függőleges (ortotróp) növekedésbe, ha már nem állnak a vezérhajtás apikális kontrollja alatt, s így a csúcsi részük fölfelé írányul.

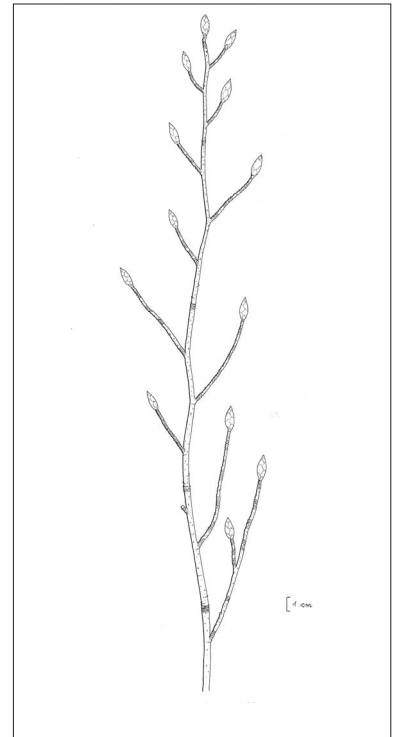
- d. Ágcsavarodás miatt bekövetkező reiteráció
Nagyon öreg, szabadállású egyedeknél ritkán fellépő jelenség. Kiváltó ok az, amikor az alsó, messze kinyúló ágakon az erősebb oldalágak letörnek. A súlypont áthelyeződése miatt a kinyúló ág mindaddig csavarodik, amíg néhány gyengébb oldalhajtás csúcsa fölfelé nem irányul. Ezek a következő években megerősödnek, s fölálló ágrendszerre szerveződnek.
 - e. Koronaperiférián jelentkező reiteráció
Idősebb, szabadállásban vagy sorban található egyedek oldalsó koronaperifériáján keletkeznek. A rendelkezésre álló szabad növénytér miatt néhány ág megerősödik, abba benő, amelynek aztán következményei részint alvórügyek kihajtása és részint felemelkedő hajtásvégek lesznek.
Megjegyzendő, hogy a b–e. esetekben a belső vagy külső koronaperiférián szabályos, felálló, „kis fácskák” jönnek létre.
 - f. Homlívány keletkezése
Öreg fák nagyon messze kinyúló alsó ágai súlyuknál fogva érintkezhetnek a talajfelszínnel, s a dörzsölés miatt a rákövetkező években meggyökeresedhetnek, a fejlődő hajtásaik pedig fölfelé irányulhatnak. Idővel az anyafa körül attól már független utódok állhatnak, amelyek eredetéről az ívesen hajlott alsó törzsrész árulkodik.
 - g. Gyökérsarj keletkezése
A talajfelszínhez közeli gyökereken – elsősorban sebzés hatására – járulékos rügyek jöhetnek létre, amelyekből sarjak törhetnek elő. (Részletesebben lásd az 1.4. fejezet »A bükk vegetatív szaporodása« alfejezetben.)
3. Kortól függetlenül jelentkező reiteráció típusok
- a. A törzs ferde állásából vagy meghajlásából származó reiteráció
Ha egy vihar vagy hónyomás ferdén megdönti a törzset, vagy a felső törzsrész a szomszédos fa koronába dőlése miatt meghajlik, akkor az új állásba került törzs fölfelé néző oldalán az alvórügyek kihajtanak, s fölálló hajtások sorozata fejlődik kb. egy vonalban (hárfához hasonlítható módon), amelyek vastagabb, függőleges irányultságú ágakká erősödhetnek meg. A hónyomás okozta eset gyakran megfigyelhető a bükk által alkotott erdőhatáron.
 - b. Tő- és tuskósarj keletkezése
A törzs eltávolítása után a visszamaradó törzsrész, illetve tuskó alvó- és járulékos rügyeiből törhetnek fel a tő- és tuskósarjak. A bükk tuskósarjai többségükben a kalluszban szerveződő járulékos rügyekből képződnek, esetenként a tuskó oldalán lévő alvórügyek is kihajtanak és tősarjakat hoznak létre. (Részletesebben lásd az 1.4. fejezet »A bükk vegetatív szaporodása« alfejezetben.)

Vegetatív morfológiai bélyegek

A **gallyak** már a második évben szürke színűek. A **vessző** szürkésbarna színű, fényes, számos kicsi, megnyúlt és világos paraszemölcsessel borított, a bél kicsiny. Rövidhajtásai a rügpikkely-ripacsoktól gyűrűsek. A kicsi, félkör alakú levélripacson 4–5 edénynyaláb-végződés látható, a hónaljriügyek a levélripacs felett oldalt állnak.

Levélrügyei orsó alakúak, megnyúltak, 2–3 cm hosszúak és kb. 3–5 mm szélesek, közepük táján a legszélesebbek. Számos (9–24 pár, átlagosan 13 pár) fedelékesen álló, négy függőleges sorba rendeződő rügpikkely védi a rügyet, a fahéjbarna rügpikkelyek a csúcsuk táján gyengén molyhosak és gyakran sötétebb színűek. A rügpikkelyek keskenylándzsásak, alapi részükön vörösesbarnák, a többi részen világosbarnák. Kívülről csak 9–11 rügpikkelypár látható, amelyek tövében a levélkezdemények hiányoznak vagy csak kezdetlegesek, átlagosan a 10. csomónál kezdődően, a már nem látható rügpikkelypárok tövében találhatók a jól fejlett levélkezdemények, melyekből aztán a lomblevelek kifejlődnek. A rügpikkelyek belső oldala és

a levélkezdemények erősen szőrösek, ezáltal jól védettek. Az árnyékban kialakult rügyek rövidebbek, vékonyabbak, kevesebb (6–10) és vékonyabb rügypikkelypárral, s átlagosan 3 levélkezdeménnyel bírnak, míg a fényben fejlődtek hosszabbak, vastagabbak, a rügypikkelypárszám elérheti akár a 24-et is, a rügypikkelyek vastagabbak, merevebbek és átlagosan 6 levélkezdeményük van. Többnyire a csúcsrügy a leghosszabb. Előfordul, hogy közvetlenül a csúcsrügy alatt lévő első hónaljrügy kicsiny, alig látható alvőrügynek szerveződik, de rendes rügy is lehet itt. Utóbbi eset maga után vonja a villás elágazást. A csúcsrügytől számított első rendes hónaljrügy közel olyan hosszú, mint a csúcsrügy, az ez alatti hónaljrügyek hossza aztán fokozatosan csökken. A levelek türemlése a rügyben redőzött (ún. plikatív), azaz a levéllemez az oldalerek mentén hosszanti irányban többszörösen, legyezőszerűen van összehajtogatva. A rügyben a levél- és rügykezdemények váltakozva két sorba rendeződnek. A **virágrügyek** (valójában vegyesrügyek) hasasabbak, zömökebbek a levélrügynél, s már júliusban jól megkülönböztethetők azoktól (1.2.-15. ábra). Hasasságuk a már nyár végére jól fejlett porzós virágzatoktól származik. A virágrügyek között gyakori az, amelyikben mindkét ivarú virágzat megtalálható (a levelek mellett) és az, amelyikben csak porzós virágzatok vannak (a levelek mellett). Elenyésző gyakorisággal az a típus is előfordul, amelyikben csak nővirágzat van (a levelek mellett). A levélrüggyek és a virágrüggyek aránya függ az életkortól, de a környezeti hatásoktól is. Ha a virágrüggyek kialakulásakor aszályos időszak következtében stresszelt állapot van, akkor több virágrügy keletkezik (Wachter 1964).



1.2.-15. ábra. Virágrüggyek a rövidhajtás-láncokon idős bükk egyednél (Roloff 1986)

A hosszúhajtások alsó csomóin **alvőrüggyek** (proventív rügyek) vannak, amelyek 0,5–1 mm hosszúak, átlagosan 6 pár rügypikkellyel fedettek, s bennük a levélkezdemények még fejletlenek. A későbbiekben a reiteráció során vízajtások (fattyúhajtások) vagy tórsarjak fejlődhetnek belőlük.

A kihajtó csúcsrügy lehulló rügypikkelyei a hajtáson gyűrű alakú heget hagynak hátra. Ezt a növekedés rekonstrukciójának elemzésekor lehet felhasználni, mert az éves hajtásszakaszok határait jól lehet érzékelni. A rügyek csaknem két éves fejlődési ciklus után április végén/május elején hajtanak ki. Jó növekedési feltételek mellett előfordul, hogy a csúcsrügyek és esetleg a közvetlenül alattuk lévő hónaljrüggyek idő előtt éretté válnak (ugyanabban a tenyészeti időszakban bennük szabályos hajtáskezdemények és hónaljrüggyek képződnek) és már nyáron úgynevezett proleptikus (János-napi) hajtásokat hoznak. Ha az időjárási viszonyok nyáron nem kedvezőek, akkor ezek a jól fejlett rügyek nyugalomban maradnak.

A hajtásrendszer differenciált, **hosszú- és rövidhajtásokra** tagolódik. Ha a csúcsi merisztéma jól fejlett és aktív, akkor a rügyből hosszúhajtás fejlődik. Ha gyengén fejlett és inaktív, akkor rövidhajtás keletkezik belőle (1.2.-16. ábra). A hosszúhajtás tengelye kihajtás után szőrös, majd lekopaszodik, a rügyek és a levelek váltakozó állásúak, azaz egy náduson egy levél és egy rügy ered, s a rügyek és a levelek a hajtáson két, egymással szem-



1.2.-16. ábra. Frissen fakadt rövidhajtások (Fotó: Bozsó Gyula)

közti sort alkotnak, ezért a hajtás, s különösen az árnyékban nőtt, zegzugos. Ez a zegzugosság azonban a rákövetkező években a hajtás megerősödésével eltűnik. Lombfakadás után a hajtás világoszöld és rugalmas, a megnyúlási szakasz május végéig/június elejéig tart. A hosszanti növekedés lezárulása után a hajtások fölfelé irányulnak, a hajtástengely lilásbarna színűre változik, majd elfásodik. A rövidhajtásokra a nagyon rövid internodiumok és a hónaljrügyek kifejlődésének hátráltatása jellemző. Ezek mindaddig nyugalomban maradnak, amíg a hajtáscsúcs meg nem sérül, vagy amíg a rövidhajtás hosszúhajtás szerűen tovább nem fejlődik (Felbermeier & Mosandl 2002).

A **levelek** elliptikusak vagy ritkábban tojásdadok, többnyire közepük táján a legszélesebbek, csúcsuk hegyes vagy gyengén és röviden kihegyesedő, válluk az ék alakútól a lekerekítettig változik, szélük az éptől a hullámoson (kanyargóson) át a gyengén fogasig terjedhet, élük hullámos és pillás. A levéllemez szárnyasan erezett, az erek párhuzamosak, az (5–)6–8(–9) oldalérpár apró fogakba futhat ki. Az oldalak már nem ágaznak el. Az erőteljes hosszúhajtások, sarjhajtások és vízajtások leveleinek széle rendszerint durvábban fogas, a János-napi hajtásoké viszont mindig ép. A levelek (5–)6–7(–10) cm hosszúak és (3–)4–5(–7) cm szélesek, a korona egészét tekintve kiegyenlített vízjáratúságú, üde termőhelyeken átlagosan nagyobbak, mint száraz termőhelyeken. A levéllemez felül fénylőbb, sötétebb zöld, fonáka kevésbé fénylő és világosabb. A fény- és árnyéklevélsajátosságokat már a rügyben is fel lehet ismerni (Eschrich et al. 1989). Az árnyéklevelek átlagosan 15–20%-kal nagyobbak, mint a fénylevelek. A levéllemez legnagyobb szélességének és hosszúságának aránya mind a fénylevelek, mind az árnyéklevelek esetében 62–67% közötti (Majner 1989). A **fénylevelek** kisebbek, vastagabbak, bőrszerűbbek, fényes felszínűek, kevesebb érpárszámúak, 2 vagy több paliszádparenchima rétegűek, míg az árnyéklevelek nagyobbak, vékonyabbak, mattabbak, több érpárral rendelkezők, egy paliszádparenchima rétegűek. A fénynek jól kitett hajtások tengelye egyébként pattanva törik, az árnyékban fejlődötteknél a hajtástengely nehezebben törhető el. Az árnyékajtások levelei határozottan egy síkba rendeződnek, a fényajtásoké nem mindig mutatnak ilyen szabályos elhelyezkedést. A korona északi és déli oldalán lévő fénylevelek között hasonló különbségek adódnak, mint az árnyék- és fénylevelek között. Magas záródás esetén az alacsonyabb záródáshoz képest a (hosszú- és rövid-)hajtásonkénti levélszám csökkenése, a levélméret növekedése és a szabályosabb levélhelyezkedés (levélmozaik) figyelhető meg, így a fény mennyiség jobban hasznosul.

A levélfonák különböző mértékben lehet szőrös. A szőrök a főéren és az érzugokban megmaradnak, a többi részről a lombzat kifejlődése során lekopnak. A sztómasűrűség átlagosan 12 db/cm², hosszuk 30 µm, szélességük 22 µm körüli. A levél mindkét felszínén a kutikularendszer és a viasz kristályok hiányoznak, ezért a levél belső állománya kevésbé védett (Kvaček & Walther 1991). A levélnyel (4–)7–10(–15) mm hosszú és szőrözött, hossza kevésbé függ a levéllemez hosszától. A pálhák keskenyek, megnyúltak, hártásak, vörösesbarnák, lombfakadáskor feltűnők, de hamar lehullók.

A levelek nagyfokú változatosságot mutatnak, a levél morfológiai bélyegei között alig van olyan, amelyet többé-kevésbé ne befolyásolna a koronán belüli elhelyezkedés (Bartha & Raisz 2004), amit a következő néhány példa is érzékeltet: 1) A sarjak és a fiatal egyedek levelei nagyobbak, mint az idősebbeké. 2) A levéllemez hosszát és szélességét, az oldalak számát nagymértékben befolyásolja a hajtás típusa, a hajtáson belüli helyzet (lásd a korábban említett anizofília jelenségét), az égtáj szerinti kitettség és a fény mennyisége, utóbbi következtében lehet fénylevelet és árnyéklevelet (átmenetekkel) megkülönböztetni. 3) A fényviszonyoktól független levéljellemező a levéllemez alakja, a hossz és a szélesség aránya, viszont a levélnyel hossza a fényviszonyoktól függ. Ennek következtében a levéllemez és a levélnyel hosszának aránya a korona eltérő magasságaiban, a hajtáson belüli különböző helyeken, a fény- és árnyékleveleken, valamint az eltérő kitettségeken más és más. 4) Az egymást követő évek során egyedül a levéllemez hosszának és a levélnyel hosszának aránya tekinthető állandónak. 5) A levéllemez szőrözöttsége az égtájjal mutat szoros kapcsolatot. Továbbá kimutatták, hogy 6) a tengerszint feletti magasság emelkedésével a levélnagyság, az érpárok száma és a levélnyelhossz csökken, s ez különösen a fénylevelek esetében szembetűnő (Adamidis et al. 2021).

Mivel a levél alaki bélyegeit az elhelyezkedés és a fénynek való kitettség többé-kevésbé befolyásolja, ezért mintavételnél erre mindenképpen ügyelni kell. A bélyegek majdnem mindegyike – feltehetően az időjárás és

egyéb külső körülmények hatására – szignifikáns változást mutat az évek során, ezért a levél taxonómiai vizsgálatokra való alkalmassága e fafajnál erősen megkérdőjelezhető (lásd részletesebben az 1.2. fejezet »A bükk nomenklatúrája és taxonómiája« alfejezetét).

Az őszi lombszíneződés kezdetben halványsárga, később narancsvöröstől vörösesbarnaig változik. Az elszíneződés általában a korona felső és külső részén jelentkezik először és befelé tart. Ha a levél elérte a bronzbarna színt, a legkisebb külső hatásra lehullik (Márkus 1965). A levelek egy része azonban már sárgán is lehullhat, különösen akkor, ha az időjárás szeles, csapadékos. Lombját későn, rendszerint csak az első fagyok után hullatja. Különösen fiatal egyedek főleg idősebb gallyain, ágain számos elszáradt levél maradhat fenn a fán a tél folyamán. Hasonló jelenség figyelhető meg a csemetéken, tő- és tuskósarjakon is (Moesz 1914).

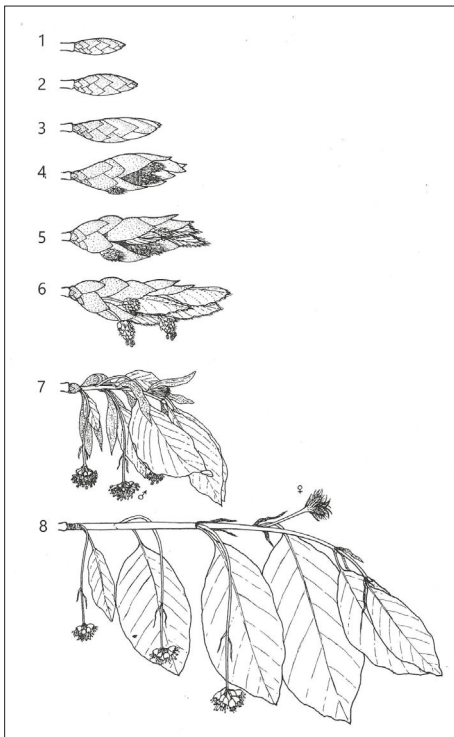
Generatív morfológiai bélyegek

Egylaki faj, mind a porzós, mind a termős virágzatai a generatív hajtások leveleinek hónaljából erednek, azok fakadásával egyidőben jelennek meg, a virágzás a tavaszi hajtásmegnyúlással egyidőben történik (1.2.-17. ábra). A virágzatok elsősorban a fénykoronában szerveződnek. A rövidebb generatív hajtásokon többnyire csak porzós virágzatok vannak az alsó levelek hónaljában, míg a hosszabb generatív hajtásokon ezeken túl a felső levelek hónaljában egy vagy ritkábban két termős virágzat is található. A porzós virágzatok száma (1–)3–4(–6), a leveleké pedig (3–)4(–6) (Márkus & Mátyás 1966).

Proterandrikus faj, azaz a porzós virágok hamarabb nyílnak, mint a termősök. A virágkezdemények kialakulása a levélkezdemények kialakulásával együtt az előző év vegetációs időszakában megy végbe (lásd még az 1.4. fejezet »A bükk szaporodásbiológiája« alfejezetét). A rügyben a porzós virágzatokat már júliusban, a termős virágzatokat csak novemberben lehet azonosítani.

A porzós virágok dicháziális (kettős bog, azaz 3-tagú) részvirágzatokban vannak, melyek többesével fejcske virágzatba egyesülnek. Ezek 4–5 cm hosszú nem merev tengelyen csüngenek, a tengely közepe táján két megnyúlt murvalevél van. A porzós virág ivartáját (5–)6(–7) fehér és bozontosan szőrös, összeforrt, 4–5 mm hosszú sárgásfehér lepellevél védi, melyek csúcsa esetenként világosbarna színű. Egy-egy virágban (4–)8–12(–15) porzó van, a porzósálak kb. 10 mm hosszúak, fehérek, a virágtakaróból kilógnak, a portok sárga. A pollen gömbölyded és trikolporát, azaz három, pórusról pórusra futó redővel ellátott. A pollen 36–42 µm, súlya 37 ng körüli és átlagos ülepedésgyorsasága 5,5–6,0 cm/s. Egy porzós virág átlagosan 175 ezer pollent termel.

A termős virágok kétvirágú dicháziumban találhatóak, ugyanis a *Fagaceae* családra jellemző kettős bog középső virága a *Fagus* nemzetség termős virágzata esetében a törzsfajlás során abortálódott (Brett 1964). A termős virágzatok fel- vagy többnyire elállnak, a rövid, 1–2 cm hosszú tengely merev, rányomottan szőrös, s a virágzatot zöldes, szálkás-szőrös kupacs veszi körül. (Manapság úgy vélik, hogy a négy kupacsrészt a virágzat magasabb szerveződésű steril tengelyének kell tekinteni, amelyek párosával az egyik vagy másik virághoz tartoznak. Ezt bizonyítja az is, hogy a fiatal kupacs alatt 4 megnyúlt, vöröses, hártás murvalevél van.) A kupacsból csak a két nővirág háromkaréjú, sárgászöld, majd vöröslő bibéi és a bibék tövével lévő szőrös, ecetszerű lepelfogai látszanak ki. A virágnak (4–)6 szőrös, összeforrt lepellevele van, a bibesálak kb. 4 mm hosszúak, megnyúltak, elvékonyodók és



1.2.-17. ábra. Virágrügy fakadása és a generatív hajtás teljes kifejlődése (Jelmagyarázat: 1. I.1., 2. II.15., 3. III.27., 4. IV.16., 5. IV.18., 6. IV.23., 7. IV.27., 8. V.7.; ♂ = porzós virágzat, ♀ = termős virágzat) (Rolloff 1986)

ívesek, a bibe elhajló, az alsó állású, cönokarp (azaz összenőtt termőlevelű), háromoldalú és háromrekeszű magház rekeszenként 2–2 anatóp (visszafordult helyzetű) és csüngő magkezdeményt visel. Elvirágzás után az 1,5–2,5 cm nagy kupacs bezáródik és elfásodik. A kupacsfüggelékek merevek, ár alakúak, 2–5 mm hosszúak, elállóak vagy visszahajlók, kezdetben zöldesek, majd hamar vöröses színűek lesznek, finoman szőrösök, termésérés közben megbarnulnak.

A beporzás május eleje és közepe között történik meg, a pollen csírázásától a megtermékenyítésig 2–3 hét telik el. Kezdetben csak a kupacs és a termés fejlődik, s csak június vége felé kezd a 6 magkezdeményből egy maggá fejlődni. A kupacs és a makkok már júniusban elérik végleges nagyságukat (1.2.-18. ábra), de az embrió ekkor még csak kb. 1 mm nagy. A tényleges érési folyamat csak augusztusban kezdődik és 6–8 hétig tart, a termés október elejére érik be (1.2.-19. ábra).



1.2.-18. ábra. Érésfélben lévő termések
(Fotó: Csóka György)



1.2.-19. ábra. Kovadt kupacsok az érett makkokkal
(Fotó: Bozsó Gyula)

A fénylő gesztenyebarna, kissé szárnyasan háromélű, hegyes csúcsú, a csúcsi részen szőrös, endospermium (táplálósövet) nélküli, éréskor 15–20 mm hosszú és 9–11 mm széles makkok kettésével (ritkán hármásával) találhatóak a kupacsban, amely éréskor négy kopáccsal kovad. A köldök háromszög alakú, a makk csúcsán a bibeszálmaradványok láthatók. A maghéj vékony és barna, a mag egy szőrös fonálszerű képletet visel, ami az egykori magháznak a középső oszlopa. Mindkét húsos, olaj tartalék tápanyagtartalmú sziklevel telervényesen össze van hajtva. A gyököcske közelében még felismerhetők az elhalt magkezdemények elszáradt maradványai.

A termések októberben hullanak, a kupacs a makkok kihullása után még egy ideig a fán marad. Víz-tartalmuk erre az időszakra 20–55%, később 25–35% között van. Az ezermagtömeg a víztartalom függvényében 190–220 g, a csírázási erély 70–100% közötti. Csírázásgátló anyagok röviddel a teljes érés előtt felhalmozódnak és a következő év tavaszáig hátráltatják a csírázást. Magtermő korát szabad állásban 40–50 éves, állományban 50–80 éves kora körül éri el.

Epigei csírázású (1.2.-20. ábra), nagy és veselakú, ülő, vastag, bőrszerű, felül fénylő élénkzöld, alul szürkésfehér, szélén hullámos sziklevelei vannak. A csíranövény első levelei nem különböznek a későbbi levelektől, de szélük többnyire fogazott. A sziklevelek és az első lomblevélpár a későbbi levelektől eltérően keresztben átellenesen állnak, a harmadik (rendes) lomblevél 90 fokkal elfordul a levélpárhoz képest, s az egyik sziklevéllal lesz egy vonalban (1.2.-21. ábra). A sziklevelek hónaljában két rügykezdemény van, amelyek proventív rügyként viselkednek, ha az epikotil rész megsérül. Az első évben a csíranövény még ortotróp növekedésű, de a rákövetkező és az azt követő valamennyi évben a hajtástengely már plagiotróp növekedésű lesz (Packham et al. 2012).



1.2.-20. ábra. Epigei csírázás, a makkhéj levetése és a sziklevelek bezöldülése folyamatban van (Fotó: Ficzeré Mónika)



1.2.-21. ábra. Csíracsemete a két jellegzetes sziklevéllel, az első pár lomblevéllel és a közöttük lévő hajtáskezdeménnyel (Fotó: Csóka György)

A bükk fiziológiája a változó klíma tükrében

Mészáros Ilona

A bükk alkalmazkodóképessége és korlátai

A bükk lassan növekvő faj, de ugyanakkor az életkora elérheti a 400 évet is, ezért elsődleges fontosságú számára az alkalmazkodási képesség megőrzése, amit a funkcionális tulajdonságok és fiziológiai folyamatok megváltozása tesz lehetővé. A bükk növekedését leginkább korlátozó tényező a nyári csapadék és a felvehető talajnedvesség, különösen akkor, ha az hőszélességgel társul. F fiatal csemetékkel végzett laboratóriumi és szabadföldi vizsgálatok arra is felhívják a figyelmet, hogy a bükk növekedése érzékeny a légköri szárazságra is (Leuschner 2022).

Bár a bükk árnyéktűrő faj, de képes a jelentősen megváltozott fényklímához és szárazabb feltételekhez is alkalmazkodni, ami jelentős fenotípusos plaszticitására utal. Egy hazai szubmontán bükkösben végzett vizsgálatok során Mészáros és munkatársai (1995, 2002) kimutatták, hogy a tarvágást követően a bükk csemeték a tarvágás feltételeihez a fotoszintézis intenzitásának és a belső vízhasznosítási értéknek többszörösre emelésével alkalmazkodtak. Plasztikus viselkedését a vízfelhasználási stratégiája is igazolja. A bükköt a csapadékos atlanti klímában anizohidrikus viselkedésű (vízpazarló) fajként írták le, mivel a levél vízpotenciálja nagy nappali amplitúdóval változik és a sztómás transzspirációját gyengén szabályozza (Martinez-Vilalta & Garcia-Forner 2017; Leuschner et al. 2022).

Az utóbbi években folytatott élettani és genetikai vizsgálatok megerősítették, hogy a bükk a vízfelhasználási stratégiájának változtatásával képes nemcsak fenotípusosan, hanem genetikailag is alkalmazkodni a termőhelyi körülmények változásához. Száraz termőhelyekhez alkalmazkodva a bükk inkább víztakarékos (izohidrikus) viselkedést mutat, a leveleiben a víztartalom és a vízpotenciál viszonylag szűk tartományon belül változik, és erősebb sztómásintéssel szabályozással csökkenti a transzspirációt (Leuschner et al. 2022). Az átlagos levélméret szárazabb klímájú termőhelyen akár 40%-kal nagyobb lehet, mint csapadékos környezetben.

A bükk sokrétű alkalmazkodási potenciálját azok az evolúciósan kialakult élettani folyamatok teremtik meg, amelyeket ez a fejezet ismertet. Minden jelentősége dacára, a fenotípusos plaszticitás és a genetikai alkalmazkodás csak az élettanilag lehetséges keretek között, és a versengő fajok által szabadon hagyott ökológiai térben működőképes, és jelöli ki azokat a feltételeket, amelyek a bükk szerepét és jelenlétét határozzák meg a hazai erdőtársulásokban. Ezeket a feltételeket az 1.3. főfejezetben »A társulásképeség ökofiziológiai háttere« alfejezet mutatja be.

A bükk lombkoronája és a levelek funkcionális tulajdonságai

A bükk víz- és szén-háztartásában és produktívitasában meghatározó szerepe van a lombkoronának, hiszen felületet biztosít a gázcserenek, a fényabszorpciónak és itt játszódnak le a transzspiráció, a CO₂-asszimiláció és a szerves anyagok képződésének a folyamatai.

A lombkorona kvantitatív jellemzésére használt levélfelület index (*LAI*, leaf area index) a fák életkorával növekszik és az adott termőhelyi feltételek között elérhető maximumot (LAI_{max}) követően viszonylag állandó szinten marad. Összevetve a többi lombhullató európai fafajjal, a bükk idős állományaiban nagyobb a LAI_{max} , és igen széles tartományon belül (4,5–9,5) változik az állományszerkezettől, a klimatikus és edafikus tényezőktől függően (Leuschner 2020).

Bequet és munkatársai (2011) szerint a vegetációs időszak alatt a bükkösökben a *LAI* ún. trapéz alakú időbeli mintázat szerint változik, amelyben három szakasz különíthető el: 1) tavasszal a rügyfakadást követően intenzív a *LAI* növekedés, ami általában május elejétől július közepéig tart; 2) nyáron kvázi állandó a *LAI* maximum; 3) ősszel pedig csökken. A maximális *LAI* és annak az évek közötti variabilitása szempontjából a legkritikusabbak az első időszakban uralkodó sugárzási, csapadék és talajnedvesség feltételek (Bequet et al. 2011). A bükk a kora tavaszi – kora nyári időszakban fellépő vízhiányra a levélnövekedési ráta csökkenéssel reagál, így ugyanazon évben csak kisebb LAI_{max} -ot képes létrehozni. Ezzel szemben kiugróan magas LAI_{max} várható azokban az években, amikor a tavaszi – kora nyári időszak szélsőségesen csapadékos. Amennyiben a tenyészidőszak további részében aszály lép fel, a magas *LAI* kedvezőtlenül hat a bükk vízháztartására, mivel rontja a transzspirációs vízvesztés és a vízellátás közötti egyensúlyt (Leuschner 2020). A bükk az extrém nyári aszályokra a levelek korai, szenescencia (előregedés) előtti lehullásával, és ezzel összefüggően LAI_{max} csökkenéssel reagál. A levélvesztés annak ellenére, hogy csökkenti a transzspirációs felületet, nem a fák védekező mechanizmusa, hanem a szárazsággal összefüggésben kialakuló vízszállítási zavarok a következménye. A vízhiány miatt az ágakban a xilém edényeiben megszakad a vízoszlop (kavitáció) és légbuborékok képződnek (embolizáció), ezáltal drasztikusan csökken a xilém hidraulikus konduktanciája és megszűnik a vízszállítás a levelekbe. Az embolizáció még a következő évben is érezteti a hatását, az aszályos évben lombvesztett bükkfák nagy részénél a lombkorona nem regenerálódik (Schuldt et al. 2020). Ezen kívül megfigyelték azt is, hogy a nyári időszakban fellépő szárazság negatív hatással van a következő évben a LAI_{max} -ra, amit azzal magyaráznak, hogy a vízhiány miatt kevesebb levél- és hajtáskezdemény képződik, aminek következtében a következő évi levélfelület csökken (Leuschner 2020).

A lombkorona-térben, alacsonyabb magasságban jelentősen változnak a mikrokörnyezeti feltételek. A *LAI* növekedésével a fény (intenzitás és spektrum), a relatív páratartalom és a hőmérséklet vertikális grádiensei egyre meredekebbek, amihez a levelek morfológiai/anatómiai és biokémiai/fiziológiai tulajdonságai változásával képes alkalmazkodni.

A levéltulajdonságok legerősebb befolyásoló tényezője a fény. A lombkorona felső/külső, nagy besugárzásnak kitett részén és viszonylag szárazabb környezetben fejlődő ún. fénylevelektől a lombkorona alsó részén és belsejében fejlődő ún. árnyéklevelek irányában növekszik a levélméret (LA cm²), a specifikus levélfelület (SLA dm² g⁻¹ sz.a.) és csökken a levél egységnyi területére vonatkoztatott szárazanyag (sz.a.), vagyis a specifikus levéltömeg (LMA g (sz.a.) dm⁻²). A fényszintben magasabb *LMA* értékek a nagyobb levélvastagságot tükrözik.

A vastagabb fénylevelekben alacsonyabb a víztartalom, a szárazanyagra vonatkoztatott össz-klorofill- és összkarotinoid-tartalom és a klorofill a/b arány, és magasabb a karotinoid/klorofill (car/chl) arány, mint a vékonyabb árnyéklevelekben. A fénylevelekben a nagyobb karotinoid-készletnek fontos fényvédő szerepe van (Lichtenthaler 2007; Scartazza et al. 2016). Az árnyéklevelek a hatékonyabb fotokémiai reakciók érdekében a levél nitrogén-tartalmának nagyobb hányadát allokalják a fénybegyűjtésben és az elektron-transzportban szerepet játszó fehérjékre, mint a fénylevelek, amelyek a nitrogént nagyobb mértékben használják fel a fotoszintézis biokémiai reakcióiban résztvevő enzim-fehérjék, főként a Rubisco (ribulóz-1,5-biszfoszfát-karboxiláz-oxigenáz enzim) szintéziséhez. Ezzel függ össze az is, hogy az árnyéklevelekben a fotorendszerben nagyobb a fényelnyelésben résztvevő pigment-proteinkomplexeknek a reakcióközpontra eső mennyisége (Lichtenthaler et al. 2007).

A bükk fényleveleinek magasabb a fényteltési CO_2 -asszimilációs rátája, mint az árnyékleveleké, ami a nagyobb Rubisco enzim-tartalommal és a sztómás vezetőképességgel (sztómakonduktanciával, g_s) magyarázható. Az árnyéklevelek viszont hatékonyabban képesek hasznosítani az alacsony fényintenzitásokat (Scartazza et al. 2016). Az árnyéklevelek szerepe nagyobb a felhős napokon, valamint forró, napsütéses időjárási körülmények között, amikor a fénylevelek sztómakonduktanciája, CO_2 -felvétele és fényhasznosítási hatékonysága csökken. Ilyenkor az árnyéklevelek a lombkorona teljes CO_2 -asszimilációjában, mintegy pufferként, nagyobb részarányal vesznek részt. Gyakran megfigyelhető, hogy az idős bükkfák lombkoronájának a legfelső vékony levlérrétegében a levelek morfológiai tulajdonságai különböznek a többi fénylevélhez képest: aprók, vastagok, meredek szögben állnak, erősen csökkent fotoszintézis kapacitással rendelkeznek és gyakran már nyár közepétől funkcionálisan előregednek. Úgy tűnik, a bükk számára ez bevált morfológiai stratégia, a lejjebb elhelyezkedő, funkcionálisan fontos fénylevelek számára a túlzott besugárzás hatásainak az elkerülésére, amikor egy védőpajzsként működő levlérréteg képződik (Leuschner 2020). Különösen fontos szerepet kap ez a morfológiai védelem szárazság és hőstressz felléptekor, amikor a tipikus fénylevelekben a fényvédelemben szerepet játszó folyamatok kapacitása kimerül. Scartazza és munkatársai (2016) kimutatták, hogy a bükk lombkoronájában a levéltulajdonságokban a fény és árnyékszint közötti különbség átlagosan 40–70%-os.

A bükk számára a levéltulajdonságok plaszticitása elsődleges fontosságú a szárazsághoz való alkalmazkodásban, mivel ezekhez szorosan kapcsolatos a produktivitást meghatározó legkritikusabb biokémiai és élettani folyamatoknak a módosulása. A bükk a talaj vízdeficitre a túlzott dehidráció elkerülése érdekében a levélméretnek és specifikus levlérfelületnek (SLA) a csökkenésével reagál és növeli a specifikus levlérméretet, a levlérhálózat denzitását és a levél hidraulikus rezisztenciáját (Niinemets & Valladares 2006):

A levél vízállapot változásai

A bükk lombkoronájában a levelek vízállapotának a jellemzésére használt levlévízpotenciál ($\Psi_l - psz_l$) időben és térben egyaránt nagymértékben változik. Napi szinten a levlévízpotenciál negatív korrelációban változik a fényintenzitással, a hőmérséklettel és a levegő vízgőz telítettségi hiányával: hajnaltól körülbelül délig csökken, majd estig növekszik és éjszaka maximális értéket ér el. A levlévízpotenciál napi változásának az amplitúdója indikátor értékű, és általában szoros összefüggést mutat a levél vízviszonyokat befolyásoló transzspirációs vízvesztéssel, a sztómakonduktanciával és a talajvízellátottsági feltételekkel. A bükk a törzsben és az ágakban tárolt víz segítségével képes a levlévízpotenciál ingadozását csökkenteni oly módon, hogy a tároló szövetekből a víz egy részét kivonja és transzspirációra fordítja. Betsch és munkatársai megfigyelték, hogy súlyos aszály idején, amikor 37 éves bükkfák esetében nagymértékben csökkent a gyökerek vízfelvétele (a 2003. évi súlyos aszálykor), az ezekből a vízraktárakból származó víz 67%-kal járult hozzá a napi vízfelhasználáshoz (Betsch et al. 2011).

A bükk esetében a levlévízpotenciál napi minimuma (Ψ_{min}) viszonylag alacsony és a talaj vízhiány erősödésével a csökkenését figyelték meg, így átlagosan -1,9 és -2,4 MPa közötti intervallumban mozog. Úgy tűnik, hogy a vízpoteenciál minimum plaszticitása fontos a bükk szárazsághoz való alkalmazkodásában, a

faj képes tolerálni az alacsony vízpotenciál minimumokat irreverzibilis fiziológiai és növekedési változások megjelenése nélkül (Leuschner 2020). Ezt erősítik meg azok a vizsgálatok is, amelyek során a bükk elterjedési területén belül a vízpotenciál minimum variabilitását mutatták ki. A nedvesebb közép- és nyugat-európai helyszíneken a Ψ_{min} magasabb (átlagban -2 MPa körüli), míg a száraz, meleg dél-európai termőhelyeken, extrém alacsony, akár -3 MPa alatti értékeket is elérhet (Leuschner et al. 2022). Kedvező talajvízellátási feltételek között a bükk levelei éjszaka a vízfelvétel során rehidrálódnak, egyfajta kiegyenlítődés játszódik le a levél és a talaj között, és hajnalban a levélvízpotenciál (Ψ_{pd}) magas, a talajvízpotenciállal (Ψ) megegyező értéket ér el. Szárazság- és hőstressz idején a bükk leveleinek a hajnali vízpotenciálja (Ψ_{pd}) csökken, mivel az éjszakai periódusban csak részlegesen képesek rehidrálódni. Megfigyelték, hogy hasonló körülmények között a bükk leveleinek a hajnali levélvízpotenciálja (Ψ_{pd}) alacsonyabb, mint a kocsánytalan tölgyé (Aranda et al. 2000). A súlyosan aszályos időszakokban a lombvesztési tüneteket mutató idős bükkfák leveleiben a Ψ_{pd} -3 MPa-nál alacsonyabb. Az idős fákhoz képest a bükk csemeték esetében sokkal gyakoribbak a nagyon alacsony Ψ_{pd} értékek (pl. Nguyen et al. 2017).

A bükk (és bükk származások) szárazságtoleranciájának a megítéléséhez megbízhatóbb funkcionális tulajdonság a levelekre a teljes turgor-vesztési állapotban jellemző vízpotenciál (Ψ_{ip}), mint a Ψ_{min} . A többi fafajhoz viszonyítva, a bükk esetében a Ψ_{ip} is alacsony, kedvező talajvízellátottságnál átlagosan $-2,5$ MPa körüli érték. A bükk a nyári szárazságra átlagosan $-0,2$ és $-0,5$ MPa közötti Ψ_{ip} csökkenéssel reagál, de nagyon száraz körülmények között ennél nagyobb csökkenést ($\sim -0,85$ MPa) is mértek (pl. Tomasella et al. 2019). Kimutatták, hogy a bükk a Ψ_{ip} szezonális csökkenését főleg a sejtfalak rugalmasságának megváltoztatásával éri el (pl. lignin felhalmozás révén), és az ozmotikumoknak ebben csak nagyon száraz körülmények között van szerepe. Extrém száraz körülmények között a bükk leveleiben a Ψ_{min} megközelíti a Ψ_{ip} értékét, és ezzel növekszik a vízhiány által kiváltott irreverzibilis fiziológiai zavarok megjelenésének a kockázata, amit a faj sztómazáródással képes elkerülni (Leuschner 2020).

A sztómaválaszok és a gázcseré, valamint összefüggéseik a szárazságstressz alatt

A vízfelhasználás szabályozása szempontjából a legkritikusabb levéltulajdonságnak tartják a gázcserenyílások (sztómák) nyitottságával arányos sztómakonduktanciát (g_s ; sztómás vezetőképességet), mivel érzékenyen reagál a levegő nedvességtartalmának és a talajban hozzáférhető víz fluktuációjára, a lombkoronán belüli mikrokörnyezeti feltételekre és jelentősen különbözik az eltérő termőhelyekhez alkalmazkodott populációkban (Leuschner 2020).

Jó talaj vízellátottsági feltételek között a bükk leveleinek a sztómakonduktanciája és a levegő vízgőz telítettségi hiánya (VPD) között erős pozitív kapcsolatot mutattak ki. Korlátozott talaj vízellátottsági és légnedvességi feltételek között azonban a sztómakonduktancia csökkenését és a VPD -vel való kapcsolatának a gyengülését figyelték meg. Forró és száraz nyári időszakban a bükk sztómakonduktanciája akár 80 – 90% -kal is csökkenhet a csapadékosabb nyarakhoz képest (Gessler et al. 2007). Az előzőekben említett eredmények azt sugallják, hogy a bükk a transzspiráció sztómaszintű szabályozásával képes a levélvízpotenciált biztonságos tartományon belül tartani a xilém kavitáció elkerülése érdekében, kivéve a sekély talajú termőhelyeken, csapadékhányos időszakban.

A bükkfák lombkoronáján belül a sztómakonduktancia vertikálisan lefelé a fénylevelektől az árnyéklevelekig csökken, nedvesebb feltételek között a csökkenés meredekebb (50 – 80% -os), mint száraz időszakban (30 – 50% -os). Az idős bükkfák összes levélterületének legnagyobb hányada az alacsonyabb sztómakonduktanciájú árnyékszintben van, emiatt a lombkorona egészét tekintve takarékosabb a vízfelhasználásuk, mint a hasonló korú, kisebb LAI -val rendelkező tölgy fajoké.

A bükk leveleinek a sztómakonduktanciája összefüggést mutat a sztómasűrűség változásaival, amit két tenyészkerti kísérletben egy szárazabb cseh (EQ 33,5; FAI 5,1) és egy csapadékosabb szlovák (EQ 19,1; FAI 2,5) helyszínen is kimutattak (Petřík et al. 2020). Egy szerbiai közös tenyészkerti kísérletben (624 mm, $11,1$ °C, 370 m tszf.) 6 országból 14 származást (köztük egy magyart, Valkonyát) vizsgáltak és szintén a sztómasűrű-

rűség nagy populációk közötti variabilitását figyelték meg, ami megerősíti ennek a tulajdonságnak a szerepét a faj alkalmazkodásában (Vastag et al. 2019).

A bükk vízhiányra adott leggyorsabb fiziológiai válaszreakciója a sztómakonduktancia és azzal együtt a transzspirációs ráta csökkentése, aminek révén a fák ugyan képesek elkerülni a levélvízpotenciálnak a kritikus szintre való csökkenését, de ha ez tartósan fennmarad, jelentősen csökkenhet a levelek CO_2 -felvétele és CO_2 -asszimilációja (A_n) is.

A bükk árnyéktűrő, késői szukcessziós fafaj, ennek megfelelően a leveleinek a maximális nettó fotoszintézis rátája viszonylag alacsony (fénylevelekben $8\text{--}9 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; árnyéklevelekben $4\text{--}5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) összevetve a fénytoleráns korai szukcessziós fajokkal (pl. a *Prunus avium* fénylevele értékei $12\text{--}15 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), ami elegyes újulatokban csökkentheti a faj versengési képességét. A bükk nettó fotoszintézise a levelek korának előre haladtával növekszik, a maximuma száraz és csapadékos években szignifikánsan eltér (Scartazza et al. 2016). A 2003. évi súlyosan aszályos vegetációs időszakban megfigyelték, hogy a bükk fotoszintézisének a drasztikus csökkenése akkor jelentkezett, amikor a talajban a relatív kivonható víztartalom (REW) $0,4$ alá esett (Granier et al. 2007).

A bükk különböző származásai között eltéréseket figyeltek meg a sztómakonduktanciának és a fotoszintézisnek a szárazsággal szembeni érzékenységében is. A szárazabb termőhelyekhez alkalmazkodott populációkban a szárazság során a sztómakonduktancia, valamint a fotoszintézis ráta később és kisebb mértékben csökkent, és gyorsabban állt helyre, mint a csapadékosabb termőhelyről származók esetében (pl. Aranda et al. 2014).

A nettó CO_2 -asszimiláció és a transzspiráció egyensúlyában bekövetkező változásoknak a számszerűsítésére jól használható a vízhasznosítási hatékonyság ($iWUE$). A bükk a talaj szárazodására a levelek vízhasznosítási hatékonyságának a növelésével reagál és a nettó fotoszintézis rátát viszonylag magasan képes megtartani (Leuschner 2020).

A bükk fotoszintézisére elég széles hőmérsékleti optimumtartomány ($15\text{--}28 \text{ }^\circ\text{C}$) jellemző, és a fotoszintetikus elektrontranszport és a CO_2 -asszimiláció csak $32\text{--}34 \text{ }^\circ\text{C}$ felett csökken számottevően a levelekben (Rennenberg et al. 2006). Az ún. „forró aszályok” idején, amikor a talaj extrém vízhiánya ($REW < 0,4$) magas hőmérséklettel kombinálódva lép fel, a transzspiráció hűtő hatása gyengül, a levelek felhevülnek és a hőstressz csökkenti a kloroplasztiszokban a CO_2 -asszimiláció kulcsenzimének, a Rubisco enzimnek a karboxilációs aktivitását, továbbá az elektrontranszport rátát, károsítja a PSII fotokémiai rendszer szerkezetét és aktivitását, emiatt a levelek érzékennyé válnak az oxidációs stresszre. Szárazságstressz alatt a fotoszintetikus apparátusban számos védőfolyamat indukálódik. A bükk számára a legfontosabb fényvédő folyamat a violaxantinnak anteraxantinon keresztül zeaxantinná történő reverzibilis átalakulását magában foglaló xantofill-ciklus (VAZ-ciklus) és a zeaxantinnak a felhalmozódása. A zeaxantin játszik szerepet a felesleges gerjesztési energia ún. nem-fotokémiai, hő formájában történő elvezetésében (disszipációjában) és a fotoszintetikus apparátus védelmében (Mészáros et al. 1995; Mészáros 2003; Láposi et al. 2009). A bükk a magas fényintenzitáshoz jól alkalmazkodik a reaktív oxigénformák felhalmozódását kivédő antioxidáns folyamatok és vegyületek szintjének növelésével a levelekben. Szárazság- és hő-stressz során azonban csökken a levelek antioxidációs kapacitása és foto-oxidációs károsodások jeleit mutatják (pl. lipid peroxidáció), ami nyári forró aszályok idején növeli a faj stresszérzékenységet (Rennenberg et al. 2006). Úgy tűnik, hogy a magas hőmérséklet a bükk leveleiben különösen az antioxidáns védő enzimeket károsítja.

A xilém hidraulikus vezetőképessége és a kavitáció

A bükk xilémje szórt likacsú, elég jól ellenáll a kavitációnak, a hidraulikus vezetőképességét viszonylag alacsony levél Ψ_{\min} -nél is megtartja. A xilém edényekben a vízoszlop megszakadását (kavitációt) és a légbuborékok képződését (embolizációt) $-2 \text{ MPa } \Psi_{\min}$ levélvízpotenciál alatt figyelték meg (szélsőséges esetekben -3 MPa alatt) (Leuschner 2020). A xilém funkcionális tulajdonságai közül a szárazságtűrés leginkább elfogadott indikátora az a vízpotenciál, amelynél a hidraulikus vezetőképesség 50%-os csökkenése jelentkezik

(*P50* érték). A bükkre jellemző *P50* értékei -2,8 és -3,8 MPa között változnak (a felső ágakban mérve) és a szárazabb termőhelyek felé csökkennek (Schuldt et al. 2016). Az idős fák aszályos időszakban a sztómák és a vízvesztés szabályozásával általában képesek a levélvízpotenciál napi minimumát elég jól a *P50* felett tartani, és megfelelő hidraulikus biztonsági ráhagyással működnek, és elkerülik a drasztikus kavitációt (Leuschner 2020).

A gyökérrendszer szerepe a szárazságtoleranciában

A bükk gyökérrendszere kedvező termőhelyen viszonylag sekély, gazdag finom gyökerekben, de ezek többsége a talaj felső termőrétegében található és általában kevesebb, mint 5 %-a helyezkedik el 1 m alatt. Ez a gyökérmorfológia növeli a bükk aszályal szembeni érzékenységét, mivel a mélyebb, nedvesebb talajszintekben raktározott vizet csak korlátozottan képes felhasználni. A felső talajréteg újranedvesedését követően a bükk viszonylag rövid időn belül képes visszaállítani a vízfelvételt az aszály előtti szintre, és a csapadékból származó vizet gyorsan hasznosítja (további részletek az 1.3. fejezet »Gyökérzet és talajszerkezet« alfejezetében). Szárazságstressz alatt a bükk a nem-strukturális szénhidrátok gyökérbe történő allokálásával és a gyökérszövetekben ozmotikumoknak (oldható cukrok, prolin) az akkumulációjával reagál, ami segíti a növekedés és a vízfelvételi kapacitás fenntartását. Ezenkívül a bükk finomgyökereit kolonizáló ektomikorrhiza gombáknak is fontos szerepe van a vízfelvevő kapacitás fenntartásában, mert viszonylag jól tolerálják a vízhiányt (Gessler et al. 2007; Leuschner 2020).

A törzs radiális növekedése és a szárazságstressz

A dendrometriás vizsgálatok eredményei alapján a bükk radiális növekedésének az időtartama kedvező csapadék és talajnedvesség feltételek között átlagosan 100 nap, és júliusban tetőződik (Čufar et al. 2008). A bükk radiális növekedése érzékeny az ebben az időszakban fellépő szárazságra, megváltozik az időbeli menete és a maximuma korábbra tolódik. Ugyanakkor a bükk fenntartja a kambium aktivitását, és a növedékkiesést részben képes kompenzálni a hátralévő időszakban tapasztalt növekedéssel (további részletek található az 1.3. fejezet »Az éven belüli növekedés szakaszai«, valamint a 9.2. fejezet »A bükk éves növedék-menetének megváltozása« alfejezetekben). Aszályos évben a szénhidrát-raktárak gyenge feltöltődése negatív hatással lehet a fák vitalitására a következő év(ek)ben is. Úgy tűnik, hogy a rövid súlyos aszályokhoz képest a hosszabb ideig tartó, de mérsékelt aszályokat (amikor kavitáció nem lép fel) követően a radiális növekedés lassabban áll helyre, mert a sztómák tartós záródása miatt a szénhidrát raktárak nagyobb mértékben használnak fel (Leuschner 2020.).

Ökofiziológiai vizsgálatok a bucsutai származási kísérletben

A populációgenetikai, és a fentiekben idézett élettani vizsgálatok is kimutatták, hogy különböző klímákhoz alkalmazkodott bükk populációk valószínű eltérő mértékű szárazság-rezisztenciával rendelkeznek (Mátyás et al. 2009). Az éves csapadékösszeg tekintetében legszárazabb termőhelyről származó populációk fenotípusa izohidrikusabb (víztakarékosabb), amely gyorsabb sztómazáródással, magasabb vízpotenciállal és levélvíz tartalommal jár, de a fotokémiai rendszerük csökkent aktivitású (Nguyen et al. 2017). A csapadékosabb termőhelyről származókra anizohidrikusabb (vízpazarlóbb) sztómaszabályozás jellemző, ugyanakkor a vízhiányra lassúbb és késleltetett sztómazáródással, és nagyobb mértékű vízállapot változással reagálnak. Valószínű, hogy a származások között megfigyelt fiziológiai különbségek hátterében az abszcizinsav (ABA) jelátviteli út eltérései állnak (Leuschner 2020; Leuschner et al. 2021).

Hazai vonatkozásban lehetőség nyílt egy nemzetközi bükk származási kísérletben élettani mérések elvégzésére a Zalaerdő Zrt. területén, Bucsuta község határában. A helyszín részleteit a 9.3. fejezet »A növekedés előrevetítése származási kísérletek alapján« alfejezete ismerteti. A kiválasztott helyszín klímája jelenleg már

a bükk szárazsági határán van és alkalmas a klímaváltozás bükkre gyakorolt negatív hatásainak kimutatására, mind fenotípusosan, mind fiziológiai alapon. Az ökofiziológiai vizsgálatokhoz összesen 11 származást vontak be Mészáros és munkatársai (1995, 2002), melyek során standard élettani méréseket végeztek.

1.2.-1. táblázat. Időjárási feltételek az ökofiziológiai mérések éveiben (2003-ban és 2004-ben) a bucsutai származási kísérlet helyszínén, a bükkös klímával összehasonlítva

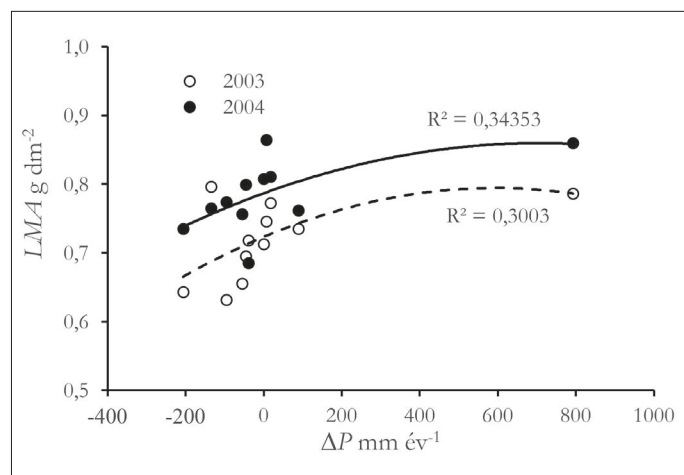
Meteorológiai paraméter	Bükkös klímaosztály*	Bucsuta 2003	Bucsuta 2004
Csapadékösszeg, éves (mm)	750	567	805
Csapadékösszeg, V–VII. hó (mm)	260	133	263
Hőmérséklet, éves átlag (°C)	8,8	10,3	9,8
Hőmérséklet, V–VII. hó átlag (°C)	16,6	20,2	16,9
FAI aszályosság index	< 4,75	7,92	5,88

*50 éves (1901–1950) átlagértékek Führer et al. (2011) szerint

Az élettani vizsgálatok két nagyon eltérő időjárású évben (2003-ban és 2004-ben) folytak. Az időjárási feltételek 2003-ban messze elmaradtak a bükkös erdészeti klímaosztályra Führer és munkatársai (2011) által megállapított optimálistól és az 2004 évi adatok is kedvezőtlenek voltak a magas éves hőmérsékleti átlag miatt (1.2.-1. táblázat).

A mérési eredményeket bemutató ábrákon az eredeti származási helyszín és a többnyire szárazabb kísérleti helyszín évi csapadék különbségben (ΔP -ben) kifejezett ökológiai távolság szerepel a származások eltérő klimatikus alkalmazkodottsága jellemzésére. A bucsutainál szárazabb helyszínről érkezett populációk negatív, a csapadékosabb helyszínekről áttelepítettek pedig pozitív ΔP értéket mutatnak.

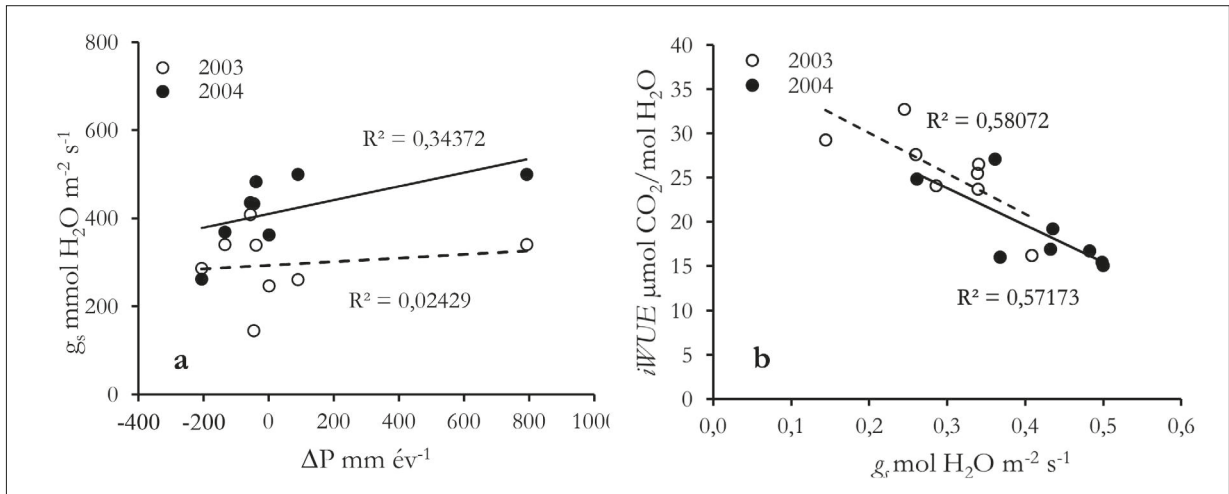
Az 1.2.-22. ábra szerint a csapadékosabb (nyugat-európai) helyszínekről származó populációk átmérő növekedése szemelláthatóan gyengébb a hazai klímában, Bucsután. Ezek a származások nagyobb specifikus levéltömeggel (1.2.-22. ábra), nagyobb sztómás vezetőképességgel és vele szinte azonosan változó, nagyobb vízhasznosítási hatékonysággal reagáltak (1.2.-23.a. és b. ábra) a bucsutai feltételekre, mint a szárazabb területről származók. A nettó fotoszintézis rá-



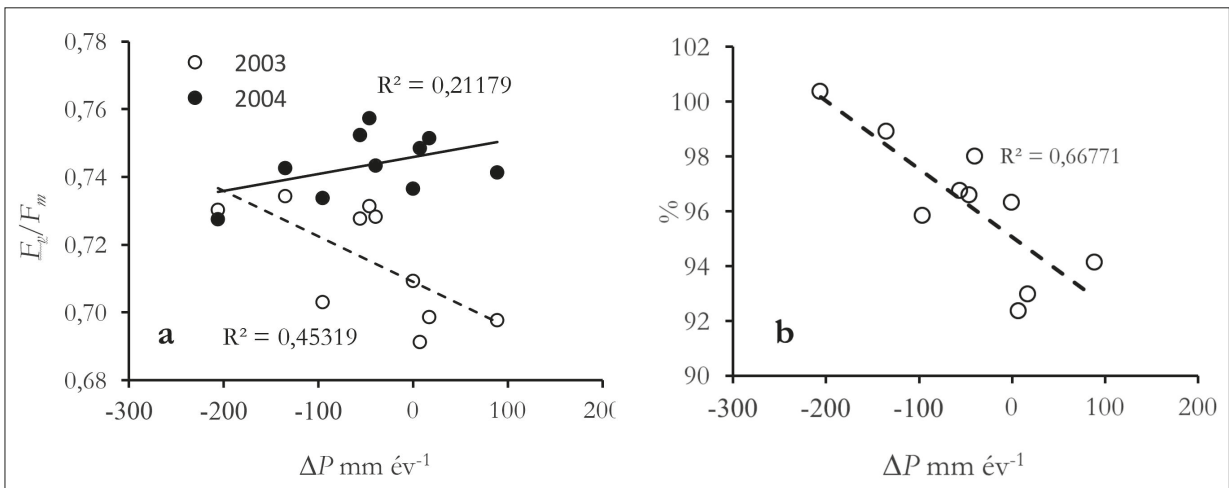
1.2.-22. ábra. 11 bükk származás Bucsután mért specifikus levéltömege (LMA) az áttelepítéssel előidézett csapadékkülönbség (ΔP mm év⁻¹) függvényében, az aszályos 2003-ban és a csapadékosabb 2004-ben. A szárazabb klímához alkalmazkodott populációk ΔP értéke negatív

tában kismértékű volt a származások között a variabilitás, és a vízhasznosítási efficienciájuk ($iWUE$) meghatározóbb komponense a sztómás vezetőképesség. A 2003-as aszályos évben a csapadékosabb helyszínről áttelepített (pozitív ΔP értékű) populációk mutatták az erősebb aszályérzékenységet 2004-hez képest, azaz ezeknél a származásoknál a számukra jelentősebb szárazság a fiziológiai aktivitás gyengülését váltotta ki, viszont a legszárazabb klímából áttelepített populációk fotokémiai aktivitása a két eltérő évben alig különbözött (1.2.-24.a. és b. ábra). Összességében, a vizsgált származások esetében a specifikus levéltömeg évek közötti alakulása hasonló volt, a többi levélfiziológiai jellemző viszont a csapadékosabb területről származók nagyobb érzékenységét jelezte, hasonlóan

más közös tenyészkerti kísérletek eredményeihez (Peuke et al. 2002). A két év között tapasztalt eltérések jól egyeznek a közép-európai erdőállományokban végzett terepi megfigyelésekkel (Granier et al. 2007), amelyek szerint a bükk a 2003. évi aszályra adott általános reakciója a párologtatás, a fotokémiai aktivitás és hajnali levélvízpotenciál csökkentése volt, a csapadékosabb 2004-es év adataihoz képest.



1.2.-23. ábra. Nyolc bükk származás sztómás vezetőképesége (sztómakonduktanciája, $\text{g mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) az áttelepítéssel előidézett csapadékkülönbözet (ΔP mm év^{-1}) függvényében (a) és vízhasznosítási hatékonysága ($iWUE$ $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol H}_2\text{O}$) (b) az aszályos 2003-ban és a csapadékosabb 2004-ben. A szárazabb klímához alkalmazkodott populációk csapadékkülönbözet értéke (ΔP) negatív



1.2.-24. ábra. A vizsgált származások potenciális fotokémiai hatékonysága (F_v/F_m) az áttelepítéssel előidézett csapadékkülönbözet (ΔP mm év^{-1}) függvényében 2003-ban és 2004-ben (a) és a különböző populációk fotokémiai hatékonyságának %-os változása az aszályos 2003-ban a csapadékos 2004-hez képest (b). A szárazabb klímához alkalmazkodott populációk ΔP értéke negatív

A közönséges bükk fenológiája

Korda Márton

Lombfakadás és -hullás

A bükk rügyfakadási folyamatának megindulását alapvetően a hőmérsékleti viszonyok, illetve a fotoperiódus hossza idézi elő. Az adott populáció földrajzi elhelyezkedésétől függően e két tényező jelentősége változik. A magasabb tavaszi hőmérsékletű területeken a fényperiódus hossza, míg az alacsonyabbak esetében a hőmérsékleti viszonyok járulnak hozzá jelentősebb mértékben a fakadási folyamat elindulásához. Bidló (1995) hazai vizsgálata szerint a rügyfakadás legszorosabb összefüggést a hőösszeggel és a napi átlaghőmérséklettel mutatott. A rügyfakadáshoz szükséges termoindukciós periódus hossza jelentősen megnő, ha a téli hideg napok száma kb. 150 alá csökken. A lombfakadást a márciusi és áprilisi hőmérséklet jelentősen befolyásolja. A fakadás később következett be, ha ez alacsony (Lebourgeois et al. 2002; Čufar et al. 2008; Ditmarová et al. 2011; Packham et al. 2012).

A bükk alapvetően későn fakadó faj. A fakadás tényleges időpontját jelentősen befolyásolják a fentiek mellett az adott év időjárás viszonyai, az egyed genetikai adottságai és kora is. Azokon a területeken, ahol gyakori a kései fagy, illetve nagyobb tengerszint feletti magasságokban, jellemzően később kezdődik a fakadás. Franciaországban kimutatták, hogy a tengerszint feletti magasság emelkedésével 1000 méterenként átlagosan 11 nappal később következik be a rügyfakadás (Vitasse et al. 2009). Hazánkban Márkus László a Bakonyban vizsgálta a bükk fakadásával kapcsolatos jelenségeket. Igazolta, hogy a mikroklíma, az adott év időjárás viszonyai és az egyed kora alapvetően határozza meg a lombfakadás kezdetét. A korral összefüggésben megfigyelte, hogy először az újulat és a csemetés, majd a fiatalos, végül az idős állományok fakadnak (Márkus 1965a).

A fakadás időpontját adott populáción belül vizsgálva gyakori és szembetűnő jelenség az egyedek fakadási állapota között gyakran tapasztalható, számottevő különbség. Ez esetenként csak néhány napos, míg máskor akár 3–4 hetes is lehet (Ajtay 1888; Kiss 1972; Ditmarová et al. 2011; Packham et al. 2012). Raunkiær (1918) makkvetéses kísérlettel bizonyította, hogy a korán, illetve későn fakadás öröklődő tulajdonság, míg Márkus (1965a) növényházi hajtásai kísérletekkel igazolta, hogy teljesen megegyező körülmények esetén is megőrzik a fakadási tulajdonságukat az egyedek. Mivel a fakadás időpontja gyakorlati vonatkozásokkal is bír, így a szakma megkülönböztet korán és későn fakadó bükköt (pl. Járó 1986).

Az eltérő klímákhoz genetikailag alkalmazkodott populációk közötti fenológiai különbségeket Mátyás (2002), majd Kóczán-Horváth (2016) vizsgálta közös tenyészkeri kísérletekben. A bükk származásai változatosságát hazai és európai szinten az 1.4. fejezet »A bükk fajon belüli fenológiai változatossága« alfejezete tárgyalja.

A fakadás tényleges időtartamát hazánkban több helyen is vizsgálták. Általánosságban megállapítható, hogy április második fele és május eleje között zajlik (Gencsi & Vancsura 1992). Miskolc környéki vizsgálatok szerint tengerszintfeletti magasságtól és kitettségtől függően a fakadás időtartama jelentősen eltérő lehet (Ijjász & Keöpeczi Nagy 1934). Egy adott állomány egészében a fakadás Márkus (1965a) tapasztalata szerint akár 4–6 hét is lehet a korán és későn fakadó egyedek együttes jelenléte miatt.

Egy 2018-ban zajlott, Magyarországot és Szlovákiát érintő vizsgálat országos léptékben is vizsgálta a levélfejlődéssel kapcsolatos fontosabb időpontokat. Eredményeiket az úgynevezett DOY változóval adták meg (DOY = day of year, vagyis az adott nap sorszáma az évben). Eredményeik szerint 2018-ban a lombosodás kezdete medián értékben kifejezve DOY 108 volt, míg az időtartama DOY 97-től 106-ig tartott. A lombhullás átlagos kezdete DOY 284 volt és DOY 280 és 295 között zajlott (Barka et al. 2019).

A levélfejlődés ütemét jól jellemzi a levélfelület-index (LAI) változásának nyomon követése a fakadási folyamat során. Egy belgiumi vizsgálat tapasztalatai szerint a LAI tavasszal megindult látványos növekedé-

sét egy három hetes szünet követte, majd június végére, július közepére érte el a maximumot (Bequet et al. 2011).

A kifejlett levelekkel ezt követően a vegetációs időszak végén bekövetkező lombszíneződésig, majd hullásig fenológiai esemény nem történik. Az őszi sárgulás kezdetét a júliusi minimumhőmérséklet pozitívan, míg a szeptemberi csapadék negatívan befolyásolja. Azt is kimutatták, hogy a szennyezett levegőn a bükk őszi fenofázisa korábban kezdődik és rövidebb ideig tart (Čufar et al. 2008; Ditmarová et al. 2011).

Magyarországon, bakonyi vizsgálatok szerint a lomb színeződése október első felében kezdődött és november 4-e körül fejeződött be. Ezzel párhuzamosan, ugyancsak október első felében indult a lombhullás is, mely november 13-án már befejeződött. Ha a levél eléri a bronzbarna színt, akkor már minimális külső hatásra is lehullik, de nem ritka az sem, hogy lombja már sárgán is hullik, különösen csapadékos, szeles időjárási viszonyok között jellemző ez. Fiatal egyedekre azonban jellemző az is, hogy a lombjuk egy része bronzbarna állapotban fennmarad, csak tavasszal hullik le, esetenként akkor, miközben a lombfakadás már megkezdődött. Az idős állományokhoz képest a fiatalosokban jóval később kezdődik a lomb színeződése és hullása. A szárazabb termőhelyeken ez hamarabb következik be, mint a nedvesebbekben (Márkus 1965b).

A korán és későn fakadó bükkök őszi fenofázisát is részletesen vizsgálták. A lomb színeződésének és hullásának lefolyása nagyban hasonlít a fakadás folyamatára. Egy állományon belül is számottevő eltérések tapasztalhatók az egyes egyedek fenológiai állapotában. Egyidőben akár zöld lombú egyedek és már teljesen lombtalanok is előfordulhatnak, a kettő közti számos átmenettel együtt. A bakonyi vizsgálat szerint a későn fakadó bükkök 85%-a későn hullatta lombját, míg a maradék 15% átmeneti csoportba tartozott. Későn fakadó egyednél korai lombhullást nem tapasztaltak. A korán fakadóknál csak a vizsgált egyedek 46%-a volt korán lombhullató, míg 41% az átmeneti csoportba került. A maradék 13% későn hullatta lombját (Márkus 1965b). Kiss (1972) Somogyban azt találta, hogy a korán és későn fakadó bükkök 16 nap különbséggel hullatták lombjukat.

Hajtásfejlődés

A bükk hajtásképzésére a szakaszosság jellemző. Német vizsgálatok szerint a hajtás növekedése az április második felében meginduló rügyfakadással együtt indul. A növekedés május első harmadában látványosabban válik, elérve a napi 1–2 mm-t is, majd május középső harmadában egy kb. egyhetes igen intenzív szakasz következik, akár napi 15–30 mm növedéssel. Ezt követően már csak napi 10 mm körüli növekedés volt jellemző, majd a fakadástól számított kb. egy hónappal később a hajtások többségének növekedése leállt. Júniusban rendszerint másodhajtásokat is hoz (Büsgen 1916; Gencsi & Vancsura 1992; Packham et al. 2012).

Virágzás

A bükk adott évi virágzását elsősorban az időjárási viszonyok befolyásolják. Ez alatt egyrészt a virágzást megelőző év rügyfejlődési időszakának időjárását kell érteni, másrészt az adott évi virágzás időszakában tapasztalhatót (Mátyás 1965).

A virágzás a lombfakadással, illetve a tavaszi hajtásmegnyúlással egyidőben zajlik április második fele és május első fele között (Staub 1875; Gencsi & Vancsura 1992). A termős virágok a porzósok után nyílnak.

A fakadáshoz hasonlóan a virágzással kapcsolatban is elkülöníthető egy korán és egy későn virító fenotípus. Ezek esetenként jelentős eltéréssel kezdenek virágozni. A néhány hazai példa szerint a koránfakadó bükkök már április második harmadában virítanak, míg a későn fakadó csak május elején. A korán és későn virítás jelenségének – hasonlóan a fakadáshoz – számottevő gyakorlati jelentősége van. Mivel a kontinentális klímahatás erősödésével a bükk egyre érzékenyebbé válik a kései fagyokra, így a későn virágzó egyedek nagyobb valószínűséggel fogják elkerülni a kései fagyok károsítását (Ajtay 1888; Mátyás 1961, 1965).

Egy német vizsgálat szerint a virágrügyek kialakulásától a megtermékenyülésig a következő fenológiai események zajlanak le. A virágzás előtti év nyarán a rügyben elkezdi kialakulni a porzós virág. Ekkor a rügy-

ben már felismerhetők a kezdetleges portokok. Ebben az állapotában telet át. A virágzási év áprilisának elején megindul a pollenszemek kialakulása. Ez a folyamat április végére teljesen lezajlik. A termős virágrügyekben már a virágzást megelőző év, novemberének első harmadában megfigyelhető a magház és a lepel kezdeménye, így telet át. A virágzási év áprilisának közepén a termős virág fejlődése megkezdődik, majd május elejére ki is alakul. Néhány nappal később megtörténik a beporzás, majd a megtermékenyítés (Büsgen 1916; Mátyás 1965). A virágzás lefolyását részletesen lásd az 1.4. fejezet »A bükk szaporodásbiológiája« alfejezetében.

Termésérés és -hullás

A terméséréssel kapcsolatos fenológiai jelenségek a következők szerint alakulnak. Az április végén, május elején megtermékenyített termős virágból fejlődő termés június elején már felismerhető, felülete barnulni kezd. Június közepe tájt a termés teljesen kifejlődik. Szeptember és október hónapokban hullik. A mag májusban csírázik. A termésérés folyamatát, a termésmennyiségében tapasztalható ingadozás jelenségét lásd az 1.4. fejezet »A bükk szaporodásbiológiája« alfejezetében.

Gyökérfejlődés

A bükk téli nyugalmi időszakát követően először a gyökerei indulnak növekedésnek, bár feltételezik, hogy enyhe teleken a gyökér nem is kerül nyugalmi állapotba (Packham et al. 2012).

Irodalom

- Adamidis G.C., Varsamis G., Tsiripidis I., Dimitrakopoulos P.G. & Papageorgiou, A.C. 2021: Patterns of leaf morphological traits of Beech (*Fagus sylvatica* L.) along an Altitudinal Gradient. – *Forests* 12: 10. 1297.
- Ajtay S. 1888: Korai és késői bükk. – *Erdészeti Lapok* 27: 960–962.
- Aranda I., Gil L. & Pardos J.A. 2000: Water relations and gas exchange in *Fagus sylvatica* L. and *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. in a mixed stand at their southern limit of distribution in Europe. – *Trees* 14: 344–352.
- Asche N., Thombansen K. & Becker A. 1995: Untersuchungen zur Wurzelverteilung unterschiedlich belaubter Buchen – Eine Fallstudie. – *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 114: 340–347.
- Ascherson P. & Graebner, P. 1911: Synopsis der mitteleuropäischen Flora. Vol. 4. – Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 885 pp. spec. pp. 434–440.
- Barka I., Bucha T., Molnár T., Móricz N., Somogyi Z. & Koreň M. (2019): Suitability of MODIS-based NDVI index for forest monitoring and its seasonal applications in Central Europe. – *Central European Forestry Journal* 65: 206–217.
- Bartha D. & Raisz Á. 2004: Összehasonlító vizsgálatok az európai bükk taxonok levelein. I. Levélalak-változatosság a lombkoronán belül. – *Botanikai Közlemények* 89(1–2): 49–64.
- Bartha D. 2011: Architekturmodelle und -typen von Gehölzen des pannonischen Raumes. – *Acta Botanica Hungarica* 53(3–4): 215–224.
- Bequet R., Campioli M., Kint V., Vansteenkiste D., Muys B. & Ceulemans R. 2011: Leaf area index development in temperate oak and beech forests is driven by stand characteristics and weather conditions. – *Trees* 25: 935–946.
- Betsch P., Bonal D., Breda N., Montpied P., Pfeiffer M., Tuzet A. & Granier A. 2011: Drought effects on water relations in beech: The contribution of exchangeable water reservoirs. – *Agricultural and Forest Meteorology* 151: 531–543.
- Bidló A. 1995: Alaktani, életteni és tápanyagtartalmi vizsgálatok különböző származású bükk (*Fagus sylvatica* L.) csemetéken. – *Doktori értekezés, Soproni Egyetem, Sopron*, 129 pp.
- Bolvanský M. 1980: Príspevok k poznaniu príčin vidlicovitého rozkonárovania bukových semenáčikov. [Adalék a bükkcsemeték villás elágazása okainak felismeréséhez.] – *Folia Dendrologica* 7: 81–99.
- Bolvanský M. 1980–1981: Niektoré príčiny vidlicovitosti kmeňa mladých bukových jedincov v rastovej fáze húštin. [A fiatalos életfázisban lévő fiatal bükk egyedek törzse villásodásának néhány oka.] – *Acta Dendrobiologica* 3–4: 197–245.
- Brett D.W. 1964: The inflorescence of *Fagus* and *Castanea*, and the evolution of the cupules of the Fagaceae. – *New Phytologist* 63: 96–118.

- Büsgen M. 1916: Blütenentwicklung und Zweigwachstum der Rotbuche (*Fagus silvatica*). – Zeitschrift Für Forst- und Jagdwesen 48: 289–306.
- Čufar K., Prislán P., de Luis M. & Gričar J. 2008: Tree-ring variation, wood formation and phenology of beech (*Fagus sylvatica*) from a representative site in Slovenia, SE Central Europe. – Trees 22: 749–758.
- Csapody I., Csapody V. & Rott F. 1966: Erdei fák és cserjék. – Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest.
- Denk T. 1999: The taxonomy of *Fagus* in western Eurasia. 2. *Fagus sylvatica* subsp. *sylvatica*. – Feddes Repertorium 110: 381–412.
- Dimitri L. 1968: Untersuchungen über einige Eigenschaften der Buchenrinde. – Holz als Roh- und Werkstoff 26(1): 28–33.
- Ditmarová L., Schieber B., Štřelcová K. & Cicák A. 2011: 2. Morfológia, anatómia, fyziológia a fenológia buka. In: Barna M., Kulfan J. & Bublinec E. (eds.): Buk a bukové ekosystémy Slovenska. – Vydavateľstvo Slovenskej Akadémie Vied, Bratislava, pp. 37–62.
- Domin K. 1932: On the Variability of the Beech. – Rozpr. 2. Tr. Čes. Akad. 13(14): 1–24., 66–74.
- Dönig G. 1994: Die Park- und Gartenformen der Rotbuche – *Fagus sylvatica* L. – Verlag Gartenbild Heinz Hansmann, Rinteln.
- Dönig G. 2012: Süntel-Buchen in Deutschland, Frankreich, Dänemark, Schweden und sonst in Europa. – Hrsg. von der Ortsgruppe Bad Münder des Heimatbundes Niedersachsen e.V., Bad Münder.
- Eschrich W., Buchardt R. & Essiamah S. 1989: The induction of sun and shade leaves of the European beech (*Fagus sylvatica* L.): anatomical studies. – Trees 3: 1–10.
- Felbermeier B. & Mosandl R. 2002: *Fagus sylvatica* Linné, 1753. In: Schütt P., Schuck H. J., Lang U.M. & Roloff A. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie 27. Erg.Lfg. – Ecomed Verlagsgesellschaft, Landshut, 20 pp.
- Führer E., Horváth L., Jagodics A., Machon A. & Szabados I. 2011: Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. – Időjárás 115: 205–216.
- Genaust H. 1996: Etymologisches Wörterbuch der botanischen Pflanzennamen. Dritte, vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. – Birkhäuser Verlag, Basel – Boston – Berlin.
- Gencsi L. & Vancsura R. 1992: Dendrológia. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 728 pp.
- Geßler A., Keitel C., Kreuzwieser J., Matyssek R., Seiler W. & Rennenberg H. 2007: Potential risks for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in a changing climate. – Trees 21: 1–11.
- Granier A., Reichstein M., Breda N. et al. 2007: Evidence for soil water control on carbon and water dynamics in European forests during the extremely dry year: 2003. – Agricultural and Forest Meteorology 143: 123–145.
- Gruber F. 1987: Über die sylleptische Verzweigung der Johannistriebe von Rotbuche und Stieleiche. – Allgemeine Forst Zeitschrift 49(12): 1283–1285.
- Ijjász E. & Keöpeczi Nagy Z. 1934: Erdészeti növényfenológiai megfigyelések 1932. évben. – Erdészeti Kisérletek 36(3–4): 346–361.
- Járó Z. 1986: Általános tulajdonságok. In: Bondor A. (szerk.): A bükk. – Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 15–24.
- Joemann M. 2020: Steinbuchen – botanische Grundlagen und möglicher Einfluss standörtlicher Faktoren am Beispiel ausgewählter Feladaufnahmen in Harz, Spessart und Teutoburger Wald. – Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 105: 105–120.
- Kárpáti Z. 1937: Dendrológiai jegyzetek. II. Adatok a *Fagus silvatica* L. alakkörének ismeretéhez. – Botanikai Közlemények 34(5–6): 192–204.
- Kárpáti Z. 1939: Dendrológische Notizen II. 1. Als weiter Beiträge zur Kenntnis des Formenkreises des *Fagus silvatica* L. – Borbásia 1(3/7): 100–105.
- Kárpáti Z. 1940: A bükkfa vadontermő és kerti változatainak rendszertani áttekintése. – A m. kir. Kertészeti Akadémia Közleményei 7: 93–115.
- Kárpáti Z. 1942: Pótlás „A bükkfa vadontermő és kerti változatainak rendszertani áttekintése” c. cikkhez. – A m. kir. Kertészeti Akadémia Közleményei 8: 181–182.
- Kárpáti Z. 1944: Dendrológiai jegyzetek IV. 3. Újabb adatok a hazai bükkfák ismeretéhez. – A m. k. Kertészeti és Szőlészeti Főiskola Közleményei 10: 162–171.
- Kárpáti Z. 1950: Dendrológiai jegyzetek V. I. Adatok a hazai bükkfa-alakok ismeretéhez. – Agrártudományi Egyetem Kert- és Szőlőgazdaságtudományi Karának Évkönyve 1: 177–184.
- Kárpáti Z. 1951: Dendrológiai jegyzetek VI. V. Újabb adatok a hazai bükkfa-alakok ismeretéhez. – Agrártudományi Egyetem Kert- és Szőlőgazdaságtudományi Karának Évkönyve 2(2): 81–88.
- Kedves M. 1918: Összenőtt bükkfák. – Uránia 19: 300–301.

- Kiss L.L. 1972: Fenológiai, morfológiai jellegek és a bükk fagyérzékenysége. – *Az Erdő* 21: 369–371.
- Kóczán-Horváth A. 2016. Beech adaptation to climate change according to provenance trials in Europe. – PhD disszertáció, Soproni Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, 75 pp.
- Köstler J. N., Brückner E. & Bibelriether H. 1968: Die Wurzeln der Waldbäume. – Paul Parey Verlag, Hamburg–Berlin.
- Krüssmann G. 1939: Die Spielarten der Rotbuche, *Fagus sylvatica* L. – *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft* 52: 111–122.
- Kutschera L. & Lichtenegger E. 2002: Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. 6. Band der Wurzelatlas-Reihe. – Leopold Stocker Verlag, Graz – Stuttgart, pp. 326–336.
- Kvaček Z. & Walther H. 1991: Revision der mitteleuropäischen Fagaceen nach blattepidermalen Charakteristiken. IV. Teil *Fagus* Linné. – *Feddes Repertorium* 102: 471–534.
- Lange F. 1974: Morphologische Untersuchungen an der Süntelbuche. – *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft* 67: 24–44.
- Láposi R., Veres S., Lakatos G., Oláh V., Fieldsend A. & Mészáros I. 2009: Responses of leaf traits of European beech (*Fagus sylvatica* L.) saplings to supplemental UV-B radiation and UV-B exclusion. – *Agricultural and Forest Meteorology* 149: 745–755.
- Lavotha A. 1883: Fehér levelű bükk. – *Erdészeti Lapok* 22(11): 983–984.
- Lebourgeois F., Differt J., Granier A., Bréda N. & Ulrich E. 2002: Premières observations phénologiques des peuplements du réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers (RENECOFOR). – *Revue Forestière Française* 54: 407–418.
- Leuschner C. 2020: Drought response of European beech (*Fagus sylvatica* L.) — A review. – *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 47: 12557.
- Leuschner C., Schipka F. & Backes K. 2022: Stomatal regulation and water potential variation in European beech: challenging the iso/anisohydric concept. – *Tree Physiology* 42: 365–378.
- Lichtenthaler H.K. 2007: Biosynthesis, accumulation and emission of carotenoids, a-tocopherol, plastoquinone, and isoprene in leaves under high photosynthetic irradiance. – *Photosynthetic Research* 92: 163–179.
- Majer A. 1958: Bükk erdtípusok gyökérszintvizsgálata. – *MTA Agrártudományok Osztálya Közleményei* 14(1–3): 117–134.
- Majer A. 1961: Gyökérszösszenövés előfordulása és jelentősége. – *Erdészeti Kutatások* 57(1–3): 165–186.
- Majer A. 1966: Erdőműveléstan I.B. Egyetemi jegyzet. – *Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron*, pp. 26–33.
- Majer A. 1989: A bükklevél mérete és alakváltozatossága. – *Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények* 1989(1–2): 5–25.
- Márkus L. & Mátyás V. 1966: Adatok a bükkmakk terméshatárbiológiájának ismeretéhez. – *Erdészeti Kutatások* 62(1–3): 177–192.
- Márkus L. 1965a: A magasbakonyi korán- és későn fakadó bükk erdőművelési és fatermesi vonatkozásai. – *Az Erdő* 14: 300–306.
- Márkus L. 1965b: A bükk lomb őszi elszíneződése és hullása. – *Az Erdő* 14: 399–403.
- Martinez-Vilalta J. & Garcia-Forner N. 2017: Water potential regulation, stomatal behavior and hydraulic transport under drought: deconstructing the iso/anisohydric concept. – *Plant, Cell & Environment* 40: 962–976.
- Mátyás Cs. 2002: A bükk [genetikai jellemzése]. In: Mátyás Cs.: *Erdészeti-természetvédelmi genetika*. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 345–351.
- Mátyás Cs., Božič G., Gömöry D., Ivanković M. & Rasztovits E. 2009: Transfer analysis of provenance trials reveals macroclimatic adaptedness of European beech (*Fagus sylvatica* L.). – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 5: 47–62.
- Mátyás V. 1961: Bükköseink fenntartása és a magtermelés célját szolgáló állományok szerepe. – *Erdészeti Kutatások* 57: 87–109.
- Mátyás V. 1965: Ökológiai megfigyelések a tölgy és a bükk termésének időszakosságához. – *Erdészeti Kutatások* 61: 99–121.
- Mészáros I. 2003: A fotoszintézis teljesítmény és a fotoprotektív folyamatok változásai termőhelyi feltételek között. In: Jávora A. (szerk.): *Növényi élet és a stressz*. – Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, pp. 75–82.
- Mészáros I., Tóth V., Veres S. & Váradi I. 1995: Changes in leaf xanthophyll cycle pool and chlorophyll fluorescence of beech forest species and their sun/shade adaptation. In: Mathis P. (ed.): *Photosynthesis: from light to biosphere*. – Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, IV: 143–146.
- Mészáros I., Veres S., Láposi R., Sárvári É., Lakatos G., Mile O. & Gáspár A. 2002: Physiological plasticity of beech (*Fagus sylvatica* L.) under contrasting light conditions. – *Acta Biologica Szegediensis* 46: 235–236.
- Moesz G. 1914: A tölgy és a bükk megmaradó lombja. – *Természetudományi Közlöny* 46: 167–169.

- Nguyen Q.N., Polle A. & Pena R. 2017: Intraspecific variations in drought response and fitness traits of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings from three provenances differing in annual precipitation. – *Trees* 31: 1215–1225.
- Niinemets Ü. & Valladares F. 2006: Tolerance to shade, drought, waterlogging of temperate and Northern hemisphere trees and shrubs. – *Ecological Monographs* 76: 521–547.
- Packham J.R., Thomas P.A., Atkinson M.D. & Degen T. 2012: Biological Flora of the British Isles: *Fagus sylvatica*. – *Journal of Ecology* 100: 1557–1608.
- Petrík P., Petek-Petrík A., Strelcova K., Kurjak D., Mukarram M., Frydl J. & Konopkova A. 2022: Interannual adjustments in stomatal and leaf morphological traits of European beech (*Fagus sylvatica* L.) demonstrate its climate change acclimation potential. – *Plant Biology* 24: 287–1296.
- Peuke A.D., Schraml C., Hartung W. & Rennenberg H. 2002: Identification of drought-sensitive beech ecotypes by physiological parameters. – *New Phytologist* 154: 373–387.
- Pfisterer J. A. & Roloff A. 2010: Katalog zur Kronenarchitektur von Gehölzen der temperierten Zone, ein praxisorientierter Beitrag. – *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft* 95: 23–46.
- Rácz J. 2010: Növénynevek enciklopédiája. Az elnevezések eredete, a növények kultúrtörténete és élettani hatása. – Tinta Könyvkiadó, Budapest.
- Raunkiær C. 1918: Om Løvspringstiden hos Afkommet af Bøge med forskellig Løvspringstid. – *Botanisk Tidsskrift* 36: 197–203.
- Roloff A. 1986: Morphologische Untersuchungen zum Wachstum und Verzweigungssystem der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). – *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft* 76: 5–47.
- Roloff A. 1989: Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. – J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 258 pp.
- Roloff A. 2001: Baumkronen. Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 164 pp.
- Scartazza A., Di Baccio D., Bertolotto P., Gavrishkova O. & Matteucci G. 2016: Investigating the European beech (*Fagus sylvatica* L.) leaf characteristics along the vertical canopy profile: leaf structure, photosynthetic capacity, light energy dissipation and photoprotection mechanisms. – *Tree Physiology* 36: 1060–1076.
- Schuch J. 1920: A vérbükk és a lombját pirosító anthocyan. – *Pótfüzetek a Természettudományi Közlönyhöz* 52(1–4): 31–36.
- Schuldt B., Buras A., Arend M., Vitasse Y., Beierkuhnlein C., Damm A. ... Kahmen A. 2020: A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests. – *Basic and Applied Ecology* 45: 86–103.
- Schuldt B., Knutzen F., Delzon S., Jansen S. et al. 2016: How adaptable is the hydraulic system of European beech in the face of climate change-related precipitation reduction? – *New Phytologist* 210: 443–458.
- Staub M. 1875: Phytophäenologische tanulmányok. – *Mathematikai és Természettudományi Közlemények* 13: 217–243.
- Szerednyei J. 1905: A kigyóbükk. – *Erdészeti Lapok* 44(11): 1002–1006.
- Tomasella M., Nardini A., Hesse B.D., Machlet A., Matyssek R. & Häberle K. 2019: Close to the edge: Effects of repeated severe drought on stem hydraulics and non-structural carbohydrates in European beech saplings. – *Tree Physiology* 39: 717–728.
- Vastag E., Kovacević B., Orlović S., Kesić L., Bojonović M. & Stojnić S. 2019: Leaf stomatal traits variation within and among fourteen European beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances. – *Genetika* 51(3): 937–959.
- Vitasse Y., Delzon S., Dufrêne E., Pontailleur J.-Y., Louvet J.-M., Kremer A. & Michalet R. 2009: Leaf phenology sensitivity to temperature in European trees: do within-species populations exhibit similar responses? – *Agricultural and Forest Meteorology* 149: 735–744.

1.3. A bükk és a bükkösök ökológiai sajátosságai

Erdészeti ökológiai kutatások hazai bükkösökben

Führer Ernő

Az erdészeti ökológia az erdő összetételét, növekedését, szerkezetét meghatározó alapvető feltételeket, és a feltételeket követő változásokat vizsgálja. Az erdei fafajok hosszú élettartama és a tartamos (fenntartható) erdőgazdálkodás eredményeként az erdők működésére és élettani folyamataira egy nagyrészt zárt szerves- és tápanyagforgalom jellemző. Az erdei ökoszisztéma felépítésének, éghajlati, széndioxid-megkötési, energia-, víz- és tápanyag-háztartási, valamint humuszképző és egyéb szerepének megismerése ezért az ökoszisztéma-szolgáltatások tartamos és optimális igénybevételéhez ma már elengedhetetlen. Ezen ismeretek birtokában lesz képes az erdészeti ökológia olyan alapelveket kidolgozni, melyek tudományos támpontot nyújtanak a szakszerű erdőműveléshez és fahasznosításhoz, valamint az erdők felújításához és az erdőtelepítésekhez.

Magyarország egyik legkisebb kiterjedésű élőhellyel rendelkező, de ökológiai jelentőségét tekintve kiemelkedően fontos zonális erdőtársulásai a bükkösök. Eddigi élőhelyüknek a klíma és a talaj szempontjából optimális adottságú területe jelenleg a rohamosan változó időjárási körülmények miatt egyre jobban leszűkül, mert a bükk versenyképessége csökken a többnyire szárazabb feltételekhez jobban alkalmazkodó fafajokkal szemben. A jelen főfejezet a változások nyomon követése és a várható következmények előrejelzése érdekében a hazai bükkösök ökológiájával, klímájával, energiaháztartásával, víz-, szén-, szervesanyag- és tápanyag-forgalmával, valamint növekedési tulajdonságaival kapcsolatos kutatási eredményeket mutatja be.

A társulásképeség ökofiziológiai háttere

Csiszár Ágnes

A fejezet azokat az ökofiziológiai összefüggéseket mutatja be, amelyek meghatározzák a bükk előfordulását és szerepét a hazai erdőtársulásokban. A fejezet az 1.2. főfejezet »A bükk fiziológiája – a változó klíma tükrében« alfejezetére épül, amely az itt használt élettani fogalmak, folyamatok bővebb leírását tartalmazza. Az ökofiziológiai háttér ismertetését a jelen főfejezetben tematikus alfejezetek részletezik tovább, így a »Bükköseink klímája«, »A bükkösök vízgazdálkodása és vízforgalma«, »Tápelem-készlet és -forgalom« és további alfejezetek.

Mint minden szárazföldi növény esetében, a bükk esetében is a fiziológiai tűrőképesség meghatározza a *klímaigényt*, ezen belül az évi hőmérsékleti és a csapadékmennyiség szélsőségei kiemelt jelentőségű klímateretényezők. A faj jégkorszak utáni kolonizációját is a hőmérséklet és a csapadék viszonyok tették lehetővé az elterjedési terület határain. A bükk fenofázisait is genetikailag meghatározott hőmérsékleti határok szabályozzák. A levelek és virágok védelme érdekében hosszú nyugalmi időszak, gátlást feloldó hideghatás és a fakadáshoz meghatározott hosszúságú, 5 °C feletti időszak szükséges. A csírázóképes makk esetében a csírázás gátlás (átfekvés) véd a kései fagykártól.

Hazánk kontinentális klímájában a bükk előfordulását a szűkös csapadék és a nyári aszály korlátozza, emellett a kései fagyokra is érzékeny (Salamon-Albert et al. 2016). A hosszú, hideg tél viszont, magasabb hegyvidékek hiányában, nem játszik fontos szerepet, míg a Kárpátoktól északra már alacsony tszf. magasságon is meghatározó fontosságú. A bükköt klímaérzékenysége miatt a termőhelyek mezoklímájának indikátoraként alkalmazták: a júliusi 14 órás légnedvesség átlagának 60%-nál magasabb értékét jelezte a „bükkös klíma” (Járó 1972). Az erdőleltár- és a digitális klíma-adatok geoinformatikai feldolgozása igazolta először a hazai zonális erdőövek klimatikus elhatárolhatóságát (Mátyás & Czímber 2000). Ma már 94 hazai meteorológiai állomás 1901-től 2000-ig tartó meteorológiai mérései és az Országos Erdőállomány Adattár adatbázis

zisai alapján húzható meg a bükkös klíma szárazsági határa: ahol az erdészeti szárazsági mutató értéke (*FAI*) 4,750 vagy az alatti (Führer 2010, 2018; Führer et al. 2011b).

A bükk *vízigénye* alapján mezofil fafaj, vegetációs időszakban egyenletes vízellátást igényel. Gyökerei csak jól szellőzött talajokon működnek megfelelően, kerüli az erősen kötött vagy jelentősen többletvízhatású, levegőtlen talajokat. Általában sekélyebb gyökérzetet fejleszt, amely érzékennyé teszi a szárazsággal szemben, bár rendszeres szárazság és megfelelő talajállapot esetén a gyökerek mélyebbre is hatolnak. A víz hidraulikus emelése a mélyebb gyökerekből a sekélyebbekbe más fajokkal, például a tölgyekkel összeterve kevésbé hatékony (Packham et al. 2012; Leuschner 2020). A bükk törzs- és ágrendszere felépítésének köszönhetően azonban képes a csapadék összegyűjtésére és levezetésére a gyökérzet irányába, ez előnyt jelent a más fafajokkal folytatott versengés során.

Az idős fák nagy lombfelülete sokat párologtat, ezért a tartós talajbeli vízdeficitet nem viseli el. Levélterülete, és ezáltal párologtató felülete éves szinten időjárástól függően módosulhat, nyári szárazság idején a sztómareguláció révén csökkenti a vízvesztést. Aszályos körülmények között gyenge vízfelvevő képessége miatt a xilém vízpotenciálja még így is tovább csökkenhet (Köcher et al. 2009; Scharnweber et al. 2011).

A klimatikus optimumában mérsékelt anizohidrikus (vízpazarló) fajként viselkedő bükk csak részben képes a párologtatás szabályozására (a sztómás vezetőképesség megváltoztatására), ezáltal csak kedvező körülmények vagy enyhe szárazság esetén képes optimalizálni asszimilációs rátáját. A bükk fényleveleinek sztómás vezetőképessége a kocsánytalan tölgyhöz képest 30%-kal, a magas kőrishez képest 40%-kal alacsonyabb (Backes & Leuschner 2000; Köcher et al. 2009). Ez a tulajdonsága súlyos aszály esetén hátrányos lehet, mert a hidraulikus rendszerben a vezetőképesség jelentős csökkenése (kavitáció) léphet fel, amit a sejtes vízvesztés fokozódása és a metabolikusan aktív levélrészek károsodása követ (Pflug et al. 2018). Az aszály stressz nemcsak az ágakat és a leveleket érinti, hanem az egész koronát, és kihat a következő évi tavaszi-nyári aszályokkal szembeni érzékenységre. A párologtatás szabályozásának gyengeségével szemben a bükk kavitáció ellenállását javítja a bükk xilém anatómiai felépítése, azaz az edények aránylag kis keresztmetszete. A bükk szárazságtűrése élettani hátterét az 1.2. fejezet »A bükk fiziológiája« alfejezete részletezi.

Fényigényének és fotoszintetikus aktivitásának köszönhetően a bükk újulat fokozottan árnytűrő, az aljnővényzetben a fényintenzitás növekedésére egy bizonyos mértékig képes kedvezően reagálni. A teljes napfény 35%-át meghaladó megvilágításnál azonban a magoncok magassági növekedése már nem fokozódik tovább. Ezért a kisebb méretű lékek, ahol a közvetlen napfény hatása rövid idejű, fontos szerepet játszanak, kedvezőbb versengési feltételeket képeznek a bükk felújulásához és növekedéséhez, mint a nagy területű beavatkozások (Tognetti et al. 2006).

A bükk levélterület indexe (*LAI*) más lombos fafajokhoz képest viszonylag magas. A levélterület és a levéltömeg az állomány korával összefüggően csökken. Meier és Leuschner (2008) szerint a csapadék mennyisége és időpontja jelentősen befolyásolja a levélterület indexet. A kifejtett fa fény- és árnyékleveleket növeszt, amelyek mind anatómiájukban, mind fiziológiai működésükben jelentősen különböznek. A sztómás vezetőképesség és a nettó fotoszintézis ráta a fénylevelek esetén kétszer akkora, mint az árnyékleveleknél (Warren et al. 2007). Az árnyéklevelek zárt állományban is hatékonyan fotoszintetizálnak, fotoszintetikus teljesítményük maximumát augusztusra érik el, amikor a fényleveleké már csökkenni kezd. Mindez a zárt, elegyes állományokban a bükknek előnyt biztosít. Súlyos szárazságstressz alatt a bükk védőfolyamatokat indukál a fotoszintetikus apparátus működőképessége fenntartása érdekében. A szárazabb klímában tenyésző bükk populációk genetikailag is képesek alkalmazkodni, nemcsak a levélméret változtatásával, hanem a vízhasznosítási hatékonyság és a sztómás vezetőképesség korrekciójával, a fotokémiai hatékonyság növelésével (lásd még az 1.2. főfejezet »A bükk fiziológiája« alfejezetét és az 1.2.-23. és 24. ábrákat).

A bükk *tápanyagfelvétele* során a nitrogént többféle módon képes felvenni, szervetlen és szerves formában egyaránt, de a nitrát és a szerves kötésben lévő nitrogénvegyületek fontosabbak a bükk számára, mint az ammónium. A bükk nitrogén felvétele negatívan korrelál a talaj mikrobiális biomasszájával, ezért korlátozott N-forrás esetén a bükkösökben intenzív kompetíció folyik a nitrogénért a bükk és a talajmikrobák között (Stoelken et al. 2010; Simon et al. 2011). A bükk nitrogénigénye az egyedfejlődés során változik, ami

az állományon belül csökkenti a fajon belüli versengést. A magoncoknak tavasszal, a kifejlett egyedeknek ősszel a legmagasabb a nitrogénigénye. A bükk nitrogénigényét más fafajokéval összevetve az alábbi sorrend állapítható meg: kocsánytalan tölgy < bükk < luc < erdeifenyő < kislevelű hárs < magas kőris (Schulz et al. 2011).

A bükk foszfátfelvételében a mikorrhiza partnereknek is nagy szerepük van. Bartlett és Lewis (1971) kimutatták, hogy az ekto- és endomikorrhízis gyökerek sokkal gyorsabban veszik fel az ortofoszfátot a talajból, mint a mikorrhiza nélküliek. A bükk szempontjából a szerves foszfát komplexek is fontos források; a humuszrétegben növekvő mikorrhízis bükk gyökerek olyan foszfatázokat tartalmaznak, amelyek katalizálják a talaj foszfátjainak hidrolízisét. A bükk mikorrhiza köpenyének sejtjei a vakuólumban foszfort és kalciumot tartalmaznak, de jelentős mennyiségű kalcium van jelen a gombaköpeny hifáinak falaiban is (Strullu et al. 1982). A kicserélhető kálium, kalcium és magnézium mennyiségének időbeli változását vizsgálva, Collignon és munkatársai (2011) a bükk és a lucfenyő külső és belső rizoszférájában azt tapasztalták, hogy mindkét rizoszféra régió gazdagabb a vizsgált tápanyagokban, mint a talaj. Ez arra utal, hogy a gyökérzet és a hozzájuk kapcsolódó baktériumok és mikorrhiza gombák mineralizációs folyamatok révén növelik a talaj tápanyagainak hozzáférhetőségét.

A bükk *kompetíciós* képessége szempontjából fontos, hogy plasztikusan alkalmazkodni képes a fényenergia optimális kihasználása érdekében. Leveleinek többsége a lombkoronaszint belső, többnyire középső rétegében található. Biomassza allokációját inkább a sugárirányú növekedésre fordítja, mint a magassági növekedésre, különösen alacsonyabb fényintenzitásnál. Míg a magas kőris és a hegyi juhar a nagyobb lélekben újul jobban, addig a bükk jól alkalmazkodik az erőteljes árnyaláshoz. Petriřan és munkatársai (2009) bükk, magas kőris és hegyi juhar csemeték növekedését hasonlították össze újulatban, ahol a csemetéket a lombkoronára eső fény 3–60%-a érte. Alacsonyabb fényintenzitásnál az éves növekedés tekintetében a kőris és a juhar alig előzte meg a bükköt, magasabb fényintenzitásnál viszont mindkét fénytoleráns faj csemetéi fokozatosan lehagyták a bükk magoncokat. Mindamellet a magas kőrishez és a hegyi juharhoz képest a bükknek a legnagyobb a specifikus levéltömege, az egységnyi famagasságra vonatkoztatott teljes levélterülete és a levélterület indexe (*LAI*) is.

Szélöntés által keletkezett lékek kompetícióra gyakorolt hatását Anev és Marinova (2021) bükk és madárcseresznye újulatában vizsgálták, a szélöntést követő második, ötödik és hetedik évben. A madárcseresznye a vizsgálat mindhárom évében, a bükk csupán a szélöntést követő ötödik évben mutatott pozitív fotoszintetikus választ a magasabb fényintenzításra. A madárcseresznye transzspirációja a szélöntés hatására kialakult lékekben szignifikánsan magasabb volt, míg a bükk esetén nem volt különbség a transzspirációban a viharkárt szenvedett és az érintetlen terület között. A madárcseresznye újulat vízhasznosítási hatékonysága és klorofill tartalma a szélöntés hatására nőtt, a bükké stabil maradt. Összességében a vizsgálat a cseresznye hatékonyabb fiziológiai alkalmazkodását igazolta az abiotikus hatások által okozott bolygatáshoz és az ezt követően megváltozott mikroklímatis viszonyokhoz.

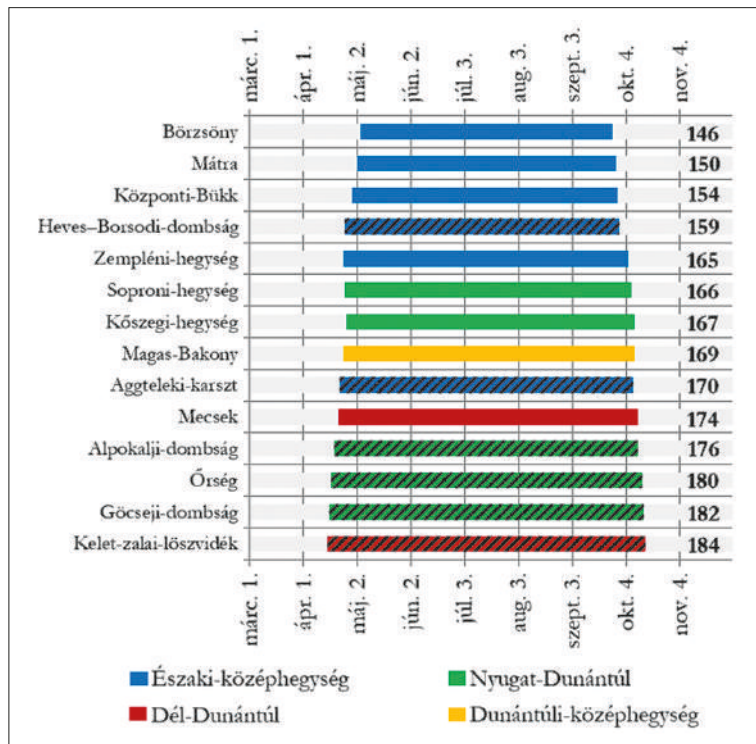
Bükköseink klímája

Führer Ernő és Jagodics Anikó

A bükk kimondottan klímaigényes és a klímától függő fafaj, elterjedése mindenhol az atlanti klímához simul, és ahol annak hatása lassan megszűnik, onnan a bükk fokozatosan elmarad. Nyugat-Európától kelet felé haladva szubkontinentális klímahatások (például késői fagy, napi maximum hőmérséklet, aszályos időszakok) korlátozzák előfordulását. Dél-Európa irányában pedig mindenütt a hegyvidék fájává válik, ugyanis a melegebb és szárazabb mediterrán klíma hatását csak a montán elhelyezkedés tudja ellensúlyozni. A bükk előfordulásának határát tehát leginkább az extrém időjárási és vízháztartási viszonyok jelölik ki (Otto 1994; Ellenberg 1996; Rennenberg et al. 2004; Rasztoivits et al. 2014; Horváth & Mátyás 2016; lásd még a 9.2. fejezetben »A bükk szárazság toleranciája« alfejezetet is). A klímát jellemző legfontosabb ökológiai elemek,

a hőmérséklet és a csapadék értékeit a felszíni formák és a domborzati viszonyok jelentősen módosítják, kialakítva ezzel a helyi körülményeknek megfelelő mezoklimát. A klimatikus viszonyok mellett azonban az időjárás szélsőségei is élettani határokat szabnak a bükk elterjedésének.

A *hő mennyisége* és eloszlása a legfontosabb életfunkciók (transzspiráció, asszimiláció és légzés) előfeltétele. Azonban kedvező voltát nem mindig lehet abszolút hőmérsékleti értékekkel kifejezni, mert a növekedés és a légzés optimális hőmérsékleti körülményei eltérnek egymástól. Ezek kiegyensúlyozott hatása a legelőnyösebb, azaz amikor az ökológiai optimum érvényesül. A szervesanyag-képzés, a vegetatív és generatív fejlődés szempontjából a legfontosabb az a *vegetációs periódus*, amelyben a fák megfelelő életműködéséhez szükséges 10 °C-os napi átlaghőmérséklet kihagyások nélkül érvényesül. Már Köppen (1889) mérésekkel igazolta, hogy e periódus a bükk esetében a lombos állapot hosszával egyezik meg, és kontinentális klímahatás alatt álló területek esetén el kell érje az öt hónapos időtartamot. Mayr (1925) pedig száz éve leírta, hogy a bükkösök előfordulásának éves hőmérsékleti optimuma 7 és 12 °C közé, a május-augusztusi periódus átlaghőmérséklete pedig 16 és 18 °C közé esik. Ha az említett feltételek nem teljesülnek, akkor a helyszín háttértermőhelynek minősül a bükk számára. Magyarországon a bükkös klímájú erdészeti tájak és tájrészletek mindegyikén a limitáló hőmérsékleti határok közötti viszonyok uralkodnak.



1.3.-1. ábra. Vegetációs időszak átlagos hossza (nap) a bükkös klímájú ($FAI_{1961-2010} < 4,75$; Führer 2018) tájakon az 1961–2010 időszakban (a dombvidék jellegű tájak vonalkézva)

a vegetációs periódus előbb kezdődik és később fejeződik be, így hosszabb a vegetációs periódus, mint a hegyvidéki (400 m tszf. magasság feletti) erdészeti tájakon. Köppen (1889) a téli hónapok hőmérsékleti viszonyait akkor tekinti kizáró feltételnek, ha a januári átlaghőmérséklet -3 °C , a februári pedig -2 °C alá süllyed, a minimumhőmérséklet pedig nem süllyed a kambiumkárosodást előidéző -35 °C alá (Dengler 1944; Rubner & Reinhold 1960; Safer 1966; Röhrig & Bartsch 1992; Tarasiuk 1992; Ebert 2003), vagyis a bükk téli hidegtűrő képessége viszonylag magas. A hőmérséklet szélsőséges értékei közül viszont a vegetációs időszakon belül jelentkező késői (április–május) fagyok azok, amelyeknek gyakori fellépte a bükk megmaradását befolyásolja, azaz a bükk késői fagyokkal szembeni ellenállóképessége alacsony.

A vegetációs periódus hossza egy táj (Börzsöny: 146 nap) kivételével meghaladja az öt hónapot (1.3.-1. ábra; 1.3.-1. táblázat). A szubatlati klímahatás alatt álló Nyugat-Dunántúl erdészeti tájcsoport tájain 1961–2010 közötti évek átlagában a vegetációs periódus április 16–26. között indul, és október 7–14. között fejeződik be, ugyanakkor a kontinentális klímahatás alatt álló Északi-középhegység tájain április 22-e és május 4-e között kezdődik, és szeptember 26-a és október 8-a között fejeződik be. Tehát a melegebb és nedvesebb, valamint kisebb hőmérsékleti kilengésekkel jellemezhető szubatlati klímahatás alatt álló nyugati országrészben a vegetációs periódus átlagban 16 nappal hosszabb, mint a hűvösebb és szárazabb, valamint nagyobb hőmérsékleti kilengésekkel jellemezhető kontinentális klímahatás alatt álló északi, északkeleti országrészben. Mindkét klímahatás esetében a dombvidéki jellegű tájakon

A csapadék a szárazságra hajló éghajlatú területeken, és ott, ahol fafajok vízutánpótlásában a gyökérzet a talajvizet nem éri el, a legfontosabb ökológiai tényező. Csapadék vonatkozásában az évi átlagnak a jelentősége nagyobb, mint az évi átlaghőmérsékletnek, mivel a télen lehulló csapadék a tenyészidőszak kezdetén, ill. az alatt tartalékot képez. A száraz nyaraknak a faállományok növekedésére kifejtett hatása azért is igen jelentős, mert a szárazságra érzékeny fafajok fejlődését, ill. elterjedését korlátozza. Közép-Európában a csapadék nagyságát tekintve két törvényszerűség ismerhető fel. Egyrésztől nyugatról kelet felé annak éves mennyisége fokozatosan csökken, mert a nyugati szelek nedvességüket annál nagyobb mértékben veszítik el, minél messzebb távolodnak el a tengerektől. Másrészt a csapadék éven belüli eloszlásában is érzékelhető változás. Azaz Magyarországon, amíg a szubatlanti klíma hatása alatt álló nyugat-dunántúli erdészeti tájak 50 éves (1961–2010) átlagos csapadéka 761 mm, addig a kontinentális jellegű Északi-középhegység tájain 60 mm-rel kevesebb (1.3.-1. táblázat). Az is megfigyelhető, hogy az éven belüli megoszlás tekintetében a különbség nem a nyugalmi időszak, hanem a tenyészidőszak csapadékösszegének eltérésében mutatkozik meg. Ugyanis amíg a téli hónapok csapadéka nyugatról kelet felé haladva változatlan, addig a nyári hónapoké jelentősen lecsökken. Rubner (1934) azon általánosan tett megállapítása, miszerint a téli csapadék aránya az éves csapadékon belül nyugatról kelet felé csökken, Magyarország bükkös tájaira nem jellemző. A bükkösök elterjedési területén az éves csapadék minimumértékének el kell érni az 500–550 mm-t, a május-augusztusi időszakban pedig a 250 mm-t (Mayr 1925). Magyarországon e feltételek egyértelműen teljesülnek, ahol a bükk dominál (I–XII. hó > 600 mm, V–VIII. hó > 300 mm).

1.3.-1. táblázat. A bükkös klímájú ($FAI_{1961-2010} < 4,75$; Führer 2018) tájak átlagos csapadék és hőmérséklet adatai az 1961–2010 időszakban, éves, naptári hónapok szerinti vegetációs és nyugalmi időszakokra bontva, valamint az átlagos EQ- és FAI-értékek

Erdészeti táj ill. tájcsoport	Év		Nyugalmi időszak (XI–III. hó)		Vegetációs időszak (IV–X. hó)		EQ	FAI
	csap. (mm)	hőm. (°C)	csap. (mm)	hőm. (°C)	csap. (mm)	hőm. (°C)		
48a. Göcseji-dombság	729	9,6	218	1,8	511	15,2	27,0	4,64
47. Őrség	731	9,6	213	1,8	518	15,2	26,5	4,42
44. Alpokalji-dombság	713	9,2	201	1,5	512	14,8	27,2	4,48
41. Soproni-hegység	771	8,5	220	0,8	551	14,0	23,9	4,07
43. Kőszegi-hegység	860	8,6	251	1,2	609	13,9	21,0	3,61
Nyugat-Dunántúl	761	9,1	221	1,4	540	14,6	26,4	4,43
19a. Aggteleki-karszt	678	8,5	198	0,3	480	14,4	27,7	4,42
17a. Zempléni-hegység	670	8,0	194	-0,2	476	13,7	27,0	4,39
20. Heves–Borsodi-dombság	636	7,5	182	-0,5	454	13,3	27,8	4,31
21a. Központi-Bükk	736	7,3	225	-0,6	511	12,9	23,5	3,97
22. Mátra	728	7,1	242	-0,6	486	12,6	23,2	4,11
25. Börzsöny	767	6,7	290	-1,2	477	12,3	21,5	4,43
Északi-középhegység	703	7,5	222	-0,5	481	13,2	23,3	4,21
52a. Kelet-zalai-löszvidék	789	9,8	261	2,0	528	15,4	25,2	4,66
55. Mecsek	790	8,9	268	0,8	522	14,6	24,3	4,58
32. Magas-Bakony	744	8,6	257	0,9	487	14,0	24,7	4,62
Egyéb bükkös klímájú területek	774	9,1	262	1,2	512	14,7	24,7	4,62

A csapadékon kívül a *légnedvesség* az az elem, ami a fák vízháztartását befolyásolja. Mayr (1925) szerint bükkösök ott fordulnak elő, ahol a relatív légnedvesség átlagos értéke májustól augusztusig meghaladja a 70%-ot. A légnedvesség havi átlagos értékei az atlanti klíma jellegű területeken januártól szeptemberig magasabbak, októbertől decemberig pedig alacsonyabbak, mint a kontinentális hatással érintett tájakon, a különbség májusban a legnagyobb, elérheti a 10%-ot (Rubner 1934). Tekintettel arra, hogy a levegő páratartalma kapcsolatban áll az éjjeli fagyok keletkezésével, a májusi alacsonyabb légnedvesség az éjszakai jelentős kisugárzással együtt hozzájárul a késői fagyok kialakulásához. Általában a légnedvesség időbeli alakulását a termodinamikai és cirkulációs tényezők befolyásolják. Így értékük térben és időben gyorsan változhat, ami miatt klíma-típusításra való alkalmasságuk erősen korlátozott.

A bükk elterjedési határának kijelölésére alkalmas egyszerű szárazsági mutató az Európában általánosan használatos *Ellenberg-féle index* (*EQ*, Ellenberg 1988), és a magyarországi viszonyokra kifejlesztett *erdészeti szárazsági mutató* (*FAI*, Führer 2010, 2018; Führer et al. 2011b; 1.3.-1. táblázat). Az *EQ* a legmelegebb hónap (általában T_{07}) átlaghőmérsékletének és az éves csapadéknak (P_a) a hányadosa:

$$EQ = 1000 T_{07} P_a^{-1},$$

A *FAI* pedig figyelembe veszi a szervesanyag-képzés legintenzívebb időszakának csapadékösszegét májustól júliusig (P_{05-07}), továbbá a legmelegebb, az ún. kritikus hónapok (július és augusztus) középhőmérsékletét (T_{07-08}) és csapadékösszegét (P_{07-08}), vagyis a július csapadéka kétszeres súllyal szerepel:

$$FAI = 100 T_{07-08} (P_{05-07} + P_{07-08})^{-1}.$$

Jahn (1991) szerint, a 20 alatti *EQ* értékek igazi „bükk-klímát” mutatnak; ami fölött a bükk versenyképessége csökken, és a 30 feletti *EQ*-val rendelkező régiókban eltűnik. Czúcz és munkatársai (2013) szerint a magyarországi bükkösök elterjedésének alsó szárazsági határa a 28,9-es *EQ* értéke mentén húzódik. Ezt az erdészeti szárazsági mutató is alátámasztja, ugyanis ahol a *FAI* 4,75 alatti, ott a bükk már uralkodó fafajként fordul elő, és elegendő állományokat is képez (Führer 2010, 2018).

Összefoglalva megállapítható, hogy a bükk előfordulásának optimuma olyan atlanti klímahatás alatt álló terület, amelyre az enyhe tél és a nem túl száraz nyár a jellemző. Ilinszkij (1937) szellemesen „az óceáni klíma gyermekének” nevezi a bükköt. A tipikus kontinentális éghajlatú területekről hiányzik. Európában kelet felé haladva a hosszú, kemény telek és a késői fagyok, valamint a gyakori nyári szárazságok szabnak határt elterjedésének (Czajkowski et al. 2006). Valódi előfordulását azonban a limitáló éghajlati tényezők mellett más fajok konkurenciája is befolyásolja. Elterjedési területén belül a talajadottságok nagyszámú kombinációja fordul elő, amiket a bükk igyekszik elfoglalni. Optimális klímaviszonyok között azonban a bükk olyan versenyképes, hogy előfordulása és megmaradása szempontjából a talaj nem játszik különösebb szerepet. Amennyiben a klímaigénye kevésbé érvényesül, fejlődése csak akkor lesz zavartalan, ha jó talajadottságok képesek a klíma kedvezőtlen tényezőinek hatását kompenzálni. Gyengébb adottságok mellett azonban már más, a körülményekhez jobban alkalmazkodó, versenyképesebb faj veszi át a bükk helyét. (A faj klímaigényéről lásd még a »9.2. A bükk fenotípusos és genetikai alkalmazkodása« fejezetet.)

A bükkös energiaforgalma

Vig Péter

Sugárzás- és hőforgalom

Az ökoszisztémák működéséhez szükséges energiát a napsugárzás biztosítja. A légkörre jutó 1368 W/m^2 sugárzó energia fluxus mintegy 30%-a a légrézecsékről és a felhőkről visszaverődik (a légkör albedója),

másik kb. 27% elnyelődik (abszorpció), a maradék 43% a sugárzástanilag aktív felszínre (jég, hó, víz, kőzet, talaj, növény, művi felszín) jut. Ez az aktív réteg az elnyelt rövidhullámú (fény) sugárzás hatására felmelegszik, és hosszuhullámú (hő) sugárzás formájában kisugározza energiáját a légkörbe, amelynek mintegy 88%-át az üvegházhatás folyamata során vissza is kapja. Továbbá, míg a teljes, légkörbe jutó energia 14%-a hosszuhullámú sugárzásként elhagyja a légkört, a maradék 29% képezi az ökoszisztéma hőforgalmát érzékelhető (szenzibilis) és a halmazállapot változásokban szereplő látens hő formájában. Ez az energia mozgatja a tengeri és légköri áramlásokat, és táplálja a fotoszintézist is.

A legbonyolultabb sugárzástanilag aktív felszín az erdő, mert a globálsugárzásból eredő energia a levelekben, kéregben, avarban, talajban vagy az ezekre rakódott vízben, hóban, jégben elnyelődve igen bonyolult hatásmechanizmusokat vált ki.

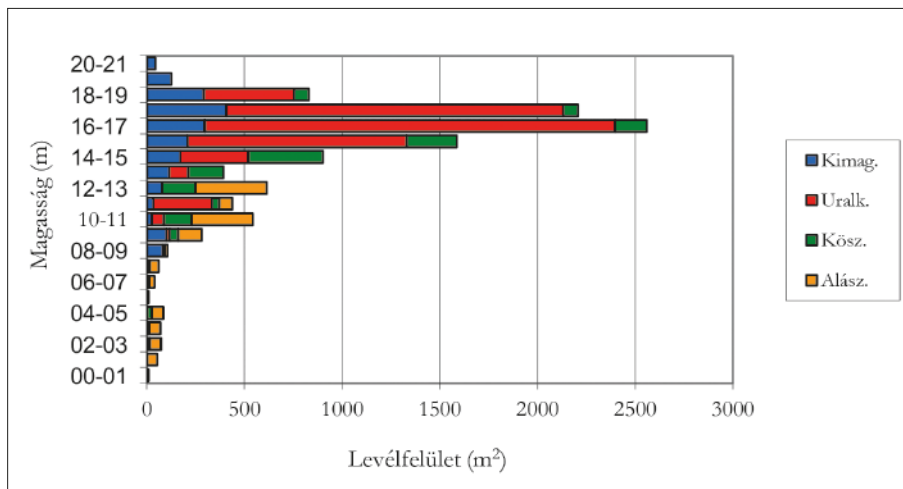
A bükkös energiaforgalmának tárgyalását érdemes a sugárzási egyenleg kialakulásával kezdeni, majd az így nyert energia hasznosulásával folytatni. Az ehhez szükséges forrásokat a Sopron 171/G erdőrészletben, egy középkorú bükkösben 1996–2012. években folyamatosan működő mikrometeorológiai mérőszorozat adatai szolgáltatták, melyek tartalmazzák a koronafelszín fölötti 10 m-es magasságtól a talaj 1 m-es mélységéig a szél-, hőmérséklet-, nedvesség-profil, valamint a sugárzási egyenleg megismeréséhez szükséges adatokat.

A faállomány sugárzás-háztartása

A faállomány koronaszerkezetének megismerése érdekében, döntött mintafák részletes vizsgálata alapján készült el a levélfelület index (*LAI*) hisztogram (Bognár & Vig 2004; 1.3.-2. ábra). A hisztogram a kimagasló, az uralkodó, a közbeszorult és az alászorult egyedek koronasűrűségét ábrázolja. A mintaterület összesített *LAI* indexe 8,8 m²/m². A levél a felületére eső sugárzás egy részét reflektálja, egy részét elnyeli, a maradékot áttereszti. A reflektált sugárzás aránya a koronaszinten belül fölülről lefelé csökken, az elnyelés mértéke pedig

a koronasűrűség (az 1 m vastag szintre jutó levélfelület index) függvénye.

Az állomány sugárzásháztartási paramétereinek napi menetét mutatja be az 1.3.-3. ábra 2010. július 15-re. A hajnali napsütést 5 óra körül felhősödés zavarta meg, délelőtt derült volt az ég, 12 órától 14 óra 20 percig vastag felhőzet takarta az eget, majd újra kiderült, végül 15 óra után erős borultság hozott 20 óra 20 perctől egy órán keresztül hulló jelentős

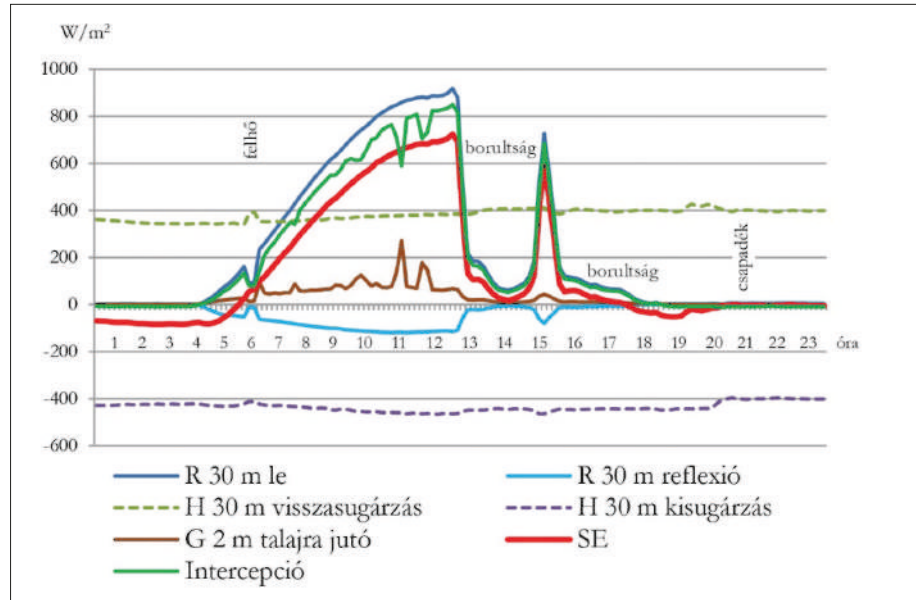


1.3.-2. ábra. A mintaterület levélfelületének eloszlása a faállomány szociológiai kategóriái szerint (Jelmagyarázat: Kimag. = kimagasló, Uralk. = uralkodó, Kösz. = közbeszorult, Alász. = alászorult)

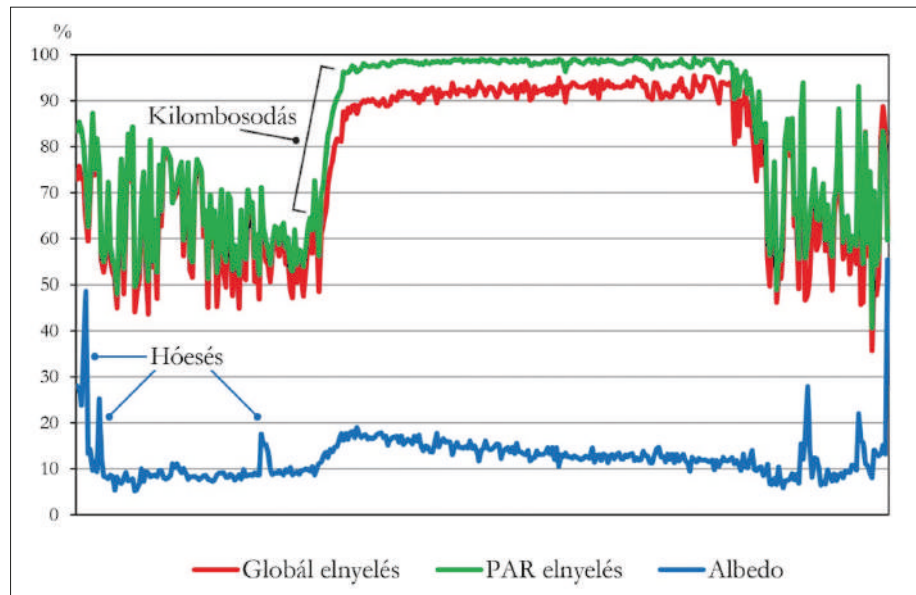
csapadékot (45,7 mm). A sugárzási egyenleg meghatározására a koronaszint fölött elhelyezett mérőszköz négy szenzorjának adatai szolgáltak. A sötétkék vonal (R 30 m le) mutatja a beeső rövidhullámú (globál), a világoskék a visszavert rövidhullámú, a szaggatott lila a hosszuhullámú kisugárzás, a szaggatott világoszöld pedig az üvegházhatásból keletkező hosszuhullámú visszasugárzás értékeinek napi menetét. A fenti adatok egyenlegének napi menetét a piros vonal mutatja. A napi sugárzási egyenleg 12,31 MJ/m² volt. A beeső

rövidhullámú globálsugárzás összeg 19,9 MJ/m²-t tett ki, amelyből 17,4 MJ/m²-t (87%-ot) a koronaszint nyelt el (zöld vonal), 2,5 MJ/m² (13%) érte el az avart (barna vonal).

A nyári csapadékban gazdag 2010. év globálsugárzás-összege 4034 MJ/m² volt. Ebből a talajra 758 MJ/m² (19%) jutott, az aktív felszín sugárzási egyenlege 2131 MJ/m² (53%) volt. Az energiaforgalom túlnyomó része a tenyészidőszakban zajlik le: a globálsugárzás-összeg 3042 MJ/m² (75%), a talajra jutó sugárzási energia 472 MJ/m² (12%), a felszín sugárzási egyenlege 1855 MJ/m² (46%) volt. Az erdő intenzívebb tenyészidőszaki sugárzás-elnyelésére utal, hogy a beérkező energiának lombtalan állapotban 42%-a, lombos állapotban 8%-a jutott át a koronaszinten. A sugárzási intercepció és az albedo éves menetét mutatja be az 1.3.-4. ábra. Figyelemre méltó, hogy a fotoszintetikusan aktív sugárzásnak (PAR)



1.3.-3. ábra. A sugárzási paraméterek napi menete 2010. július 15-én.
Az ábra magyarázata a szövegben



1.3.-4. ábra. A sugárzási intercepció és az albedo éves menete 2008-ban

mintegy 98%-át elnyeli a lombzat. A kilombosodás során a levelek világos színe miatt az albedo (az ábrán kék színben) emelkedik, majd a lombzat sötétedésével csökken.

A fállomány hőháztartása

Lombtalan állapotban a 11% albedóval csökkentett globálsugárzási energia 64%-át a fák kültakarója, 36%-át az avar nyeli el, amelynek túlnyomó része a felszín hőmérsékletét növeli, elenyésző része evaporációt vált ki. Nyugalmi időszakban az erdő az egyéb felszíni formáknál jobban melegíti a légkört, mert az avar hőszigetelő képessége miatt a talaj mélyebb rétegei nem melegsenek fel hővezetés útján, a koronaszint által felfogott hó pedig könnyen elolvad, így az elnyelt sugárzási energiával többnyire a felszínnel érintkező

levegőt melegíti fel. Ebben az időszakban a sugárzástanilag aktív felszín vastagsága megegyezik az állomány magasságával.

Lombos állapotban a 14% albedóval csökkentett globálsugárzás 92%-át a koronaszint nyeli el. Ennek egy részét a fotoszintézis emésztí fel, jelentős hányada evapotranszpiráció útján hasznosul, a maradék a levél-felszínnel érintkező levegőt fűti. A gyepszint vagy avar a maradék 8%-ot hasznosíthatja. A talaj hőforgalma ebben az időszakban is igen korlátozott. Az aktív felszín a koronaszint. A besugárzás hatására ez melegszik fel, a kisugárzástól ez hűl le legintenzívebben. Ezáltal a koronafelszín magasságában a legnagyobb a napi hőmérsékleti ingás.

A sugárzási egyenleg hasznosulása

A sugárzástanilag aktív felszín a sugárzási egyenlegből (*SE*) származó energia hasznosulási formái: a tényleges evapotranszpiráció (*TET*) látens hőigénye, a levegő hőforgalma (szenzibilis hő), a növényzet által – főleg fotoszintézisre – felhasznált energia, valamint a talaj hőforgalma. A látens és szenzibilis hőáram a különböző magasságokban 10 percenként mért páratartalom és hőmérséklet adatok felhasználásával számítható. A humiditás aktuális mértékét a Bowen-arány mutatja meg, amely a szenzibilis és látens hő hányadosaként fejezhető ki (Bowen 1926). Az év során megtermelt biomassza-produktum előállítására és a légzés energiaigényének kiszolgálására az erdő teljes tenyészidőszak alatt kifejtett fotoszintetikus aktivitása során elnyelt energia szolgál. A talaj hőforgalma az árnyékoltság és avar hőszigetelő képességének hatására elenyészőnek tekinthető.

Hőáramok

Az energia-áramlás napi megoszlására egy jellegzetes, zavartalan nyári napot (2010. július 21.) mutatunk be, amikor $28,347 \text{ W/m}^2$ sugárzás mellett a hőáramok a következőképpen alakultak: a szenzibilis hőáram $6,300 \text{ W/m}^2$ (22%), a látens hőáram $20,730 \text{ W/m}^2$ (73%) volt, a fennmaradó 5%-ot nagyjából a fotoszintézis „fogyasztotta el”. A kétféle hőáram hányadosaként képzett Bowen-arány (0,30) aránylag kedvező, humid viszonyokra utal.

Az energiaforgalom havi értékeinek megoszlása 2007. június hónapban a következő volt: globálsugárzás összeg: 598 MJ/m^2 , a sugárzási egyenleg $357,7 \text{ MJ/m}^2$, a szenzibilis hőáram $83,8 \text{ MJ/m}^2$, a látens hőáram $219,0 \text{ MJ/m}^2$, a Bowen-arány 0,38. A látens hőáram $87,6 \text{ mm}$ csapadék elpárologtatásával egyenértékű, ami $57,2 \text{ mm}$ -rel több a lehullott $30,4 \text{ mm}$ havi csapadékösszegnél. A hiányzó vízmennyiséget a talajban hozzáférhető (diszponibilis) vízkészletből nyerte a faállomány. Erős besugárzás és csapadékhiány esetén a holtvíz tartalmat közelítő, alacsony diszponibilis vízkészlet mellett a talajkolloidok vízre gyakorolt szívóereje (mátrixpotenciálja) oly mértékben növekszik, ami már nehezíti a gyökerek vízfelvételét (Vig 2009). A transzspiráció fékeződése olyan öngerjesztő folyamatot erősíthet, amelynek során a Bowen-arány tovább nő, és a sugárzási egyenleg egyre nagyobb hányada alakulhat át szenzibilis hővé (lásd az 1.3.-2. táblázatban a 2007. IV–VII. havi adatokat). A sugárzási egyenlegből (*SE*) hiányzó $54,9 \text{ MJ/m}^2$ energiának (a június havi globálsugárzás összegének 9,2%-a) kb. kétharmadát a fotoszintézis, egyharmadát a talaj felmelegedése emésztette föl.

A faállományok életkörülményeinek vizsgálatát tenyészidőszaki léptékben érdemes értékelni. A vizsgált időszak csapadéokban meglehetősen gazdag volt, ezért a kezdetben negatív vízmérlegű 2007. év tenyészidőszaki adatait hasonlíthatjuk össze a jelentős csapadékbősséggel jellemezhető 2010. évével. Az előbbit az 1.3.-2. táblázat, az utóbbit az 1.3.-3. táblázat mutatja be.

1.3.-2. táblázat. A száraz 2007. év tenyészidőszaki energiamérlegének havi összesített adatai

2007	SE (MJ/m ²)	Szenzibilis hő (MJ/m ²)	Látens hő (MJ/m ²)	TET (mm)	P (mm)	Elyelt hő (MJ/m ²)	Bowen- arány	P-TET (mm)
IV.	298,27	98,83	98,65	39,5	0,2	100,79	1,00	-39,3
V.	359,75	52,36	233,44	93,4	95,6	73,95	0,22	2,2
VI.	357,74	83,84	219,02	87,6	30,4	54,88	0,38	-57,2
VII.	364,65	123,63	213,66	85,4	74,5	27,36	0,58	-10,9
VIII.	337,48	95,00	224,37	89,7	100,1	18,11	0,42	10,4
IX.	163,43	64,45	162,99	65,2	203,8	-64,01	0,40	138,6
Összesen	1881,32	518,11	1152,13	460,8	504,6	211,08		43,8

SE = sugárzási egyenleg

TET = tényleges evapotranszpiráció (Vig 2004)

P = csapadék

1.3.-3. táblázat. A csapadékos 2010. év tenyészidőszaki energiamérlegének havi összesített adatai

2010	SE (MJ/m ²)	Szenzibilis hő (MJ/m ²)	Látens hő (MJ/m ²)	TET (mm)	P (mm)	Elyelt hő (MJ/m ²)	Bowen- arány	P-TET (mm)
IV.	278,5	97,1	83,2	33,3	56,5	98,3	1,17	23,2
V.	262,50	37,08	102,03	40,8	154,9	105,6	0,36	114,1
VI.	373,03	86,24	248,53	99,4	125,9	38,3	0,35	26,5
VII.	446,48	131,15	292,25	116,9	90,4	23,1	0,45	-26,5
VIII.	311,27	19,67	211,07	84,4	158,4	80,5	0,09	74,0
IX.	201,38	58,56	155,15	62,1	82,5	-12,3	0,38	20,4
Összesen	1873,19	429,80	1092,19	436,9	668,6	333,5		231,7

A fotoszintézis során elnyelt energia

2002-ben és 2010-ben elvégzett teljes fatérfgogat felvétel, a ledöntött kimagasló, uralkodó, közbeszorult és alászorult mintafák teljes törzselemzése, minden ötödik egyedből vett növedékcsoportok elemzése alapján számítottuk a 2006–2010. évek folyónövedékét. Értéke összecseng Kollár (2022) adataival. Führer (2002) fatérfgogat-dendromassza átszámítási módszerének alkalmazásával az utolsó öt év fotoszintetikus tevékenysége során előállított, és az ökoszisztéma további energianyero folyamatainak (fogyasztás, lebontás) eredményeként megmaradt szervesanyag mennyisége és energia tartalma így összehasonlíthatóvá vált az időszak sugárzási paramétereivel. A fotoszintézis tenyészidőszakra vonatkoztatott efficiencia (hatásfok) értékeit az 1.3.-4. táblázat tartalmazza. A táblázat adatai összecsengenek a szakirodalomban olvasható értékekkel, miszerint a tenyészidőszaki globálsugárzás összegnek 0,73%-a, a sugárzási egyenlegnek 1,25%-a marad átlagosan szervesanyag formájában megkötve az erdőben. A bükkös efficiencia értékei alacsonyabbak a szántóföldi kultúrákra jellemzőknél (búza: 2,6%, burgonya: 2,3%), ahol a természetes táplálékláncot az emberi beavatkozás megszakítja. Ez azonban nem azt jelenti, hogy a fotoszintézis a sugárzási energiának csupán ekkora hányadát veszi igénybe az ökoszisztéma szervesanyag-bázisának az előállításához. Jones (2014) szerint a C3 fotoszintézis egyes lépéseinek halmozott hatásfoka a globálsugárzásra nézve maximum 4,6%-nak tekinthető és a PAR a globálsugárzás energiájának 48,7%-át teszi ki. A vizsgált bükkösben ez az arány csupán 43,8%. Ennek figyelembevételével a bükkös a vizsgált időszakban a tenyészidőszaki globálsugárzás összegnek átlagosan

gosan 3,3%-át, mintegy 105 MJ/m²-t nyelt el fotoszintézisre. A fotoszintézis által elnyelt energiának a PAR és globálsugárzás alapján számított értékeinek éves átlaga szinte megegyezik, a globálsugárzásból számított adatok viszont nagyobb variabilitást mutatnak (1.3.-4. táblázat).

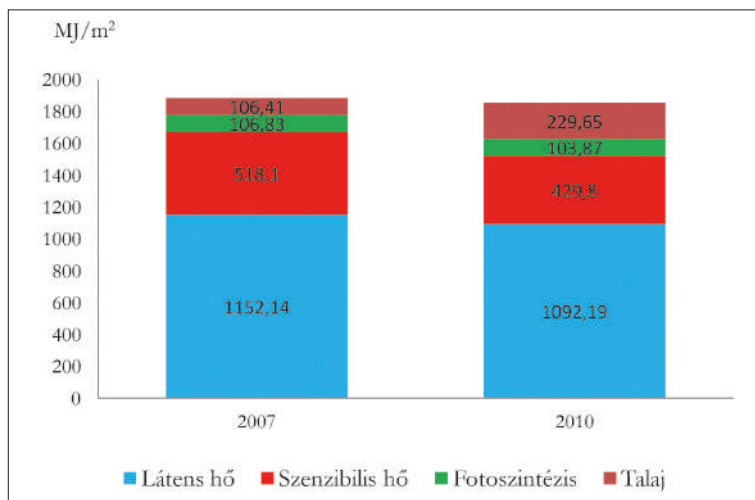
1.3.-4. táblázat. A fotoszintézis során szervesanyagban megkötött energia évenkénti értéke és a sugárzásháztartási komponensekre számított efficienciája

Év	F.növ. (m ³ /ha)	F.növ. (kg/ha)	Száraz anyag (kg/ha)	Energia (MJ/ ha)	Energia (MJ/ m ²)	T.i. glob. sug. (MJ/m ²)	Eff. glob. sug. (%)	T.i. PAR (MJ/m ²)	Eff. PAR (%)	Fot./ glob. (MJ/m ²)	Fot./ PAR (MJ/m ²)
2006	13,04	13171,9	11544,2	209873	20,99	3298,3	0,64	1444,8	1,45	107,19	107,35
2007	12,68	12813,2	11273,57	204953	20,5	3414,9	0,60	1437,8	1,43	110,98	106,83
2008	15,5	15645	13448,43	244492	24,45	3181,7	0,77	1375,3	1,78	103,41	102,18
2009	17,11	17296,7	14741,43	267999	26,8	3142,4	0,85	1388,7	1,93	102,13	103,18
2010	15,49	15639,3	13445,97	244447	24,44	3042,1	0,80	1397,6	1,75	98,87	103,84
Átlag	14,76	14913,2	12890,72	234353	23,44	3215,9	0,73	1408,8	1,67	104,52	104,68

F.növ. = folyónövedék; T.i. = tenyészidőszaki; Eff. = effektív; Fot. = fotoszintézis; glob.sug. = globálsugárzás

Összegzés

A Nap sugárzási áramának a Föld légkörén átjutó energiája az erdő jelentős magassági kiterjedésű, sugárzástanilag aktív felszínét elérve, dinamikusan változó fizikai, kémiai és biológiai folyamatok során hasznosul. A vizsgált középkorú bükkösben a faállomány döntő szerepet kap a sugárzási egyenleg kialakításában. Lombtalan állapotban a fakoronák és a talaj sötét színe, a tenyészidőszak során a levélzet zöld színe eredményez alacsony albedót. A 8,8 m²/m² levélterület indexnek (*LAI*) köszönhetően a lombkorona a gyökérzónában rendelkezésre álló diszponibilis vízkészlet felhasználásával a látens hőáram mértékét növeli, de figyelemre méltó a fotoszintézis által elnyelt energia mértéke is. Így a szenzibilis hőáram mértéke a tenyészidőszak során jelentősen csökken. A látens és szenzibilis hőáram monitorozásával, a fotoszintézis által elnyelt energia becslésével elkészíthető az erdő éves energia mérlege (1.3.-5. ábra). 2007-ben a tavaszi csapadékhiány és a magasabb globálsugárzás összeg a szenzibilis hőáram mértékét növelte, az évi folyónövedék képzését mérsékelte, a látens hő éves kibocsátását viszont a későbbi csapadékbőség kiegyenlítette. 2010-ben a kedvezőbb tavaszi vízellátottság és a koronaszint által elnyelt több sugárzási energia az évgyűrű korai pásztajának képzését jobban segítette. A fotoszintézis által megkötött energia a szenzibilis hőáramot csökkentette, a csapadékbőség hatására a nedvesebb avar és talaj hóháztartása intenzívebb lett.



1.3.-5. ábra. A bükkös sugárzási egyenlegének felhasználása száraz (2007) és csapadékos (2010) évben

A felszín-légkör energiaforgalmából a fotoszintézis által kivont energia túlnyomó része nem épül be az öko-

szisztéma szervesanyag készletébe, hanem felemésztik a biokémiai folyamatok, vagy az élelmi lánc tápanyagforgalma által hasznosul. Ezzel az erdő a felszín közeli légréteg hőmérsékletének csökkentésével hatékonyabban mérsékli a globális fölmelegedést, mint a szén-dioxid mérlegre kifejtett hatása révén.

A bükkösök vízgazdálkodása és vízforgalma

Gribovszki Zoltán, Führer Ernő, Kalicz Péter, Vig Péter, Zagyvainé Kiss Katalin és Herceg András

A bükkösök vízmérlegének bevételi eleme, a fajaf klímazonális elterjedéséből és jellegzetességeiből eredően, szinte kizárólag a csapadék. A csapadékból a koronaszintben maradó és a csapadékesemény alatt és közvetlenül utána a légkörbe visszapárolgó vízmennyiség, vagyis a korona-intercepció, az éves csapadéknak megközelítőleg 30–35%-a. Egy tölgyes 20–25%-os intercepciójához képest ez jelentősebb tétel a bükk sűrűbb koronája miatt, viszont a fenyők hozzávetőlegesen 30–40%-os intercepcióvesztésével összevethető Járó (1980), Führer (1984, 1992, 1994a), Kucsara (1998), valamint Bolla és munkatársai (2024) adatai szerint.

Csapadék kategóriánként elemezve, míg egy 0–2 mm-es kicsapadék szinte teljes egészében intercepcióvesztésként jelenik meg, addig a nagyobb csapadékokból egyre csökkenő arányban részesül; pl. egy 30 mm-nyi csapadékból csak kb. 5–10 mm az intercepció. Így árvízvédelmi szempontból a hatékony csapadék mennyiségének csökkentésében az intercepciónak kisebb a jelentősége, viszont vízkészlet-gazdálkodási szempontból igen nagy fontosságú tétel egy bükkös vízmérlegében.

A csapadék megtapadására rendelkezésre álló felület télen, a lombozat hiányában, lényegesen kisebb, viszont az alacsonyabb hőmérséklet miatti viszkozitás-növekedés következtében, az ágakon és a törzsön megtapadó vízfilm vastagabb lehet, és a csapadékok is jellemzően kisebb intenzitásúak télen. Előbbiek miatt a



1.3.-6. ábra. Lefolyás a bükk törzsén
(Fotó: Zagyvainé Kiss Katalin)

téli intercepció mennyisége, bár alatta marad a nyárinak (Führer 1992), de közel sem annyival, mint amennyit a lombkorona felületcsökkenése jelent. A bükkösök élőhelyein alkalmanként előforduló ködös/párás időben a levegőből kiszűrt nedvesség az ágakról lecsöpögve, azokon lefolyva többlet vízbevételeként ún. „negatív intercepcióként” (intercepcióvesztésként) is jelentkezhet (különösen hó, durva szemcsés zúzmara és ónos eső esetében), ennek pontos mértéke azonban a hazai erdőkre nem ismert.

Záródott állományban a bükk koronája sudaras, ágai felfelé irányulnak, így az ágakra jutó csapadékvíz jelentős részét a törzsre vezeti (1.3.-6. ábra). A bükk sima kérge kisebb víztároló kapacitású, ami növeli a törzsi lefolyás mértékét (Levia & Herwitz 2005). Az állományi csapadékból (amely az áthulló és a törzsön lefolyó csapadék összege) a törzsi lefolyás részaránya a bükk esetében a hazai fajok közül az egyik legjelentősebb. Egy bükkösben a törzsön lefolyó vízmennyiség a csapadék kb. 10–16%-a, míg egy lucos esetében ez csak 2–3% közötti (Kucsara 1996). A különbség magyarázata, hogy a luc esetében az ág- és tűlevél szerkezet nem a törzs, hanem a korona szélei felé vezeti a koronára hulló csapadékvizet. Führer (1994a) mérései szerint egy soproni, 90 éves bükkösben 40 mm-es szabadtéri csapadék

mellett egy-egy bükk törzsön átlagban 200 liter víz is lefolyik. Délnyugat-németországi adatok szerint, humidabb klímában a bükkösök törzsi lefolyása az éves csapadék 15–18%-át teszi ki (Peck 2004). Levia és Frost (2003) szerint lombtalan időszakban a törzsi lefolyás általában nagyobb, mint lombos időszakban, bár ezt Führer (1994a) hazai mérései nem igazolták vissza.

Metzger és munkatársai (2021) a németországi Hainich Nemzeti Park bükkösét vizsgálva megállapították, hogy a törzsi lefolyás a csapadékesemény és a fák átmérőjével emelkedett. Mivel a mellmagassági átmérő összefügg a korona átmérőjével, ill. térfogatával, annak vízfelfogó, ill. vízösszegyűjtő képességét is meghatározza (Führer 1994a). Európai szinten is a bükk az egyik legalacsonyabb törzsi lefolyás képződési küszöböt és a legmagasabb törzsi lefolyási arányt mutatja (Carlyle-Moses & Schooling 2015). Hazai viszonyok között bükkösökben a törzsi lefolyás 2–3 mm-es csapadék mellett indul el. A törzsi lefolyásnak a vízellátás befolyásolása mellett a lemosódó tápelemek törzsközeli koncentráálásában is kimutatható szerepe van (lásd ugyanabban a főfejezetben a »Tápelem-készlet és -forgalom« alfejezetet is).

A bükkösökben (a lucfenyővel ellentétben) a törzsi lefolyás és a gyökerek által előidézett preferenciális áramlás a talajmatrix nagy részét megkerülő, gyors, oldalirányú, felszín alatti áramlást idézhet elő, a gyökérágak körül kialakuló, fokozatosan bővülő rések mentén; a fa így hatékonyan öntözi magát. Ennek következtében a bükkös erdőársulásokban a mélyebb talajrétegek is viszonylag gyorsabb és jelentősebb vízbevételi lehetőséggel rendelkeznek, fokozva ezzel a felszínközeli lefolyás és a mélybeszivárgás lehetőségét is (Schwärzel et al. 2012).

A klímaváltozás hatására a jövőben a csapadék egy-egy nagyobb esőben koncentrálódva valószínűleg csökkenti majd az intercepciós veszteséget. Terepi mérések és klímamodellek adatai alapján egy Sopron környéki bükkös koronaintercepciós vesztesége 30%-ról 27–28%-ra csökkenhet majd a 21. század végére Kalicz és munkatársai (2017) vizsgálatai szerint.

Hidrológiai szempontból a koronán áthulló és a törzsön lefolyó víz részben az avar benedvesedésére fordítódik, és avar-intercepcióként csökkenti a talajba szivárgó vizet. A bükk alomja bár vékony, de igen kemény, jelentős kvasav-tartalommal, mely nehezen fogyasztható az avarlakó állatok számára, és így vastag avartakaró halmozódhat fel (1.3.-7. ábra). Varga (1962) megállapította, hogy az avar bomlási folyamatokért felelős mikrofaunája viszont csak akkor aktív, amikor az alomréteget kapilláris vagy adhéziós víz nedvesíti át.

Az egyes alomnemek abban is meghatározóak, hogy az egymáson fekvő rétegek az üregképzésükkel a víztartást vagy a vízelvezetést mennyire segítik. A bükk vízszintesen fekvő leveleivel nagyobb hajszáledényeket képez, lassabban szivárog el a csapadék, mint például a fenyők esetében. Ijjász (1936) a bükk nyersalom takarója által megkötött vízmennyiség értékét vastagsági cm-ként 3,7 l/m²-ben határozta meg. Megfigyelései alapján az alomtakaró rétegei (alom, moder, érett televényréteg) által megkötött vízmennyiség arányszáma a bükkalomnál 1:30:33. Führer (1994a) bükkösben végzett vizsgálatai szerint az avarintercepció nagysága az 1988–1992-es évek átlagában a szabadtéri csapadékhoz



1.3.-7. ábra. A bükkös avarszintje (fentről és metszetben) (Fotó: Zagyvainé Kiss Katalin)

viszonyítva télen, a tárolási szakaszban (XI–IV. hónapban) 15%, a fő felhasználási szakaszban (V–VII. hónapban) 13%. Ebben a vizsgálatban nemcsak a lehullott és részben bomlásnak indult levelek képezték a vizsgálat tárgyát, hanem az 1–3 cm-es humuszosodott szervesanyag szint is. Ugyanakkor egy kocsánytalan tölgyesben 5–7% körül határozták meg az avar-intercepció értékét (Zagyvainé et al. 2014). Az erdei avar vízraktározási kapacitása közel arányosnak vehető az összegyűlt avar tömegével és kevésbé függ a fafajtól (Putuhena & Cordery 1996; Zagyvainé et al. 2013).

Az avar intercepciója azonban nemcsak veszteségként jelentkezik, hanem talajtakaróként a talajpárolgást csökkenti. Másrészt az avartakaró magas porozitásával a beszivárogtatási kapacitást jelentősen növeli és így a felszíni lefolyást felszínközeli lefolyássá transzformálja. Eróziógátló hatása részben az előbbi beszivárogtató és csapadékszétosztó hatása miatt jelentkezik, ugyanakkor fontos szerepe még a talajfelszín védelme a csapadék kinetikai ütőhatásától is.

A bükk kiterjedt gyökérrendszere lehetővé teszi azon vízforrások kiaknázását, amelyek a sekély gyökéretű vegetáció számára nem elérhetőek (lásd még ugyanebben a főfejezetben »A finomgyökéret és a fizikai talajféleség kapcsolata« alfejezetet). A bükk a jól szellőzött talajokat kedveli, mert gyökerei ilyen körülmények között hatékonyabban tudják felvenni a talajszemcsékhez kötött vízmennyiséget.

Az erdőtalajba szivárgó víz jelentős része a talajnedvességhez járul hozzá. E vízmennyiség a bükkösök esetében a transzspiráció szinte kizárólagos forrása, hiszen a bükk általában nem használ fel párologtatásához talajvizet. A bükkösökre megállapított transzspirációs értékek szóródása jelentős, de a különböző módszerekkel meghatározott párologtatási értékek összevethetőek. A szervesanyag-produkció alapján Járó (1981) szerint a bükkösök transzspirációja 188 mm/év-re tehető, míg Csáki (2020) adatai szerint a hazai bükkerdők transzspirációja 240–480 mm/év tartományban jellemző. Csapadékosabb atlanti klímában egy németalföldi bükkös párologtatása átlagosan 360 mm/év-nek adódott (Verstraeten et al. 2005), de Vig (2002) egy soproni-hegységi bükkösben 1996-ban a 898 mm tenyészidőszaki csapadékból 469 mm faállományi transzspirációs vízfogyasztást mért. Viszont 1997-ben, feleannyi (450 mm) tenyészidőszaki csapadékösszeg ellenére, 484 mm volt a faállomány transzspirációja a fokozott párologtatási kényszer hatására. Az erdőállomány a többlet vízigényt a gyökérszóna hozzáférhető (diszponibilis) vízkészletének szinte teljes kiaknázása útján pótolta.

Más fafajokkal összehasonlítva Járó (1981) szerint a párásabb klímában tenyésző erdők, mint a bükkös, vízfelhasználása kevesebb, mint a szárazabb termőhelyeken tenyészőké (kocsányos tölgyes, hazai nyáras). Novosadová és munkatársai (2023) Csehországban elegyetlen bükkös és bükkös-tölgyes-hársas állományok vízháztartását hasonlították össze. A transzspiráció az elegyetlen bükkösben a talajfelszínre elérő csapadék kb. 70%-át tette ki, de elegyes állományban ez az arány magasabb volt (71–100%). Az eltérő transzspirációs arányok oka a gyökérrendszer típusa, a sztómaszabályzás és a levélterület különbségei voltak. A bükknek a talaj víztartalmát és a párányomáshiányt kezelő élettani stratégiáját részletesen ismerteti az 1.2. fejezetben »A bükk fiziológiája« alfejezet.

A bükkösök komplex vízmérlegére és a bükkösökből elfolyó vizekre vonatkozóan kevés hazai adat van. Egy Soproni-hegységben kialakított mintaterületen (1.3.-8. ábra) Vig (2002) szerint az 1996/97-es hidrológiai évben a bükkös vízmérlege a követke-



1.3.-8. ábra. Intercepció és állományklíma mérés a Soproni-hegység Új-Hermes melletti bükkösében (Fotó: Gribovszki Zoltán)

zöképpen alakult: az éves evapotranszspiráció 719 mm volt, amelyből 71% volt a transzspiráció és 29% a lombkorona-, illetve az avar-intercepció. Az adott csapadékviszonyok mellett a felszíni/felszínközeli lefolyás minimális volt (3–4%), és a mélybeszivárgás, amely a talajvíz-utánpótlódást szolgálja, sem volt meghatározó (kb. 4%).

Bár a vizsgált soproni bükkösről konkrét lefolyási adatok nem álltak rendelkezésre, viszont arról a kisvízgyűjtőről igen, ahol a bükkös található. A 2000-es év hidrológiai adatait feldolgozva megállapítható, hogy a teljes egészében erdősült kisvízgyűjtőn az éves lefolyási arány 10% körüli, és a felszíni/felszínközeli lefolyás aránya ebből szintén 10%, így az árhullámok víztömege a területre hulló éves csapadéknak kb. 1%-a (Gribovski et al. 2006). Ez az 1% azonban jellemzően nem a záródott erdőterületről, hanem a burkolt- vagy földutakról és a rakodók területéről származik. (lásd még 3.1. fejezetben »A bükkösök hidrológiai adottságai« alfejezetet is.)

Az éven belüli növekedés szakaszai és az időjárás szerepe

Führer Ernő és Jagodics Anikó

A klímaváltozással kapcsolatos előrejelzések szerint Magyarország időjárása az eddigieknél melegebb és szárazabb lesz, ezért a faállományok növekedési feltételeinek minél alaposabb feltárása a klímaváltozás ökológiai és ökonómiai következményei és az erdők klímavédelmi szerepe miatt is egyre inkább előtérbe került (Führer 1995; Manninger 2004; Szabados 2004, 2006; Somogyi 2008b, 2009; Solymos 2009; Manninger et al. 2011; Führer et al. 2013; Horváth & Mátyás 2014; Illés & Fonyó 2016; Führer et al. 2016a, b; Mátyás 1996, 2018).

1985 és 2007 között, 22 éven át (1998 kivételével) egy idős, 2008-ban 108 évesen letermelt bükkös faállományban, a törzsekre mellmagasságban felszerelt Liming-szalagok (Liming 1957) segítségével hetenként kerületnövekedés-méréseket végeztek a Soproni-hegységben (Führer et al. 2016a, b). A vizsgált erdőtípus *Oxalis acetosella*-bükkös volt, délkeleti kitettségű, enyhe lejtésű hegyoldalon, kb. 400 m tengerszintfeletti magasságban. A talajképző kőzet gneisz, az azon kialakult genetikai talajtípus pedig egy mély termőrétegű agyagbemosódásos barna erdőtalaj podzolos változata. Az átlagos faállomány-viszonyokra jellemző helyen egy 50×50 m-es parcellán megmérték valamennyi törzs magasságát és mellmagassági átmérőjét. Az állomány jó növekedésű (II. fto.) volt, hektáronkénti törzsszáma 362 db, élőfakészlete 732 m³, átlagos átmérője és magassága pedig 37 cm, ill. 32 m.

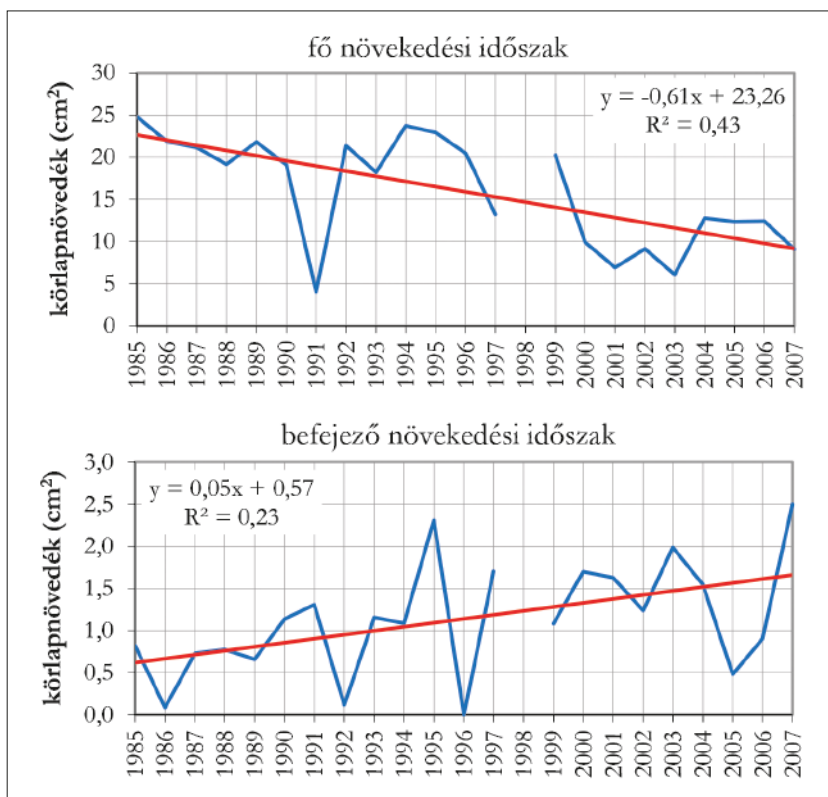
A törzsenkénti felvételekből megállapított állományszerkezetnek megfelelően kiválasztottak 4 uralkodó és 3 kimagasló szociális helyzetű törzset. Az alszorult helyzetű törzseket kihagyták az értékelésből, hiszen azoknál a növekedést az időjáráson kívül a szociális helyzetük is nagymértékben befolyásolja. Rögzítették a teljes vegetációs periódus (április–október) alatti növekedést. Továbbá a rendelkezésre álló havi meteorológiai adatokhoz illesztve, a havonkénti növekedés mellett olyan periódusokat is elemeztek, melyek lefedik a kezdeti (április), a fő (május–augusztus) és a befejező (szeptember–október) növekedési szakaszokat. Ezen időszakokat egy speciális keretrendszer, az ún. CReMIT alkalmazásával (Edelényi et al. 2011; Pödör et al. 2014) értékelték.

A mérések alapján a heti kerület-változásokból kiszámított évenkénti és fánkénti körlapnövedékek átlaga 17,9 cm² (évyűrűszélességben: 1,56 mm), a legnagyobb növekedésű, kimagasló szociális helyzetű fánál ennek értéke 31,3 cm² (évyűrűszélességben: 2,60 mm), a legkisebb növekedésű, de még uralkodó szociális helyzetűnél pedig 5,52 cm² (évyűrűszélességben: 0,56 mm). Az átmérő-növekedés a soproni helyszínen április első felében kezdődött, és október közepéig befejeződött. A 22 év átlagában a vizsgált törzsek éves körlapnövedékének 88%-a a fő növekedési időszakban (V–VIII. hó) képződött, a kezdeti növekedési időszakban (IV. hó) annak valamivel több mint 5%-a, míg a befejező növekedési időszakban (IX–X. hó) valamivel kevesebb mint 7%-a. Az egyes törzsek között nemcsak az éven belüli teljes növekedésben van eltérés, hanem annak az egyes növekedési időszakokra jutó aránya is más és más. Az éves körlapnövedékek

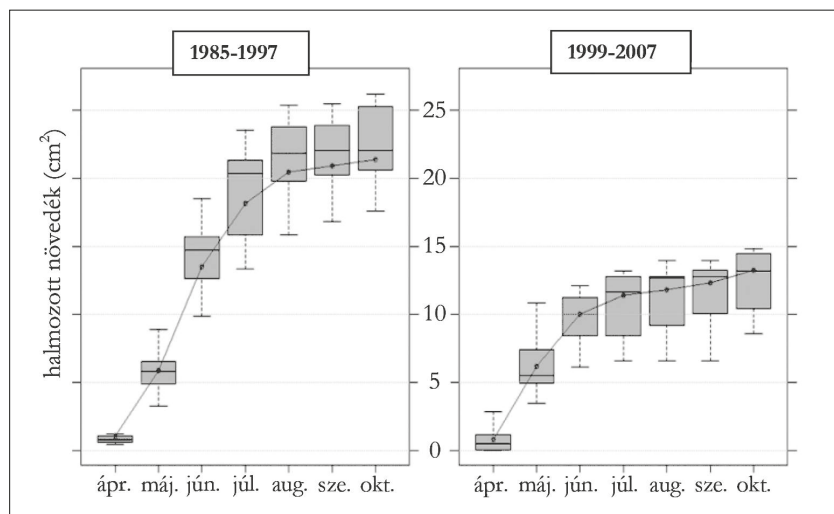
évenkénti értékei az idő előrehaladtával egyértelműen csökkenő trendet mutatnak. Hasonló eredményeket közölt Garamszegi és Kern (2014, 2016) is, akik egy dunántúli-középhegységi és két északi-középhegységi mintaterület négy különböző korú bükkös állományából származó, reprezentatív mintafákon végzett kör-lap-növedék-mérések sok évtizedes adatsorai alapján az elmúlt 30–40 év során növekedés-lassulást, az esetek többségében növekedéscsökkenést mutattak ki. Ez az idősebb állományok esetében természetesen összefügg az állományok korával is, de a mérési időintervallum alatt megfigyelhető egyértelmű hőmérséklet-emelkedéssel is. Fühner és munkatársai (2016a, b) elemzésének kiemelkedő eredménye az a megállapítás, miszerint az éghajlat változása következtében, a fő növekedési időszakokban trendszerűen csökkenő átlagos kör-lap-növedékek egyidőben, a kezdeti növekedési időszak növedéke az éves növedék arányában, a befejező növekedési időszakokra eső növedék pedig nemcsak arányában, hanem abszolút nagyságában is egyre növekszik (1.3.-9. ábra).

Az egyes hónapok növedékét külön-külön szemlélve megállapítható, hogy 22 év átlagában a fő növekedési perióduson belül a legnagyobb növekedés júniusban ($6,08 \text{ cm}^2$), majd májusban ($5,05 \text{ cm}^2$), júliusban ($3,31 \text{ cm}^2$) és augusztusban ($1,52 \text{ cm}^2$) figyelhető meg. A töréspont-elemzés alapján május és szeptember kivételével a többi hónap, ezen kívül a fő növekedési (V–VIII.) és az egész növekedési (IV–X.) periódus növekedési ütemében 1994 és 2001 között szignifikáns változás állt be. Azaz a növekedési periódus első öt (IV–V–VI–VII–VIII.) hónapjában a töréspontot jelölő évszámok előtti átlagos növedékek jóval nagyobbak az évszámot követő átlagoknál, szeptemberben és októberben viszont fordított a helyzet (1.3.-5. táblázat). Ezért

külön értékelték az 1985-től 1997-ig és az 1999-től 2007-ig terjedő időszak növekedési viszonyait. Az eltérés nemcsak abszolút értékben, hanem az egyes hónapokon belüli arányok megváltozásában is megmutatkozik. A mérési időszak első felében a legnagyobb havi növedék júniusban képződött ($7,69 \text{ cm}^2$), ennél jóval kisebb, de közel azonos májusban ($4,94 \text{ cm}^2$) és júliusban ($4,64 \text{ cm}^2$), majd csökkenő sorrendben augusztus ($2,19 \text{ cm}^2$), április ($1,04 \text{ cm}^2$), október ($0,48 \text{ cm}^2$) és szeptember ($0,45 \text{ cm}^2$) következik. Ehhez képest a mérési időszak második felében a legnagyobb növedék már májusban képződött ($5,23 \text{ cm}^2$), ami 6%-os emelkedést jelent az előző periódus átlagához képest. Júniusban ($3,26 \text{ cm}^2$), júliusban ($0,99 \text{ cm}^2$) és augusztusban ($0,37 \text{ cm}^2$) viszont már nagy volt a csökkenés (57%, 79% és 83%), amit a szeptemberi ($0,52 \text{ cm}^2$) és októberi ($0,98 \text{ cm}^2$) növekedés csak kis mértékben kompenzált (1.3.-10. ábra). Azaz a mérési időszak első periódusában az átlagos éves növedék ($21,42 \text{ cm}^2$) csaknem kétszerese a második periódus átlagos éves növedékének ($12,15 \text{ cm}^2$). A bükk növedék-változását a klíma változásával összefüggésben a 9.2. fejezet »A bükk éves növedék-menetének megváltozása« alfejezete tárgyalja.



1.3.-9. ábra. A fő és befejező növekedési időszakok kör-lap-növedékének változása a mérési időszak alatt



1.3.-10. ábra. A fánkénti havi körlap-növedék összegző görbéje a mérési periódus két szakasza átlagában

(2020) is megállapították szlovéniai bükkösökben végzett mérések alapján, hogy a nyár végi, szélsőségesen száraz időszakok hatással lehetnek a következő év átmérő-növekedésére (lásd még a »A törzs radiális növekedése és a szárazságstressz« alfejezetet az 1.2. főfejezet »A bükk fiziológiája« részében).

A teljes vizsgált időszakon belül, általában 2000-től kezdve, a növekedési időszak szinte minden hónapjának körlapnövédékeiben a töréspont statisztikák szignifikáns csökkenést mutattak ki a megelőző évekhez képest (1.3.-5. táblázat). 2000 júniusában különös erősséggel csökkent a körlapnövédékek. Előtte két évvel, 1998-tól a júniusi csapadék mennyisége markánsan csökkent, aminek a késleltetett hatása mutatkozott meg a növedék későbbi változásában. A hőmérséklet lineáris emelkedését az 1.3.-11. ábra igazolja, a júniusi növedék változó reakcióját nyilván a csapadékviszonyok is befolyásolták.

1.3.-5. táblázat. Havonkénti körlap-növekedések töréspont-elemzésének eredményei

Hónapok	Töréspont (év)	Növedék (cm ²)		
		előtte	utána	eltérés
IV.	2001*	1,16	0,51	-0,65
V.	1990	5,92	4,79	-1,13
VI.	2000**	7,69	3,26	-4,43
VII.	2000**	4,64	0,99	-3,65
VIII.	1999**	2,31	0,39	-1,92
IX.	1990	0,28	0,53	0,25
X.	1994**	0,24	0,95	0,71
IX–X.	1990**	0,62	1,29	0,67
V–VIII.	2000**	19,45	9,85	-9,60
IV–X.	2000**	21,42	12,15	-9,27

Jelölés: *p<0,1; **p<0,05 valószínűségi szinten szignifikáns eltérés

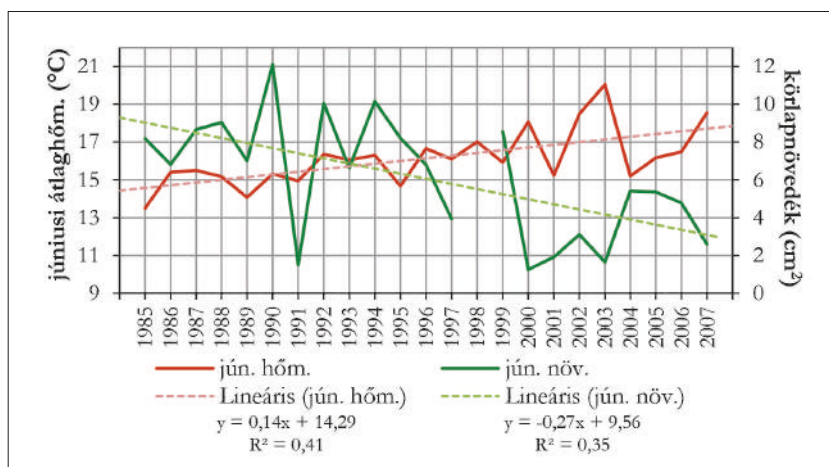
2003-ban 8,60 cm²-es éves növedéket figyeltek meg, mely a sokéves átlagnak csak a fele. Ez az év egy 2000-től 2003-ig terjedő több éves száraz periódus befejező szakasza volt. Ebben az évben az éves csapadék

(586 mm) a mérési időszak átlagos csapadéknagyságának (800 mm) csak 73%-a volt, ugyanennek megfelelő érték a növekedési periódusban 78%, a nyugalmi fázisban pedig, amikor tulajdonképpen a talaj csapadékvíz-zel való feltöltődése történik, ennél kevesebb, már csak 68%. Általában tavasszal, a téli csapadék megfelelő mennyiségben csak addig áll rendelkezésre, amíg átlagos hőmérsékleti viszonyok mellett az intenzív transzspirációs vízfelvétel ideje be nem következik. Ellenben, ha csapadékhiány lép fel különösen júniusban és júliusban, akkor az a növekedést lassítja (Fraser 1962). A vízhiány miatt csökken a levélzet mennyisége, ezzel az asszimilációs felület, és ezen állapot tartós fennállása korai levélhullást eredményezhet (Kramer 1962). A vízhiány negatív hatását az átlagosnál melegebb hőmérsékleti viszonyok jelentősen fokozhatják. Sopronban a 2003-as év kimondottan melegnek tekinthető, különösen a fő növekedési periódus (V–VIII. hó) alatt, amikor az átlaghőmérséklet (19,4 °C) 2,6 °C-kal magasabb volt a 22 éves mérési periódusra jellemző átlagnál (16,8 °C). Nem meglepő tehát, hogy a soproni bükkös növekedése július és augusztus hónapokban leállt, majd pedig a befejező növekedési szakaszban (IX–X. hó) az átlagnál 23%-kal nagyobb növekedés volt megfigyelhető. Hasonlóan a 2003-as évhez, de még annál is kevesebb növedék (5,77 cm²) képződött 1991-ben, mely évet ugyancsak rendkívüli időjárás jellemezte. Ekkor csapadékos és hűvös körülmények uralkodtak. A fő növekedési periódus 4 hónapjában lehullott csapadék összege 554 mm volt, csaknem 200 mm-rel több, mint ami a mérési periódusra jellemző átlag (359 mm). Vagyis jelentős vízfelesleg érvényesült, ami szintén növekedést korlátozó tényező. A talajban fellépő oxigénhiány és széndioxid-felhalmozódás elsősorban a gyökérzet fejlődésére hat hátrányosan (Voigt 1962). A helyzetet súlyosítja még, hogy az intenzív növekedési szakaszban (V–VI. hó) lehullott csapadék (339 mm) a mérési periódus átlagához (184 mm) képest jóval magasabb, ugyanakkor a két hónap átlagos hőmérséklete 2,7 °C-kal alacsonyabb volt 1991-ben, mint a mérési periódus átlaga (14,9 °C).

A statisztikai kiértékelés mutatta, hogy május, június, július és augusztus esetében a tárgy hó körülnövedékére a tárgy hó és az azt megelőző hónap átlagos hőmérsékletének együttes hatása erősebb, mint a tárgy hóé. A havi adatok elemzése alapján az is megállapítható, hogy a csapadék egyértelműen erősebb és hosszabban tartó hatást gyakorol a növedékre, mint a hőmérséklet. Ez alátámasztja Gutiérrez és munkatársai (2011) megállapítását, miszerint a csapadékkal szemben a hőmérséklet szervesanyag-képződésre gyakorolt hatása rövidebb (napos, hetes) időtartam alatt érvényesül.

A bemutatott adatok alapján a 22 év átlagában két legnagyobb növekedést mutató hónap a május és a június. A májusi növedékek esetében a 22 év alatt nem figyelhető meg trendszerű változás, a júniusi növedékek viszont trendszerűen csökkennek. A változás összefügg az átlaghőmérséklet trendszerű növekedésével (1.3.-11. ábra). Amíg azonban a májusi hőmérséklet emelkedése pozitívan hat a körülnövedékre, addig a rákövetkező hónapok hőmérséklete éppen ellenkező hatású, vagyis a hőmérséklet-emelkedés már növedékcsökkenéssel jár együtt. Az eredmények igazolták a május, június hónapok kiemelkedő szerepét a bükk szervesanyag-képzésében, ami egybecseng más szerzők dendrokronológiai elemzéseivel (Járó & Tátraaljai 1985; Dittmar et al. 2003; Lebourgeois et al. 2005; Di Filippo et al. 2007; Garamszegi & Kern 2014).

Az elemzés azt is mutatja, hogy a 2000-es évektől az intenzív növekedési szakasz (V–VI. hó) előbb kezdődött, ami a mérési helyen a szubmediterrán



1.3.-11. ábra. A júniusi átlaghőmérséklet ($n = 23$, $p < 0,001$) és növedék ($n = 22$, $p < 0,01$) évenkénti alakulása

klímahatás érvényesülését, ill. erősödését vetíti előre, és ez a bükk elterjedését is jelentősen befolyásolni fogja (Mátyás et al. 2010; Stojanović et al. 2013). Várható ezért, hogy a klímaváltozással már nemcsak növekedésveszteség, hanem a fák vitalitásának és ellenálló-képességének drasztikus csökkenése is bekövetkezhet (részletesebben lásd a »9. Bükkösök a változó klímában« fejezetben). Azt, hogy az egyes évek mely hónapjai játszanak nagyobb szerepet a növekedés szempontjából, a klíma helyi viszonyai is befolyásolják. Ezért lehetséges, hogy míg a szomszédos Szlovéniában a tárgyév májusi és júliusi csapadékának van szignifikáns hatása a növekedésre (Čufar et al. 2008), addig Magyarországon az áprilisi és júniusi csapadék a meghatározó. Vagy amíg Németországban a tárgyév és a tárgyévet megelőző év júliusának hőmérséklete döntő az átmérőnövekedés szempontjából (Gruber 2002), addig a Soproni-hegyvidéken a tárgyév és az előző év júniusi hőmérséklete a meghatározó. Ezért olyan klímaindex, ami hatásában, az összefüggések szempontjából mindenhol egyformán használható, csak fenntartásokkal képezhető.

A soproni adatokhoz hasonló eredményeket kaptak egy öreg bükkös esetében a németországi Sollingban (Schulze 1970), ahol a bükk kezdeti gyors növekedése július végén és augusztusban megállhat, majd szeptemberben október elejéig ismét felerősödik (Schmitt et al. 2000; Werf et al. 2007).

A bemutatott eredmények alapján a bükk mind a túlzott vízhiányra, mind pedig a talaj víztelítettségére érzékenyen reagál, és ez kifejezésre jut a törzsek évenkénti és éven belüli átmérő növekedésének változásában. Az egyes hónapok csapadék- és hőmérsékleti viszonyaiban nagy eltérések lehetnek. A magyarországi mérések alapján a növekedés májusban és júniusban jelentősen függ az átlaghőmérséklettől és a csapadéktól. A növekedés és a tavaszi hőmérséklet között pozitív a kapcsolat, de a következő hónapokban az összefüggés negatívvá válik. A csapadék hatása éppen az ellenkezője: tavasszal negatív összefüggést mutat a növekedéssel, míg a nyári időszakokban a kapcsolat már pozitív. Tekintettel arra, hogy a növekedés és a környezeti tényezők közötti kapcsolat igen összetett, csak ritkán találunk olyan esetet, ahol egyetlen tényező felel a növekedésért (Glock & Agertier 1962).

A szervesanyag-készlet összetétele és mennyisége egy bükkösben

Führer Ernő és Jagodics Anikó

A szervesanyag-produkció kutatása faállományokban

A faállományok szervesanyag-készlete két ellentétes biológiai folyamat eredménye, az egyik a fotoszintézis útján létrejövő szervesanyag-produkció, a másik pedig a légzés útján bekövetkező szervesanyag-veszteség. Az évenkénti különbség, vagyis a nettó primer szervesanyag-produkció (PP_n) egyrészt a fák egyes szerveinek (levélzet, hajtás, termés) képzésére fordítódik, amiből nem kis mennyiség (a lombhullató fáknál főleg a levélzet) az éves szervesanyag-forgalom részeként le is bomlik, másrészt lehetővé teszi a faállományok évenkénti növekedését és fejlődését. Nyugat-európai megfigyelések és mérések alapján Tranquillini (1992) megállapította, hogy a fontosabb fafajok szénegyenértékben kifejezett éves nettó fotoszintézise hektáronként 1,7 és 15 t között ingadozik. Az alacsonyabb értékek általában a kisebb levélterület indexszel rendelkező fiatalabb faállományokból származnak. A PP_n százalékában megadott légzési veszteség 28 és 57% közötti, ennek megfelelően pedig a növekedés során megkötött szervesanyag 43 és 72% között változik. Ez utóbbinak a többsége a törzsben és az ágakban raktározódik el, és átlagosan 19–20%-a pedig a levélzetben és a gyökérzetben.

Möller és munkatársai (1954) által végzett elemzések szerint bükkösökben az éves bruttó szervesanyag-produkció nagysága t/ha-ban kifejezve 50 éves korig növekszik, 8-tól 50 éves korig megduplázódik, 85 éves kortól viszont már fokozatosan csökken. Ugyanakkor az egyes szervek légzése miatti szervesanyag-veszteség 45 éves korig jelentősen növekszik, majd stagnál. E légzési veszteséghez még hozzájárul az elhalt levelek, ágak és gyökerek szervesanyag-mennyisége is. Ezért a kezdeti évenkénti nettó szervesanyag-gyapapodás a kor előrehaladtával fokozatosan csökken, a dendromassa-készlet pedig egyre lassabban ugyan, de növekszik.

A faállományok szervesanyag-készletének meghatározásával a magyarországi faterméstani kutatások több mint száz éve foglalkoznak. Kezdetben elsősorban a földfeletti dendromassza mennyiségének megállapítására törekedtek, majd az 1950-es évektől megindult újabb kutatások már célul tűzték ki a biomassza kompartmentek szerinti megoszlásának vizsgálatát is (Járó & Horváthné 1959; Járó 1979, 1990; Ujváriné Jármay et al. 2001).

A faállományok földfeletti szervesanyagának (élőfakészletének) nagy pontosságú becsléséhez a kiindulási adatok (fatérzfogatok) az Országos Erdőállomány Adattárban rendelkezésre állnak. Az utóbbi évtizedekben elindult, a földalatti dendromassza mennyiségére vonatkozó nemzetközi és hazai kutatásokról az 1.3. fejezet »A gyökérzet szervesanyagának térbeli megoszlása« alfejezete tartalmaz részleteket.

Az „Erdő–Klíma” kutatási program keretében 2003 és 2006 között három jellegzetes, optimális termőhelyű, fontos klímajelző őshonos fafajokból álló faállománytípus (bükkös, gyertyános-kocsányos tölgyes, cseres), majd pedig az Agrárklíma projekt keretében egy további cseres állomány teljes szervesanyag-mennyiségét határozták meg (Führer & Jagodics 2009; Führer et al. 2011a; 2014). E vizsgálatok egyebek mellett lehetővé tették az erdészeti klímaosztályok és a klímaosztályokat jellemző zonális faállománytípusok szervesanyag-képzése közötti összefüggések megismerését is.

A továbbiakban a bükkös mintaállományra vonatkozó eredményeket mutatjuk be, összehasonlítva más hazai és nemzetközi vizsgálatokkal, ill. a fent említett őshonos faállománytípusokkal. A kísérleti faállomány Bakonybél község határában a Magas-Bakony erdészeti tájban 460 m tengerszint feletti magasságban tenyészik. Az erdészeti szárazsági mutató (*FAI*) értéke (4,45) alapján bükkös klíma ($FAI_B: \leq 4,750$) jellemzi, ahol a csapadék sokéves átlaga 779 mm, az évi középhőmérsékleté pedig 8,7 °C (Führer et al. 2011b). A termőhelyi viszonyaira a többletvízhatástól független hidrológiájú, mély termőrétegű, agyagos-vályog fizikai talajféleségű agyagbemosódásos barna erdőtalaj a jellemző. Kora az elemzéskor 70 év, élőfakészlete 740,2 m³/ha, átlagnövedéke 10,6 m³/ha/év volt, egy I. fatermési osztályú, minőségi fatermelésre alkalmas állomány. A bükkös szervesanyagának felvételét Führer és Jagodics (2009) által ismertetett metodika szerint végezték el. E mérések és elemzések kiindulási alapja az alábbi szervesanyag-szintek elkülönítése volt.

Föld feletti dendromassza

A felvételi parcellában a fatermési és állományszerkezeti viszonyokat figyelembe véve méretcsoportonként, azaz két átlagos átmérőjű és magasságú (uralkodó), valamint egy afölötti (kimagasló) és egy az alatti (alászorult) törzs kijelölése történt meg, melyek egymáshoz közel álltak. Ezt követően ledöntötték az éves



1.3.-12. ábra. A kísérleti parcellában elemzett törzsek egyike
(Fotó: Führer Ernő)

szervesanyag-képződés befejeződésekor (2003. augusztus végén) a kiválasztott törzseket (1.3.-12. ábra), és felvételezték kompartmentek szerint. Az állományszerkezeti viszonyok alapján az eredményeket 1 hektárra vonatkoztatták.

A lombozat 1 ha állományra vonatkoztatott abszolút szárazanyagban kifejezett tömege 3,17 tonna volt (1.3.-6. táblázat), ebből a levélzet szervesanyaga 2,90 t, a makktermése pedig 0,27 t. A lombozat átlagos szénkoncentrációja az abszolút száraz (a.sz.) tömeg 52,1%-a. Ennek megfelelően 1 ha állományra számítva a lombozat 1,65 t szenet tartalmaz, ami a földfeletti dendromassza szénkészletének 0,7%-a.

1.3-6. táblázat. A vizsgált bükkös dendromasszájának abszolút száraz tömege (t/ha), szénkoncentrációja (%) és szénkészlete (t/ha)

Mért elemek	Föld feletti dendromassza				Föld alatti dendromassza			Mind-összesen
	lombozat	ágszerkezet	törzs	összes	tuskó, gyökfő	gyökérzet	összes	
A. sz. tömeg	3,17	107,0	371,0	481,0	40,0	72,8	112,8	593,8
C-koncentráció	52,1	50,9	50,4	–	50,2	40,0	–	–
C-készlet	1,65	54,3	187,0	243,0	20,1	29,1	49,2	292,2

A. sz. – abszolút száraz tömeg

Az ágszerkezet abszolút száraz tömege 1 hektáron 107 tonna (1.3.-6. táblázat), azaz 34-szer több mint a levélzet tömege. A legmagasabb átlagos szénkoncentráció a 2–5 és az 5–10 cm-es átmérő-csoportba tartozó ágaknál jelentkezik, 52,4%, illetve 52,1% értékekkel, a legkisebb pedig a 10–15 (49,7%) és a 15–20 cm (49,5%) átmérő-csoportba tartozó ágaknál figyelhető meg. A bükk ágszerkezetének átlagos szénkoncentrációja ennek megfelelően 50,9%, ami alapján 1 ha bükkös ágszerkezetének szénkészlete 54,3 tonna. Az ágszerkezet a.s.z. és szénegyenértékben kifejezett tömege a földfeletti dendromasszájának 22 %-a.

A törzs dendromassza 1 ha állományra vonatkoztatott abszolút száraz tömege 371 tonna (1.3.-6. táblázat), ebből 299 t az ágtiszta törzsrészben halmozódott fel, ami a törzs össztömegének 81%-át teszi ki. Az a.s.z. állapotú törzsek átlagos szénkoncentrációja 50,4%. Ennek megfelelően 1 ha állományra vonatkoztatott szénkészlet 187 t, amely 3,4-szerese az ágszerkezet szénkészletének és több mint 113-szorosa a lombozaténak. Az ágtiszta törzsrész szénkészlete pedig 151 t.

Összességében tehát megállapítható, hogy a vizsgált bükkös földfeletti dendromasszájának szárazanyag-tartalma és a benne felhalmozódott szénkészlet nagysága 1 ha állományra számítva 481 ill. 243 t, a lombozatban ennek 0,7%-a, az ágakban 22,3%-a, míg a törzsben 77%-a található.

A szárazanyag-tartalom tömegére, és az egyes kompartmentek arányaira hasonló eredményeket kapott Koloszár (1981) és Járó (1990) ugyancsak a Magas-Bakony erdészeti táj 2-2 erdőrészletében, ahol adattári fatömegadatokról kiindulva és néhány mintafa felvételezése segítségével határozták meg az állományok szárazanyag-tömegét (1.3.-7. táblázat). Látható, hogy a földfeletti dendromasszáján belül a lombozat és a faanyag tömegének százalékos aránya mind az 5 állománynál szinte azonosnak tekinthető, a lombozat 0,5 és 0,7%, a faanyag pedig 99,3 és 99,5% között mozog, függetlenül a földfeletti dendromassza nagyságától. Szembetűnő eltérés figyelhető meg azonban az ágszerkezet és a törzs tömegének arányainál, a korrall összefüggésben. Amíg a fiatal 44 éves ugodi bükkösben az ágak aránya a földfeletti dendromasszához viszonyítva 58,7%, addig a 70 éves bakonybéli bükkösben már alig több mint 22%, a 108 éves ugodi bükkösben pedig nem éri el a 12%-ot. Természetesen a törzs szervesanyaga éppen fordított, a korrall arányosan növekvő sorrendet mutat.

1.3.-7. táblázat. A farkasgyepűi (Kolozsár 1981), bakonybéli (Führer & Jagodics 2009) és ugodi (Járó 1990) bükkös vizsgálati területek földfeletti dendromasszájának tömege és megoszlása, kor szerinti sorrendben

Erdőrészlet	Ugod 31D		Bakonybél 13C		Farkasgyepű 23E		Farkasgyepű 23C		Ugod 30G	
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
Kor	44 év		70 év		105 év		105 év		108 év	
Dendromassza	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
1. lombozat (levél + makk)	1,75	0,50	3,17	0,66	3,15	0,64	4,14	0,68	3,20	0,70
2. ágak	206,87	58,70	106,83	22,21	–	–	–	–	54,86	11,91
3. törzs	143,76	40,80	371,00	77,13	–	–	–	–	402,34	87,39
4. faanyag (2. + 3.)	350,63	99,50	477,83	99,34	496,40	99,36	605,95	99,32	457,20	99,30
5. földfeletti (1. + 4.)	352,38	100,00	481,00	100,00	499,55	100,00	610,09	100,00	460,40	100,00

Föld alatti dendromassza

A gyökérvizsgálat monolitos talajminta-vételezéssel történt, melyet először Magyarországon Járó (1991, 1995) alkalmazott. A mintavételi módszert ugyanebben a főfejezetben »A gyökérzet szervesanyagának térbeli megoszlása« alfejezet ismerteti.

A tuskó és a gyökfő (gyökérfa) szervesanyagának tömege 1 ha állományra átszámítva 40,0 t. Az abszolút száraz tömeg százalékában megadott szénkoncentráció a tuskó és gyökfő esetében is a földfeletti kompartmentekhez hasonló nagyságú, 50,2%. Ennek megfelelően a tuskó és a gyökfő szénkészlete 1 ha állományra átszámítva 20,1 t.

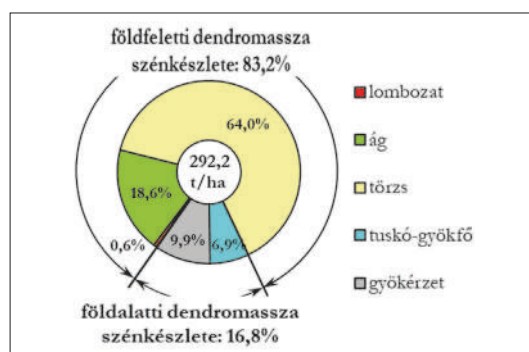
A gyökérzet a.s.z. állapotú szervesanyag-tömege 1 ha-on 72,8 t. A gyökérzetben a földfeletti dendromasszához képest kisebb az átlagos szénkoncentráció, a vizsgált bükkösben 40,0%. Ennek megfelelően a gyökérzet szénkészlete 1 ha-on 29,1 t. Ebből legnagyobb mennyiségű az 5–20 mm-es (26%), a legkisebb pedig a 2–5 mm-es átmérő tartományba (9%) eső gyökerek széntömege.

Összességében megállapítható, hogy a földalatti dendromassza szénkészlete 1 ha állományra számítva 49,2 t, a tuskó és gyökfőben ennek 41%-a, a gyökérzetben pedig 59%-a található.

Összes dendromassza

A vizsgált 70 éves bükkös dendromasszájában felhalmozódott szénkészlet nagysága tehát összesen 292,2 t (1.3.-13. ábra). Ennek 83,2%-a a földfeletti dendromasszában (levélzet: 0,6%; ágak: 18,6%; törzs: 64%), 16,8%-a pedig a földalatti dendromasszában (tuskó és gyökfő: 6,9%; gyökerek: 9,9%) allokálódott.

A magyarországi eredményeket összehasonlítva a német Solling-i kísérleti terület 120 éves bükkösében mért adatokkal (1.3.-8. táblázat) látható, hogy az egyes kompartmentek értékei mások, ami egyrészt magyarázható az eltérő ökológiai adottságokkal. Solling-ban, optimális klímaadottságok között a bükk összes szénkészlete (353 t/ha) 61 tonnával nagyobb, a gyökérzet tömege (40 t/ha) viszont



1.3.-13. ábra. A dendromassza szénkészletének megoszlása kompartmentek szerint a vizsgált bükkösben

9 tonnával kevesebb, mint Bakonybélben. A két állomány átlagnövedéke közötti különbség pedig visszavezethető az állományok korának különbségére.

1.3.-8. táblázat. Dendromassza szénkészletének tömege és megoszlása egy 120 éves Solling-i (Németország; Ellenberg et al. 1986) és a 70 éves bakonybéli bükkösben (Führer & Jagodics 2009)

Dendromassza	Solling		Bakonybél	
	t/ha	%	t/ha	%
1. faanyag (törzs+ágak)	309	88	242	82
2. lombzat (levél, stb.)	4	1	> 1	< 1
3. földfeletti összes	313	89	243	83
4. földalatti (gyökérzet)	40	11	49	17
5. összes	353	100	292	100
6. kor (év)	120		70	
7. átlagnövedék (1./6.), t/ha/év	2,58		3,46	

Az avar- és humuszsztint, valamint a talaj szervesanyag-készlete

A vizsgált bükkös állomány *avar- és humuszsztintjében* 1 hektáron összesen 96,7 t szárazanyag halmozódott fel. Ebből 8,4 tonna (9%) a bomlatlan avar, 6,7 t (7%) a bomló avar, és legnagyobb tömegű a humuszsztint, 81,6 t, ami az avar- és humuszsztint 84,4%-át teszi ki. Az átlagos szénszázalék 11,6%, a bomlatlan részekben nagyobb, 45% körüli, a bomló szervesanyagban már jóval kisebb, a humuszban pedig már csak 5,2%. A vizsgált bükkös 1 hektárján így összesen 11,2 t az avar- és humuszsztintben felhalmozódott szén mennyisége. Ebből 3,81 tonnát a bomlatlan avar, 2,11 tonnát a bomló avar és 5,3 tonnát a humusz tesz ki. Feltételezhető, hogy az avar- és humuszsztint szervesanyaga hosszú távon egyensúlyban van, vagyis a bevétel (friss levélzet) és a lebomlás mértéke több év átlagában, évenként eltérő mértékben ugyan, de megegyezik. Rövid és középtávon azonban az időjárási tényezők gyors és drasztikus ingadozása a lebomlási folyamatokat sokszor olyan mértékben erősítheti fel, ami miatt a faállomány egyes éveken nem elnyelőként, hanem kibocsátóként vesz részt a szénforgalomban (Jagodics & Führer 2023), azaz a humuszsztintből többlet lebomlással több széndioxid távozik a légkörbe, mint amennyit az erdő a fotoszintézis során megköt.

A *talajban* található szerves szénkészlet nagysága a vizsgált állományban 150 cm-es talajmélységig rétegenként összesítve és szintén 1 hektárra vonatkoztatva összesen 114 t, ami az avar- és humuszsztintben felhalmozódott szénkészlet tízszerese.

Az eredmények felhasználása a szénkészlet-becsléshez

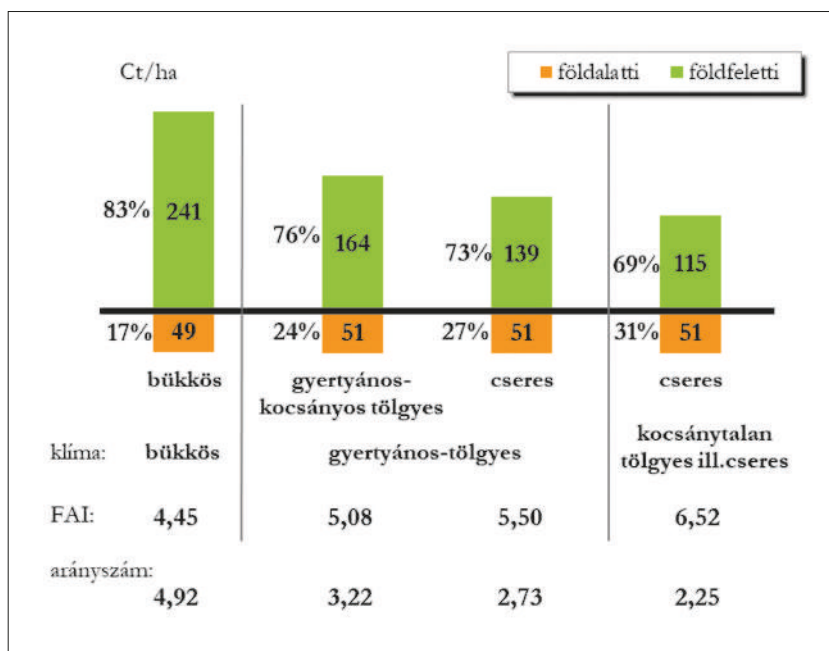
A vizsgált bükkös egyes szintjeiben mért és számított adatokat összesítve és 1 hektárra vonatkoztatva a faállományban tárolt összes szénkészlet nagysága 417 t. Ennek 58%-a a földfeletti dendromasszában, 12%-a a földalatti dendromasszában, közel 3%-a az avar- és humuszsztintben, 27%-a pedig a talajban található.

A dendromassza vizsgálati adatait érdemes összehasonlítani más klímában tenyésző klímajelző fajok mérési eredményeivel. Amennyiben a hidrológiai és talajtani viszonyok kedvezőek, azaz nincs a termőhely termőképességét csökkentő egyéb tényező (pl. cementált réteg, kedvezőtlen kémiai talajtulajdonság stb.), és a gyökérzet fejlődésének lehetősége is adott, akkor a faállományok szénegyenértékben kifejezett szervesanyag-tömege, még ha azok eltérő fajú állományok is, csak a klimatikus adottságoktól függ. Ezért más erdészeti klímaosztályoknak (gyertyános-tölgyes, kocsánytalan tölgyes, ill. cseres) megfelelő faállományokban (gyertyános-kocsányos tölgyes és cseres) hasonló céllal, tartalommal és módszertannal elvégzett kísérletek (Führer & Jagodics 2009; Führer et al. 2014; Marjanović et al. 2011) eredményei azt mutatják, hogy a kísér-

leti helyek termőhelyi potenciáljának gyengülésével, azaz az erdészeti szárazsági mutató (*FAI*) értékének növekedésével a vizsgált faállományok dendromasszájában megkötött szénkészlet egyértelműen csökken (1.3.-14. ábra). Tehát a konkrét mérési eredmények alapján a nedvesebb és hűvösebb klímájú (*FAI*: 4,45) bükkös élőfakészletének (törzs+ágszerkezet) széntömege (241 t/ha) több mint kétszerese a melegebb és szárazabb klímájú (*FAI*: 6,52) cseresének (115 t/ha). Ugyanakkor a földalatti dendromassa tömege alig változik (49, ill. 51 t/ha). Azaz amíg a különböző fajfajú állományok a rendelkezésükre álló termőréteget gyökérzetükkel közel azonos mértékben, jól behálózzák, addig a klimatikus adottságoktól függően az élőfakészletükben tárolt szénkészlet jelentősen különbözik. Ez az eredmény előre vetíti, hogy Magyarországon a klímában bekövetkező negatív tendenciák várhatóan elsősorban a földfeletti dendromassa nagyságát, vagyis a faállományok élőfakészletét fogják csökkenteni.

A földfeletti dendromassa széntartalmát a földalatti dendromassa széntartalmához viszonyítva megállapítható, a földalatti dendromassa egységnyi tömegű szénkészletéhez tartozó élőfa- és szénkészlet (földfeletti dendromassa) aránya a klímától függ. Vagyis kedvezőtlenebb, azaz melegebb és szárazabb klíma-körülmények között a levélzet nélküli földfeletti és földalatti dendromassa aránya csökken. A vizsgálatok alapján a bükkös klímában tenyésző bükkösben ez az arányszám 4,92 (*FAI*: 4,45), a gyertyános-tölgyes klímában tenyésző gyertyános-kocsányos tölgyesben 3,22 (*FAI*: 5,08), még ugyanezen klímában, de melegebb és szárazabb körülmények között álló cseres ökoszisztémában 2,73 (*FAI*: 5,50), végül a kocsánytalan tölgyes, ill. cseres klímában lévő cseresben pedig már csak 2,25 (*FAI*: 6,52). Természetesen a hűvös és csapadékos körülmények ugyancsak eredményezhetik a földfeletti és földalatti dendromassa arányának csökkenését. Azonban ilyen körülmények Magyarországon csak a Kőszegi-hegység és a Központi-Bükk erdészeti tájakon fordulnak elő, általában kedvezőtlen talajviszonyokkal párosulva.

Tehát kedvező termőhelyi viszonyok mellett, a földfeletti dendromasszából, azaz az élőfakészlet adatokból levezetett tárolt szénmennyiség alapján, az erdészeti szárazsági mutatóval (*FAI*) modellezhető szénkészlet arányszám segítségével becsülhető a földalatti dendromasszában tárolt szénkészlet nagysága. Ha kedvezőtlenebb talajadottságok, mint pl. vékonyabb termőréteg vagy cementált vízzáró réteg miatt a földfeletti élőfakészlet kisebb, akkor a földalatti dendromassa is ennek megfelelően kevesebb lesz. Bár e megközelítés bizonyára nem érvényes minden esetre, mégis a földalatti dendromasszára pontosabb, ökofiziológiailag megalapozottabb becslést szolgáltat annál a sematikus megközelítésnél, mely szerint a földalatti dendromassa általában a teljes dendromassa 20–25%-át teszi ki (Führer et al. 1991; Somogyi 2008a; Sopp & Kolozs 2013).



1.3.-14. ábra. A földfeletti (levél nélküli) és földalatti dendromassa szénkészlete és egymáshoz viszonyított arányai a vizsgált állományokban (Führer et al. 2014)

A gyökérszet térbeli elhelyezkedése

Führer Ernő és Jagodics Anikó

Faállományok gyökérfeltárása

Az erdészeti kutatások az egyes faállományok szervesanyag-készletének meghatározásán belül kevesebb figyelmet szenteltek a földalatti dendromassa felvételére, mint amennyit a téma fontossága indokolna. A termőtalaj gyökérszettel való feltártsága egyrészt befolyásolja a talajfejlődés folyamatát, másrészt a gyökérszet a tápanyag- és vízfelvételen keresztül meghatározza a fák fejlődési, illetve növekedési tulajdonságait. Ezért a faállományok gyökérszetének ökológiai és fiziológiai jelentősége vitathatatlan (1.3.-15. ábra).

Nemzetközi viszonylatban a 20. században számos publikációban és összefoglaló nagyobb lélegzetű monográfiában foglalkoztak a különböző fafajok gyökérrendszerének tipizálásával és jellemzésével. Széleskörűen és mélyrehatóan vizsgálták a problémát Észak-Európában a finnek (Laitakari 1929; Kalela 1949), Nyugat-Európában a németek (Biebelriether 1962; Köstler et al. 1968), a svájciak (Leibundgut et al. 1963; Polomski & Kuhn 1998) és az osztrákok (Glatzel 1961). A múlt század végén először az Európa-szerte elterjedt erdőpusztulások (Bauch & Schröder 1982; Murach 1984; Stienen et al. 1984; Meyer 1987; Eichhorn 1992), majd pedig olyan nagyívű projektek, melyek az erdei ökoszisztémák ökológiai viszonyait és produktivitását hivatottak feltárni (pl. Solling-Projekt, Ellenberg et al. 1986), irányították újból a gyökérvizsgálatok szükségességére.

Hazánkban az első nagyobb tanulmányt Magyar (1929) készítette, aki az 1923-ban elfogadott Alföldfásítási törvény gyakorlati megalapozása és kivitelezése érdekében csemetekerti körülmények között és szikes talajokon végzett gyökérvizsgálatokat erdei fafajokon és cserjéken. Véleménye szerint a kedvezőtlen ökológiai adottságú Alföldünkön „a szikfásítás kérdése talaj-, illetőleg gyökérszetkérdés.” Legfontosabb eredményeit az alföldfásításban, elsősorban a fajmegválasztás során messzemenőig figyelembe vették és hasznosították (Magyar 1961).

Erdei fák erdőművelési tulajdonságainak megítéléséhez Majer (1958) is fontosnak tartotta a gyökérszet ismeretét. Ezért bakonyi bükkösökben nemcsak vázas gyökérfeltárási eljárással, hanem a fatörzsektől 2 m-es távolságban 1 m²-es alapterületű és termőréteg-vastagságú monolitban is meghatározta a gyökerek tömegét és hosszúságát átmérőtartományok szerint.

Vázás rendszerű gyökérfeltárásokat végzett homoki termőhelyek cserjefajainál az 1950-es évek végétől Faragó (1960, 1972). A hagyományos, vázas feltárások alkalmasak a termőhely-hasznosítás és a talajszerkezet hatásának megállapítására, de a gyökérrendszeréről, annak mennyiségéről, ill. minőségéről csak szubjektív tájékoztatást nyújtanak. Ezért Járó (1991, 1995) monolitos gyökérvizsgálatokat végzett több állományalkotó fafajnál. Megállapította, hogy a fák életében ökofiziológiai szempontból fontos szerepet játszó gyökértömeg fafajtól függően



1.3.-15. ábra. Bükkös gyökérszete egy talajszelvényben (Vétyem, Zala vm.; Fotó: Mátyás Csaba)

az összes szervesanyag 10–30%-a, és hogy a termőhely termőrétegét ugyan eltérő intenzitással, de gyökereikkel legjobban az őshonos fajok hasznosítják.

A gyökérzet szervesanyagának térbeli megoszlása

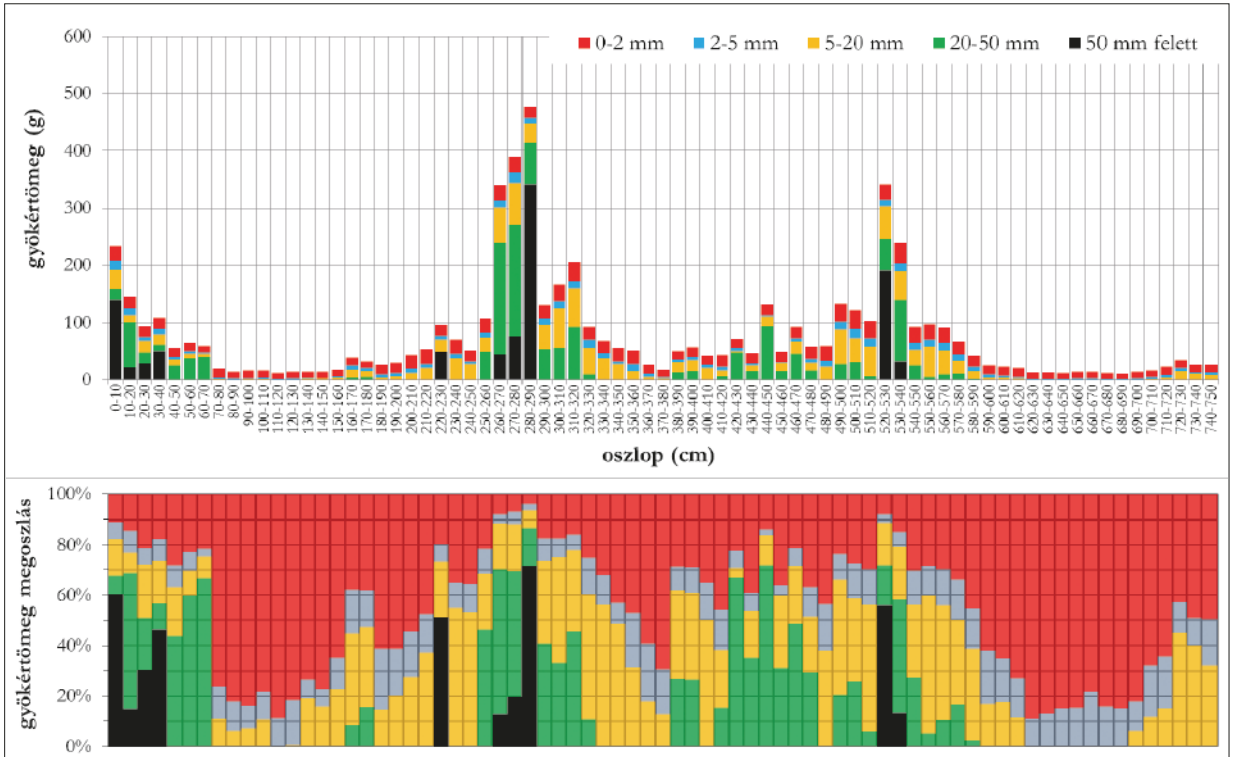
A legutóbbi időben Führer és Jagodics (2009) vizsgálták az egyes fajok dendromasszájában megkötött szénkészletet. Ebben a főfejezetben a »Földalatti dendromassa« alfejezet a gyökérzet tömegének és gyökérvastagság szerinti megoszlásának ismertetésére szorítkozik, és nem terjed ki a gyökérzet típusának, a gyökerek horizontális és vertikális elhelyezkedésének értékelésére. A jelen alfejezet Führer és munkatársai (2011a) nyomán részletesebben mutatja be egy bükkös faállomány gyökérvizsgálati eredményeit, összehasonlítva azokat egy gyertyános-kocsányos tölgyesben és egy cseresben mért adatokkal. A vizsgált bükkös ökológiai és állományszerkezeti jellemzése a fent említett alfejezetben található. A gyökérfelvételekhez az állományszerkezet átmérőcsoportjainak megfelelően kiválasztott három szomszédos, átlagos törzstávolságban lévő kimagasló, ill. uralkodó fa között, azok tővét érintve kb. 1 m széles és 1,5 m mély futóárok falából történt egy erre a célra kialakított monolit-mintavevővel az 1 dm³-es talajmonolitok kivétele (1.3.-16. ábra), először horizontálisan egy sorban haladva fától fáig, majd pedig ezt vertikálisan a talajfelszíntől lefelé ismételve másfél méterig.



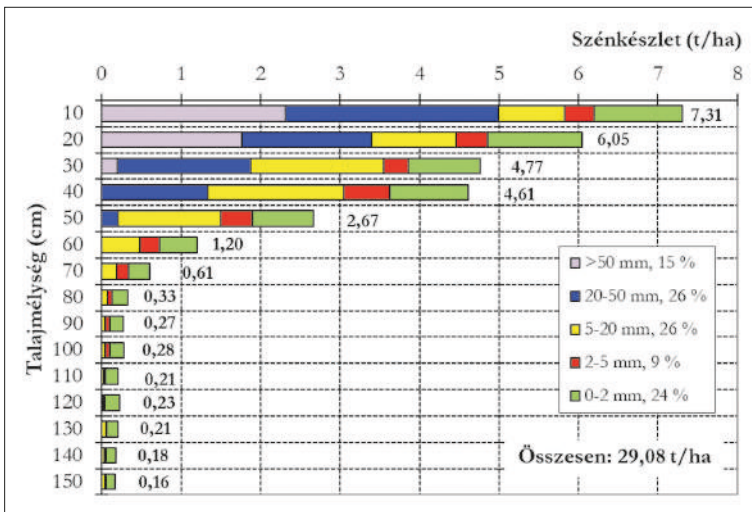
1.3.-16. ábra. Monolitos gyökérfeltárás bükkösben
(Fotó: Führer Ernő)

A »Földalatti dendromassa« alfejezet megadja a vizsgált bükkös állomány gyökérzet tömegét, valamint a benne tárolt szén mennyiségét és részarányát a dendromasszából. A gyökerek térbeli, *horizontális elterjedéséből* megállapítható (1.3.-17. ábra), hogy az egyes gyökérvastagsági csoportok a törzstől kiindulva eltérő távolságokig érnek el. Amíg az 50 mm-nél vastagabb tartógyökerek a talajba lefelé hatolva kizárólag a törzs alatt fordulnak elő, addig a kisebb vastagsági csoportok gyökérmennyisége a törzstől távolodva fokozatosan csökken, és a törzsközi térben már csak a vékonyabb ($\varnothing < 5$ mm) gyökerek egyenletes eloszlású hálózata figyelhető meg (Führer et al. 2011a). Ebből következik, hogy a bükk gyökérzetének horizontális kiterjedése általában a koronavetület széléig tart és két fa koronavetülete találkozásánál a már amúgy is alacsony gyökértömeg 85%-a 2 mm-nél vékonyabb, 15%-a pedig 2–5 mm-es átmérő tartományba esik.

A gyökérzet *vertikális elterjedése* azt mutatja (1.3.-18. ábra), hogy az egyes rétegekben lévő gyökerek összes tömege lefelé haladva fokozatosan csökken. Az alsó 30 cm-es talajrétegben (120–150 cm) a felső 30 cm-es rétegben fellelhető teljes gyökértömegnek csak 3%-a található. Amennyiben a fiziológiai szempontból aktív finomgyökérzet ($\varnothing < 2$ mm) fentiek szerinti eloszlását nézzük, akkor már más a kép: az alsó 30 cm-es rétegekben fellelhető finomgyökérzet fajlagos mennyisége a felső 30 cm-es rétegekhez viszonyítva eléri a 11%-ot. E megoszlás részben utal a gyökérzet típusára. A bükkre általában szívgyökérzet a jellemző, vagyis a durvább gyökerek ($\varnothing > 5$ mm) mennyisége és fajlagos vertikális megoszlása lefelé fokozatosan, de nagyobb mértékben csökken, mint a finomgyökérzeté. A felső 100 cm-es talajrétegben elhelyezkedő gyökérzet tömege meghaladta a teljes gyökértömeg 96%-át. Tehát, még ha a talajadottságok lehetővé is teszik a gyökereknek a mélyebb rétegekbe történő behatolását, mint ahogyan az a vizsgált bükkös esetében is fennáll, a gyökérzet zöme elsősorban az egy méteres mélységű termőréteget hálózta be.



1.3.-17. ábra. Az 1 dm² alapterületű, függőlegesen kivett talajmonolitok abszolút száraz állapotú gyökértömegei (g/15 dm³) és megoszlása gyökérvastagság szerint fatörzstől fatörzsig a vizsgált bükkösben



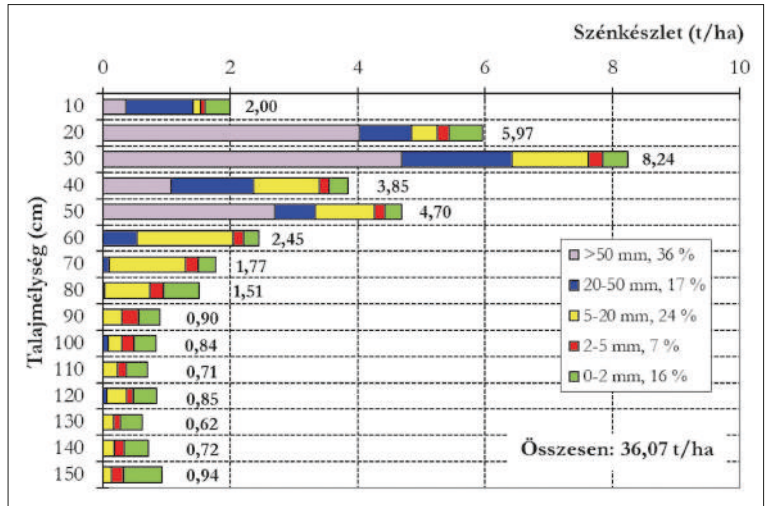
1.3.-18. ábra. Bükkös gyökérzetében tárolt szén mennyisége mélység és gyökérvastagság szerint (Führer et al. 2011a)

Gyökérrendszerek összehasonlítása

A vízforgalomban döntő szerepet játszik a gyökérrendszer típusa. E típusok a termőhelyi viszonyoktól függően nagy változatosságot mutatnak (Köstler et al. 1968). Szárazabb termőhelyeken csak a mélyre hatoló karógyökérzet képes megfelelő vízellátást biztosítani, ami pl. a tölgyesekben és a cseresekben megfigyelhető. A kedvezőbb nedveség-ellátású termőhelyeken általában szívgyökérzet alakul ki. A bükkös gyökérrendszerével kapcsolatos vizsgálati eredményeket összehasonlítva egy gyertyános-kocsányos tölgyes és egy

cseres faállomány hasonló méréseivel (Führer et al. 2011a) szembevetve, hogy amíg a bükkös szívgyökérzet tömege a talaj mélységével fokozatosan csökken (1.3.-18. ábra), addig a másik két faj karógyökérzetének szervesanyag-készlete a mélységgel kezdetben növekedik, majd csökken, majd egy átmeneti növekedés után fokozatosan tovább csökken a talajban (1.3.-19. ábra). Amíg a bükkösben a stabilitást biztosító vastagabb átmérőcsoportba tartozó tartó- ($\varnothing > 50$ mm) ill. szilárdító (20–50 mm) gyökerek csak 30, ill. 50 cm-es talajmélységig fordulnak elő, addig a gyertyános-kocsányos tölgyes és cseres faállományban a tartógyökerek

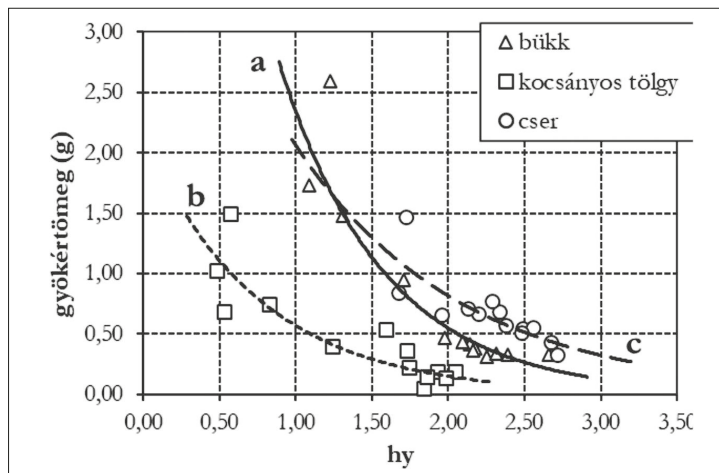
50 cm-es, a szilárdító gyökerek pedig még 100 cm-es mélységben is előfordulnak. A gyökérrendszerbeli különbséget alátámasztja az is, hogy az 50 cm-es talajmélységig a szívgyökérzetű bükk állományában a teljes gyökérzet tömegének 87%-a, a gyertyános-kocsányos tölgyesben és cseresben pedig csak 60%-a ill. 68%-a helyezkedik el. A 100 cm-es mélység alatti termőréteget a bükkös gyökérzetének csak 4%-a, a gyertyános-kocsányos tölgyesének már 9%-a, a cseres gyökérzetének pedig 11%-a hasznosítja. Igen szembeütő a fiziológiailag aktív finomgyökérzet ($\varnothing < 2$ mm) vertikális eloszlásában megnyilvánuló különbség is. A nedvesebb és hűvösebb klímájú bükkösben a finomgyökérzet tömege a legfelső 30 cm-es rétegben (3,21 t/ha) jóval több, mint amennyi a legalsó 30 cm-es rétegben (0,37 t/ha) található. A szárazabb és melegebb termőhelyű cseresben viszont a legfelső (1,30 t) és a legalsó (1,34 t) 30 cm-es talajrétegben csaknem megegyezik a finomgyökérzet hektáronkénti tömege.



1.3.-19. ábra. Cseres gyökérzetében tárolt szén mennyisége mélység és gyökérvastagság szerint (Führer et al. 2011a)

A finomgyökérzet és a fizikai talajféleség kapcsolata

Az egyes faállományokban végzett összehasonlító vizsgálatok lehetővé tették annak értékelését, hogy a fiziológiai szempontból fontos finomgyökerek behálózottsága vajon csak fafajoktól függ-e, vagy bizonyos talajadottságok is befolyásolják azt. A bükk gyökérzete igen érzékenyen reagál pl. oxigénhiány fellépésére és a talaj mechanikai ellenálló-képességére, azaz mechanikai összetételére. Változó vízellátású termőhelyeken, pl. a szívgyökérzetre jellemző félgömbforma ellaposodik, a finomgyökérzet többsége (kb. 70%-a) a tartó- és szilárdító gyökerekkel együtt felszorul a felső 30–40 cm-es talajrétegekbe, emiatt a bükk igen érzékennyé válik a vihar- és szélöntésekre (Kreutzer 1961).



1.3.-20. ábra. Bükk (a: $10,011e^{-1,4526x}$, $R^2 = 0,911$), kocsányos tölgy (b: $2,154e^{-1,3312x}$, $R^2 = 0,717$) és cser (c: $5,1986e^{-0,9247x}$, $R^2 = 0,741$) fafajok 2 mm-nél kisebb átmérőjű gyökereinek mennyisége és a hy-érték összefüggése talajrétegenként (Führer et al. 2011a)

Magyarországon Führer és munkatársai (2011a) összefüggés-elemzést végeztek az egyes talajrétegek mechanikai összetételére jellemző hy-érték és a finomgyökérzet tömege között (1.3.-20. ábra). Három állományban, bükkösben, gyertyános-kocsányos tölgyesben és cseresben kapott értékpárok szoros exponenciális összefüggést mutatnak, ami az ok-okozati kapcsolat fennállását fafajoktól függetlenül, általánosságban is megerősíti. Az eredmények tehát igazolják, hogy az egyes talajrétegek finomgyökérzettel való behálózottságának mértéke különbözik egymástól, és hogy ezen eltérések a talajrétegek (genetikai talajsintek) fizikai tulajdonságaival szoros összefüggésben állnak.

Kitekintés

Abból kiindulva, hogy a fák finomgyökérzete fontos szerepet játszik a víz- és tápanyagfelvételben, és a hajtások vízzel való ellátottságában, többen feltételezték, hogy a hajtás- és a gyökérnövekedés között funkcionális egyensúly áll fenn (Cannell & Willett 1976; Johnson et al. 1984; Mansfield 1988). Azok a tényezők (hőmérséklet, nedvesség stb.), melyek a gyökér felépítéséhez szükséges asszimilátumok produkcióját korlátozzák, egyben gátolják a gyökérnövekedést is. A hajtásnövekedés miatti többlet szénhidrátigény automatikusan kiváltja a gyökérnövekedés mértékének csökkenését. Deans (1979) valamint Langlois és munkatársai (1983) kimutatták, hogy a gyökérnövekedés minimuma egybeesik a hajtásképződés intenzív szakaszával. Götttsche (1972) szerint pedig a finomgyökérzet legnagyobb tömege május végén, június elején, de mindenképpen a levélzet teljes kifejlődése után figyelhető meg (Ellenberg et al. 1986). Sajnos a gyökérképződés teljes körű ökofiziológiai kiértékelése még várat magára, mivel a gyökérzet szerepe a tápanyag- és a vízfelvétel folyamatában kevésbé ismert. Az azonban igazolható, hogy a finomgyökérzet és a hajtás tömeg aránya átlagos fejlődés mellett fafajspecifikus (Lyr & Hoffmann 1992).

Magyarországon a már ismertetett három, eltérő klímazonában tenyésztő faállományban (bükkös, gyertyános-kocsányos tölgyes és cseres) a finomgyökérzet ($\varnothing < 2$ mm) és a hajtás ($\varnothing < 1$ cm) tömegarányai mutatják, hogy a legcsapadékosabb, azaz a legjobb vízellátottságú termőhelyeken tenyésztő bükk esetében az arányuk a legnagyobb, 2,49, a kocsányos tölgyénél 2,14, a csernél 1,9, míg gyertyánál csak 0,39. Ez utóbbi alacsony érték azonban nem a talaj vízellátottságával függ össze, hanem azzal a körülménnyel, hogy a gyertyán a második koronaszintben található, leárnyékolt állapotban fejlődik, vagyis az állomány fényviszonyai és a faj által elfoglalt helyzet is szerepet játszik (Götttsche 1972). Az árnyékhatás valamennyi fafajnál a gyökér és hajtás arányának csökkenéséhez vezet, ugyanis a fényhiányt először és elsősorban a gyökérzet növekedésének a redukciója követi, ami a szervesanyag-képzésre is negatívan hat. Természetesen egyéb tényezők is, mint pl. a nitrogén-ellátottság, vagy a talaj- és légköri hőmérséklet is nagymértékben befolyásolhatja még a fajokra jellemző specifikus gyökér-hajtás arányt (Lyr et al. 1963, 1964). A fényviszonyoknak és az árnyalási körülményeknek a gyökérzet fejlődésére gyakorolt hatása különös jelentőségűvé válik a természetes felújítások gyakorlati kivitelezésében, és az örökerdő szemlélet terjedésével.

Tápelem-készlet és -forgalom

Führer Ernő, Bidló András és Jagodics Anikó

A fák környezetükből, elsősorban a talajból, kisebb részben a légkörből és a vízből (felületen összefutó és talajvízből) vesznek fel tápelemeket. Ennek egy része a fák szerveibe (törzs, ág, gyökér) tartósan beépül, a másik része pedig adott időtartam alatt lebomlik, és a tápanyagforgalmon keresztül ismét felvehető lesz. A legfontosabb tápelemek a makroelemek: a nitrogén (N), foszfor (P), kálium (K), kalcium (Ca) és a magnézium (Mg). A fák egyes szerveiben előforduló tápelemek mennyisége általában faj-, ill. származás-specifikus, de jelentős hatást váltanak ki a fák egyes szerveinek (kompartimentjeinek) eltérő funkciói, valamint a tápelemek fatesten belüli mobilitási tulajdonságai, továbbá a termőhelyi és állományszerkezeti feltételek is.

Már a 19. században is foglalkoztak az erdőállományok tápanyagháztartásával, ugyanis az erdei avar elterjedt használata az erdők növekedésének visszaesését eredményezte (Leiningen-Westerburg 1934). Az erdőművelési beavatkozások szinte mindegyik módja is tápanyagkivonással jár, ami az ökoszisztémák tápanyagmérlegében veszteségként jelenik meg. Burger (1950), majd Heinsdorf és Krauß (1990) különböző fajokra dolgoztak ki tápelem-mennyiség becslési táblázatokat. Sokan vizsgálták, hogy az erdőművelési beavatkozások módja a tápelem-exporton keresztül milyen mértékben csökkentette a termőhely termőképességét (pl. Rennie 1955; Ulrich 1972; Ulrich et al. 1975; Kreutzer 1976, 1979; Krapfenbauer & Buchleitner 1981; Nebe & Herrmann 1987; Augusto et al. 2000).

A bükk tápelemtartalma

A bükk tápelemtartalmára vonatkozó első vizsgálatok elsősorban a faanyaggal foglalkoztak (Fiedler et al. 1973). A múlt század második felében számos mű jelent meg a bükk tápelemellátottságáról (pl. Pavlov 1972; Lyr et al. 1992, Hüttl 1992). Hazai bükkösökben Járó végezte az első és legátfogóbb vizsgálatokat (Járó & Horváthné 1960; Járó 1990). Számos további szerző is elemezte a makro- és mikroelemek koncentrációját a bükk kompartmentekben és az avarban (Füzesi et al. 1962; Tölgyesi 1965; Tölgyesi et al. 1968; Pántosné et al. 1983; Bidló 1995; Kalincsa 2002).

Járó (1990) a bükkösök tápanyagszükséglete és talajuk tápanyag-szolgáltató képessége közötti összefüggés megállapításával foglalkozott. Hegyvidéki tájakon (Visegrádi-hegység, Pilis-Budai-hegység, Magas-Bakony) kijelölt 10 különböző korú (6 és 120 év közötti) nudum-subnudum aljnövényzet-borítású bükkösben meghatározta a földfeletti szervek ill. kompartmentek tápelem-koncentrációját és -mennyiségét (N_2 , P_2O_5 , K_2O). Méréseivel kimutatta, hogy valamennyi terület átlagában a legnagyobb tápelem-koncentráció a fiziológiai szempontból legaktívabb levélzetben, majd a vékony ágakban (0-2 cm) mérhető, ezt követi csökkenő sorrendben a 2-5 cm-es, majd az 5 cm-nél vastagabb ág, végül pedig legalacsonyabb a tápelem-koncentráció a törzsben (1.3.-9. táblázat). A három fő tápelem (N_2 , P_2O_5 , K_2O) egymáshoz viszonyított aránya – amely fajspecifikus (Heinze & Fiedler 1992) – a levélzetben 66%, 7% és 27%, azaz jelentősen különbözik egymástól, ugyanakkor a vastagabb ágakban és a törzsben már kiegyenlítettebb a koncentrációjuk (39%, 28% és 33%). Az egyes mintafák tápelem-százalékainak tájankénti szórása szignifikánsan nem tért el a 10 vizsgált terület átlagfáinak szórásától. Ezek az eredmények tendenciájukat és nagyságrendjüket tekintve egybevágóak más, részben külföldön végzett kutatások eredményeivel.

1.3.-9. táblázat. A bükk szerveinek átlagos tápelem-koncentrációja és azok egymáshoz viszonyított arányai Járó (1990) nyomán

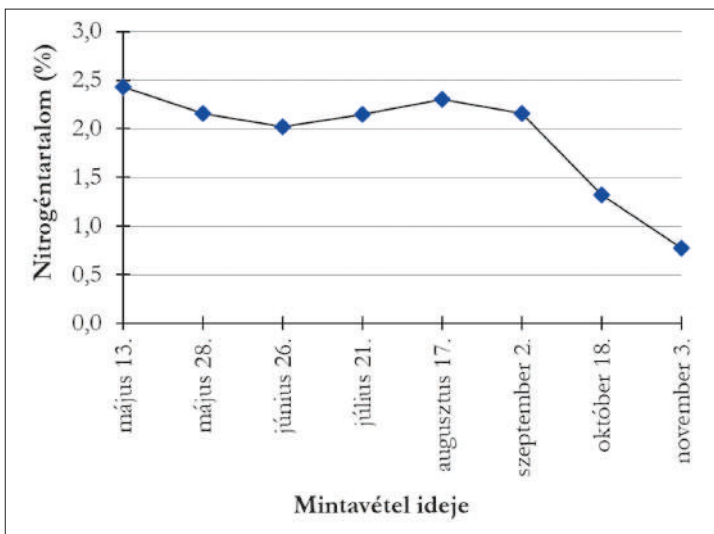
Kompartment		N_2	P_2O_5	K_2O
Levél	mg/g	23,5	2,5	9,6
	%	66	7	27
Ág, < 2 cm	mg/g	4,7	1,8	3,0
	%	49	19	32
Ág, 2-5 cm	mg/g	2,5	1,5	2,2
	%	40	24	36
Ág, > 5 cm	mg/g	2,0	1,2	1,7
	%	41	24	35
Törzs	mg/g	1,5	1,1	1,3
	%	39	28	33

A tápanyagellátottságot a belső tényezők mellett alapvetően a külső tényezők határozzák meg: a fény, a vízellátottság, az időjárás, a magassági fekvés, a talaj, az állományban elfoglalt helyzet (Lyr et al. 1992). A bükk levelek tápelemtartalmát meghatározza, hogy a levél fénynek kitett, vagy árnyalt helyen van a koronában (Fiedler et al 1973; Guha & Mitchell 1965, 1966). Levélfelületre vonatkoztatva a bükk fénynek kitett, vastagabb levelei több káliumot, kalciumot és magnéziumot tartalmaznak, mint az árnylevelek (Overdieck 1976). Kísérleti körülmények között az árnyalt csemetékben a legmagasabb a nitrogén-, kalcium- és kálium-tartalom. A foszfor ezzel ellentétesen viselkedik és legnagyobb koncentrációban a nem árnyalt csemeték levelében fordult elő (Burschel & Huss 1964).

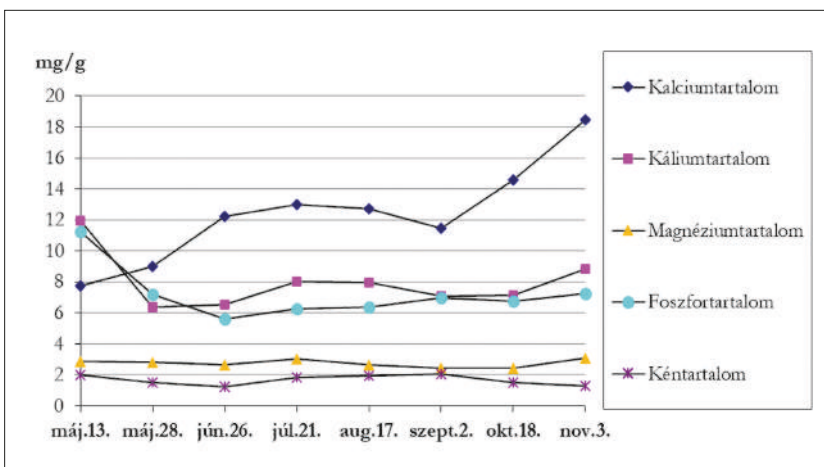
A vegetációs időszak alatt változik az egyes tápelemek koncentrációja. Guha és Mitchell (1965, 1966) a bükk levelekben a vegetációs idő alatt mért koncentrációk szempontjából a táp- ill. nyomelemek három csoportját különböztette meg. Az első csoport (Co, Ni, Fe, V, Ti, Cr, Pb és Al) koncentrációja a kifejlődési fázisban csökken, majd növekszik a maximumig, végül újra csökken. A második csoport elemei (Mn, B, Si, Ca, Sr, Ba, Mg) a vegetációs időszak alatt folyamatosan dúsulnak. A harmadik csoport elemei (Cu, Mo, Zn, P, K és Na) esetében a levelek tápelemtartalma a vegetációs időszak elején csökken, aztán viszonylag állandó szinten marad. A lomblevelek fajlagos tömege a vegetációs időszak folyamán, kalcium, szilícium és egyéb elemek beépülése miatt folyamatosan növekszik (Künstle & Mitscherlich 1975). A vegetációs időszak végére a bükk levelek nitrogén- és foszfortartalma fokozatosan csökken, így kedvezőbbnek tűnik a kálium és a kalcium ellátottság (Röhrig et al. 1978). A tápelemtartalom szezonális változásai miatt a levelek vizsgálatának időpontjául augusztust javasolják (Rzeznik & Nebe 1987), mivel július és augusztus vége között a bükk levelekben a raktározási folyamatok már egyensúlyban vannak. A levelek tápelemtartalma ebben az időszakban csak csekély mértékben változik (Le Tacon & Tutain 1973). Egyes szerzők szerint azonban nemcsak éves, hanem napi ritmussal is kell számolnunk a levelek tápelemtartalmában (Overdieck 1976).

Járó (1958) adatai megerősítik, hogy fakadáskor a levél nitrogéntartalma gyorsan eléri egy magas szintet, ami az augusztus-szeptemberi maximumig fokozatosan tovább nő, majd ezután hirtelen leesik (1.3.-21. ábra). Járó a magyarországi bükk állományokban a kálium- és foszfortartalomban nem tapasztalt nagy változást a vegetációs időszak alatt (Járó & Horváthné 1959). A többi táp- és nyomelem esetében sincs nagy változás a vegetációs időszakban (Bidló 1998; 1.3.-22. ábra).

Az ősszel lehulló lomb fő tápelemtartalma lényegesen kisebb, mint az év bármely más időszakában a zöld lombé. A kalcium-, a mangán- és alumínium-tartalom viszont (látszólag) jelentősen nő a levelekben a vegetációs időszak végére, mert a lombhullás előtt nem vándorolnak vissza a szárba (Járó & Horváthné 1959).



1.3.-21. ábra. Bükk levelek nitrogéntartalmának változása (Bidló 1998)



1.3.-22. ábra. Bükk levelek elemtartalmának változása (Bidló 1998)

A fontosabb tápelemek felvétele, körforgalma

A bükk közepes nitrogénigényű fafajnak számít. A bükk avar nehezen bomlik, mivel a bomlás gyorsasága általában arányos az avar nitrogéntartalmával (Járó 1963). Viszont az utóbbi évtizedekben megnőtt nitrogén ülepedésből a bükk 5-6 kg/ha/év mennyiséget képes felvenni levelein keresztül. Ezzel egyidejűleg igen nagy

mennyiségű nitrogént szűr ki az állomány a légkörből, illetve mosódik ki a levelekből. Ezáltal bükk állományokban évente mintegy 29 kg nitrogén éri el a csapadékkal a talajt, ami 2,1-szerese a szabad területi ülepedésnek (Führer 1994b). Ezeket az adatokat a bükkösök tápanyagkörforgalmának vizsgálatokor nem lehet figyelmen kívül hagyni.

A bükk közepes *foszfor*igényű fafajnak számít. A talaj foszforellátottságának vizsgálatokor az avar foszfortartalma jobban tájékoztat, mint a felvehető foszfortartalom vizsgálat. A NH_4^+ ülepedés megnövekedése foszfor-szegény termőhelyeken a foszfát felvételét gátolhatja, így tápanyaghiány léphet fel (Hüttl 1991).

Egy soproni bükkös állományban megállapítható volt, hogy a szabadföldihez képest közel tízszeres mennyiség, azaz 31,4 kg *kálium* érte el a bükkösök talaját a törzsön át lefolyva és a leveleken átcsapogve (Führer 1994b). A többlet egy része a levelekből mosódott ki, másik része az állomány szűrőhatásának az eredménye. A kifejlődő levelekben, illetve növényekben nagyobb a kálium koncentráció, mint az idősekben.

A vizsgálatok alapján a *magnézium*hiány igen fontos szerepet játszott Nyugat-Európában a 80-as évektől fellépő „új típusú erdőkárak” kialakulásában (Berki 1991). Hazánkban a faállományok magnézium hiányával nem kell számolnunk. Szabadföldön, Sopron mellett, az éves magnéziumülepedés átlagosan 3,4 kg/ha, míg egy bükkösben 5,7 kg/ha volt (Führer 1994b).

A *kalcium* a transzspirációs árammal a csúcsok irányába vándorol és a levelekben halmozódik fel, mivel a visszavándorlás csekély (Járó & Horváthné 1960; Loch & Nosticzius 1983). A kalcium mennyisége az öregedő szervekben, elsősorban a hulló levelekben megnövekszik (Füzesi et al. 1962). A tavaszi lomb felét, negyedét tartalmazza az őszi mennyiségnek (Járó & Horváthné 1960). A levelek kalciumtartalma általában lényegesen nagyobb, mint a száré (Loch & Nosticzius 1983), az árnyalt csemetékben nagyobb a kalciumtartalom (Burschel & Huss 1964). A bükk alom viszonylag kevés kalciumot tartalmaz, de ezt a jelentős avarmennyiség kiegyenlíti (Járó & Horváthné 1960).

A bükk *mangán* tartalma tízszer nagyobb lehet, mint egyes lágyszárúaké, pl. a lucernáé (Tölgyesi 1965). A tápelem általában savanyú kémhatású körülmények között kimosódhat (Mengel 1976). Kétszikűek esetén mangánhiányra utal a fiatalabb levelek erei közötti sárga foltok megjelenése.

A talajok tápanyagellátottsága döntő módon befolyásolja az állományok anyagforgalmát. A fajok lombjának tápanyagtartalma a talajtól függően változik, optimális és az elégtelen tápanyagtartalomra vonatkozó adatokat hazánkban Járó és Horváthné (1960), ill. Járó (1963) közölt. Sajnos a későbbiekben ezek a vizsgálatok háttérbe szorultak, és csupán a 80-as évek végétől jelentek meg ismét ezzel kapcsolatos hazai mérési eredmények.

Bükkösök tápanyag-készlete és -szükséglete

Járó (1990) a vizsgált bükkösök szervesanyag-tömege és a tápelem-koncentrációk ismeretében számította a hektáronkénti élőfakészletbe és a levélzetbe beépült nitrogén-, foszfor- és káliumtartalmat, amelyek nagysága a földfeletti dendromassza tömegével arányosan nő. A mérések alapján tíz, különböző korú vizsgált faállomány 202 t/ha-os átlagos földfeletti dendromasszájába 444 kg nitrogén, 243 kg foszfor és 348 kg kálium épült be. A vizsgált bükkösök éves tápanyag-szükséglete általában a folyónövedékbe és az avar alkotóelemeibe beépülő tápelem-mennyiséggel egyenlő (1.3.-10. táblázat). A kapott értékeket összevetve a talajból felvehető makroelemek mennyiségével, a vizsgált állományokban nitrogénből 7-szeres, foszforból 125-szörös, káliumból pedig 87-szeres mennyiség állt rendelkezésre a talajban. A mért értékek alapján megállapítható, hogy a magyarországi bükkösök tápanyagokkal való ellátottsága nem számít minimum tényezőnek.

Az „Erdő–Klíma” kutatási program keretében 2003-ban meghatározták egy 70 éves bakonyi bükkös faállomány teljes (földfeletti és földalatti) szervesanyag- és tápelem-mennyiségét (N, P, Ca, Mg, K) (Führer & Jagodics 2009, 2024; Führer et al. 2011a). A vizsgált állomány leírása és adatai ugyanezen főfejezet »A szervesanyag-készlet összetétele« alfejezetében található.

1.3.-10. táblázat. Az éves tápelemszükséglet és a talaj termőréteg tápelemtartalmának átlagos értékei (kg/ha) hét vizsgált bükkös állományban (Járó 1990)

Tápelem	Évi folyónövedék tápelemtartalma	Évi avar tápelem tartalma	Faállomány éves tápelem szükséglete	Termőréteg felvehető tápelemtartalma
N ₂	43	61	104	698
P ₂ O ₅	16	10	26	3239
K ₂ O	24	18	42	3644

Az elemzés során a Járó (1990) méréseivel egyező arányokat (1.3.-9. táblázat) találták; ez esetben is az asszimilációs apparátusban, a levélzetben volt a legnagyobb a fajlagos tápelem-mennyiség (1.3.-11. táblázat). Európai irodalmi forrásmunkák bükkre vonatkozó átlagaihoz (N: 26,01; Ca: 8,88; K: 8,66; Mg: 1,25; P: 1,46 mg/g) képest az adatok a foszfor kivételével kissé magasabbak, de a szórásmezőn belül maradtak (Jacobsen et al. 2003). A lombzathoz tartozik a termés is, amely az endospermium miatt káliumban (8,20 mg/g), magnéziumban (0,84 mg/g) és foszforban (0,97 mg/g) gazdagabb, mint az egyéb szervek. A lombzatnál jóval alacsonyabbak az átlagos tápelem-koncentrációk az ágakban, és még alacsonyabbak a fatörzsek anyagában. Az élettanilag aktívabb vékony (0-1 cm) ágakban, hasonlóan Járó (1990) eredményeihez, a tápelem-koncentrációk jóval magasabbak, mint a vastagabb ágakban. A törzs esetében pedig a kéreg elemkoncentrációi magasabbak a törzs faanyag átlaghoz képest. A tuskó és a gyökérzet tápelem-koncentrációi valamivel magasabb értékeket mutatnak az ágakénál.

1.3.-11. táblázat. 70 éves bakonyi bükkös faállomány tápelem-koncentrációi (mg/g) a különböző növényi szervekben

Tápelem	Levél	Ág, 0-1 cm	Ág	Törzs	Kéreg	Tuskó és gyökérzet
N	28,88	7,81	3,49	1,85	6,84	5,47
Ca	10,18	8,19	2,63	1,85	23,75	3,84
K	9,33	4,57	1,74	1,44	2,85	1,81
Mg	1,77	0,67	0,37	0,23	0,48	0,93
P	1,17	0,65	0,28	0,12	0,29	0,38

A beépült tápelemek koncentrációinak és az adott bükkös szervesanyag-tömegének ismeretében számítható hektáronként az élőfakészletbe és a levélzetbe beépült fő tápelemek mennyisége (1.3.-12. táblázat). A mérések alapján a faállomány 481 t/ha-os átlagos földfeletti dendromasszájába 1149 kg nitrogén, 999 kg kalcium, 750 kg kálium, 131 kg magnézium és 78 kg foszfor épült be. Amíg a földfeletti dendromassza tömegének 77%-a a törzsekben, 22%-a az ágakban és kevesebb, mint 1%-a a lombzatban található, addig a fatörzsekbe a tápelemek összegzett mennyiségének csak 65%-a, az ágakba 29%-a, a lombzatba pedig csaknem 6%-a épült be. Ugyanakkor a közel 113 t/ha-nyi földalatti dendromasszában 609 kg nitrogén, 400 kg kalcium, 202 kg kálium, 105 kg magnézium és 42 kg foszfor található. E tápelem-készlet csaknem 88%-a a gyökérzetben, a maradék pedig a tuskókban halmozódott fel.

A földfeletti és a földalatti dendromassza szervesanyag-tömegének és összes tápelem-készletének összehasonlítása azt mutatja, hogy amíg a földfeletti dendromasszában a szervesanyagnak 81%-a, addig a tápanyagok összességének csak 70%-a található, azaz a földalatti dendromasszába fajlagosan több tápanyag épül be. Természetesen az egyes tápanyagok a fák szerveinek eltérő funkciói miatt más-más arányban akkumulálódnak a dendromasszában (1.3.-12. táblázat). Vagyis a mérések szerint a földalatti dendromasszában magasabb a nitrogén és a magnézium aránya, hasonló a foszforé, viszont alacsonyabb a kalcium és a kálium aránya.

Már említettük, hogy a faállományok tápelemkészlete és annak a fák egyes szerveiben való eloszlása több tényezőtől, így elsősorban a fafajtól és a termőhely termőképességétől függ. Összehasonlítottuk a bemutatott bükkös 1 évre eső adatait egy, ugyancsak bakonyi 51 éves cseres 1 évre eső adataival, mely utóbbi állomány ökológiai viszonyai talajtani szempontból kevésbé, klimatikus adottságaiban viszont jelentősen eltérnek a bükkösétől. A különbség mind a földfeletti dendromasszában, mind pedig a földalatti dendromasszában kifejeződik, de ellentétes irányban (1.3.-13. táblázat). A bükkös évenkénti átlagos szervesanyag-gyapapodása magasabb, mint a cseresé. Azonban amíg a bükkösben a földfeletti dendromasszában egyenletes növekedést feltételezve az éves szervesanyag-gyapapodás több, mint 1600 kg-mal nagyobb, addig a földalatti dendromasszában 730 kg-mal kisebb, mint a cseresben. Feltételezhető, hogy a fiatalkori gyökérfejlődés a cseresben intenzívebb, mint a bükkösben.

1.3.-12. táblázat. Egy bakonyi bükkös földfeletti és földalatti dendromasszájába beépült tápelemek mennyisége (kg/ha szárazanyagban)

Kompartment	Száraz- anyag	N	Ca	K	Mg	P	Összes tápelem
Levélzet	3 172	92	32	30	6	4	164
Ág	106 616	372	280	186	40	30	908
Törzs	371 017	685	687	534	85	44	2035
Földfeletti dendromassza	480 805	1 149	999	750	131	78	3 107
		37%	32%	24%	4%	3%	100%
Tuskó	39 997	64	36	56	8	4	168
Gyökér	72 763	545	364	146	97	38	1 190
Földalatti dendromassza	112 760	609	400	202	105	42	1 358
		45%	29%	15%	8%	3%	100%
Összes dendromassza	593 565	1 758	1 399	952	236	120	4 465

A tápanyag-összetétel és -készlet alakulása a két fafajban eltérő, vagyis amíg a bükkös dendromasszájába beépült tápanyagok egy évre jutó összegzett mennyisége összesen 61,4 kg, addig a cseresé több mint kétszer annyi, 126,2 kg (1.3.-13. táblázat). A mérési adatok egyértelműen mutatják, hogy a cseres egységnyi szervesanyag-képzéséhez szinte valamennyi tápelem tekintetében csaknem kétszeres mennyiséget igényel, mint a bükk. Feltételezhető ezért, hogy gyengébb termőképességű termőhelyeken álló középkorú cseresek utóbbi évtizedekben észlelhető egészségi állapot-romlásában a tápanyaghiány is szerepet játszhat.

A bemutatott eredmények ráirányítják a figyelmet a fafajok termőhelyigényének felülvizsgálatára, még akkor is, ha a magyarországi viszonyok mellett az erdei talajok tápanyag-ellátottsága kedvező. Amennyiben a 70 éves bükköst a vizsgálat időpontjában letermelték volna, akkor csak az ágak nélküli faanyag (törzsek) hasznosításával 685 kg nitrogén, 687 kg kalcium, 534 kg kálium, 85 kg magnézium és 44 kg foszfor került volna ki az erdő tápanyagforgalmából (1.3.-12. táblázat). A tartamos erdőgazdálkodás alapfeltétele ezért az, hogy a kitermelt faanyag tápanyagban gazdag részei, mint a levélzet és a vékonyabb ágak, valamint a gyökérzet az erdőterületen, az erdei ökoszisztéma tápanyag-körforgalmában maradjon.

1.3.-13. táblázat. A vizsgált bükkös és cseres éves átlagnövedéke szervesanyag- és tápelem-készletének földfeletti- és földalatti megoszlása, valamint a két fafaj közti különbsége

Kompartment	Fafaj	Szárz- anyag	N	Ca	K	Mg	P	Összes
		kg/ha/év						
Földfeletti dendromassa lombozat nélkül	bükk	6823,3	15,1	13,8	10,3	1,8	1,0	42,0
	cser	5182,6	18,0	33,8	16,0	3,0	1,0	71,7
	diff.	1640,7	-2,9	-20,0	-5,7	-1,2	0,0	-29,7
Földalatti dendromassa	bükk	1610,8	8,7	5,7	2,9	1,5	0,6	19,4
	cser	2341,7	20,8	19,2	8,1	4,6	1,7	54,5
	diff.	-730,9	-12,1	-13,5	-5,2	-3,1	-1,1	-35,1
Összes dendromassa lombozat nélkül	bükk	8434,2	23,8	19,5	13,2	3,3	1,7	61,4
	cser	7524,3	38,9	53,0	24,1	7,6	2,7	126,2
	diff.	909,9	-15,1	-33,5	-10,9	-4,3	-1,0	-64,8

A bükkös avar- és humuszsztintje és az időjárás hatása

Führer Ernő és Jagodics Anikó

A 150–200 éves múltra visszatekintő, a szakszerű és tervszerű erdőgazdálkodást megalapozó tartamosági szemlélet mára nagymértékben átértékelődött. A klíma viszonylag gyors változása miatt az erdei ökoszisztémák energia- és anyagforgalmának kiegyensúlyozott állapota eltolódott, és ez rövid távon kihat a faállományok összetételére és növekedésére, de a humusz mennyiségére és minőségére is.

Az erdei ökoszisztémákban a fák elhalt levelei és ágai, valamint egyéb részei évente a talajra hullva avartakarót képeznek. Az ebből képződő humusz és a belőle felszabaduló tápanyagok az erdőtalaj termékenységének a forrása (Járó 1958, 1963). A bomlás olyan fizikai és kémiai folyamatokat foglal magában, amelyek lehetővé teszik az elhalt szervesanyag makromolekuláinak alapvető komponenseikre való redukálását (Aerts 1997), így a keletkezett CO₂ és az oldható tápanyagok újra felhasználhatókká válnak a növényzet számára (Cronan 2018). Nyilvánvaló, hogy a bomlási folyamatok lefolyása minden ökoszisztémában más és más (Zhang et al. 2008; Djukic et al. 2018). A lebomlási folyamatot elsősorban az időjárás, az avar kémiai összetétele és a talajban élő szervezetek befolyásolják (Coûteaux et al. 1995; Aerts 1997; Fierer et al. 2003). Amíg az ásványi talaj szénkészlet változásának folyamata nehezen modellezhető (passzív szénkészlet), addig az avartakaróban és a humuszsztintben megkötött szervesanyag (aktív szénkészlet) gyorsabban alakul át és a folyamat iránya és mértéke pontosabban becsülhető (McGill 1996). Magyarországi vizsgálatok alapján az erdők avartakarójában és a humuszsztintjében a szénkészlet nagysága átlagban elérheti a 10–15 t/ha értéket (Führer 2004, 2014; Führer & Jagodics 2009; Bidló 2014).

Az alábbi elemzésekben nem tárgyaljuk a *holtfák* faanyagának szerepét a humusz képződésben, mert mennyiségük esetleges és szoros összefüggésben van a bükkös állomány erdőkezelési előzményeivel. A faanyag lebontásának folyamata már a lábon száradt fákban elkezdődik, majd a földre dőlt törzsek bontása specialista rovarfajokkal és főleg korhasztó gombákkal folytatódik. A gombahifák növekedésének gyorsasága iránytól függően változó, axiális irányban a leggyorsabb, a bükk fájában axiális, radiális és tangenciális irányban 12,7:1,7:1,0 arányban változik (Traser 1996; 1.3.-23. ábra). A korhadó holtfa funkciója szervesanyag-tartalma mellett ökológiai és diverzitás-fenntartó szerepe révén kiemelkedő (Mátyás 1996; Csóka et al. 2000).



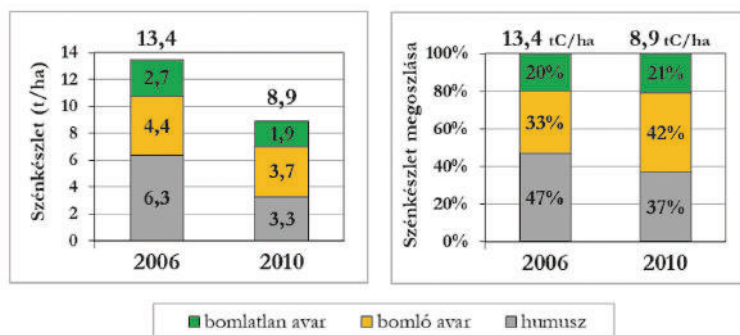
1.3.-23. ábra. A holtfa lebomlása hossztengetly mentén a leggyorsabb (Vétyemi ősbükkös; Fotó: Mátyás Csaba)

érték 9 t/ha körülire esett vissza. E nagymértékű fogyás elsősorban a humusz szénkészlet-csökkenésének (6,3 t/ha-ról 3,3 t/ha-ra) tulajdonítható, amely 48%-kal lett kevesebb. A változás 2006/2007 tele és 2010/2011 tele között eltelt 4 év alatt ment végbe. Ezért összehasonlították a 2007 elejétől 2010 végéig terjedő, és a 2003 elejétől 2006 végéig terjedő időszakok időjárási viszonyait és megállapították, hogy a 2007–2010-es időszakban a téli (január–február) és a kora tavaszi (március) hónapok átlaghőmérséklete 2,9 °C-kal, a csapadékösszege pedig 30%-kal volt több, mint 2003–2006 ugyanezen időszakának átlaga. Az éveket egyesével vizsgálva még markánsabb volt az eltérés 2007-ben, amikor január, február és március átlaghőmérséklete 5,3 °C-kal, a csapadékösszege pedig 52%-kal volt nagyobb a megelőző négyéves időszakhoz képest. Ez valószínűsíti, hogy a 2007. év rendkívüli időjárási viszonyainak volt köszönhető a változás. Más kutatások eredményeihez hasonlóan beigazolódni látszik, hogy a nedves és enyhe nyugalmi időszak a bomló avar és a humusz lebomlását elősegíti, a szárazabb viszonyok pedig gátolják, azaz lassítják a folyamatot (Járó 1963; Santonja et al. 2017).

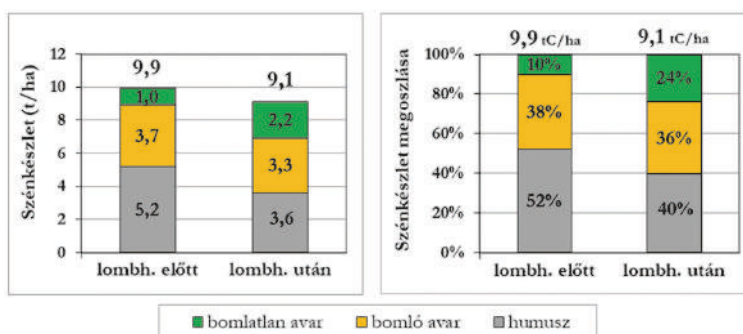
Jagodics és Führer (2023) hasonlóan gyors változást mértek 2013 őszén, amikor lombhullás előtt (szeptember végén) és után (december elején) gyűjtött avar- és humuszmintákat elemeztek. Az eredmények azt mutatták, hogy a bomlatlan avar szénmennyisége a lombhullás után több, mint kétszerese a lombhullás előttinek, ami

Dombvidéki körülmények

Több szerző szerint is az éghajlat vonatkozásában a hőmérséklet és a csapadék tekinthető olyan tényezőknek, melyek a bomlási sebességet befolyásolják (Parton et al. 2007), lassíthatják vagy gyorsíthatják a szervesanyagok lebomlását (Davidson & Janssens 2006; Coüteaux et al. 2002). Jagodics és Führer (2023) Magyarország két tipikus bükkös táján (Göcseji-dombság, Kelet-zalai-löszvidék) tanulmányozták az időjárás hatását az avar- és humuszszint tömegére. 2006-ban és 2010-ben 16 bükkös állományban lombhullást követően gyűjtött minták alapján (1.3.-24. ábra) megállapítható, hogy 2006-ban az avar és humuszréteg összes szénkészletének átlaga több, mint 13 t/ha volt, 2010-re viszont ez az



1.3.-24. ábra. Két év (2006 és 2010) lombhullás után gyűjtött avar- és humuszminták átlagos szénkészlete és annak megoszlása dombvidéki bükkösökben



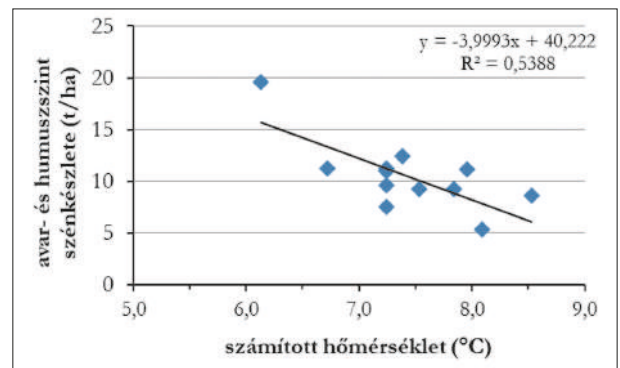
1.3.-25. ábra. 2013-ban lombhullás előtt és után gyűjtött avar- és humuszminták átlagos szénkészlete és annak megoszlása dombvidéki bükkösökben

természetes, míg a bomló avar szénkészlete valamivel kevesebb (1.3.-25. ábra). A humusz szénkészletváltozása pedig már $-1,6$ t/ha (-30%) volt. Mivel a humuszban az átlagos szénkoncentráció növekedett a lombhullás után, a készletcsökkenés a szervesanyag-tömeg fogyása miatt következett be, azaz intenzívebb lebomlás zajlott le. Ehhez kedvező feltételeket biztosított 2013 októberének és novemberének időjárása. Ebben az időszakban ugyanis a sokéves (1971–2020) átlaghoz viszonyítva $1,8$ °C-kal magasabb hőmérséklet és 56% -kal több csapadék jellemezte a vizsgált területeket, de még a szeptemberi csapadékösszeg is meghaladta ($+28\%$) a sokéves átlagot.

Hegyvidéki körülmények

Az erdei termőhelyek klímája a tengerszint feletti magasság emelkedésével arányosan hűvösebb és nedvesebb. Mivel hegyvidékeken a csapadék egyelőre elegendő mennyiségben áll rendelkezésre, ezért a hőmérsékletváltozás hatása sokkal erősebb az elhalt szervesanyag lebomlására, mint a csapadéké. A szárazabb termőhelyeken viszont a csapadék lehet az a termőhelyi tényező, ami a felhalmozódási és lebomlási folyamatokat befolyásolja. A Kőszegi-hegységben az éves átlaghőmérséklet 100 méterenként $0,58$ °C-kal csökken (Balázs et al. 2022). Amíg közel 900 m-es magasságban 6 °C körüli az éves átlaghőmérséklet, addig 400 m-en már csaknem eléri a 9 °C-ot. Korábbi vizsgálatokat komplexebben kiértékelve azt az eredményt kaptuk, hogy a hegységben 451 és 864 m között tenyésző 13 idős és középkorú bükkös állományban az avar- és humuszszint szén egyenértékben kifejezett átlagos tömege $10,6$ t (Führer 2014). Ennek 16% -a bomlatlan avar, 46% -a bomló avar, 38% -a pedig a humuszszint tömege. A két legalacsonyabban (451 és 529 m) fekvő állomány átlagos avar- és humuszszintjének tömege ($6,9$ t) a két legmagasabban (763 és 864 m) fekvő állomány átlagának ($15,4$ t) a felét sem éri el, vagyis a hőmérséklet csökkenésével arányosan növekszik az avar- és humuszszint szervesanyag-készlete (1.3.-26. ábra). A Kőszegi-hegységben 100 m-es szintkülönbség-emelkedés esetén a szénegyenértékben kifejezett avar- és humuszszint együttes tömege lineárisan $2,3$ tonnával emelkedik, ebből pedig csak a humuszszinté $1,3$ tonnával. A változások a hegység 400 m-t meghaladó magasságában a klímaváltozás vonatkozásában is extrapolálhatók.

Összegzésként, a magyarországi bükkösökben végzett avar- és humuszvizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a hűvösebb és nedvesebb hegyvidéki területeken a hőmérséklet-emelkedés, a melegebb dombvidékeken pedig a hőmérséklet-emelkedés, esetleges csapadék-növekedéssel párosulva, felgyorsíthatja a lebomlási folyamatokat, és ez a holt szervesanyag, különösen a humusz szénkészletének csökkenéséhez vezet. Ennek éven belüli mértéke meghaladhatja az erdő nettó szénmegkötő-képességét is, azaz az erdő ilyen esetben akár nettó szénkibocsátóvá válhat.



1.3.-26. ábra. Avar- és humuszszint szénkészletének lineáris változása a Kőszegi-hegység bükköseiben a tengerszint feletti magasság és hőmérsékleti gradiens alapján számított éves átlaghőmérsékletek függvényében

Irodalom

- Aerts R. 1997: Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. – *Oikos* 79: 439–449.
- Anev S. & Marinova A. 2021: Physiological adaptation of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and wild cherry (*Prunus avium* L.) saplings after windthrow. – *Forestry Ideas* 27(2): 436–445.

- Augusto L., Ranger J., Ponette Q. & Rapp M. 2000: Relationships between forest tree species, stand production and stand nutrient amount. – *Annals of Forest Science* 57: 313–324.
- Backes K. & Leuschner C. 2000: Leaf water relations of competitive *Fagus sylvatica* and *Quercus petraea* trees during 4 years differing in soil drought. – *Canadian Journal of Forest Research* 30: 335–346.
- Balázs P., Berki I., Bidló A., Bölöni J., Horváth A., Király G. & Vig P. 2022: 43.1.2. Természetföldrajzi jellemzés. In: Führer E. (szerk.): Magyarország erdészeti tájai. V. Nyugat-Dunántúl erdészeti tájcsoport. – Agrárminisztérium Nemzeti Földügyi Központ, Budapest, pp. 174–186.
- Bartlett E.M. & Lewis D.H. 1971: Surface phosphatase activity of mycorrhizal roots of beech. – *Soil Biology and Biochemistry* 5: 249–257.
- Bauch J. & Schröder W. 1982: Zellulärer Nachweis einiger Elemente in den Feinwurzeln gesunder und erkrankter Tannen (*Abies alba* Mill.) und Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.). – *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 101: 285–294.
- Berki I. 1991: Die Rolle des Nährstoffmangels. – *Allgemeine Forstzeitung* 2: 74–78.
- Bidló A. 1995: Alaktani, életteni és tápanyagtartalmi összehasonlító vizsgálatok különböző származású bükk (*Fagus sylvatica* L.) csemétéken. – Doktori értekezés, Sopron, 110 pp.
- Bidló A. 1998: Egy bükk állomány anyagforgalmának vizsgálata. – OTKA Kutatási jelentés, Sopron, 25 pp.
- Bidló A. 2014: Erdei ökoszisztémák szénkészletének klímfüggő változása. In: Mátyás Cs. (szerk.): Agrárklíma: Az előrevetített klímaváltozás hatáselemzése és az alkalmazkodás lehetőségei. – Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 106–111.
- Biebelriether H. 1962: Wurzeluntersuchungen an Tannen und Eichen in Mittelschwaben. – *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 82: 210–248.
- Bognár K.R. & Vig P. 2004: A sugárzasi egyenleg faállományon belüli változásai egy bükkösben. In: Mátyás Cs. & Vig P. (szerk.): Erdő és klíma IV. – NyME, Sopron, pp. 133–143.
- Bolla B., Manninger M., Molnár T., Horváth B., Szolgay J., Gribovszki Z., Kalicz P. & Szabó A. 2024: Evaluation of the Compound Effects of the 2022 Drought and Heatwave on Selected Forest Monitoring Sites in Hungary in Relation to Its Multi-Year Drought Legacy. – *Forests* 15: 941.
- Bowen I.S. 1926: The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. – *Physical Review* 27(6): 779–787.
- Burger H. 1950: Holz, Blattmenge und Zuwachs. X. Mitteilung: Die Buche. – *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen* 26(2): 419–468.
- Burschel P. & Huss J. 1964: Die Reaktion von Buchensämlingen auf Beschattung. – *Forstarchiv* 35(11): 225–233.
- Cannell M.G.R. & Willett S.C. 1976: Shoot growth phenologie, dry matter distribution and root/shoot ratios of provenances of *Populus trichocarpa*, *Picea sitchensis* and *Pinus contorta* growing in Scotland. – *Silvae Genetica* 25(2): 49–59.
- Carlyle-Moses D. E. & Schooling J.T. 2015: Tree traits and meteorological factors influencing the initiation and rate of stemflow from isolated deciduous trees. – *Hydrological Processes* 29(18): 4083–4099.
- Collignon C., Calvaruso C. & Turpault M. 2011: Temporal dynamics of exchangeable K, Ca and Mg in acidic bulk soil and rhizosphere under Norway spruce (*Picea abies* Karst.) and beech (*Fagus sylvatica* L.). – *Plant and Soil* 349: 89–94.
- Coûteaux M.M., Bottner P. & Berg B. 1995: Litter decomposition, climate and litter quality. – *Trends in Ecology & Evolution* 10: 63–66.
- Coûteaux M.M., Sarmiento L., Bottner P., Acevedo D. & Thiéry J. 2002: Decomposition of standard plant material along an altitudinal transect (65–3968 m) in the tropical Andes. – *Soil Biology and Biochemistry* 34: 69–78.
- Cronan C.S. 2018: Ecosystem Biogeochemistry: Element Cycling in the Forest Landscape. – Faculty and Staff Monograph Publications 285., Springer Cham, 205 pp.
- Čufar K., Prislán P., de Luis M. & Gričar J. 2008: Tree-ring variation, wood formation and phenology of beech (*Fagus sylvatica*) from a representative site in Slovenia, SE Central Europe. – *Trees* 22(6): 749–758.
- Czajkowski T., Kompa T. & Bolte A. 2006: Zur Verbreitungsgrenze der Buche (*Fagus sylvatica* L.) im nordöstlichen Mitteleuropa. – *Forstarchiv* 77: 203–216.
- Czúcz B., Gálhidy L. & Mátyás Cs. 2013: A bükk és a kocsánytalan tölgy elterjedésének szárazsági határa. – *Erdészettudományi Közlemények* 3(1): 39–53.
- Csáki P. 2020: A klímaváltozás hatása a vízkészletekre a felszínborítás figyelembevételével. – Doktori (PhD.) értekezés, Sopron, 122 pp.
- Csóka Gy., Dobrosi D., Frank T., Kovács T. & Traser Gy. 2000: Az elpusztult, korhadó fa szerepe az erdei biodiverzitás fenntartásában. In: Frank T. (szerk.) 2000: Természet-Erdő-Gazdálkodás. – MME-Pro Silva Hungarica Kiadványa, Garamond Kft., Eger, pp. 85–98.

- Davidson E.A. & Janssens I.A. 2006: Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. – *Nature* 440: 165.
- Deans J.D. 1979: Fluctuations of the soil environment and fine root growth in young Sitka spruce plantation. – *Plant and Soil* 52: 195–208.
- Decuyper M., Chávez R.O., Čufar K., Estay S.A. ... Sass-Klaassen U. 2020: Spatio-temporal assessment of beech growth in relation to climate extremes in Slovenia – An integrated approach using remote sensing and tree-ring data. – *Agricultural and Forest Meteorology* 287: 1–10.
- Dengler A. 1944: *Waldbau auf ökologischer Grundlage*. 3. Auflage – Springer, Berlin, 608 pp.
- Di Filippo A., Biondi F., Čufar K., de Luis M. ... Piovesan G. 2007: Bioclimatology of beech (*Fagus sylvatica* L.) in the Eastern Alps: spatial and altitudinal climatic signals identified through a tree-ring network. – *Journal of Biogeography* 34(11): 1873–1892.
- Dittmar C., Zech W. & Elling W. 2003: Growth variations of common beech (*Fagus sylvatica* L.) under different climatic and environmental conditions in Europe – a dendroecological study. – *Forest Ecology and Management* 173(1-3): 63–78.
- Djukic I., Kepfer-Rojas S., Schmidt I., Larsen K., Beier C., Berg B., Verheyen K., Caliman A., Paquette A. & Gutiérrez-Girón A. 2018: Early stage litter decomposition across biomes. – *Science of the Total Environment* 628: 1369–1394.
- Ebert H.P. 2003: *Die Behandlung von häufig vorkommenden Baumarten*. 3. Auflage. – Schriftenreihe Fachhochschule Rottenburg am Neckar, Hochschule für Forstwirtschaft.
- Edelényi M., Pödör Z. & Jereb L. 2011: Transzformált adatsorok alkalmazása a fák növekedése és az időjárási paraméterek kapcsolatának vizsgálatában. – *Agrárinformatika* 2(1): 39–48.
- Eichhorn J. 1992: Wurzeluntersuchungen an sturmgeworfenen Bäumen in Hessen. – *Forst und Holz* 47(18): 555–559.
- Ellenberg H. 1988: *Vegetation ecology of Central Europe*. 4th ed. – Cambridge University Press, 731 pp.
- Ellenberg H. 1996: *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. 5. Auflage. – Ulmer, Stuttgart, 1095 pp.
- Ellenberg H., Mayer R. & Schaueremann J. 1986: *Ökosystemforschung: Ergebnisse des Solling-Projekts 1966–1986*. – Ulmer Verlag, Stuttgart, 507 pp.
- Faragó S. 1960: Homoki cserjék gyökérfeltárása. – *Erdészeti Kutatások* 56(1–3): 341–360.
- Faragó S. 1972: Investigations on the growth rate of Austrian pine (*Pinus nigra*) roots and side branches. – *Erdészeti Kutatások* 68(2): 155–176.
- Fiedler H.J., Nebe W. & Hoffmann F. 1973: *Forstliche Pflanzenernährung und Düngung*. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 481 pp.
- Fierer N., Allen A.S., Schimel J.P. & Holden P.A. 2003: Controls on microbial CO₂ production: a comparison of surface and subsurface soil horizons. – *Global Change Biology* 9: 1322–1332.
- Fraser D.A. 1962: Tree growth in relation to soil moisture. In: Kozłowski T.T. (ed.): *Tree growth*. – The Ronald Press, New York, pp. 183–204.
- Führer E. 1984: A csapadék megoszlása és az intercepció különböző hazai erdőtársulásokban. – *Doktori értekezés, Sopron*, 180 pp.
- Führer E. 1992: Intercepció meghatározása bükk, kocsánytalan tölgy és lucfenyő erdőben – *Vízügyi Közlemények* 74(3): 281–294.
- Führer E. 1994a: Csapadékmérések bükkös, kocsánytalan tölgyes és lucfenyves ökoszisztémában – *Erdészeti Kutatások* 84: 11–35
- Führer E. 1994b: Bükkös, kocsánytalan tölgyes és lucfenyves csapadékvíz- és csapadékvízben oldott tápanyagbevétele. – *Kandidátusi értekezés, Sopron*, 103 pp.
- Führer E. 1995: Az időjárás változásának hatása az erdők fatermőképességére és egészségi állapotára. – *Erdészeti Lapok* 130(6): 176–178.
- Führer E. 2002: A klímátényezők és a klímajelző fajok szervesanyag-képzése közötti ökológiai összefüggés. – „Erdő-Klíma” kutatási program, zárójelentés, NKFP 3/B/0012/2002 (kéziratban).
- Führer E. 2004: Carbon fixing capacity of the forests in Hungary. – *Hungarian Agricultural Research* 13(3): 4–7.
- Führer E. 2010: A fák növekedése és a klíma. – „KLÍMA-21” Füzetek 61: 98–107.
- Führer E. 2014: A talaj szervesanyag-tartalmának (avar, humusz, ásványi talaj) zonalitással összefüggő változása. In: Mátyás Cs. (szerk.): *Agrárklíma: Az előrevetített klímaváltozás hatáselemzése és az alkalmazkodás lehetőségei*. – Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 102–106.
- Führer E. 2018: A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. – *Erdészettudományi Közlemények* 8(1): 27–42.

- Führer E., Czupy Gy., Kocsisné Antal J. & Jagodics A. 2011a: Gyökérvizsgálatok bükkös, gyertyános-kocsányos tölgyes és cseres faállományban. – *Agrokémia és Talajtan* 60(1): 103–118.
- Führer E., Csiha I., Szabados I., Pödör Z. & Jagodics A. 2014: Egy cseres faállomány földfeletti és földalatti szervesanyagának meghatározása. – *Erdészettudományi Közlemények* 4(2): 109–119.
- Führer E., Edelényi M., Horváth L., Jagodics A. ... Pödör Z. 2016a: Effect of weather conditions on annual and intra-annual basal area increments of a beech stand in the Sopron Mountains in Hungary. – *Időjárás* 120(2): 127–161.
- Führer E., Edelényi M., Jagodics A., Jereb L. ... Pödör Z. 2016b: Az időjárás hatása egy időskorú bükkös évenkénti körlap-növekedésére. – *Erdészettudományi Közlemények* 6(1): 61–78.
- Führer E., Horváth L., Jagodics A., Machon A. & Szabados I. 2011b: Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. – *Időjárás* 115(3): 205–216.
- Führer E. & Jagodics A. 2009: A klímajelző fafajú állományok szénkészlete. – „Klíma-21” Füzetek 57: 43–55.
- Führer E. & Jagodics A. 2024: Bükkös, gyertyános-kocsányos tölgyes és cseres faállományok tápanyagkészlete. – Kézirat, 10 pp.
- Führer E., Jagodics A., Juhász I., Marosi G. & Horváth L. 2013: Ecological and economical impacts of climate change on Hungarian forestry practice. – *Időjárás* 117(2): 159–174.
- Führer E., Járó Z. & Márkus L. 1991: A magyarországi erdők szénmegkötő képessége. In: Faragó T., Iványi Zs. & Szalai S. (szerk.): *Az éghajlat változékonysága és változása II. – Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium – Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest*, pp. 67–73.
- Füzesi I., Nemky E. & Vancsura R. 1962: Hulló lomb Ca-tartalmának vizsgálata, tekintettel a soproni hegyvidék savanyú talajaira. – *Erdészettudományi Közlemények* 2: 151–159.
- Garamszegi B. & Kern Z. 2014: Climate influence on radial growth of *Fagus sylvatica* growing near the edge of its distribution in Bükk Mts., Hungary. – *Dendrobiology* 72: 93–102.
- Garamszegi B. & Kern Z. 2016: Hazai bükkösök körlap-növekedésének trendjei a változó klíma tükrében. – *Erdészettudományi Közlemények* 6(1): 35–44.
- Glatzel K. 1961: Wurzel Ausbildung der wichtigen Wirtschaftsholzarten auf sandig-tonigen Keuperböden. – *Allgemeine Forstzeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge* 16(8): 140–144., (9): 167–170.
- Glock W.S. & Agertier S.R. 1962: Rainfall and tree growth. In: Kozłowski T.T. (ed.): *Tree growth*. – The Ronald Press, New York, pp. 23–56.
- Göttsche D. 1972: Verteilung von Feinwurzeln und Mykorrhizen im Bodenprofil eines Buchen- und Fichtenbestandes im Solling. – *Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Nr. 88., Reinbek bei Hamburg*, 102 pp.
- Gribovszki Z., Kalicz P. & Kucsara M. 2006: Streamflow Characteristics of Two Forested Catchments in Sopron Hills – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 2: 81–92.
- Gruber F. 2002: Wachstum von Altbuchen (*Fagus sylvatica* L.) auf einem Kalkstandort (Göttinger/Södlicher) in Abhängigkeit von der Witterung. III. Bohrkernanalysen. – *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 173: 117–122.
- Gruber F. 2004: Die Steuerung des sogenannten „Blattverlust“ der Buche (*Fagus sylvatica* L.) durch die Witterung. – *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 175: 83–94.
- Guha M.M. & Mitchell R.L. 1965: The trace and major element composition of the leaves of some deciduous trees. I. Sampling techniques. – *Plant and Soil* 23: 323–338.
- Guha M.M. & Mitchell R.L. 1966: The trace and major element composition of the leaves of some deciduous trees. II. Seasonal changes. – *Plant and Soil* 24: 90–112.
- Gutiérrez E., Campelo F., Camarero J.J., Ribas M., Muntán E., Nabais C. & Freitas H. 2011: Climate controls act at different scales on the seasonal pattern of *Quercus ilex* L. stem radial increments in NE Spain. – *Trees* 25: 637–646.
- Hackett-Pain A.J., Friend A.D., Lagueard J.G.A. & Thomas P.A. 2015: The influence of masting phenomenon on growth–climate relationships in trees: explaining the influence of previous summers’ climate on ring width. – *Tree Physiology* 35(3): 319–330.
- Heinsdorf D. & Krauß H.-H. 1990: Schätztafeln für Trockenmasse und Nährstoffspeicherung von Kiefernbeständen. IFE-Berichte aus Forschung und Entwicklung 18. – Institut für Forstwissenschaften, Eberswalde, 77 pp.
- Heinze M. & Fiedler H.J. 1992: Ernährung der Gehölze. In: Lyr H., Fiedler H.J. & Tranquillini W. (eds.): *Physiologie und Ökologie der Gehölze*. – Gustav Fischer Verlag, Jena–Stuttgart, pp. 43–115.
- Horváth A. & Mátyás Cs. 2014: Növekedéscsökkenés előrevetítése egy bükk származási kísérlet alapján. – *Erdészettudományi Közlemények* 4(2): 91–99.
- Horváth A. & Mátyás Cs. 2016: The Decline of Vitality Caused by Increasing Drought in a Beech Provenance Trial, Predicted by Juvenile Growth. – *South-east European Forestry* 7(1): 21–28.

- Hüttl R. 1991: Die Nährelementversorgung geschädigter Wälder in Europa und Nordamerika. – Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen 28: 1–440.
- Hüttl R. 1992: Die Blattanalyse als Diagnose- und Monitoringinstrument in Waldökosystemen. – Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen 30: 31–59.
- Ijjász E. 1936: A nyersalomtakaró szerepe az erdők vízháztartásában – Hidrológiai Közlöny 16: 72–101.
- Illinszkij A.P. 1937: Rasztyityelnoszty zemnogo sara [A Föld vegetációja.]. – Moszkva-Leningrád. Cit. in: Czajkowski T., Kompa T. & Bolte A. 2006: Zur Verbreitungsgrenze der Buche (*Fagus sylvatica* L.) im nordöstlichen Mitteleuropa. – Forstarchiv 77: 203–216.
- Illés G. & Fonyó T. 2016: A klímaváltozás fatermesre gyakorolt várható hatásának becslése az AGRATÉR projektben. – Erdészettudományi Közlemények 6(1): 25–34.
- Jacobsen C., Rademacher P., Meesenburg H. & Meiwes K.J. 2003: Gehalte chemischer Elemente in Baumkompartimenten: Literaturstudie und Datensammlung. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe B, Band 69. – Universität Göttingen, 81 pp.
- Jagodics A. & Führer E. 2023: Klímaváltozás hatása az erdő avar- és humuszrétegének szervesanyag mennyiségére és minőségére zalai bükkösök példáján. In: Koncz I. & Szova I. (szerk.): Húsz éve az európai nemzeti tudományosság és a fiatal kutatók szolgálatában. A PEME XXVI. Nemzetközi PhD-Konferenciájának előadásai (Budapest, Miskolc, 2023. november). – Professzorok az Európai Magyarorszáért Egyesület, Budapest–Miskolc, pp. 81–91.
- Jahn G. 1991: Temperate deciduous forests of Europe. Ecosystems of the world 7. In: Röhrig E. & Ulrich B. (eds.): Temperate deciduous forests. – Elsevier, London, pp. 377–502.
- Járó Z. 1958: Alommennyiségek a magyar erdő egyes típusaiban. – Erdészettudományi Közlemények 1: 151–159.
- Járó Z. 1963: A lomb bomlása különböző állományok alatt. – Erdészeti Kutatások 59(1–2): 95–104.
- Járó Z. 1972: A termőhely fogalma. In: Danszky I. (szerk.): Erdőművelés I. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 47–87.
- Járó Z. 1979: A kultúrerdők ökoszisztéma-vizsgálata. – MTA Veszprémi Akadémiai Bizottsága Monográfiái 10: 40–45.
- Járó Z. 1980: Intercepció a Gödöllői kultúrerdei ökoszisztémában. – Erdészeti Kutatások 73: 7–17.
- Járó Z. 1981: A hazai erdők vízfogyasztása. – Agrártudományi Közlemények 40: 353–356.
- Járó Z. 1990: A bükkösök szerves- és tápanyagforgalma. – Erdészeti Kutatások 80–81: 83–98.
- Járó Z. 1991: Lomberdők gyökérrendszere és gyökértömege. – Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények 1991(1): 5–22.
- Járó Z. 1995: A legfontosabb magyarországi természetserű, származék és kultúr erdőtársulások évi szervesanyagképzése. – Kutatási jelentés az 1385. számú OTKA pályázatról.
- Járó Z. & Horváth E.-né 1959: Tápanyag-körforgalom a magyar erdő egyes típusaiban. – Erdészeti Kutatások 6(1–2): 231–246.
- Járó Z. & Horváth E.-né 1960: Az alom kalciumtartalma és jelentősége. – Erdészeti Kutatások 7(1–3): 99–103.
- Járó Z. & Tátraaljai E.-né 1985: A fák éves növekedése. – Erdészeti Kutatások 76–77: 221–234.
- Johnson P.S., Novinger S. & Mares W. 1984: Root, shoot, and leaf area growth potentials of northern red oak planting stock. – Forest Science 30(4): 1017–1026.
- Jones H.G. 2014: Plants and Microclimate. A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology. Third Edition. – Cambridge University Press, 250 pp.
- Kalela E. 1949: On the horizontal roots in pine and spruce stands I. – Acta Forestalia Fennica 57(2): 62–68.
- Kalicz P., Herceg A., Kisfaludi B., Csáki P. & Gribovszki Z. 2017: Canopy interception variability in changing climate – EGU General Assembly 2017, Vienna, Geophysical Research Abstracts, p. 19.
- Kalincsák P. 2002: Bükk állományok tápanyag-ellátottságának értékelése. – Diplomamunka, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 50 pp.
- Kollár T. 2022: A bükk (*Fagus sylvatica*) állományok fatermesési függvénye és táblája az ERTI tartamkísérleti hálózatának adatbázisa alapján. – Erdészettudományi Közlemények 12(1–2): 5–29.
- Kolozsár J. 1981: Ökoszisztéma-vizsgálatok eredményeiről. – Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények 1981(1): 81–90.
- Köcher P., Gebauer T., Horna V. & Leuschner C. 2009: Leaf water status and stem xylem flux in relation to soil drought in five temperate broad-leaved tree species with contrasting water use strategies. – Annals of Forest Science 66: 101.
- Köppen F.T. 1889: Geographische Verbreitung der Holzgewächse des Europäischen Russlands und des Kaukasus. Vol. 2. – Druckerei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, St Petersburg, 614 pp.
- Köstler J.N., Brückner E. & Biebelriether H. 1968: Die Wurzeln der Waldbäume. – Verlag Paul Parey, Hamburg–Berlin, 284 pp.

- Kramer P.J. 1962: The role of water in tree growth. In: Kozłowski T.T. (ed.): Tree growth. – The Ronald Press, New York, pp. 171–182.
- Krapfenbauer A. & Buchleitner E. 1981: Holzernte, Biomassen- und Nährstoffaustrag, Nährstoffbilanz eines Fichtenbestandes. – Centralblatt für das gesamte Forstwesen 98: 193–223.
- Kreutzer K. 1961: Wurzelbildung junger Waldbäume auf Pseudogleyböden. – Forstwissenschaftliches Centralblatt 80: 356–392.
- Kreutzer K. 1976: Effect on growth in next rotation (regeneration). In: Joint ECE, FAO and ILO Symposium on the Harvesting of a Larger Part of the Forest Biomass. Hyvinkää, Finland, 14–16 June 1976, Proceedings. – UN/ECE, pp. 78–90.
- Kreutzer K. 1979: Ökologische Fragen zur Vollbaumernte. – Forstwissenschaftliches Centralblatt 98: 298–308.
- Kucsara M. 1996: Csapadék és lefolyás erdészeti kisvizgyűjtőn. – Doktori értekezés, Sopron, 120 pp.
- Kucsara M. 1998: Az erdő csapadékviznyomának vizsgálata. – Vízügyi Közlemények 80(3): 456–475.
- Künstle E. & Mitscherlich G. 1975: Photosynthese, Transpiration und Atmung in einem Mischbestand im Schwarzwald. I. Teil: Photosynthese. – Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 146(3–4): 45–63.
- Laitakari E. 1929: Die Wurzelforschung in ihrer Beziehung zur praktischen Forstwirtschaft. – Acta Forestalia Fennica 33(2): 1–22.
- Langlois C.G., Godbout L. & Fortin J.A. 1983: Seasonal variation of growth and development of the roots of five second year conifer species in the nursery. – Plant and Soil 71: 55–62.
- Le Tacon F. & Toutain F. 1973: Variations saisonnières et stationnelles de la teneur en éléments minéraux des feuilles de hêtre (*Fagus sylvatica*) dans l'Est de la France. – Annales des Sciences Forestières 30(1): 1–29.
- Lebourgeois F., Bréda N., Ulrich E. & Granier A. 2005: Climate – tree-growth relationships of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the French permanent plot network (RENECOFOR). – Trees 19: 385–401.
- Leibundgut H., Dafis S. & Richard F. 1963: Untersuchungen über das Wurzelwachstum verschiedener Baumarten. – Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 114(11): 621–646.
- Leiningen-Westerburg W. 1934: Edaphische Faktoren. In: Rubner K. (ed.): Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus. Dritte Auflage. – Verlag J. Neumann-Neudamm, pp. 152–259.
- Leuschner C. 2020: Drought response of European beech (*Fagus sylvatica* L.) A review. – Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 47: 12557.
- Levia D.F. & Frost E.E. 2003: A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. – Journal of Hydrology 274: 1–29.
- Levia D.F. & Herwitz S.R. 2005: Interspecific variation of bark water storage capacity of three deciduous tree species in relation to stemflow yield and solute flux to forest soils. – Catena 64: 117–137.
- Liming F.G. 1957: Homemade dendrometers. – Journal of Forestry 55(8): 575–577.
- Loch J. & Nosticzius Á. 1983: Alkalmazott kémia. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 363 pp.
- Lyr H., Fiedler H.J. & Tranquillini W. (eds.) 1992: Physiologie und Ökologie der Gehölze. – Gustav Fischer Verlag, Jena–Stuttgart, 620 pp.
- Lyr H. & Hoffmann G. 1992: Wachstum – Einflussfaktoren. In: Lyr H., Fiedler H.-J. & Tranquillini W. (eds.): Physiologie und Ökologie der Gehölze. – Gustav Fischer Verlag, Jena–Stuttgart, pp. 397–438.
- Lyr H., Hoffmann G. & Dohse K. 1963: Über den Einfluss unterschiedlicher Beschattung auf die Stoffproduktionen von Jungpflanzen einiger Waldbäume. 1. Mitteilung. – Flora (Jena) 153(2): 291–311.
- Lyr H., Hoffmann G. & Engel W. 1964: Über den Einfluss unterschiedlicher Beschattung auf die Stoffproduktionen von Jungpflanzen einiger Waldbäume. 2. Mitteilung. – Flora (Jena) 155(2): 305–330.
- Magyar P. 1929: Gyökérvizsgálatok csemetekerti és szikes talajban. – Erdészeti Kísérletek 31(2): 117–165.
- Magyar P. 1961: Gyökérvizsgálatok. In: Magyar P. (szerk.): Alföldfásítás II. – Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 86–104.
- Majer A. 1958: Bükk erdőtípusok gyökérszint-vizsgálata. – MTA Agrártudományok Osztálya Közleményei 14(1–3): 117–134.
- Manninger M. 2004: Erdei fák éves és korszaki növekedésmenete és kapcsolódása egyes ökológiai tényezőkhez. In: Mátyás Cs. & Vig P. (szerk.): Erdő és klíma IV. – Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, pp. 151–162.
- Manninger M., Edelényi M., Pödör Z. & Jereb L. 2011: Alkalmazott elemzési módszerek a környezeti tényezők fák növekedésére gyakorolt hatásának vizsgálatában. – Erdészettudományi Közlemények 1(1): 59–70.
- Mansfield T.A. 1988: Factors determining root-shoot partitioning. In: Cape J.N. & Mathy P. (eds.): Scientific Basis of Forest Decline Symptomatology. – Commission of the European Communities, Edinburgh, Scotland, pp. 172–181.
- Marjanović H., Alberti G., Balogh J., Czóbel Sz., Horváth L., Jagodics A., Nagy Z., Ostrogović M.Z., Peressotti A. & Führer E. 2011: Measurements and estimations of biosphere-atmosphere exchange of greenhouse gases – Forests.

- In: Haszpra L. (ed.): Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective. – Springer Science+Media B.V., Dordrecht–Heidelberg–London–New York, pp. 121–156.
- Mátyás Cs. (szerk.) 1996: Erdészeti ökológia. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 312 pp.
- Mátyás Cs. (szerk.) 2018: A klímaváltozás kihívásai az erdészetben. – Erdészettudományi Közlemények 8(1): (különszám), 264 pp.
- Mátyás Cs., Berki I., Czúcz B., Gálos B., Móricz N. & Rasztoivits E. 2010: Future of beech in Southeast Europe from the perspective of evolutionary ecology. – Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 6: 91–110.
- Mátyás Cs. & Czimber K. 2000: Zonális erdőtakaró mezoklíma szintű modellezése: lehetőségek a klímaváltozás hatásainak előrejelzésére. In: Tar K (szerk.): III. Erdő és Klíma Konferencia. – DE TTK Meteorológia Tanszék, Debrecen, pp. 83–97.
- Mayr H. 1925: Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage. – Paul Parey, Berlin, 568 pp.
- McGill W.B. 1996: Review and classification of ten soil organic matter (SOM) models. In: Powlson D.S., Smith P. & Smith J.U. (eds.): Evaluation of soil organic matter models. – Springer Verlag, Berlin, pp. 111–132.
- Meier I.C. & Leuschner C. 2008: Leaf size and leaf area index in *Fagus sylvatica* forests: competing effects of precipitation, temperature, and nitrogen availability. – Ecosystems 11: 655–669.
- Mengel K. 1976: A növények táplálkozása és anyagcseréje. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 365 pp.
- Metzger J. C., Filipzik J., Michalzik B. & Hildebrandt A. 2021: Stemflow Infiltration Hotspots Create Soil Microsites Near Tree Stems in an Unmanaged Mixed Beech Forest. – Frontiers For Global Change 4: 701293.
- Meyer F.H. 1987: Der Verzweigungsindex, ein Indikator für Schäden am Feinwurzelsystem. – Forstwissenschaftliches Centralblatt 106: 84–92.
- Möller C.M., Müller D. & Nielsen J. 1954: Ein Diagramm der Stoffproduktionen im Buchenwald. – Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft 64: 487–493.
- Murach D. 1984: Die Reaktion der Feinwurzeln von Fichten (*Picea abies* Karst.) auf zunehmende Bodenversauerung. – Göttinger Bodenkundliche Berichte 77: 1–126.
- Nebe W. & Herrmann U.J. 1987: Das Ökologische Messfeld der Sektion Forstwirtschaft der TU Dresden. VI. Zur Verteilung der Nährelemente in der oberirdischen Dendromasse eines 100jährigen Fichtenbaumholzes. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden 36: 235–241.
- Novosadová K., Kadlec J., Rehorková Š., Matoušková M., Urban J. & Pokorný R. 2023: Comparison of Rainfall Partitioning and Estimation of the Utilisation of Available Water in a Monoculture Beech Forest and a Mixed Beech-Oak-Linden Forest. – Water 15: 285.
- Otto H.-J. 1994: Waldökologie. – UTB für Wissenschaft, Ulmer, Stuttgart, 391 pp.
- Overdieck D. 1976: Kalium-, Calcium- und Magnesium-Gehaltsschwankungen in Sonnen- und Schattenblättern bei Blutbuche (*Fagus sylvatica* L. cv. *atropunicea*) und Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.). – Flora 165(2): 113–128.
- Packham J.R., Thomas P.A., Atkinson M.D. & Degen T. 2012: Biological Flora of the British Isles: *Fagus sylvatica*. – Journal of Ecology 100(6): 1557–1608.
- Pántosné D.T., Pántos Gy. & Vahay G.H. 1983: Néhány magyarországi erdei ökoszisztéma avartakarójának átalakulása. – Agrokémia és Talajtan 32(3–4): 365–371.
- Parton W., Silver W.L., Burke I.C., Grassens L., Harmon M.E., Currie W.S. & Fasth B. 2007: Global-scale similarities in nitrogen release patterns during long-term decomposition. – Science 315: 361–364.
- Pavlov M.B. 1972: Bioelement-Inventur von Buchen- und Fichtenbeständen in Solling. – Göttinger Bodenkundliche Berichte 25: 1–174.
- Peck A.K. 2004: Hydrometeorologische und Mikroklimatische Kennzeichen von Buchenwäldern. – Ph.D. Thesis, University of Freiburg, Freiburg, Germany, 188 pp.
- Petrișan A.M., von Lüpke B. & Petrișan I.C. 2009: Influence of light availability on growth, leaf morphology and plant architecture of beech (*Fagus sylvatica* L.), maple (*Acer pseudoplatanus* L.) and ash (*Fraxinus excelsior* L.) saplings. – European Journal of Forest Research 128: 61–74.
- Pflug E.E., Buchmann N., Siegwolf R.T.W., Schaub M., Rigling A. & Arend M. 2018: Resilient Leaf Physiological Response of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) to Summer Drought and Drought Release. – Frontiers in Plant Science 9: 187.
- Polomski J. & Kuhn N. 1998: Wurzelsysteme. – Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Verlag Paul Haupt, Birmensdorf–Bern–Stuttgart–Wien, 290 pp.
- Pödör Z., Edelényi M. & Jereb L. 2014: Systematic Analysis of Time Series – CREMIT. – Infocommunications Journal 6(1): 16–21.
- Putuhen W.M. & Cordery I. 1996: Estimation of interception capacity of the forest floor – Journal of Hydrology 180: 283–299.

- Rasztovits E., Berki I., Mátyás Cs., Czimer K., Pörtzelsberger E. & Móricz N. 2014: The incorporation of extreme drought events improves models for beech persistence at its distribution limit. – *Annals of Forest Science* 71:(2) 201–210.
- Rennenberg H., Seiler W., Matyssek R., Gessler A. & Kreuzwieser J. 2004: Die Buche (*Fagus sylvatica* L.) – ein Waldbaum ohne Zukunft im südlichen Mitteleuropa? – *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 175: 210–224.
- Rennie P.J. 1955: The uptake of nutrients by mature forest growth. – *Plant and Soil* 7: 49–95.
- Röhrig E. & Bartsch N. 1992: Waldbau auf ökologischer Grundlage. 6. Auflage. – Parey, Hamburg–Berlin, 350 pp.
- Röhrig E., Bartels H., Gussone H.-A. & Ulrich B. 1978: Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung der Buche (*Fagus sylvatica*). – *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 97: 121–131.
- Rubner K. & Reinhold F. 1960: Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus. 5. Auflage. – Neumann Verlag, Radebeul und Berlin, 583 pp.
- Rubner K. (Hrsg.) 1934: Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus. Dritte Auflage. – Verlag J. Neumann-Neudamm, Berlin, 597 pp.
- Rzeznik Z. & Nebe W. 1987: Wachstum und Ernährung von Buchen-Provenienzen. – *Beiträge für die Forstwirtschaft* 21(3): 106–111.
- Salamon-Albert É., Lőrincz P., Pauler G., Bartha D. & Horváth F. 2016: Drought Stress Distribution Responses of Continental Beech Forests at their Xeric Edge in Central Europe. – *Forests* 7(12): 298.
- Santonja M., Fernandez C., Proffit M., Gers Ch., Gauquelin Th., Reiter I.M., Cramer W. & Baldy V. 2017: Plant litter mixture partly mitigates the negative effects of extended drought on soil biota and litter decomposition in a Mediterranean oak forest. – *Journal of Ecology* 105: 801–815.
- Scharnweber T., Manthey M., Criegee C., Bauwe A., Schröder C. & Wilmkin M. 2011: Drought matters – Declining precipitation influences growth of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. in north-eastern Germany. – *Forest Ecology and Management* 262: 947–961.
- Schmitt U., Möller R. & Eckstein D. 2000: Seasonal wood formation dynamics of beech (*Fagus sylvatica* L.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) as determined by the „pinning” technique. – *Angewandte Botanik* 74(1–2): 10–16.
- Schulz H., Härtling S. & Stange C.F. 2011: Species-specific differences in nitrogen uptake and utilization by six European tree species. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 174: 28–37.
- Schulze E.D. 1970: Der CO₂-Gaswechsel der Buche (*Fagus sylvatica* L.) in Abhängigkeit von den Klimafaktoren im Freiland. – *Flora* 159(1–2): 177–232.
- Schwärzel K., Ebermann S. & Schalling N. 2012: Evidence of double-funneling effect of beech trees by visualization of flow pathways using dye tracer. – *Journal of Hydrology* 470–471: 184–192.
- Simon J., Dannenmann M., Gasche R., Holst J., Mayer H., Papen H. & Rennenberg H. 2011: Competition for nitrogen between adult European beech and its offspring is reduced by avoidance strategy. – *Forest Ecology and Management* 262: 105–114.
- Solymos R. 2009: A klímaváltozás hatása az erdők fanövedékére. – „Klíma-21” Füzetek 56: 43–47.
- Somogyi Z. 2008a: A hazai erdők üvegházhatású gáz leltára az IPCC módszertana szerint. – *Erdészeti Kutatások* 92: 145–162.
- Somogyi Z. 2008b: Recent trends of tree growth in relation to climate change in Hungary. – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 4: 17–27.
- Somogyi Z. 2009: A klíma, a klímaváltozás és a fanövekedés néhány összefüggése. – „Klíma-21” Füzetek 56: 48–56.
- Sopp L. & Kolozs L. 2013: Fatömegszámítási táblázatok. Negyedik kiadás. – Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Erdészeti Igazgatóság, Budapest, pp. 31–32.
- Stienen H., Brankhausen R., Schaub H. & Bauch J. 1984: Mikroskopische und röntgenenergiedispersive Untersuchungen an Feinwurzeln gesunder und erkrankter Fichten (*Picea abies* [L.] Karst.) verschiedener Standorte. – *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 103: 262–274.
- Stoelken G., Simon J., Ehrling B. & Rennenberg H. 2010: The presence of amino acids affects inorganic N uptake in non-mycorrhizal seedlings of European beech (*Fagus sylvatica*). – *Tree Physiology* 30: 1–11.
- Stojanović D.B., Kržič A., Matović B., Orlović S. ... Stojnić S. 2013: Prediction of the European beech (*Fagus sylvatica* L.) xeric limit using a regional climate model: An example from southeast Europe. – *Agricultural and Forest Meteorology* 176(4): 94–103.
- Strullu D.G., Harley J.L., Gourret J.P. & Garrec J.P. 1982: Ultra-structure and microanalysis of the polyphosphate granules of the ectomycorrhizas of *Fagus sylvatica*. – *New Phytologist* 92: 417–423.
- Szabados I. 2004: A kocsánytalantölgy évgűrűszélessége és a különféle csapadékösszegek kapcsolata. – *Erdészeti Kutatások* 91: 19–25.

- Szabados I. 2006: The effect of the precipitation on the tree ring width. – Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 1(2): 39–44.
- Szafer W. 1966: The vegetation of Poland. – Pergamon Press and Polish Scientific Publishers, Oxford and Warsaw, 738 pp.
- Tarasiuk S. 1992: Recent antropogenous distribution of European beech outside its natural range in Poland. – Folia Forestalia Polonica A34: 32–38.
- Tognetti R., Johnson J.D. & Michelozzi M. 2006: Ecophysiological responses of *Fagus sylvatica* seedlings to changing light conditions. I. Interactions between photosynthetic acclimation and photoinhibition during simulated canopy gap formation. – Physiologia Plantarum 101(1): 115–123.
- Tölgyesi Gy. 1965: Adatok az erdei fák és cserjék Ca-, P-, Fe-, Mn-, Zn- és Cu-tartalmáról. – Az Erdő 14(6): 275–281.
- Tölgyesi Gy., Csapody I. & Bencze L. 1968: Savanyú ösközeten és lajtamész alapközeten nőtt fás- és lágyszárú növények hamuösszetevőinek vizsgálata. – Agrokémia és Talajtan 17(3): 225–236.
- Tranquillini W. 1992: Stoffproduktionsbilanz in Waldbeständen. In: Lyr H., Fiedler H.-J. & Tranquillini W. (Hrsg.): Physiologie und Ökologie der Gehölze. – Gustav Fischer Verlag, Jena–Stuttgart, pp. 248–254.
- Traser Gy. 1996: A fatest lebontása. In: Mátyás Cs.: Erdészeti ökológia. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 229–231.
- Ujváriné Jármay É., Járó Z. & Ujvári F. 2001: A biomassza mennyisége, megoszlása és változatossága a nemzetközi lucfenyő származási kísérletben (IUFRO 1964/68). – Erdészeti Kutatások 90: 49–64.
- Ulrich B. 1972: Betriebswirtschaftliche Konsequenzen von Eingriffen in den Nährstoffhaushalt von Wald-Ökosystemen. – Forstarchiv 43: 129–132.
- Ulrich B., Mayer R. & Sommer U. 1975: Rückwirkungen der Wirtschaftsführung über den Nährstoffhaushalt auf die Leistungsfähigkeit der Standorte. – Forstarchiv 46: 5–8.
- van der Werf G.W., Sass-Klaassen U.G.W. & Mohren G.M.J. 2007: The impact of the 2003 summer drought on the intra-annual growth pattern of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) on a dry site in The Netherlands. – Dendrochronologia 25(2): 103–112.
- Varga L. 1962: Az erdei alom bomlásáról. – Az Erdő 11(2): 84–87.
- Verstraeten W.W., Muys B., Feyen J., Veroustraete F., Minnaert M., Meiresonne L. & de Schrijver A. 2005: Comparative analysis of the actual evapotranspiration of Flemish forest and cropland, using the soil water balance model WAVE. – Hydrology and Earth System Sciences Discussions, European Geosciences Union 9(3): 225–241.
- Vig P. 2002: A klimatikus változások hatásai egy középkorú bükkös vízháztartására. – Doktori (PhD.) értekezés, Debrecen, 150 pp.
- Vig P. 2004: A tényleges evapotranszpiráció számítása faállományban a SVERDRUP módszer segítségével. – Földtudományi Tanulmányok, Tiszteletkötet Dr. Justyák János 75. születésnapjára, pp. 243–249.
- Vig P. 2009: Az inszoláció változásainak hatása az erdők vízháztartására. – „Klíma-21” Füzetek 57: 83–90.
- Voigt G.K. 1962: The role of carbon dioxide in soil. In: Kozłowski T.T. (ed.): Tree growth. – The Ronald Press, New York, pp. 205–220.
- Warren C.R., Low M., Matyssek R. & Tausz M. 2007: Internal conductance to CO₂ transfer of adult *Fagus sylvatica*: variation between sun and shade leaves and due to free-air ozone fumigation. – Environmental and Experimental Botany 59: 130–138.
- Zagyvainé Kiss K.A., Kalicz P. & Gribovszki Z. 2013: Az erdei avar tömege és víztartó képessége közötti összefüggés. – Erdészettudományi Közlemények 3: 79–88.
- Zagyvainé Kiss K.A., Kalicz P., Csáfordi P. & Gribovszki Z. 2014: Forest Litter Interception Model for a Sessile Oak Forest. – Acta Silvatica & Lignaria Hungarica 10: 91–101.
- Zhang D., Hui D., Luo Y. & Zhou G. 2008: Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. – Journal of Plant Ecology 1: 85–93.

1.4. A bükk genetikai változatossága, szaporodásbiológiája

A posztglaciális vándorlás nyomai a faj genetikai változatosságában

Lados Botond Boldizsár és Köbölkuti Zoltán Attila

Európa, így a Kárpát-medence jelenlegi faji összetételére, térbeli genetikai struktúrájára alapvető hatással voltak a pleisztocén glaciálisai és interglaciálisai. Az utóbbi, mintegy 1 millió év során legalább négy nagy eljegesedési ciklus váltotta egymást, amelyek közül az utolsó (Würm) durván 100 ezer évig tartott, utolsó leghidegebb éghajlati fázisát (utolsó glaciális maximum) pedig 18–20 ezer évvel ezelőtt érte el. Ezek során az egyes fajok a nekik megfelelő ökológiai feltételeket követve, jellemzően déli menedék (refúgium) területekre szorultak vissza, ahol évezredekig keresztül egymástól izolálódva maradtak fenn. Az eljegesedési ciklusok közötti interglaciálisokban a menedék területekből, illetve az északabbra szórványosan fennmaradt populációkból kiindulva visszavándorlás indult az alkalmassá váló területek irányába (Varga 2010, 2019). Végül a legutolsó glaciális maximum után, követve a fokozatos felmelegedést, fafajaink évezredek alatt kialakították jelenlegi elterjedésüket (a fajvándorlások posztglaciális történetét a »2.1. és 2.2. fejezetek« részletezik).

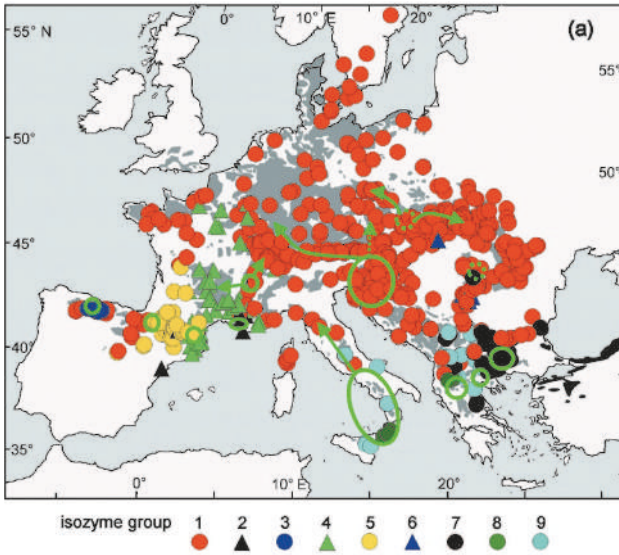
Az európai bükk (*Fagus sylvatica*) mintegy 3500 éve érte el jelenlegi elterjedésének maximumát (Magri 2008), egyes fajok esetén (pl. tölgyek) azonban ez a folyamat még jelenleg is tart. Mivel Európában az Alpok, és a többi kelet-nyugati vonulatú magashegység (Pireneusok, Kárpátok) hegyláncai jelentősen korlátozták a fajok észak-déli mozgását, a glaciálisok bizonyos mértékű génkészlet-vesztést okoztak, a refúgiumokban pedig egymástól elszigetelten megindult a fennmaradó populációk genetikai differenciálódása is, a génáramlás korlátozása miatt. Ennek köszönhetően fafajaink természetes populációiban jellegzetes térbeli genetikai struktúrák alakultak ki.

Ezeknek a természetes populációstruktúráknak a vizsgálata már viszonylag régóta az erdészeti genetikai kutatások tárgyát képezi. A zárwatermők, így a bükk esetében is, a *kloroplasztiszokban* (színtestekben) található DNS diverzitása, a specifikus anyai öröklődés révén, nagyobb földrajzi térségek populációiban jellemzően megegyezik (Mátyás 2002). Ezt kihasználva, a kloroplasztisz DNS mintázata alapján az egyes refúgium területek, illetve a jelenlegi állományok genetikai csoportjai körülhatárolhatók, továbbá következtetni lehet a jégkorszakot követő visszavándorlási útvonalakra is. Az erdészeti gyakorlat számára pedig ezek az eredmények lehetőséget adnak a származási körzetek lehatárolására, a természetes populációk genetikai változatosságának felmérésére, vagy akár a származás azonosítására is.

A bükk glaciális refúgium területeinek, illetve posztglaciális vándorlási útvonalainak feltérképezését célzó genetikai vizsgálatok már az 1990-es években elkezdődtek (Demesure et al. 1996; Magri et al. 2006; Magri 2008). Ezek eredményeként, a kloroplasztisz DNS haplotípusok, ill. az izoenzim-változatok mintázatai alapján jelenleg viszonylag részletes képpel rendelkezünk a faj modern populációinak térbeli genetikai szerkezetéről, a refúgium területek elhelyezkedéséről, a vándorlási útvonalak helyzetéről, illetve ezeken keresztül bükk állományaink refúgiális eredetéről (1.4.-1. ábra).

Hasonlóan más őshonos erdei fafajunkhoz, korábban a bükkre is azt feltételezték, hogy jelenlegi elterjedési területét a Dél-Európában elhelyezkedő (ibériai, appennini, balkáni) refúgiumokból érte el (Demesure et al. 1996; Comps et al. 1998, 2001; Taberlet et al. 1998). Ez a nézet azonban a legújabb molekuláris és paleobotanikai elemzések eredményeként jelentősen megváltozott (Varga 2010). A bükk ugyanis az egymást követő glaciálisok idején feltehetően nem szorult vissza kizárólagosan ezekbe a refúgiumokba, hanem Közép- és Nyugat-Európában jóval északabbra is fennmaradtak elszórt állományai (pl. Csehországban, Franciaországban), melyekből a legutolsó jégkorszakot követően a faj gyors ütemben újrakolonizálta jelenlegi elterjedési területét (Magri et al. 2006; Magri 2008).

A faj teljes elterjedési területére kiterjedő genetikai vizsgálatok eredményei arra utalnak, hogy a bükk esetén a modern populációk genetikai változatosságára nemcsak a legutolsó jégkorszak volt jelentős hatással, hanem több egymást követő eljegesedési ciklus együttesen formálta azt (Magri et al. 2006). A bükk ter-

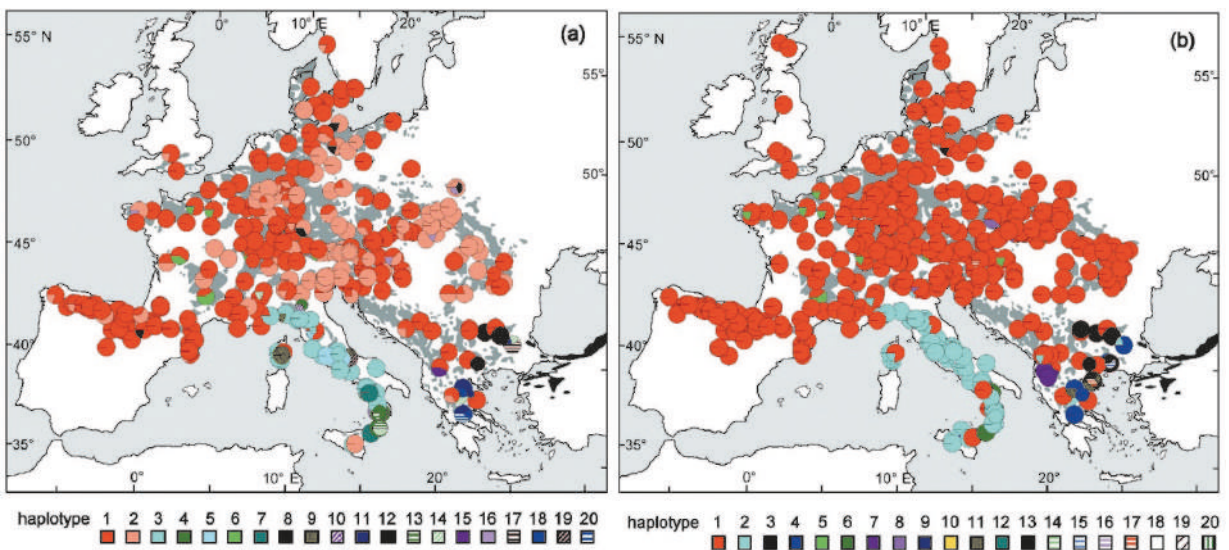


1.4.-1. ábra. A bükk allozimikus változatossága az elterjedési területén (Magri et al. 2006, a kiadó engedélyével). A fő és lehetséges másodlagos refúgiumok helyzetét körökkel, a feltételezett visszavándorlási útvonalakat nyilakkal jelöltük

populációkhoz viszonyítva) gyengébb alkalmazkodó képességük miatt feloldódott. Erre azonban jelenleg nem állnak rendelkezésre meggyőző bizonyítékok. Az utóbbi, déli medének területek tagoltsága, geomorfológiai adottságai, és a populációk hosszú időn át tartó állandósága viszont az itt megtalálható állományok jelentősen nagyobb kloroplasztisz polimorfizmusához vezetett az area más részeinek populációihoz képest. Ez a diverzitástöbblet látványosan megnyilvánul a Balkán-félsziget délkeleti részén, ahol nagyszámú eltérő kloroplasztisz haplotípust találtak a vizsgált állományokban (1.4.-2. ábra) (Denk 1999; Magri et al. 2006; Postolache et al. 2021).

Noha a kárpát-medencei állományok esetén azonos kloroplasztisz mintázatot figyeltek meg, ennek a területnek a kolonizációja fosszilis adatok alapján két irányból, két lépcsőben történhetett (1.4.-1. ábra) (Magri

mészetes populáció struktúráit tekintve a vizsgálatok egyik leglényegesebb eredménye, hogy a természetes populációk kloroplasztisz DNS-ének mintázata (haplotípusai) Európa nagy részén azonos. Mivel ez a haplotípus a dél-európai refúgiumokra nem jellemző, ezektől északabbra viszont nagy tömegben előfordul, ez arra enged következtetni, hogy a rekolonizáció szinte kizárólag az északabbra elhelyezkedő másodlagos refúgiumokból történhetett (Szlovénia, Keleti-Alpok, Csehország déli része), a dél-európai refúgiumok ebben nem játszhattak jelentős szerepet, kivéve a Kárpátok déli régióit (Magri et al. 2006; Gömörly et al. 2020; Postolache et al. 2021). Alternatív hipotézisként meg kell azonban jegyezni azt a lehetőséget is, hogy a Bükk I. kor során a Kárpát-medence a különböző refúgium területekről érkező populációk „olvasztó tégléje” is lehetett, melyben a déli medénkeletre bevándorló populációk genetikai mintázata napjainkra a feltehetőleg (az északi



1.4.-2. a, b. ábra. A bükk szintest haplotípus változatossága PCR-RFLP-vel (a), és mikroszatellit markerek (b) alapján az elterjedési területén (Magri et al. 2006, a kiadó engedélyével)

et al. 2006; Magri 2008). A Balaton üledékéből vett pollenminták alapján első lépésben a bükk az Isztria–Szlovénia területén lévő refúgiumból már viszonylag korán (10 000–9 000 évvel ezelőtt) elérhette Délnyugat-Magyarország területét. Második lépcsőben, a faj egy északi refúgiumból (Csehország–Morávia) kiindulva kezdhetett el kolonizálni a Kárpátok területét (durván 5 000–6 000 éve), majd ennek részeként juthatott el hazánk északkeleti területeire is (Magri et al. 2006). További részletek a »2.1. A bükk posztglaciális elterjedéstörténete Európában« fejezetben találhatóak.

A bükk *jelenkori állományai* genetikai változatosságuk, illetve az azt befolyásoló tényezők vizsgálatára különösen alkalmasak, hiszen európai sokféleségi mintázatuk vizsgálatát – egy kisázsiai, allopatrikus rokon faj, a keleti bükk (*F. orientalis*) jelenlététől eltekintve – nem nehezíti fajok közötti kereszteződés. Ez az egyik oka annak, hogy a bükk az egyik olyan faj, amelyre vonatkozóan – bár számos DNS alapú vizsgálatot is végeztek – nagyszámú izoenzim markeren alapuló felmérés létezik.

Genetikai változatosságának szintjét számos tényező befolyásolta, közülük kiemelkedő fontossággal bír az előbbieken tárgyalt fajtörténet. A Földközi-tengerhez közeli országokban az állományok közötti és azokon belüli genetikai elkülönülés, a közép-európaiakhoz viszonyítva, sokkal nagyobb mértékű. Ennek valószínűsíthető oka a fajtörténetből adódóan az, hogy a déli populációk idősebbek, a sokkal változatosabb éghajlati viszonyok és bővebb génkészlet mellett. A fajon belül a balkáni és az itáliai előfordulások erősen különböznek a többitől, az elterjedés szélei felé haladva pedig a génváltozat gazdagság csökkenő trendje szintén a fajtörténet jelentőségét támasztja alá, ugyanis ez a jégkorszak utáni kolonizációval járó, sokszori genetikai palacknyak-hatás nyoma (Comps et al. 2001; Mátyás 2002). A különböző genotípusok finomléptékű térbeli eloszlására a fajra jellemző korlátozott vagy irányított génáramlás (domináns szélirány), vagy a közeli egyedek közötti párosodás is hatással van (Vornam 2004). A keleti bükk genetikai változatossága jóval nagyobb, és ez filogenetikailag korábbi eredetre utal (Mátyás 2002b; Gömöry et al. 2007).

Mérsékelt molekuláris genetikai változatossága mellett az európai bükk fenotípusos plaszticitása jelentős, például fenológiai viselkedése egyértelmű kontinentális trendet mutat (lásd ugyanezen főfejezet »A bükk fajon belüli fenológiai változatossága« alfejezetében). A mezoklímában mutatkozó eltérések szelektív hatása is szerepet játszhat, de a különbségeket csak részben lehet ezzel magyarázni (Mátyás 2002). Az állományok közötti, illetve állományon belüli diverzitást ezért valószínű a termőhelyi tényezők is képesek alakítani.

Az eddigieken túlmenően feltételezhető, hogy az erdőgazdálkodással kapcsolatos emberi tevékenység szintén hatással van a populációk genetikai sokféleségének eloszlására (ezt a következő alfejezet tárgyalja). Végül meg kell állapítani, hogy a mért genetikai változatosság szintjét erősen befolyásolja a vizsgált génhely-típusok kiválasztása is (Rajendra et al. 2014). Ezért a különböző vizsgálatok eredményeinek összehasonlításakor óvatosságra van szükség. A genetikai sokféleség mérőszámainak értékei nagymértékben függenek az elemzett génhelyeknek a környezeti alkalmazkodásban betöltött szerepétől, illetve attól, hogy mennyire állnak az emberi szelekció hatása alatt.

A bükk teljes európai áréájának nagyszámú *izoenzim markeren* alapuló genetikai változatosságát több nemzetközi projekt keretében elemezték (Comps et al. 1990, 1991, 1998, 2001; Müller-Starck 1993; Leonardi & Menozzi 1995; Konnert et al. 1995; Hazler et al. 1997). Paule (1995) elemzése az európai populációkon kívül a kisázsiai és kaukázusi keleti bükk előfordulásokra is kiterjedt. Az izoenzim markerekkel kapott eredmények az elterjedési terület különböző részein a molekuláris genetikai sokféleséggel összehasonlítva nem tükröznek lényeges különbségeket. Bár nincs egyértelmű tendencia, és úgy tűnik, hogy a változatosság a keleti és déli régiókban nagyobb, mégis a populációkon belüli változatosság jelentősebb. Néhány tanulmánynak egyes enzim génváltozatok gyakorisága tekintetében sikerült földrajzi trendeket azonosítani. Comps és munkatársai (1998) egy Dél-Franciaországtól a Zempléni-hegységig terjedő transzekt mentén 11 enzimrendszer elemeztek, kielégítő alapossággal mintázva a magyar populációkat is. Az elemzés a populációk négy csoportba sorolását tette lehetővé: Francia-Alpok, Svájci-Alpok, Északkeleti-Alpok (Németország, Nyugat-Ausztria) és Kelet-Ausztria a Kárpát-medencével együtt. Ez megerősíti, hogy a populációk közötti génkicserélődés hatékony, illetőleg az egyes bükk-körzetek elkülönülése újabb keletű lehet. A magyar–kelet-osztrák populációk nagy valószínűséggel evolúciósan idősebbek, mint a belső-osztriai vagy dél-német állományok, ugyanis a

géndiverzitás mértéke az Alpok mentén nyugati irányban csökken. Az eredmények a fentebb tárgyalt kloroplasztisz DNS vizsgálatokkal alátámasztott térbeli populációstruktúrákkal egybehangzóak. A mintázott transzekt mentén egy kelet–nyugat irányú génaváltozat-gyakorisági grádiens sikerült több génhelyre kimutatni, ami a vándorlás tényét, a fajtörténet szerepét erősíti meg a szerzők szerint, de közre játszhat a változó kontinentalitás szelektív hatása is (szerk. megj.). Egyes génhelyek esetében a tengerszint feletti magassággal változó génaváltozat gyakoriságot tapasztaltak, ami ökológiai jelentőségüket támasztja alá.

Összefoglalva, az izoenzim vizsgálatok alapján több munkában felismerhető a bükk áréáján belüli földrajzi mintázat. Általánosságban a differenciáltság mértéke, populáción belül és populációk között is, dél felé növekszik. A mediterrán térség populációi magasabb változatosságot, több változatot mutatnak egyes génhelyeken. Mindez a posztglaciális vándorlásra, a földközi-tengeri populációk régebbi eredetére, valamint a mediterrán bükk área nagyobb mérvű feldaraboltságára vezethető vissza. A magyarországi genetikai változatosság mintázatának vizsgálatai erőteljesen alátámasztják ugyanakkor a termőhelyi szelekció hatását, szorosan a bükk szárazsági elterjedési határai közelében (Mátyás 2002b).

Nukleáris mikroszatellitek segítségével elemezve a faj közép-európai populációit, az izoenzim vizsgálatokhoz hasonló diverzitás értékeket találtak (Vornam et al. 2004; Seifert 2011; Bilela et al. 2012; Piotti et al. 2012; Dounavi et al. 2016). Rajendra és munkatársai (2014) észak felé csökkenő heterozigóciáról számolnak be német állományok esetében, a diverzitás északi irányú csökkenő trendje pedig ugyancsak a fajtörténet fontosságát, illetve a vizsgált környezeti grádiens szelekciót hangsúlyozhatja.

Újabbán már nagy felbontó képességű, *genom léptékű sejtmagi DNS* pontmutáció markerek alapján is sikerült alátámasztani a fentebb tárgyalt populációstruktúrákat (Postolache et al. 2021). Ennek eredményeként az európai bükk populációkat három genetikai csoportra osztották, amelyeken belül a magyar állományok összességében elég egységes képet mutatnak. Lényeges továbbá, hogy azt is kimutatták, hogy a populációk nem csak a nem kódoló DNS régiók különbségei alapján bonthatók csoportokra, hanem ezekben az állományokban eltérő irányú adaptáció is zajlik (a sejtmagi DNS kódoló részeinek eltéréseit eredményezve) a csapadék és hőmérsékleti gradiensek mentén. Ez az eredmény pedig a gyakorlat számára rávilágít az eltérő származások figyelembevételének mindenkorai fontosságára.

Erdőművelési beavatkozások hatása a bükkösök genetikai struktúrájára

Cseke Klára

A bükk teljes áréájára kiterjedő, nagyléptékű genetikai mintázatot feltáró korai vizsgálatok az állományokon belüli genetikai tartalékok felmérésére fókuszáltak, illetve a különböző földrajzi régiók közötti genetikai különbségek feltárását célozták meg. Ugyanakkor az állományok genetikai szerkezetére gyakorolt antropogén hatásokkal eddig kevés kutatás foglalkozott. A vizsgálatokban eddig alkalmazott izoenzim és mikroszatellit markerek az adaptív tulajdonságok és folyamatok kimutatására kevésbé alkalmasak. Ez egyrészt a többnyire semleges öröklődésükből adódik (bár az izoenzim variánsok között feltételezhetünk funkcionális különbségeket), másrészt a nagyon limitált felbontóképességükre vezethető vissza. Mégis, a rendelkezésünkre álló információkból felvázolhatjuk azokat a főbb szempontokat, amelyekre a jövőben az erdőgazdálkodásnak és még inkább a kutatásnak nagyobb figyelmet érdemes fordítania.

A művelésmód megválasztása, a mesterséges vagy természetes felújítás alkalmazása, az elegyfajok kezelése, a törzskiválasztás, az eltérő gyérítési módok mind-mind hatást gyakorolnak az adott állomány demográfiai szerkezetére. Módosítják a mikrokörnyezeti szinten zajló főbb evolúciós folyamatokat (génáramlás, szelekció, párosodás, génsodródás), kihatva a populáció genetikai szerkezetére is (Mátyás 2002a). Egy vágásos gazdálkodással kialakított, egykorú faállomány és egy természetközeli, folyamatos erdőborításban kezelt bükkös alapvető eltéréseket mutat összetételében, szerkezetében és működésében. Feltételezhető, hogy ugyanez igaz lehet az adott állományok genetikai struktúrájára is, még ha nem is ismerjük jelenleg ennek pontos mértékét.

A gyérités hatása az állományok genetikai szerkezetére

Az ERTI hosszújárátú tartamkísérleteinek keretében létesített nevelési sorok mintaparcellái az 1960-as években, jellemzően 20 éves korban létesültek azzal a céllal, hogy két gyéritési erélyű (üzemi és túlgyéritett) művelési beavatkozás hatásait kövessék nyomon egy kontroll (beavatkozás nélküli) parcellához viszonyítva (Kollár & Borovics 2021). A 2000-es években három bükk kísérleti helyszínen történt mintagyűjtés a genetikai szerkezet összehasonlító vizsgálatára, Tormafölde 11/B és 11/A, Kőszeg 41/E és a Visegrád 14/C erdőrésztelkekben. Nukleáris mikroszatellit markerek vizsgálata alapján megállapítottuk, hogy az előzetes feltételezésünkkel szemben a gyéritési erély növekedése nem okozott csökkenést a genetikai diverzitási mutatókban, sőt, az üzemi mértékű gyérités hatására épp a diverzitási mutatók emelkedését tapasztaltuk a kontroll parcellához viszonyítva, bár nem szignifikáns mértékben (1.4.-1. táblázat). Az allélszámmal és azok gyakorisági értékeivel összefüggő, abból levezethető diverzitási paraméterek csökkenése csak az intenzív gyéritésen átesett parcellák esetében mutatkozott meg, de itt sem szignifikáns mértékben. A legmagasabb diverzitási értékekkel a kőszegi mintaterület rendelkezett, mind az allélszerkezet (megfigyelt és gyakorisággal súlyozott effektív allélszám, illetve egyedi allélok száma) alapján, mind pedig a heterozigóták részarányára utaló, megfigyelt és elvárt heterozigócia értékek tekintetében. A fixációs index (F) egyensúlyi helyzetre utaló, nulla közeli értéket csak a kőszegi állomány esetében vett fel. Továbbá, az intenzíven gyéritett parcella esetében megfigyelhető a homozigóta genotípusok többletét jelző, pozitív irányba történő eltolódás is (nem szignifikáns). A tormaföldei mintaterületen a fixációs index magasabb pozitív értékeket mutatott, de szintén érzékelhető a gyérités erélyének növekedésével a homozigóták irányába történő eltolódás. Szignifikáns különbség csak a három állomány genetikai struktúráját reprezentáló, összesített adatok szintjén volt kimutatható, a kőszegi állomány elkülönülésével. Külön érdekesség, hogy ugyanezekben a mintaterületeken, egy másik kutatásban végzett avar- és humuszvizsgálatok nagyon hasonló eredményeket szolgáltatottak, vagyis a modelltábla szerinti gyérités esetében a kontrollhoz képest negatívan értelmezhető eltérés nem jelentkezett az avar- és a humusztartalom tekintetében sem (Führer szóbeli közlés).

1.4.-1. táblázat. Az ERTI által kezelt három gyéritési kísérlet (nevelési sor) genetikai szempontú elemzése öt nukleáris mikroszatellit marker átlaga alapján (ahol N : mintaszám, N_a : allélszám, N_e : effektív allélszám, N_p : egyedi allélok száma, H_o : megfigyelt heterozigócia, H_e : elvárt heterozigócia, F : fixációs index)

	N	N_a	N_e	N_p	H_o	H_e	F
Tormafölde							
Üzemi gyérités	49,25	14,00	5,47	3,50	0,59	0,73	0,17
Intenzív gyérités	47,50	11,00	4,50	1,50	0,48	0,65	0,26
Kontroll	51,25	12,75	5,30	2,25	0,59	0,70	0,14
Kőszeg							
Üzemi gyérités	46,20	15,40	6,89	3,20	0,75	0,80	0,05
Intenzív gyérités	49,40	15,20	6,39	2,00	0,68	0,78	0,11
Kontroll	46,40	16,00	5,00	5,40	0,70	0,72	0,03
Visegrád							
Üzemi gyérités	45,00	11,50	4,95	2,25	0,56	0,67	0,13
Intenzív gyérités	43,00	11,75	4,16	2,25	0,51	0,65	0,18
Kontroll	43,00	9,75	4,06	0,25	0,49	0,65	0,18

Ezeket a hazai megfigyeléseket erősíti meg az az egyetlen, hasonló koncepció alapuló nemzetközi kísérlet, amelyet Buiteveld és munkatársai (2007) végeztek európai léptékben. A vizsgálathoz többé-kevésbé hasonló korú kísérleti parcellákat jelöltek ki párosával Északkelet-Németországban, Hollandiában, Ausztriában, Dél-Franciaországban és Olaszországban, amelyekben régióként egy hagyományos művelés alatt álló, és egy emberi hatástól nagyrészt érintetlen állomány volt. A genetikai szerkezet összehasonlító elemzéséhez ugyanazt a markertípust alkalmazták (bár kisebb felbontásban) mint a hazai kutatásban. A kutatás azzal a konklúzióval zárult, hogy a vizsgált bükkösök egyikében sem tudtak érdemi különbséget feltárni a genetikai diverzitás szempontjából a gyérintett és az érintetlen területek között. Egyedül a finomléptékű térbeli genetikai szerkezetben volt kimutatható egyfajta egyszerűsödés a művelés alatt álló állományokban, a komplexebb szerkezetű, természetközeli állományokéhoz képest (Piotti et al. 2013). A szerzők által vizsgált, kezelt erdő-részlet a 19. század végéig több ciklusban is sarjztatott erdőterület volt, amelyet ezután tudatosan kezdtek átalakítani alsószintű gyérintéssel és lékes felújítással. Az összetett emberi beavatkozás az egykori állomány finomléptékű genetikai struktúráját szinte teljesen megszüntette és homogenizálta az állományt. Paffetti és munkatársai (2012) ugyanezen mintaparcellákon végzett elemzései pedig arra is felhívták a figyelmet, hogy az antropogén hatásoknak kitett állományrészen jóval kevesebb ritka allélváltozatot detektáltak a szomszédos, bolygatatlan területtel összevetve. Ez az eredmény összecseng a hazai vizsgálat kőszegi mintaterületének eredményeivel, az egyedi allélok átlagos száma (Np) tekintetében (1.4.-1. táblázat). Az elemzésekből ugyanakkor az is kiderült, hogy a genetikai diverzitási mutatók összességében nem csökkentek le drasztikusan az emberi beavatkozás nyomán, megerősítve a Buiteveld és munkatársai (2007) által közölt, korábbi eredményeket és a hazai megfigyeléseket.

Mesterséges felújítás hatása a fajon belüli diverzitásra

Az antropogén hatások között ki kell még emelnünk a mesterséges felújításból eredő lehetséges problémákat. Csehországban, ahol a fenyvesítés hatására a bükkösök területaránya jelentősen csökkent (40%-ról 8,6%-ra szorult vissza), programot indítottak a fennmaradt állományok genetikai mintázatának feltérképezésére, hogy a rekonstrukció során az állományok egyedi sajátosságai minél jobban fennmaradhassanak (Zádrapová et al. 2020). Szász-Len & Konnert (2018) Romániában, az Erdélyi Kárpátok és a Bihar-hegység területén vizsgált tíz magtermesztésre kijelölt bükk állományt nagyléptékű mintavétellel, olyan szemszögből, hogy az idős állomány és az újulat genetikai szerkezetét hasonlították össze. A vizsgálat nem talált markáns genetikai struktúralódást a régióban, ezért a szerzők arra a konklúzióra jutottak, hogy a nagyobb magtermesztő körzetek kijelölése is elfogadható lenne a vizsgált térségben. Ugyanakkor, Ciocîrlan és munkatársai (2017) szerint, a Kárpátok délkeleti peremén készült vizsgálatok alapján, egy határozott genetikai elkülönülés rajzolódik ki a Kárpátok területén elhelyezkedő, összefüggő állományok és a Havasalföld, illetve Fekete-tenger melléki izolálódott, szigetszerű populációk között. A vizsgálatba vont kilenc állomány közül a négy szigetszerű déli előfordulásokban megfigyelhető volt a genetikai beszűkülés. A genetikai elkülönülés értékelésekor figyelembe kell vennünk a földrajzi izolációból adódó, korlátozott génáramlást, ami a genetikai differenciálódás folyamatát erősíti. Ugyanakkor, szem előtt kell tartanunk az említett szigetszerű előfordulások egyedi történetét is, ami meghatározó a genetikai sajátosságok szempontjából. A Dobruzsza térségében található Macin-hegység izolált előfordulásai például edafikusan is eltérő, inkább reliktum jellegű, extrazonális társulások, amelyek ráadásul már összeérnek a balkáni (mőziai) bükk előfordulási területével. Nagyon fontos felhívni a figyelmet a bükk peremi helyzetben lévő, izolálódott délkeleti előfordulásainak markánsan eltérő történeti hátterére. Ez különösen fontossá válik akkor, amikor a támogatott migráció kérdése előtérbe kerül a klímaváltozással szembeni küzdelem egyik eszközeként. A meglévő származási kísérletek populációgenetikai szempontú értékelése ugyancsak hozzájárulhat a szaporítóanyagfelhasználás tudatos tervezéséhez, szerepük ilyen szemszögből is különösen felértékelődik. Hazai bükköseink esetében is fontos feladat a helyi állományok földrajzi genetikai mintázatának megismerése és a lokális sajátosságokban rejlő adaptív potenciál felkutatása (lásd a »9.3. A bükk klímaterének és vitalitásának előrevetítése a 21. századra« fejezetet).

Az itt ismertetett kutatások eredményei szerint a természetközeli kezelés jó eséllyel nem okoz drasztikus változásokat a génkészletben, míg a természetes szelekció, különösen extrém helyzetekben, nagyobb hatással is járhat. A genetikai diverzitás számszerű értékének változása pedig nem jár feltétlenül együtt az alkalmazkodóképesség csökkenésével, hiszen a ritka allélok jelenléte lehet egyfajta semleges mintázatban rejlő lokális sajátosság, ami nem függ össze az adaptív mintázattal. Ennek a kérdésnek eldöntését segítik majd azok az újgenerációs molekuláris technikák, amelyek az eddig alkalmazott kisebb felbontóképességű markereknél sokkal nagyobb mélységben képesek feltárni a genetikai struktúrát és ezáltal a változások mértéke és módja is nyomon követhetővé válik. Ezek a módszerek több ezer mutációs pont egyidejű vizsgálatát teszik lehetővé, amelyek különböző környezeti paraméterekkel társítva (legyen az klíma, talajféleség vagy akár a humán hatások), új horizontot nyitnak a tartamos erdőgazdálkodást támogató kutatás számára.

A bükk fenotípusos változatossága származási kísérletekben

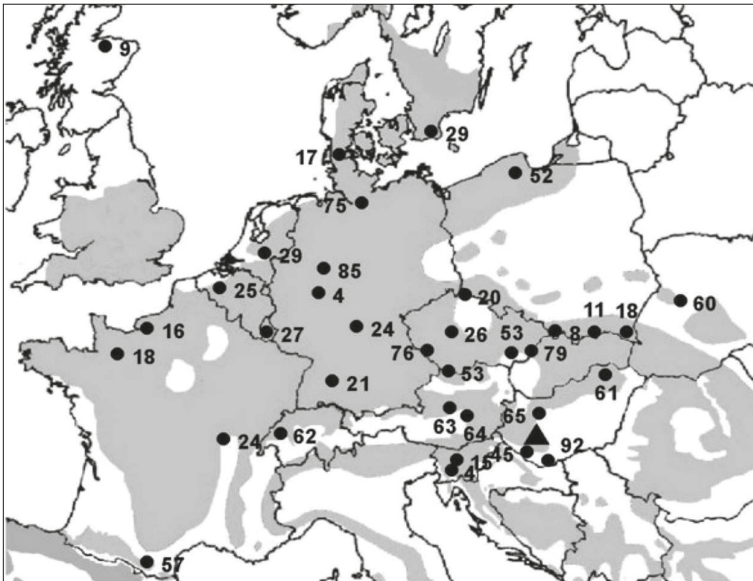
A bükk fajon belüli fenológiai változatossága

Mátyás Csaba

A bükk származások közötti *rügyfakadás-fenológiai* különbségek szembeötlőek a nemzetközi származási kísérletekben (Gömöry et al. 2015), és a magyar kísérletben is, a Zala vármegyei Bucsután. A vegetációs idő optimalása és ezen belül a rügyfakadás időzítése kétségtelenül az egyik legfontosabb adaptív szelekciós hatótényező. A fagykár-veszély korlátozása és egyidejűleg a vegetációs idő kihasználása Gömöry és Paule (2011) szerint feltehetőleg cserekapcsolati (*tradeoff*) egyensúlyban vannak egymással. A rügyfakadás fenológiájában – genetikai vonatkozásban – döntően a makroklíma és annak típusa (atlanti, hegyvidéki vagy kontinentális-dombvidéki) határozza meg az áréán belüli fenológiai mintázatot.

Az egyes kísérleti helyszíneken a rügyfakadás időpontját a termőhely és az időjárás is befolyásolja, pl. enyhébb téli időjárás esetén a rügyfakadás időpontja a hideghatás elmaradása miatt későbbre tolódik. Ugyanakkor a származások fakadási sorrendje a különböző években, illetve különböző helyszíneken változatlan, ami erős genetikai meghatározottságot jelez. A származások között kimutatott genetikai változatosság és az évi időjárás, valamint a különböző kísérleti helyszínek eltérő termőhelyi hatásait egybevetve megállapítható, hogy a környezeti feltételek hatása egy nagyságrenddel erősebb, mint a populációk között kimutatott örökölt hatás (Kóczán-Horváth 2016). A kettő elkülönítése azért indokolt, mert míg a genetikailag jobban alkalmazkodó származások kiválasztásával a fenotípusos választ befolyásolni tudjuk, de a termőhelyi, ezen belül az időjárási reakciók megváltoztatására nincs lehetőségünk. A termőhely fizikális hatásai által befolyásolt örökölhető bevérodésre, az epigenetikára a »9.2. A bükk fenotípusos és genetikai alkalmazkodása a változó környezeti feltételekhez« fejezet tér vissza.

A populációk fenológiai viselkedését a rügyfakadáshoz szükséges késő őszi, kora téli hideghatás (*chilling*) és az ezt követő, fakadást kiváltó pozitív hőösszeg igény (*priming*) egymást átfedve határozza meg, amelynek ismeretében a fakadási időpont modellezhető. Hollandiában Kramer (1994) elsőként dolgozott ki a bükkre egy részletes rügy-fenológiai modellt, a novembertől márciusig mért napi hőösszegekre alapozva. A bucsutai kísérletben azonban a modell rendre 15–50 nappal későbbi fakadást jelzett előre, mint a valóságban (Kóczán-Horváth 2016). Az eltérés oka, hogy a modell atlanti viszonyokra épült, ahol az enyhe telek gyenge hideghatása a fakadást késlelteti. Minél kontinentálisabb és egyben zordabb egy populáció klímája eredeti származási helyén, annál kisebb a hideghatás igénye, és gyorsabb a fakadás lefutása adott időjárás esetén. A bucsutai kísérlet adatai ezt igazolják (1.4.-3. ábra). A viszonylag kontinentális helyszínen korán fakadónak bizonyultak a kontinentális Délkelet-Európából, a hegyvidékekről (pl. a Kárpátok, Alpok körzetéből) és Skandinávia délkeleti pereméről származó populációk, későinek az atlanti partközélebről áttelepített populációk (Mátyás 2002b; Kóczán-Horváth 2016).



1.4.-3. ábra. Rügyfakadásnak indult csemeték átlagos százaléka származásonként Bucsután a kiültetés utáni évben, a 14. héten. Jól kiemelkedik az atlanti populációk kései fakadása (30 alatti értékek), valamint a kelet-európaiak és a hegyvidékiek koraisága (50 feletti értékek). Árnyalt háttér: a bükk természetes áréája. A háromszög a kísérleti helyszínt, Bucsutát jelzi (Mátyás 2002)

Az őszi lombhátrahagyás és lombhullás időzítése hasonló alapokon különül el. Bucsután általában előbb sárgulnak, azaz korábbiak a kontinentálisabb klímából származó populációk az atlantiakhoz képest. Egy horvát elemzés szerint a téli lombvesztés mértéke is nagyobb a kontinentális származásokban (Ivanković et al. 2011). A mesterségesen telepített, az adott klímához kellően nem alkalmazkodott populációk fenológiai aszinkronitása kései fagykárt, fokozott rovarkárosítást vagy akár teljes pusztulást is okozhat. Például, Szlovéniában egy kontinentálisabb helyszínre telepített, késői lombhullató atlanti származás számára egy korai, erős hóesés végzetes hótörést eredményezett, míg a többi populáció elkerülte a kárt (1.4.-4. ábra).

Az európai bükk származások közötti, azok fenotípusában megnyilvánuló növekedési különbségeket a kö-

vetkező, fiatalkori növekedéssel foglalkozó alfejezet, továbbá a »9.3. A bükk klímaterének és vitalitásának előrevetítése a 21. századra« fejezet tárgyalja.



1.4.-4. ábra. A francia Jura-hegységi, szubatlanti származás parcellája a hűvösebb klímájú Straza-i kísérletben (Szlovénia). A későn fakadó és kései lombhullató populációt 2012-ben egy október végi hóesés még teljes lombzatban találta és egészében összetörte (Fotó: Mátyás Csaba)

A bükk fiatalkori növekedése nemzetközi származási kísérletekben

Nagy László és Mátyás Csaba

A klasszikus erdészeti nemesítés eszköztárába tartozó származáskutatás célja azon földrajzi körzetek vagy populációk azonosítása, amelyekből a termesztési céloknak leginkább megfelelő, kedvező tulajdonságokat hordozó szaporítóanyag nyerhető. Az ún. *származási kísérletek* az eltérő földrajzi-ökológiai környezetből származó populációk teljesítményét közös tenyészkeretben, homogénnek tekinthető termőhelyen hasonlítják össze, így módon a fenotípus kialakításában részt vevő környezeti tényezők, illetve a genetikai háttér hatása szétválasztható.

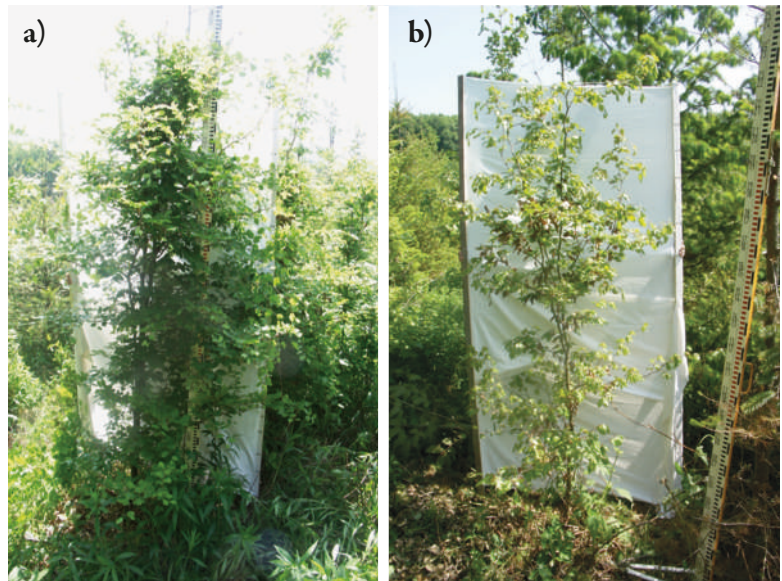
Az első bükk származási kísérlet-hálózatot Krahl-Urban hozta létre az 1950-es években. A német és németalföldi növényanyagot tartalmazó kísérletek 30–40 éves adatai alapozták meg a bükk adaptív változatosságára vonatkozó ismereteinket (ábrák Mátyás 2002 színes mellékletében). Ezekben jelentős különbség mutatkozott mind a növekedés, mind a törzsmínőség tekintetében, illetve kitűnt az, hogy a tapasztalt változatosság nem volt ökológiai gradienshez köthető (Rau et al. 2015). Már földrajzi térségekhez köthető, szignifikáns „ökotípusos” jellegű változatosságról számolnak be Liepe és munkatársai (2023) egy, a németországi áréát jobban reprezentáló kísérlet adatai alapján. Emellett kiemelik a kontinentálisabb, délkeleti származások alkalmazhatóságát a támogatott áttelepítésre, az éghajlatváltozásra való készülés keretében. Hasonló mintázatot mutattak ki délkelet-európai kísérletekben is (Ivanković et al. 2008; Popović et al. 2021).

A bükk *teljes európai fenotípusos* változatosságának felmérésére a hamburgi Erdészeti Genetikai Intézet szervezésében, 1995-ben és 1998-ban, több mint negyven helyszínen, nemzetközi kísérlet létesült. A ciklikus makktermés miatt két sorozat létesült, ráadásul a kísérletek nem azonos elosztásban tartalmazzák a származásokat. Magyarország a második sorozat keretében kapcsolódott be egyetlen makkétel gyűjtésével (Magyaregregy; 1.4.-5a. ábra) és egy kísérlet létesítésével a zalai Bucsután. Ez a kísérletsorozat mintegy 50 populációval, összesen 21 helyszínen létesült Európában (von Wühlisch & Alia 2011).

2010-ben, a közös COST finanszírozás lejártával a nemzetközi együttműködés leállt, a hazai kísérlet nyomon követése is megnehezült. Az 1998-as kísérletsorozat néhány általános tapasztalata a fiatalkori ada-

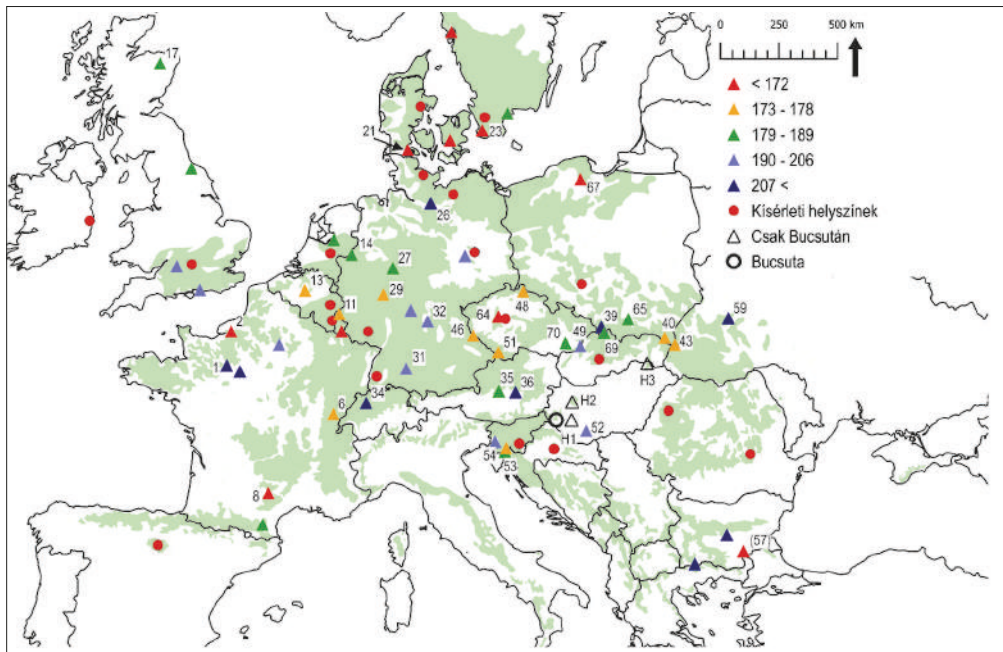
tok alapján a következő (Mátyás et al. 2009; Robson et al. 2011; lásd az 1.4.-6. ábrát):

- A populációk makroklimatikus alkalmazkodásának mintázata az ellenható evolúciós erők ellenére jól kimutatható;
- a fenotípusos reakciók az „ökológiai távolság” szerint változnak (a növekedés, megmaradás a klimatikus távolsággal csökken);



1.4.-5. a, b. ábra. A bucsutai 1998-as nemzetközi származási kísérletben a baranyai Magyaregregy (a; átlag H: 3,13 m, balra) és az atlanti, belga Soignes (b; átlag H: 2,62 m) populációk alkalmazkodásuk szerinti habitust és egyúttal az áttelepítéssel szimulált klímaváltozás hatását is mutatják, 9 éves korban (Mátyás et al. 2011)

- a klimatikus optimum körzetében a populációk közötti különbségek nem jelentősek, szélsőségesebb körülmények között a differenciálódás erőteljesebb;
- az 1000 m feletti hegyvidéki populációk eltérő reakcióik miatt külön csoportot képeznek.
- Mindamelllett a növekedés mintázatában tapasztalható, származások közötti variancia nem minden esetben magyarázható a helyszínek ökológiai, éghajlati feltételeivel, amilyen pl. a gyengén teljesítő skandináv származások szomszédságából származó Farchau nemzetközi és hazai kiemelkedő növekedése.



1.4.-6. ábra. Az 1998-as kísérlet származásai és 10 éves korban mért magasságuk (cm) az *összes kísérlet főátlagában* (színezett háromszögek). A zalai Bucsután szereplő, és az 1.4. és 9. fejezetekben névszerint említett egyéb származások kódszámaikkal szerepelnek. Bucsuta helyét fekete kör jelzi.

A háttérben az EUFORGEN bükk área térképe (Alia et al. 2011 után, kiegészítve)

Az 1998-as kísérlet-sorozat bucsutai helyszínének fenológiai eredményeit az előző alfejezet, az alkalmazkodással, megmaradással kapcsolatos előrevetítéseket pedig a »9.3. A bükk klímaterének és vitalitásának előrevetítése a 21. századra« fejezet részletezi.

Összességében, a *növekedés, megmaradás és a minőségi tulajdonságok változatossága* tekintetében a származási kísérletek általános tapasztalata, hogy a növekedési tulajdonságok és a megmaradás jól korrelálnak (lásd a 9.3.-1. és 9.3.-2. ábrákat). A származások közötti különbségek e téren kifejezettebbek, mint a habitus, törzsmínőség tekintetében – igaz, ez utóbbiak értékelése eleve kevésbé egzakt.

A minőségi tulajdonságok földrajzi mintázata kevésbé határozott, azaz nagyobb valószínűséggel fordulhatnak elő egy körzetben gyökeresen eltérő minőségű állományok. A helyi származások sokat emlegetett fölénye bükk esetében sem igazolható egyértelműen. A helyi, vagy attól csak kissé eltérő környezetből származó populációk általában jól teljesítenek, azonban a kísérletek többségében rendre vannak azokat felülmúló származások.

A növekedés és a minőségi tulajdonságok között negatív az összefüggés (Liepe et al. 2023). A faj ökológiai optimuma közelében létesített kísérletekben az elterjedési terület északi pereméről, illetve az Ibériai-félszigetről származó populációk gyenge növekedést és átlagos törzsmínőséget mutatnak. A közép-európai (osztrák, cseh, magyar, szlovén) származások itt általában jó növekedésűek, de törzsmínőségük nem kiemelkedő (Liesebach et al. 2023). A legjobb törzsmínőséget mutató, bajor és érc-hegységi származások növekedése

legfeljebb átlagos. A kontinentális Délkelet-Európa alacsony térszínben tenyésző populációinak kiváló növekedése és plaszticitása feltűnő nemzetközi összehasonlításban is (1.4.–6. ábra), ezek a populációk a kedvezőbb környezetbe áthelyezésből, és az éghajlati kitettség mérséklődéséből profitálnak. A délkelet-európai kísérletekben a zalai bükkösöket képviselő valkonyai származás kedvező fiatalkori növekedést mutatott és a legjobb megmaradást produkálta. Eltérő termőhelyeken mért egyenletes teljesítménye megfelelő fenotípusos stabilitásra, általános alkalmazkodóképességre utal (Stojnić 2015). Az európai 1998-as sorozatban szereplő magyaregregyi populáció szintén jól szerepelt, megmaradása a legjobbak között van, és magassági növekedése is kedvező. Az, hogy növekedése átlagával (európai átlagban) nem a legjobbak között van, valószínűleg összefügg a nyugat-európai kísérletekben mért gyengébb eredményeivel. A teljes kísérletsorozat értékelése idején (Robson et al. 2011) a hazai kísérlet adatai még nem voltak feldolgozva, ezért az itt ismertetett nemzetközi értékelés mellett a Bucsután mért eredményekkel a »9.3. A bükk klímaterének és vitalitásának előrevetítése a 21. századra« fejezet foglalkozik (1.4.-7. ábra).



1.4.-7. ábra. A nemzetközi bükk származási kísérlet magyar helyszíne, idős állományok gyűrűjében, a zalai Bucsután (Fotó: Mátyás Csaba)

A bükk szaporodásbiológiája

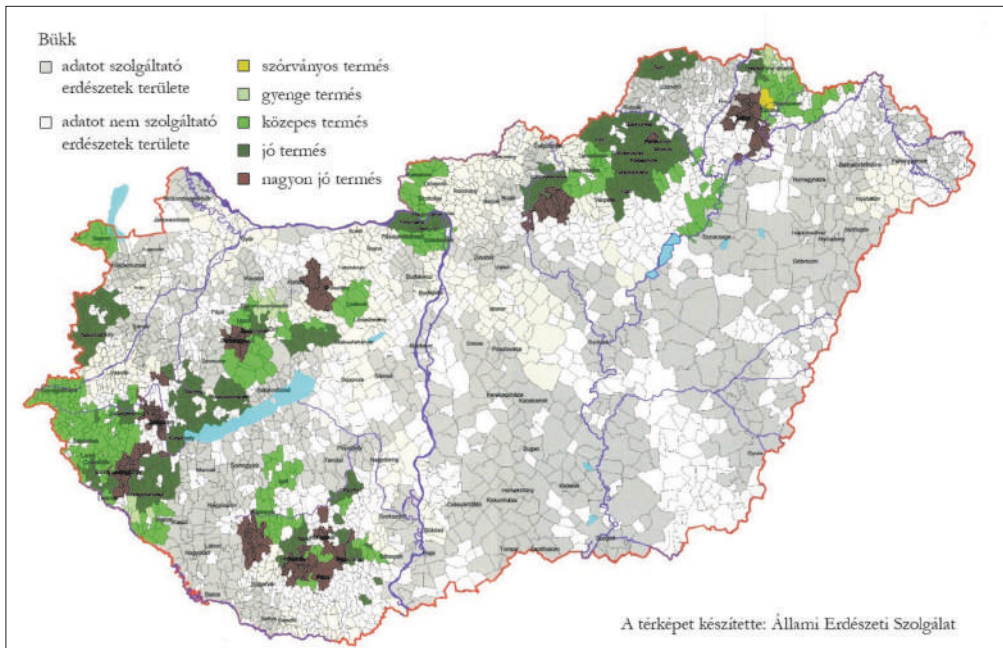
Benke Attila és Mátyás Csaba

Egy adott faj populációin belüli és azok közötti génáramlás mértékét, valamint az egyes populációk genetikai differenciáltságát nagyban meghatározza a faj ivari/szaporodási rendszere, azon belül is többek között a generatív szervek felépítése, valamint a pollen és a mag terjedésének módja. Az európai bükk ivari rendszerét egylaki, egyivarú virágzatok, valamint szél útján történő pollenterjesztés és döntően gravitációs magterjedés jellemzi. A *pollen* állományon belüli terjedését elsődlegesen az állományszerkezet határozza meg; a zárt, több szintes állományszerkezet a levélzet szűrő hatása révén a pollenterjedés hatékonyságát csökkenti (Millerón et al. 2012). A hím és nő virágzatok kifejlődése a lombfakadással közel egy időben történik. A bükkös állományokban a tölgyesekhez képest gyengébb pollenkibocsátás mérhető, a pollenkoncentráció jellemzően alacsony (Rozovits et al. 2019). Ennek ellenére a bükk pollen – időjárási körülményektől függően – nagy, akár több ezer kilométeres távolságot is megtehet (Belmonte et al. 2008). Mindez közvetlenül befolyásolja a génkészlet fajon belüli differenciáltságát (Mátyás 2002).

A beporzás körülményei jelentősen befolyásolják a termékenyülést és a léha magvak arányát. Az 1960-as években egyes fákon végzett vizsgálatok szerint a nővirágok 35–45%-a nem termékenyült meg, függetlenül a virágzás mértékétől. A kifejlődött makkok léhamag-tartalma pedig évjárástól eltekintve 55–65% volt, továbbá a rovar- és gombakárosított telt magvak aránya átlagosan 25% körül alakult (Mátyás 1970).

A bükk *magtermése* periodikus; sok évtizedes megfigyelések szerint a bükk átlagosan csupán kb. 14 évente termett igazán bőven, közepes termésére 7 évente, gyengégre pedig 3–4 évente lehetett az eddigiekben számítani (Majer 1982; Hilton & Packham 2003). Az éves makktermés az ország területén belül is változó, ahogy azt az országos termésbecslések mutatják (OMMI-KEFAG 2001; 1.4.-8. ábra). A klímaváltozás egyre erősödő hatásai miatt azonban az elmúlt néhány évben jelentős változások következtek be.

Gyakorlati szakemberek megfigyelései alapján a bükk szórványosan szinte minden évben terem, jelentősebb makktermése pedig 2–3 évente várható. Erős magtermés nemcsak a megbontott állományokban észlelhető, hanem a záródott bükkösökben is. A szórványos makktermés miatt nehézséget okozó természetes felújítás helyett napjainkban sokszor az erőteljesen jelentkező bükk újulat visszatartása és a természetesen megjelenő elegyfajok megtartása jelenti a nagyobb problémát (Berger et al. 2023). A gyakorlatban tapasztalt megnövekedett termő hajlam kiváltó oka valószínűleg a növekvő nyári hőmérséklet és a csökkenő nyári csapadék lehet. Tekintettel arra, hogy az élettani folyamatokban a nitrogén körforgalom fontos szerepet játszik (Han et al. 2008), a makktermés fokozódásához valószínű hozzájárulhat az antropogén eredetű nitrogén üledék erőteljes növekedése is.



1.4.-8. ábra. A bükk becsült terméskilátásai az OMMI 2001 évi országos termésbecslése alapján (OMMI – KEFAG 2001)

Tölgyfajainkhoz hasonlóan, a bükk termésében tapasztalható időszakosság okainak feltárása évtizedek óta foglalkoztatja mind a gyakorlati szakembereket, mind a kutatókat. A nemzetközi ökológiai és erdészeti irodalomban már régóta egyetértés van abban, hogy a bükk makktermés erős ingadozása összefügg a meleg és száraz nyarak előfordulásával (Matthews 1955). Az, hogy a termőképesség háttérben genetikai okok is állnak, a rendszeresen jól, vagy gyengén, esetleg szinte egyáltalán nem termő egyedek közti különbségek révén szintén már régóta ismert.

A makktermést megelőző évben kialakuló *virágkezdemények (primordiák)* fejlődéséhez szükséges klimatikus feltételek Mátyás Vilmos szerint a következők (Mátyás 1969, 1970): a hímivarú virágkezdeményeket tartalmazó virágrügyek számára a száraz és meleg június és július, a nőivarú virágkezdemények kialakulásának a hűvös októberi és enyhe novemberi időjárás, összességében a hűvös és csapadékos ősz kedvez. Gyenge makktermés esetén a nővirágzatok száma mintegy tizede a hímvirágzatokénak, jó termés esetén ez az arány viszont 25% körül alakul (Márkus & Mátyás 1966). A kialakult virágkezdemények következő évi fejlődését meghatározza az április második felének és május elejének, vagyis a virágzás, a megporzás, illetve az embriók kialakulása időszakának időjárása. Ebben a mintegy egy hónapos tavaszi időszakban a hűvös és csapadékos időjárás nem kedvez az éves magtermésnek. Bár az időjárás általános szerepét a terméshozásban még mindig kiemelik (Övergaard et al. 2007), Müller-Haubold és munkatársai (2015) az összes klímateremtő nagyon részletes elemzése alapján a virágkezdemények képzésében a június-júliusi napfénytartamot és a csa-

padékhiányt találta a legerősebb hatású tényezőknek, míg a következő év nyári hőmérsékletének a szerepe másodrangúnak bizonyult. A napfénytartam kiemelt jelentőségét már Mátyás (1965, 1970) is kimutatta. Tekintettel arra, hogy a fotoszintézis mértéke szoros kapcsolatban áll a napfénytartammal, feltételezhető, hogy a virágkezdemények kialakulását a kora nyári asszimiláció intenzitása befolyásolja. Összességében, a számos tényező együttes értékelésén alapuló vizsgálatok kimutatták, hogy a termés időszakosságára az előző évben uralkodó időjárási viszonyok gyakorolják a legmarkánsabb hatást.

A *termésképzéssel* kapcsolatban megemlítenő az élettani folyamatok, így a szén- és nitrogénháztartás szerepe is, mert a termésképzés és a levelek képzése egymással versengő folyamatok. A virágzás és a termés képzése nemcsak a makktermés évében, hanem a következő évben is hatással van a lombkorona asszimilációs kapacitására (Müller-Haubold et al. 2015). A bőséges makktermő években a képződő levélmennyiség határozottan csökken a generatív szervek javára, vagyis utóbbiak elsőbbséget élveznek az asszimilátumok és főleg a nitrogén elosztásában, és ezt az éves növedék alakulása is tükrözi. A makktermés és az átmérőnövekedés közötti negatív összefüggést az área északi részén (Dél-Svédország) is megfigyelték (Drobyshev et al. 2010).

A hazai szaporítóanyag hiány miatt az 1960-as években kiterjedt vizsgálatok folytak a bükk makktermés növelése lehetőségeinek feltárására, egyrészt a termésmennyiség tápanyagutánpótlással való növelése, másrészt a jó makktermésű években összegyűjtött makk hosszabb távú tárolása révén. A műtrágyázási kísérletek bebizonyították, hogy bár a többlet tápanyag kijuttatás nincs hatással a termés periodicitására, kedvezően befolyásolja a termés minőségét; egy kísérletben az életképes makkok mennyiségét közel kétszeresére növelte a kijuttatott műtrágya (Mátyás 1969; Mendlik 1982).

Az állományok szintjén a termésképzést a klimatikus tényezők mellett befolyásolja a termőhely, a kor, a biotikus károsítók szerepe, egyedi szinten pedig a fiziológiai és egészségi állapot, az állományban (szegély/állománybelső) és a lombkoronaszintben elfoglalt helyzet (Mátyás 1963, 1965). Az átlagosan 200–250 g ezermagtömegű bükkmakk begyűjthető mennyisége gyenge, illetve közepes makktermés esetén mintegy 1–7 mázsa/ha (Márkus 1959; Mátyás 1963). Az ezermagtömeg, valamint a telt, életképes makkok aránya az állományszegélytől az állomány belseje felé haladva csökken. Az állományszegély szerepe az össztermésben kimagasló, különösen a gyengébb termésű években; ez aláhúzza a magtermelésre kiválasztott állományok kezelésének fontosságát.

A *bükkmakk* nyugalmi állapota feloldásához és a csírázás kiváltásához mintegy 3 hónapos hűvös és nedves környezetet kíván meg, vagyis a makk átfekvő, ezért mesterséges tárolás esetén a vetés előtt hosszabb rétegelést kíván. A nyugalmi időszakban hűvös helységben (3–5 °C-on) tárolható, de magas, mintegy 30%-os nedvességtartalma miatt a tárolás ill. rétegelés során folyamatos felügyeletet és kezelést igényel a nedvességtartalom fenntartása, valamint a fülledés, gombakárosodás elkerülése érdekében. Előzetes mesterséges szárítás után a bükkmakk hűtőtárolóban több éven keresztül is eltartható. A makktételek kezelésének és tárolásának módszereit, továbbá a magtermelő állományok kezelését a 6.3. fejezetben »A bükk szaporítóanyag termesztése« alfejezete tárgyalja.

A bükk szaporítóanyag forrásai és génrezervátumai

Nagy László

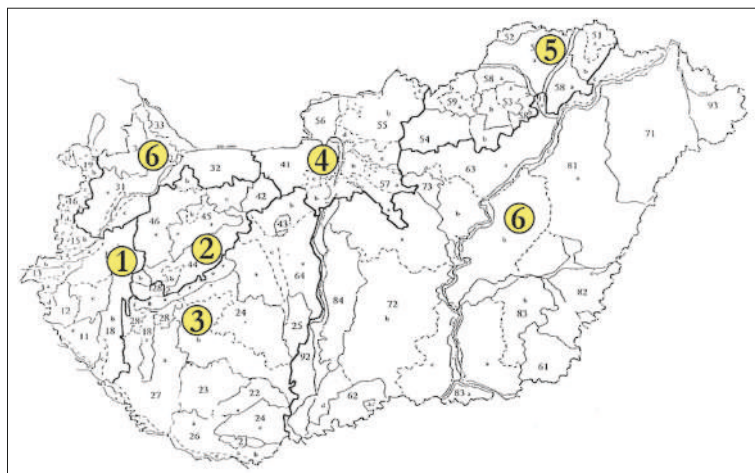
Bükköseink felújítása jelentős részben természetes úton történik. Ugyanakkor az éves csemetetermelés volumene – pl. 2022-ben közel négymillió bükk csemete (NÉBIH 2023) – arra utal, hogy a bükk szaporítóanyag termelése, kereskedelme és mesterséges erdősítésekben való felhasználása nem vesztette el jelentőségét. Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás igénye vélhetően az előalkalmazkodott, szárazság- és melegtűrő származások iránti kereslet, egyszersmind a mesterséges úton történő felújítás arányának növekedéséhez vezethet.

Mint minden jelentős erdei faj, a bükk szaporítóanyag termelése és felhasználása minősítési és származásigazolási kötelezettség alá esik. Az erdészeti szaporítóanyag-gazdálkodást szabályozó 110/2003. (X. 21.) FVM rendelet a bükk esetében hat származási körzetet határol el (1.4.-9. ábra), amelyek a certifikációs rendszer alapjait képezik. A jelenlegi származási körzetek kialakítása már a bükk genetikai változatosságát feltáró kutatási eredmények alapján történt (Mátyás 2002c). Izoenzim-alapú genetikai vizsgálatok (Bordács 2008) azóta igazolták, hogy a körzetek lehatárolása megfelel a genetikai változatosság földrajzi mintázatának (1.4.-10. ábra). A körzetek erdőgazdasági tájak földrajzi határait követik, de a tájcsoporthoz nem esnek egybe. A hatályos szabályozás az egyes körzetekből származó szaporítóanyag felhasználását illetően kötelező előírásokat nem tartalmaz.

A hazai erdészeti szaporítóanyag-források jegyzéke mintegy 140 bükk forrást sorol fel (NÉBIH 2022). A szaporítóanyag forgalomképességének minimuma a helyszín pontos azonosítása és dokumentálása; az ezt teljesítő, ún. „származás azonosított” kategóriájú források száma ebből közel száz. Az egyes források területe változó, a néhány tizedtől a több ezer hektárig terjed, ami erősen heterogén gazdálkodói gyakorlatra utal. A kedvező fenotípus alapján szelektált magtermelő állományok szaporítóanyaga a „kiválasztott” kategóriába tartozik. A Nemzeti Jegyzékben 35 magtermelő állomány szerepel (1.4.-2. táblázat).

A jelentős bükkös tömbök a Nyugat-Dunántúl kivételével megfelelően reprezentáltak. A magtermelő állományok kezelésével a 6.3. fejezet »A bükk szaporítóanyag termesztése« alfejezete foglalkozik.

Az erdészeti genetikai erőforrások tartamos használatának kritikus feltétele azok hatékony, hosszú távon is biztonságos megőrzése (Mátyás 1958; Bánó & Mátyás 1973). Nagy kiterjedésű, természetközeli módokkal fenntartható és felújítható állományokat eredeti élőhelyükön célszerű fenntartani. Ennek meg-



1.4.-9. ábra. Bükk származási körzetek az erdészeti szaporítóanyagokról szóló 110/2003. (X. 21.) FVM rendelet alapján. Szerkesztett változat, a jogszabályban megjelnt térkép hibásan, a 6. körzetet tartozónak ábrázolja a Délnyugat-Dunántúl egy részét



1.4.-10. ábra. A hazai bükk magtermelő állományok genetikai változatosságának hasonlósági mintázata a telkibányai származási kísérlet izoenzim-alapú vizsgálat alapján (Bordács 2008)

1.4.-2. táblázat. Kiválasztott kategóriájú magtermelő állományok száma, területe erdőgazdasági tájcsoportonként (Adatok: NÉBIH 2022)

Erdészeti	Bükk magtermelő állományok	
	száma	összterülete (ha)
Északi-középhegység	16	349,3
Dunántúli-középhegység	9	193,1
Nyugat-Dunántúl	10	103,9

felelően a hazai bükk génmegőrzés *in situ* génrezervátumokban folyik (Bach & Mátyás 1999; Mátyás et al. 1999). Az ezredfordulót követően került sor a hazai génrezervátum-hálózat számára alkalmas területek felmérésére és azok előzetes kezelési terveinek elkészítésére. A 33 listázott génrezervátum-jelölt megfelelően lefedte a bükk súlypontos előfordulásait és reprezentálta a faj változatosságát, valamint élőhelyeit (Führer et al. 2010; Bordács et al. 2013). Az akkori, hiányos jogszabályi háttér a természetvédelem és az aktív kezelést igénylő génmegőrzés között nehézségeket vetített előre, így a teljes hálózat kijelölése máig várat magára. 2023-ig 13 bükkös génrezervátum kijelölése történt meg a Dunántúli-középhegységben és a Dél-Dunántúlon, összterületük 1250 hektár.

Az erdészeti génmegőrzési tevékenységet össz-európai szinten koordináló EUFORGEN program által kezelt EUFGIS adatbázis Európa-szerte 422 bükk génrezervátumot tart nyilván, ebből jelenleg csak három terület esik Magyarországra. A nemzetközi génmegőrzési hálózat (*core network*) kialakítása, az abba bekerülő génrezervátumok kiválasztása, illetve továbbiak létrehozása a nem reprezentált körzetekben jelenleg is zajlik. A jövőbeli hálózatban folytatandó genetikai monitoring alapjait kidolgozták (Westergren et al. 2020).

A bükk vegetatív szaporodása

Korda Márton

Ha a bükk vegetatív szaporodási képességének rövid, lényegre törő jellemzését kellene adni, akkor talán Roth Gyula Erdőműveléstanát érdemes idézni, mely szerint „*Sarjadzási képessége gyenge, idősebb korban majdnem semmi.*” (Roth 1935). Ennek ellenére a bükkösök sarjztatása koránt sem volt jelentéktelen. Az 1930-as évek első felében több mint huszonkilencezer hektár volt a sarj eredetű bükkösök kiterjedése (Anon. 1933). Az 1958-as statisztikai adatok szerint ez az érték tizenhétezer hektárra csökkent (az akkori bükköseink 1,9%-a). Ami ennél érdekesebb adat, hogy ebből 889 ha az 1–10, míg 2 155 ha a 11–20 éves korosztályba tartozott, tehát, még ekkor is alkalmazták ezt a művelési módot. Az 1980-as adat szerint ismét húsz ezer hektár fölötti volt a sarj bükkösök aránya, bár ezek cseréje ekkor már ütemesen zajlott (Mátyás 1961; Járó 1968; Sali 1982).

Az Erdőállomány Adattár szerint 2016-ban még mindig jelentős, 15 160 ha volt a sarj eredetű bükkös erdőrészek kiterjedése. Igaz, ha csak fafajsorra vizsgáljuk, akkor csak 7 357 ha-t kell érteni ez alatt. Érdekeség, hogy ebből 140 ha gyökérsarj eredetűként van feltüntetve (feltehetően ennek egy része kódolási hiba).

Szinte minden szakirodalom, mely a témát érinti, először igyekszik leszögezni a sarjadás csekély jelentőségét. A bükk vegetatív szaporodási képességére a szakirodalom három lehetőséget említ. Ezek közül komolyabb jelentőségűek a tuskósarjak, de speciális körülmények között gyökérsarjakat is képezhet, sőt a talajjal érintkező hajtások is legyökerezhetnek (Felbermeier & Mosandl 2002). A talajjal érintkezve, legyökerezve fejlődő sarjakat régebben „természetes homlíványnak” nevezték. Érdekes, hogy esetenként ezek kialakulása számottevő is lehetett. Erre utal, hogy Kalmár (1863) külön felhívta a figyelmet arra, hogy „*az igen rövid fordával bíró sarjerdők letarlásánál nagy gondot szükség fordítani a természetes homlíványok fõntartására; különösen a gyertyán, bükk, és szilfáknál.*”

A tuskósarjak alapvetően járulékos (adventív) rügyekből származnak, de ismertek példák az alvórügyek aktivizálódására is. A tuskósarjak képződése elsősorban a 30–40(–50) évnél fiatalabb egyedeken figyelhető meg (1.4.-11a. és b. ábra). A legtöbb esetben a sarjak a szijács és a hánccs között képződő adventív rügyből alakulnak ki (1.4.-12. ábra), a tuskótól nem függetlenül. Abban a szakirodalom egyetért, hogy ezek rövid életű, rossz növekedésű és gyenge állékonyosságú sarjak, melyek a tuskóról könnyen letörnek (Anon. 1865a, b; Felbermeier & Mosandl 2002). A jóval ritkább alvórügyekből fakadó sarjak a gyökfő közelében, illetve a tuskó oldalán keletkező sebések hatására fejlődnek. Ezek a sarjak gyökeret is fejleszthetnek, így önálló-sodhatnak. Ezzel jóval állékonyabbak és hosszabb ideig élnek, mint azok, amelyek nem válnak le a tuskóról (Fekete & Mágócsy-Dietz 1896; Vadas 1898; Kutschera & Lichtenegger 2002).

A gyökérsarjak képzése meglehetősen ritka jelenség a bükknél. A megfigyelések két jellemző esetet említenek. Az egyik, ha idős egyedek gyökerei károsodnak (pl. viharkártól, vágásterületen mozgó gépektől, meredek termőhelyek rendszeres eróziójától), és a sérülések mentén keletkeznek sarjak adventív rügyekből (M. 1863; Felbermeier & Mosandl 2002) (1.4.-13. ábra). A másik esetről Kutschera és Lichtenegger (2002) számol be. E szerint sekély és csapadékos termőhelyeken, idős fák felszín közelében futó gyökerein kialakulhatnak gyökérsarjak. Ezek jellemzően csokros növekedésűek, cserje termetnél nem nőnek nagyobbra.

A bükk sarjaztatása ma már csak szakmatörténeti művelési mód, napjainkban gyakorlati jelentősége nincs. Addig volt elterjedt, amíg jellemzően nem volt cél a minőségi törzsek nevelése (pl. tűzifa-termelés, hamuzsírforrás, faszénégetés miatt), és a 30–50 éves vágásforduló racionális hasznosítás volt. Amint a bükk faanyag feldolgozásának technológiája fejlődésnek indult és jelentős ipari alapanyaggá vált, a korábbi felhasználási módjainak jelentős része elsorvadt. Így az egykori sarj eredetű bükkösöket rontott erdőként kezdték nyilvántartani. Napjainkra a sarjeredetű bükkösök egyre inkább ritka, kímélendő jelenséggé váltak. Ezek habitatfaként ökológiai szerepet tölthetnek be, így megőrzésük egyben természetvédelmi cél is lehet.



1.4.-11. a-b. ábra. Fiatal tuskósarjak (a) és tuskósarjcsokor, többszörösen összenőtt törzsekkel (b) (Fotó: Korda Márton)



1.4.-12. ábra. Járulékos rügyekből fejlődő sarjak (Fotó: Csóka György)

Irodalom

- Anon. 1865a: A sarjerdő. – Erdészeti Lapok 4: 33–39.
 Anon. 1865b: A sarjerdő. Külön szabályok az egyes fanemekre nézve. – Erdészeti Lapok 4: 125–131.
 Anon. 1933: Magyarország erdeinek a főbb fafajok szerinti területe törvényhatóságokint. – Erdészeti Statisztikai Közlemények XII: 3. melléklet.
 Bach I. & Mátyás Cs. 1999: A Növényi Génbank Tanács Erdészeti Munkabizottsága génmegőrzési programja. In: Mátyás Cs., Bach I. & Bordács S. (szerk.) 1999: Genetikailag veszélyeztetett ritka fafajok génmegőrzésének gyakorlati teendői. – OMMI, Budapest, pp. 8–17.

- Bánó I. & Mátyás Cs. 1973: A génmegőrzés helyzete és feladatai az erdőgazdálkodásban. – *Agrobotanika* 15: 81–89.
- Belmonte J., Alarcón M., Avila A., Scialabba E. & Pino D. 2008: Long-range transport of beech (*Fagus sylvatica* L.) pollen to Catalonia (north-eastern Spain). – *International Journal of Biometeorology* 52: 675–687.
- Berger P., Kalincsák P., Korn I., Pálincás Á. & Szegedi L. 2023: Szóbeli közlés.
- Bilela S., Dounavi A., Fussi B., Konnert M. ... Simon J. 2012. Natural regeneration of *Fagus sylvatica* L. adapts with maturation to warmer and drier microclimatic conditions. – *Forest Ecology and Management* 275: 60–67.
- Bordács S. 2008: Állományalkotó kemény lombos fafajok szaporítóanyag-termelési erőforrásainak fejlesztése. – Kutatási zárójelentés, OTKA T46940, 22 pp.
- Bordács S., Nagy L., Pintér B., Bach I., Borovics A. ... Mátyás Cs. 2013: Az erdészeti genetikai erőforrások állapota és szerepe a XXI. század elején Magyarországon. A FAO felkérésére készült jelentés összefoglaló ismertetése. – *Erdészettudományi Közlemények* 3(1): 21–37.
- Buiteveld J., Vendramin G.G., Leonardi S., Kramer K. & Geburek T. 2007: Genetic diversity and differentiation in European beech (*Fagus sylvatica* L.) stands varying in management history. – *Forest Ecology and Management* 247: 98–106.
- Ciocirlan E., Sofletea N., Ducci F. & Curtu A.L. 2017: Patterns of genetic diversity in European beech (*Fagus sylvatica* L.) at the eastern margins of its distribution range. – *iForest* 10: 916–922.
- Comps B., Gömör D., Letouzey J., Thiébaud B. & Petit R.J. 2001: Diverging trends between heterozygosity and allelic richness during postglacial colonization in the European beech. – *Genetics* 157(1): 89–397.
- Comps B., Mátyás C., Letouzey J. & Geburek T. 1998: Genetic variation in beech populations (*Fagus sylvatica* L.) along the alpine chain and in the Hungarian basin. – *Forest Genetics* 5(1): 1–9.
- Comps B., Thiébaud B., Paule L., Merzeau D. & Letouzey J. 1990: Allozymic variability in beechwoods (*Fagus sylvatica* L.) over central Europe: spatial differentiation among and within populations. – *Heredity* 65(3): 407–417.
- Comps B., Thiébaud B., Sugar I., Trinajstić I. & Plazibat M. 1991: Genetic variation of the Croatian beech stands (*Fagus sylvatica* L.): spatial differentiation in connection with the environment. – *Annales Sciences Forestières* 48(1): 15–28.
- Czúcz B., Gálhidy L. & Mátyás C. 2011: Present and forecasted xeric climatic limits of beech and sessile oak distribution at low altitudes in Central Europe. – *Annals of Forest Science* 68: 99–108.
- Demesure B., Comps B. & Petit R.J. 1996: Chloroplast DNA Phylogeography of the common beech (*Fagus sylvatica* L.) in Europe. – *Evolution* 50: 2515–2520.
- Denk T. 1999: The taxonomy of *Fagus* in western Eurasia. 2: *Fagus sylvatica* subsp. *sylvatica*. – *Feddes Repertorium* 110: 381–412.
- Dounavi A., Netzer F., Celepirovic N., Ivanković M. ... Rennenberg H. 2016: Genetic and physiological differences of European beech provenances (*F. sylvatica* L.) exposed to drought stress. – *Forest Ecology and Management* 361: 226–236.
- Drobyshev I., Övergaard R., Saygin I., Niklasson M. ... Sykes M.T. 2010: Masting behaviour and dendrochronology of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in southern Sweden. – *Forest Ecology and Management* 259: 2160–2171.
- Fekete L. & Mágócsy-Dietz S. 1896: Erdészeti növénytan II. – Országos Erdészeti Egyesület, A Pátria könyvsajtója, Budapest, 1336 pp.
- Felbermeier B. & Mosandl R. 2002: *Fagus sylvatica* Linné, 1753. In: Schütt P., Schuck H.J., Lang U.M. & Roloff A. (eds.): *Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie* 27. Erg.Lfg. – Ecomed Verlagsgesellschaft, Landshut, 20 pp.
- Führer E., Mátyás Cs., Csóka Gy., Lakatos F., Bordács S., Nagy L. & Rasztovits E. 2010: Current status of European beech (*Fagus sylvatica* L.) genetic resources in Hungary. – *Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae* 25: 152–163.
- Gömör D. & Paule L. 2011: Tradeoff between height growth and spring flushing in common beech (*Fagus sylvatica* L.). – *Annals of Forest Science* 68(5): 975–984.
- Gömör D., Ditmarová L., Hrivnák M. ... Kurjak D. 2015: Nucleotide polymorphisms associated with climate, phenology and physiological traits in European beech (*Fagus sylvatica* L.). – *European Journal of Forest Research* 134: 1075–1085.
- Gömör D., Paule L. & Vyšný J. 2007: Patterns of allozyme variation in western Eurasian *Fagus*. – *Botanical Journal of the Linnean Society* 154(2): 165–174.
- Gömör D., Zhelev P. & Brus R. 2020: The Balkans: a genetic hotspot but not a universal colonization source for trees. – *Plant Systematics and Evolution* 306(1): 5.
- Han Q., Kabeya D., Iio A. & Kakubari Y. 2008: Masting in *Fagus crenata* and its influence on the nitrogen content and drymass of winter buds. – *Tree Physiology* 28: 1269–1276.
- Hazler K., Comps B., Sugar I., Melovski L. ... Gracan J. 1997: Genetic structure of *Fagus sylvatica* L. populations in Southeastern Europe. – *Silvae Genetica* 46(4): 229–235.

- Hilton G.M. & Packham J.R. 2003: Variation in the masting of common beech (*Fagus sylvatica* L.) in northern Europe over two centuries (1800–2001). – *Forestry* 76: 319–328.
- Ivanković M., Bogdan S. & von Wühlisch G. 2011: Genetic variation of flushing and winter leaf retention in a European beech provenance test in Croatia. In: Wühlisch G. & Alia R. (eds.): Genetic resources of European beech for sustainable forestry. – Monografias INIA Madrid, Seria Forestal 22: 53–59.
- Ivanković M., Bogdan S. & Božič G. 2008: Varijabilnost visinskog rasta obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u testovima provenijencija u Hrvatskoj i Sloveniji. – *Šumarski List* 132: 529–541.
- Járó Z. 1968: Bükkgazdálkodásunk feladatai: 104000 hektár sorsa. – *Erdőgazdaság és Faipar* 20(10): 12.
- Kalmár T. 1863: A sarjerdők ujbolitása. Pfeil után. – *Erdészeti Lapok* 4: 343–350.
- Kóczán-Horváth A. 2016. Beech adaptation to climate change according to provenance trials in Europe. – Kézirat, PhD értekezés, Soproni Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, 75 pp.
- Kollár T. & Borovics A. 2021: A magyarországi hosszú lejáratú erdészeti tartamkísérleti hálózat fenntartásának korszerű irányelvei, adatfeldolgozási módszerei és legfontosabb eredményei. – *Erdészettudományi Közlemények* 11(2): 95–114.
- Konnert M. 1995: Investigations on the genetic variation of beech (*Fagus sylvatica* L.) in Bavaria. – *Silvae Genetica* 44(5): 346–350.
- Kramer K. 1994: Selecting a model to predict the onset of growth of *Fagus sylvatica*. – *Journal of Applied Ecology* 31: 172–181.
- Kutschera L. & Lichtenegger E. 2002: Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. 6. Band der Wurzelatlas-Reihe. – Leopold Stocker Verlag, Graz–Stuttgart, pp. 326–336.
- Leonardi S. & Menozzi P. 1995: Genetic variability of *Fagus sylvatica* L. in Italy: the role of postglacial recolonization. – *Heredity* 75: 35–44.
- Liepe K.J., van der Maaten E., van der Maaten-Theunissen M., Kormann J.M. ... Liesebach M. 2023: Ecotypic variation in multiple traits of European beech – selection of suitable provenances based on performance and stability. – *Research Square*, 25 pp.
- Liesebach M., Liepe K.J., Šeho M., Kätzel R., Becker F. & Löffler S. 2023: Ergebnisse aus dem Internationalen Buchenherkunftsversuch 1996/98 von den Versuchsflächen in Deutschland. – *Thünen Report* 105: 97–127.
- M. 1863: A vén bükkök s hajtanak sarjat!. – *Erdészeti Lapok* 2: 76–77.
- Magri D. 2008: Patterns of post-glacial spread and the extent of glacial refugia of European beech (*Fagus sylvatica*). – *Journal of Biogeography* 35: 450–463.
- Magri D., Vendramin G.G., Comps B., Geburek T., Gömöry D. ... De Beaulieu J.-L. 2006: A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences. – *New Phytologist* 171: 199–221.
- Majer A. 1982: A bükkösök makktermésének időszakossága. – *Az Erdő* 31(9): 388–392.
- Márkus L. & Mátyás V. 1966: Adatok a bükkmakk természetbiológiájának ismeretéhez. – *Erdészeti Kutatások* 62(1–3): 177–192.
- Márkus L. 1959: Bükkmakk terítettségi megfigyelések a Magasbakonyban. – *Erdészeti Kutatások* 56(3): 93–102.
- Matthews J.D. 1955: The influence of weather on the frequency of beech mast years in England. – *Forestry* 28: 107–116.
- Mátyás Cs. 2002: Erdészeti–természetvédelmi genetika. – *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, 422 pp.
- Mátyás Cs. 2002a: Antropogén hatások. In: Mátyás Cs.: Erdészeti–természetvédelmi genetika. – *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, pp. 267–313.
- Mátyás Cs. 2002b: A bükk [genetikai jellemzése]. In: Mátyás Cs.: Erdészeti–természetvédelmi genetika. – *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, pp. 345–351.
- Mátyás Cs. 2002c: Származási körzetesítés. In: Mátyás Cs.: Erdészeti–természetvédelmi genetika. – *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, pp. 286–290.
- Mátyás Cs., Bach I. & Bordács S. (szerk.) 1999: Genetikailag veszélyeztetett ritka fafajok génmegőrzésének gyakorlati teendői. – *OMMI, Budapest*, 50 pp.
- Mátyás Cs., Božič G., Gömöry D., Ivanković M. & Rasztovits E. 2009: Transfer analysis of provenance trials reveals macroclimatic adaptedness of European beech (*Fagus sylvatica* L.). – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 5: 47–62.
- Mátyás V. 1958: Erdészeti maggazdálkodási utasítás. – *Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest*, 179 pp.
- Mátyás V. 1961: Bükköseink fenntartása és a magtermelés célját szolgáló állományok szerepe. – *Erdészeti Kutatások* 57: 87–109.
- Mátyás V. 1963: Az erdei magtermés ökológiai összefüggései. – *Erdészeti Kutatások* 59(3): 77–96.
- Mátyás V. 1965: Ökológia megjegyzések a tölgy és a bükk termésének időszakosságához. – *Erdészeti Kutatások* 61(1–3): 99–121.

- Mátyás V. 1969: A tölgy- és bükkvirágzás fokozása műtrágyázással és ennek összefüggése az időjárással. – Erdészeti Kutatások 65(2–3): 161–181.
- Mátyás V. 1970: Weather influence on beech flowering. – Second World Consultation on Forest Tree Breeding, Washington, 1969. augusztus 7–16., 2: 1403–1418.
- Mendlik G. 1982: Bükk magtermés-fokozási kísérlet első eredményei. – Az Erdő 31(10): 455–458.
- Müllerón M., López de Heredia U., Lorenzo Z., Perea R. ... Nanos N. 2012: Effect of canopy closure on pollen dispersal in a wind-pollinated species (*Fagus sylvatica* L.). – Plant Ecology 213: 1715–1728.
- Müller-Haubold H., Hertel D. & Leuschner C. 2015: Climatic Drivers of Mast Fruiting in European Beech and Resulting C and N Allocation Shifts. – Ecosystems 18: 1083–1100.
- Müller-Starck G. & Starke R. 1993: Inheritance of isoenzymes in European beech (*Fagus sylvatica* L.). – Journal of Heredity 84(4): 291–296.
- NÉBIH 2022: Erdészeti Szaporítóanyagforrások Nemzeti Jegyzéke. (elérés: 2023. december 3.).
- NÉBIH 2023: Erdészeti csemetetermelés a 2022/23. évben. (elérés: 2023. december 3.)
- OMMI–KEFAG 2001: Erdészeti magtermésbecslés. – OMMI–KEFAG Rt. kiad., Budapest, 13 pp.
- Övergaard R., Gemmel P. & Karlsson M. 2007: Effects of weather conditions on mast year frequency in beech (*Fagus sylvatica* L.) in Sweden. – Forestry 80: 555–565.
- Paffetti D., Travaglini D., Buonamici A., Nocentini S. ... Vettori, C. 2012: The influence of forest management on beech (*Fagus sylvatica* L.) stand structure and genetic diversity. – Forest Ecology and Management 284: 34–44.
- Paule L. 1995: Gene conservation in European beech (*Fagus sylvatica* L.). – Forest Genetics 2(3): 161–170.
- Piotti A., Leonardi S., Buiteveld J., Geburek T. ... Vendramin G.G. 2012: Comparison of pollen gene flow among four European beech (*Fagus sylvatica* L.) populations characterized by different management regimes. – Heredity 108(3): 322–331.
- Piotti A., Leonardi S., Heuertz M., Buiteveld J. ... Vendramin G.G. 2013: Within-population genetic structure in beech (*Fagus sylvatica* L.) stands characterized by different disturbance histories: does forest management simplify population substructure? – PLOS One 8: e73391.
- Popović V., Lučić A. & Rakonjac L. 2021: Variability of Morphological Traits of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) Seedlings in Serbia. – South-East European Forestry 12: 83–89.
- Postolache D., Oddou-Muratorio S., Vajana E., Bagnoli F. ... Vendramin G.G. 2021: Genetic signatures of divergent selection in European beech (*Fagus sylvatica* L.) are associated with the variation in temperature and precipitation across its distribution range. – Molecular Ecology 30: 5029–5047.
- Rajendra K.C., Seifert S., Prinz K., Gailing O. & Finkeldey R. 2014: Subtle human impacts on neutral genetic diversity and spatial patterns of genetic variation in European beech (*Fagus sylvatica*). – Forest Ecology and Management 319: 138–149.
- Rau H.M., Rumpf H. & Schönfelder E. 2015: Neue Ergebnisse aus den Buchen-Herkunftsversuchen von Krahl-Urban. – Forstarchiv 86: 27–41.
- Robson M.T., Alia R., Bozic G. ... Rasztovics E., Zitová M. & von Wühlisch G. 2011: The timing of leaf flush in European beech saplings. In: von Wühlisch G. & Alia R. (eds.) 2011: Genetic resources of European beech (*Fagus sylvatica* L.) for sustainable forestry. – Monografías INIA, Ser. Forestal 22, Madrid, pp. 61–79.
- Roth Gy. 1935: Erdőműveléstan. I. kötet: Alapvető rész. – M. kir. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Bánya-, Kohó- és Erdőmérnöki Karának könyvkiadó alapja, Sopron, 971 pp.
- Rozovits F.P., Magyar Zs., Kottek P. & Bordács S. 2019: Erdőterületek pollenkapacitásának modellezése faállománytípus és pollennaptári adatok alapján. – Erdészettudományi Közlemények 9(1) 19–33.
- Sali E. 1982: Megjegyzések bükköseinkről és gyertyánosainkról. – Az Erdő 31: 503–505.
- Seifert S. 2012: Variation of candidate genes related to climate change in European beech (*Fagus sylvatica* L.). – Dr. rer. nat. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen, 134 pp.
- Stojnić S., Orlović S., Ballian D., Ivanković M. ... von Wühlisch G. 2015: Provenance by site interaction and stability analysis of European beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances grown in common garden experiments. – Silvae Genetica 64: 133–147.
- Szász-Len A.M. & Konnerth M. 2018: Genetic diversity in European beech (*Fagus sylvatica* L.) seed stands in the Romanian Carpathians. – Annals of Forest Research 61(1): 65–80.
- Taberlet P., Fumagalli L., Wust-Saucy A.-G. & Cosson J.-F. 1998: Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe. – Molecular Ecology 7: 453–464.
- Vadas J. 1898: Erdőműveléstan. – Országos Erdészeti Egyesület, Budapest, 711 pp.

- Varga Z. 2010: Extra-Mediterranean refugia, post-glacial vegetation history and area dynamics in Eastern Central Europe. In: Habel J.C. & Assmann T. (eds.): Relict Species: Phylogeography and Conservation Biology. – Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 57–87.
- Varga Z. 2019: Biogeográfia: Az élet földrajza. – PARS Kft., Nagykovácsi, 610 pp.
- von Wühlisch G. & Alia R. (eds.) 2011: Genetic resources of European beech (*Fagus sylvatica* L) for sustainable forestry. – Monografias INIA, Ser. Forestal 22., Madrid, 148 pp.
- Vornam B., Decarli N. & Gailing O. 2004. Spatial distribution of genetic variation in a natural beech stand (*Fagus sylvatica* L.) based on microsatellite markers. – Conservation Genetics 5: 561–570.
- Westergren M., Kavaliauskas D., Alizoti P., Bajc M., Aravanopoulos F.A. ... Kraigher H. 2020: Guidelines for genetic monitoring of European beech (*Fagus sylvatica* L.). In: Aravanopoulos F., Westergren M., Fussi B., Kavaliauskas D. ... Kraigher H. (eds.): Manual for forest genetic monitoring. – Slovenian Forestry Institute 167: 179–194
- Zádrapová D., Korecký J., Dvořák J., Faltinová S. & Bílý J. 2020: Microsatellite analysis of genetic diversity in Czech populations of European beech (*Fagus sylvatica* L.). – Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimus 73: 64–76.



1.4.-13. ábra. Gyökérsérülés esetén járulékos gyökérsarjak képződhetnek. A képen „koravén”, időskori stádiumú sarjak virágoznak (Fotó: Grédics Szilárd)



1.4.-14. ábra. Az 1995-ös nemzetközi bükk származási kísérletsorozat helyszíne Firenze mellett, 13 éves korban (Fotó: Mátyás Csaba)

1.5. A bükk kémiai sajátosságai

Fatest, kéreg, levél: kémiai komponensek és paraméterek

Hofmann Tamás

A bükk kémiai összetételének tárgyalásánál megkülönböztetünk elemi összetételt, valamint molekuláris összetételt. Az elemi összetétel az ásványianyag-tartalomról ad információt. A bükk szíjács, álgeszt, kéreg és a levélzet fontosabb elemi összetevőit az 1.5.-1. táblázat tartalmazza.

1.5.-1. táblázat. A szíjács, álgeszt, kéreg és a levél fontosabb ásványianyag-összetevői száraz faanyagra vonatkoztatva (n/a = nincs adat)

	N mg/g	P mg/g	S mg/g	Ca mg/g	K mg/g	Mg mg/g	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Mo mg/kg	Al mg/kg
Szíjács	1,0	0,1	0,6	1,4	0,6	0,6	26,1	62,4	4,6	1,2	5,1	26,2
Álgeszt	0,9	0,1	0,6	1,7	0,7	0,6	35,6	56,5	4,9	1,3	4,7	27,6
Kéreg	6,1	0,4	0,8	21,5	3,9	0,7	181,0	1030	8,8	3,2	n/a	8,9
Levél	19,9	1,1	1,4	10,3	7,9	1,2	90,1	380,1	27,5	7,1	n/a	78,7

Más fafajokhoz hasonlóan az ásványi anyagok mennyisége a levél>kéreg>faanyag irányban csökken. A makroelemek (N, P, S, Ca, K) fehérjék és biomolekulák építőkövei, a mikroelemek (Fe, Mn, Zn stb.) enzimek kofaktorai, élettani folyamatokban játszanak szerepet. Az elemtartalom jelentősen változhat az életkortól, egészségi állapottól, a termőhelytől és a környezeti hatásoktól függően. Elsősorban a különböző levélminták (Salehi et al. 2020) és kéregminták (Long et al. 2023) elemtartalmában mérhetőek jelentős ingadozások. A nehézfémekről (Hg, Cd, Pb stb.) a táblázat nem tartalmaz adatokat, mivel ezek elsősorban antropogén forrásból származnak mennyiségük nem a fajra jellemző érték. A szíjács és az álgeszt elemi összetétele között szignifikáns különbség van, az álgeszt magasabb Ca- és alacsonyabb P-tartalmú (Albert et al. 1998a). A bükkösök dendromasszájának tápelem-tartalma részleteivel az 1.3. fejezet »Tápelem-készlet és -forgalom« alfejezete foglalkozik.

A molekuláris összetétel az egyes szövetek, morfológiai egységek (szíjács, álgeszt, kéreg, levél stb.) makroszerkezetével, valamint biológiai, erdészeti és faipari vonatkozásaival van összefüggésben. Szeretlen és szerves vegyületek alkotják. A szeretlen részt hamuanyagok formájában határozzák meg, a szervesanyag rész szerkezeti (cellulóz, hemicellulóz, lignin) és extraktanyagokat tartalmaz. Az extrakt- vagy járulékos anyagok mennyisége lényegesen kisebb, mint a szerkezeti anyagoké. Fontosságukat bizonyítja, hogy részt vesznek élettani és anyagcsere folyamatokban, meghatározzák a színt, az illatot és a kémhatást, befolyásolják a stressz toleranciát és a faanyag számos technológiai tulajdonságát, mint tartósság, ragaszthatóság. Mérgező vagy jótékony élettani hatásokkal rendelkezhetnek. Az 1.5.-2. táblázat összegzi a bükk fatest egyes szöveteinek kémiai felépítését és pH-ját.

1.5.-2. táblázat. A bükk fatest főbb kémiai jellemzői száraz faanyagra vonatkoztatva (n/a = nincs adat)

	Cellulóz (%)	Hemicellulóz (%)	Klason lignin (%)	Összes extrakt (%)	Hamu (%)	pH
Szíjács	43–50	29–32	17–23	1–3	0,2–0,5	5,2–5,5
Álgeszt	41–43	30–34	19–22	1–2	0,2–0,5	5,8–6,0
Juvenilis fa	43	24	29	3–4	n/a	n/a
Kéreg	26–30	26–31	24–40	5–15	3–7	n/a
Levél	25–29	5–15	17–20	20–30	5–15	n/a

A szijács szerkezeti anyagainak összetétele más lombosfákéhoz viszonyítva átlagos (Molnár 2004): 43–50% cellulózt, 17–23% lignint, 29–32% hemicellulózt tartalmaz (Bodirlau et al. 2008). A hemicellulóz frakció elsősorban glükuron-xilánokból, kisebb részben glükomannánokból épül fel. A bükk hemicellulózok acetyl-csoport tartalma igen magas, a cukoregységek 50–70%-a acetilezett, ez a faanyag gőzölésénél (Nemeth et al. 2016) és termikus modifikációjánál jelentős ecetsav felszabadulást eredményez (Hofmann et al. 2013). A juvenilis fában a lignin tartalom lényegesen nagyobb (29%), a szerkezeti szénhidrát-tartalom kisebb, mint a szijácsban (Akgül & Tozluoglu 2009). A kéreg cellulóz tartalma kisebb, lignin tartalma nagyobb, mint a szijácsé, a hemicellulóz tartalma hasonló (Özgenç et al. 2017; Brózdowski et al. 2018). A levélben elsősorban az extraktanyagok és a hamuanyagok dominálnak, a szerkezeti polimerek mennyisége kisebb, mint a fatest többi szövetéi (Sariyildiz & Anderson 2005). Az álgeszt a szijácshoz hasonló, vagy annál 1–2%-kal nagyobb lignin- és hemicellulóz- és 1%-kal kisebb cellulóz tartalommal rendelkezik (Dzurenda et al. 2023).

A bükk szövetek kémiai sajátágaiban a legjellegzetesebb különbség a hamu- és az összes extraktanyag mennyiségében és összetételében van. A legmagasabb hamutartalom a levélben mérhető. A bükk kéreg hamutartalma kisebb, mint a levélé, de más fajok kérgéhez képest kiemelkedően magas (Kamperidou et al. 2018). A fatest többi részének alacsony a hamutartalma. Az álgeszt magasabb pH-val és alacsonyabb savtartalommal jellemezhető, mint a nem álgesztes faanyag.

Az összes extraktanyag tartalom a vízben- és a szerves oldószerek sorozatában (ciklohexán, dietil-éter, metil-alkohol) oldható járulékos anyagok mennyiségének összessége. A legfontosabb vízoldható extraktanyagok a polifenolok, cukrok, karbonsavak és alkoholok, a nem-vízoldható anyagok közé tartoznak a szterolszármazékok, zsírok, viaszok és illékony terpénszármazékok. A bükk szijács extraktanyag tartalma más fákhoz képest alacsony (Nemeth 1997; Molnár 2004). Az extraktanyagok nagyobb része vízoldható típusú, ezek közül a legjelentősebbek a cukrok, a cukoralkoholok, a cukorsavak és a polifenolok (Vek et al. 2016; Hofmann et al. 2015a, b). Nem-vízoldható a telített- és telítetlen zsírsav, a zsíralkohol és a szterol tartalom. Hasonlóan a tűlevelű fajokhoz, a bükk juvenilis faanyagának összes extraktanyag tartalma mintegy 2-3%-kal magasabb, mint az érettfáé (Akgül & Tozluoglu 2009), ami a korai növekedés eltérő biokémia folyamataival magyarázható. A kéreg extraktanyag tartalma kiemelkedően magas, elsősorban polifenolos vegyületek alkotják, melyek a védekezésben vesznek részt (Hofmann et al. 2015b). A levelek extraktanyag profilja rendkívül összetett: jelentős mennyiségben tartalmaz polifenolokat, cukrokat, illékony szerves vegyületeket (Cadahía et al. 2015; Hofmann et al. 2017a), ezek minősége és mennyisége szezonálisan is jelentősen változik (Tálos-Nebehaj et al. 2017) az aktuális élettani folyamatoknak megfelelően. Az álgeszt összes extraktanyag tartalma kisebb, mint a szijácsé, de a szijácsnál nagyobb mennyiségben tartalmaz telített zsírsavakat, zsíralkoholokat, triterpén származékokat és nem-kioldható polifenolokat (Vek et al. 2015; Hofmann et al. 2022). A bükk főbb extraktanyagait az 1.5.-3. táblázat foglalja össze.

A fatest többi részének (gyökérszet, hajtás, makk stb.) kémiai összetételére vonatkozóan kevés adat áll rendelkezésre. A gyökérszet kémiai összetételét a tápanyagfelvétel és az elemek metabolizmusa szempontjából vizsgálták. Ezek a kutatások elsősorban a biotikus (Fleischmann et al. 2009) és abiotikus stressznek (pl. szárazság, emelt hőmérséklet, ózon hatás) kitett csemetéket célozták meg, mivel az eredmények az erdőgazdálkodásban hasznosulhatnak. Kimutatták, hogy a stressz hatására a hajszálgökerek tápanyag (N, P, fémek, szénhidrátok) koncentrációja csökken (Zang et al. 2021), változások következnek be a szénhidrát metabolizmusban (keményítő, cukrok) is. Mindezek jelentősen befolyásolják a gyökérszet hosszú távú széntároló képességét (Blessing et al. 2015).

A bükkmakk kémiai összetételének kutatása és hasznosítása elsősorban humán táplálkozási vonatkozásai miatt került előtérbe az utóbbi évtizedekben, mivel fehérje- (19%) és olajtartalma (13%) figyelemreméltó. Az olajtartalom legfontosabb összetevői a trigliceridek (94%), a szterolok (0,9%), a szabad zsírsavak (0,5%) és a foszfolipidek (0,7%) (Prasad & Gülz 1989). A glicerideket felépítő zsírsavak közül a leggyakrabban az olajsav, linolsav és palmitinsav fordulnak elő. A bükkmakk tokoferol (E-vitamin) tartalma 118 mg/100g olaj, ami a többi növényi olajhoz képest viszonylag magasnak számít. Szterolfrakciójában a szitoszterol dominál (Obranović et al. 2024).

1.5.-3. táblázat. A bükk különböző morfológiai egységeinek szerves-extraktanyag összetétele

	Szíjács	Álgeszt	Kéreg	Levél
Vízoldható	<i>Cukrok:</i> mono- és oligoszacharidok, keményítő. <i>Polifenolok:</i> katechinek, procianidinek (pentamerig), kvercetin-, taxifolin-, naringenin-, afzelechin-, izoramnetin-glikozidok, gallusszav vanillinsav, sziringinsav.	<i>Cukrok:</i> nyomokban. <i>Polifenolok:</i> szíjács polifenoljai nyomokban, nem-oldható polifenolok.	<i>Cukrok:</i> keményítő, cukoralkoholok, mono- és oligoszacharidok. <i>Polifenolok:</i> katechinek, procianidinek (pentamerig), kvercetin-, taxifolin-, glikozidok, gallusszav vanillinsav, sziringin, koniferin.	<i>Cukrok:</i> keményítő, cukoralkoholok, mono- és oligoszacharidok, cukorsavak. <i>Karbonsavak:</i> citromsav, aszkorbinsav, almasav, treonsav, aminosavak. <i>Polifenolok:</i> kvercetin-, kempferol-, apigenin-, naringenin- glikozidok, katechinek, procianidinek (oktamerig), kávésav, koniferin, klorogénsav, ferulasav, kumársav származékok.
Nem-vízoldható	<i>Zsírsavak:</i> palmitinsav, linolsav, olajsav, sztearinsav, behénsav. <i>Zsíralkoholok:</i> behénalkohol, tetrakozanol. <i>Terpének:</i> triterpének (szitoszterol, szitosztanol).	<i>Zsírsavak:</i> palmitinsav, linolsav, olajsav, sztearinsav, behénsav. <i>Zsíralkoholok:</i> behénalkohol, tetrakozanol. <i>Terpének:</i> triterpének (szitoszterol, szitosztanol).		<i>Zsírsavak:</i> linolsav, linolénsav, olajsav, sztearinsav. <i>Terpének:</i> diterpének (fitol), triterpének (szitoszterol).

Az álgesztesedés molekuláris folyamatai

Hofmann Tamás, Visiné Rajczy Eszter, Rétfalvi Tamás és Albert Levente

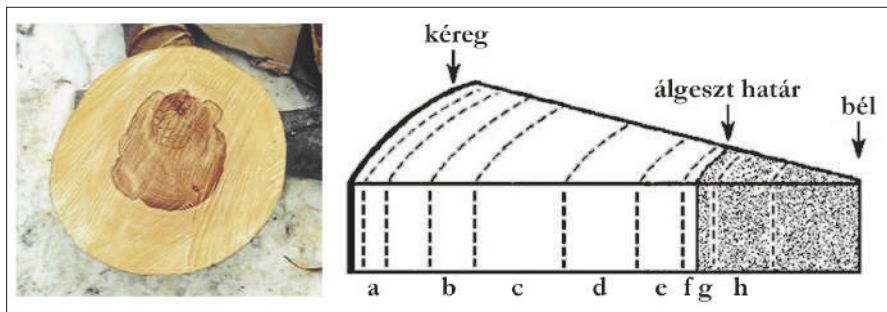
Az álgesztesedés a bükk legfontosabb szerkezeti és szín anomáliája, a fatest nagyméretű, szabálytalan alakú elszíneződése, ami nem követi az évgyűrűhatárokat. Erdészeti és gazdasági jelentősége miatt már több mint másfél évszázada a szakmai és tudományos érdeklődés egyik fontos területe (Ward 1889; Bittmann 1930). Az álgeszt kialakulását, tulajdonságait részletesen a 6.7. fejezet »A bükk álgesztesedése« alfejezete tárgyalja. Hajlamosító tényezőit széles körben kutatták, a legfontosabbaknak a törzsátmérő és a kor bizonyult (Tuzson 1903; Zell et al. 2004). A feltételezett kiváltó okok figyelembevételével modellezték is a folyamatot (Wernsdörfer 2006), egyértelmű kiváltó okait azonban nem sikerült felderíteni. Schwarz három csoportba sorolta a hajlamosító tényezőket: a faegyed jellegzetességei, erdészeti beavatkozások és környezeti paraméterek (Schwarz 1998). Az álgesztesedés visszaszorítására javasolt erdőművelési eljárások (Knocke 2002) nem vezettek a kívánt eredményre, az álgesztesedés egyre gyakoribb az állományok idősebb egyedeinél, elterjedésének a szélsőséges klimatikus jelenségek is kedveznek (Rumpf 1994; Bíró 2005; Varga et al. 2006; Antonucci 2021). Sachsse javaslatára négy álgeszt típust különböztetünk meg: vörös-, csillagos-, seb- és abnormális, vagy patológiás geszt (Sachsse 1991; Seeling 1998).

Az álgesztesedést ma fiziológiai folyamatnak tekintjük (Bosshard 1984). Fakultatív, összetett élettani folyamat, melyben mélyreható morfológiai, faanatómiai és biokémiai változások zajlanak (Dietrichs 1964). A folyamat első, „kiszáradási” szakaszában csökken a nedvességtartalom és a parenchima sejtek vitalitása (Nečesany 1958; Bosshard 1984), ami a vízszállító rendszer funkciójának gyengüléséhez vezet. A második, „pigmentációs” szakaszban levegő jut a törzs belsejébe (Zycha 1948), az oxigén elősegíti a tilliszek képződését (Hofmann 2006) és a vízszállító rendszer fokozatosan elveszti funkcióját. A szöveti matrix megváltozott

kémiai környezetében a színanyag keletkezéséhez vezető molekuláris folyamatok játszódnak le: a színhatáron megemelkedik a pH (Seeling 1991); folyamatos a keményítő és a kioldható szénhidrátok transzportja a határzóna felé (Magel & Höll 1993); az akkumulálódott kioldható szénhidrátok polifenolokká alakulnak (Bauch & Koch 2001); a megemelkedett pH-n a polifenolokból oxidatív, enzimkatalizált polimerizációs reakciókban nagymolekulájú színes anyagok keletkeznek (Seeling & Sachsse 1992), melyek az axiális és radiális parenchima sejtek falára adkrusztáló anyagként rakódnak le (Baum & Bariska 2002). Az egész folyamat ismétlődő szakaszokban, kisebb eltérésekkel valósul meg, ez okozza az inhomogén színt.

Az egészséges és álgesztes bükk faanyag tulajdonságai között alig van különbség, az álgeszt elsősorban esztétikai hibának tekinthető (Molnár et al. 2001; Dzurenda et al. 2023), ennek ellenére a heterogén és instabil szín beszűkíti az álgesztes faanyag felhasználási területeit és kereskedelmi értékét jelentősen csökkenti. Ezen a 2000-es évek erős marketingje sem tudott jelentősen változtatni (Wagemann 2001). A hozzáadott érték növelése volt a célja az Európai Unió nemzetközi programjának is (Innovation for Beech 2004–2007). A színtartósságra és színhomogenizálásra tett kísérletek csak részleges eredményre vezettek (Tolvaj et al. 2001). Az álgeszt roncsolásmentes vizsgálati módszerekkel kimutatható, de az eljárások laboratóriumi körülmények között költségesek, terepi viszonyok között korlátozottak és nehezen kivitelezhetők (Göntz 2018). Az álgesztes bükk faanyag hasznosítási lehetőségeit a 6.7. fejezet »A fehér és az álgesztes bükk faipari célú felhasználása« alfejezete tárgyalja.

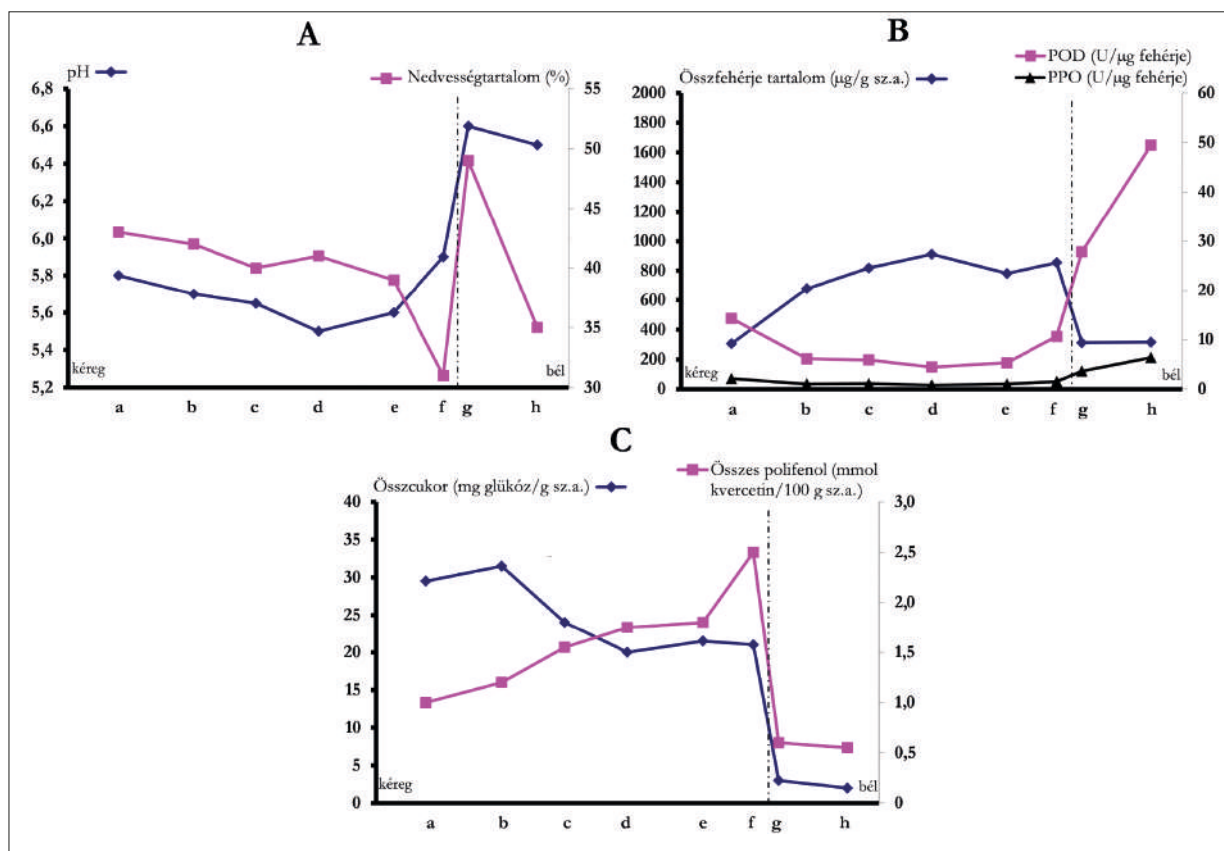
A nemzetközi vonatkozásban is új eredményt hozó hazai kutatások eredményeként sikerült nagyszámú, a folyamatban résztvevő kioldható szénhidrát és polifenol azonosítása; az oxidoreduktáz enzimek szerepének bizonyítása; a színanyag képződésének és szerkezetének azonosítása az álgesztes korongok sugár irányú vizsgálatával (1.5.-1. ábra).



1.5.-1. ábra. Mintavételi helyek az álgesztes korongok sugárirányú kémiai analíziséhez: a. külső szíjács; b. belső szíjács; c. átmeneti zóna; d. külső érett fa; e. belső érett fa; f. határzóna, fehér; g. határzóna, vörös; h. belső álgeszt

Az álgesztesedés folyamataiban a határzóna alacsonyabb nedvességtartalma (Hofmann 2006) és pH emelkedése (szíjács: $5,48 \pm 0,16$, álgeszt: $5,86 \pm 0,18$) feltétele az álgesztesedés biokémiai folyamatainak végebemene- teléhez (Albert et al. 1999). Az álgesztes bükkben a szabad-, kötött- és összes savtartalom a külső szíjácstól a színhatárig emel-

kedik, a színhatár után szignifikánsan csökken (Albert et al. 1998b; Rétfalvi et al. 2004). Az álgeszt előtti faszövetekből szacharóz, glükóz, fruktóz, raffinóz, sztachióz és maltóz mutatható ki, az álgesztben a cukrok csak nyomokban fordulnak elő (Albert et al. 2002; Visi-Rajczi et al. 2003). A polifenolok összkoncentrációja a szíjácstól a határzónáig lassan emelkedik, a határzónában sokszor (de nem mindig) ugrásszerű megemelkedés tapasztalható, majd a színhatár után jelentősen csökken a koncentráció (Albert et al. 2003; Hofmann et al. 2004, 2022). A radiális polifenol koncentráció növekedés és a kioldható szénhidrát koncentráció csökkenés összhangban van, ami arra utal, hogy a kioldható szénhidrátok a polifenolok prekursorai. A határzónában megemelkedik az összes enzim-fehérjetartalom is, ami intenzív élettani folyamatokra utal (Albert et al. 2002, 2005). A peroxidáz (POD) és a polifenol oxidáz (PPO) enzimek aktivitása a határzónában a legmagasabb és az álgeszt belsejében is jelentős marad, ellentétben a kötelező színes gesztesedéssel, ahol a gesztben nincs enzimaktivitás. Az álgeszt pH értékein ($\text{pH} > 6,1$) a PPO enzim fajlagosan aktívabb, mint a POD (Hofmann 2006). Az eredmények bizonyítják a két oxidoreduktáz enzim kiemelkedő szerepét az álgesztesedésben. Az álgesztesedés fontosabb molekuláris résztvevőinek és a faanyag jellemző paramétereinek a sugárirányú változásait az 1.5.-2. ábra mutatja.



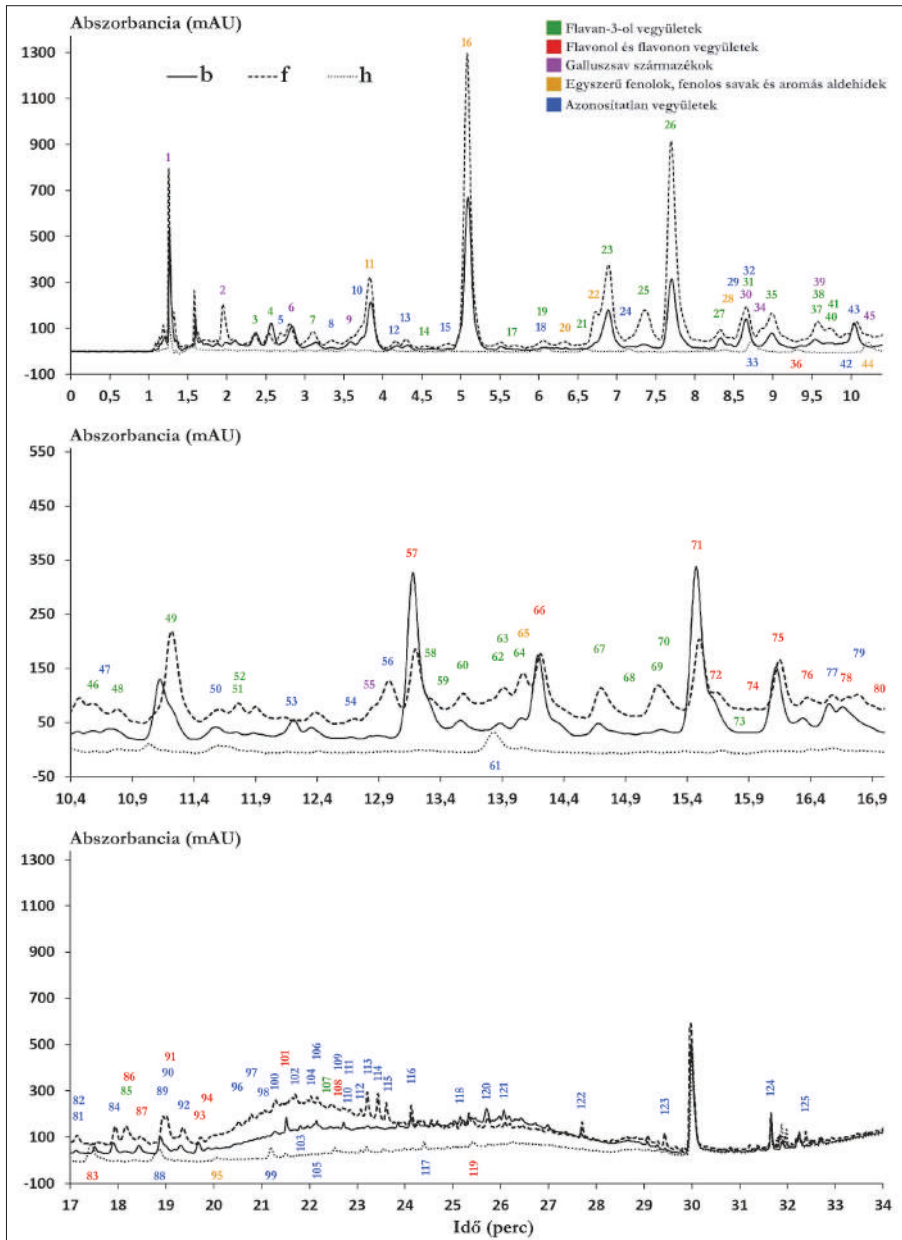
1.5.-2. ábra. Álgesztes bükk faanyag sugár irányú metszetének vizsgálata. A: a pH (kék) és nedvességtartalom (lila); B: az összes enzimfehérje tartalom (kék) és peroxidáz enzim (POD, lila) és polifenol-oxidáz enzim (PPO, fekete) enzimaktivitása; C: összes kioldható szénhidrát (kék) és polifenol tartalom (lila) változása. Az álgeszt határt pont-vonal jelzi. Az a-tól h-ig jelzett mintavételi helyeket az 1.5.-1. ábra mutatja

A színanyagok előanyagainak (prekurzorainak) vizsgálata során összesen 125 polifenolos vegyületet mutattak ki, 71-et azonosítottak a szijácsból, a határzónából és az álgesztes faanyagból (Hofmann et al. 2022). Több polifenol koncentrációja megemelkedik a színhatáron az *in situ* polifenol-szintézis eredményeként. A legtöbb polifenol koncentrációja a színhatár után erősen csökken. Az alkalmazott mérési módszerekkel az álgesztből csak szabad polifenolokat mutattak ki, nagymolekulájú oxidált polifenol-polimereket nem (Hofmann et al. 2022). Az 1.5.-3. ábra az álgesztes bükk b, f és h szöveteiben lévő polifenolos vegyületek folyadékromatográfiás/tandem tömegspektrometriás elválasztását és azonosítását mutatja. Az álgesztes színanyag részletes tömegspektrometriás analízise során megállapították, hogy az álgeszt színanyagainak egy része valószínűleg katechin származékok nagy molekulatömegű oxidált származéka, melyek semleges oldószerrel nem oldhatók ki és a sejtfal szerkezetébe beépülnek; a másik részét kis molekulatömegű, a szijácsból felhalmozódott, oxidatív át nem alakult polifenolok alkotják (kvercetin, taxifolin, naringenin, izoramnetin) (Hofmann et al. 2022).

Az álgeszt-színanyag laboratóriumi körülmények közötti (*in vitro*) előállításánál során (vizsgálva az enzimek jelenlétében és hiányában, adott pH-n és prekurzorok mellett megvalósuló reakciókat) megállapították, hogy a megfelelő pH-n, az oxigén, a polifenol prekurzorok, a POD és a PPO bukkenzimiek egyidejű jelenlétében színanyag keletkezik. Ha minden egyéb feltétel adott, a reakciók enzimek nélkül is végbemennek, de sokkal lassabban (Hofmann et al. 2008).

Az álgesztesedés folyamatainak különböző magassági szinten történő vizsgálata (egy álgesztes törzs 17 magassági szintjén) kimutatta, hogy kilenc szinten – az előző megállapításokkal megegyezően – az összes cukor koncentráció csökken a kéregtől a belső érettfá szövetekig, emelkedik a tranzicionális zónában és

drámaian csökken a külső álgesztben. Nyolc szinten ettől kismértékben eltérő megoszlást tapasztalható, de a külső álgesztben ezeken a szinteken is koncentráció csökkenést mérhető. Nem csak a radiális megoszlás, hanem a kioldható szénhidrátok összkoncentrációja is magasságfüggő: magas a törzs alsó és felső szakaszában és alacsony a középső szakaszban (Visi-Rajczi et al. 2003, 2022; Visiné Rajczi 2008). A pH és a savtartalmak magasságszerinti változásaiban egyértelmű tendencia nem állapítható meg; a fenolos komponensek minden magassági szinten folyamatosan akkumulálódnak a kéregtől a színhatárig; a totálfenol tartalom a színhatár előtt éri el a maximumot, az álgesztthár után drámaian csökken (Hofmann 2006). Az összpolicfenol és az összes kioldható szénhidrát koncentrációk magasságszerinti vizsgálata azt bizonyítja, hogy kis különbségek vannak, de az álgeszttesedés molekuláris folyamatainak meghatározó lépései minden szinten azonosak.



1.5.-3. ábra. Polifenolos vegyületek elválasztása és azonosítása. HPLC-MS készülékkel kapott kromatogramok álgeszttes bükk sugár irányú metszeteiben, a szíjács (b), a határvonal (f) és az álgeszt (h) szövetekben. A vegyületek elnevezését Hofmann et al. (2022) tartalmazza

A bükk klimatikus alkalmazkodóképességének lehetséges kémiai indikátorai

Hofmann Tamás, Albert Levente és Visiné Rajczi Eszter

A bükk klímaváltozásra adott válaszreakciói különböző klimatikus környezetből származó populációk azonos környezetbe való áttelepítésével követhetők (lásd az 1.4. fejezet »A bükk fenotípusos változatossága származási kísérletekben« alfejezetét). Az új környezethez való alkalmazkodási potenciált (az eredeti származási hely klímája szerinti) genetikai alkalmazkodottság határozza meg, ezért a telepített populációk az őket ért különböző stresszhatásokra eltérő válaszokat adnak. A stresszfaktorok túlnyomó többsége oxidatív stresszt vált ki, amely a prooxidánsok és az antioxidánsok közt fellépő, a prooxidánsok javára történő egyensúly-eltolódás (Sies 1991). Válaszként az oxidatív stresszre a növény aktiválja a reaktív oxigénformákat elimináló enzimes és nem-enzimes antioxidáns rendszereit. A glutation rendszer (Tausz et al. 2004) és más specifikus stressz fehérjék, az oxidázenzimek, illetve izoenzimjeik, és egyes polifenolok minőségi és mennyiségi spektrumainak változásai közvetve jellemzik a növényi stresszt. Ezek az élettani markerek (biomarker) lehetővé teszik az alkalmazkodó képesség kémiai/biokémiai úton történő követését. Ennek vizsgálatára az ún. „származási kísérletek” vagy közös tenyészkerteri kísérletek szolgálnak lehetőséget (Kebert et al. 2024).

A Soproni Egyetem kutatói több éven át vizsgálták a bucsutai közös tenyészkerterben kiválasztott hat bükk származás (Farchau (D), Pidkamin (UA), Torup (S), Gråsten (DK), Bánokszentgyörgy (H), Magyaregregy (H)) csemetéiről vett levelek enzimes és nem-enzimes antioxidáns rendszereit (Visi-Rajczi et al. 2021). A vizsgált bükkgyedek eredeti termőhelyükön mérsékelt kontinentális (Bánokszentgyörgy, Magyaregregy), szélsőségesen kontinentális (Pidkamin), vagy atlanti klíma hatása alatt álltak (Farchau, Torup, Gråsten). A származások ABTS (2,2'-azino-di-(3-etilbenzotiazolin)-6-szulfonsav) antioxidáns kapacitása átfogó képet ad az oxidatív stresszről (Hassan et al. 2017). Az átlagos mellmagassági átmérő alapján leggyengébb növekedéssel jellemezhető származások ABTS antioxidáns kapacitása kiemelkedően magas, a jó teljesítményűeké alacsony (1.5.-4. táblázat).

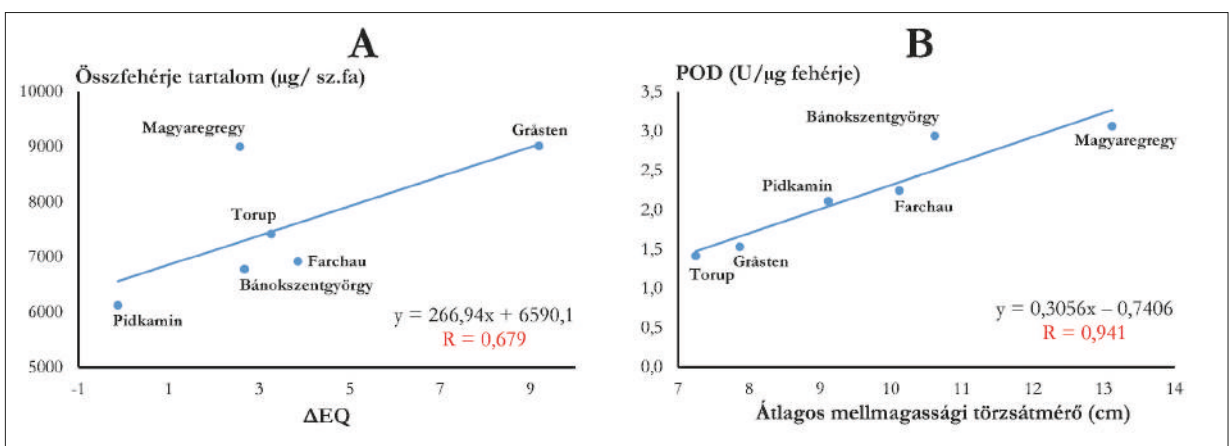
1.5.-4. táblázat. Átlagos törzsátmérő (cm), ABTS (2,2'-azinodi-(3-etilbenzotiazolin)-6-szulfonsav gyök reakcióján alapuló antioxidáns kapacitás, mg trolox/g sz.a) és Ellenberg-index (EQ) a vizsgált származások esetében. Az eredmények: átlag ± szórás. A $p < 0,01$ szinten lévő szignifikáns különbségeket ($n=8$) egy adott sorban különböző kisbetűs kivevők jelölik

	Származások					
	Farchau (D)	Pidkamin (UA)	Torup (S)	Bánokszentgyörgy (H)	Magyaregregy (H)	Gråsten (DK)
ABTS	120,7 ± 49,7 ^a	155,8 ± 27,9 ^a	202,1 ± 33,2 ^{ab}	163,5 ± 78,7 ^a	178,2 ± 54,9 ^a	296,2 ± 84,4 ^b
Átl. törzsátmérő	6,4 ± 2,5 ^a	7,4 ± 1,7 ^{ab}	5,1 ± 2,2 ^a	8,6 ± 2,8 ^{ab}	11,4 ± 4,6 ^b	5,6 ± 1,7 ^a
EQ	25,59	29,58	26,18	26,77	26,87	20,26

Összehasonlították a különböző származások leveleinek összfehérje-tartalmát, valamint peroxidáz (POD) enzim aktivitását. Az összfehérje-tartalom arányos a levélzimek mennyiségével (Bradford 1976), meghatározása szükséges az enzimaktivitások kiszámításához (U/μg fehérje) is. A POD enzim bizonyítottan részt vesz a növények stressz folyamatokkal szembeni védekezési mechanizmusában (Albert et al. 2002), a bükk esetében is indikátora a klímához való alkalmazkodásnak (Puccinelli et al. 1998; Zolfaghari et al. 2010). A bükk levelekből 44 polifenolt azonosítottak (38-at név szerint) és kiválasztották közülük a leghatékonyabb polifenolos antioxidánsokat, amelyek kiemelt jelentőségűek a védekezési és adaptációs folyamatokban (Hofmann et al. 2017a). (A vonatkozó kromatogramot az 1.5.-7. ábra mutatja.) A leghatékonyabb antioxidáns levél polifenolok: kvercetin-O-hexozid 1 (35), kvercetin-O-hexozid 2 (37), koniferin származék

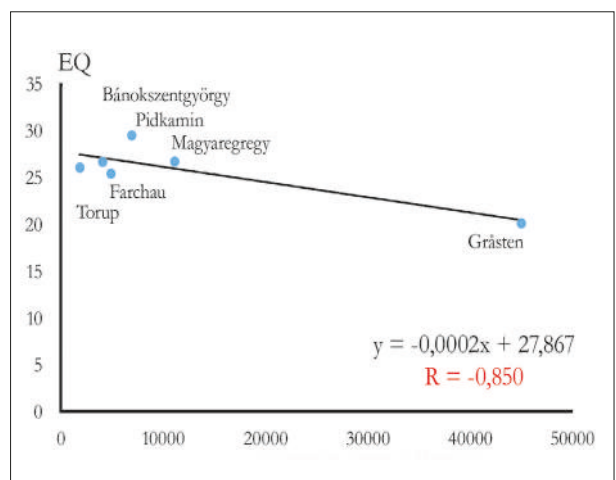
2 (40), (+)-katechin (11), (-)-epikatechin (20), kvercetin-O-pentozid (39), kávésav-O-hexozid (2), kempferol-O-hexozid 2 (41), procianidin B dimer 3 (15), procianidin C trimer 3 (14) és procianidin C trimer 4 (17).

Az antioxidáns rendszerek mérési eredményei korrelálnak a populációk eredeti klimatikus paraméterével, az Ellenberg-index-szel (EQ) és az ökológiai távolsággal (ΔEQ), valamint az átlagos átmérővel jellemzett növekedésükkel. Az 1.5-4a. ábra az ökológiai távolság (ΔEQ) változása és a származások összfehérje-tartalma közötti korrelációt szemlélteti. Az ökológiai távolság alkalmas a bükk alkalmazkodó-képessége, illetve az elszenvedett szárazsági stressz jellemzésére (Mátyás 1994; Czúcz et al. 2013). Az eredetileg melegebb és szárazabb klímához adaptálódott, stressztűrő származások (kisebb ΔEQ -val, pl. Pidkamin) alacsonyabb összfehérje tartalmúak, mint a hűvösebb és csapadékosabb klímához alkalmazkodottak (nagyobb ΔEQ -val, pl. Grästen). Szignifikáns pozitív kapcsolat ($p < 0,15$) van a származások POD enzim aktivitása és átlagos mellmagassági törzsátmérője között (1.5.-4b. ábra). A gyenge növekedésű és rossz megmaradású populációk (Grästen, Torup) POD enzim aktivitása alacsony, a jobb növekedésűeké (Magyaregregy, Bánokszentgyörgy) nagy.



1.5.-4. ábra. A: Korreláció az ökológiai távolság (ΔEQ) és a származások összfehérje-tartalma között (szignifikáns: $p < 0,15$); B: Korreláció az átlagos mellmagassági törzsátmérő és a peroxidáz enzim (POD) aktivitása között (szignifikáns: $p < 0,15$)

A származások polifenoljainak elválasztása során a kromatogramokban a csúcs alatti (a koncentrációval arányos) területek és az EQ értékek közötti szignifikáns negatív korrelációt ($p < 0,05$) állapítottak meg. Eszerint a nagyobb EQ -val rendelkező (melegebb és szárazabb klímából származó és előalkalmazkodott) bükk származások (pl. Pidkamin) kisebb koncentrációban tartalmaznak több, nagy antioxidáns hatékonyságú vegyületeket (pl. (+)-katechin, procianidin C trimer és procianidin B dimer), mivel kisebb stressz éri őket. A hűvösebb és csapadékosabb régiókból származó, alacsonyabb EQ -val rendelkezők (pl. Grästen) populációkat nagyobb stressz éri, erre adott válaszuk a nagyobb antioxidáns polifenol termelés (1.5-5. ábra). A vizsgált polifenolos összetevők közül egyik sem mutatott szignifikáns pozitív kapcsolatot ($p < 0,05$) az átlagos mellmagassági törzsátmérővel.



1.5.-5. ábra. Korreláció a procianidin C trimer 3 koncentráció (x tengely: kromatográfias csúcssterület) és az Ellenberg-index (EQ) között (szignifikancia: $p < 0,05$)

A kutatási eredmények azt bizonyítják, hogy az ABTS antioxidáns kapacitás, az összfehérje tartalom, a POD enzim aktivitás és az aktív polifenol vegyületek koncentrációja kémiai úton jelzi az alkalmazkodóképességet, annak indikátora lehet. A jól alkalmazkodó populációkat alacsonyabb ABTS antioxidáns kapacitás, kis polifenol koncentráció és összfehérje tartalom, valamint nagy POD enzim aktivitás jellemzi. A rossz alkalmazkodó képességű származásoknál mindez fordítva van. Ezek a megállapítások hasznosíthatók a klímaváltozás hatásainak előre jelzésénél és a klímatoleráns bükk szaporítóanyag jövőbeli kiválasztásánál.

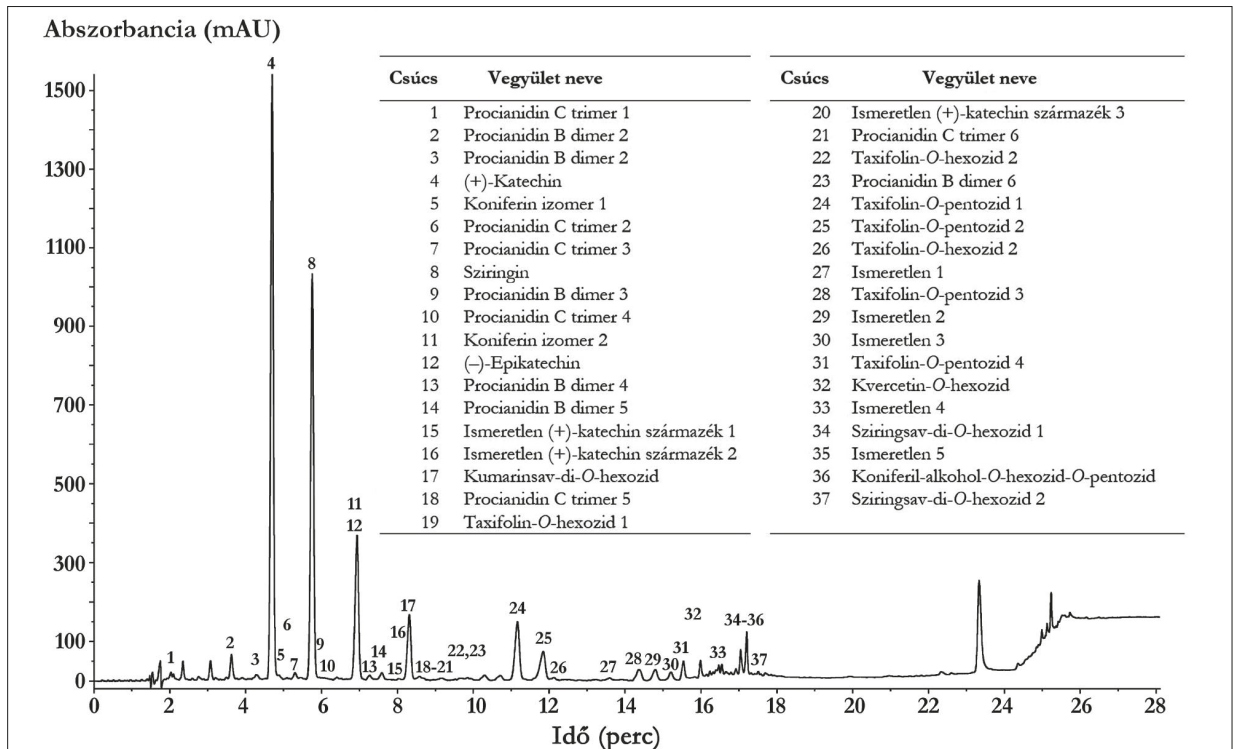
Antioxidáns polifenolok kinyerése és hasznosítása bükk szövetekből

Hofmann Tamás, Visiné Rajczy Eszter és Albert Levente

Az erdészeti és mezőgazdasági hulladék biomassza (pl. kéreg, levél, toboz, szilázs stb.) hasznosítása az elmúlt évtizedekben világszerte fontos kutatási témává vált, amit a környezetvédelmi előírások, a szűkülő természeti erőforrások és a növekvő alapanyagárak is indokolnak (Titus et al. 2021). Az erdészeti melléktermékek felhasználása és újrahasznosítása támogatja a körforgásos- és helyi gazdaságot, hozzájárul a fenntarthatósághoz, így a fenntartható erdőgazdálkodáshoz is (Hasegawa et al. 2022). Az értékesíthető biomassza mennyisége jelentős: egyedül a rönkfa feldolgozásából csak Európában évente 60–70 millió m³ kéreg keletkezik (ebből Magyarországon 500–600 ezer m³), ami számottevő potenciált jelent (Pásztor et al. 2016). A hasznosítás területei az energetika (Makk et al. 2017), a bioaktív vegyületek kinyerése (Verkasalo et al. 2022), a kompozit anyagok gyártása (Avci et al. 2018), a környezetvédelem (Hussain et al. 2019) és a nanotechnológia (Sutrisno et al. 2020). A mezőgazdasági hulladék biomasszából kinyerhető antioxidáns polifenol vegyületek (Hofmann et al. 2023) felhasználhatók természetes élelmiszer-adalékanyagként és színezékként (Tada et al. 2011), antibakteriális adalékként csomagolóanyagokban (Díez-Pascual 2020), természetes élelmiszer-tartósítóként (Raitanen et al. 2020), faanyagvédőszerként (Vek et al. 2020), valamint fém nanoszemcsék (Burlacu et al. 2019) és egészségügyi termékek összetevőinek előállításában (Häsler Gunnarsdottir et al. 2023). Az utóbbi két évtizedben a bükk törzs különböző részeinek antioxidáns, bioaktív vegyületeit (kiemelten a polifenolokat) és azok hasznosíthatóságát több hazai és nemzetközi kutatócsoport is vizsgálta, ami szintén igazolja a kutatás, fejlesztés és innováció fontosságát. A bükk kéreg antioxidánsainak kivonása során összevetették a különböző extrakciós módszerek hatékonyságát. Megállapították, hogy szobahőmérsékleten az etanolos oldószer használata előnyösebb, mint a metanolos és magas nyomáson és hőmérsékleten a víz az alkoholos elegyekhez hasonló hatékonyságú kivonószer (1.5.-5. táblázat), ami alapját képezheti „zöld” (szerves oldószer mentes), környezetbarát extrakciós módszerek kidolgozásának. Elsőként választották el és azonosították a bükk kéreg polifenoljait, és elsőként határozták meg a kéreg kivonatok antioxidáns kapacitását (Hofmann et al. 2015a). A bükk kéreg polifenoljainak kromatogramját az 1.5.-6. ábra mutatja.

1.5.-5. táblázat. Különböző oldószer elegyekkel, mikrohullámú extrakcióval kinyert bükk kéreg kivonatok antioxidáns kapacitás értékei (TPC: összes polifenol tartalom (mg kvercetin/g sz.a.); FRAP: vas(III)-redukálóképességen alapuló antioxidáns kapacitás (mg aszkorbinsav/g sz.a.); ABTS: 2,2'-azinodi-(3-etilbenzotiazolin)-6-szulfonsav gyök reakcióján alapuló antioxidáns kapacitás (mg trolox/g sz.a.); DPPH: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil gyök reakcióján alapuló antioxidáns kapacitás (IC50: az 50%-os inhibícióhoz tartozó koncentráció, µg extraktanyag/ml extraktum))

Oldószer	TPC	FRAP	ABTS	DPPH
Metanol:víz 80:20 v/v	58,1 ± 0,37	41,1 ± 2,83	166 ± 2,45	13,5 ± 1,43
Etanol:víz 80:20 v/v	65,2 ± 5,57	40,3 ± 2,81	139 ± 7,61	13,0 ± 0,51
Víz	57,7 ± 0,40	45,4 ± 2,73	166 ± 4,69	13,2 ± 1,38



1.5.-6. ábra. A bükk kéreg polifenoljainak elválasztása és azonosítása (HPLC-PDA kromatogram, 250–380 nm)

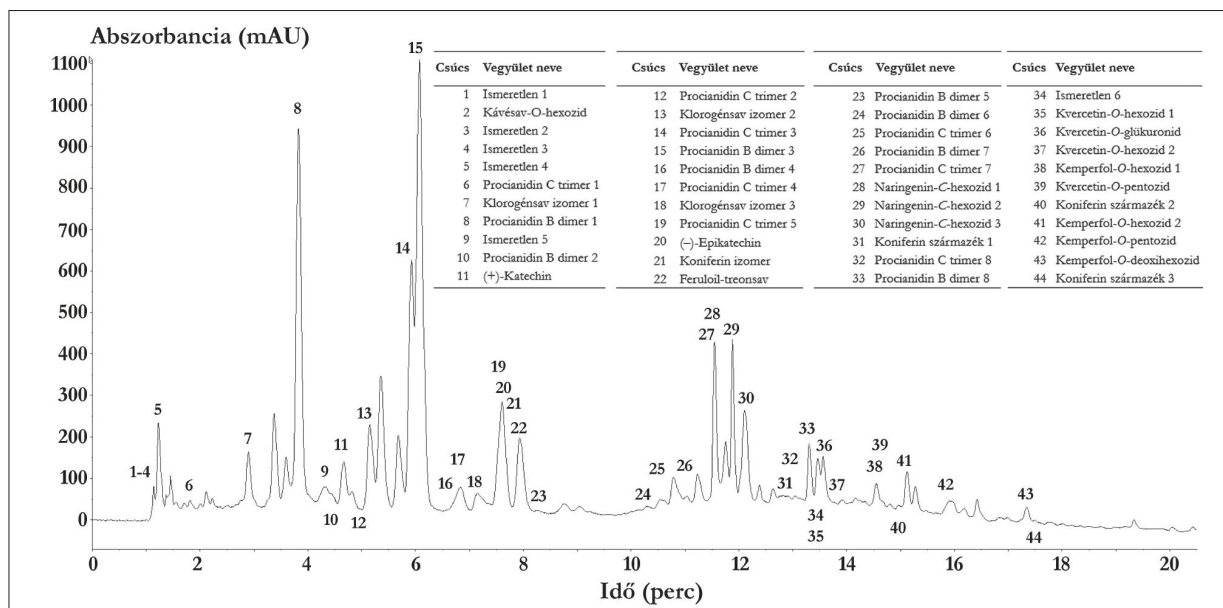
A legjelentősebb mennyiségben előforduló vegyületek a flavan-3-olok (katechinek, procianidinek), a flavonoid- (taxifolin és kvercetin) glikozidok, valamint az egyszerű fenol- (koniferil-alkohol, szinapil-alkohol) és fenolsav- (kumársav, sziringinsav) származékok (Hofmann et al. 2015b). Meghatározták az antioxidáns hatásért leginkább felelős vegyületeket is: (+)-katechin, procianidin B dimer 2, ismeretlen 5 és a (-)-epikatechin (Hofmann et al. 2017b). Ezek az eredményeik lehetővé teszik az extrakció célirányos optimalizálását.

A magas polifenol tartalmú bükkkéreg kivonatok több területen hasznosíthatók. Tănase és munkatársai bizonyították jelentős *in vitro* aktivitásukat baktériumtörzsekkel szemben, és mérhető alfa-glükózidáz inhíbeáló képességüket (Tănase et al. 2019a). Megállapították, hogy a bükk kivonatokkal kezelt citromfű magvak csírázóképesége, a csírázó növénykéek növekedése és klorofill tartalma szignifikánsan magasabb, mint a kontrol növénykéeké. A kivonatok hatására a szár lignifikációs folyamatai is felerősödnek (Tănase et al. 2019b).

A bükk levél antioxidáns polifenoljainak elválasztását és azonosítását az 1.5.-7.-ábra szemlélteti. A szerkezet azonosításával és az egyes vegyületek bioaktivitásának kutatásával lehetővé válik a bioaktivitást leginkább meghatározó vegyületekben gazdag kivonatok előállításának (Cadahía et al. 2015; Formato et al. 2021; Hofmann et al. 2017a, 2022; Visi-Rajczi et al. 2021).

A bükklevél kivonatokban található antioxidánsoknak (polifenolok, triterpén-glikozidok) jótékony élettani hatása van, felhasználják őket a népi gyógyászatban (lázcsillapító hatás, bőrbetegségek kezelése, emésztési és légzési panaszok kezelése), bizonyított antibakteriális és antiproliferatív hatásukat is (Pirvu et al. 2013; Formato et al. 2021).

A bükk és más magyarországi erdei fajok levelei antioxidáns tartalmának szezonális változásait az 1.5.-6. táblázat foglalja össze. A különböző (DPPH, FRAP, ABTS) módszerekkel meghatározott antioxidáns hatást egy kombinált pontrendszer segítségével összevetve megállapították, hogy a bükklevelek antioxidáns kapacitása átlagosnak mondható, a legmagasabb értékek (hasonlóan a többi fajhoz) kora ősszel mérhetők (Tálos-Nebehaj et al. 2017).



1.5.-7. ábra. A bükk levélpolyfenolok elválasztása és azonosítása (HPLC-PDA kromatogram, 250–380 nm)

1.5.-6. táblázat. Különböző fajok leveleinek pontrendszer alapján összesített antioxidáns kapacitása a FRAP (vas(III)-redukálóképességen alapuló antioxidáns kapacitás), ABTS (2,2'-azinodi-(3-etilbenzotiazolin)-6-szulfonsav gyök reakcióján alapuló antioxidáns kapacitás) és a DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil gyök reakcióján alapuló antioxidáns kapacitás) módszerek alapján, a május–szeptemberi időszakban. Maximális pontszám: 3

Fafaj	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember
Bükk	1,21	1,26	1,25	1,14	1,57
Gyertyán	2,65	2,59	2,54	2,85	2,48
Szelídgesztenye	2,50	2,41	1,87	2,50	2,53
Akác	1,30	1,14	1,30	0,52	1,41
Korai juhar	1,62	2,27	1,76	2,34	2,02
Molyhos tölgy	1,67	1,73	1,77	1,93	2,03
Csertölgy	2,68	2,32	1,99	2,44	2,27
Kocsányos tölgy	1,84	1,74	1,38	1,49	2,01
Kocsánytalan tölgy	1,94	1,65	1,79	1,74	2,32
Nyár	0,50	1,11	0,90	1,31	1,35
Erdeifenyő	0,50	0,58	0,44	0,18	0,42
Feketeenyő	0,90	1,27	1,32	1,25	1,09

A bükk szijács és álgeszt polyfenolok nagy felbontású kromatográfias elválasztását és az összetevők azonosítását az 1.5.-3. ábra szemlélteti (Hofmann et al. 2022). Bizonyított a bükk faanyag extraktumok antibakteriális hatása (Vek et al. 2013; Hosseinihashemi et al. 2016) és élesztőgombák általi lebonthatóságának papíripari hasznosíthatósága (Košíková et al. 2008). A bükk kéreg, levél és faanyag bioaktív polyfenol tartalmával kapcsolatos eredmények a tudományos megismerés jelentős bővítésén túl alapját képezhetik a hazai alapanyagokat felhasználó csomagolóanyagok, antibakteriális szerek és fém nanorészecskék kifejlesztésének.

Irodalom

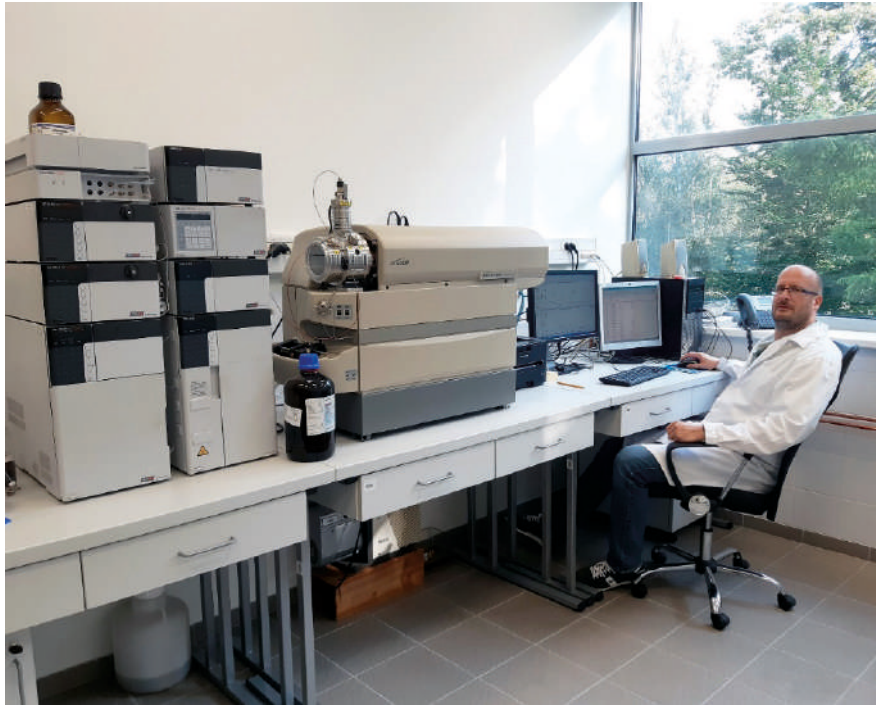
- Akgül M. & Tozluoglu A. 2009: Some chemical and morphological properties of juvenile woods from beech (*Fagus orientalis* L.) and pine (*Pinus nigra* A.) plantations. – Trends in Applied Sciences Research 4(2): 116–125.
- Albert L. 1999: A vörösgeszt bükk (*Fagus sylvatica* L.) faanyagának kémiai vizsgálata. – Habilitációs értekezés, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, pp. 37–53.
- Albert L., Hofmann T., Németh Zs. I., Rétfalvi T., Koloszar J., Varga Sz. & Csepregi I. 2003: Radial variation of total phenol content in beech (*Fagus sylvatica* L.) wood with and without red heartwood. – Holz als Roh- und Werkstoff 61(3): 227–230.
- Albert L., Hofmann T., Rétfalvi T., Németh Zs. I., Koloszar J., Varga Sz. & Csepregi I. 2005: A fenoloidok, a polifenol-oxidáz és a peroxidáz szerepe a bükkálgeszt kialakulásában. In: Solymos Rezső (szerk.): Erdő- és fagazdaságunk időszerű kérdései. – MTA Erdészeti Bizottságának Kiadványa, Budapest, pp. 161–176.
- Albert L., Hofmann T., Visi-Rajcz E., Rétfalvi T., Németh Zs. I., Koloszar J. & Csepregi I. 2002: Relationships Among Total Phenol and Soluble Carbohydrate Contents And Activities of Peroxidase and Polyphenol Oxidase in Red-Heartwooded Beech (*Fagus sylvatica* L.). – 7th European Workshop on Lignocellulosics and Pulp, Turku/Abo, Finland, Proceedings, pp. 253–256.
- Albert L., Németh Zs. I., Halász G., Bidló A., Koloszar J., Varga Sz. & Takács L. 1998a: Elterések a vörös gesztű bükk (*Fagus sylvatica* L.) faanyagának kémiai paramétereiben. – Faipar 46(1): 36–37.
- Albert L., Németh Zs. I., Halász G., Koloszar J., Varga Sz. & Takács L. 1998b: A szabad és kötött savtartalom sugárirányú változása a vörös gesztű bükk (*Fagus sylvatica* L.) faanyagában. – Faipar 46(2): 23–24.
- Albert L., Németh Zs. I., Halász G., Koloszar J., Varga Sz. & Takács L. 1999: Radial variation of pH and buffer capacity in the red-heartwooded beech (*Fagus sylvatica* L.) wood. – Holz als Roh- und Werkstoff 57: 75–76.
- Antonucci S., Santopuoli G., Marcetti G., Marchetti M., Tognetti R., Chiavetta U. & Garfi V. 2021: What Is Known About the Management of European Beech Forests Facing Climate Change? A Review. – Current Forestry Reports 7(4): 321–333.
- Avcı E., Acar M., Gonultas O. & Candan Z. 2018: Manufacturing Biocomposites Using Black Pine Bark and Oak Bark. – BioResources 13: 15–26.
- Bauch J. & Koch G. 2001: Biologische und chemische Untersuchungen über Holzverfärbungen der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) und Möglichkeiten. Final Report. – Bundesforschungsanstalt für Forstund Holzwirtschaft, Hamburgi Egyetem, 66 pp.
- Baum S. & Bariska M. 2002: Der falsche Kern: Buchenrotkern. – Holz-Zentralblatt 128: 633.
- Bíró B. 2005: A bükk álgeszttesedés vizsgálata a Somogyi Erdészeti és Faipari Részvénytársaság erdőállományaiban. – Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron.
- Bittmann O. 1930: „Frostkern” der Rotbuche. – Holzmarkt 22(135): 3–4.
- Blessing C.H., Werner R.A., Siegwolf R. & Buchmann N. 2015: Allocation dynamics of recently fixed carbon in beech saplings in response to increased temperatures and drought. – Tree Physiology 35(6): 585–598.
- Bodirlau R., Teaca C.A. & Spiridon I. 2008: Chemical modification of beech wood: effect on thermal stability. – BioResources 3(3): 789–800.
- Bosshard H.H. 1984: Holzkunde. Zur Biologie, Physik und Chemie des Holzes. – Birkhauser Verlag Basel/Stuttgart.
- Bradford M.M. 1976: A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. – Analytical Biochemistry 72: 248–254.
- Brózdowski J., Waliszewska B., Sieradzka A. & Spek A. 2018: Chemical composition of beech bark stripped and not stripped by animals. – Annals WULS – SGGW, Forestry and Wood Technology 104: 420–425.
- Burlacu E., Tănase C., Coman N.A. & Berta L. 2019: A Review of Bark-Extract-Mediated Green Synthesis of Metallic Nanoparticles and Their Applications. – Molecules 24: 4354.
- Cadahía E., Fernández De Simón B., Aranda I., Sanz M., Sánchez-Gómez D. & Pinto E. 2015: Non-targeted Metabolomic Profile of *Fagus Sylvatica* L. Leaves using Liquid Chromatography with Mass Spectrometry and Gas Chromatography with Mass Spectrometry. – Phytochemical Analysis 26(2): 171–182.
- Czucz B., Gálhidy L. & Mátyás Cs. 2013: A bükk és a kocsánytalan tölgy elterjedésének szárazsági határa. – Erdészettudományi Közlemények 3: 39–53.
- Dietrichs H. H. 1964: Studies of the chemistry and physiology of the transformation of sapwood into heartwood in *Fagus sylvatica* L. A contribution to the problem of heartwood formation. – Mitteilung Bundesforschungsanstalt f. Forst- und Holzwirtschaft 58: 141.

- Díez-Pascual A.M. 2020: Antimicrobial Polymer-Based Materials for Food Packaging Applications. – *Polymers* (Basel) 12: 731.
- Dzurenda L., Dudiak M. & Kučerová V. 2023: Differences in Some Physical and Chemical Properties of Beechwood with False Heartwood, Mature Wood and Sapwood. – *Forests* 14(6): 1123.
- Fleischmann F., Winkler J.B. & Oßwald W. 2009: Effects of ozone and *Phytophthora citricola* on non-structural carbohydrates of European beech (*Fagus sylvatica* L.) saplings. – *Plant and Soil* 323(1–2): 75–84.
- Formato M., Piccolella S., Zidorn C. & Pacifico S. 2021: UHPLC-HRMS Analysis of *Fagus sylvatica* (*Fagaceae*) Leaves: A Renewable Source of Antioxidant Polyphenols. – *Antioxidants* 10(7): 1140.
- Göntz B. 2018: Bükk álgeszt kimutatása elektromos mérés segítségével. – Doktori (PhD) értekezés, Soproni Egyetem, Sopron, pp. 35–41.
- Häsler Gunnarsdottir S., Sommerauer L., Schnabel T., Oostingh G.J. & Schuster A. 2023: Antioxidative and Antimicrobial Evaluation of Bark Extracts from Common European Trees in Light of Dermal Applications. – *Antibiotics* 12: 130.
- Hassan W., Noreen H., Rehman S., Gul S., Kamal M. A., Kamdem J.P., Zaman B. & da Rocha J.B.T. 2017: Oxidative Stress and Antioxidant Potential of One Hundred Medicinal Plants. – *Current Topics in Medical Chemistry* 17(12): 1336–1370.
- Hassegawa M., Van Brusselen J., Cramm M. & Verkerk P.J. 2022: Wood-Based Products in the Circular Bioeconomy: Status and Opportunities towards Environmental Sustainability. – *Land* 11: 2131.
- Hofmann T. 2006: A kémiai paraméterek szerepe a bükk (*Fagus sylvatica* L.) álgesztesedésében. – Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.
- Hofmann T., Albert L. & Rétfalvi T. 2004: Quantitative TLC analysis of (+)-catechin and (-)-epicatechin from *Fagus sylvatica* (L.) with and without red heartwood. – *Journal of Planar Chromatography* (17): 350–354.
- Hofmann T., Albert L., Rétfalvi T., Bányai- Stefanovits É., Visi-Rajczi E., Börcsök E., Németh Zs. I., Koloszar J., Varga Sz. & Csepregi I. 2002: A peroxidáz és polifenol-oxidáz enzimek aktivitásának sugárirányú vizsgálata álgesztes bükkben (*Fagus sylvatica* L.). In: Albert L. & Börcsök E. (szerk.): A Kémiai Intézet tudományos ülése. – Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Intézeti Kiadvány, Sopron, pp. 102–106.
- Hofmann T., Albert L., Retfalvi T., Visi-Rajczi E. & Brolly G. 2008: GTLC analysis of the in-vitro reaction of beech (*Fagus sylvatica* L.) wood enzyme extract with catechins. – *Journal of Planar Chromatography – Modern TLC* 21 (2): 83–88.
- Hofmann T., Albert L. & Visi-Rajczi E. 2023: Utilization of forestry by-products as a source of natural antioxidants from Hungarian forests. – *Chemical Engineering Transactions* 107: 667–672.
- Hofmann T., Guran R., Zitka O., Visi-Rajczi E. & Albert L. 2022: Liquid Chromatographic/Mass Spectrometric Study on the Role of Beech (*Fagus sylvatica* L.) Wood Polyphenols in Red Heartwood Formation. – *Forests* 13(1): 10.
- Hofmann T., Nebehaj E. & Albert L. 2015a: The high-performance liquid chromatography/multistage electrospray mass spectrometric investigation and extraction optimization of beech (*Fagus sylvatica* L.) bark polyphenols. – *Journal of Chromatography A* 1393: 96–105.
- Hofmann T., Nebehaj E., Stefanovits-Bányai É. & Albert L. 2015b: Antioxidant capacity and total phenol content of beech (*Fagus sylvatica* L.) bark extracts. – *Industrial Crops and Products* 77: 375–381.
- Hofmann T., Tólos-Nebehaj E. & Albert L. 2017a: Leaf Polyphenols as Indicators of Climatic Adaptation of Beech (*Fagus sylvatica* L.) – an HPLC-MS/MS via MRM Approach. – *International Labmate* 42 (3): 12–14.
- Hofmann T., Tólos-Nebehaj E., Albert L. & Németh L. 2017b: Antioxidant efficiency of Beech (*Fagus sylvatica* L.) bark polyphenols assessed by chemometric methods. – *Industrial Crops and Products* 108: 26–35.
- Hofmann T., Wetzig M., Rétfalvi T., Sieverts T., Bergemann H. & Niemz P. 2013: Heat-treatment with the vacuum-press dewatering method: Chemical properties of the manufactured wood and the condensation water. – *European Journal of Wood and Wood Products* 71(1): 121–127.
- Hosseinihashemi S.K., Salem M.Z.M., Hossein Ashrafi S.K. & Latibari A.J. 2016: Chemical Composition and Antioxidant Activity of Extract from the Wood of *Fagus orientalis*: Water Resistance and Decay Resistance against *Trametes versicolor*. – *BioResources* 11(2): 3890–3903.
- Hussain S., Ghouri A.S. & Ahmad A. 2019: Pine cone extract as natural coagulant for purification of turbid water. – *Heliyon* 5: e01420.
- Kamperidou V., Lykidis C. & Barmpoutis P. 2018: Utilization of wood and bark of fast-growing hardwood species in energy production. – *Journal of Forest Science* 64(4)1: 164–170.
- Kebert M., Stojnić S., Rašeta M., Kostić S., Vuksanović V., Ivanković M., Lanščak M. & Markić A.G. 2024: Variations in Proline Content, Polyamine Profiles, and Antioxidant Capacities among Different Provenances of European Beech (*Fagus sylvatica* L.). – *Antioxidants* 13(2): 227.

- Knoke T. 2002: Value of complete information on red heartwood formation in beech (*Fagus sylvatica*). – *Silva Fennica* 36(4): 841–851.
- Košíková B., Sláviková E. & Ka F. 2008: Biodegradability Of Extractives In Sound And Biologically Decayed Beech By Various Yeast Species. – *Wood Research* 53(3): 9–16.
- Long Q.-Q., Feng N., Gan H.-X., Zhang X., Han Y.-P. & Gu J. 2023: Study on origin traceability of amur cork-tree bark based on stable isotopes and multielements combined chemometrics. – *Industrial Crops and Products* 194: 116380.
- Magel E. & Höll W. 1993: Storage carbohydrates and adenine Nucleotides in trunks of *Fagus sylvatica* in relation to discoloured wood. – *Holzforschung* 47(1): 19–25.
- Makk Á.N., Rétfalvi T. & Hofmann T. 2017: Utilization of Oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) Bark for Anaerobic Digested Biogas Production. – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 13: 125–134.
- Mátyás Cs. 1994: Modelling climate change effects with provenance test data. – *Tree Physiology* 14: 797–804.
- Molnár S. 2004: Faanyagismeret. – *Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest*, 471 pp.
- Molnár S., Németh R., Fehér S., Apostol T., Tolvaj L., Papp Gy. & Varga F. 2001: Technical and technological properties of Hungarian beech wood considering the red heart. – *Drevársky Výskum* 46(1): 21–29.
- Nečesany V. 1958: The change of parenchymatic cells vitality and the physiological base for the formation of beech heart. – *Drevársky Výskum* 3: 15–26.
- Németh K. 1997: Faanyagkémia – *Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest*, 123 pp.
- Nemeth R., Hill C.A.S., Takats P. & Tolvaj L. 2016: Chemical changes of wood during steaming measured by IR spectroscopy. – *Wood Material Science & Engineering* 11(2): 95–101.
- Obranović, M., Kraljić K., Škevin D., Balbino S. & Tomljanović K. 2024: Chemical Profile of Cold-Pressed Beech Nut (*Fagus sylvatica* L.) Oil. – *Nutraceuticals* 4(1): 94–103.
- Özgenç Ö., Durmaz S. & Kuştaş S. 2017: Chemical analysis of tree barks using ATR-FTIR spectroscopy and conventional techniques. – *BioResources* 12(4): 9143–9151.
- Pásztor Z., Mohácsiné I.R., Gorbacheva G. & Börcsök Z. 2016: The Utilization of Tree Bark. – *BioResources* 11: 7859–7888.
- Pirvu L., Grigore A., Bubueanu C. & Draghici E. 2013: Comparative analytical and antioxidant activity studies on a series of *Fagus sylvatica* L. leaves extracts. – *Journal of Planar Chromatography – Modern TLC* 26(3): 237–242.
- Prasad R.B.N. & Gülz P.-G. 1989: Composition of Lipids of Beech (*Fagus sylvatica* L.) Seed Oil. – *Zeitschrift für Naturforschung C* 44(9–10): 735–738.
- Puccinelli P., Anselmi N. & Bragaloni M. 1998: Peroxidases: suitable markers of air pollution in trees from urban environments. – *Chemosphere* 36(4–5): 889–894.
- Raitanen J.-E., Järvenpää E., Korpinen R., Mäkinen S., Hellström J., Kilpeläinen P., Liimatainen J., Ora A., Tupasela T. & Jyske T. 2020: Tannins of Conifer Bark as Nordic Piquancy-Sustainable Preservative and Aroma? – *Molecules* 25: 567.
- Rétfalvi T., Hofmann T., Visi-Rajzsi E., Takács P., Albert L. & Markó G. 2004: The acidity of red-heartwooded beech and its effects on the mechanical features of the chipboard. – *Proceedings of the 8th European Workshop on Lignocellulosics and Pulp, Riga, Latvia*, pp. 547–550.
- Rumpf J. 1994: Bükk álgesztesedés vizsgálata a Zirci Erdészetnél. – *Kutatási jelentés, Erdészeti és Faipari Egyetem, Erdőhasználati Tanszék, Sopron*, pp. 35–56.
- Sachsse H. 1991: Kerntypen der Rotbuche. – *Forstarchiv* 62(6): 238–242.
- Salehi M., Walther L., Zimmermann S., Waldner P., Schmitt M., Schleppe P., Liechti K., Ahmadi M., Zahedi Amiri G., Brunner I. & Thimonier A. 2020: Leaf Morphological Traits and Leaf Nutrient Concentrations of European Beech Across a Water Availability Gradient in Switzerland. – *Frontiers in Forests and Global Change* 3: 19.
- Sariyildiz T. & Anderson J.M. 2005: Variation in the chemical composition of green leaves and leaf litters from three deciduous tree species growing on different soil types. – *Forest Ecology and Management* 210(1): 303–319.
- Schwarz C. 1998: Stand der Buchenrotkernforschung und Käuferansprüche an Buchenrundholz bei Auftreten von Rotkern. – *Diplomarbeit, Albert-Ludwigs Universität, Freiburg*, pp. 67–91.
- Seeling U. & Sachsse H. 1992: Abnorme Kernbildung bei Rotbuche und ihr Einfluss auf holzbiologische und holztechnologische Kenngrößen. – *Forst und Holz* 47(8): 210–217.
- Seeling U. 1991: Abnorme Kernbildung bei Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). – *Dissertation, G. A. Universität Göttingen*, 143 pp.
- Seeling U. 1998: Kerntypen im Holz – Konsequenzen für die Verwertung am Beispiel der Buche (*Fagus sylvatica* L.). – *Schweizerische Zeitung für Forstwesen* 149: 991–1004.
- Sies H. 1991: Oxidative stress: from basic research to clinical application. – *American Journal of Medicine* 91(3C): 31–38.

- Sutrisno, Alamsyah E.M., Syamsudin T.S., Purwasasmita B.S., Suzuki S. & Kobori H. 2020: The potential using of organic nanoparticles synthesized from Gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) wood bark as nanofiller of wood adhesive: physical, chemical and thermal properties. – *Journal of the Indian Academy of Wood Science* 17: 165–175.
- Tada A., Ishizuki K., Koyama A., Fukai T., Akiyama T., Yamazaki T. & Kawamura Y. 2011: Examination of original plant of mulberry bark extract, a natural food additive, based on composition of the constituents. – *Shokuhin Eiseigaku Zasshi* 52: 258–264.
- Tálos-Nebehaj E., Hofmann T. & Albert L. 2017: Seasonal changes of natural antioxidant content in the leaves of Hungarian forest trees. – *Industrial Crops and Products* 98: 53–59.
- Tănase C., Mocan A., Coșarcă S., Gavan A., Nicolescu A., Gheldiu A.M., Vodnar D.C., Muntean D.-L. & Crișan O. 2019a: Biological and Chemical Insights of Beech (*Fagus sylvatica* L.) Bark: A Source of Bioactive Compounds with Functional Properties. – *Antioxidants* 8(9): 417.
- Tănase C., Nișca A., Mirica A., Milan A. & Boz I. 2019b: Wood Bark as Valuable Raw Material for Compounds with a Bioregulator Effect in Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.) Plants. – *Applied Sciences* 9(15): 3148.
- Tausz M., Šircelej H. & Grill D. 2004: The glutathione system as a stress marker in plant ecophysiology: is a stress-response concept valid? – *Journal of Experimental Botany* 55(404): 1955–1962.
- Titus B.D., Brown K., Helmisaari H.S., Vanguelova E., Stupak I., Evans A., Clarke N., Guidi C., Bruckman V.J., Varnagiryte-Kabasinskiene I., Armolaitis K., de Vries W., Hirai K., Kaarakka L., Hogg K. & Reece P. 2021: Sustainable Forest biomass: a review of current residue harvesting guidelines. – *Energy, Sustainability and Society* 11: 10.
- Tolvaj L., Varga D., Molnár S. & Pál A. 2001: A gőzölés színváltoztató hatása fehér és színes gesztű bükk faanyag esetében. – *Faipar* 4: 11–12.
- Tuzson J. 1903: A közönséges bükk fájának egynemely tulajdonságairól. – *Erdészeti Kísérletek* 5(1–2): 1–14.
- Varga F-né., Varga F. & Hopp T. 2006: Bükk álgeszt vizsgálatok összefoglaló értékelése a Zalaerdő Rt. Bánokszentgyörgyi Erdészeténél. – *Erdészeti Lapok* 141(4): 110–113.
- Vek V., Balzano A., Poljanšek I., Humar M. & Oven P. 2020: Improving Fungal Decay Resistance of Less Durable Sapwood by Impregnation with Scots Pine Knotwood and Black Locust Heartwood Hydrophilic Extractives with Antifungal or Antioxidant Properties. – *Forests* 11: 1024.
- Vek V., Oven P. & Humar M. 2013: Phenolic extractives of wound-associated wood of beech and their fungicidal effect. – *International Biodeterioration & Biodegradation* 77: 91–97.
- Vek V., Oven P. & Poljanšek I. 2016: Review on Lipophilic and Hydrophilic Extractives in Tissues of Common Beech. – *Drvna Industrija* 67(1): 85–96.
- Vek V., Oven P., Poljanšek I. & Ters T. 2015: Contribution to understanding the occurrence of extractives in red heart of beech. – *BioResources* 10(1): 970–985.
- Verkasalo E., Roitto M., Möttönen V., Tanner J., Kumar A., Kilpeläinen P., Sikanen L. & Ilvesniemi H. 2022: Extractives of Tree Biomass of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) for Biorefining in Four Climatic Regions in Finland—Lipophilic Compounds, Stilbenes, and Lignans. – *Forests* 13: 779.
- Visiné Rajczy E. 2008: Bükk (*Fagus sylvatica* L.) extraktanyagok képződése, akkumulációja és megoszlása. – *Doktori értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron.*
- Visiné Rajczy E., Hofmann T. & Albert L. 2022: A kioldható szénhidrátok radiális és vertikális megoszlása álgeszt és álgesztmentes bükkben (*Fagus sylvatica* L.). Összefüggések a kioldható szénhidrát tartalom és az álgesztésedés között. – *Az Erdőmérnöki Kar Tudományos Kiadványa, Sopron, pp. 273–279.*
- Visi-Rajczy E., Albert L., Hofmann T., Sárdi É., Kolozsár J., Varga Sz. & Csepregi I. 2003: Storage and accumulation of nonstructural carbohydrates in trunks of *Fagus sylvatica* L. in relation to discoloured wood. – *Proceedings of the International Conference on Chemical Technology of Wood, Pulp and Paper, Bratislava, Slovak Republic, September 17–19, pp. 17–19.*
- Visi-Rajczy E., Hofmann T., Albert L. & Mátyás Cs. 2021: Tracing the acclimation of European beech (*Fagus sylvatica* L.) populations to climatic stress by analyzing the antioxidant system. – *Iforest – Biogeosciences and Forestry* 14(2): 95–103.
- Wagemann M. 2001: Vermarktungsoffensive Rotkernbuche. – *Allgemeine Forst Zeitschrift/Der Wald* 56: 1406–1407.
- Ward H.M. 1889: Beech-Wood. – *Nature* 39: 511–515.
- Wernsdörfer H. 2006: Analysing red heartwood in Beech (*Fagus sylvatica* L.) related to external tree characteristics – towards the modelling of its occurrence and shape at the individual tree level. – *Life Sciences [q-bio]. ENGREF (AgroParisTech).*
- Zang U., Goisser M., Meyer N., Häberle K.-H. & Borken W. 2021: Chemical and morphological response of beech saplings (*Fagus sylvatica* L.) to an experimental soil drought gradient. – *Forest Ecology and Management* 498: 119569.

- Zell J., Hanewinkel M. & Seeling U. 2004: Financial optimisation of target diameter harvest of European beech (*Fagus sylvatica*) considering the risk of decrease of timber quality due to red heartwood. – Forest Policy and Economics 6: 579–593.
- Zolfaghari R., Hosseini S.M. & Korori S.A.A. 2010: Relationship between peroxidase and catalase with metabolism and environmental factors in Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in three different elevations. – International Journal of Environmental Sciences 1: 243–252.
- Zycha H. 1948: Über die Kernbildung und verwandte Vorgänge im Holz der Rotbuche. – Forstwissenschaftliches Centralblatt 67(2): 80–109.



15.-8. ábra. Polifenolok vizsgálata HPLC-MS készülékkel (Fotó: Hofmann Eszter)



Fotó: Gergál-Gombási Mónika

2. A BÜKK A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN

2.1. A bükk posztglaciális elterjedéstörténete (<i>Zagyvai Gergely</i>)	142
A bükk elterjedése a holocén megelőzően	142
Refúgiumok az utolsó eljegesedés maximuma idején	143
A bükk terjedése a holocénben	143
2.2. A bükk és a bükkösök aktuális elterjedési területe (<i>Bartha Dénes és Zagyvai Gergely</i>)	147
Horizontális elterjedés	147
Vertikális megjelenés	148
A bükkösök elterjedési területe Európában	149
2.3. A bükk hazai előfordulása, erdészeti statisztikai adatai (<i>Tímár Gábor és Szomorad Ferenc</i>) ..	151
A bükk területfoglalása és területváltozásai a 20. században	151
A bükk és a bükkösök aktuális előfordulása	156
A bükk és a bükkösök korosztályviszonyai	159
2.4. Különleges bükk előfordulások Magyarországon (<i>Bartha Dénes, Szomorad Ferenc,</i> <i>Tímár Gábor és Zagyvai Gergely</i>)	161
Alföldi bükk előfordulások	161
Alacsony fekvésben elhelyezkedő bükk előfordulások hegy- és dombvidéken	163
Hegy- és dombvidéki különleges bükk előfordulások egyéb kritériumok alapján	163

2.1. A bükk posztglaciális elterjedéstörténete

Zagyvai Gergely

A bükk elterjedése a holocént megelőzően

A közönséges bükk posztglaciális terjedésének előzményeként célszerű áttekinteni, milyen elterjedési adatokkal rendelkezünk a bükk nemzetségre vonatkozóan a holocént megelőző időszakokból, kiemelten a pleisztocén glaciálisokból és interglaciálisokból. Európában négy negyedidőszaki eljegesedési periódus különböztethető meg, amelyekre eltérő neveket használ a szakirodalom. A történeti folyamatok könnyebb áttekinthetősége érdekében ezekre a glaciálisokra és a közbülső felmelegedéseket jelölő interglaciálisokra az Alpok tágabb térségében használatos elnevezések kerülnek alkalmazásra (Günz, Mindel, Riss, Würm), zárójelben feltüntetve az elterjedt nemzetközi szakirodalmakban használt elnevezéseket is. Az események időrendi tárgyalása során az évekhez illesztett BP (before present) jelölés a radiokarbonos kormeghatározás útján megállapított kor 1950-es esztendőttől történő visszaszámolására utal, az egyes adatoknál feltüntetett „cal.” rövidítés a kalibrált, modern módszerekkel pontosított kormeghatározásra utal.

A bükk nemzetség jelenléte Európában a negyedidőszakot megelőzően is igazolható (Denk et al. 2002). A pleisztocénbe visszanyúló európai pollen adatsorok azt mutatják, hogy az elmúlt 500 000 év mérsékelt klímaperiódusainak többségében a bükk mindig újra feltűnt, terjeszkedett, majd újra visszaszorult. Olaszország mai területén több erdőperiódusban domináns fafajjá vált és kimutatható a jelenléte az eljegesedés időszakaiból is (Magri et al. 2006).

Kelet-Anglia területéről a Günz–Mindel (Cromerian) (kb. 500 000 BP) interglaciális kései, mérsékelt éghajlatú szakaszából rendelkezünk alacsony bükk pollen sűrűségi értékekkel. Ezt követően szintén alacsony értékeket találtak a Mindel–Riss (Hoxnian) (kb. 424 000–374 000 BP) interglaciálisból, de hiányzik a bükk pollen erre a területre vonatkozóan a Riss–Würm (Ipswichian) (kb. 130 000–115 000 BP) interglaciálisból (Huntley & Birks 1983).

Írország területén találtak bükk kupacsmaradványokat a Mindel–Riss interglaciálisból (Gortian/Hoxnian) (Coxon 2016; Jessen et al. 1959). Ezek együttes előfordulása jegenyefenyő (*Abies*) és pontuszi havasszépe (*Rhododendron ponticum*) pollenével, valamint Bruckenthal-hanga (*Bruckenthalia spiculifolia*) makrofosszíliaival arra utal, hogy ezek az egykori erdők rokon vonásokat mutattak a jelenkori délkelet-európai keleti bükk (*Fagus orientalis*) erdőkkel (2.1.-1. ábra). A szóban forgó bükk taxon ebben az időben nagyobb eséllyel a keleti bükk volt és nem a közönséges bükk. Ezt a feltételezést alátámasztja a keleti bükk hasonló elterjedési mintázata más, az interglaciálisokban még szélesebb elterjedéssel rendelkező fa- és cserjefajokhoz (Huntley & Birks 1983).

A Riss–Würm interglaciális (Eem) időszakából származó rétegekből közepes pollen sűrűség értéket mutattak ki Kelet-Bulgáriában, a keleti bükk jelenlegi, jól körülhatárolható elterjedési területének északi részével megegyező területen (Božilova & Djankova 1976). Ebben az időszakban igen szórványos a bükk Kö-



2.1.-1. ábra. Keleti bükk (*Fagus orientalis*) uralta erdő rhododendronos cserjeszinttel Délkelet-Bulgáriában (Fotó: Korda Márton)

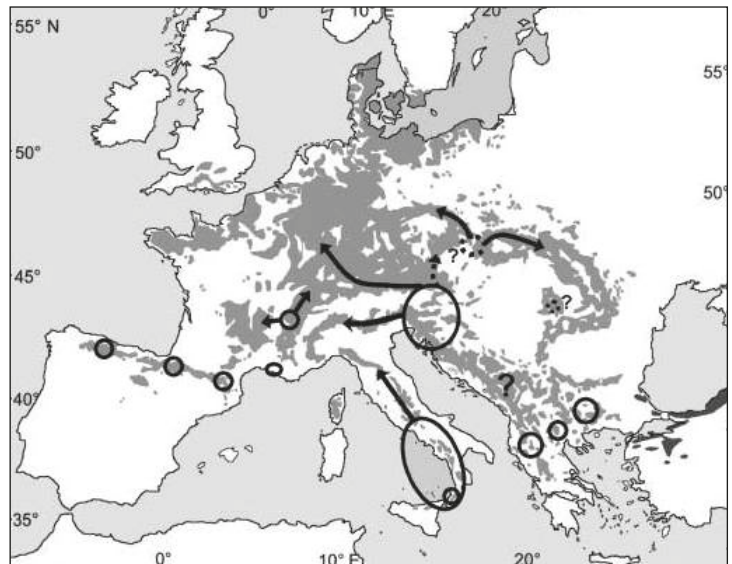
zép- és Nyugat-Európában, valamint hiányzik az Ibériai-félszigetről. A Riss–Würm interglaciális követő terjeszkedési időszak (kb. 105 000–95 000 BP) eredményeként a bükk aránya több európai régióban is jelentősen megnövekedett (Olaszország, Franciaország, Szlovénia, Északnyugat-Görögország) és alacsony értékekkel jelen volt Közép-Európában is (Magri et al. 2006).

Az utolsó glaciális (Würm) egyik interstadiálisából (37 000 BP) Kalábria területéről, 900 m-es magasságból, kiemelkedő pollen értékekkel rendelkezünk (Grüger 1977; Magri 1998). Ezek a magas értékek valószínűsítik, hogy új, nagyobb terjedőképességű taxonként, a közönséges bükk a Riss–Würm interglaciálisban (Eem) vagy nem sokkal ezt követően alakult ki Délkelet-Európában. Ez a faj jobban adaptálódott a glaciálisok hideg, száraz körülményeihez és ezt követően képes volt gyors terjeszkedésre az Appennini-félszigeten (Huntley & Birks 1983).

Komplex tényezők határozták meg a bükk viselkedését a negyedidőszakban. A korai interglaciálisok idején a bükk hasonlóan viselkedett, mint számos, az interglaciális ciklusba későn belépő, alacsony pollenértéket mutató harmadidőszaki reliktum taxon (pl. *Pterocarya*, *Tsuga*).

Refúgiumok az utolsó eljegesedés maximuma idején

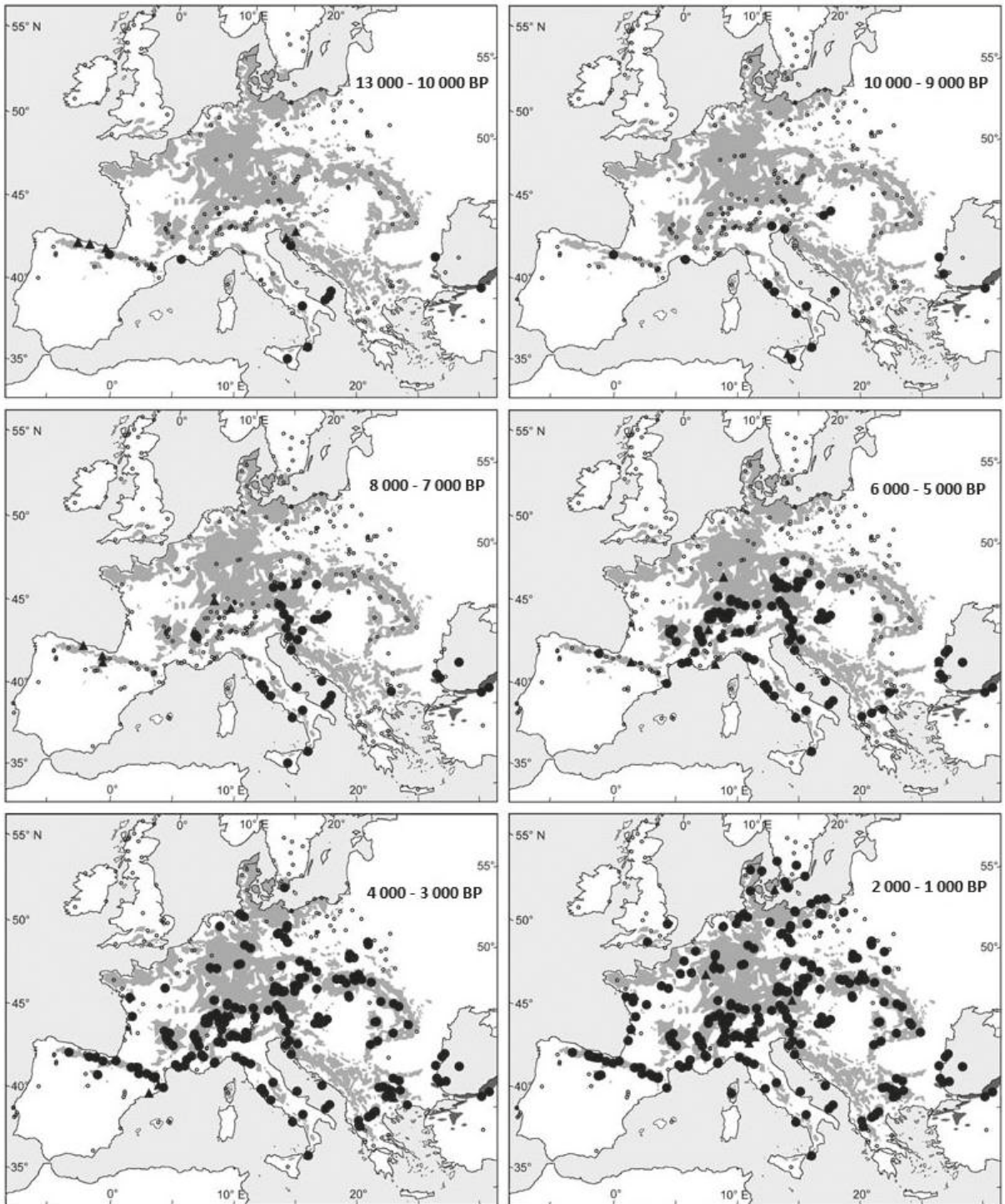
A bükk rekonstruált terjedési adatai és a modern populációk genetikai elemzése egyértelművé tették, hogy a taxonnak voltak túlélő populációi az utolsó eljegesedés időszakában. A paleobotanikai és genetikai adatok, a fafaj terjedési modellje és jelenkori elterjedési területe arra utal, hogy a bükk pleisztocén refúgiumai (menedékterületei) nem zárt bükkösök, hanem elszórtan elhelyezkedő, kisebb populációk voltak. A refúgiumok területnagysága két nagyságrenddel kisebb volt a bükk jelenkori elterjedési területénél. A kutatási adatok alapján a rekonstruált menedékterületek határozhatók meg az Ibériai-félszigeten, a Nyugat-Alpokban, Dél-Olaszországban, az Alpok keleti részéhez kapcsolódóan és a Balkán-félsziget déli részén (2.1.-2. ábra) (Magri 2008).



2.1.-2. ábra. A közönséges bükk (*Fagus sylvatica*) valószínűsíthető refúgiumai az utolsó eljegesedés maximumának idején és fő posztglaciális terjedési útvonalai (Magri et al. 2006)

A bükk terjedése a holocénben

A közönséges bükk refúgiumokból meginduló posztglaciális terjeszkedése folyamatosan, időszakos visszaszorulások nélkül zajlott. A fafaj terjeszkedése igen gyors volt 3 500 cal. BP évig, majd ettől kezdve napjainkhoz közelítve lassult. A folyamatra jellemző, hogy az újonnan kolonizált területeken először kis létszámú populációk jöttek létre, míg az addig bükkel elszórtan benépesített területek sűrűbbé váltak (2.1.-3. ábra) (Magri 2008).



2.1.-3. ábra. Posztglaciális bükk pollen és makrofosszília adatok földrajzi elhelyezkedése Európában
 [Jelmagyarázat: ○ bükk pollen < 2% vagy hiányzik; ● bükk pollen > 2%; ▲ bükk makrofosszília.
 A szürke terület a bükk modern kori areáját jelöli (világosszürke – bükk (*Fagus sylvatica*); sötétszürke –
 (*Fagus orientalis*)] (Magri et al. 2006)

- **10 000–9 000 BP** – A holocén kezdetén a bükk pollen sűrűség értékei gyors ütemben nőttek Dél- és Közép-Olaszországban, valamint a Keleti-Alpok, Isztria, Nyugat-Magyarország és Csehország térségében (Magri et al. 2006). Ebben az időszakban számottevő mennyiségű bükk pollen mutatható ki a Dél-Balkánon és a Kárpátok romániai részén. Ezt követően a fafaj további északi irányú előretörése figyelhető meg a Nyugat-Balkánon (Huntley & Birks 1983).
- **8 000–7 000 BP** – Szlovénia területén észlelhető a bükkösök előretörése. Ebből az irányból egy terjeszkedési útvonal rajzolódik ki a Délnyugat-Dunántúlon és a Dunántúli-középhegységen keresztül a Kárpát-medence belseje felé (Magyari 2002). A bükk elsősorban a nagy európai hegyláncok mentén terjedt, köszönhetően a klíma kedvezőbbé válásának. Feltehetően ekkor alakultak ki azok a hegyvidéki erdők, amelyekben napjainkban is meghatározó fafaj a bükk, (Huntley & Birks 1983). Giesecke et al. (2007) a Balkán irányából, kisszámú refúgiumokból nyugati irányba történő terjedési folyamat jelentőségét hangsúlyozza.
- **7 000–5 000 BP** – Az area Kárpátokhoz kötődő része északi irányba terjeszkedett (Huntley & Birks 1983). Megnőtt a bükk pollenértéke az Erdélyi-szigethegységben, és a faj dinamikusan terjeszkedett az Alpok külső vonulatainak területén. A terjeszkedés viszonylag közeli refúgiumokból történt, melyekre genetikai kutatások derítettek fényt (lásd az 1.4. fejezet »A posztglaciális vándorlás nyomai a faj genetikai változatosságában« alfejezetében). Az area olaszországi és nyugat-balkáni (Szlovénia, Észak-Dalmácia) részei 6 500 BP évet követően északi és nyugati irányban bővültek a Duna völgyét követve (Huntley & Birks 1983; Magri et al. 2006). Az Alpok keleti része felől terjedt a bükk Dél-Franciaország irányába. Ettől eltérő populációhoz tartoztak a partmenti mediterrán térségben már a késő glaciális időszakban lassan terjedő bükk állományok (Magri 2008) (lásd az 1.4. fejezet »A posztglaciális vándorlás nyomai a faj genetikai változatosságában« alfejezetében). Hozzávetőleg 250–300 m-es évenkénti terjedési sebességgel számolhatunk 5 000 BP évig, melynek eredményeként ekkorra a bükk elterjedési területe a Kárpátoktól a Francia-középhegységig húzódott, magába foglalva az Alpokot (Kral 1979; Magri et al. 2006). Kivételt képez az Alpok tengerparttal érintkező vidéke, a száraz Déli-Alpok és érdekes módon a Balkán-hegység déli része, ahonnan korábban elterjedt a taxon.
- **5 000–4 000 BP** – A bükk európai alföldeken (pl. Dánia, Németország, Lengyelország) történő terjeszkedése bizonyíthatóan egybeesik a szil visszaszorulásával. Más hőigényes fajok (*Corylus*, *Tilia* etc.) elterjedésének dinamikája ezzel ellentétes eredményt mutat ebben az periódusban, amikor Észak-Európában az éghajlat egyre hűvösebbé vált. A bükk a korai holocénben jobbra Európa hegyvidéki területein, nyíltabb szerkezetű élőhelyeken terjedt (Iversen 1973; Godwin 1975).
- **4 000 BP** – A pollenértékek alapján gyarapodott a bükk (nemzetség) elterjedési területe a Balkánon, ami a keleti bükk holocén terjeszkedését jelentheti. Ezt a közönséges bükk déli irányú vándorlása követte a mediterrán térségben és Délkelet-Európában. Ez a terjeszkedési folyamat a klíma hűvösebbé válására és/vagy a csapadékmennyiség növekedésére utal ebben az időszakban (Huntley & Birks 1983). A balkáni bükk („*F. moesiaca*”) és a krími bükk („*F. taurica*”) taxonok létrejöttében az izolációs folyamatok meghatározó szerepet játszottak. A genetikai kutatások eredményei csak a balkáni bükk esetében igazolták a két feltételezett szülőfaj közötti átmeneti (nem feltétlen hibridogén eredetű) jelleget és jóval korábbra datálják a taxon keletkezési idejét (Günz–Mindel interglaciális) (Gömöry et al. 2018) (lásd részletesebben az »1.1. A bükk (*Fagus*) nemzetség és fajai rövid ismertetése« fejezetben).
- **3 000–2 000 BP** – Az elterjedési terület további terjeszkedése 3 000 BP évig hasonló sebességű volt, mint korábban (200–300 m/év): megjelent a bükk Észak-Németországban, Délkelet-Angliában, Észak-Spanyolországban, valamint 2 000 BP évig Dániában és Dél-Svédországban (Kubitzki 1961). A dél-balkáni terület összeköttetésbe került a kárpáti elterjedési területtel a Bulgária területén keresztül történő terjeszkedési folyamat eredményeként (Huntley & Birks 1983).

A bükk jelenlegi elterjedési területe Közép- és Észak-Európában az utolsó glaciális követő maximumot jelenti. A klimatikus tényezőkön túl az emberi tevékenység és a más fajokkal való versengés szintén befolyásolta a bükk terjedésének jellemzőit (Magri 2008). A fafaj elterjedési területét korlátozó éghajlati tényezők

ról a kötet »2.2. A bükk és a bükkösök aktuális elterjedési területe« fejezete szolgál bővebb információkkal. Tekintettel a klímaváltozásra a közönséges bükk potenciális elterjedési területére vonatkozó problémakör nem tekinthető lezárt kérdésnek (lásd részletesebben a »9.3. A bükk klímaterének és vitalitásának előre-
vetítése a 21. századra« fejezetben). A terület növekedésével (északon) és csökkenésével (délien és keleten) egyaránt számolnunk kell.

Irodalom

- Božilova E. & Djankova M. 1976: Vegetation development during the eemian in the north Black Sea region. – *Fitologija* 4: 25–33.
- Coxon P. 2016: The type locality of the Gortian Interglacial: Boleynendorrish River, Co. Galway. A site of significant importance to Irish Quaternary geology. In: Nolan J. & Randolph C. (eds.): *The Burren, County Clare. – Field guide Number 33, Dublin, IQUA*, pp. 10–17.
- Denk T., Grimm G., Stoegerer K., Langer M. & Hemleben V. 2002: The evolutionary history of *Fagus* in western Eurasia: evidence from genes, morphology and the fossil record. – *Plant Systematics and Evolution* 232: 213–236.
- Giesecke T., Hickler T., Kunkel T., Sykes M.T., & Bradshaw R.H.W. 2007: Towards an understanding of the Holocene distribution of *Fagus sylvatica* L. – *Journal of Biogeography* 34: 118–131.
- Godwin H. 1975: *History of the British vegetation: a factual basis for phytogeography.* – Cambridge University Press, Cambridge, 541 pp.
- Gömöry D., Paule L. & Mačejovský V. 2018: Phylogeny of beech in western Eurasia as inferred by approximate Bayesian computation. – *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 87(2): 3582.
- Grüger E. 1977: Pollenanalytische Untersuchung zur Würmzeitlichen Vegetationsgeschichte von Kalabrien (Süditalien). – *Flora* 166: 475–489.
- Huntley B. & Birks H. 1983: *An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0–13 000 B.P.* – Cambridge University Press, Cambridge, 688 pp.
- Iversen J. 1973: The development of Denmark's Nature since the Last Glacial. – Geological Survey of Denmark. V. Series, pp. 11–120.
- Jessen K., Andersen S.T. & Farrington A. 1959: The interglacial deposit near Gort, Co. Galway, Ireland. – *Proceedings of the Royal Irish Academy* 60: 1–77.
- Kral F. 1979: Pollenanalytische Untersuchungen zur Waldgeschichte des Kubany Urwaldreservates „Boubínský prales“ (Böhmerwald ČSSR). – *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 98: 91–110.
- Kubitzki K. 1961: Zur Synchronisierung der nordwest-europäischen Pollendiagramme (mit Beiträge zur Waldgeschichte Nordwestdeutschlands). – *Flora* 150(1): 43–72.
- Magri D. 1998: Quaternary history of *Fagus* in the Italian peninsula. – *Annals of Botanicus* 56: 147–154.
- Magri D., Vendramin G.G., Comps B., Dupanloup I., Geburek T., Gömöry D., Latalowa M., Litt T., Paule L., Roure J.M., Tantau I., van der Knaap W.O., Petit R.J. & de Beaulieu J.-L. 2006: A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: Palaeobotanical evidence and genetic consequences. – *New Phytologist* 171: 199–221.
- Magri D. 2008: Patterns of post-glacial spread and the extent of glacial refugia of European beech (*Fagus sylvatica*). – *Journal of Biogeography* 35: 450–463.
- Magyari E. 2002: Holocene biogeography of *Fagus sylvatica* L. and *Carpinus betulus* L. in the Carpathian–Alpine Region. – *Folia Historico-Naturalia Musei Matrensis* 26: 15–35.
- Svenning J.C. & Skov F. 2007: Could the tree diversity pattern in Europe be generated by postglacial dispersal limitation? – *Ecology Letters* 10: 453–460.

2.2. A bükk és a bükkösök aktuális elterjedési területe

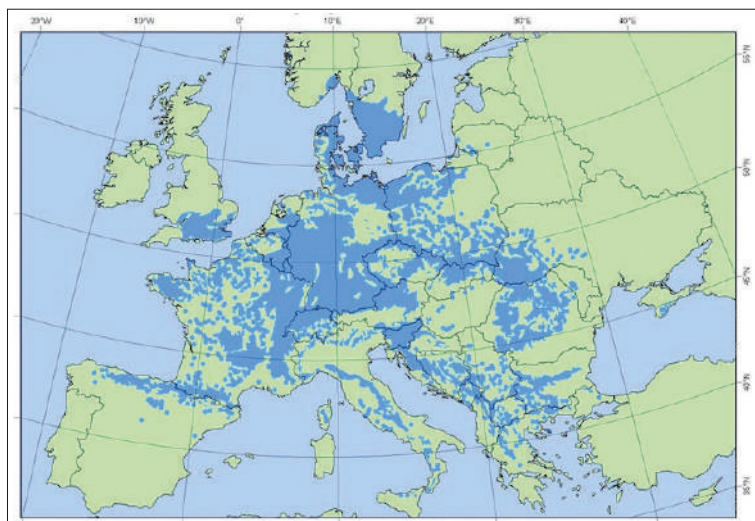
Bartha Dénes és Zagyvai Gergely

Horizontális elterjedés

A közönséges bükk természetes elterjedési területe nem lépi át Európa határait, az area súlypontja Nyugat- és Közép-Európába esik (2.2.-1. ábra). A faj elterjedési területe egybeesik Európa mérsékelt és mérsékelt meleg klímájú zónáival, ahol hiányzik az éven belüli erősen száraz periódus (Jalas & Suominen 1976). Határt vonó tényezői közül Észak-Európában elsősorban a hideg teleket ($<-30\text{ }^{\circ}\text{C}$), Kelet-Európában a szárazságot ($<500\text{ mm}$ csapadék), Dél-Európában az alacsony fekvések nyári szárazságát, Nyugat-Európában az Atlanti-óceánt, mint barriert, a Brit-szigetcsoporthban a befejezetlen posztglaciális vándorlást lehet nagyvonalakban megemlíteni (Schroeder 1998). Az elterjedési területet számos szakember próbálta meg ökológiai mutatók számszerűsített értékeivel körvonalazni (pl. Hjelmqvist 1940; Huntley et al. 1989), amelyek inkább csak részterületekre, mintsem a teljes areára vonatkoztathatók. A bükk elterjedési mintázata magyarázható rügyeinek, hajtásainak, kérgének gyenge fagyűrűsével, a fiatal levelek és virágok kései fagyokkal szembeni érzékenységével, valamint a levelekben az aszály okozta károkkal (Felbermeier & Mosandl 2006).

A jelenlegi, az alábbiakban ismertetésre kerülő areája – néhány határszakasz kivételével – a posztglaciális terjedési folyamat maximumát jelenti (Magri 2008). Észak-Európában a Skandináv-félsziget déli részén még megtalálható, előfordul Svédország déli részén, föllép az Oslótól délkeletre húzódó tengerparti sávban és elszigetelt előfordulással rendelkezik Bergen térségében, ugyanakkor – az említett területek kivételével – hiányzik az egész Skandináv-félszigetről, Dánia nyugati részéről és Bornholm szigetéről (Czajkowski et al. 2006). Az area keleti határa Lengyelországban a Balti-tengertől indul és Varsón, Bukovinán, Moldávián és a Balkán-félsziget hegyvidékein keresztül majdnem a Fekete-tengerig fut. A bükk elterjedési területének északkeleti határa közelében (Lengyelország, Baltikum, Skandinávia déli része) viszonylag nagy távolság húzódik a zárt bükkös állományokat és a faj elszórt, egyedi előfordulásait határoló vonal között (Czajkowski et al. 2006). Nem találjuk meg a bükköt Közép- és Kelet-Lengyelország alacsonyan fekvő részein, a Kis-lengyelországi fennsík déli területein, Kelet-Mazúriában, a Magas-Tátrában, a romániai alföldek nagy részén és Kelet-Bulgáriában. Hiányzik a bükk az egykori Szovjetunió erősen kontinentális kelet-európai területéről, kivételt csupán Ukrajna nyugati része és a Baltikum nyugati részén fellelhető előfordulásai jelentik.

A bükk areájának déli határa Görögország északi részétől, Szicílián és Korzikán keresztül Spanyolország északi részéig húzódik. Spanyolországban a Pireneusokban és a Kantábriai-hegységben fordul elő a bükk, de ettől délebbre is vannak izolált előfordulásai. Hiányzik az Ibériai-félsziget középső és déli részéről, Fran-



2.2.-1. ábra. A közönséges bükk (*Fagus sylvatica*) természetes elterjedési területe. A Balkán-félszigeti előfordulások között elkülönülve vagy átfedve balkáni (mőziai) bükk („*F. moesiaca*”) előfordulások is vannak, a Krím-félszigeti előfordulás a krími bükkhöz („*F. taurica*”) tartozik (Forrás: Caudullo et al. 2017)

ciaország délnyugati részének Garonnétól délre eső területéről és Szardíniáról. Bár a sziget nagy részéről hiányzik, legdélebbi előfordulásai Szicíliában találhatóak (Meusel & Jäger 1978).

A fajaj természetes elterjedési területének nyugati határa az Atlanti-óceán, északi határát Dél-Angliában és Skandinávia déli részén éri el. A bükk széles körben elterjedt Közép- és Nyugat-Európában, viszont hiányzik a Pó, a Rajna, a Rhone, az Ebro völgyéből és a Kárpát-medencén belüli alföldek területéről, valamint a meleg nyárral jellemezhető, száraz nyugat-európai medencékből. Szintén nem találjuk a bükköt Európa északnyugati parvidékein.

Az európai bükk előfordulásokat megszakítja a kontinentális jellegű, hideg télű, száraz Középső-Alpokhoz kapcsolódó sáv, mely a franciaországi Grenoble városától keleti irányban csaknem Bécsig követhető (Ellenberg 1996). Ebben a térségben a bükk és a vörösfenyő előfordulása komplementer módon viszonyul egymáshoz. Egyesek szerint (pl. Ozenda 1983) a bükk Alpokon belüli nagy területen megfigyelhető hiánya hátterében klimatikus tényezők állnak, de felvethető a történeti magyarázat is.

A Balkán-félsziget délkeleti részén, ahol a kontinentalitás mértéke már kritikus, a közönséges bükköt részben a balkáni (mőziai) bükk („*Fagus moesiaca*”), részben a keleti bükk (*Fagus orientalis*) helyettesíti (Packham et al. 2012).

A bükk areájának előzőekben ismertetett jellemzői nagyfokú hasonlóságot mutatnak a fafajok közül a kocsánytalan tölgygel (*Quercus petraea*), a hegyi juharral (*Acer pseudoplatanus*) és a nagylevelű hárssal (*Tilia platyphyllos*), a lágyszárú növények közül az egyvirágú gyöngyperjével (*Melica uniflora*), hajperjével (*Hordeium europaeus*), medvehagymával (*Allium ursinum*), erdei perjeszittyóval (*Luzula sylvatica*) (Meusel & Jäger 1965; Schubert 1979).

A fenti, természetes elterjedés bemutatásán túl ki kell térni még arra is, hogy több helyen az areahatáron kívül meghonosították a bükköt. Így a Brit-szigeteken széles körben találkozhatunk vele, mivel a 18. századtól kezdődően eredeti, dél-angliai elterjedési területén kívül sokféle ültették. Úgyszintén szinantrop előfordulásai vannak a Skandináv-félsziget déli fele tengerpartközeli helyein, továbbá Litvániában és a Pireneusi-félsziget keleti részén is. A többi területen potenciális areájának határai egybeesnek az aktuális area határaival.

A jövőre nézve a bükk természetes elterjedési területének változása vetíthető előre, összefüggésben a klíma változásával, ezen belül elsősorban a szélsőségek fokozódásával. A faj várhatóan veszít versenyképességéből jelenlegi elterjedési területének déli és keleti részén, viszont Skandináviában és a Baltikumban elterjedésének növekedése valószínűsíthető (lásd részletesebben a »9. Bükkösök a változó klímában« fejezetben).

Vertikális megjelenés

Az elterjedési terület északi sávjában (a Bretagne-félszigettől, illetve Dél-Angliától a nyugati Baltikumig) a bükk tipikusan síkvidéki faj, de Közép- és Dél-Európában már a közép- és magashegységekhez kötődik. Északról dél felé haladva nemcsak emelkednek vertikális (alsó és felső) előfordulási határai, hanem areája egyre diszjunktabbá is válik. Előfordulásának átlagos alsó magassági határai Európa déli felében már markánsan megjelennek, a Keleti-Pireneusokban 500 m, az Alpok déli részén 4-500 m, Korzikán 800 m, az Appennini-félszigeten 1100 m, legdélebbi előfordulásánál, a szicíliai Etnán 1200 m, a Kárpátokban 400 m tszfm. körül alakul.

A felső magassági határ esetében egy észak-déli gradiens mentén való emelkedésen túl az is jól megfigyelhető, hogy általában a középhegységekben alacsonyabban, a magashegységekben magasabban futnak a határok, utóbbiak esetében a tömegesebb magashegységekben még magasabbra kapaszkodik a bükk, mint a tagolt magashegységeknél. Átlagos felső magassági határai a következőképpen alakulnak: Dél-Skandináviában kevéssel a tengerszint felett, 200 m, a Pireneusi-félsziget északi részén az állományképzés felső határa 1650 m, a francia Central Massif területén 1600 m, a Harz-hegységben és Tübingiai-erdőben 800 m, az Érc-hegységben 950 m, a Bajor-Alpokban 1500 m, a svájci Mész-Alpokban 1400 m, a Kárpátokban 1250 m, Korzikán 1800 m, a Központi-Appennineken 1900 m, legdélebbi előfordulásán, az Etnán 2160 m, az Olümposzon 1900 m tszfm. körül figyelhető meg (Meusel & Jäger 1978).

Az állományképzés felső határa és a fa alakú szórványos előfordulás felső határa között – elsősorban a magasabb hegységek vonatkozásában – átlagosan 50–300 m tszfm. különbség adódik, ahol egy észak-déli gradiens mentén, illetve a hegység szabdalt/tömeges felépítése esetében megfigyelhető a különbség növekedése. A fa alakú megjelenés és a cserje alakú megjelenés (eltörpülés) viszonylatában viszont kisebb, átlagosan csak 40–150 m tszfm. különbség adódik. Megjegyzendő, ha a bükk alkotja a felső erdőhatárt, akkor az állományképzés felső határa magasabban van, mint amikor felette lucfenyves van. Az átlagos különbség ebben az esetben 40–60 m tszfm.

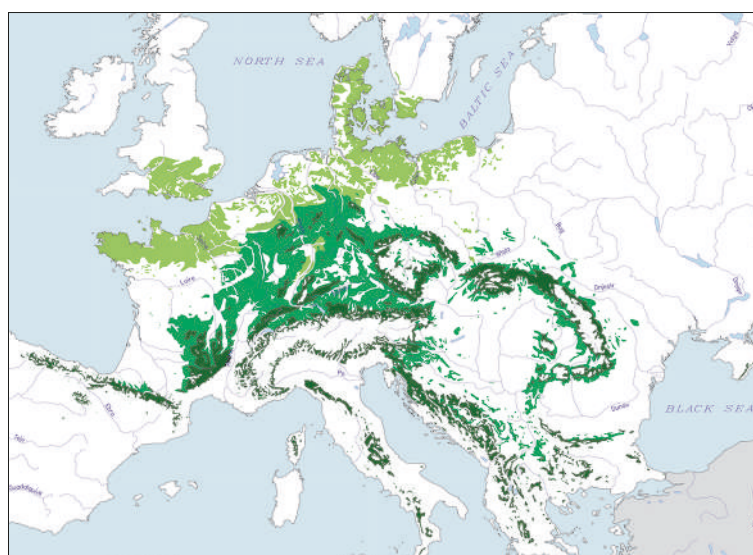
A Kárpát-medencét ölelő magashegységek esetében a közönséges bükk vertikális megjelenéseit a 2.2.-1. táblázat mutatja.

2.2.-1. táblázat. A közönséges bükk vertikális megjelenései a Kárpát-medencét határoló magashegységekben (m tszfm.) (Forrás: Fekete & Blattny 1913)

Vertikális megjelenés	Nagytáj						
	Észak-nyugati-Kárpátok	Közép-Kárpátok	Észak-keleti-Kárpátok	Keleti-Kárpátok	Déli-Kárpátok	Erdélyi-sziget-hegység	Északi-Dinaridák
Eltörpülés felső határa	1220	1352	1335	1396	1441	1497	1512
Szórványos előfordulás felső határa	1181	1258	1284	1335	1381	1351	1391
Állományképzés felső határa	1133	1246	1245	1307	1319	1301	1365
Állományképzés alsó határa	378	330	354	411	411	360	486
Szórványos előfordulás alsó határa	339	329	254	390	390	241	342

A bükkösök elterjedési területe Európában

A bükk és az állományalkotása révén létrejött bükkösök elterjedési területe (2.2.-2. ábra) között kontinentális léptékben csak csekély különbség fedezhető fel. Legszembetűnőbb eltérés Dél-Skandináviában adódik, ezen túl Franciaországban a Bretagne-félszigettől délre eső alföldi területeken és Délkelet-Lengyelország szintén alföldi területein lehet ezt megfigyelni. Az elterjedési terület déli felében, ahol már középhegységi, illetve magashegységi körülmények között tanulmányozhatjuk a fafaj és az általa alkotott társulások elterjedési területeit, már nagyfokú egybeesést találunk (Peters 1997).



2.2.-2. ábra. A bükkösök elterjedési területe Európában (Jelmagyarázat: világoszöld – síkvidéki(-dombvidéki) típus, türkizzöld – dombvidéki-középhegységi típus, haragoszöld – magashegységi típus) (Forrás: Bohn et al. 2003)

Irodalom

- Bohn U., Gollub G., Hettwer C., Neuhauslová Z., Schlüter H. & Weber H. 2003: Karte der natürlichen Vegetation Europas. Maßstab 1:2 500 000. Teil 1: Erläuterungstext mit CD-ROM; Teil 2: Legende; Teil 3: Karten. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 655 pp.
- Caudullo G., Welk E. & San-Miguel-Ayanz J. 2017: Chorological maps for the main European woody species. – Data in Brief 12: 662–666.
- Czajkowski T., Kompa T. & Bolte A. 2006: Zur Verbreitungsgrenze der Buche (*Fagus sylvatica* L.) im nordöstlichen Mitteleuropa. – Forstarchiv 77: 203–216.
- Ellenberg H. 1996: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. – Ulmer, Stuttgart, 1096 pp.
- Fekete L. & Blattny T. 1913: Az erdészeti jelentőségű fák és cserjék elterjedése a Magyar Állam területén I-II. – Joerges Ágost özvegye és fia könyvnyomdája, Selmechánya, 793 pp. + 150 pp. + 5 térkép.
- Felbermeier B. & Mosandl R. 2006: *Fagus sylvatica*. In: Schütt P., Weisgerber H., Schuck H.J., Lang U.M., Stimm B. & Roloff A. (Hrsg.): Enzyklopädie der Laubbäume. – Nikol, Hamburg, pp. 241–260.
- Hjelmqvist H. 1940: Studien über die Abhängigkeit der Baumgrenzen von den Temperaturverhältnissen unter besonderer Berücksichtigung der Buche und ihrer Klimarassen. – Carl Blom, Lund, 247 pp.
- Huntley B., Bartlein P.J. & Prentice I.C. 1989: Climatic control of the distribution and abundance of beech (*Fagus* L.) in Europe and North America. – Journal of Biogeography 16: 551–560.
- Jalas J. & Suominen J. 1976: Atlas Florae Europaeae. Vol. 3. Salicaceae to Balanophoraceae. – Cambridge University Press, Cambridge, 122 pp. spec. pp. 66–67.
- Magri D. 2008: Patterns of post-glacial spread and the extent of glacial refugia of European beech (*Fagus sylvatica*). – Journal of Biogeography 35: 450–463.
- Meusel H. & Jäger E.J. (Hrsg.) 1965, 1978: Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Bd. 1-2. – Gustav Fischer Verlag, Jena, 583 pp. + 418 pp.
- Ozenda P. 1983: The Vegetation of the Alps. – Council of Europe, Strasbourg, France, 102 pp.
- Packham J.R., Thomas P.A., Atkinson M.D. & Degen T. 2012: Biological Flora of the British Isles: *Fagus sylvatica*. – Journal of Ecology 100: 1557–1608.
- Peters R. 1997: Beech forests. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht–Boston–London, 169 pp.
- Schroeder, F.-G. 1998: Lehrbuch der Pflanzengeographie. – Quelle & Meyer Verlag, Wiesbaden, 457 pp.
- Schubert R. 1979: Pflanzengeographie. 2. Auflage. – Akademie Verlag, Berlin, 307 pp.



2.2.-3. ábra. A bükk álgeszt egy egykori elterjedési területet rajzol ki (Fotó: Valent Sándor)

2.3. A bükk hazai előfordulása, erdészeti statisztikai adatai

Timár Gábor és Szmorad Ferenc

A bükk területfoglalása és területváltozásai a 20. században

A bükk és bükkösök 19. század végi, illetve 20. század eleji, mai Magyarország területét érintő elterjedéséről nincsenek mai szemmel pontosnak tekinthető adataink. Ennek részben az az oka, hogy az elérhető források az akkori – kárpáti területeket is magába foglaló – Magyarország területére vonatkoznak, részben az ebben az időszakban közölt statisztikák csak durvább térléptékű (nagyobb közigazgatási egységekre kialakított) becsléseknek tekinthetők.

Bedő Albert grandiózus műve, „A Magyar Állam erdőségeinek gazdasági és kereskedelmi leírása” (Bedő 1896) adatsorai szerint a teljes (akkori) erdővagyon 9,18 millió hektár erdejéből 4,19 millió hektár esett a „bükk és egyéb lombfanemek” kategóriába. A bükk mellett a különböző fajfajú tölgyeket leszámítva itt rögzítettek minden egyéb lombos fafajt, így a bükk területfoglalása nyilvánvalóan jóval 4 millió hektár alatt lehetett. Maga a Bedő-féle statisztikai összefoglaló az adott kategórián belül országosan, általánosságban 80%-os bükk és 20%-os gyertyán aránnyal számol, ami a gyertyán domináns jellegét elfogadva is durván elnagyolt, mivel így a hársaknak, kőriseknek, juharoknak, szileknek, valamint az alföldi fűz, nyár, éger erdőknek sem jut hely a kimutatásban. Viszont, ha végül (közelítő áttekintés céljából) 70%-os bükk részesedéssel számolunk, a bükk területfoglalása 2,94 millió hektárra jöhet ki. Ez azt jelenti, hogy a 19. század végén az összes (akkori) magyarországi erdő kb. 32%-a lehetett bükkal fedett terület.

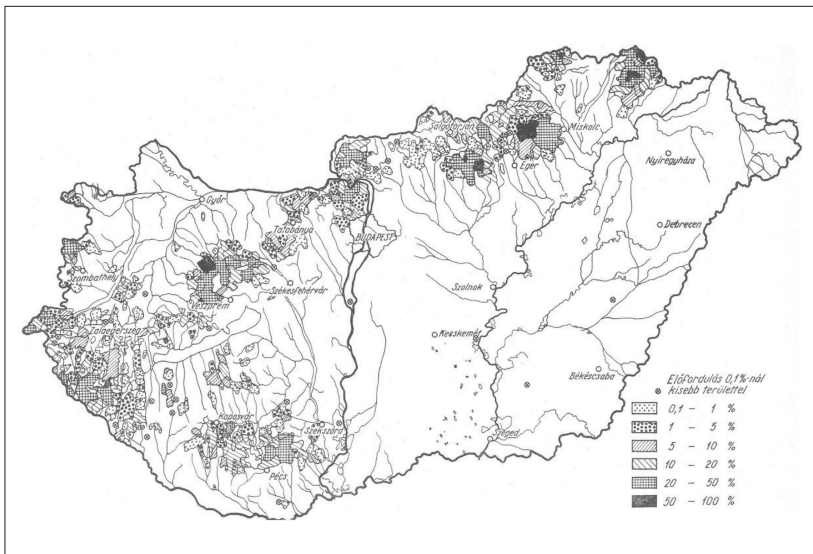
A Bedő-féle monográfia (Bedő 1896) ugyanakkor vármegyei bontásban is tartalmaz bükkre és gyertyánra vonatkozó együttes területadatokat, s ezekhez egyenként (vármegyénként) közli a két fafaj becsült arányát is. A mai országterületet érintő 29 vármegye közül 12 vármegye (Bács-Bodrog, Bereg, Békés, Bihar, Csanád, Csongrád, Győr, Hajdu, Jász-Nagy-Kún-Szolnok, Moson, Szabolcs Szatmár) területéről nem jeleztek bükköt, vagy ha mégis, akkor annak a mai Magyarországra eső területeken való előfordulása a síkvidéki jelleg miatt kizárható, vagyis ezekkel vármegyékkel nem kell számolnunk. A teljes területével, illetve teljes erdőterületével beeső vármegyék száma 8 (Borsod, Esztergom, Fejér, Heves, Pest-Pilis-Solt-Kis-Kún, Somogy, Tolna, Veszprém), ezeknél a teljes bükk területfoglalás figyelembe vehető. A fennmaradó 9 vármegye (Abaúj-Torna, Baranya, Hont, Komárom, Nógrád, Sopron, Vas, Zala, Zemplén) területének kisebb vagy nagyobb része esik csak a mai országterületre, így ezeknél a közölt adatokat területarányosan csökkenteni szükséges. Ha mindezeket az értékeket összegezzük, a 19. század végén a Magyarország mai területére vetített bükk területfoglalás 180 000 ha körül lehetett, de (a becslési bizonytalanságokat figyelembe véve) a 150 000 ha-t biztosan meghaladta (Böloni ined.).

Fekete és Blattny (1913) más tematikájú, de szintén hatalmas volumenű összefoglalója az egyes fafajok elterjedési viszonyaival foglalkozik, területfoglalásra vonatkozó adatokat nem tartalmaz. Nagy erénye viszont e munkának a bükk elterjedésének (a kor színvonalán részletes) térképi megjelenítése (2.3.-1. ábra).

Az 1920-as és 1930-as évek fordulójának állapotát rögzíti a mai Magyarország területére eső első hivatalos fafajstatisztika az „Erdészeti Statisztikai Közlemények” részeként (Anon. 1933; Rapaics 1936). A kimutatás az akkori vármegyék szerint (a közleményben „törvényhatóságokonkint”), eredet bontásban, tized hold pontossággal tartalmazza 18 fafaj, illetve fafaj-csoport területfoglalását (de a megjegyzés rovatban egyes ritka fafajok területe is szerepel). A benne foglalt adatok eredete, valós pontossága ismeretlen. Eszerint a bükk hazai területfoglalása összesen 210 506 kataszteri hold, ami 121 041 hektárnak felel meg. Ez az érték legalább 30 000 hektárral kevesebb, mint a 19. század végén becsült terület (Bedő 1895), de a csökkenés (ha valós, és nem csak az adatok eredetének, pontosságának különbségéből adódik) a 20. század eleji erdőirtásokkal, illetve a fafajcserét okozó, jelentősebb mértékű véghasználatokkal (pl. gazdasági világválság idején fokozódó fakitermelésekkel) elvileg jól magyarázható.



2.3.-1. ábra. A bükk 20. század eleji elterjedése a történelmi Magyarország területén (Fekete & Blattny 1913)



2.3.-2. ábra. A bükk elterjedése Magyarországon az 1960-as években (Járó 1966)

A bükk területfoglalására vonatkozó következő hazai adat 1948-ból származik, ami ez egy KSH-kimutatásra (Mezőgazdasági Adattár I. 1965, idézi Halász 1994) vezethető vissza. Mivel ebben az időben Magyarországon még nem volt teljes, országos lefedettségű hazai erdőtervezettség (az csak az 1960-as évek elejére valósult meg), mai értelemben még ez is bizonytalan, illetve pontatlan adatként kezelendő. Az itt megadott 101 300 ha-os a területnagyság az 1930-as évek területadatától kb. 20 000 hektárral kevesebb. A csökkenés (ha valós) itt a háborút követő koncentrált fakitermelésekkel hozható összefüggésbe.

Fekete és Blattny (1913) nyomdokain halad, de már (az akkor még nem teljes lefedettségű) 1959-es részletszintű leírások adataira támaszkodva mennyiségileg differenciált elterjedési térképet közöl Járó (1962), majd Járó (1966) írása (2.3.-2. ábra). Előbbiben a szerző egyúttal a korábbi bükk-térképeket, elterjedési adatokat is táji léptékű kritikával illeti. Összefoglaló jelleggel többek között megjegyzi: „Egyes szerzők jelentős területvesztéséről írnak. A mellékelt elterjedési térkép ezt nem igazolja, bár kétségtelen, hogy Fekete–Blattny térképéhez hasonlóan területcsökkenés tapasztalható.” Kiemeli, hogy Fekete és Blattny (1913) térképéhez képest a Cserhát déli része, a Gödöllői-dombvidék, a Vasi-sík, a Kapos-mente, valamint a Zalai-dombság és a Marcali-hát közötti térség nem tartozik a bükk elterjedési területéhez. Ezek a különbségek ugyanakkor bizonyára nem a faj tényleges visszahúzódására utalnak, csupán a térképi ábrázolás pontosabbá válását tükrözik.

Járó (1966) azon kijelentése, mely szerint a bükk „jelenlegi elterjedése aligha lényegesen kisebb, mint amennyi területen a klimatikus adottságok számára megfelelnek” már az első „Zöld Könyv” sorozat (Danszky 1963) szerzőinek véleményével is ütközik. Az akkori (nyilvánvalóan kissé pontatlan) tájankénti becslés összegeként előálló 83 976 ha-os országos területfoglalást 21%-al, 101 738 ha-ra kívánták bővíteni, nagyrészt a gyertyánosok és cserések (!) rovására, de részben elegyítéssel is. A faj főbb előfordulási súlypontjaként megnevezhető Magas-Bakony és Bükk esetében az akkor javasolt növekedés csekélyebb mértékű, míg a Dél-, illetve Nyugat-Dunántúl egyes tájaiban kifejezetten jelentős (Vas-Zalai-hegyhát: 56%-os, Zselic:

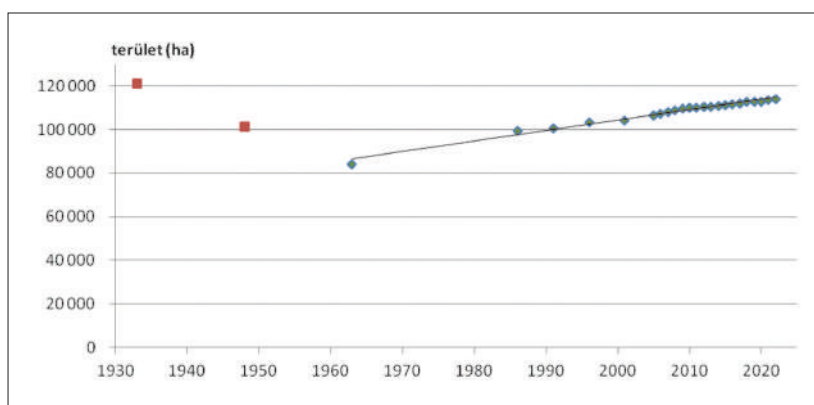
93%-os, Soproni hegyvidék: 136%-os)! Mint az alábbi összegzésből (2.3.-1. táblázat) látszik, a tények a Dél-Dunántúl kivételével már az ezredfordulón igazolták a korábbi elképzeléseket. Mára lényegében ez utóbbi is megvalósult.

2.3.-1. táblázat – A bükk hazai területfoglalására vonatkozó előirányzatok és tényadatok (hektárban, Danszky 1963, Bán et al. 2002 és Führer 2017–2022 alapján)

Időpont	Nyugat-Dunántúl	Dél-Dunántúl	Dunántúli-khg.	Északi-khg.	Összesen
1963 tény	13 002	10 231	20 050	40 690	83 973
1963 terv	16 722	15 930	23 673	45 413	101 738
2001 tény	19 200	11 000	26 600	47 300	104 100
2017–2022 tény	17 297	15 695	27 982	50 409	111 383

Az alapadatok pontosságát illetően minőségi változás történt az 1980-as években, innentől ugyanis fajfajtor-alapú, részletes statisztikai adatok állnak rendelkezésünkre. A Nemzeti Földügyi Központ (NFK) honlapján közzétett éves összesítések, a Magyarország erdőállományainak aktuális adatait részletesen bemutató 1996-os (Csóka et al. 1997) és 2001-es (Bán et al. 2002) kötetek, valamint a 2017-től megjelenő újabb „Zöld Könyvek” (Führer 2017, Führer 2019, Führer 2022) adatai többféle szempontból is tanulságosan elemezhetőek. A bükk területfoglalása (a korábbi, bizonytalan pontosságú adatokat is a diagramon szerepeltetve) ezek alapján az 1960-as évektől folyamatos, többé-kevésbé egyenletes növekedést mutat (2.3.-3. ábra).

Ez a növekedés az ezredforduló óta 9,2%, az első pontos adat keletkezésétől (1986) 14,2%, az 1960-as évektől 35,5%, így 2022-re a bükk területfoglalása összességében 113 759 ha-t ért el. Abszolút értékben a növekedés országosan 1963 óta közel 30 000 ha, az NFK nyilvántartása alapján 2005–2022 között több mint 7 200 ha. A növekedés nem csak országos összesítésben látványos, hanem lényegében minden tájegységet érint, ahol a bükk jelentőséggel bír!



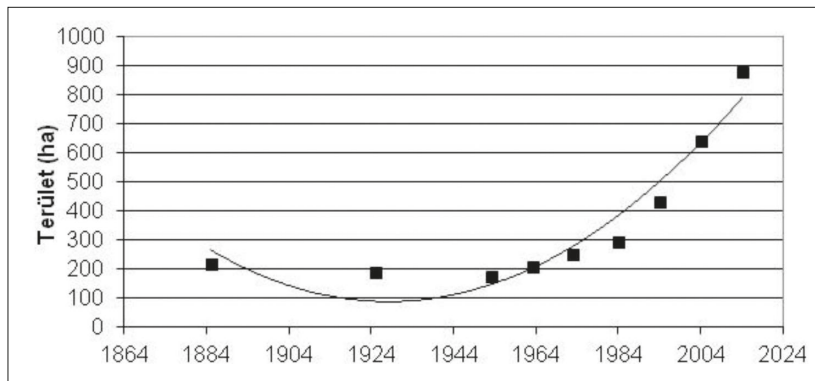
2.3.-3. ábra. A bükk területnövekedése az 1960-as évektől napjainkig (a szövegben megjelölt források alapján)

Annak ellenére, hogy az elmúlt két évtizedben számos tájmonográfia látott napvilágot, egyelőre kevés tájnkra rendelkezünk konkrét adatokkal a bükk korábbi (főképp a 20. század közepénél régebbi) területét, illetve részarányát illetően. Itt lentebb néhány kisebb esettanulmányt, elemzést ugyanakkor közreadunk, s kísérletet teszünk a változások magyarázatára is.

Az Őrség területén a korábbi „Zöld Könyvek” vonatkozó fejezete 1963-ban 1 298 ha bükk előfordulást jelez. 2015-re ez az érték 3 120 ha-ra nőtt (Bartha et al. 2019), ami 140%-os növekedést jelent. Ez a korábbi, évszázados tájhasználat, illetve az ennek felhagyása után megindult széleskörű regeneráció, ennek részeként a lombos fafajok előretörése nyomán egyáltalán nem meglepő, bár a növekedésben kisebb részben a fenyvesek mesterséges alatelepítése is szerepet játszott. Érdekes, hogy a területen a fenti két időpont között más lombos fafajok területfoglalása is nagymértékben nőtt, továbbá a tájképileg is meghatározó fenyők területe sem csökkent (sőt, a lucfenyő átmenetileg jelentősen nőtt is), így egyértelműen a korábbi fenyvesek (legáltalában komoly mértékű) átalakulásáról, és a fenyők súlypontjának áthelyeződéséről (az egykori fenyvesek

ellombosodásáról, valamint a korábban erdőtlen területeken újabb fenyesek kialakulásáról) beszélhetünk. Ezt támasztja alá a bükkösök területének nagyon komoly mértékű (950 ha-ról 3 943 ha-ra, vagyis közel négyszeresére történő) növekedése is a „Zöld Könyvek” két megjelenése között.

A Soproni-hegység városi, majd állami tulajdonú erdőterületére 1885-ig visszamenőleg állnak rendelkezésre üzemtervi állapot-leíró adatok (Szmorad et al. 2019). Ezek alapján elmondható, hogy a 18–19. századig tartó kíméletlen erdőhasználatok következtében a bükk területe először erőteljesen csökkent a pionír fafajok (gyertyán, nyír, rezgő nyár) javára. A közel 4 000 ha-os erdőtömbön belüli, további kismértékű csökkenés következtében ez a terület a 20. század közepére 200 ha alá esett, azóta viszont folyamatosan, az utóbbi évtizedekben – főleg a kipusztult lucosok helyére (bükkös klímában) való visszavitel, a spontán visszatelepülés, valamint (véltetően) az elmúlt évtizedekben elvégzett nevelővágások révén – szinte exponenciálisan nő a bükk területe (2.3.-4. ábra). A mélyponthoz képest 2014-ig a növekedés ötszörös mértékű!



2.3.-4. ábra. A bükk területfoglalásának változása a Soproni-hegységben (1885–2014) (Szmorad et al. 2019)

össze 25%-os növekmény, de itt figyelembe kell venni, hogy a sok véderdő miatt az elmúlt évtizedekben a területen csak nagyon alacsony intenzitású erdőgazdálkodási tevékenység folyt, így az erdőgazdálkodás következtében beállott változások is csekély mértékűek.

2.3.-2. táblázat. A bükk területfoglalásának változása (1935–2016) az Aggteleki-karszt egykori koronauradalmi erdeinek területén (erdészeti üzemtervi adatok alapján)

Időpont	Összterület (ha)	Bükk területe (ha)	Bükk aránya (%)
1935	3 585,08	352,16	9,82
1974	3 483,98	359,12	10,31
2016	3 490,71	446,23	12,78

Kisebbségi léptékben vizsgálódva is jól kimutatható a bükk területének fokozatos növekedése. Egy korábbi erdőtípus-térképezés megismétlése adta az apropót a börzsönyi Deszkametsző-völgy ilyen értelmű felméréséhez és értékeléséhez. Itt 6 évtized alatt a bükk területe 2,5-szörösére (egy 260 hektáros területen belül közel 40 hektárral) növekedett az erdőtervi leíró adatok szerint (2.3.-3. táblázat). A terület rendszeres erdőgazdálkodási tevékenységgel érintett tömb, ahol a betervezett nevelővágásokat a múltban következetesen elvégezték. Ennek folyományaként a korábban jelentős szerepet betöltő gyertyán háttérbe szorult, míg a bükk (és mellette a kocsánytalan tölgy) területfoglalása, illetve területi aránya egyaránt látványosan növekedett.

2.3.-3. táblázat. A bükk területfoglalásának változása (1954–2016) a Deszkametsző-völgy (Börzsöny) környékének erdeiben (erdészeti üzemtervi adatok alapján)

Időpont	Összterület (ha)	Bükk területe (ha)	Bükk aránya (%)
1954	261,20	22,82	8,74
1997	261,20	61,19	23,43
2016	260,54	58,62	22,50

A rendelkezésre álló adatok alapján a bükk szerepe az erdőtelepítésben gyakorlatilag nulla, a fafaj fenti-ekben bemutatott, II. világháborút követő, komoly mértékű térhódítása számos egyéb, részben természetes (regenerációs) folyamatokra, részben erdőgazdálkodási beavatkozásokkal összefüggésbe hozható okokra vezethető vissza. Ezek közül néhányat az alábbiakban vázolunk:

1. Bár a korábbi évszázadok, sőt évezredek tájhasználatára szinte minden esetben az egykori őshonos lombdőrö rováására módosította az egyes tájak összetételét, a bükkös zónát – elsősorban magassági fekvéséből adódóan – ez nyilvánvalóan kevésbé érintette, és utóbb sem következett be jelentős (bükkös) visszaerdősülés. Ez alól ismert kivétel az Őrség és a Vendvidék területe, ahol a gazdálkodás túlnyomórészt nemcsak az egykori lombdőröket szüntette meg, hanem ezek termőhelyét is átalakította (Tímár et al. 2002). Ez a drasztikus tájtalakítás előbb az erdeifenyő és a fenyvesek elterjedéséhez, majd a 20. század közepétől ezek ellombosodásához, és a bükk fent már bemutatott ugrásszerű (vissza-)terjedéséhez vezetett. A folyamat ma is tart.

2. Ahol az egykori bükkösök nagyobb települések közelében terültek el, ott ezek korábbi kiélése fafaj-váltáshoz, könnyebben sarjadó és terjedő fafajok előretöréséhez vezetett. Az erdő kezelésében történt nagymértékű változások utóbb (jellemzően a 20. század közepétől) a bükk visszatelepülésével, illetve sokszor annak tervszerű visszatelepítésével jártak. Erre mutat példát (a fenyvesítés történeti hátterét és a fenyvesek visszaszorulásának kérdését itt most részletesebben nem kifejtve) a Soproni-hegység fent ismertetett változása.

3. A bükköt közel egy évszázadig gazdasági szempontból kevésbé értékes fafajnak tekintették. Ezt mutatja be a Zemplén példáján Járasi (2007) is: „...az Országos Erdészeti Egyesület 1880 évi közgyűlésén elfogadták: a kevés értékkel bíró bükk állabaink lassacskán tölgy és értékesebb fenyő fafajokkal helyettesítendő. Számtalan szakcikkben elemezték „a jelenleg majd teljesen értéktelen bükkösök értékesítését ... a bükkösök átalakítását... vagy lehetőleg elegyítését más, nemesebb fánemekkel” (Illés, 1880)”. Hasonló mutatható ki a Bükkben is (Járasi 2002): az újhuta (bükk-szentkereszti) pagony „II. vágássorozatának helyei alkalmasak a vörös- és lucfenyőfa tenyésztésére ... ezen vágássorozatban a jövőben tiszta fenyőállomány nevelendő. (Enyedi 1907-1908)”. A korábbi nagymértékű mesterséges fenyvesítés után az elmúlt két évtizedben – főleg az elegyetlen lucosokban, de más fenyves állománytípusokban is – jelentős fenyőpusztulás zajlott. A bükkös klímazónán (a bükkös klímájú erdőrészekben) belül a fenyves faállományok területe az ezredforduló óta eltelt közel 2 évtizedben 10.300 ha-ról a felére csökkent, s ezek helyén az esetek nagy többségében bükk dominanciájú erdősítéseket hoztak létre. A bükk területnövekedése tehát részben bükkös termőhelyeken végrehajtott fafajcserés átalakításoknak tudható be.

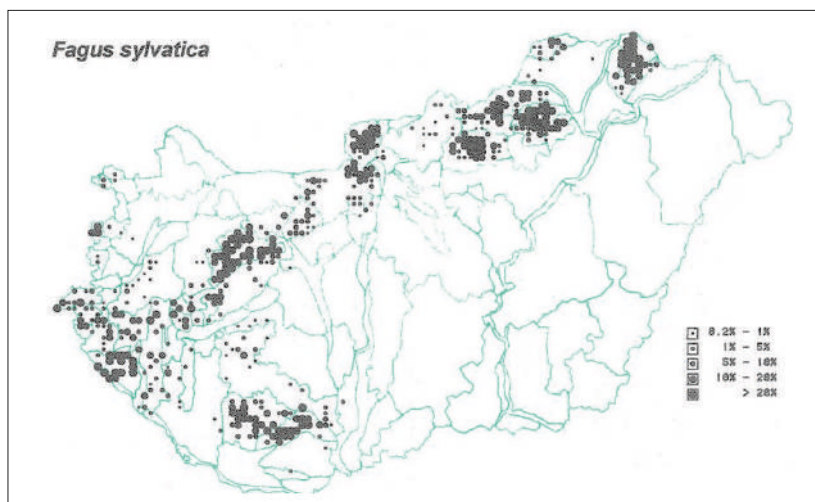
4. Domb- és hegyvidéki erdőterületeken a 20. század két időszakában is jelentős volumenű, koncentrált véghasználatok folytak: a nagy gazdasági világválság időszakában (1929–1933) és a II. világháború, illetve az azt követő újjáépítés időszakában (az 1940-es években, az 1950-es évek elején). Az ekkor letermelt állományokban az általánosan alkalmazott nagyterületű tarvágások miatt sok esetben nem sikerült biztosítani a gazdasági szempontból fontosabb fafajok (tölgyek, bükk) megfelelően magas arányát, ehelyett nagy területen jöttek létre gyertyán, juharok, kőrisek (a Dél-Dunántúlon ezüst hárs) által uralt állományok. Ilyenekre utal konkrétan a montán bükkösök helyén kialakított magaskőrisetek formájában a Börzsöny területén Nagy (2007) és a Bükkben Vojtkó (2002) a vegetációfelmérésük nyomán. Ezekben az ún. konszociációkban az 1950-es évektől a mai napig végrehajtott nevelővágások már a fafajok előtérbe helyezését célozták, ami több évtized után jelentős változásokat hozott a fafajösszetételre. A Dunántúli-középhegységben a

korábbi és a jelenlegi „Zöld Könyv” adatai alapján az elmúlt 60 évben a gyertyán 18%-os területcsökkenését a bükk 40%-os növekedése kísérte, de egyes középhegységi részterületeken a gyertyán és bükk arányt akár megfordítani is sikerült. Utóbbira példa a már említett Deszkametsző-völgy déli, ma bükkösökkel jellemezhető 127 ha-os része, ahol 1954 és 2016 között a bükk aránya 18%-ról 45%-ra nőtt, míg a gyertyáné 60%-ról 18%-ra csökkent. Hasonlóképpen, az elmúlt 20 évben, nyilvánvalóan a nevelővágások eredményeként országosan 62%-ról 70%-ra nőtt a bükkös faállománytípusokon belül is a bükk részaránya.

5. Természetes felújulás révén, különösebb gazdálkodói beavatkozások nélkül a bükk folyamatosan terjeszkedik: újulata megjelenik idős bükkösökön kívül, illetve bükkfáktól távol, továbbá gyertyános-tölgyesekben, tölgyesekben, de néhol akár üde termőhelyen álló cseresekben is sokkal nagyobb arányt ér el az újulatban, mint amilyen az idős (anya-) állományban van, illetve volt (véghasználat előtt). Az Északi-középhegység három tájegységében végzett igen részletes erdőállapot felmérés (Standovár et al. 2017) ezt bizonyos mértékig számszerűsíteni is képes. A mintegy 60 ezer mintavételi pont (500 m²-es mintaterület) közül 26 ezer helyszínen fordul elő méretesebb (20 cm-nél vastagabb) bükk, közel ugyanennyiben (23 600) van bükk újulat, és utóbbiak közül 2.894 mintaterületen a fafaj újulata úgy van jelen, hogy az idős bükk hiányzik. 598 esetben az újulatban a bükk úgy tölt be állományalkotó szerepet (20%-nál nagyobb arányt), hogy ugyanezt az arányt az idős mérettartományban nem éri el. A fafaj így kifejezhető terjedési képessége a kocsánytalan tölgygyel és a cserrel összehasonlítva értékelhető igazán: utóbbi, közel 600-as esetszám a bükk újulat összes megjelenésére vonatkoztatva 2,5%, az összes méretes bükk előfordulásra 2,3%. A tölgyre ugyanezeket a számokat előállítva az arány 1,0%, illetve 0,4%, a cserre 1,3%, illetve 0,7%, vagyis a bükk így számszerűsíthető terjedési képessége utóbbiaknak a 2-6-szorosa. Tekintettel arra, hogy a tölgyek felkarolásának évszázados hagyománya van az erdészeti gyakorlatban, míg (mint a fenti 3. pontban már utaltunk rá) a bükk sokáig üldözött fafaj volt, a gyertyános-tölgyesek és kocsánytalan tölgyesek ilyesfajta részleges elbükkösödése az erdők természetes regenerációjának egyik tipikus megnyilvánulásaként értékelhető. Vagyis ez esetben helyesebb a „visszabükkösödés” kifejezés használata, melynek keretében a bükk napjainkban fokozatosan újra elfoglalja egykori termőhelyeit, termőterületeit.

A bükk és a bükkösök aktuális elterjedési területe

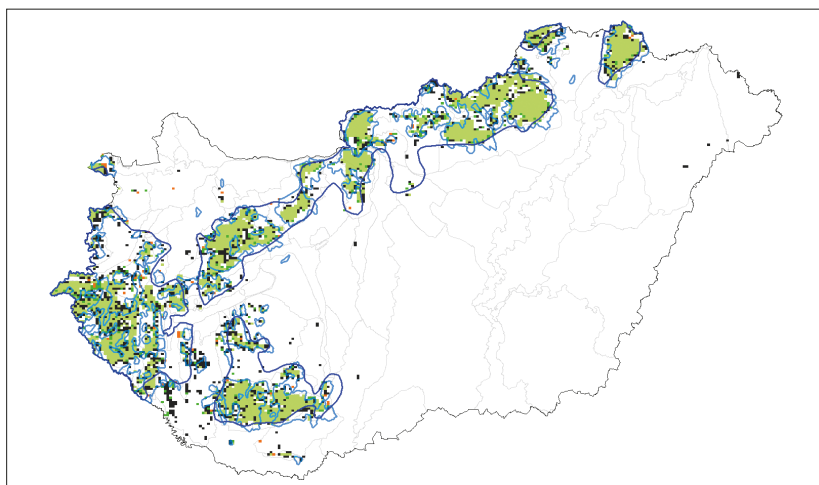
A területi elterjedést a már bemutatott két térképen túl, az Országos Erdőállomány Adattár adatai alapján Bartha és Mátyás (1995) az 1990-es, Csóka és munkatársai (1997) az 1996-os, Bán és munkatársai (2002) a 2001-es, végül saját feldolgozásunk a 2016-os állapotban mutatja be. Bartha és Mátyás (1995)



2.3.-5. ábra. A bükk hazai előfordulása az 1990-es adatok alapján (Bartha & Mátyás 1995)

térképe (2.3.-5. ábra) az erdészeti monitorig hálózat pontjaira számít arányokat, amit nehéz a többi hazai elterjedés-térképpel összevetíteni.

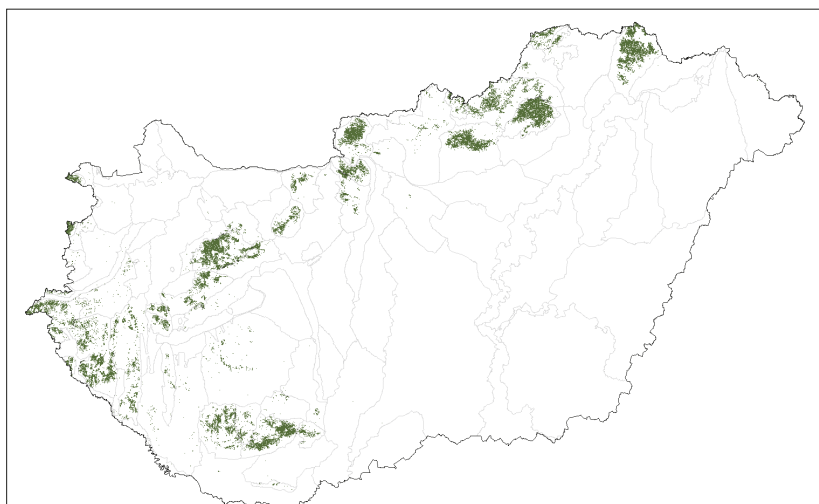
Az 1996-os és a 2001-es térkép a sztereografikus alaphálózat 288 ha-os alapegységeit használja, így egymással, valamint az 1913-as (Fekete & Blattny 1913) és 1962-es (Járó 1962) térképpel is összevethető. Végül, ha ugyanerre a hálózatra rávetítjük az aktuális (2016-os) állapotot, akkor a különböző adatok, illetve becslések jól összehasonlíthatóak (2.3.-6. ábra).



2.3.-6. ábra. A bükk hazai elterjedésére vonatkozó térképek összevetése (sötétkék vonal: a bükk elterjedése Fekete és Blattny (1913) térképe szerint; világoskék vonal: a bükk elterjedése Járó (1966) térképe szerint; világoszöld pixel: bükk jelenlét Csóka és munkatársai (1997), Bán és munkatársai (2002) és a 2016-os állapot szerint; zöld pixel: új bükk jelenlét Bán és munkatársai (2002) térképe szerint; sötétzöld pixel: új bükk jelenlét a 2016-os állapot szerint; narancssárga pixel: megszűnt bükk jelenlét az első és az utolsó időpont között)

sodlagos síkvidéki előfordulások és a csak töredékesen érintett elemi területek nincsenek benne. A bükk aktuálisnak tekinthető, erdőrészlet léptékű (2016-os) elterjedési térképét a 2.3.-7. ábra mutatja be.

Fenti térkép az összes olyan erdőrészletet tartalmazza, amiben a bükk előfordul (tekintet nélkül a mennyiségére, illetve az arányára). E fajra a leginkább állományalkotóként gondolunk, sőt azok között van, amelyeket a leginkább elegyetlen állományok alkotójaként fogadunk el, még természetyszerű állapotban is. Faállománytípusok szerint vizsgálva az előfordulásokat azonban sokkal differenciáltabb a kép: az összes bükkal számszerűsíthető mértékben érintett erdőrészlet területe mintegy 290 ezer hektár, amiből csak 46% sorolható bükkös faállománytípus-csoportba, és ez utóbbin belül is csak 21% az elegyetlen bükkös típus. A bükkösök jelentős többsége tehát (komolyabb mértékben) elegyes, és a faj előfordulásainak több mint a felében elegyes. A bükkal azonosíthatóan komolyabb mértékben elegyes (B-GY-KTT, B-EF, B-LF) faállománytípusok az összes bükk előfordulás fenti területén belül csak kb. 10%-ot tesznek ki, amihez biztosan hozzájárul még jelentősebb területű bükk elegyes tölgyes is (amit a faállománytípusok között az egyéb lomb elegyes tölgyesek között kell keresni).



2.3.-7. ábra. A bükk aktuális hazai elterjedése (OEA 2016)

Fekete és Blattny (1913) térképének körvonalai jól láthatóan a táji léptékű vizsgálathoz alkalmazkodnak, de ebben a léptékben még a mai adatok fényében is zavarba ejtően pontosak. Járó (1966) térképe községhatár felbontású (amit utólag vontunk össze), ennek megfelelően nagyobb területet fed le, de sok szórványos előfordulást is jelez (a két térkép közötti főbb különbségekre már a korábbi alfejezetben utaltunk). Számszerűsíthetően igen jelentős a növekedés az utóbbi 20 évben: 1996 és 2001 között 2 760-ról 3 103-ra (12%-os növekedés), míg 2016-ra 4 510-re (53%-os növekedés) nőtt az érintett pixelek száma a térképen, miközben 100-ról el is tűnt a bükk. A növekedésben a vélhetően má-

tyes (B-GY-KTT, B-EF, B-LF) faállománytípusok az összes bükk előfordulás fenti területén belül csak kb. 10%-ot tesznek ki, amihez biztosan hozzájárul még jelentősebb területű bükk elegyes tölgyes is (amit a faállománytípusok között az egyéb lomb elegyes tölgyesek között kell keresni).

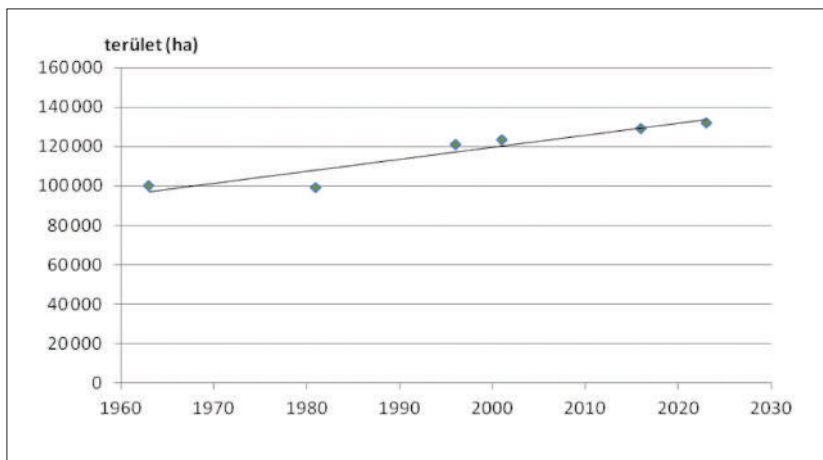
Elegyesként a bükk magától értetődően (bükkössel nagyon gyakran közvetlenül érintkező) gyertyános-kocsánytalan tölgyes faállománytípusokban a legnagyobb jelentőségű, aránya itt a 2001-es adatok szerint 4,8%. Ez többé-kevésbé fordítva is igaz: a

gyertyános-tölgyeseken belül a cser mögött a bükk a második leggyakoribb elegyfa (a névadó fajokon túl). Egykori természetes és mai potenciális szerepe ezen a téren és ebben a régióban az aktuálisnál minden bizonnyal jóval nagyobb: a középhegységi üde erdőkben az erdészeti gyakorlat mindmáig inkább a kocsánytalan tölgyet favorizálja, és 60-80 évvel ezelőttig a bükköt kifejezetten igyekezett visszaszorítani. A fentiekben bemutatott, aktuálisan is tapasztalható terjedése részben ezt igazolja, hiszen nagyon sok a regenerálódó, bükkal visszatelepülő, vagy legalábbis visszaelegyedő állomány. Sok egyéb faállománytípusban is előfordul, de ez már részben az érintett erdőrészek kialakításának, területnagyságának és termőhelyi változatosságának is függvénye. Közel ezer hektárnyi molyhos tölgyes is érintett például, ezek egy része már a különleges bükk előfordulások témakörébe tartozik.

Jelentős területi különbségek a bükkösök bükk dominanciáját illetően nem láthatóak, míg a bükk elegyfaaként nyilvánvalóan jóval komolyabb szerepet tölt be azokban a tájakban, ahol termőhelyileg közelebb van az optimához, és összességében is nagyobb mennyiségben van jelen. Erre jó példa hazai viszonylatban a Magas-Bakony: itt Führer (2019) szerint a bükk aránya az összes erdőben 39%, a bükkösökön belül 72%, míg az összes többi állományban 7%. Ugyanez a közeli, de sokkal kevésbé optimálisnak tekinthető Vértesben rendre 8%, 67%, illetve 2%.

Az előbbieket a bükköt csak szálanként (általában 5%-nál kisebb mértékben, fafajsorban nem, csak az egyéb fafajok között) tartalmazó, időnként valóban csak egy-két egyeddel érintett mintegy 22 000 hektárnyi erdő egészíti ki, a bükköt tartalmazó erdőrészek összes területe így ma megközelíti a 310 000 hektárt, az összes hazai erdő 17%-át.

A bükkösök területfoglalására először a már többször idézett első „Zöld Könyvek” tartalmaznak adatot. Faállománytípus kategorizálás híján ez akkor a „3. kimutatás a ... erdőgazdasági tájban az egyes erdőtípusok vízgazdálkodási fokozás szerinti területfoglalásáról” táblázatban, a „Középhegységi természetes erdőtípusok” között, a „Bükk-öv”, „Elegyetlen bükkösök” és (ritkábban) „Elegyes bükkösök” kategóriák alatt jelent meg. Bár ennek tartalma némileg nyilvánvalóan más, az adatok a későbbi (faállománytípusok szerinti) adatokkal összevethetőnek tűnnek. Ezek, valamint Mendlik (1986) és a már idézett egyéb statisztikai források alapján nemcsak a bükk, hanem a bükkösök területe is növekvő tendenciát mutat (2.3.-8. ábra).



2.3.-8. ábra. A bükkös faállománytípusok területének változása a 20. század második felében

Mint látható, az első, módszertani problémákból adódó különbségektől eltekintve a bükkös faállománytípusok területének növekedése máig töretlen. Ez tájcsoportok szerint vizsgálva egyenként is igaz, a legnagyobb növekedés a bükk fafajhoz hasonlóan itt is a Dél-Dunántúlon mutatható ki (2.3.-4. táblázat).

2.3.-4. táblázat. A bükkös faállománytípusok területének változása (1960–2022) erdészeti nagytájak szerint (hektárban, Danszky 1963 és Führer 2017–2022 alapján)

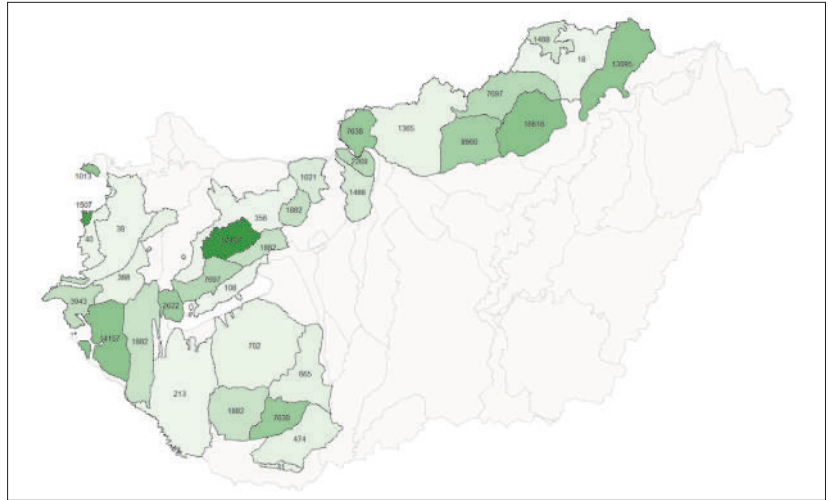
Időpont	Nyugat-Dunántúl	Dél-Dunántúl	Dunántúli-khg.	Északi-khg.	Összesen
1960 tény	17 660	12 600	22 304	47 752	100 316
2017–2022 tény	21 048	17 579	33 891	56 859	129 437

Az újabb kiadású „Zöld Könyvek” (Führer 2017–2022) adatai alapján a bükkösök jelentőségét (arányát és területét) az egyes erdészeti tájakban az alábbi ábra mutatja be (2.3.-9. ábra).

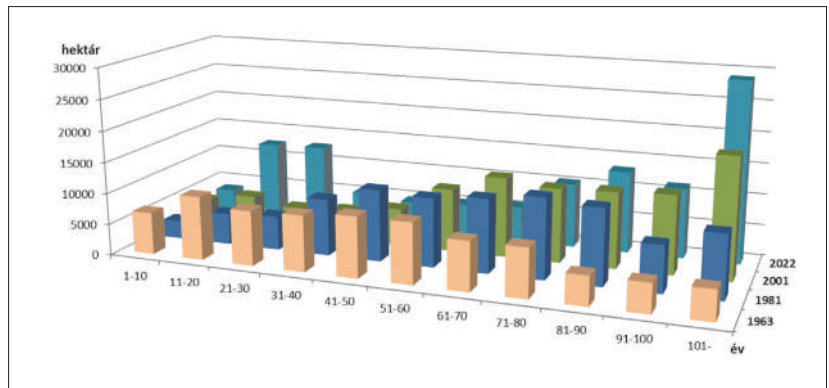
A bükk és bükkösök korosztályviszonyai

A bükk, illetve a bükkösök koreloszlásának vizsgálatára a korábban már bemutatott adatforrások adnak lehetőséget. Az első adatok bizonytalansága ellenére a változások egyértelműek és jól értelmezhetőek. Danszky (1963), Mendlik (1986), Bán és munkatársai (2002), valamint az NFK honlapján közzétett adatok alapján a korosztályok eloszlása az elmúlt 60 évben az alábbiak szerint alakult (2.3.-10. ábra).

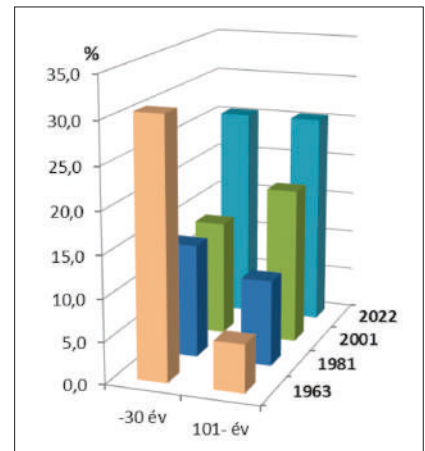
Az 1963-as adatsorban a 40–60, 60–80 és 80–100 éves korcsoportok még egyben szerepeltek (az ábrán két-két egyenlő részre osztva mutatjuk be őket). Ebben az adatsorban az 1930-as évek elején (nagy gazdasági világválság) és az 1940–50-es években (II. világháború és újjáépítés) letermelt állományok utódai emelkednek ki a fiatalabb korosztályokban. A későbbi időpontokban ezek folyamatos korosodása követhető nyomon. Az idős korosztályok kezdeti alacsony területe (aminek akkor is egy évszázadra visszamenő gazdálkodástörténeti magyarázata volt) évtizedekre előrevetítette a visszafogott véghasználati-felújítási lehetőségeket, s mivel a bükk területét mesterségesen csak kismértékben lehetett növelni, az első két-három korosztályban hosszú ideig hiány mutatkozott. Ez a 2000-es évektől változott meg, ennek hatása látszik az utolsó, aktuális adatsoron. Időközben azonban a fafajpolitikai irányelvek és a gazdálkodási gyakorlat is sokat változott, teret nyert a természetközeli (és ennek részeként a nemvágásos) erdőgazdálkodás, folyamatosan (főleg a védett természeti területeken) nőttek a vágáskorok, s mindezek eredményeként mindmáig nő a legidősebb (100 év feletti) korcsoport területe és részaránya, még az utóbbi évtizedekben fellendülő véghasználatok-felújítások ellenére is (2.3.-11. ábra). Megjegyzendő, hogy a középkorú, majd idős korosztályokban a bükk arányának állományon belüli növekedése, illetve növelése is területnövekedésként jelentkezik.



2.3.-9. ábra. A bükkösök aktuális hazai elterjedése (Führer 2017–2022 nyomán; az erdészeti tájakba írt számok a területnagyságot mutatják hektárban, míg a területi arányt a színskála szemlélteti)



2.3.-10. ábra. A bükk korosztály-változásai 1963 és 2022 között



2.3.-11. ábra. A bükk fiatal (30 év alatti) és idős (100 év feletti) korosztályainak területarány-változása 1963 és 2022 között

Irodalom

- Anon. (szerk.) 1933: Erdészeti Statisztikai Közlemények III. (1930, 1931, 1932). Közreadja a M. Kir. Földmívelésügyi Miniszter. – Stádium Sajtóvállalat Rt., Budapest, XII–XIX. táblázat.
- Bartha D. & Mátyás Cs. 1995: Erdei fa- és cserjefajok előfordulása Magyarországon. – Sajat kiadás, Sopron, 223 pp.
- Bartha D., Korda M., Tiborcz V. & Zagvyai G. 2019: Az Őrségi Nemzeti Park erdőstratégiája és erdeinek kezelési koncepciója. – Kézirat, Sopron, 143 pp.
- Bedő A. 1896: A Magyar Állam erdőségeinek gazdasági és kereskedelmi leírása I., II/1., II/2., III., IV/1. (2. kiadás) – Magyar Nyomda, Budapest, 591 + 437 + 908 + 249 + 391 + 747 pp.
- Bán I., Király P., Pluzsik A., Szabó P., Wisnovszky K. & Zétényi Z. 2002: Magyarország erdőállományai 2001. – Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest, 250 pp.
- Csóka P., Czirok I., Fejes L., Jancsó Gy., Madas K., Szepesi A. & Szabó P. (1997): Magyarország erdőállományainak főbb adatai 1996. – Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest.
- Danszky I. (szerk.) 1963: I. Nyugat-Dunántúl erdőgazdasági tájcsoport, II. Dél-Dunántúl erdőgazdasági tájcsoport, IV. Dunántúli-középhegység erdőgazdasági tájcsoport, V. Északi-középhegység erdőgazdasági tájcsoport. – Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest.
- Danszky I. & Rott F. (szerk.) 1964: Általános irányelvek. Erdő- és termőhelytípus térképezés. – Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 346 pp.
- Fekete L. & Blattny T. (1913): Az erdészeti jelentőségű fák és cserjék elterjedése a magyar állam területén I–II. – Joerges Ágost özvegye és fia könyvnyomdája, Selmechánya.
- Führer E. (szerk.) 2017: Magyarország erdészeti tájai. II. Északi-középhegység erdőgazdasági tájcsoport. – Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Budapest.
- Führer E. (szerk.) 2019: Magyarország erdészeti tájai. III. Dunántúli-középhegység erdőgazdasági tájcsoport – Nemzeti Földügyi Központ, Budapest, 778 pp.
- Führer E. (szerk.) 2022: Magyarország erdészeti tájai. V. Nyugat-Dunántúl erdőgazdasági tájcsoport, VI. Dél-Dunántúl erdőgazdasági tájcsoport – Nemzeti Földügyi Központ, Budapest, 651 pp.
- Halász A. 1994: A magyar erdészet 70 éve számokban. – FM Erdőrendezési Szolgálat, Budapest, 204 pp.
- Járasi L. 2002: Kincstári és uradalmi erdőgazdálkodás. In: Baráz Cs. (szerk.): A Bükki Nemzeti Park. – Bükki Nemzeti Park Igazgatóság, Eger, pp. 455–466.
- Járasi L. 2007: Az erdő- és vadgazdálkodás története. In: Baráz Cs & Kiss G. (szerk.): A Zempléni Tájvédelmi Körzet. – Bükki Nemzeti Park Igazgatóság, Eger, pp. 243–267.
- Járó Z. 1962: Fontosabb fafajaink elterjedése. – Az Erdő 11(1): 7–22.
- Járó Z. (1966): A fajok hazai elterjedése. In: Erdészeti termőhely feltárás és térképezés. – Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 117–136.
- Járó Z. 1968: Bükkgazdálkodásunk feladatai. 104000 hektár sorsa. – Erdőgazdaság és Faipar 22(10): 12.
- Mendlik G. 1986: A bükk szerepe a magyar erdőgazdaságban. In: Bondor A. (szerk.): A bükk. – Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 7–14.
- Nagy J. 2007: A Börzsöny hegység edényes flórája. (Rosalia 2., A Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság tanulmánykötetei.) – Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 378 pp.
- Rapaics R. 1936: A magyar erdő számokban. – Természettudományi Közlemények 68(1045–1046): 89–90.
- Standovár T., Bán M. & Kézdy P. (szerk.) 2017: Erdőállapot-értékelés középhegységi erdeinkben. (Rosalia 9., A Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság tanulmánykötetei.) – Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 612 pp.
- Szomorad F., Király G. & Szűcs P. 2019: Növényvilág és növénytakaró. In: Kárpáti L. (szerk.): Soproni Tájvédelmi Körzet. Monografikus tanulmányok a Soproni-hegység természeti és kulturális értékeiről. – Fertő–Hanság Nemzeti Park Igazgatóság, Szaktudás Kiadó Ház Budapest, pp. 65–114.
- Tímár G., Ódor P. & Bodonczy L. 2002: Az Őrségi Tájvédelmi Körzet erdeinek jellemzése. – Kanitzia 10: 109–136.
- Vojtkó A. 2002: A hegység növénytakarója. In: Baráz Cs. (szerk.): A Bükki Nemzeti Park. – Bükki Nemzeti Park Igazgatóság, Eger, pp. 237–261.

URL1: Nemzeti Földügyi Központ (NFK) / Magyarország erdeivel kapcsolatos adatok / https://nfk.gov.hu/Magyarország_erdeivel_kapcsolatos_adatok_news_513

2.4. Különleges bükk előfordulások Magyarországon

Bartha Dénes, Szmorad Ferenc, Tímár Gábor és Zagyvai Gergely

Különlegesnek tekintjük azokat a jelenlegi bükk előfordulásokat, amelyek részben nem megszokott (az általános szakmai elvárásoknak nem megfelelő) földrajzi helyzetben (tájban vagy tájrészletben), részben nem megszokott termőhelyi feltételek, illetve körülmények mellett található. A ma különlegesnek minősített előfordulások egy része a természetes vegetációban vélhetően nem számítana különlegesnek. A különleges bükk előfordulások csoportosítása során elkülönítettük az alföldi adatokat a hegy- és dombvidéki erdészeti tájak adataitól. Utóbbi halmaz különböző forrásokból származó, de egymással átfedő csoportokból áll, ezért azt a könnyebb ábrázolhatóság érdekében tovább tagoltuk. Külön tárgyaltuk az Országos Erdőállomány Adattár alapján a hegy- és dombvidéki tájak alacsony fekvésben elhelyezkedő előfordulásait és külön jellemeztük az egyéb adatforrások alapján (szakirodalmi adatok, adatközlők adatai, atipikus termőhelyek adatai) térképre vitt állományokat.

Alföldi bükk előfordulások

A holocén hűvösebb, csapadékosabb időszakában a bükk nagyobb (maradvány jellegű) állományai megtalálhatóak voltak az alföldeken is. Napjainkra azonban Magyarországon egyértelműen hegy- és dombvidéki karakterű fafajnak számít, melynek összes alföldi előfordulása érdeklődésre tarthat számot.

A fafaj alföldi előfordulásainak összegyűjtése és ábrázolása során a témában megjelent összefoglaló szakirodalmakra (Király & Szalacsi 1994; Kevey 1995), az önkéntes adatszolgáltatást nyújtó erdész szakemberek információira és az Országos Erdőállomány Adattár (2016) üzemtervi adataira támaszkodtunk. A szakirodalomból származó előfordulási adatok esetén volt lehetőségünk a természetes, a bizonytalan és a mesterséges előfordulás kategóriák használatára és ábrázolására. A kategóriák elkülönítése önmagában is sok bizonytalanságot hordoz, valójában egy valószínűségi jellemző spektrumának mesterséges szétválasztásáról van szó.

Az erdészeti adattárból leválogattuk a kifejezetten mély fekvésű (hullámtéri helyzetű) és a 150 méternél alacsonyabban fekvő, nem ártéri, bükköt is tartalmazó erdőrésztleteket. Az árterek kültér besorolású állományait külön nem kerestük, mivel ezek automatikusan megjelennek a 150 m alatti előfordulások leválogatása során. Külön szűrést végeztünk azokra a bükk előfordulásokra, amelyek a következő atipikus termőhelyi jellemzők valamelyikével bírnak: *Klíma*: Erdőssztyepp klíma; *Hidrológiai viszonyok*: Állandó vízhatású, Felszínig nedves, Vízrel borított; *Genetikai talajtípus*: Futóhomok, Nyers öntéstalaj, Csernozjom talajok, Elsődleges szikesek talajtípusai, Réti talajok, Síkláp talaj.

Az alföldek természetes vagy bizonytalan bükk előfordulásainak mintázata alapján két tájtípus emelhető ki, amelyek számos esetben egymással is átfednek. Reálisan felvethető a fafaj spontán jelenléte az alföldeket átszelő nagy folyók és mellékfolyók árterületein, ahol a vízfolyások propagulum-szállító vektorok is egyben, és eleven kapcsolatot jelentenek a hegy- és dombvidéki bükkös régiókkal. Koncentrált bükk előfordulások figyelhetők meg továbbá az alföldek peremterületein, ahol a szomszédos hegy- és dombvidékeken már zárt erdők jelentik a természetes vegetációt (2.4.-1. ábra).

A **Nagyalföldön** az ártéri jellegű területek közül a **Szatmár–Beregi-síkságon** a tőzegmohalápjáról nevezetes Csaroda határában, gyertyános-kocsányos tölgyesben élő bükkök jó eséllyel természetes előfordulást jelentenek. Bizonytalan eredetű előfordulás található Gulács község határában. Barabás területén a helynevek utalnak a fafaj régi jelenlétére (pl. Bikkes-patak, Bikkeshát). Kömörő határában ültetett lucfenyvesben találták meg a bükköt, de nem lehet kizárni a lehetőségét, hogy a korábbi gyertyános-kocsányos tölgyes fajkészletének túlélőjéről van szó. Gelénes és Tarpa esetében a bükk jelenléte szinte bizonyosan mesterséges telepítésre vezethető vissza. A Beregdaróc község határában elhelyezkedő bükköt is tartalmazó erdőrésztletek atipikus termőhelyek, öntés réti talajjal jellemezhetők.

A **Bodrogközben**, nagyrészt Sárospatak és Sátoraljaújhely települések határában terül el az ártéri erdőtársulásokat és síkvidéki gyertyános-kocsányos tölgyesek maradványait őrző Long-erdő, amelyben a bükk előfordulások megalapozottan sorolhatók a természetes kategóriába.

A **Tisza-ártérhez** kapcsolódó egyik legnevezetesebb, természetes eredetűnek tartott bükk előfordulás a Lakitelek melletti Töserdőhöz köthető. Bizonytalan eredetűek a Tiszaszőlős, Tiszavasvári és Szajol határában elhelyezkedő előfordulások. Mesterséges eredetűek a tiszakürti és szegedi arborétumokban található egyedek.

A **Drávamenti-síkságon** természetesnek tarthatjuk Bogdása, Drávaiványi és Drávasztára bükk előfordulásait, sajnos utóbbi populáció napjainkra elpusztult. A szakirodalom bizonytalan üzemtervi forrásokra hivatkozva említi a Drávapiski határához kötődő adatot. Marócsa területéről a fafajra vonatkozó, bizonytalan eredetű előfordulást rögzítő adat 1990-ből áll rendelkezésünkre. Mesterséges eredetűek, de kultúrtörténeti vonatkozásai miatt különlegesek a „Hét vezér” bükkfák Gordisa határában, a facsoport létrehozását a honfoglalás évfordulója ihlette 1996-ban.

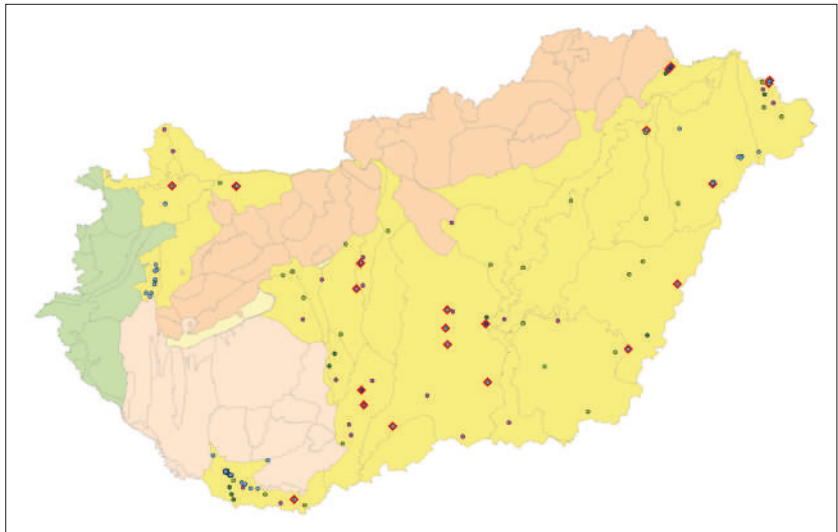
A **Körös–Maros-közén** és a **Berettyó–Körös-vidéken** elhelyezkedő, a szakirodalomban jelzett előfordulások bizonytalan eredetűek, kivételt csupán Sarkadon a József-szanatórium melletti erdő jelenti, ahol a helyi erdészek a bükk előfordulását természetesnek tartják.

A **Nagyalföld** 150 méternél alacsonyabban fekvő, **nem ártéri** termőhelyeinek bükk előfordulásait leszűrve kirajzolódnak a homokterületeink: a Duna–Tisza közti hátság (Kecskemét, Jakabszállás, Pusztaszér) és a Nyírség (Nyíregyháza, Nyírvasvári, Tiborszállás), valamint a Drávamenti-síkság északi részének települései (Várad, Szentegát, Bűrüs).

A **Nyírség** területén található, a szakirodalomban jelzett debreceni előfordulás bizonytalan eredetű. Megtalálhatjuk a bükköt Nyírvasvári, Nyíregyháza és Nyíracsád erdőrészeleiben, utóbbi állomány atipikus termőhelyi tényezőjét a réti talaj jelenti.

Az igen száraz termőhelyet jelentő **Duna–Tisza közti hátság** bükk előfordulásainak többsége jól dokumentált emberi közreműködésnek köszönheti létét: Helvécia határában kísérleti telepítés történt, Kecskeméten az arborétumban, Kiskunhalason a református temetőben, míg Ásotthalmon az erdészeti technikum parkjában találkozhatunk a fafaj egyedével.

A **Kisalföldön** belül a bükk természetes előfordulásai a Dunántúli-középhegység és a Nyugat-magyarországi-peremvidék közé ékelődő Kemenesalján valószínűsíthetők, ahol 150 méternél alacsonyabban fekvő, nem ártéri termőhelyeken számos állománya megtalálható (Türje, Zalaerdőd, Kemenespálfa, Köcsk, Jánosháza, Egyházashetye). A Kisalföld többi kistájában lévő bükk előfordulások bizonytalan eredetűek (pl. Györszentiván–Ménfő) vagy mesterségesek (Rajka, Mosonmagyaróvár).



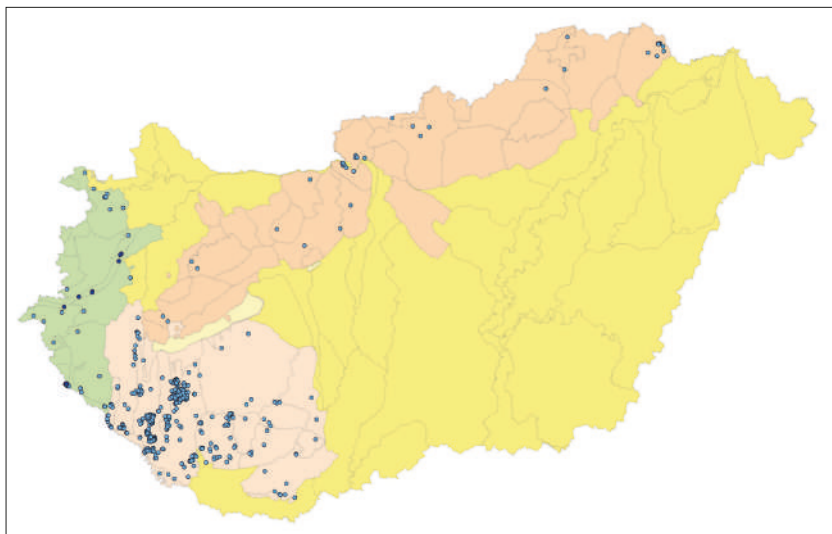
2.4.-1. ábra. Különleges bükk előfordulások az Alföldön és a Kisalföldön (Jelmagyarázat: világoskék – ártér; sötétkék – 150 méternél alacsonyabban fekvő, nem ártéri termőhelyek; sötétzöld – természetes előfordulás; világoszöld – bizonytalan természetességű előfordulás; lila – ültetett előfordulás; piros – előfordulás atipikus termőhelyen)

Alacsony fekvésben elhelyezkedő bükk előfordulások hegy- és dombvidéken

Hullámtéri helyzetben lévő bükk előfordulást találhatunk a *Rába-völgyben* (Sárvár, Egyházashollós, Ikervár, Körmend, Ivánc) és a *Kerka–Mura-mentén* (Tornyiszentmiklós).

Jóval több nem ártéri, de 150 méternél alacsonyabban fekvő bükk előfordulás szűrhető le az Országos Erdőállomány Adattár alapján. Ezek közül a legtöbb – hasonlóan az alföldi helyszínekhez – a homok alapközethez kötődik és a *Belső-Somogyi-homokvidéken* koncentrálódik, de számos előfordulás ismeretes a Dunántúli-dombság környező kistájaiban is. A Nyugat-magyarországi-peremvidéken, a Dunántúli- és Északi-középhegységben elszórtan helyezkednek el a hasonló, alacsony fekvésben található

bükk populációk. A közép-hegységi alacsony előfordulások rendszerint olyan edafikus vagy domborzati helyzetekhez kötődnek, amelyek a fafaj számára lokálisan kedvező mezo-klimát eredményeznek. Ilyen területeket láthatunk például a Zempléni-hegység keleti szegélyén, a Cserhát alacsony, de tagolt középső részén és a Dunakanyar térségében. A Belső-Somogyi-homokvidéken a bükk számára kedvező mezoklimát az időszakos vízhatású termőhelyek magas aránya biztosítja (2.4.-2. ábra).



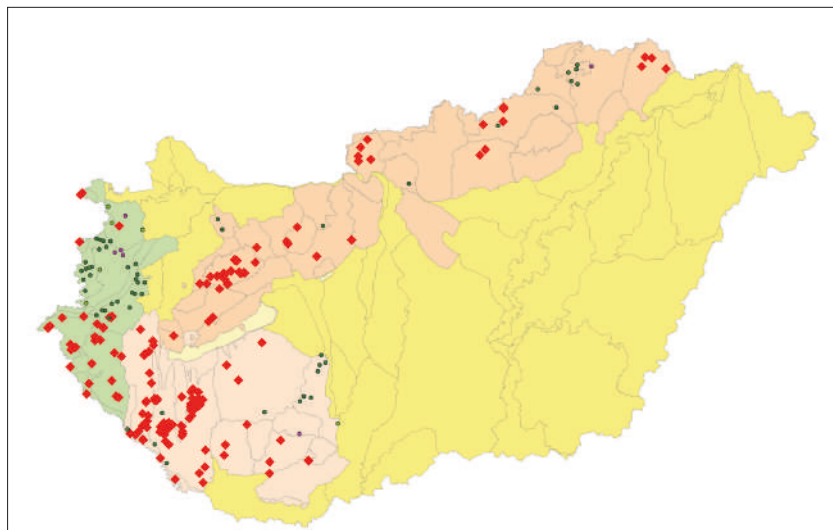
2.4.-2. ábra. A bükk mély fekvésű előfordulásai hegy- és dombvidéken (Jelmagyarázat: világoskék – ártér; sötétkék – 150 méternél alacsonyabban fekvő, nem ártéri termőhelyek)

Hegy- és dombvidéki különleges bükk előfordulások egyéb kritériumok alapján (szakirodalmi adatok és adatközlők adatai, illetve atipikus termőhelyekre vonatkozó adatok)

A bükk számára atipikus, nem alföldi termőhelyek többsége állandó vízhatás alatt álló vagy felszínig nedves hidrológiájú, illetve réti talajtípusba sorolható. A középhegységekben az állandó vízhatás az a meghatározó termőhelyi tényező, ami alapján a leválogatott helyszínek közé kerültek az erdőrészetek, a Dunántúli dombvidékein az atipikus genetikai talajtípusok (réti talajok) jelentik a kritikus szűrési feltételt. A Dunántúli-középhegység alföldekkel határos peremterületein ezeken felül erdősztyepp klíma kategóriába sorolt, bükk-elegyet tartalmazó állományok is megfigyelhetők. Az atipikus termőhelyekhez kötődő bükk előfordulások (2.4.-3. ábra) a Belső-Somogyi-homokvidéken jelentősen átfednek a korábban ismertetett, 150 m tengerszint feletti magasságnál alacsonyabb, nem ártéri előfordulásokkal.

A 2.4.-3. ábrán látható egyéb „különleges” előfordulások főként az erdészeti szakemberek önkéntesen szolgáltatott adataiból származnak. Ezeknek az adatoknak a közös jellemzője, hogy minden adat-szolgáltató szükségszerűen a saját maga által alaposan ismert tájban tapasztalt bükk előfordulások spektruma alapján ítéli meg az előfordulások különleges jellegét. Ezeknek az adatoknak a regionális értelmezhetőségét figyelembe véve mégis levonhatók közös tanulságok az előfordulási mintázatra vonatkozóan. Kiemelt figyelmet érdemelnek az alföldek pereméhez közeli dombvidékek előfordulásai (Tolnai-hegyhát és Szekszárdi-dombvidék, Alsó-Kemeneshát, Pannonhalmi-dombság), valamint a

nagyobb középhegységi tömbök közé ékelődő, dombsági és/vagy középhegységi karakterrel rendelkező tájegységek (Nyugat-Cserhát, Heves–Borsodi-dombság, Rudabánya–Szalonnai-hegység) előfordulási adatai.



2.4.-3. ábra. Különleges bükk előfordulások hegy- és dombvidéken a szakirodalmi adatok, az adatközlők adatai és az atipikus termőhelyeken való előfordulás szerint (Jelmagyarázat: sötétzöld – természetes előfordulás; világoszöld – bizonytalan természetességű előfordulás; lila – ültetett előfordulás; piros – előfordulás atipikus termőhelyen)

Irodalom

Kevey B. 1995: Adatok a bükk (*Fagus sylvatica* L.) alföldi elterjedéséhez az atlanti kortól napjainkig. – Botanikai Közlemények 82(1–2): 9–25.

Király G. & Szalacsi Á. 1994: A bükk (*Fagus sylvatica* L.) előfordulása az Alföldön. – TDK dolgozat (Kézirat), Sopron, 42 pp.



2.4.-4. ábra. Szélsőséges termőhelyen (homokkő alapkőzetű bokorerdő aljában, sziklafal tövében) előforduló idős bükk a Heves–Borsodi-dombság területén (Fotó: Szmorad Ferenc)

3. A BÜKKÖS ÖKOSZISZTÉMA ÉS NÖVÉNYKÖZÖSSÉGEI

3.1. A bükkösök termőhelyi viszonyai	166
A bükkösök területi előfordulása és klímabesorolása (<i>Führer Ernő és Jagodics Anikó</i>)	166
Északi-középhegység	167
Dunántúli-középhegység	168
Nyugat-Dunántúl	168
Dél-Dunántúl	168
A bükkösök hidrológiai viszonyai (<i>Bidló András és Führer Ernő</i>)	169
A bükkösök talajviszonyai (<i>Bidló András és Führer Ernő</i>)	170
Váztalajok	171
Lejtőhordalék és öntés talajok	172
Közethatású (sötét színű erdő) talajok	172
Közép- és délkelet-európai barna erdőtalajok	174
További talajtípusok, ahol ökológiai okokból nem tenyészik bükk	177
A növekedés és a talajviszonyok közötti összefüggés (<i>Bidló András</i>)	178
3.2. Bükkös erdőtürsulások, bükkös élőhelytípusok (<i>Szomorád Ferenc és Tímár Gábor</i>)	180
A bükkösök általános jellemzése	180
Az európai bükkösök vázlatos áttekintése	182
Bükkösök a Kárpát-medence térségében	184
A magyarországi bükkös erdőtürsulások áttekintése	187
Mészkerülő bükkösök	189
Középhegységi és nyugat-dunántúli üde (mezofil) bükkösök	192
Dél-dunántúli (illír) üde (mezofil) bükkösök	196
Mészkedvelő (sziklai) bükkösök	199
Egyéb büккеlegyes erdők	203
Bükkös erdőtürsulások, bükkös faállománytürsulások	204
Bükkösök a hazai és nemzetközi élőhely-osztályozási rendszerekben	206

3.1. A bükkösök termőhelyi viszonyai

A termőhely minőségét a termőhelyi tényezők összhatása határozza meg. Ebben meghatározó szerepet tölt be a klíma, a hidrológia és a talaj, és bizonyos körülmények között a domborzat is. E tényezők külön-külön osztályozása, valamint egységes keretbe foglalása egy sajátos termőhely-tipológiai rendszer kialakítását és gyakorlati alkalmazását tette lehetővé, amely az igen változatos magyarországi termőhelytípusok elválasztására és gazdálkodási célú jellemzésére használható. Járó (1972b) javaslatára kezdetben az *erdészeti klímaosztályok* szétválasztását klímajelző teszt-fajokkal karakterizálták (bükkös, gyertyános-tölgyes, kocsánytalan tölgyes-cseres klímák). Ma már a rendelkezésre álló részletes és hosszú időtávot felölelő meteorológiai adatbázis lehetővé tette a klímaosztályok meteorológiai jellemzését és lehatárolását az erre a célra kifejlesztett szárazsági mutatóval (*FAI*; Führer et al. 2011). A klímaosztályozás részleteiről lásd az 1.3. fejezetben a »Bükköseink klímája« alfejezetet.

Azonos klímán belül a *hidrológiai adottságokat* kategóriákba sorolják, azonos klímán és hidrológiai adottságokon belül pedig a *talajt* genetikai talajtípusok szerint osztályozzák. A három alap-tényező meghatározza az adott termőhely típusát a tipológiai rendszerben. További részletezés a *termőréteg vastagság* és a *fizikai talajféleség* alapján történik, így határozható meg a termőhely altípus és annak változata.

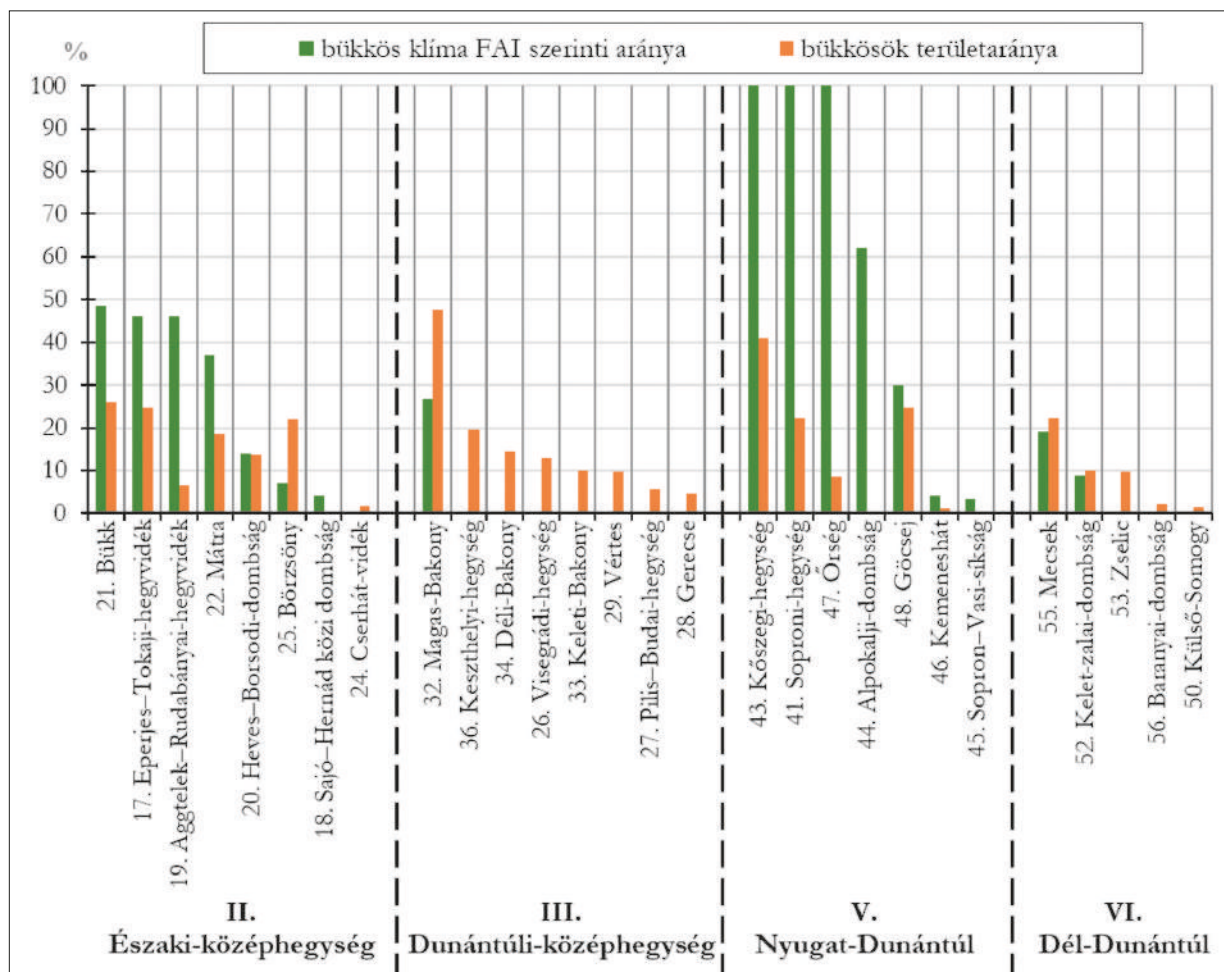
A bükkösök területi előfordulása és klímabesorolása

Führer Ernő és Jagodics Anikó

Magyarország területén Európa három éghajlattípusa, a nyugati atlanti, a keleti kontinentális és a déli mediterrán találkozik. Magashegységek híján éghajlatunk alakulásában viszonylag jól érvényesülnek az északkeleti szélsőségesebb és a nyugati, mérsékeltébb hatások. A bükk esetében megfigyelhető, hogy a tenyészidőszak hossza nyugat, délnyugat felől északkelet felé haladva egyre rövidebb, hőösszege pedig egyre alacsonyabb (lásd az 1.3.-1. ábrát). Természetesen ezt a trendet a változatos domborzati viszonyok tovább módosítják, aminek eredményeként az érvényesülő ökológiai tényezők összhatása a növényzet kialakulásában, így az erdők összetételében és szerkezetében is kifejezésre jut.

Az erdészeti szárazsági mutató alapján végzett klímaosztály-besorolás során azonban csak azok a területek sorolhatók a *bükkös* klímába, ahol a *FAI* szárazsági mutató átlagos értéke 4,75-nél kisebb, a fölött pedig a bükk számára határhelyzetű *gyertyános-tölgyes* klíma érvényesül. A *FAI* alapján lehatárolt bükkös klímájú erdőterületek nagysága ma Magyarországon 190 368 ha, közel másfélszerese a bükkös faállománytípusok területének (128 365 ha). Tehát vannak olyan erdővel borított területek, ahol ugyan bükkös klíma érvényesül, de fafajpolitikai megfontolások, vagy különleges termőhelyi tényezők miatt más fafajok állományai fordulnak elő (3.1.-1. ábra). Pl. ez utóbbi eset érvényesül a Nyugat-Dunántúl tájcsoport Őrség erdészeti tájának pszeudoglejes talajú termőhelyein, ahol a talaj túlzott nedvessége és levegőtlenessége a bükk térfoglalását korlátozza. Az Országos Erdészeti Adattárban (*OEA*) a fafajösszetétel alapján nyilvántartott bükkös klíma területe (161 602 ha) ugyancsak nagyobb, mint a bükkös faállományok területe. Viszont vannak olyan erdészeti tájak, nagy arányban a Dunántúli-középhegység erdészeti tájcsoportban (Visegrádi-hegység, Pilis–Budai-hegység, Gerecse, Vértes), de Dél-Dunántúlon is (Zselic erdészeti táj), ahol a bükkösök már kedvezőtlenebb klímaadottságok mellett, gyertyános-tölgyes klímában tenyésznek. Ilyen esetekben várható, hogy a klímaváltozás miatt e területekről a bükk egyre inkább ki fog szorulni.

Az alábbiakban a bükkösök klímájának értékelését erdészeti tájcsoportok szerint, Babos (1966), Járó (1972) és Führer (2017, 2019, 2022a, b; Führer et al. 2022) nyomán, illetve az *OEA* adatai alapján ismertetjük.



3.1.-1. ábra. Az erdészeti szárazsági mutató (FAI) 50 éves (1961–2010) átlaga szerinti bükkös klíma, valamint az Országos Erdészeti Adattárban nyilvántartott bükkös erdőtípusok területének erdészeti tájankénti százalékos aránya

Északi-középhegység

A tájcsoporthoz az *OEA* szerint 8 tájban jelenik meg állományszerűen a bükk, a fafajSOROS nyilvántartás szerint a bükk faj területe 50 754 ha, a bükkös faállománytípusoké pedig 57 607 ha. Országosan a legjelentősebb bükköseinket ebben a tájcsoporthoz találjuk, elsősorban a Bükk erdészeti táj Központi-Bükk tájrészletében (16 842 ha) és az Eperjes–Tokaji-hegyvidék erdészeti táj Zempléni-hegység tájrészletében (13 310 ha), valamint a Mátra (9 100 ha) és a Börzsöny (7 638 ha) erdészeti tájakban. Azon tájakra vonatkozóan, amelyekben bükkösök előfordulnak, az *OEA* szerinti bükkös klíma területe 69 013 ha, az erdészeti szárazsági mutató (FAI) 50 éves átlaga alapján számított bükkös klíma területe viszont ennél jóval magasabb, összesen 97 605 ha. A szám adatok szerint a tájcsoporthoz a bükkösök számára megfelelő klímaadottságok területe csaknem kétszerese a bükk faj tényleges előfordulásának (3.1.-1. ábra).

A hegységre jellemző, hogy az északi és a déli lejtőin érvényesülő hőmérsékleti viszonyok jelentősen eltérnek egymástól, ugyanis az északi lejtők az Északi-Kárpátok felől érkező hűvös levegőnek vannak kitéve, a hosszú déli kitérésű lejtők viszont az Alföld felől érkező forró légáramlatok miatt erősen felmelegsznek. Ennek köszönhető, hogy a bükkösök a déli oldalakon csak a 700 m feletti magasságban jelennek meg, míg a hűvös északi oldalakon lehúzódnak akár 300 m-es tengerszint feletti magasságig. Az Északi-Kárpátok esőárnyékában elhelyezkedő tájcsoporthoz jellemző átlagos csapadék viszonylag alacsony. A hegycsúcsok, a

különböző kitétségű lejtők és az eltérő irányú völgyek csapadéka azonban igen nagy területi változatosságot mutat. Összességében a tájcsoport nagy részén hegyvidéki klíma uralkodik, a változatos domborzati adottságok miatt azonban meghatározó mezoklimatikus hatások is érvényesülnek.

Dunántúli-középhegység

A tájcsoportban bükkös állománytípusok ugyancsak 8 tájban fordulnak elő. Az *OEA* fafajSOROS nyilvántartása szerint a bükk fafaj területe 27 559 ha, a bükkös faállománytípusoké pedig 32 673 ha. Kimagaslóan magas a bükk területe a Magas-Bakony (16 922 ha) erdészeti tájban, jóval kevesebb a Déli-Bakonyban (4 620 ha), és 1 000–2 600 ha között van a többi erdészeti tájban. Az *OEA* szerint nyilvántartott bükkös klíma területe 45 538 ha, a *FAI* 50 éves (1961–2010) átlaga alapján számított és lehatárolt bükkös klíma területe viszont ennél jóval alacsonyabb, összesen csak 9 528 ha, ami csak a Magas-Bakonyban érvényesül. Eszerint a tájcsoportban a bükkösök számára megfelelő klímaadottságok területe jóval alacsonyabb a bükk fafaj tényleges előfordulásánál (3.1.-1. ábra).

A tájcsoportban a domborzattól függően változatos mezoklíma uralkodik, mely mellett gyenge szubalpin hatás is érvényesül. Ennek is köszönhető, hogy egy erdőrésztelen belül azonos tengerszint feletti magasságban a kitétségtől és a hajlásszögtől függően két erdészeti klímaosztály (bükkös, ill. gyertyános-tölgyes) is előfordul. A Dunántúli-középhegység alacsony, hosszan elnyúló vonulatát két alföld is határolja, ahonnet gyakran érik szárító hatású légtömegek. Ennek is köszönhető, hogy a bükkös klímájú erdőterületek előfordulása a tájcsoporton belül zonálisan csak a Magas-Bakony erdészeti tájban érvényesül. Ezért elegendően bükkösök természetese a jövőben – különösen a kedvezőtlen irányú klímaváltozási előrejelzések miatt – elsősorban e tájban ajánlatos. A többi hegyvidéki tájban pedig, ahol ma már gyertyános-tölgyes klíma uralkodik, a meglévő bükkösök fenntartására és azok kocsánytalan tölgy elegyes bükkösökké történő fokozatos átalakítására kell törekedni.

Nyugat-Dunántúl

A tájcsoportban az *OEA* fafajSOROS nyilvántartása szerint a bükk területe 17 303 ha, a bükkös faállománytípusoké pedig 20 910 ha. Nagy területű bükkös táj a Göcsej (14 157 ha), az Őrség (3 819 ha) már jóval kisebb területű, végül pedig a Kőszegi- (1 481 ha) és a Soproni-hegység (987 ha) következik. Az *OEA* szerint nyilvántartott bükkös klíma területe 26 410 ha, a *FAI* 50 éves átlaga alapján számított és lehatárolt bükkös klíma területe pedig ennél jóval magasabb, összesen 73 094 ha. A számadatok mutatják tehát, hogy a tájcsoportban a bükkösök számára megfelelő klímaadottság területe csaknem ötszöröse a bükk fafaj tényleges előfordulásának (3.1.-1. ábra).

A tájcsoport éghajlata a többi tájcsoporthoz képest a legegységesebb. Egyrészt az Alpok humid klímahatása, másrészt a domb- és hegyvidékek váltakozása együttesen teremtenek a bükk számára kedvező feltételeket. A csapadék viszonylag bőséges és egyenletes, az évi középhőmérséklet sokéves átlaga 10 °C alatti, a nyár meleg, de nem forró. A fő növekedés időszakában oly bőséges a csapadék, hogy a legszárazabb években is csak ritkán lép fel aszály. A bőséges csapadék hatására ebben a tájcsoportban a legmagasabb a pszeudoglejes barna erdőtalajok aránya (34,5%), ami magyarázza a bükkösök csekélyebb jelenlétét. Három olyan táj tartozik a tájcsoportba (Soproni-hegység, Kőszegi-hegység, Őrség), melyek erdőterületei a *FAI* 50 éves átlaga alapján 100%-ban bükkös klímájúak, míg ez az arány az *OEA* alapján rendre 30,6%, 55,5%, illetve 11,6%. Az Alpokaljai-dombság erdőterületén a bükkös állománytípus előfordulása nem éri el az 1%-ot, ugyanakkor a bükkös klímájú erdőterület aránya 62%.

Dél-Dunántúl

A bükkös állománytípusok 5 tájban fordulnak elő a tájcsoportban. Az *OEA* fafajSOROS nyilvántartása szerint a bükk fafaj területe 15 251 ha, a bükkös faállománytípusoké pedig 17 175 ha. Legmagasabb a bükkösök

területe a Mecsek (7 649 ha) erdészeti tájban, ezt követi a Zselic (4 234 ha) és a Kelet-zalai-dombság (4 116 ha). Az *OEA* szerinti bükkös klíma területe 20 641 ha, a *FAI* 50 éves átlaga alapján számított és lehatárolt bükkös klíma területe viszont ennek felét sem éri el, összesen csak 10 141 ha. A szám adatok tehát itt is azt mutatják, hogy a táj csoportban a bükkösök számára megfelelő klímaadottságok területe jóval alacsonyabb a bükk fafaj tényleges előfordulásánál.

A táj csoportban az időjárás változatos, az országban a szubmediterrán klímahatás elsősorban ebben a táj csoportban érvényesül. Ennek is köszönhető az ezüst hárs elegyes bükkösök magas térfoglalása. A táj csoport déli része napfénytartamban gazdag, itt a nyár gyakran forró, sőt aszályos is lehet. Az éves átlaghőmérséklet szinte mindenhol magasabb, mint 10 °C, sőt a Balatoni-medence és a Villányi-hegység erdészeti tájakban meghaladja a 11 °C-ot is. A bükkösöket tartalmazó tájakban az éves csapadék meghaladja a 700 mm-t. Bükkösök csak a Mecsek és a Kelet-zalai-dombság erdészeti tájakban fordulnak elő, a Zselicben pedig csak elegyes állományai. Elegyetlen bükkösök termesztése a jövőben csak a Mecsek erdészeti tájban tartható fenn. A másik két, jelenleg még bükkös jellegű tájban a gyertyános-tölgyes klíma fog eluralkodni, az optimumtól való távolság leginkább a Zselicben lesz megfigyelhető (3.1.-1. ábra).

A bükkösök hidrológiai viszonyai

Bidló András és Führer Ernő

Az erdők vízellátását, a klimatikus viszonyok mellett, a hidrológiai viszonyok határozzák meg. A hazai erdészeti termőhelyosztályozás ez alatt olyan vízforrásokat ért, amelyek a fák növekedését befolyásolják, de nem függenek közvetlenül sem a klímától, sem pedig a talajban a talajkolloidok felületén adszorbeált víz mennyiségétől (Járó 1962; Szodfridt 1993).

A hazai erdők közel 80%-a, a bükkösöknek pedig ennél is nagyobb része többletvízhatástól független hidrológiai kategóriájú termőhelyeken található. E területeken a növényzet számára kizárólag csak a talaj termőrétegében a nehézségi erővel szemben visszatartott víz áll rendelkezésre, melynek forrása a csapadék. Mivel a bükk kedveli a levegős talajviszonyokat, az ilyen területek más ökológiai adottságok kedvező fennállása esetén megfelelő lehetőséget biztosítanak a növekedéséhez (Babos et al. 1966).

Kiegészítő vízforrást jelent bükköseink számára a szivárgó vizű hidrológiai kategória, mely előfordulása lejtős területek középső és alsó harmadában, lejtők lábánál, völgyekben, katlanokban és teraszokon gyakori, ahol a talajokban rosszabb vízvezetőképességű réteg (pl. agyag) található. E termőhelyeken az avartakaró alatt vagy a talaj egyes rétegeiben a felszínnel csaknem párhuzamosan oxigénben gazdag víz mozog, mely általában növeli, előnyösen megváltoztatja a vízellátást. Mennyisége változó, de e víztöbbletet a bükkösök erőteljesebb növekedéssel hálálják meg. A kedvező vízellátottság azonban néhány esetben hátrányt is jelenthet. Zala vármegyében Bidló és munkatársai (2019) megfigyelték, hogy a szárazság erősebben érintette a szivárgó vizű termőhelyen álló bükkösöket, mint a többletvízhatástól független állományokat. Ennek egyik oka az lehet, hogy a vízellátás szempontjából kedvezőbb termőhelyi adottságok miatt a bükkös kisebb gyökérrendszert fejleszt, és mivel az aszály megjelenésével a szivárgó víz is eltűnik, az új körülményekhez a fák már nem tudnak alkalmazkodni. A másik ok viszont az lehet, hogy e hidrológiai kategóriára jellemző talajviszonyok az előfordulás fekvése és talajrétegzettsége miatt eleve kedvezőtlenebb tulajdonságúak, mint amilyenek a többletvízhatástól független termőhelyeken kialakultak. Tulajdonképpen e körülmény negatív hatását képes aszálymentes időben a többletvíz kompenzálni. Bár a szivárgó víz általában jobb növekedést eredményez, a zalai vizsgálatok azt mutatták, hogy nincsen jelentős növekedésbeli különbség a többletvízhatástól független és a szivárgó vizes termőhelyen álló állományok között (Bidló et al. 2019).

Ritkább esetben, még előfordulnak bükkösök változó vízellátású termőhelyeken is. E hidrológiai kategóriára jellemző, hogy a tenyészidőszakban, ill. annak legalább egy részében gyakran a legfelsőbb talajrétegig is felemelkedő víz található. Ennek előfeltétele egy, a termőrétegben kialakult vízzáró, vagy erősen víztorlasz-

tó, gyakran pszeudoglejes talajréteg. Mivel a bükk a levegős talajokat kedveli, megjelenése e termőhelyeken csak akkor lehetséges, ha az időszakosan vízzel telített szint felett még megfelelő vastagságú átlevégőzött termőréteg helyezkedik el. Ilyen körülménynek köszönhető, hogy az Őrség erdészeti táj pszeudoglejes barna erdőtalajain több mint 2 000 hektáron fordulnak elő bükkösök (lásd még az 1.3. fejezetben »A bükkösök vízgazdálkodása és vízforgalma« alfejezetet).

A bükkösök talajviszonyai

Bidló András és Führer Ernő

A termőhely összeharását kialakító tényezők közül igen fontos szerepet tölt be a talaj. Kialakulását és fejlődését több környezeti tényező befolyásolja, közülük fontos az éghajlat, az alapkőzet, de az a növénytársulás is, amelyik az adott termőhelyen megtelepedett. A talaj összetett tulajdonságainak, és az ebből adódó termőerejének legjellemzőbb kifejezője a genetikai talajtípus. Mivel Magyarország ökológiai adottságai igen változatosak, ezért a négy erdészeti tájcsoporthoz fellelhető természetes bükkösök talajai is igen sokszínűek, és jelentősen eltérnek egymástól.

Az Országos Erdőállomány Adattár szerint a magyarországi bükkösök 76,6%-a barna erdőtalajokon (*BE*), 21,7%-a közethatású (sötét színű) erdőtalajokon (*KHT*), 1,1%-a vázталajokon (*VZ*), és mintegy 0,6%-a egyéb genetikai fő talajtípusokon fordulnak elő (3.1.-1. táblázat) (Führer 2017, 2019, 2022a, b). A tájcsoporthoz között megmutatkozó eltérések jelentősek. A sekély, igen sekély termőréteggű alacsony termőerejű *vázталajok* több mint 86%-a az Északi-középhegységben (II.) fordul elő, annak is 95%-a sziklás, köves vázталaj (*SZV*). Az általában sekély és közepes mélységű, ritkában mély termőréteggű *közethatású talajok* már magasabb termőerővel rendelkeznek, 60%-uk az Északi-középhegységben, 38%-uk a Dunántúli-középhegységben (III.), a maradékuk pedig a Dél-Dunántúli (VI.) erdészeti tájcsoporthoz alakult ki. E fő genetikai talajtípus 60%-a rendzina (*RE*), a többi ranker (*RA*), ill. erubáz talaj (*ER*).

A jellemzően közepesen mély, mély és igen mély termőréteggű, jó vagy kiváló termőerejű *barna erdőtalajok* 35%-a az Északi-középhegység, 24%-a a Dunántúli-középhegység, 23%-a Nyugat-Dunántúli (V.), 18%-a pedig Dél-Dunántúli erdészeti tájcsoporthoz alakult ki. Ezek az arányok megfelelnek a tájcsoporthoz előforduló bükkösök területi arányának. Viszont ezen elterjedt főtípuson belül az egyes genetikai talajtípusok arányai másképp alakulnak. A legnagyobb területtel (48,83%) a legnagyobb termőerejű agyagbemosódásos barna erdőtalaj (*ABE*) jelenik meg. E jó talajadottságokkal is magyarázható, hogy a többi fajtával összehasonlítva a bükkösök fatermési viszonyai mutatják a legkedvezőbb képet. Dél-Dunántúli előforduló bükkösök aránya a legmagasabb (87%), ezt követi Nyugat-Dunántúli 71%-kal, majd a Dunántúli- és az Északi-középhegység következik 52, ill. 24%-kal. A barna erdőtalajok közül jelentős területű még a barnaföld (*BFÖLD*), a savanyú nem podzolos barna erdőtalaj (*SBE*) és a rozsdabarna erdőtalaj (*RBE*). Amíg a barnaföld 48%-a az Északi-középhegységben, 40%-a Dunántúli-középhegységben, 10%-a pedig Dél-Dunántúli alakult ki, addig a savanyú barna erdőtalajok 86%-a az Északi-középhegységben, 13%-a pedig Nyugat-Dunántúli.

A következőkben áttekintjük, hogy mely genetikai talajtípusokon fordulhatnak elő bükkösök, illetve ezen esetekben milyen növekedéssel kell számolnunk. A talajtípusok esetén a hazai erdészeti osztályozásban alkalmazott besorolásokat vesszük figyelembe (Babos et al. 1966).

3.1.-1. táblázat. Bükkösök genetikai talajtípusainak területe (ha) és megoszlása (%) erdészeti tájcsoportonként (az Országos Erdészeti Adattár adataiból)

Genetikai talajtípusok	II. Északi-középhegység	III. Dunántúli-középhegység	V. Nyugat-Dunántúl	VI. Dél-Dunántúl	Összesen	
	ha / %				ha	%
SZV	1119	108	0	65	1292	1,08
FV	65	4	0	4	73	0,06
Váztalajok összesen (VAZ)	1184	112	0	69	1365	1,14
	86,74%	8,35%	0%	4,91%	100,00	
RE	7296	7654	0	597	15547	12,99
ER	128	267	0	0	395	0,33
RA	8042	1899	0	35	9976	8,33
Közethatású erdőtalajok összesen (KHT)	15466	9820	0	632	25918	21,65
	59,67%	37,89%	0%	2,44%	100,00%	
SBE	8382	0	1238	71	9691	8,09
PBE	2546	0	780	93	3419	2,86
ABE	11533	16811	14854	15261	58459	48,83
PGBE	192	164	3131	0	3487	2,91
BFÖLD	4907	4043	178	1049	10177	8,50
RBE	4530	1190	646	98	6464	5,40
Barna erdőtalajok összesen (BE)	32090	22208	20827	16572	91697	76,59
	35,00%	24,22%	22,71%	18,07%	100,00%	
Egyéb talajok (LHÖ, MOAE)	17	237	183	305	742	0,62
Mindösszesen	48757	32377	21010	17578	119722	100,00

Megjegyzés: a táblázatban szereplő betűszavas rövidítések magyarázata a szövegben

Váztalajok (VAZ)

A váztalajok fő típusába tartozó talajoknál a talajképződés feltételei csak kismértékben vagy rövid ideig adottak a biológiai folyamatok számára, ezért hatásuk korlátozott (Stefanovits et al. 1999). Többnyire hegyvidékeink meredek vagy enyhébb oldalain, ahol az erózió a múltban lehordta a termőtalajt, illetve a tömör kőzet miatt sosem alakult ki vastag termőréteg, találkozhatunk *köves-sziklás váztalajokkal (SZV)*. Ezek a növényzet számára kevés vizet és tápanyagot tudnak szolgáltatni, mivel termőrétegük általában 10 cm-nél vékonyabb és sziklás foltokkal váltakozik. A termőréteg a sekély, illetve az igen sekély kategóriába tartozik, a fizikai féleség általában törmelék. Ennek ellenére különösen bükkös klímában, elsősorban északi kitértségben bükkösök is előfordulhatnak ilyen talajon (Babos et al. 1966), azonban növekedésük ilyen körülmények között gyenge. A csekély kiterjedésű köves-sziklás váztalajok megjelenése gyakran mozaikos a kedvezőbb termőrétegű közethatású talajokkal, illetve barna erdőtalajokkal (Járó 1972a). A fák a kőzetrepedések között gyakran megtalálják a nekik kedvezőbb talajadottságú részeket. E talajokon a fák gyökerükkel gyakran „átölelik” a kőzetet, keresve a kedvezőbb, talajjal kitöltött repedéseket (3.1.-2. ábra).

Magasabb tengerszint feletti területeken, bükkös klímában, az erózió hatására felszínre kerülő laza, üledékes kőzeteken (pl. lösz, márga) kialakulhatnak *földes vázталajok (FV)* vagy földes kopárok is. Az erózió miatt a felső humuszos szint (A-szint) vastagsága kevesebb, mint 10 cm és a szervesanyag-tartalom 1% alatti. A talajok víz- és tápanyag gazdálkodása rossz a sekély termőréteg miatt. Bár ezen talajok általában dombvidékeiken találhatóak, északi oldalakon megfelelő klímában megjelenhetnek bükkösök is (Járó 1972a). Általában igen sekélyek; homok, vályog, vagy agyag fizikai féleségűek. Az állományok gyenge vagy igen gyenge növekedésűek és általában elegyfajokkal fordulnak elő.

A vázталajok többi típusa (*kavicsos vázталaj, futóhomok, humuszos homoktalajok*) csak elvétve és kis területen fordulnak elő (Járó 1972a). A bükk szempontjából termőképességük hasonló a földes vázталajokéhoz.



0–2 cm: fekete (10 YR 2/1 Munsell szerint) színű, erősen humuszos, morzsás szerkezetű, laza, gyökerekkel erősen átszőtt, homokos vályog fizikai féleségű szint, fokozatos átmenettel, közel 80%-os váztartalommal, mész: ++++ (erősen meszes)

>2 cm: gyengén felaprózódott dolomit alapkőzet

3.1.-2. ábra. Köves-sziklás vázталaj szelvény bükkös alatt Fenyőfő községhatárban

Lejtőhordalék és öntés talajok (LHÖ)

Az öntés talajok (nyers öntés és humuszos öntés) az árterek mélyebb, illetve magasabb fekvéseiben alakulnak ki, ahol a rendszeres vízborítás, illetve a hordalék lerakás a meghatározó tényező (Stefanovits et al. 1999). Ilyen esetekben a bükkösök általában nem jelennek meg. (Kivételek vannak, pl. az Alföld közepén, a Tisza partján található lakitelki Töserdőben található bükk facsoport előfordulását nehéz csak termőhelyi okokkal megmagyarázni.)

A *lejtőhordalék talajok* esetén az egyes rétegeket nem köti össze genetikai kapcsolat, mert azok nem a helyi talajképződés eredményei, hanem a közeli, magasabban fekvő területekről lehordott talaj- és kőzetrészek egymásra halmozása útján jönnek létre. Ezen talajok gyakran, bár általában kis kiterjedésben fordulnak elő hegy- és dombvidékeinken, így a bükkös klímában is (Járó 1972a). A rajtuk található bükkös állományok növekedését elsősorban a termőréteg vastagsága határozza meg. Sekély termőréteg esetén gyenge, középmély esetén közepes, mély és igen mély termőrétegnél már jó növekedésű állományok találhatóak. A szivárgó víz itt is javítja az állományok növekedését.

Közethatású (sötét színű erdő) talajok (KHT)

A *humuszkarbonát talajok (HK)* laza, üledékes, szén-savas meszet tartalmazó üledéken jönnek létre, ahol a humuszos A-szint vastagsága 10–50 cm és a szerves anyag mennyisége 2–5% (Stefanovits et al. 1999). Mivel alapkőzetük laza meszes kőzet (pl. márga, lösz, mészhomok), a bükkös klímában is számolhatunk – kisebb területű, mozaikos – előfordulásukkal, főleg a Dunántúlon. Víz- és tápanyaggazdálkodásuk az A-szint (azaz a humuszos szint) vastagságának függvénye. Mivel szárazságra hajlamosak (Járó 1972a), köze-

pes, illetve gyenge növekedésű bükkösök fordulhatnak elő általában középmély termőrétegű, vályog fizikai féleségű változatokon.

A *rendzina talajok (RE)* tömör, szénsavas meszet tartalmazó kőzeten (mészkö, dolomit vagy tömör márga) alakultak ki, ahol a kőzet málladéka viszonylag kevés szilikátos anyagot tartalmaz. Képződésükre jellemző az erőteljes humuszosodás és a gyenge kilúgzás. A legtöbb rendzina sekély termőrétegű és köves, de előfordulnak középmély és mélyebb termőrétegű változatok is. Mivel a rendzina talajok mészkö és dolomit hegységeink tipikus talajai, nagyobb kiterjedésben fordulnak elő rajtuk bükkösök a bükkös klímában, elsősorban a Dunántúli-középhegységben, a Bükkben, az Aggteleki-karszton, a Mecsekben és a Vilányi-hegységben. Elsősorban az altípustól függ a termőréteg vastagságuk és a fizikai féleségük. A fekete rendzina talajok általában vályog, vagy törmelék fizikai féleségűek, sekélyek, vagy középmélyek (3.1.-3. ábra, 3.1.-2. táblázat). A termőréteg vastagságtól függően gyenge (sekély termőrétegű), illetve közepes (középmély termőrétegű) növekedésű bükkös állományok találhatóak rajtuk. A reliktum agyagot tartalmazó vörös agyag és a barna rendzina talajok mélyebb termőréteggel, és agyag, illetve vályog fizikai féleséggel rendelkeznek, így közepes, illetve mély termőréteg esetén már jó növekedésű bükkösök is megtalálhatóak rajtuk. Utóbbi altípusok esetén gyakran előfordulnak szivárgó vizes hidrológiájú termőhelyek is (Járó 1972a), amelyek szintén közepes (középmély termőréteg esetén), illetve jó növekedést (mély termőréteg esetén) biztosíthatnak a bükkös állományoknak.



0–15 cm: 10 YR 2/1 színű (Munsell szerint), erősen humuszos, morzsás szerkezetű, laza, gyökerekkel erősen átszőtt, homokos vályog fizikai féleségű szint, fokozatos átmenettel, közel 50%-os váztartalommal, mész:++++

15–30 cm: 10 YR 2/1-es színű, erősen humuszos, morzsás szerkezetű, laza, gyökerekkel közepesen átszőtt, homokos vályog fizikai féleségű szint, 50%-os váztartalommal, mész:++++

>30 cm: dolomit alapkőzet

3.1.-3. ábra. Fekete rendzina talaj szelvény bükkös alatt Fenyőfő községhatárban

Az *erubáz* vagy *fekete nyirok talajok (ER)* tömör, nem karbonátos, eruptív kőzetek (bazalt, andezit, riolit) általában nagy agyagtartalmú málladékan képződtek. Elsősorban a Zempléni-hegység, a Mátra, a Börzsöny és a Visegrádi-hegység csúcsain, gerincein és meredek lejtőin jelennek meg más talajokkal mozaikosan (Járó 1972a). A tápanyag ellátottság jó, csak a tápanyagok felvehetősége ütközik akadályba, mivel kiszáradásra hajlamosak. A bükkös klímában található mészmentes erubáz talajok esetében a bükkös állományok növekedését a termőréteg vastagsága határozza meg. Sekély termőréteg esetén gyenge, középmély esetén közepes növekedéssel számolhatunk. Amennyiben a szivárgó víz is megjelenik a talajban, már közepes–jó növekedésű bükkösök is előfordulnak az erubáz talajokon.

3.1.-2. táblázat. A 3.1.-3. ábrán látható fekete rendzina talaj szelvény laboratóriumi vizsgálati eredményei

Szint cm	Váz %	pH		CaCO ₃ %	Mechanikai összetétel				Humusz %
		H ₂ O	KCl		A %	I %	FH %	DH %	
0–15	49	7,4	7,0	16,0	9	20	63	8	17,4
15–30	50	7,5	7,1	18,8	9	18	66	7	17,4

Szint (cm)	Összes	AL-oldható		KCl-oldható		EDTA-oldható			
	N %	mg P ₂ O ₅	mg K ₂ O	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
		/100 g talaj		mg/kg talaj					
0–15	1,50	40,02	24,6	4606	985	118	466	3,3	84,3
15–30	1,41	41,50	21,6	4824	937	119	471	3,3	82,2

A *ranker talajok (RA)* tömör, nem karbonátos, savanyú, szilikátos kőzeten (pl. riolit, gránit, fillit) alakulnak ki. Elsősorban az alapkőzet szerinti fizikai féleségüktől, illetve termőréteg vastagságuktól függően különböző bükkös állományok találhatók rajtuk. A sekély termőrétegű talajokon gyenge, illetve közepes növekedésű, mélyebb termőrétegű területeken jó növekedésű bükk állományok találhatóak. Ha vályog, illetve agyag fizikai féleségűek, előfordulnak szivárgó vizes termőhelyek is, amit a bükk növekedésével meghalál.

Közép- és délkelet-európai barna erdőtalajok (BE)

Mint a legtöbb fafaj esetén, a legjobb növekedésű bükkös állományok is a barna erdőtalajokon fordulnak elő. Ezek létrejöttéhez a bükkösök számára is kedvező, csapadékos, kiegyenlített klíma, a fák által termelt és évenként a talajra hulló szerves anyag, valamint az azt elbontó, főként gomba mikóta szükséges. Ennek eredményeképpen a biológiai, kémiai és fizikai hatások a talajok kilúgozását, elsavanyodását és szintekre tagozódását okozzák (Stefanovits et al. 1999).

A barna erdőtalajok főtípusán belül a *csernozjom* és a *karbonátmaradványos barna erdőtalajokon* – mivel ezek előfordulása elsősorban az alföldek széleihez kötött – bükkösök ritkán fordulnak elő. A karbonátmaradványos barna erdőtalajok – elsősorban másodlagos képződményként, pl. korábbi erózió eredményeként – ritkán előfordulhatnak bükkös klímában is, a középmély, illetve mély vályogos fizikai féleségű változatain közepes növekedésű bükkösök találhatóak.

A *barnaföld* vagy *Ramann-féle barna erdőtalaj (BFÖLD)* esetén a humuszosodás, valamint a kilúgozás folyamatához az erőteljes agyagosodás és a gyenge savanyodás járul. Ennek elsődleges oka a klimatikus körülményekben keresendő. A barnaföldek elsősorban a cseres-tölgyes, illetve kisebb arányban a gyertyános-tölgyes klímában fordulnak elő, főleg dombvidékeink löszös területein. Ennek megfelelően bükkös klímában csak kis kiterjedésben találhatjuk meg őket. Az ilyen klímában található barnaföldeken középmély, illetve mély termőréteg, vályog, valamint agyag fizikai féleség esetén közepes, illetve jó növekedésű bükkösök tenyésznek. Mivel a klimatikus körülmények ezen esetekben a bükkösöknek határtermőhelyet jelentenek, a jövőben az állományok visszaszorulásával kell számolnunk.

A hazai erdőállományok, így a bükkösök számára is a legkedvezőbb talaj körülményeket az *agyagbemosódásos barna erdőtalajok (ABE)* nyújtják (Járó 1963), amelyekben a humuszosodás, a kilúgozás, az agyagosodás folyamatait az agyagos rész vándorlása és a közepes mértékű savanyodás kíséri. Kialakulásukban a kedvező, csapadékos gazdag, humidabb klíma és az erdő hatása játszik alapvető szerepet. Előfordulásuk ennek megfelelően a hegyvidékeink, illetve a dunántúli dombvidékeink (pl. Zala, Zselic) bükkös, gyertyános-tölgyes, kocsánytalan tölgyes klímájú részeihez kötődik. Az erdők számára különösen kedvező, hogy viszonylag jól befogadják a csapadékvizet, de azt – a felhalmozódási szintjük magasabb agyagtartalmának

köszönhetően – jól meg is tartják. A bükkös állományok növekedését – a klimatikus körülmények mellett – elsősorban a termőréteg vastagsága határozza meg. Míg közép mély termőréteg esetén közepes növekedésű, addig mély termőréteg esetén jó növekedésű bükkösöket találunk rajtuk. Amennyiben szivárgó víz is előfordul, ami hegy- és dombvidékeinken gyakori – jó növekedésűek lehetnek, közép mély termőréteg esetén is. Összességében kijelenthető, hogy ezen talajok a fatenyészet számára az ökológiai optimumot képviselik, és a legjobb hazai bükkös állományokat is ezen talajtípuson találjuk meg.

Elsősorban savanyú alapkőzetű, csapadékosabb hegyvidékeinken (pl. a Soproni- és a Kőszegi-hegységben) (Stefanovits 1956) találkozhatunk *podzolos barna erdőtalajokkal* (PBE), amelyeknél a humuszosodás, a kilúgzás, az agyagosodás, valamint az agyagvándorlás alapvető folyamata mellett a podzolosodás, az agyagos rész szétesésének jeleit mutatják, és a savanyodás is erőteljesen jelentkezik bennük. Ennek megfelelően a bükkös klímában a leggyakoribbak. Az ilyen talajoknál a talaj fizikai félesége és a termőréteg vastagsága lesz a meghatározó az állományok növekedésében. Közép mély termőréteg esetén közepes növekedésű, mély és igen mély termőréteg esetén jó növekedésű bükkösökkel találkozhatunk. Utóbbi esetben kivételt képeznek a homok fizikai féleségű talajok, amelyeknél a podzolosodás már annyira előrehaladott, hogy a termőrétegben nincsen számottevő, a víz megtartására képes agyagásvány, ezeknél közepes növekedéssel számolhatunk a bükkös állományokban. A szivárgó víz megjelenését itt is jobb növekedéssel hálálják meg az állományok.

Bár a bükk nem kedveli a talajban fellépő levegőtlen viszonyokat, abban az esetben, ha ezen rétegek elég mélyen vannak, előfordulnak bükkösök *pangó vizes* vagy *pszeudoglejes barna erdőtalajokon* (PGBE) is, pl. az Őrségben és a Göcsejben (3.1.-4. ábra; 3.1.-3. táblázat). Ezen talajokban a humuszosodás, a kilúgzás, az agyagosodás, az agyagvándorlás és az agyagszétesés folyamatához a redukció jelensége is társul, és a savanyodás erőteljes mértéket ölt. Jellemzőjük a sötét márványozottság a felhalmozódási szintben, ami a redukció következménye. A talajokban eredetileg adott, vagy a talajfejlődés során keletkezik egy olyan, vizet csak nehezen átértesztő agyagos réteg, amely következtében időszakosan reduktív viszonyok lépnek fel a szelvényben. A bükkös állományok növekedését ebben az esetben is elsősorban a termőréteg vastagsága határozza meg. Közép mély termőréteg esetén közepes növekedéssel számolhatunk, mind többletvízhatástól független, mind pedig változó vízellátottság esetén is. Mély és igen mély termőréteg esetén már jó növekedésű bükkösöket találhatunk ezen talajon, amelyek azonban tartósan aszályos viszonyokra érzékenyek (lásd a 9.2.-2. ábrán).



0–10 cm: 10 YR 6/3-as színű (Munsell szerint), közepesen humuszos, morzsás szerkezetű, laza, gyökerekkel erősen átszőtt, homokos vályog fizikai féleségű szint, határozott átmenettel, mész: –

10–30 cm: 10 YR 7/3-as színű, gyengén humuszos, morzsás szerkezetű, laza, gyökerekkel erősen átszőtt, homokos vályog fizikai féleségű szint, határozott átmenettel, mész: –

30–70 cm: 10 YR 7/6-os színű, humuszmentes, szemcsés szerkezetű, erősen tömött, gyökerekkel gyengén átszőtt, erősen vas- és mangánkiválásos, rozsdafoltos, durva homok fizikai féleségű szint, diffúz átmenettel, mész: –

70–110 cm: 10 YR 7/6-os színű, humuszmentes, szemcsés szerkezetű, erősen tömött, gyökereket nem tartalmazó, durva homok fizikai féleségű, erősen vas- és mangánkiválásos, rozsdafoltos, kissé glejes szint, mész: –

3.1.-4 ábra. Pszeudoglejes barna erdőtalaj szelvény bükkös alatt Felsőszőlnök községhatárban

3.1.-3. táblázat. A 3.1.-4. ábrán látható pszeudoglejes barna erdőtalaj szelvény laboratóriumi vizsgálati eredményei

Szint cm	Váz %	pH		y1	y2	CaCO ₃ %	Mechanikai összetétel				Hu- musz %
		H ₂ O	KCl				A %	I %	FH %	DH %	
0–10		4,5	3,5	47,0	12,7		13	14	27	46	4,2
10–30		4,6	3,6	31,0	24,8		9	14	28	49	1,2
30–70		5,1	3,8	14,9	13,8		7	2	16	75	0,2
70–110		5,0	3,8	14,4	12,3		9	4	16	71	0,2

Szint (cm)	Összes	AL-oldható		KCl-oldható		EDTA-oldható			
	N %	mg P ₂ O ₅	mg K ₂ O	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
		/100 g talaj			mg/kg talaj				
0–10	0,43			2,3	21,4	773	295	174	422
10–30	0,09			1,2	3,9	132	170	58	68
30–70				1,7	3,3	701	423	33	22
70–110				1,5	2,8	574	302	33	32

Bár homok területeink nagy része az alföldjeinken, illetve dombvidékeinken fordul elő, néhány esetben bükkös klímában is megjelenhet az elsősorban savanyú homok lerakódása (pl. Fenyőfő környékén a kisalföldi eredetű meszes homok kilúgzódása következtében), ilyen termőhelyeken alakulhatnak ki bükkös klímában *rozsdabarna és kovárványos barna erdőtalajok* (RBE és KBE). Ezen talajoknál a barna erdőtalaj képződésének feltételei közül megtalálható a humuszosodás, a kilúgzás, az agyagosodás, az agyagvándorlás, a savanyodás, esetleg a podzolosodás folyamatai, illetve kovárványos barna erdőtalajon a kovárványképződés is. Megfelelő klíma és közép mély termőréteg esetén közepes, mély és igen mély termőréteg esetén jó növekedésű bükkösök találhatók az ilyen termőhelyeken. Szivárgó víz esetén a többlet víz jobb növekedési lehetőséget biztosít a bükk számára. Kis kiterjedésük miatt ezen állományok bükkös klímában csak helyi jelentőségűek.

Hazánk legsavanyúbb talaj képződményei a *savanyú nem podzolos barna erdőtalajok* (SBE), amelyeknél az erőteljes savanyodás az acid mull típusú humuszosodáshoz, a kilúgzáshoz, valamint az agyagosodáshoz társul (3.1.-5. ábra; 3.1.-4. táblázat). Kialakulásukban a savanyú alapkőzet (pl. agyagpala, fillit, porfirrit, hidroandezit, homokkő, gneisz), valamint a nagyobb mennyiségű csapadékra és az erdőállományra visszavezethető erőteljes kilúgzás és savanyodás játszik jelentős szerepet. Utóbbiak miatt elsősorban a nyugati határszél hegyvidéki területein találkozhatunk velük. Sekély változatain gyenge, közép mély, illetve mély változatain közepes és jó növekedésű bükköket találhatunk rajtuk, ha a klíma is megfelelő, többletvízhatástól független és változó vízellátottságú hidrológia esetén. A szivárgó víz ebben az esetben javítja az állományok növekedését.



0–10 cm: 10 YR 7/4-es színű (Munsell szerint), közepesen humuszos, morzsás szerkezetű, közepesen tömött, gyökerekkel erősen átszőtt, vályog fizikai féleségű, mintegy 30%-nyi közettörmelékot tartalmazó szint, fokozatos átmenettel, mészs: –

10–40 cm: 10 YR 7/4-es színű, gyengén humuszos, szemcsés szerkezetű, erősen tömött, gyökerekkel közepesen átszőtt, vályog fizikai féleségű, mintegy 30%-nyi közettörmelékot tartalmazó szint, határozott átmenettel, mészs: –

40–70 cm: 10 YR 5/4-es színű, humuszmentes, szemcsés szerkezetű, erősen tömött, gyökereket nem tartalmazó, vályog fizikai féleségű, mintegy 40%-nyi közettörmelékot tartalmazó szint, fokozatos átmenettel, mészs: –

70–100 cm: 10 YR 6/3-as színű, humuszmentes, morzsás szerkezetű, közepesen tömött, gyökereket nem tartalmazó, vályog fizikai féleségű, mintegy 70%-nyi közettörmelékot tartalmazó szint, mészs: –

3.1.-5. ábra. Savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj szelvény bükkös alatt Velem községhatárban

3.1.-4. táblázat. A 3.1.-5. ábrán látható savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj szelvény laboratóriumi vizsgálati eredményei

Szint cm	Váz %	pH		y1	y2	CaCO ₃ %	Mechanikai összetétel				Humusz %
		H ₂ O	KCl				A %	I %	FH %	DH %	
0–10	33	4,3	3,2	38	24	-	21	28	33	18	2,5
10–40	30	4,3	3,2	29	22	-	27	24	34	15	1,4
40–70	40	4,5	3,4	26	16	-	25	18	34	23	0
70–100	65	4,7	3,4	17	8	-	17	26	27	30	0

Szint (cm)	Összes N %	AL-oldható		KCl-oldható		EDTA-oldható			
		mg P ₂ O ₅	mg K ₂ O	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	/100 g talaj		mg/kg talaj						
0–10	0,13	1,89	0,03	0,9	4,6	196	27	314	295
10–40	0,09	0,95	0,02	0,7	3,4	168	40	154	232
40–70				0,6	5,1	201	73	370	811
70–100				1,1	3,6	225	136	280	612

További talajtípusok, ahol ökológiai okokból nem tenyészik bükk

A hazánkban előforduló talajok közül több fő típuson ökológiai okokból nem fordulnak elő bükk állományok. Ennek elsődleges oka, hogy ezen talajok a bükk számára száraz, kedvezőtlen körülmények között keletkeznek. Ilyen talajok a mezőszégi (csernozjom) talajok és a szikesek (Stefanovits et al. 1999). A mocsári

és ártéri erdőtalajok (*MOAE*) főtípusán belül a réti erdőtalaj és az öntés erdőtalaj, bár bükkös klímában is előfordulhatnak (Szodfridt 1993), az időszakos, vagy állandó vízhatás miatt nem alkalmasak a bükknek.

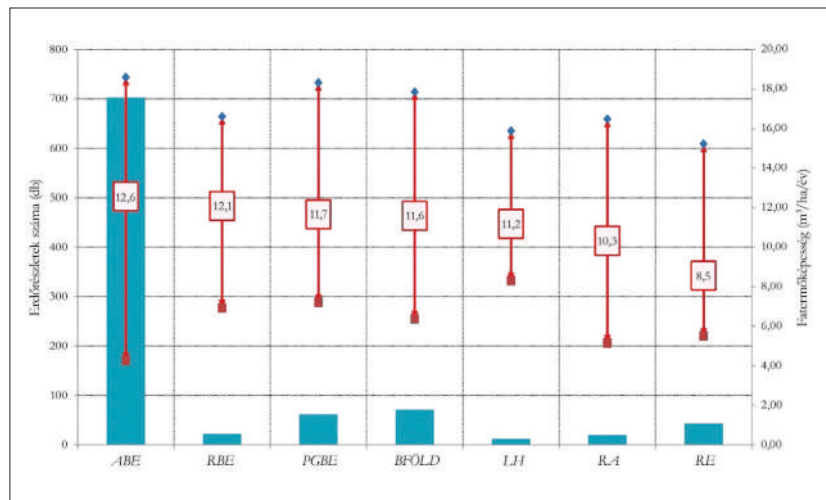
A hazai erdészeti talajosztályozásban szereplő *cseri talajokon* (Bidló et al. 2000) – ezek ökológiai, klimatikai feltételei miatt – bükkösökkel ugyancsak nem találkozhatunk.

A növekedés és a talajviszonyok közötti összefüggés

Bidló András

A bevezetőben ismertetett hazai termőhelyi tipológiai rendszerben a termőhely típus további finomítása a termőhely altípus és annak változata, amely a termőréteg vastagság és a fizikai talajféleség alapján határozható meg, és a konkrét talajviszonyok alapján szolgáltat becslést a fafaj, illetve a faállomány fatermőképességére. A bükk esetében Bidló és munkatársai (2019) a klimatikailag és geológiailag aránylag egységes zalai bükk állományokban vizsgálták külön a genetikai talajtípusok, valamint a termőréteg vastagság hatását a fatermőképességre, bár a két termőhelyi tényező között is erős kapcsolat áll fenn. Közel ezer, 30–100 éves erdőrészlet átlagos évi növedék adatainak vizsgálata alapján, a rendkívül erős szórás ellenére, az egyes genetikai talajtípusokhoz tartozó átlagos fatermőképesség értelmezhető különbségeket mutat. A 3.1.-6. ábra szerint a barna erdőtalajok fatermőképessége a legnagyobb (11,6–12,6 m³/ha/év átlagos növedékekkel), ezek közül is kiemelkedik az agyagbemosódásos barna erdőtalaj átlagadata. A leggyengébb átlagot a rendzina talajok mutatják (8,5 m³/ha/év átlagos növedékekkel).

Határozottabb kapcsolatot találtak a termőréteg vastagsága és a bükk állományok átlag növedéke között. Az igen mély (100 cm alatti) és mély (60–100 cm) termőrétegű talajokon mutatkozott a legmagasabb átlagos évi növedék (12,29 ill. 12,10 m³/ha/év); ezek a termőhelyek képviselik a zalai bükkösök 90%-át. A közepes mélységű (40–60 cm) termőhelyeken még mindig 10,51 m³/ha/év volt a növedék, míg sekély (20–40 cm) talajokon csak 6,76 m³/ha/év átlag növedéket mutattak az ott ritkán előforduló (1%-nyi) bükkösök (Bidló et al. 2019).



3.1.-6. ábra. Bükkös erdőrészletek átlagos fatermőképessége és szórása a genetikai talajtípus szerint, Zala vármegyében. A kódok magyarázata a szövegben. Az oszlopok a mintaszámot jelzik (Bidló et al. 2019 nyomán – módosítva)

Irodalom

- Babos I. 1966: Az erdőgazdasági tájak. In: Babos I., Horváthné Proszts S., Járó Z., Király L., Szodfridt I. & Tóth B. (szerk.): Erdészeti termőhelyfeltárás és térképezés. – Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 137–158.
- Babos I., Horváthné Proszts S., Járó Z., Király L., Szodfridt I. & Tóth B. 1966: Erdészeti termőhelyfeltárás és térképezés. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 493 pp.
- Bidló A., Horváth A. & Veperdi G. 2019: The soil conditions of the forests of Zala County and their impact on the growth of beech. – *Agrokémia és Talajtan* 68: 1–13.

- Bidló A., Kovács G. & László R. 2000: Cseri talajok vizsgálata a TÁEG Rt. területén. – Erdészeti Lapok 135(3): 70–72.
- Führer E. (szerk.) 2017: Magyarország erdészeti tájai. II. Északi-középhegység erdészeti tájcsoport. – Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Budapest, 574 pp.
- Führer E. (szerk.) 2019: Magyarország erdészeti tájai. III. Dunántúli-középhegység erdészeti tájcsoport. – Nemzeti Földügyi Központ, Budapest, 780 pp.
- Führer E. (szerk.) 2022a: Magyarország erdészeti tájai. V. Nyugat-Dunántúl erdészeti tájcsoport. – Nemzeti Földügyi Központ, Budapest, 652 pp.
- Führer E. 2022b: Magyarország erdészeti tájai. VI. Dél-Dunántúl erdészeti tájcsoport. – Nemzeti Földügyi Központ, Budapest, 752 pp.
- Führer E., Bidló A. & Illés G. 2022: Erdészeti termőhely-osztályozás és térképezés. In: Bartha D., Csóka Gy. & Mátyás Cs. (szerk.): Az erdészeti tudományok története Magyarországon. – MTA ETB tanulmánykötete I., Soproni Egyetemi Kiadó, pp. 46–49.
- Führer E., Horváth L., Jagodics A., Machon A. & Szabados I. 2011: Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. – *Időjárás* 115(3): 205–216.
- Járó Z. 1962: Termőhelyi tényezők ismertetése. In: Majer A. (szerk.): Erdő- és termőhelytipológiai útmutató. – Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, pp. 11–68.
- Járó Z. 1963: Talajtípusok. – Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 152 pp.
- Járó Z. 1972a: A termőhely és a termőhelytípus. In: Pántos Gy. (szerk.): Termőhelyismerettan III. – Egyetemi jegyzet, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, 241 pp.
- Járó Z. 1972b: A termőhely fogalma. In: Danszky I. (szerk.): Erdőművelés I. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 45–87.
- Stefanovits P. 1956: Magyarország talajai. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 252 pp.
- Stefanovits P., Filep Gy. & Fülek Gy. 1999: Talajtan. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 471 pp.
- Szodfridt I. 1993: Erdészeti termőhelyismeret-tan. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 317 pp.

3.2. Bükkös erdőtársulások, bükkös élőhelytípusok

Szomorad Ferenc és Tímár Gábor

A bükkösök általános jellemzése

A bükkös erdőtársulások előfordulását, szerkezetét és fajösszetételét alapvetően meghatározzák az európai bükk (*Fagus sylvatica*) termőhelyi-ökológiai igényei és egyéb faji szintű jellemzői (életforma, növekedési forma, növekedési tulajdonságok, élettartam, kompetíciós készségek). A bükk Európában mindenhol a szélsőségektől mentes, kiegyenlített klímájú területek fája. Hosszú életű fafaj, mely a számára optimális termőhelyeken a növényközösségek domináns eleme. Állományai rendszerint zártak, a lombkoronaszint záródásának mértéke többnyire 90% feletti. A természetes vagy mesterséges bolygatások esetét leszámítva ennél jelentősen alacsonyabb (50% körüli) záródásértékek csak szélsőséges termőhelyi feltételek mellett, edafikusan meghatározott erdőkben, illetve edafikus okokra visszavezethető erdőhatáron mutatkoznak.

A terminális (szukcessziós) stádiumban levő, illetve vágásos erdőgazdálkodás során kialakított zárt bükkösökben a bükk erős árnyalása miatt a vertikális tagoltság csekély mértékű, az optimális termőhelyi feltételek mellett tenyésző állományok általában csak egy-három szintesek. Az erdőbelsőbe nagyon kevés fény jut, ezért a második lombkoronaszint jelenléte esetleges, abban legfeljebb erősen árnytűrő fafajok képesek megmaradni. A fényhiány miatt hiányzik vagy nagyon szórványos a cserjeszint is. A gyepszint általában közepes borítást mutat, de a vastag, lassan és nehezen lebomló avartakaró miatt esetenként hiányozhat is (nudum állományok). Talajhoz kötött mohaszint a bükkfák tövénél előforduló, törzsön lefutó csapadékvíz által kilúgozott foltokat leszámítva egyáltalán nincs. A felvázolt képtől eltérő állományszerkezet csak extrém (a bükk dominanciáját még lehetővé tevő, de már az állomány fellazulásával járó) termőhelyi viszonyok esetén mutatkozik. Ilyen helyzetben egyrészt megjelenhet egy fényigényes fafajok alkotta alsó szint, illetve meszes aljzaton a cserjék és lágyszárú növények is nagyobb szerephez juthatnak. Az avarerózióval érintett, szélsőségesen savanyú termőhelyeken a talajlakó mohák erős mohaszintet alkothatnak, míg a köves talajú állományokban a sziklalakó mohák juthatnak nagyobb szerephez.

Klimatikus és talajviszonyok tekintetében is kedvező termőhelyeken a bükk erősen kompetitív fafaj, a mellette szubdomináns elemként megjelenő fafajok száma viszonylag csekély. Sikvidéki, dombvidéki és középhegységi állományokban (részben az alsó lombszintben) ugyanakkor a bükkhöz nagyon hasonló areával rendelkező közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*), illetve kislevelű hárs (*Tilia cordata*) gyakori elegyfa. Szálanként a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) is előfordul, de a bükkös termőhelyeken sok helyütt tapasztalható jelentősebb tölgy-arány Európa-szerte szinte mindenhol a korábbi erdőgazdálkodási beavatkozások (ültetések) következménye. A magashegységi régióban a hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus*), korai juhar (*Acer platanoides*), magas kőris (*Fraxinus excelsior*), hegyi szil (*Ulmus glabra*), illetve a fenyők közül a jegenyefenyő (*Abies alba*) és lucfenyő (*Picea abies*) érhetnek el nagyobb elegyarányt. Érdekesség a közönséges tiszafa (*Taxus baccata*) szórványos jelenléte, a Balkán-félsziget déli részén pedig maradványállományokkal a makedón jegenyefenyő (*Abies borisii-regis*) is előfordul. Határtermőhelyeken és átmeneti jellegű állományokban mindezeket túl további fafajok juthatnak komolyabb szerephez, így kisavanyodó talajokon a kocsánytalan tölgy (*Q. petraea*) és a nyírek (*Betula* spp.), többletvízhatással rendelkező termőhelyeken a kocsányos tölgy (*Quercus robur*). Száraz, köves talajokon (a bükkösök között a leginkább kevert összetételű, elegyes állományokban) gyakoriak lehetnek a további juharfajok (*Acer* spp.), hársak (*Tilia* spp.), kőrisek (*Fraxinus* spp.) és berkenyék (*Sorbus* spp.). Az állományszegélyeken, lékekben, vágásokban pionír fafajok – elsősorban kecskefűz (*Salix caprea*) és rezgő nyár (*Populus tremula*) – is megjelenhetnek (Bohn et al. 2004).

A cserjeszint és a gyepszint összetétele jelentős mértékben függ a termőhely tápanyag- és vízellátottságától, a tengerszint feletti magasságtól és a földrajzi helyzettől. A kedvező tápanyag- és vízháztartással ren-

delkező, üde termőhelyek zárt állományaiban kevés cserjefaj jelenik meg, közülük talán a farkasboroszlán (*Daphne mezereum*) és az ükörke lonc (*Lonicera xylosteum*) emelhető ki. Ezen felül a cserjék jobbára csak a természetes és mesterséges bolygatások alkalmával szaporodnak fel, ilyen esetekben például a málna (*Rubus idaeus*), a szeder fajok (*Rubus* spp.), a fekete bodza (*Sambucus nigra*) és a fürtös bodza (*Sambucus racemosa*) lehetnek tömegesek. A gyepszint viszonylag fajgazdag, benne legnagyobb hányadot a humuszos és üde talajokhoz kötődő, árnyéktűrő lágyszárúak teszik ki. A gyakori bükkös növények között páfrányok, kétszikűek és pázsitfűvek-sások egyaránt nagy számban előfordulnak: erdei hölgy páfrány (*Athyrium filix-femina*), hagymás fogasír (*Cardamine bulbifera*), bókoló fogasír (*Cardamine enneaphyllos*), erdei pajzsika (*Dryopteris filix-mas*), podagrafü (*Aegopodium podagraria*), fekete békabogyó (*Actaea spicata*), erdei varázslófű (*Circaea lutetiana*), hegyi sárgaarvacsalán (*Galeobdolon montanum*), szagos müge (*Galium odoratum*), erdei szélfü (*Mercurialis perennis*), négylevelű farkasszőlő (*Paris quadrifolia*), erdei rozsnok (*Bromus benekenii*), bükkás (*Carex pilosa*), erdei sás (*Carex sylvatica*), erdei ebír (*Dactylis polygama*), erdei hajperje (*Hordelymus europaeus*). A közép-európai magashegyi régióban ez a fajkészlet jelentősen bővül a montán növényfajokkal, így a cserjeszintben az alpesi lonc (*Lonicera alpigena*), fekete lonc (*Lonicera nigra*) és havasalji rózsza (*Rosa pendulina*), a gyepszintben pávafarkú salamonpecsét (*Polygonatum verticillatum*), erdei perjeszittyó (*Luzula sylvatica*), csalánlevelű veronika (*Veronica urticifolia*) és fehér acsalapu (*Petasites albus*) fajokkal. A bükkösök sajátos fénydinamikájának következménye, hogy a lágyszárúak egy jelentős része csak a koratavaszi aszpektusban van jelen. Az ide sorolható fajok zömmel geofiták és hemikriptofiták: európai pézsmaboglár (*Adoxa moschatellina*), szellőrózsza fajok (*Anemone* spp.), keltike fajok (*Corydalis* spp.), tyúktaréj fajok (*Gagea* spp.), kikeleti hóvirág (*Galanthus nivalis*), salátaboglárka (*Ranunculus ficaria*), csillagvirág fajok (*Scilla* spp.), nemes májvirág (*Hepatica nobilis*), kankalinok (*Primula* spp.), tüdőfűvek (*Pulmonaria* spp.).

A kedvezőtlen tápanyagellátottságú, kisavanyodó termőhelyeken a cserjék többnyire hiányoznak, legfeljebb a kutyabenge (*Frangula alnus*), illetve a törpecserjék közül a csarab (*Calluna vulgaris*) bukkan fel. A gyepszint itt kifejezetten fajszegény, az előforduló növényfajok a savanyú feltalajt toleráló acidofrekvens vagy acidoklin elemek. Maga a szélsőségesen savanyú feltalaj a magas csapadékösszeg miatt a meszes aljzatú talajok intenzív kilúgozódásával is létrejöhet. A jellemző fajok itt elsősorban páfrányok, áfonyák, perjeszittyók, pázsitfűvek és sások: szálkás pajzsika (*Dryopteris carthusiana*), bükkös buglyospáfrány (*Phegopteris connectilis*), fekete áfonya (*Vaccinium myrtillus*), hölgy mál-fajok (*Hieracium* spp.), réti csormolya (*Melampyrum pratense*), fehér perjeszittyó (*Luzula luzuloides*), pillás perjeszittyó (*Luzula pilosa*), erdei sédbúza (*Deschampsia flexuosa*), cérna tippán (*Agrostis capillaris*), erdei nádtippán (*Calamagrostis arundinacea*), eperjes sás (*Carex pilulifera*). A magashegységi régióban szórványosan itt is előfordulhatnak a mezofil bükkösöknél jelzett montán fajok, illetve gyakori lehet még a szöszös nádtippán (*Calamagrostis villosa*) és a havasi mirigylapu (*Homogyne alpina*). A savanyú talajfelszín miatt általában nincs koratavaszi aszpektus. Nyíltabb állományokban a talajon fejlett moha- és zuzmósint alakulhat ki, többek között erdei szőrmoha (*Polytrichum formosum*), Katalin-moha (*Atrichum undulatum*), seprőmoha (*Dicranum scoparium*), seprőcskemoha (*Dicranella heteromalla*), emeletes moha (*Hylacomium splendens*), ciprusmoha (*Hypnum cupressiforme*), illetve *Cladonia*-fajok előfordulásával.

A kedvező tápanyagellátottságú, de száraz, felmelegedő termőhelyeken (többnyire mészkő vagy dolomit alapkőzet) a kissé kiritkuló állományok alatt a cserjeszint jelentősebb borítást és nagyobb fajszámot is elérhet. Közép- és Dél-Európában (ahol a melegkedvelő bükkösök leginkább előfordulnak) legáltalánosabban az ostormén bangita (*Viburnum lantana*), sóskaborbolya (*Berberis vulgaris*), vesszős fagyal (*Ligustrum vulgare*), egybibés galagonya (*Crataegus monogyna*) és erdei rózsza (*Rosa arvensis*) jelenlétével lehet számolni. Európa délnyugati-déli részén e fajokon kívül örökzöld cserjék is felbukkannak, így a magyal (*Ilex aquifolium*), a babér boroszlán (*Daphne laureola*), az örökzöld puszpáng (*Buxus sempervirens*) és a csodabogyók (*Ruscus* spp.). A gyepszint változó borítású, de kifejezetten fajgazdag, a bükkerdőkön belül itt találkozhatunk a legmagasabb fajszámmal. Az üde bükkösök lágyszárú növényeinek erőteljes megritkulása mellett uralkodnak a száraz-félszáraz gyepekre és száraz tölgyesekre jellemző fajok: ágas homokliliom (*Anthericum ramosum*), tollas szálkaperje (*Brachypodium pinnatum*), széleslevelű bordamag (*Laserpitium latifolium*),

nagyvirágú méhfű (*Melittis melissophyllum* subsp. *carpatica*), orvosi salamonpecsét (*Polygonatum odoratum*), ernyős margitvirág (*Tanacetum corymbosum*), közönséges méreggyilok (*Vincetoxicum hirundinaria*). Montán helyzetben sok helyütt domináns faj a tarka nádtippán (*Calamagrostis varia*) és a tarka nyúl farkfü (*Sesleria albicans*). Gyakoriak az orchideák, különösen a madársisak fajok (*Cephalanthera* spp.) és nőszőfű fajok (*Epipactis* spp.). A koratavaszi aszpektus jelenléte a száraz, sziklás felszín miatt esetleges. A mohaszint (ha ki tud fejlődni) főleg sziklákon, illetve sziklák-kötömbök közötti résekben jelenik meg, fajösszetételében meglehetősen változatos.

Az európai bükkösök vázlatos áttekintése

Európában a bükkös állományok az óceáni klímahatás alatt álló nyugat- és közép-európai területeken, valamint a dél-európai hegyvidékeken fordulnak elő. Nyugaton a Francia-középhegység tömbjéig, északnyugaton Normandia tengerparti sávjáig terjednek, s megjelennek Dél-Anglia területén is. Északon a Jylland-félszigetig, illetve Skandinávia déli széléig hatolnak. Keleten a Kárpátok karéja a határ, míg délen a Pireneusokban, Baszkföldön, Korzikán, Szicílián, illetve a Balkán-félsziget déli részén (Píndosz-hegység) találjuk legtávolabb elhelyezkedő bükkösöket. Keleten különálló állományok ismertek még a Krím-félszigetről (lásd a 2.3. fejezetben közölt 2.3.-2. ábrát). Az európai bükk állományszerűen nem lép át Kis-Ázsiába, ott csak szórvány előfordulásai ismertek. Ellenben a keleti bükk (*Fagus orientalis*) dominanciájú erdők kisebb területen megjelennek a Boszporusz Európa felé eső oldalán (Trákia, Strandzha-hegység), s a Balkán-félsziget keleti-délkeleti peremén (közel a Fekete-tenger, illetve az Égei-tenger partvidékéhez) az európai bükk és a keleti bükk kevert állományai is előfordulnak (Bohn et al. 2004).

A bükkösök európai léptékű tagozódását alapvetően három jelentősebb tényező befolyásolja. A cönológiai szemléletű vizsgálatokra is támaszkodva ezek közül első helyen említhető a talajok tápanyag- és nedvesség-ellátottsága. Tápanyagkínálat alapján bázisszegény (oligotróf-mezotróf) és bázisgazdag (eutróf, eu-mezotróf) aljzaton kialakult bükkösökről beszélhetünk (Bohn et al. 2004). Utóbbi egység a vízellátottság szerint még tovább osztható, így a kedvező tápanyag-ellátottságú állományokon belül megkülönböztethetünk üde és száraz termőhelyeken álló bükkösöket. A bázisszegény, kisavanyodó talajok állományai a mészkerülő (acidofil) bükkösök, a kedvező víz- és tápanyag-ellátottságú, mély talajokon pedig az üde (mezofil) bükkösök tenyésznek. A bázisgazdag, de sekély, száraz, erősebben felmelegedő (rendszerint mészkő vagy dolomit alapközethez kötődő) bükkösök a mészkedvelő (bazofil) bükkösök, de ezeket a termőhelyi sajátosságok miatt egyéb néven – melegkedvelő bükkösök, sziklai bükkösök – is említi a szakirodalom (Willner 2002). A bükkösök termőhelyi-ökológiai alapokon nyugvó hármas csoportosítása a nagyszámú bükkös erdőtársulás közötti eligazodás, illetve az erdészeti-erdőtípológiai célú osztályozásokhoz való kapcsolódás mellett a zonalitás fogalmaival való megfeleltetést is lehetővé teszi. A termőhelyi szélsőségektől mentes, üde (mezofil) bükkösök ugyanis minden esetben zonális vegetációtípusok, míg az edafikus hatásra kialakult, szélsőségesen savanyú aljzaton álló mészkerülő bükkösök és a meszes alapközeten, sekély-köves termőhelyeken előforduló sziklai bükkösök intrazonális erdők. Az intrazonális bükkösök domborzati viszonyokhoz igazodó, kisebb területű állományai általában a nagy kiterjedésű zonális bükkösökbe ágyazottan jelennek meg.

A bükkös erdőtársulások között nagyon jelentős differenciáló tényező a földrajzi helyzet, lévén, hogy a klimatikus (és közvetve növényföldrajzi) hatások a termőhelyi-ökológiai alapon kialakított erdőtársulás-csoportokon belül eltérő fajösszetételű – ezen belül esetenként eltérő fafajösszetételű – állományokat eredményeznek. A bükk elterjedési területén belül nyugat-keleti grádiens mentén az (szub)atlantikus-(szub)kontinentális hatások a meghatározóak, míg déli irányból szubmediterrán befolyás éri a kontinens területét. Ez a mintázat a bükkösök fajösszetételében is markánsan megjelenik, így Északnyugat-, Délnyugat-, Közép- és Délkelet-Európa bükkösei – a cönológiai szakirodalom által is igazoltan – jelentősen eltérő karakterű állományok. A földrajzi alapú differenciálódás a mezofil és mészkedvelő bükkösökön belül különösen jelentős, így e csoportokon belül találjuk a legtöbb leírt cönotaxont, illetve erdőtársulást. Különösen változatosak, sokszínű-

ek és fajgazdagok Dél-Európa hegyvidéki területekre szorult bükkösei, aminek háttérében vegetációtörténeti okok állnak. A legutolsó eljegesedés (Würm glaciális) idején ide (Pireneusok, Appenninek, Nyugat-Balkán) estek ugyanis a bükk legfőbb refúgiumterületei, így feltételezhető, hogy a refúgiumok térségében a bükkösök társult lágyszárú növényei is nagy számban vészelték át a kedvezőtlen időszakot, megteremtve ezzel a későbbi magas fajdiverzitást. A vizsgálatok kimutatták, hogy néhány földrajzi alapon elkülönülő erdőtársulás-csoport kifejezetten a refúgiumterületekkel mutat átfedést (Magri et al. 2006; Willner et al. 2009.)

A bükkösök a termőhelyi-ökológiai és földrajzi differenciáltság mellett magassági fekvés („montanitás”) tekintetében is elkülönülnek. Ez a szempont szinte valamennyi földrajzi térség szakirodalmában megmutatkozik, de az európai magashegységek közül különösen az Alpok területén részletezett. A tengerszint feletti magasság alapján síkvidéki (planár), dombvidéki (kollin), középhegységi (szubmontán), magashegységi (montán) és esetleg alhavasi (szubalpin) helyzetű bükkösökről beszélhetünk. Az Alpok területén a jelentős vertikális különbségek és az erdőtakaró sajátosságai miatt a montán régiót tovább tagolták, így megkülönböztetnek alacsonymontán, középmontán és magasmontán régiót (Willner & Grabherr 2007). Az egyes magassági övek közül legnagyobb jelentősége talán a szubmontán-montán régió elhatárolásának van, a Kárpát-medence térségében mindhárom nagy hegyvidéki táj (Alpok, Kárpátok, Dinaridák) esetében ezen a határvonalon mutatkozik meg – többek között a magashegységi fenyőfajok és a montán régióra jellemző lágyszárúak megjelenésével – a legerősebb elkülönülés.

Északnyugat-Európában (Dél-Anglia, Normandia, Német–Lengyel-alföld, Jylland-félsziget) szinte csak síkvidéki bükkösök fordulnak elő, a Francia- és Német-középhegység közötti térségben ellenben már a dombvidéki és középhegységi állományok dominálnak. Közép- és Délkelet-Európa magashegységeiben (Alpok, Cseh-erdő, Érchegeység, Szudéták, Kárpátok) a szubmontán és montán bükkösök mozaikja jellemző. Dél-Európában ezzel szemben a bükkösök már szinte csak a montán régióban, 700–1900 m tszf. magasságban, felaprózott állományokkal jelentkeznek, aminek oka elsősorban a kontinensen belüli (az óceáni klímahatást is figyelembe véve leginkább délkeleti irányba mutató) makroklimatikus grádiens (Bohn et al. 2004; a különböző magassági fekvésben előforduló bükkösök európai mintázatát lásd a 2.3. fejezetben közzétett 2.3.-2. ábrán).

A vertikális elhelyezkedés kapcsán megemlítenő még, hogy Közép-Európa hegységeiben a bükkösök alapesetben a tölgyes (kollin-szubmontán) és a fenyves (montán-szubalpin) régió között jelennek meg. Felső erdőhatárt ebben a térségben nem alkotnak, mivel az jellemzően már a lucfenyvesek övébe esik. Dél-Európa magashegységeiben azonban ez a helyzet megváltozik, mivel a bükkösök felső határa egyre magasabbra tolódik, s az állományok – szélsőséges domborzati helyzetekben (leginkább keskeny, exponált, széljárta gerinceken) – egyre több helyen kerülnek az erdőhatár közelébe. Így már az Északkeleti-Kárpátok egyes helyszínein megjelenik (Fekete & Blattny 1913; Kricsfalusy et al. 2008), majd a Balkán-félszigeten (Balkán-hegység, Rodope, Píndosz-hegység), a mediterrán térség nagy szigetein (Szicília, Korzika), az Appenninekben és a Pireneusokban is gyakorivá válik az a jelenség, hogy letörpülő, töben elágazó törzsekből álló, bokorerdő-szerű állományokkal a bükkösök adják az erdőhatárt (Körner & Paulsen 2004; Bohn et al. 2004). Meg kell ugyanakkor említeni, hogy a bükkös régió erdőtlen gerinceinek kialakulása az esetek egy jelentős hányadában másodlagos, a korábbi évszázadok hegyvidéki pásztorkodásával, illetve a legelőszerezés miatt végzett erdőirtásokkal magyarázható jelenség (Kricsfalusy et al. 2008; Bonanomi et al. 2020).

Az európai bükkösök csoportosítására, a bukkerdők egységes, hierarchikus cönológiai rendszerének kialakítására az elmúlt negyedszázadban számos (jórészt numerikus osztályozáson alapuló) kísérlet történt. Közép-Európa déli része bükköseinek vizsgálatával Willner (2002) foglalkozott, majd az európai eutróf (mezofil és bazofil) bükkösöket Dierschke és Bohn (2004) tekintette át. Európa vegetációterképéhez Bohn és munkatársai (2004) készítettek kategória-rendszert, majd az európai növényközösségek osztályozása keretében Mucina és munkatársai (2016) közölték a bükkösök újabb csoportosítását. Végezetül a legújabb elemzés Willner és munkatársai (2017) nevéhez fűződik, s ebben megállapításra került, hogy kristálytisza osztályozás az ökológiai és földrajzi háttérváltozók keveredése miatt vélhetően nem készíthető. Ugyanis míg a bázisszegény termőhelyekhez kötődő (mészkerülő) bükkösök asszociáció-alcsoportjai egyértelműen elha-

tárolhatók, addig a bázisgazdag aljzaton álló (mezofil és mészkedvelő) bükkösök asszociáció-alcsoportjai (illetve ezen keresztül erdőtársulásai) kétféleképpen, ökológiai és földrajzi alapon is hierarchikus rendszerbe foglalhatók.

Az európai léptékű osztályozások változtatásait, próbálkozásait a nemzeti szintű erdőtársulás-rendszerek legtöbb esetben nem követték le, így a Kárpát-medence térségére is csak nehézségek árán adható többé-kevésbé egységes szemléletű, az erdészeti szakterületen hangsúlyos termőhelyi-ökológiai alapú felosztást (mészkedvelő, mezofil és mészkedvelő bükkösök) is megjelenítő áttekintés. Az európai bükkösök nagyobb egységeinek bemutatásához végül Willner (2002) magyarországi erdőtársulás-rendszerrel leginkább kompatibilis felosztását választottuk, azzal a kiegészítéssel, az abban nem érintett dél-európai térségek (Appennini- és Balkán-félsziget) bükköseit egyéb források alapján még megjelenítettük (3.2.-1. táblázat).

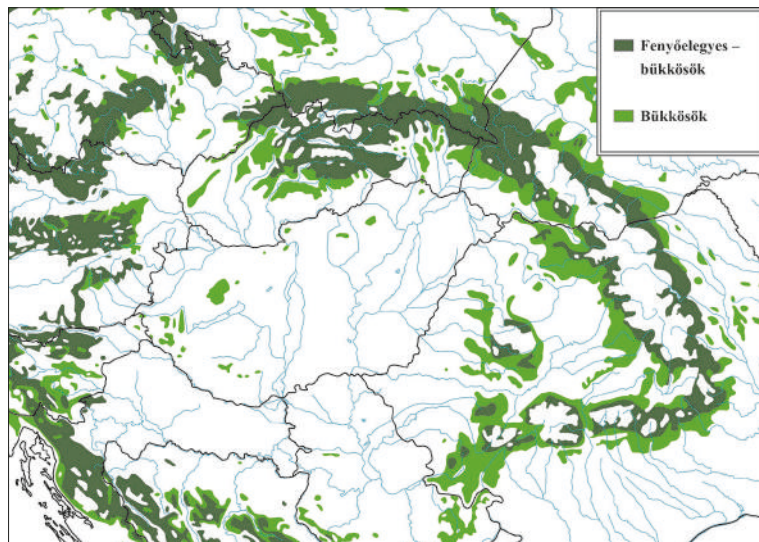
3.2.-1. táblázat. Az európai bükkösök áttekintése Willner (2002) nyomán, Délkelet-Európa területére Dierschke és Bohn (2004), illetve Bohn és munkatársai (2004) alapján tett kiegészítésekkel (*-gal jelölve az egykori bükk-refúgiumokhoz köthető asszociáció-alcsoportok)

Asszociáció-csoport	Asszociáció-alcsoport	Előfordulás
Mészkedvelő bükkösök (<i>Luzulo-Fagion</i>)	<i>Ilici-Fagion</i>	Nyugat- és Délnyugat-Európa
	<i>Luzulo-Fagion</i>	Közép- és Délkelet-Európa
Üde (mezofil) bükkösök (<i>Asperulo-Fagion</i>)	<i>Endymio-Fagion</i>	Északnyugat-Európa
	<i>Scillo-Fagion</i> *	Délnyugat-Európa
	<i>Eu-Fagion</i>	Közép-Európa
	<i>Symphyto cordatae-Fagion</i>	Keleti- és Déli-Kárpátok
	<i>Lonicero alpigenae-Fagion</i>	Alpok, Dinaridák
	<i>Geranio nodosi-Fagion</i>	Délnyugati-Alpok, Appenninek
	<i>Geranio striati-Fagion</i> *	Appenninek, Balkán-félsziget
	<i>Lamio orvalae-Fagion</i> *	Balkán-félsziget (nyugat)
	<i>Doronico columnae-Fagion</i>	Balkán-félsziget (kelet)
Mészkedvelő bükkösök (<i>Cephalanthero-Fagion</i>)	<i>Epipactido helleborinae-Fagion</i>	Délnyugat-Európa
	<i>Cephalanthero-Fagion</i>	Közép-Európa
	<i>Ostryo-Fagion</i>	Délkeleti-Alpok, Dinaridák
	<i>Doronico orientalis-Fagion</i>	Appenninek, Balkán-félsziget

Bükkösök a Kárpát-medence térségében

A Kárpát-medencét övező hegyvidékek a bükkös állományok számára kedvező klimatikus feltételeket kínálnak, így Közép-Európa délkeleti részén – elsősorban a szubmontán és montán régióban – a bükkösök az erdőtakaró meghatározó alkotóelemei (3.2.-1. ábra). A mezofil bükkösök asszociáció-alcsoportjai közül a térségben négy egység képviselteti magát (Willner 2002; Dierschke & Bohn 2004; Bohn et al. 2004). A Keleti-Alpok és az Északnyugati-Kárpátok szubatlantikus klímahatár alatt álló területein a közép-európai bükkösök (*Eu-Fagion*) állományait találjuk, míg a Keleti- és Déli-Kárpátok, valamint az Erdélyi-sziget-hegység („Biharerdő”) lejtőin dácikus bükkösök (*Symphyto cordatae-Fagion*) állnak. A két alcsoport között az Északkeleti-Kárpátokban (azon belül a Keleti-Beszkidék és a Máramarosi-havasok közötti térségben) húzódik az átmeneti zóna, ennek megfelelően itt a különböző jellegű állományok keverten, mozaikosan jelennek meg (Onyshchenko 2009, 2010). A Déli-Kárpátok folytatásában fekvő, változatos geológiai felépí-

tésű Szerb-érchegység mezofil bükkösei már inkább az illír bükkösök (*Lamio orvalae–Fagenion*) közé tartoznak, s innen a Dinári-hegységet, a Dráva–Száva közének szigethegyeit, valamint a Dél-Dunántúlt érintve egészen az Alpok délkeleti lábáig húzódnak az illír jellegű (főként szubmontán helyzetű) állományok (Borhidi 1963).



3.2.-1. ábra. Bükkös állományok a Kárpát-medence térségében (Bohn et al. 2004)

lyeken (mészke vagy dolomit alapkőzeten) kifejlődött mészkedvelő bükkösöket a Keleti-Alpok és a Kárpátok vonulatain a közép-európai sziklai bükkösök (*Cephalanthero–Fagenion*) erdőtársulásai képviselik, míg a Dinári-hegység területén már az illír sziklai bükkösök (*Ostryo–Fagenion*) állományai jutnak szerephez (Willner 2002; Willner et al. 2017).

A Keleti-Alpok tömbös jellege és jelentős abszolút magassága miatt a bükkösök főként az északi, keleti és déli peremterületeken (a Duna-völgyre, Grazi-medencére, illetve a Dráva-völgyre néző lejtőkön), valamint a Dráva-völgyétől délre (Déli-Alpok: Karavankák) fordulnak elő. Vertikálisan az állományok északon 1300–1400 m tszf. magasságig, délen 1400–1500 m tszf. magasságig húzódnak fel. A szubatlantikus klímahatásnak köszönhetően a különböző magassági régiókban elhelyezkedő bükkösök nem olyan erősen differenciáltak, mint a Kárpát-medencét keletről szegélyező hegyvonulatok esetében. Ennek is köszönhető, hogy a szubmontán és montán régió szilikátos kőzeteken előforduló, nem különösebben változatos állományait a szakirodalom nem különíti el, azokat egységesen a *Galio odorati–Fagetum* társulásnév alatt tárgyalja. A szubmontán helyzetű, gyertyánnal (*C. betulus*) elegyes bükkösöket montán fekvésben ugyanakkor itt is felváltják a korábban *Abieti–Fagetum* néven jelzett jegenyefenyő (*A. alba*) és lucfenyő (*P. abies*) elegyes bükkösök, s ezekben az állományokban a közép-európai montán – az európai mezofil bükkösök általános jellemzésénél felsorolt – növényfajok is nagyobb szerephez jutnak (Willner & Grabherr 2007). Az Északi-Mészalpok montán régiójában részben illír hatást tükröző, meszes alapkőzethez kötött erdőtársulás az *Adenostyle glabrae–Fagetum*, szintén jegenyefenyővel (*A. alba*) és lucfenyővel (*P. abies*), a cserjeszintben az alpesi lonc (*L. alpigena*), a gyps szintben a kopaszlevelű bérclapu (*A. glabra*), tarka nyúl farkfű (*S. albicans*) és tarka nádtippán (*C. varia*) előfordulásával. A Keleti-Alpok középső, kristályos palák és metamorf üledékes kőzetek uralta részén gyakoriak továbbá a mészkerülő bükkösök (a szubmontán régióban *Melampyro–Fagetum*, a montán régióban *Luzulo–Fagetum* néven). A mészkedvelő (sziklai) bükkösöket szubmontán helyzetben a *Veratro nigri–Fagetum*, míg montán helyzetben a *Helleboro nigri–Fagetum* képviseli. Előbbi erdőtársulásban gyakori melegkedvelő-mészkedvelő faj a fekete zászpa (*Veratrum nigrum*) és a fehér sás (*Carex alba*), míg utóbbi asszociáció esetében a hasonló karakterű fajok közül a fekete hunyor (*Helleborus niger*) és az erdei csigakél (*Aposeris foetida*) emelhető ki (Willner & Grabherr 2007).

Az Északnyugati- és Északkeleti-Kárpátok bükkösei – nyugatról kelet felé haladva – elsősorban az illír növényfajok elmaradása és a dácikus elemek fokozatos megjelenése révén különböznek a Keleti-Alpok állományaitól. A gyertyánelegyes, szubmontán bükkösök a Kis-Kárpátoktól induló, erősen tagolt hegyvonulat déli peremterületein, így a Kis-Kárpátok, Fehér-Kárpátok, Tribecs, Selmeci-érchegység, Jávoros, Szlovák-érchegység, Szalánci-hegység és Vihorlát térségében jellemzőek. Az állományok összetétele alapján ebből a régióból számos erdőtársulást írtak le, melyek közül gyakoribb a *Dentario bulbiferae–Fagetum* és a *Carici pilosae–Fagetum*, szórványos (immár az Északkeleti-Kárpátok területén) a *Festuco drymejae–Fagetum*. A 700–800 m tszf. magasság felett kezdődő montán régió nagyobb tömbjei a Magas-Tátra vonalától délre, a Javornik, a Kis- és Nagy-Fátra, valamint az Alacsony-Tátra területén húzódnak, és szintén több erdőtársulás állományait foglalják magukba. A vulkanikus kőzeteken előforduló *Asperulo–Fagetum* az Alpok szilikátos aljzaton álló montán bükköseivel (*Galio odorati–Fagetum*) rokonítható, az egyéb geológiai képződményeken megjelenő (még gyenge illír befolyással érintett, de nagyon hasonló összetételű) *Dentario enneaphylli–Fagetum* típus ugyanakkor a Szudéta-vidék bükköseivel mutat hasonlóságot. Északkeleten – már dácikus elemekkel, többek között a kárpáti sisakvirág (*Aconitum moldavicum*) és az ikrás fogasír (*Cardamine glanduligera*) előfordulásával – felbukkan továbbá a *Dentario glandulosae–Fagetum* (Ujházyová & Ujházy 2011). Mészkedvelő bükkösök az Északnyugati-Kárpátok számos pontján megjelennek, így előfordulnak a Kis- és Nagy-Fátra területén, a Murányi-fennsíkon és a Káposztafalvi-karszton. Közülük a *Cephalanthero–Fagetum*, *Carici albae–Fagetum* és *Seslerio–Fagetum* társulások a leginkább gyakoriak. Bennük a társulás-névadó (fentebb már említett) fajokon kívül felbukkan az enyves aszat (*Cirsium erisithales*), szürke bogáncs (*Carduus crassifolius* subsp. *glaucus*), törpe dundi (*Hacquetia epipactis*). Mészkerülő bükkösökből szubmontán helyzetben a *Luzulo–Fagetum*, montán fekvésben a *Calamagrostio villosae–Fagetum* a leggyakoribb (Ujházyová & Ujházy 2011). Külön érdekesség, hogy a Nagy-Fátra bükköseiben (Harmanec-völgy) található Európa legnagyobb törzsszámú közönséges tiszafa (*Taxus baccata*) állománya (Paule et al. 1993), a populáció azonban itt jegenyefenyves-bükkös állományba ágyazottan fordul elő, így külön tiszafás bükkös erdőtársulást nem említ a szakirodalom (vö. Michalko et al. 1986–1987).

A már határozott dácikus növényföldrajzi hatás alatt álló Keleti- és Déli-Kárpátok területén a bükkösök a Kárpátok gerincén több száz kilométer hosszan húzódó lucfenyves zóna két oldalára rendeződnek. A Keleti-Kárpátok Erdélyi-medence felé eső oldalán a Kőhát–Gutin térségében, illetve a Görgényi-havasok és a Hargita nyugati lejtőin vannak kiterjedtebb bükkös tömbök. A Déli-Kárpátokban a lucos öv megfigyeltetésével, a Retyezát és az Al-Duna közötti térségben dominálnak ismét a bükkösök, az Erdélyi-sziget-hegységben pedig a központi lucos tömb körül, körkörösén jelenik meg egy komolyabb kiterjedésű bükkös sáv. A kontinentális klímahatásoknak köszönhetően (az Északnyugati-Kárpátokhoz hasonlóan) valamennyi területre jellemző, hogy a szubmontán és montán bükkösök határozottan elválnak. A szubmontán régió bükköseit e helyütt leginkább a *Carpino–Fagetum* erdőtársulás állományai jelentik, melyekben dél-délnyugat felé haladva a dácikus elemek mellett ismét megjelennek egyes illír jellegű növényfajok, így például a díszes vesepáfrány (*Polystichum setiferum*) és a bükkös kispárlófű (*Aremonia agrimonoides*). A montán régió legelterjedtebb, de még jórészt fenyőfajok nélküli bükkös erdőtársulása a *Symphyto cordati–Fagetum*, jellemző fajai a szívlevelű nadálytő (*Symphytum cordatum*), a vörös tüdőfű (*Pulmonaria rubra*) és ikrás fogasír (*C. glanduligera*). A térségben a jegenyefenyő (*A. alba*) és lucfenyő (*P. abies*) elegyes bükkösöket külön-külön erdőtársulásba sorolják (*Pulmonario rubrae–Fagetum*, illetve *Leucanthemo waldsteinii–Fagetum*), de egyes acidofil elemeket – például szöszös nádtippant (*C. villosa*) – és magaskórós növényeket – például havasi bérclapu (*Adenostyles alliariae*) – leszámítva ezekben az állományokban kevés újabb montán faj jelenik meg (Vida 1963; Sanda et al. 2008). A mészkerülő bükkösöket a Kárpátok vonulata mentén a szubmontán-montán helyzetű *Hieracio rotundati–Fagetum* erdőtársulás képviseli, s ugyancsak mindkét hegyvidéki régiót érinti a Keleti-Kárpátok egyes belső területein, illetve az Erdélyi-sziget-hegységben előforduló *Luzulo albidae–Fagetum sylvaticae* asszociáció. A mészkedvelő, sziklai bükkösök közül kiemelhető az *Epipacteto–Fagetum*, illetve jegenyefenyves bükkös övben a *Seslerio rigidae–Fagetum*. Délnyugaton, az Al-Duna menti hegyvidékeken (a Szörényi-érchegység környékén, ahol bükkösök már 1500 m-es tszf. magasságig hatolnak)

földrajzi helyzetre visszavezethető jelentősebb változások következnek. Itt a Déli-Kárpátok kristályos palái után egyes hegységekben (Szárkő, Godján, Orsovai-hegység) egyrészt jelentős arányban jelennek meg mészkő alapközetű területek, másrészt fokozódik az illír hatás. Hasonló a helyzet a Duna déli oldalán, a Szerb-érchegeység területén. A két térségből leírt bükkös erdőtársulások már átmenetet jelentenek az illír bükkösök felé (Sanda et al. 2008).

A Kárpát-medencét délről és délnyugatról záró hegykoszorú bükköseinek legfőbb sajátossága, hogy bennük erős illír növényföldrajzi hatás érvényesül. Rendkívül fajgazdag erdőtársulások fordulnak itt elő, aminek az alapját részben a szubmediterrán klímahatások, részben a dominánsan mészkő alapközet, részben az egykori nyugat-balkáni bükk-refúgiumhoz való közelség adja. A térségben helyenként nagyon magas (a Gorski Kotar környékén bőven 2000 mm feletti) éves csapadékösszeg mutatkozik, s a kedvező csapadék-ellátottságú területek a medence belsejébe egészen a Délnyugat-Dunántúlig, sőt a Dunántúli-középhegység nyugati végéig benyúlnak. Az enyhe telek és a bőséges csapadék (utóbbi térségekben helyenként 800–900 mm éves csapadékmennyiség) következményeként a bükkösök Szlovénia és Horvátország északi részén, illetve a Délnyugat-Dunántúlon már dombvidéki tájakon is zonális helyzetben lépnek fel, s ugyanezen tényezőkkel magyarázható, hogy a Bakony kiterjedt bükkös tömbje más magyarországi középhegységi területekhez képest jóval alacsonyabb térszínen helyezkedik el. Szerbia és Bosznia–Hercegovina hegyvidékein szubmontán helyzetben elsősorban a *Helleboro odori*–*Fagetum*, illetve az *Erythronio*–*Fagetum* erdőtársulás lép fel. A Dinári-hegység északi végén, a Dráva–Száva közötti szigetegyedekben (Psunj, Papuk, Fruska Gora) és a Száva menti dombvidékeken a *Vicia oroboidi*–*Fagetum* asszociáció elterjedt. A jegenyefenyővel (*A. alba*) elegyes montán bükkösök hasonlóképpen tagoltak a Szerb-érchegejségtől a Déli-Alpokig húzódó hegyláncolatán, közülük a Dinári-hegység északi végéről a *Lamio orvalae*–*Fagetum* és az *Anemoni trifoliae*–*Fagetum* társulásokat emeljük ki (Borhidi 1965; Török et al. 1989). A nagyszámú (teljes körűen itt nem említhető) illír bükkös erdőtársulást különböző szubmediterrán és/vagy illír elterjedésű növényfajok definiálják, így többek között a bükkös kispárlófű (*Aremonia agrimonoides*), hármalevelű szellőrózsa (*Anemone trifolia*), bókoló fogasír (*Cardamine enneaphyllos*), hármalevelű fogasír (*Cardamine waldsteinii*), kakasmandikó (*Erythronium dens-canis*), illatos hunyor (*Helleborus odoratus*), fekete hunyor (*Helleborus niger*), pofók árvacsalan (*Lamium orvala*), zalai bükköny (*Vicia oroboides*). A térségben a mézkerülő bükkösök szerepe elhanyagolható, a sziklás felszíneken nagy területen találunk viszont mézkerülő bükkösöket. A sziklai bükkösök közül kiemelhető az *Ostryo*–*Fagetum* erdőtársulás, benne többek között komlógyertyán (*Ostrya carpinifolia*) előfordulásával.

A Kárpát-medencét övező nagyobb földrajzi tájegységek bükkös állományainak áttekintését nehezíti, hogy azok hét ország területére esnek. Az egyes országokban az állományok kutatottságának mértéke óhatatlanul különböző, illetve a társulások elkülönítésének alapelveiben, hagyományaiban is vannak különbségek. Mindezek miatt az Alpok, Kárpátok és Dinári-hegység bükköseinek egységes szemléletű, áttekinthető szinopszisa, és a magyarországi bükkös erdőtársulások térbeli kapcsolatainak pontosabb tisztázása még várat magára.

A magyarországi bükkös erdőtársulások áttekintése

Bükköseink hazánk legrégebben kutatott erdőtársulásai közé tartoznak (vö. Soó 1930, 1934; Magyar 1933). Az 1950-es évektől fellendülő növénycönológiai kutatások (Soó & Zólyomi 1951) az állományokról rengeteg ismeretet tártak fel, az elkülönített cönológiai egységek és a hozzájuk kapcsolható ismeretek, összefüggések leírása az 1960-as évektől táji monográfiák és cönológiai összefoglalók tucatjaiban kapott központi szerepet. Az egyes tájegységeken az erdőtársulásokat kezdetben szélesebb elterjedésű „főasszociációk” altípusaként (földrajzi variánsaként) különítették el (Soó 1962, 1963, 1964), majd az osztályozás elmozdult a szűkebb földrajzi keretek között értelmezett regionális asszociációk leírása felé (Soó 1971, 1974). Az így kialakult osztályozási rendszer képezi az alapját a bükkös erdőtársulások aktuális szakirodalom szerinti tagolásának is, ugyanakkor ez a megközelítés több évtized alatt az asszociációk számának jelentős gyarapodását, egyúttal a társulás-rendszer áttekinthetőségének mérséklődését eredményezte.

A hagyományos cönológiai szakirodalom az erdőtársulásokat (asszociációkat) hierarchikus rendszerben, osztályokba, sorozatokba és csoportokba rendezve tárgyalja (vö. Kevey 2008a; Borhidi 2003; Borhidi et al. 2012). Ez a növényzeti összetétel hasonlóságán nyugvó tagolás gyakorlati szempontból esetenként nehezen kezelhető, különösen, ha jelentősebb számú erdőtársulást kell áttekinteni. Mindezek miatt a hazai bükkös erdőtársulások ismertetésénél nem a klasszikus növénytársulástani (cönotonok szerinti) megközelítést alkalmazzuk, hanem egy olyan ökológiai-földrajzi vázat, amely a termőhelyi és földrajzi háttér értelmezése mellett teszi lehetővé a bükkösök rendszerezését. A megközelítés abból indul ki, hogy a bükkösök fajkészletében, illetve jellegzetes fajkombinációiban mutatkozó kisebb-nagyobb mértékű különbségek mögött (az erdőgazdálkodás nyilvánvalóan befolyásoló hatása mellett) három fő tényező húzódik meg: a termőhelyi-ökológiai háttér (acidofil-mezofil-bazofil jelleg), a földrajzi helyzet (nagy-tájak, illetve klímahatások szerinti differenciálódás) és a magassági régió szerinti fekvés (síkidéki-dombvidéki-középhegységi-magashegységi helyzet). A továbbiakban a Kevey (2008a) monográfiájában tárgyalt hazai bükkösök tömör jellemzését e szempontok szerinti tagolással adjuk meg (3.2.-2. táblázat). A szakirodalom által említett 16 erdőtársulást négy erdőtársulás-csoportba soroljuk. Mészkerülő bükkösökből 3, középhegységi és nyugat-dunántúli mezofil bükkösökből 4, az ezektől leválasztott illír jellegű (dél-dunántúli) mezofil bükkösökből 5, mészkedvelő (sziklai) bükkösökből pedig 4 erdőtársulást mutatunk be. A négy fő erdőtársulás-csoport megfeleltethető az európai közösségi jelentőségű bükkös élőhelytípusok Magyarország területére eső egységeinek (az élőhelyek sorrendben: 9110, 9130, 91K0, 9150) (Szmorad & Tímár 2018). A fő kategóriákba való besorolás egy kivételtől eltekintve a cönológiai rendszernek megfelelően (vö. Kevey 2008a) történt. Kivétel a Dél-Dunántúl síkidéki területeiről leírt *Carici strigosae-Fagetum* társulás, amelyet földrajzi helyzete és az előforduló illír fajok miatt e helyütt az illír bükkösök között szerepeltetünk. A társulás-leírások során a közös jellemzőket erdőtársulás-csoport szinten, a specifikus vonásokat erdőtársulás szinten ismertetjük.

3.2.-2. táblázat. A hazai bükkös erdőtársulások erdészeti tájcsoporthoz, termőhelyi-ökológiai viszonyok és magassági fekvés (montanitás) szerinti előfordulása

Földrajzi nagytájak / Erdészeti tájcsoporthoz	Erdőtársulások	Magassági fekvés
<i>Mészkerülő bükkösök</i>		
Északi-középhegység	<i>Luzulo nemorosae-Fagetum sylvaticae</i>	kollin-montán
Dunántúli-középhegység		kollin-szubmontán
Nyugat-Dunántúl	<i>Galio rotundifolio-Fagetum</i>	kollin-szubmontán
Dél-Dunántúl	<i>Sorbo torminalis-Fagetum</i>	kollin-szubmontán
<i>Középhegységi és nyugat-dunántúli üde (mezofil) bükkösök</i>		
Északi-középhegység	<i>Aconito-Fagetum</i>	montán
	<i>Melittio-Fagetum</i>	kollin-szubmontán
Dunántúli-középhegység	<i>Daphno laureolae-Fagetum</i>	kollin-szubmontán
Nyugat-Dunántúl	<i>Cyclamini purpurascens-Fagetum</i>	kollin-szubmontán
<i>Dél-dunántúli (illír) üde (mezofil) bükkösök</i>		
Dél-Dunántúl	<i>Vicio oroboidi-Fagetum</i>	kollin
	<i>Helleboro odori-Fagetum</i>	kollin-szubmontán
	<i>Doronico austriaci-Fagetum</i>	kollin
	<i>Leucojo verni-Fagetum</i>	planár
	<i>Carici strigosae-Fagetum</i>	planár
<i>Mészkedvelő (sziklai) bükkösök</i>		
Északi-középhegység	<i>Seslerio hungaricae-Fagetum</i>	szubmontán-montán
	<i>Epipacti atrorubentis-Fagetum</i>	szubmontán
Dunántúli-középhegység	<i>Fago-Ornetum</i>	szubmontán
	<i>Taxo-Fagetum</i>	szubmontán

Mészkerülő bükkösök

Gyenge vagy közepes növekedésű (idős korban 8–25 m magas), felnyíló vagy zárt lombkoronaszintű, bükk dominanciájú, mérsékelten elegyes, pionír fafajoknak is otthont adó, cserjeszint nélküli, gyér avarborítású, kisavanyodott-erodált talajokhoz kötődő (acidofrekvens) lágyszárúak által uralt, rendszerint gazdag mohaszinttel rendelkező erdők (3.2.-2. ábra). Állományaik elsősorban dombvidéki és középhegységi fekvésben fordulnak elő, de az Északi-középhegység egyes pontjain, kis területen magashegységi helyzetben is felbukkannak (Szmorad & Tímár 2018).

Állományaik az összefüggő bükkös övhöz vagy az extrazonális bükkös előfordulásokhoz kötődnek, de e területeken belül az erdőtársulás-csoport egyértelműen edafikus (intrazonális) jellegű. Az állományok általában kisebb foltokban, üde (mezofil) zonális bükkösökbe ágyazottan, északi és északnyugati kitérítésben, meredek lejtőkön, gerinceken, ormokon – egyértelműen extrém geomorfológiai helyzetben – jelennek meg. Alapkőzetük erősen savanyú málladékot szolgáltató, szilikátos kőzet (csillámpalák, kvarcit, riolit, radiolarit, gneisz, savanyú homokkő), vagy könnyen kilúgzódó kavicsos-agyagos-vályogos-homokos összlet, illetve homokkő. Ezek a kő-



3.2.-2. ábra. Mecseki mézskerülő bükkös, a talajfelszínen összefüggő fehérülő vánkoscsoha (*Leucobryum glaucum*) takaróval
(Fotó: Szmorad Ferenc)

zettípusokon savanyú kémhatású, tápanyagszegény, a domborzati sajátosságokból adódóan folyamatos felszíni erózió (ezen belül avarerózió) kitett talajok alakulnak ki, amelyek a bükkösök számára esetenként egészen szélsőséges termőhelyi feltételeket nyújtanak. Hidrológiai viszonyok tekintetében kizárólag a többletvízhatástól független kategória jelenléte említhető, a genetikai talajtípusok közül pedig (igen sekély, sekély, illetve kisebb arányban középmély termőréteg-vastagsággal) ranker, podzolos barna erdőtalaj, savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj, rozsdabarna erdőtalaj, illetve foltokban sziklás-köves váztaerőtalaj fordulhat elő (Halász 2006). A humuszforma mérsékelt vagy (a fenyőelegyes állományoknál) nyershumusz.

Az ismertett termőhelyeken megjelenő primer állományok mellett a mézskerülő bükkösök a múltban másodlagosan, drasztikus erdőhasználati módok (tarvágás, erdei legeltetés, alomszedés), illetve időszakos mezőgazdasági művelés révén is kialakulhattak. Ilyen esetekben az egyébként mélyebb talaj (közethatású talaj vagy barna erdőtalaj) humuszos rétege sérült, erodálódott, ami minerális talajfelszín kialakulásához és fokozott felszíni kilúgzódáshoz vezetett, visszaszorítva az üde lomberdei elemeket, egyúttal megteremtve a lehetőséget az acidofrekvens fajok megtelepedéséhez és elterjedéséhez. A másodlagos állományok jellegzetessége, hogy kiterjedésük, mintázatuk extrém domborzati formákkal nem minden esetben hozható kapcsolatba (az állományok sok esetben településkörnyéki, enyhébb lejtőkhöz kötődnek), gypeszintjük kevert (üde és mézskerülő elemeket egyaránt tartalmaz), s viszonylag kíméletes használat mellett néhány évtized alatt képesek regenerálódni, visszaalakulni mezofil bükkös állománnyá (Szmorad 2011).

A mézskerülő bükkösök az elmúlt évszázadok vágásos erdőkezelése következtében többnyire egykorúak, egyszintesek, részben sarj eredetűek, a régebb óta felhagyott vagy szálalóvágással (esetleg örökérett-gazdálkodással) érintett erdők ellenben változatos szerkezetűek lehetnek. Lombkoronaszintjükben a bükk mellett gyakoribb elegendő az extrém savanyú termőhelyeket is viszonylag jól toleráló kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*). Előfordulnak továbbá acidofrekvens pionír fafajok, így a bibircses nyír (*Betula pendula*) és a rezgő

nyár (*Populus tremula*). A madárberkenye (*Sorbus aucuparia*) csak ritkábban, a magasabb régiókban kerül szem elé. A szubmontán és montán bükkösök termőhelyi viszonyokkal szemben igényesebb elegyfái (pl. gyertyán, kislevelű hárs, juharok) az állományokból általában hiányoznak, vagy nagyon alárendelt szereppel bírnak. Az idegenhonos (beültetett) fafajok közül leggyakrabban fenyőfélék (*Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Larix decidua*, *Abies alba*) elegyedése, vagy foltos-csoportos megjelenése figyelhető meg. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy a nyugat-dunántúli állományokban az erdefenyő (*P. sylvestris*) – illetve a Vendvidéken a lucfenyő (*P. abies*) – őshonossága valószínűsíthető (Szmorad 1994, 2011; Tímár 2002), vagyis ebben a térségben a mézskerülő bükkösökben előforduló fenyők akkor sem kezelendők idegenhonos elemként, ha egy adott lokalitásba éppen ültetés útján kerültek. Az állományok inváziós fafajok által csak mérsékelten veszélyeztetettek.

A szélsőségesen savanyú (kilúgzódott) feltalaj és az ebből levezethető rossz tápanyag-ellátottság miatt a cserjeszint rendszerint hiányzik.

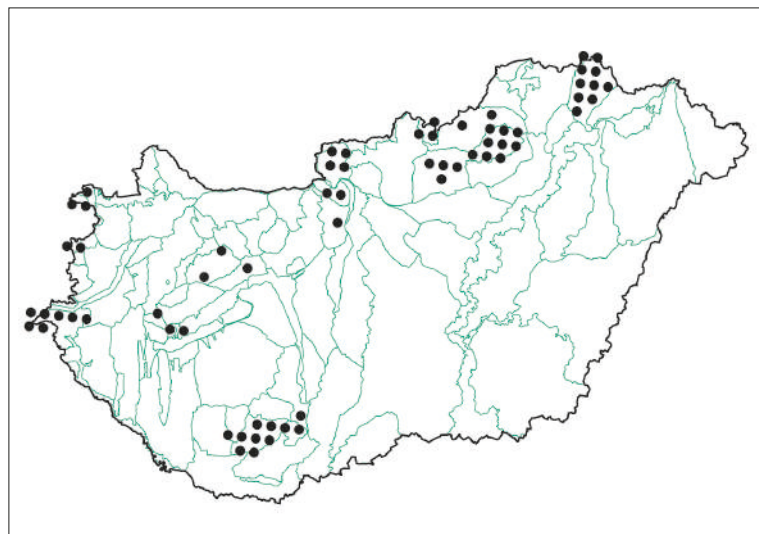
A gypeszint-borítás változó, a rendszeres avarerózió és a vadhatás miatt gyér aljnövényzet-borítással rendelkező, közel csupasz talajfelszínnek is előfordulhatnak. A gypeszint fajszegény, üde lombos fajok alig tartalmaz, koratavaszi aszpektus nincs. Jellemző növényei tipikus acidofrekvens lágyszárúak: fehér perjeszittyó (*Luzula luzuloides*), fekete áfonya (*Vaccinium myrtillus*), erdei sédbúza (*Deschampsia flexuosa*), erdei nádtippán (*Calamagrostis arundinacea*), réti csormolya (*Melampyrum pratense*), orvosi veronika (*Veronica officinalis*), piros nyúlsaláta (*Prenanthes purpurea*), kétlevelű árnyékvirág (*Maianthemum bifolium*), erdei varjúköröm (*Phyteuma spicatum*), bükkös buglyospáfrány (*Phegopteris connectilis*), hölgymál fajok (*Hieracium* spp.), valódi fenyőspárga (*Monotropa hypopitys*), ritkábban korpafű fajok (*Lycopodiaceae*) és körtike fajok (*Pyrolaceae*).

A nyílt, ásványi talajfelszínen jelentősebb moha- és zuzmóborítás fejlődhet ki. A leggyakrabban előforduló, talajon tenyésző mohafajok közül a seprőmoha (*Dicranum scoparium*), seprőcskemoha (*Dicranella heteromalla*), erdei szőrmoha (*Polytrichum formosum*) említhető, míg a mézskerülő bükkösök tipikusnak tartott mohafaja, a fehérülő vánkormoha (*Leucobryum glaucum*) ritkábban kerül szem elé.

A mézskerülő bükkösök hazai területfoglalása – a másodlagosan (erodált talajokon, elfenyvesített termőhelyeken) létrejött, bizonytalan besorolású állományokkal együtt – mintegy 1300 hektárra tehető. Nálunk az Északi-középhegységben, a Dunántúli-középhegység egyes tájain (elszórta), a Nyugat-Dunántúlon, valamint a Mecsekben fordulnak elő (3.2.-3. ábra). A Nyugat-Dunántúl dombvidéki területein található,

tájhasználati okok miatt jelentős részben másodlagosan kialakult, átmeneti (acidofil-mezofil) jellegű állományok összesen mintegy 800 hektárt tesznek ki, ami az összes hazai állomány több mint fele. A mézskerülő bükkösök részben véderdők, részben erdőgazdálkodás alatt álló erdők (Szmorad & Tímár 2018).

Középhegységi mézskerülő bükkös
(*Luzulo nemorosae*–*Fagetum*)



3.2.-3. ábra. A mézskerülő bükkösök hazai előfordulása (Agrárminisztérium, Természetmegőrzési Főosztály, 2019; MÉTA-adatokkal kiegészítve)

Az Északi-középhegységben a Börzsöny (Szujkó-Lacza 1962; Nagy 1999), a Karancs–Medves (Csiky 2003, 2004), a Mátra (Szujkó-Lacza 1962; Kovács 1964, 1975), a Heves–Borsodi-dombvidék (Vojtkó & Sulyok 2014), a Bükk (Zólyomi

et al. 1954, 1955; Vojtkó 2001, 2002) és a Zempléni-hegység (Simon 1977) szubkontinentális klímahatás alatt álló mészkőrűlő bükkös erdőtársulása. Kisebb foltokban a Dunántúli-középhegység északkeleti végén, a Visegrádi-hegység (Horánszky 1964) területén is előfordul, s szórvány adatok ismertek a Budai-hegységből, valamint a Bakony és Balaton-felvidék néhány pontjáról (pl. Uza, Badacsony) is. Az állományok elsősorban dombvidéki és középhegységi helyzetben, 300–700 m tszf. magasságban találhatóak, de a Bükk-fennsík északi peremén 750–850 m tszf. magasságban, montán fekvésben is megjelennek. Alapkőzet tekintetében meglehetősen nagy változatosság mutatkozik, így a vulkanikus hegységekben szélesebb körben megjelenő andezit- és riolit-típusok mellett többek között slír (Karancs), homokkő (Karancs, Medves, Heves–Borsodi-dombvidék), radiolarit (Bükk) és bazalt (Badacsony) alapkőzetben is találunk mészkőrűlő bükkösöket.

Az állományok főbb jellemzői az erdőtársulás-csoportnál általánosságban leírtakkal megegyezők, de a szubkontinentális klímahatás miatt bennük esetenként xerofil fajok – így például juhcsenkesz (*Festuca ovina*) – is megjelennek. A gypsint leggyakoribb domináns (típusalkotó) növénye a fehér perjeszittyó (*L. luzuloides*), valamint (szárazabb oldalakon, erős mohaszinttel megjelenő állományoknál) a seprőmoha (*D. scoparium*) és az erdei szőrmoha (*P. formosum*). A fekete áfonya (*V. myrtilus*) és erdei sédbúza (*D. flexuosa*) dominancia-típusok csak néhány helyszínen, kifejezetten hegyvidéki környezetben (Mátra, Bükk, Zempléni-hegység) bukkannak fel. Az erdei nádtippán (*C. arundinacea*) típus szintén szórványos. A zempléni állományokban elszórtan csarab (*Calluna vulgaris*) és vörös áfonya (*Vaccinium vitis-idaea*) is megjelenik, s ugyanitt (a tájegység északi részén) ismert néhány olyan lokalitás, amelybe már montán fajok – gyöngyfü (*Huperzia selago*), havasalji rózsza (*Rosa pendulina*), kövi szeder (*Rubus saxatilis*) – is beszivárognak. Utóbbi állományok már az Északi-Kárpátok montán mészkőrűlő bükköseivel rokoníthatók (Slezák et al 2016).

Nyugat-Dunántúli mészkőrűlő bükkös (*Galio rotundifolio*–*Fagetum*)

A Soproni-hegység (Csapody 1964; Szmorad 2011), a Kőszegi-hegység (Szmorad 1994), valamint a Vendvidék, Őrség és Vasi-hegyhát (Pócs et al. 1958; Pócs 1960; Soó et al. 1969) szubatlantikus klímahatás alatt álló mészkőrűlő bükkös erdőtársulása. Az állományok Sopron és Kőszeg környékén középhegységi helyzetben, 350–700 m tszf. magasságban, a Délnyugat-Dunántúl területén dombvidéki fekvésben, 250–400 m tszf. magasságban fordulnak elő. A középhegységi tájegységekben metamorf kőzeteken jelennek meg, így a Kőszegi-hegységben kvarcfillit és zöldpala, a Soproni-hegységben gneisz és csillámpala az alapkőzet. A Vendvidék, Őrség és Vasi-hegyhát területén kavicsos-agyagos-homokos vályog alapkőzetben (a laposabb hátaikon jellemzően pszeudoglejes barna erdőtalajokon) állnak a mészkőrűlő bükkösök. Utóbbi erdők ugyanakkor jórészt másodlagosak, tápanyagszegény, leromlott termőhelyük a múltbeli tájhasználat révén alakult ki (s ez tette lehetővé a térségben az erdeifenyő expanzióját is). A korábban ismert állományok zöme az elmúlt évtizedekben vissza is alakult mezofil bükkössé (Tímár 2002).

A lombkoronaszintben a középhegységi állományokhoz képest (valószínűleg őshonos elemként) megjelenhet az egyébként inkább a tölgyes övre jellemző szelídgesztenye (*Castanea sativa*) és erdeifenyő (*P. sylvestris*) is. Az állományokat jórészt nyugat-dunántúli (valójában szubatlantikus) elterjedésű lágyszárú növények jellemzik, így előfordul bennük a társulás névadójának számító kereklevelű galaj (*Galium rotundifolium*), az erdei galaj (*Galium sylvaticum*), valamint az erdei ciklámen (*Cyclamen purpurascens*) is. A gypsint sok helyütt megjelenő domináns (típusalkotó) növénye a fehér perjeszittyó (*L. luzuloides*), az erdei sédbúza (*D. flexuosa*) és a fekete áfonya (*V. myrtilus*). Az erdei nádtippán (*C. arundinacea*) típus előfordulása csak szórványos. Nyitottabb, mészkőrűlő tölgyesekkel vagy erdeifenyvesekkel érintkező állományokban néhol a csarab (*Calluna vulgaris*) is előfordul. A középhegységi területekhez képest kedvezőbb csapadékkellátottság miatt a mohás típusok viszonylag ritkák. Összességében az állományok az Alpok keleti peremvidékének mészkőrűlő bükköseivel (*Melampyro*–*Fagetum*) mutatnak hasonlóságot (Willner & Grabherr 2006).

Mecseki mészkőrűlő bükkös (*Sorbo torminalis*–*Fagetum*)

A Nyugat- és Kelet-Mecsek, valamint a Geresdi-dombság (Horvát 1972; Kevey & Borhidi 2005) szubmediterrán klímahatás alatt álló mészkőrűlő bükkös erdőtársulása. A dombvidéki és középhegységi helyzetben, 350–500 m tszf. magasságban elhelyezkedő, erősen letörpülő erdők sajátossága, hogy a déli irányból mutatkozó erőteljes növényföldrajzi hatások következtében olyan melegkedvelő, szubmediterrán vagy illír jellegű növényfajok is előfordulnak bennük, amelyek egyébként a bükkös övre nem jellemzőek. Az állományok viszonylag szűkebb területen belül, különböző korú és típusú homokköveken, egyéb szilikáttartalmú kőzeteken, illetve a dombvidéki térségben grániton (de jórészt mészkő alapkőzetű környezetbe ágyazottan) fordulnak elő.

Lombkoronaszintjükben (igaz, csak mérsékelt részesedéssel) megjelenhet a talán ebben a térségben is őshonos szelídgesztenye (*Castanea sativa*), a cser (*Quercus cerris*), a barkócaberkenye (*Sorbus torminalis*), az ezüst hárs (*Tilia tomentosa*) és a virágos kőris (*Fraxinus ornus*). A gypsintben gyakoriak lehetnek a félcserjék és törpecserjék, így a feketedő fürtös-zanót

(*Lembotropis nigricans*), gombos törpezsanót (*Chamaecytisus supinus*), selymes rekettye (*Genista pilosa*), lónyelvű csodabogyó (*Ruscus hypoglossum*). Alkalmanként felbukkanhat a délvidéki perjeszittyó (*Luzula forsteri*), a nemes májvirág (*Hepatica nobilis*) és a felfutó piritógyökér (*Tamus communis*) is. Az említett fajok zöme valójában a térség tölgyeseire jellemző elemek, mézskerülő bükkösökbe való beszivárgásuk ugyanakkor olyan sajátosság, mely a többi hazai mézskerülő bükkössel szemben differenciálól szereppel bír (Kevey 2008a). A gypszint gyakoribb domináns (típusalkotó) növénye a fehér perjeszittyó (*L. luzuloides*), de minerális talajfelszínen jelentős szerephez jutnak mohás típusok is. Különösen gyakoriak a fehérló vánkoscsoha (*L. glaucum*) dominanciájú mézskerülő bükkösök. Az állományok összességében a Balkán-félsziget hegyvidékeinek mohagazdag mézskerülő bükköseivel (*Musco–Fagetum moesiaca*) rokoníthatók (Tomić 2006).

Középhegységi és nyugat-dunántúli üde bükkösök

Általában jó növekedésű (idős korban 20–35 m magas), zárt lombkoronaszintű, rendszerint bükk dominanciájú, mérsékelt-közepesen elegendő, cserjeszint nélküli vagy cserjéket csak elszórtan tartalmazó, erős avarborítású, üde lomberdei fajok (*Fagetalia*-elemek) által uralt, mohaszint nélküli erdők (3.2.-4. ábra). Az Északi- és Dunántúli-középhegység, valamint a Nyugat-Dunántúl területén jelennek meg, bennük elszórtan a Kárpátok, illetve az Alpok magasabb régióinak jellegzetes növényeivel (közép-európai montán elemekkel). Állományaik elsősorban dombvidéki és középhegységi fekvésben fordulnak elő, de az Északi-középhegység egyes pontjain, kis területen magashegységi helyzetben is felbukkannak (Szmorad & Tímár 2018).

Makroklima, illetve mezoklima által meghatározott megjelenésű, zonális erdők. Jellemző termőhelyeik a dombvidékek és középhegységek kiegyenlített, hűvös-csapadékos klímájú területei (erdészeti klímakategória = bükkös), ahol az állományok a gyertyános-tölgyes öv (ritkábban a cseres-tölgyes öv) északi kitettségű lejtőin (extrazonálisan) jelennek meg (dombvidékeken), vagy összefüggő övet alkotnak (középhegységekben). A mezofil bükkösök sokféle geológiai aljzaton megjelennek, talajaik általában szélsőséges vonásoktól mentes, jó víz- és tápanyag-ellátottságú, üde talajok. Klimatikusan határhelyzetben levő termőhelyeken a bükk a karbonátos aljzatot preferálja, így állományai is mészkő, illetve dolomit alapkőzeten érnek el nagyobb kiterjedést (Zólyomi 1958). A hidrológiai viszonyok tekintetében a többletvízhatástól független kategória a leggyakoribb, de meredek lejtők aljában (völgyalji helyzetben) szivárgó vizű, illetve agyagos-glejes aljzaton változó vízgazdálkodású termőhelyek is előfordulhatnak. A jellemző talajtípusok részben közethatású talajok (ranker, rendzina, erubáz), de leggyakrabban mély termőrétegű barna erdőtalajok, azon belül is főleg agyagbemosódásos barna erdőtalajok, savanyú, nem podzolos barna erdőtalajok, podzolos barna erdőtalajok, rozsdabarna erdőtalajok, esetleg pszeudoglejes barna erdőtalajok (Halász 2006). A bolygatlan állományokban a humuszforma mull.



3.2.-4. ábra. Nyugat-dunántúli szubmontán bükkös, a gypszintben a hegyi csenkesz (*Festuca drymeja*) tömeges megjelenésével (Fotó: Szmorad Ferenc)

Másodlagosan kialakult állományok nincsenek, az erdőtársulás-csoport esetében Magyarország területén a másodlagosság lehetősége (a kedvezőbb klímájú lucos öv előfordulása híján) kizárható.

Vágásos üzemmódban kezelt állományok zömmel egykorúak, egyszintesek, a gazdálkodással régebb óta nem érintett, vagy szálalóvágással (esetleg örökerdő-gazdálkodással) érintett erdők viszont többkorúak, többszinte-

sek, változatos szerkezetűek lehetnek. Lombkoronaszintjükben a bükk mellett dombvidéken és alacsonyabb hegyvidéken rendszeres elegyfa a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*), kislevelű hárs (*Tilia cordata*), madárcseresznye (*Cerasus avium*), míg a magashegyvidéki bükkösökre leggyakrabban korai juhar (*Acer platanoides*), hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus*), magas kőris (*Fraxinus excelsior*), hegyi szil (*Ulmus glabra*) elegyedik. Zárt, homogén erdőkben a bükk erős árnyalása miatt a gyertyán és a további elegyfák szinte minden esetben a felső lomboszintben helyezkednek el. Az alacsonyabb régiókban (a bükk mérsékelt elegyaránya mellett) a gyertyán konzociációt képezhet, a montán régióban pedig hasonló jelenség figyelhető meg a hegyi juhar és magas kőris kapcsán. Az idegenhonos (beültetett) fafajok közül leggyakrabban fenyőfélék (*Picea abies*, *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*, *Pinus strobus*, *Larix decidua*, *Abies alba*, *Pseudotsuga menziesii*) elegyedése, vagy foltos-csoportos megjelenése figyelhető meg. Az említett fenyőfajok általában a bükkal azonos vertikális helyzetben (a felső lombkoronaszintben) fordulnak elő, de az európai vörösfenyő (*L. decidua*) a gyorsabb növekedés és az erőteljes fényigény miatt sok esetben a kiugró szintbe kerül, ún. fátyolszintet alkot (Gencsi & Vancsura 1992). Az inváziós fafajok közül a gazdálkodás alatt álló vagy egyéb módon zavart-bolygatott állományokban egyre nagyobb területen kell számolni a fehér akác (*Robinia pseudoacacia*) és a mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*) megjelenésével, illetve terjeszkedésével.

A fényben szegény állománybelső miatt (a kedvező tápanyag-ellátottság ellenére) a cserjeszint rendszerint hiányzik, jelentősebb cserjeborítás csak a bolygatott, záródáshiányos, lékekkel tagolt erdőkben figyelhető meg. A cserjék közül leggyakrabban és legnagyobb tömegben az erdei málna (*Rubus idaeus*) és földi szeder (*Rubus fruticosus* agg.) kistípus fordulnak elő, míg az ükörke lonc (*Lonicera xylosteum*) és a farkasboroszlán (*Daphne mezereum*) szórványos.

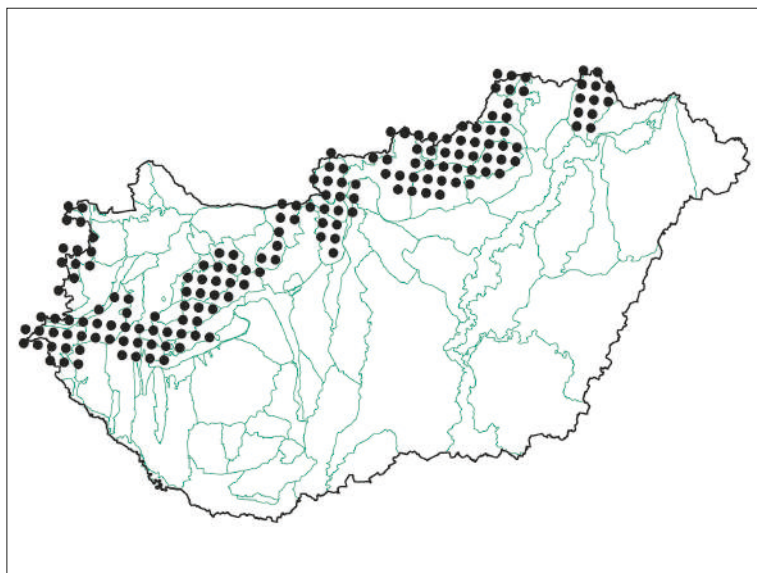
A gypeszint borítása változó, az összefüggő gypeszönyeget adó típusok mellett gyér aljnövényzet-borítású és vastag alommal fedett (nudum) állományok is előfordulnak. A lágyszárúak között meghatározóak az üde lomberdei (*Fagetalia*) fajok, így többek között az erdei hölgyfű (*Athyrium filix-femina*), fekete békabogyó (*Actaea spicata*), hagymás fogasír (*Cardamine bulbifera*), farkasölő sisakvirág (*Aconitum vulparyria*), kereklevelű kapotnyak (*Asarum europaeum*), négylevelű farkasszőlő (*Paris quadrifolia*), erdei varázslófű (*Circaea lutetiana*), erdei kutyatej (*Euphorbia amygdaloides*), európai gombernyő (*Sanicula europaea*), erdei ibolya (*Viola reichenbachiana*). A leggyakoribb típusalkotó (domináns) növények: egyvirágú gyöngyperje (*Melica uniflora*), bükkász (*Carex pilosa*), hegyi csenkesz (*Festuca drymeja*), szagos müge (*Galium odoratum*), erdei szélű (*Mercurialis perennis*), hegyi sárgaarvacsalán (*Galeobdolon montanum*), erdei madársóska (*Oxalis acetosella*), erdei sás (*Carex sylvatica*), podagrafü (*Aegopodium podagraria*), erdei nebáncsvirág (*Impatiens noli-tangere*). Az ép talajú állományokban (főleg meszes alapközeten) gazdag koratavaszi aspektus – szellőrózsa fajok (*Anemone* spp.), keltike fajok (*Corydalis* spp.), csillagvirág fajok (*Scilla* spp.), kikeleti hóvirág (*Galanthus nivalis*), erdei galambvirág (*Isopyrum thalictroides*) – jelenik meg.

A vastag avartakaró miatt talajon kialakult mohaszint nincs, az előforduló mohafajok csak az álló és fekvő (elhalt) fatörzseken, illetve a bükkfák tövével találunk megfelelő szubsztrátot.

A középhegységi és nyugat-dunántúli (mezofil) bükkösök állományai az Északi- és Dunántúli-középhegységben, illetve a Nyugat-Dunántúlon jelennek meg (3.2-5. ábra). Kiterjedésük kb. 80 000 hektár, ami a jelenlegi erdőterületen belül – főként a gyertyánosodás és a bükkösök termőhelyén végzett fenyvesítések miatt – némileg elmarad a klimatikus jellemzők alapján lehetséges értéktől. Az egyedi eseteket (fokozottan védett területek, erdőrezervátumok) leszámítva az állományok zöme erdőgazdálkodás alatt álló, nagy gazdasági jelentőséggel bíró erdő (Szmorad & Tímár 2018).

Magashegységi (montán) bükkös (*Aconito-Fagetum*)

Magyarország területén kizárólag az Északi-középhegység magasabb régióiban fordulnak elő magashegységi – a hazai terminológia szerint montán, az Alpokban alkalmazott beosztás szerint alacsonymontán (Willner 2002) – bükkösök. Állományaik a Börzsönyben (Szujkó-Lacza 1962), a Mátrában (Szujkó-Lacza 1962; Kovács 1975), a Bükkben (Zólyomi 1967; Less 1987–1988; Vojtkó 2001, 2002) és a Zempléni-hegységben (Simon 1977) található meg. Völgyaljakban, északi lejtőkön és



3.2.-5. ábra. A középhegységi és nyugat-dunántúli üde bükkösök hazai előfordulása (Agrárminisztérium, Természetmegőrzési Főosztály, 2019)

jelenthetnek meg. A szubmontán bükkösökre jellemző elegyfák ebben az erdőtársulásban már nem fordulnak elő, így teljes mértékben hiányzik a közönséges gyertyán (*C. betulus*) is. A cserjeszint szórványosan megjelenő montán cserjefaja a havasli rózsza (*Rosa pendulina*) és a havasi iszalag (*Clematis alpina*), s szegélyekben, lékekben hasonló növényföldrajzi karaktert képvisel a fürtös bodza (*Sambucus racemosa*). A gypeszintben az Északnyugati-Kárpátok fenyőelegyes bükköseivel közös elem a kárpáti sisakvirág (*Aconitum moldavicum*), karcú sisakvirág (*Aconitum variegatum* subsp. *gracile*), pávafarkú salamonpecsét (*Polygonatum verticillatum*), erdei csenkesz (*Festuca altissima*), krajnai farkasbogyó (*Scopolia carniolica*), sudár kankalin (*Primula elatior*), fehér acsalapu (*Petasites albus*), illetve a koratavaszi aszeptus tagjaként az ikrás fogasír (*Cardamine glanduligera*). A gypeszintben az erdőtársulás-csoport egészére megadott fajok mellett domináns (típusalkotó) növény lehet a hajperje (*Hordelymus europaeus*) és az élő holdviola (*Lunaria rediviva*). A felsorolt montán fajok között szurdokerdőkkel közös növények (*Tilio-Acerion* elemek) is előfordulnak, tekintettel arra, hogy a hazánkban szurdokerdőkben ismert fajok a montán bükkös zónában már a mikroklamatikus zugokból kilépve is képesek megjelenni. Összességében az egyetlen hazai montán bükkös erdőtársulásunk az Északnyugati-Kárpátok jegenyefenyves-bükkösének (korábbi összefoglaló nevén: *Abieti-Fagetum*) kárpáti fajokban gazdag, de természetes fenyelelőfordulások nélküli változatának tekinthető (Michalko et al. 1986–1987).

Északi-középhegységi bükkös (*Melittio-Fagetum*)

A Magyar-középhegység keleti, Visegrádi-hegységtől a Zempléni-hegységig terjedő vonulatának szubkontinentális klímahatás alatt álló kollin-szubmontán bükkös erdőtársulása (Kevy 2008a; Borhidi et al. 2012). Jellemzően 500–800 m tszf. magasságban, a tömbös hegységeken összefüggő övet alkotva jelentkeznek, de legalacsonyabban fekvő, extrazonális helyzetű állományai (például a Heves–Borsodi-dombvidék területén) egészen 250–300 m tszf. magasságig lehúzódnak. Vulkanikus képződményeken (andezit, riolit, bazalt) és üledékes kőzeteken (homokkő, mészkő, dolomit) egyaránt előfordulnak. Az állományok fajkészlete (különös tekintettel a gypeszint összetételére) alapközet tekintetében erősen differenciált. A mészkő és dolomit alapközetű hegységek vagy hegység részek (Dél-Börzsöny, Naszály, Bükk, Aggteleki-karszt) bükkösei minden esetben fajgazdagabbak, mint a vulkanikus területek és a homokkő-vidékek állományai. Túlzás nélkül kijelenthető, hogy a vulkanikus kőzeteken és homokkővön álló északi-középhegységi szubmontán bükkösök a hazai bükkös erdőtársulásokon belül talán a legfajszegényebb, legjellegtelenebb állományok.

A hazai bükkösökben szubatlantikus és szubmediterrán, illetve illír hatásra megjelenő növények az északi-középhegységi szubmontán fekvésű állományokból már teljesen elmaradnak. Előfordul ugyanakkor bennük néhány olyan kárpáti (montán) jellegű növényfaj, mely az ország más részének bükköseiből hiányzik. Völgyaljokban így felbukkan a krajnai farkasbogyó (*Scopolia carniolica*), a sudár kankalin (*Primula elatior*), illetve a koratavaszi aszeptus tagjaként az ikrás fogasír (*Cardamine glanduligera*). Dácikus flóraelemként a Visegrádi-hegységben, a Dél-Börzsönyben és a Bükkben jelen van a pirosuló hunyor (*Hel-*

töbrökben montán növényfajokat hordozó bükkösök ismertek még az Aggteleki-karszt (Vojtkó 2004), a Heves–Borsodi-dombvidék (Vojtkó & Sulyok 2014) és a Medves (Csiky 2003, 2004) területéről, ezeket azonban nem tekintjük montán bükkösöknek. A szakirodalom korábban a Magas-Bakonyból (Kőrös-hegy környéke) is jelzett montán bükkösöket (Majer 1982), az általános szakmai konszenzus alapján azonban ezek az erdők a szubmontán bükkösök közé sorolandók. A montán bükkösök 750–1000 m tszf. magasságban helyezkednek el, de északi lejtőkön jóval alacsonyabban, 400–500 m-ig is lehúzódnak. Az állományok alapközete általában andezit, riolit, mészkő vagy dolomit. Magyarországon a legnagyobb (egyben legfajgazdagabb) montán bükkös tömb a Bükk-fennsík 750–950 m tszf. magasságú mészkőplatóján található.

A lombkoronaszintben szinte monodomináns bükk mellett kisebb-nagyobb arányban az általános jellemzésnél felsorolt fajok

leborus purpurascens) is. Az állományok összességében az Északnyugati-Kárpátok belső ívének szubmontán bükköseivel (*Carici pilosae-Fagetum*, *Dentario bulbiferae-Fagetum*) mutatnak kapcsolatot (Michalko et al. 1986–1987; Ujházyová & Ujházy 2011).

Dunántúli-középhegységi bükkös (*Daphne laureolae-Fagetum*)

A Magyar-középhegység nyugati, Keszthelyi-hegységtől a Pilisig terjedő szakaszának szubatlantikus és szubmediterrán klímahatás alatt álló kollin-szubmontán bükkös erdőtársulása (Kevey 2008a; Borhidi et al. 2012). Általában 400–700 m tszf. magasságban fordul elő, de extrazonális helyzetben (például a Bakony északi peremén) akadnak egészen 200–250 m tszf. magasságig lehúzódó állományai is. A Magas-Bakonyban egészen nagy kiterjedésű, a kedvező csapadék-ellátottság miatt plakor helyzetben 400 m alatti térszínbe is lenyúló tömbje található. Az érintett földrajzi tájakban az alapkőzet szinte minden esetben mészkő vagy dolomit, így az állományok regionális szinten kevésbé változatosak, mint az Északi-középhegységben. Geológiai aljzat tekintetében kivételt csak a Vértesalja homoki bükkösei (Kevey et al. 2021), a Balaton-felvidék bazalt tanúhegyeinek bükkösei és a hegységperemi üledékeken kialakult állományok jelentenek.

A különleges klimatikus helyzet miatt az állományokban részben már a nyugat-dunántúli és dél-dunántúli (illír) bükkösök jellegzetes növényfajai is előfordulnak. Kissé szárazabb termőhelyeken szórványosan megjelenik a cser (*Quercus cerris*) és a virágos kőris (*Fraxinus excelsior*). A jellegzetes cserjefajok közül kiemelendő a fákra felkúszó közönséges borostyán (*Hedera helix*), a meszes aljzathoz kötődő mogyorós hólyagfa (*Staphylea pinnata*), illetve a társulás névadójának számító, szintén örökzöld babérboroszlán (*Daphne laureola*). A Dunántúli-középhegység nyugati részének bükköseiben szórványosan a szürös csodabogyó (*Ruscus aculeatus*) és lónyelvű csodabogyó (*Ruscus hypoglossum*) is megjelenik. A gyepszint szubatlantikus hatást igazoló (részben nyugat-dunántúli és dél-dunántúli területekkel közös) növénye az erdei galaj (*Galium sylvaticum*), bókoló fogasír (*Cardamine enneaphyllos*), magyar varfű (*Knautia drymeia*) és szártalan kankalin (*Primula vulgaris*), szubmediterrán, illetve illír hatásra utaló (dél-dunántúli területekkel közös) faja pedig a tarka lednek (*Lathyrus venetus*), kisvirágú hunyor (*Helleborus dumetorum*), délvideki perjeszittyó (*Luzula forsteri*), felfutó pirítógyökér (*Tamus communis*). A koratavaszi aszeptusban előfordul a bókoló keltike (*Corydalis intermedia*), s a tavasz derekától megjelenik a medvehagyma (*Allium ursinum*) is.

Nyugat-dunántúli bükkös (*Cyclamini purpurascens-Fagetum*)

Az Alpok keleti nyúlványainak (Soproni-hegység, Kőszegi-hegység), illetve keleti-délkeleti előterének (Vendvidék, Őrség, Vasi-hegyhát) szubatlantikus klímahatás alatt álló kollin-szubmontán bükkös erdőtársulása (Kevey 2008a; Borhidi et al. 2012). A hegyvidéki állományok Sopron környékén 350–550 m, Kőszeg környékén 350–880 m tszf. magasságban fekszenek, míg a délnyugati országrész dombvidékén a csapadékviszonyoknak köszönhetően 300–400 m (a Rába-völgy peremén, extrazonális helyzetben 200–300 m) tszf. magasságban is találunk bükkösöket. Az alapkőzetet a Soproni-hegységben részben agyagos-kavicsos üledékek, részben kristályos palák (főként gneisz és csillámpala) alkotják, a Kőszegi-hegységben ugyanakkor csak metamorf kőzetek (kvacfillit, mészfilit, zöldpala) fordulnak elő. A délnyugat-dunántúli dombvidéken kavicsos-agyagos-homokos vályog az alapkőzet. A különböző geológiai képződményeken kialakult talajok (talán a kőszegi mészfilités területeket leszámítva) a Dunántúli-középhegység karbonátos kőzeteitől jelentősen eltérő közeget (hideg, kötött, bázisszegény, levegőtlen talajok) nyújtanak a bükkösök számára. Az ország más térségeivel összevetve a bükkös termőhelyeken a Nyugat-Dunántúlon a legmagasabb a pszeudoglejes barna erdőtalajok aránya (Halász 2006).

A földrajzi helyzet, a termőhelyi sajátosságok és a szubatlantikus klímahatás miatt az erdőtársulásnak számos egyedi jellegzetessége adódik. Az erdeifenyő (*P. sylvestris*) és a jegenyefenyő (*A. alba*) soproni-kőszegi, illetve a lucfenyő (*P. abies*) vendvidéki (feltételezett) őshonossága okán a lombkoronaszintben szórványosan megjelenhetnek az említett fenyőfajok. A gyepszint szubatlantikus hatást igazoló (részben dunántúli-középhegységi és dél-dunántúli területekkel közös) növénye az erdei galaj (*G. sylvaticum*), a magyar varfű (*K. drymeia*), bókoló fogasír (*C. enneaphyllos*) és a szártalan kankalin (*P. vulgaris*). Szubmediterrán klímahatás alatt álló területekkel közös faj az erdei ciklámen (*Cyclamen purpurascens*) és az erdei csillaghúr (*Stellaria nemorum*), s hazánkban csak a Nyugat-Dunántúl bükköseiben fordul elő a közép-európai montán fecsketarjánics (*Gentiana asclepiadea*). Fenyőfajokkal egyes állományokban rendszeresen megjelenik még a kereklevelű galaj (*Galium rotundifolium*) is. A gyepszint domináns (típusalkotó) lágyszárú közül a Soproni- és Kőszegi-hegység területén meghatározó a hegyi csenkesz (*F. drymeja*). Összességében az állományok a közép-európai elterjedésű, bázisszegény talajokon álló szubmontán (az Alpokban részben középmontán) bükkösökkel (*Galio odorati-Fagetum*) is azonosíthatók (Willner & Grabherr 2007). Megjegyezhető továbbá, hogy a Kőszegi-hegység magasabb régióiban előfordul, a gyepszintben *Festuca drymeja* dominanciájú bükkösei már-már alacsony montán jellegűek!

Dél-dunántúli (illír) üde bükkösök

Főbb jellemzőik a középhegységi és nyugat-dunántúli bükkösökkel közel azonosak, karakterüket ugyanakkor meghatározzák (együttal a többi mezofil bükköstől való elválasztás alapját megadják) azok a xeromezofil-mezofil karakterű, atlanti-mediterrán, szubmediterrán, illetve nyugat-balkáni (illír) elterjedésű növényfajok, amelyek az ország többi részén nem, vagy csak kisebb súllyal, elvétve fordulnak elő (Borhidi 1963, 1965, 1966). Ezen felül lényeges különbségként említendő az is, hogy a dél-dunántúli bükkös állományok lombkoraszintjébe a kontakt vegetációtípusok felől jóval nagyobb arányban húzódnak be xerofil tölgyesekre jellemző fajok, mint a középhegységi és nyugat-dunántúli bükkösöknél (3.2.-6. ábra). Az illír bükkösök előfordulása hazánkban kizárólag a Dél-Dunántúl területére korlátozódik. Állományaik dombvidéki és középhegységi fekvés mellett ritkábban egyes síkvidéki termőhelyeken is megjelennek, amit részben a viszonylagos csapadékbőség (a Délnyugat-Dunántúlon néhol 800–900 mm éves csapadékösszeg), részben egyes termőhelyek (magasártéri és egyéb vízjárta területek) kedvező vízháztartása, illetve az ennek következtében fellépő mezo- és mikroklimatikus hatás tesz lehetővé (Szmorad & Tímár 2018).



3.2.-6. ábra. Dél-dunántúli (illír) bükkös, jelentős ezüst hárs (*Tilia tomentosa*) eleggyel, az előtérben szúrós csodabogyóval (*Ruscus aculeatus*) (Fotó: Juhász Magdolna)

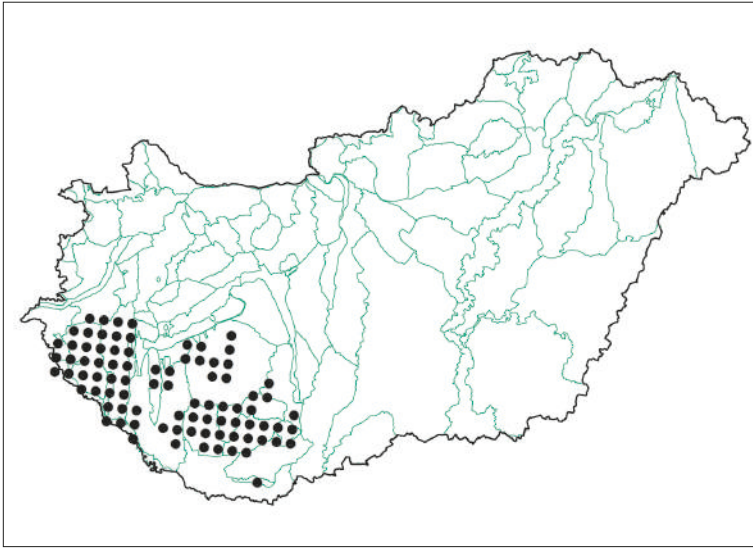
A dombvidékeken és kisebb sziget-hegységeken (Mecsek, Villányi-hegység) előforduló illír bükkösök termőhelyi jellemzői jórészt a középhegységi szubmontán és montán bükkösöknél leírtaknak megfelelően alakulnak. Eltérsésként említhető ugyanakkor, hogy az alapközet-adottságok miatt a podzolos és a savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj, valamint a ranker és erubáz előfordulása nem jellemző (Halász 2006). A síkvidéki állományok homokon vagy ártéri allúviumon találhatóak, leggyakrabban talajtípusuk rozsdabarna erdőtalaj, illetve öntés erdőtalaj.

Az illír bükkösök fajösszetétele az erős szubmediterrán klímahatás következtében számos vonásban eltérhet a középhegységi és nyugat-dunántúli szubmontán bükkös állományokétól.

A Dél-Dunántúl keleti részén a lombkoraszintben egyrészt megjelenhet a csertölgy (*Quercus cerris*) és a virágos kőris (*Fraxinus ornus*), másrészt a Zselicben és a Mecsekben, illetve az ezektől délre eső területeken előfordul, és akár konszociáció-alkotó faj is lehet az ezüst hárs (*Tilia tomentosa*). Szórványosan felbukkan a feltehetően őshonos szelídgesztenye (*Castanea sativa*) is. Az idegenhonos (beültetett) fajok közül leggyakrabban itt is fenyőfélékkel találkozhatunk, bár szerepük jóval mérsékeltebb, mint a középhegységi vagy nyugat-dunántúli állományoknál. Az erdefenyő (*Pinus sylvestris*) a göcseji bükkösökben még spontán elem lehet (vö. Pócs 1960), a faj Zselic környékén feltételezett őshonossága (Borhidi 1984) azonban már erősen vitatható. Megemlítendő még, hogy az inváziós fajok közül a Zalai-dombság erősen szabdalts bükkös tömbjeiben a fehér akác (*Robinia pseudoacacia*) spontán terjeszkedése igen jelentős mértékűt ölt (Balogh et al. 2005), s a gazdálkodás alatt álló vagy egyéb módon zavart állományokban (vágásterületeken, bolygatott foltokon) egyre nagyobb területeken kell számolni a mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*) megjelenésével is.

Az állományok cserjeszintjében szórványos dél-dunántúli faj a jerikói lonc (*Lonicera caprifolium*), a szúrós csodabogyó (*Ruscus aculeatus*) és a lónyelvű csodabogyó (*Ruscus hypoglossum*), előfordulásuk gyakorisága azonban a különböző erdőtürsulásokban jelentősen eltérő.

A gyepszintben a típusalkotó (domináns) lágyszárúak jórészt megegyeznek a középhegységi mezofil bükkösöknél megadott fajokkal. A közismert szubmontán bükkös fajkészlethez képest ugyanakkor számos szubmediterrán, illetve nyugat-balkáni (illír) növényfaj is megjelenik. Közülük csak kevés faj jellemző az illír bükkös erdőtársulások mindegyikére, de például a szártalan kankalin (*Primula vulgaris*) és a díszes vesepáfrány (*Polystichum setiferum*) a legtöbb területen megtalálható. A Zselicből és a Mecsekéből az illatos hunyor (*Helleborus odoratus*), nemes májvirág (*Hepatica nobilis*), bükkös kispárlófű (*Aremonia agrimonoides*) és tarka lednek (*Lathyrus venetus*), a Zalai-dombságból pedig a zalai bükköny (*Vicia oroboides*) emelhető ki. A klasszikus illír bükkös növények, mint a hármalevelű szellőrózsa (*Anemone trifolia*) és a főfok árvacsalán (*Lamium orvala*) hazánkban csak néhány helyszínen fordulnak elő.



3.2.-7. ábra. A dél-dunántúli (illír) üde bükkösök hazai előfordulása (Agrárminisztérium, Természetmegőrzési Főosztály, 2019)

Hazánkban az illír bükkösök (elterjedési területük északkeleti peremét elérve) csak a Dél-Dunántúlon, mintegy 20 000 hektáron jelennek meg (3.2.-7. ábra). Állományaik – az illír fajok előfordulási mintázata alapján elhatárolva, illetve egyfajta szakmai megegyezésként rögzítve – a Zala folyó, a Balaton, a Sió-csatorna és a Duna által kirajzolt határvonalától délre-délnyugatra helyezkednek el. A Göcsej és a Kerka-völgy állományai (bár határhelyzetűek) tehát még az illír bükkösök közé tartoznak, az őrségi állományok azonban már a középhegységi és nyugat-dunántúli bükkösökhöz sorolandók. A gyertyánosodás, ezüsthársasodás és a bükkösök termőhelyén végzett fenyvesítések miatt a jelenlegi erdőterületen belül a területfoglalás

ennél az élőhelynél is elmarad a klimatikus jellemzők alapján lehetséges értéktől. Az egyedi eseteket (fokozottan védett területek, erdőrezervátumok) leszámítva az állományok zöme itt is erdőgazdálkodás alatt álló, nagy gazdasági jelentőséggel bíró erdő (Szmorad & Tímár 2018).

Délnyugat-dunántúli bükkös (*Vicia oroboides*-*Fagetum*)

A Dél-Dunántúl nyugati felének (Zalai-dombság, Marcali-hát, Zselic) szubmediterrán (illetve a Zalai-dombságban még szubatantikus) klímahatás alatt álló bükkös erdőtársulása (Pócs 1960; Soó et al. 1969; Borhidi 1960, 1984). A Zalai-dombság és a Zselic zonális helyzetű állományai csupán 200–350 m tszf. magasságú térszíneken – vagyis dombvidéki környezetben – tenyésznek, így ez az erdőtársulás a legalacsonyabban előforduló hazai zonális bükkös (a Marcali-hát állományai már extrazonális helyzetűek). A két nagyobbik tájegységben a különösen alacsony fekvésben való jelenlétet a kedvező csapadékviszonyok teszik lehetővé, a Vendvidék–Őrség térségével együtt a Zalai-dombság Magyarország legmagasabb csapadékoszegű vidékei közé tartozik, de kedvező csapadék-ellátottságú még a Zselic is. Az állományok a Zalai-dombságban főként kavicsos-agyagos-homokos üledékeken és agyagon, helyenként löszös berakódásokon állnak. A Marcali-háton és a Zselicben az alapkőzetet lösz és különféle löszös üledékek adják, de ezek mellett kisebb agyagmárga-felszínek is előfordulnak. A térség bükkös termőhelyein meghatározóak az agyagbemosódásos barna erdőtalajok, de a Ramann-féle barna erdőtalaj és (homokos aljazaton) a rozsdabarna erdőtalaj területfoglalása is jelentős (Halász 2006).

A zselici állományok lombkoronaszintjében jelentősebb szerephez jut, s olykor konzociációt is alkot az ezüst hárs (*T. tomentosa*). A cserjeszintben előfordul a szúrós csodabogyó (*R. aculeatus*) és a lónyelvű csodabogyó (*R. hypoglossum*) is. Az erdőtársulás jellemző lágyszárú növénye a névadó zalai bükköny (*V. oroboides*) mellett a tarka lednek (*L. venetus*), a bükkös kispárlófű (*A. agrimonoides*), a nemes májvirág (*H. nobilis*), a díszes vesepáfrány (*P. setiferum*), az édes kutyatej

(*Euphorbia dulcis*), az erdei ciklámen (*Cyclamen purpurascens*), a magyar varfű (*Knautia drymeia*) és a szártalan kankalin (*P. vulgaris*). A tavaszi aszeptusban a medvehagyma (*A. ursinum*) is előfordul. A Marcali-hát állományai a másik két térséghez képest már fajszegények (Kevey 2008a). Az erdőtársulás – azonos néven – országhatáron átnyúlóan is ismert, állományai Horvátország északi részének dombvidéki és középhegységi területén elterjedtnek mondható (Borhidi 1965).

Délkelet-dunántúli bükkös (*Helleboro odori*–*Fagetum*)

A Dél-Dunántúl keleti felének (Külső-Somogy, Tolnai-hegyhát, Mecsek, Villányi-hegység) szubmediterrán klímahatás alatt álló bükkös erdőtársulása (Horvát 1958, 1972; Kevey 1985–1986, 2008a, 2012, 2013a). Állományai többnyire 200–680 m tszf. magasságú térszíneken, dombvidéki és középhegységi fekvésben tenyésznek, de számos helyen (például a Villányi-hegység északra néző völgyeiben) 200 m alá is lehúzódnak. A térség klimatikus viszonyai miatt az előfordulások zöme extrazonális helyzetű, vagyis a Délkelet-Dunántúlon szubmontán bükkösökkel – a Mecsek 600 m-t elérő magaslatait (a Jakab-hegy, Hármashegy és Zengő térségét) leszámítva – kizárólag csak északi lejtőkön, völgyekben, hajlatokban találkozhatunk. A 197 mecseki állományok főként agyagmárgán, mészkövön és savanyú málladékot adó homokkő alapkőzeten állnak. A Villányi-hegységben mészkő, a Tolnai-hegyháton pedig lösz a bükkös termőhelyek uralkodó alapkőzete. Mindhárom érintett tájegységben dominálnak az agyagbemosódásos barna erdőtalajok és Ramann-féle barna erdőtalajok (Halász 2006).

Az állományokban a nyugat-balkáni (illír) és kelet-balkáni (móziai) növényföldrajzi hatás együttesen érvényesül. Elegy-faként vagy a bükkkel kódomináns fafajként az ezüst hárs (*T. tomentosa*) mindenhol jelen van, s nem ritkák az ezüsthársas konszociációk sem. Szárazabb termőhelyeken megjelenik a cser (*Q. cerris*), az alsó lombkoronaszintben pedig rendszeresen előfordul a virágos kóris (*F. ornus*). Az erdőtársulásra jellemző örökzöld fásszárúak közül kiemelendő a fákra felkúszó közönséges borostyán (*Hedera helix*), valamint a törpecserjék között számon tartott szúrós csodabogyó (*R. aculeatus*) és lónyelvű csodabogyó (*R. hypoglossum*). A cserjeszintben előfordul az erdei rózsza (*Rosa arvensis*), illetve helyenként a jerikói lonc (*L. caprifolium*). A gyepszint a szubmediterrán klímahatás és a zömmel karbonátos aljzat miatt rendkívül fajgazdag, az erdőtársulást a névadó illatos hunyor (*Helleborus odorus*) mellett többek között a tarka lednek (*L. venetus*), a bükkös kispárlófű (*A. agrimonoides*), az olasz müge (*Asperula taurina*), a havasi tisztessű (*Stachys alpina*), díszes vesepáfrány (*P. setiferum*) és a felfutó piritógyökér (*T. communis*) jellemzi. A tavaszi aszeptus tömeges növénye a medvehagyma (*A. ursinum*). Dél-délkelet felé az országhatáron túl hasonló – azonos néven ismert – bükkösök találhatóak a Tarcál-hegység (Fruska Gora) vidékén, illetve kissé távolabb, Szerbia hegyvidékein, egészen a Szerb-érchegységig (Borhidi 1965).

Zákányi-dombok bükköse (*Doronicum austriaci*–*Fagetum*)

Illír flóraelemekben leggazdagabb hazai bükkös erdőtársulásunk. Csak egy viszonylag szűk területen belül ismert, így lokális asszociációként értékelhető. Állományai Zákány–Örtilos térségében, a Dráva folyót kísérő dombsor vízmosásos árkaiban, extrazonális helyzetben fordulnak elő (Kevey 2008b, 2018). A kanyargós, különféle égtáji kitettséggel rendelkező eróziós völgyek bükkösei 140–180 m tszf. magasságban tenyésznek. Az alapkőzet döntő részben lösz és homokos lösz, az eróziós jelenségek miatt a völgyaljakban néhol kavics. A vízmosásos árkokban gyakoriak a vízszivárgások, s ez az állományok összetételét is érdemben befolyásolja.

A lombkoronaszintben nincs ezüst hárs (*T. tomentosa*), a lombkoronaszintbe felfutó, tömegesen megjelenő közönséges borostyán (*H. helix*) ugyanakkor egyedi, atlantikus vonást ad az erdőnek. A cserjeszintben szórványosan jelen van a mogyorós hólyagfa (*Staphylea pinnata*), a csodabogyó fajok (*Ruscus* spp.) viszont hiányoznak. Az állományok jellegzetes illír elemei közül a hármalevelű szellőrózsza (*Anemone trifolia*), a hármalevelű fogasír (*Cardamine waldesteinii*) és a pófók árvacsalán (*Lamium orvala*) Magyarországon csak a Zákányi-dombokon fordul elő. További illír növényfaj a díszes vesepáfrány (*P. setiferum*) és a zalai bükköny (*V. oroboides*). A völgyalji vízszivárgások miatt harasztok, ligeterdei elemek, illetve magaskórós fajok is gyakran előfordulnak, így többek között jelen van az óriás zsurló (*Equisetum maximum*) és az erdőtársulás névadó növénye, az osztrák zergevirág (*Doronicum austriacum*). Az állományok hasonló jellegű nyugat-balkáni bükkösökkel való kapcsolata még nem teljesen tisztázott (Kevey 2008a).

Dél-Dunántúli homoki bükkös (*Leucojo verni*–*Fagetum*)

Belső-Somogy síkvidéki területeinek (Boronka-mellék, Somogyszob–Kaszópuszta és Bélavár környéke) fragmentáltan előforduló bükköse (Kevey & Borhidi 1992; Kevey et al. 1998). Az apró, szigetszerű, mindössze 0,1–0,2 ha kiterjedésű állománytöredékek gyertyános-kocsányos tölgyesek tömbjeiben, kifejezetten alacsony térszíneken, 110–160 m tszf. magasságban fordulnak elő. Az erekkel és patakokkal átszótt lapályokon az alapkőzet rendszerint mészmentes homok, a homoktakaró alatt ugyanakkor sok helyütt löszös-vályogos-agyagos vízzáró rétegek húzódnak, s ezek a talajok (elsősorban rozsdabarna

erdőtalajok és kovárányos barna erdőtalajok) vízgazdálkodására kedvező hatással vannak. A kedvező vízellátottság és a pakamenti, vízjárta területek üde-párás mikroklímát biztosító hatása együttesen teszi lehetővé a bükk és a bükkösök előfordulását, illetve a korábbi vegetációtörténeti időszakok (szubboreális fázis) óta történő fennmaradását. A homoki bükkösök síkvidéki előfordulásai a Dél-Dunántúl zónális helyzetű bükkös tömbjein messze kívül esnek, így extrazonális helyzetű állományoknak tekintendők.

A befoglaló erdőtömbök sajátosságai miatt az állományokban keverednek a bükkösökre és gyertyános-kocsányos tölgyesekre jellemző vonások. A lombkoronaszintben rendszeresen megjelenik a kocsányos tölgy (*Quercus robur*) és a somgyi tájra szinte mindenhol jellemző bibircses nyír (*Betula pendula*). A magyar kőris (*Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*) is sokszor jelen van, de elsősorban az alsó lombkoronaszintben vagy a cserjeszintben. A cserjék között a fákra felfutó közönséges borostyán (*H. helix*) mellett rendszeresen előfordul a csikos kecskerágó (*Euonymus europaeus*), a veresgyűrű som (*Cornus sanguinea*) és a kányabangita (*Viburnum opulus*). Szórványos a szúrós csodabogyó (*R. aculeatus*). A gyepszintben az illír fajok szerepe jóval mérsékeltebb, mint a délnyugat- és délkelet-dunántúli bükkösöknél, nagyobb gyakorisággal szinte csak a felfutó piritógyökér (*T. communis*) fordul elő. A termőhelyi sajátosságok miatt megjelennek ugyanakkor egyes láperdei (*Alnetea glutinosae*) és ligeterdei (*Alno-Padion*) fajok, így a szálkás pajzsika (*D. carthusiana*), a borostás sás (*Carex strigosa*), a ritkás sás (*Carex remota*), illetve a társulás-névadó tavaszi tözike (*Leucjum vernum*). A tavaszi aspektusban olykor tömeges a medvehagyma (*A. ursinum*). Az erdőtársulás Drávától délre eső előfordulásáról nincs adat.

Síkvidéki bükkös (*Carici strigosae-Fagetum*)

A homoki bükkös mellett a másik olyan hazai bükkös erdőtársulás, amelyet kifejezetten síkvidéki környezetből írtak le. Kevés számú, csekély kiterjedésű állományai a Mura-völgyben és a Dráva mentén (Babócsa, Szentegáti-erdő) ismertek (Kevey 1996–1997, 2008a, 2013b). Esetükben is gyertyános-kocsányos tölgyes állományokba ágyazott kisebb bükkösökről, bükkfoltokról van szó, de termőhelyi viszonyait illetően itt a folyóártéri környezet a meghatározó. Az előfordulások a térség viszonylag kedvező csapadékkellátottsága mellett az ártéközeli (régében ártéri) fekvés klímaki egyenlítő hatásával magyarázhatók, e tényezőnek tudható be, hogy a bükkös maradványállományok a keményfás ligeterdők és gyertyános-kocsányos tölgyesek által uralt lapályokon még napjainkban, a bükk szubboreális fázis vége (~Kr. e. 800) óta tartó visszahúzódása ellenére is jelen vannak. Az állományok Tornyiszentmiklósnál 150–160 m, Babócsánál 110–120 m, Szentegát közelében 100–110 m tszf. magasság között tenyésznek. Az alapkőzet mindenhol folyóhordalék, a Mura mentén öntéskavics és homok, a Dráva mentén iszapos-homokos-löszös folyóvízi hordalék. A jellemző talajtípus az öntés erdőtalaj (Halász 2006).

Az állományok legfőbb sajátossága, hogy azokban a délnyugat-dunántúli bükkösök növényei keverednek a gyertyános-kocsányos tölgyesekre és keményfás ligeterdőkre jellemző elemekkel. A lombkoronaszintben szórványosan megjelenik a vénic-szil (*Ulmus laevis*), a magyar kőris (*F. angustifolia* subsp. *danubialis*) és a kocsányos tölgy (*Q. robur*), de gyakori a kislevelű hárs (*Tilia cordata*), és szórványosan jelen van az ezüst hárs (*T. tomentosa*) is. A cserjeszintben a közönséges borostyán (*H. helix*) és szúrós csodabogyó (*R. aculeatus*) mellett visszatérő elem a csikos kecskerágó (*E. europaeus*) és a kányabangita (*V. opulus*). Az üde lomberdei fajok által uralt gyepszintet ligeterdei (*Alno-Padion*) elemek színezik, így a névadó borostás sás (*C. strigosa*) mellett előfordul a ritkás sás (*C. remota*) és (típusalkotó növényként is) a rezgő sás (*Carex brizoides*). Szórványosan a zalai bükköny (*V. oroboides*), díszes vesepáfrány (*P. setiferum*), szártalan kankalin (*P. vulgaris*), felfutó piritógyökér (*T. communis*) is felbukkannak, a tavaszi aspektusból pedig a medvehagyma (*A. ursinum*) emelhető ki. Hasonló bükkösök a horvátországi Drávaközéből is ismertek (Kevey 2008a; Kevey & Csete 2008a, b, 2010).

Mészkedvelő (sziklai) bükkösök

Gyenge vagy közepes növekedésű (idős korban 5–20 m magas), felnyíló vagy zárt lombkoronaszintű, részben bükk dominanciájú, részben hárs-juhar-kőris-tölgy-berkenye fafajokból álló, közepes mértékben elegyes, fajgazdag cserje- és gyepszinttel rendelkező, változó avarborítású, az aljnövényzetben részben üde lomberdei, részben száraz tölgyes, részben sziklagyepekre jellemző (bazofrekvens) lágyszárúak által uralt, reliktumokat őrző, a sziklás felszíneken számottevő mohaszintet is tartalmazó, xerotherm karakterű erdők (3.2.-8. ábra). Állományaik elsősorban középhegységi fekvésben fordulnak elő, de az Északi-középhegység egyes pontjain, kis területen magashegységi helyzetben is felbukkannak (Szmorad & Tímár 2018).

Állományaik az összefüggő bükkös övhöz vagy az extrazonális bükkös előfordulásokhoz kötődnek, de e területeken belül az erdőtársulás-csoport egyértelműen edafikus (intrazonális) jellegű. Az állományok

rendszerint kisebb foltokban, üde (mezofil) zonális bükkösökbe ágyazottan, vagy azokhoz kapcsolódóan, északi kitettségekben, meredek, sziklás-kőtörmelékű lejtőkön, gerinceken vagy kúpokon – minden esetben extrém geomorfológiai viszonyok és jelentős sziklaborítás mellett – jelennek meg. Alapkőzetük mészkő vagy dolomit, a rajtuk kialakult talajok bázikus kémhatásúak. Hidrológiai viszonyok tekintetében kizárólag a többletvízhatástól független kategória említhető, jellemző talajtípusuk pedig (igen sekély vagy sekély termőréteg-vastagsággal) sziklás-köves váztalaj vagy rendzina lehet. A humuszforma rendszerint mull.

Másodlagosan kialakult állományaik nem ismertek, de kivételes esetben (például bükkös klímájú területen nyitott kőbányák peremén) elviekben (nyilván fajszegény összetétellel) létrejöhetnek.

Az erdőkép viszonylag heterogén, a lombkoronaszint helyenként felszakadozik, a gyenge növekedésű, részben sarj eredetű, csokrosan növekvő, illetve le-törpülő fák miatt vertikálisan is tagolt lehet. Az üde bükkös állományokhoz képest a bükk részaránya itt általában csökken, mellette a lombkoronaszintben számottevő szerephez juthatnak az adott termőhelyi viszonyok mellett versenyképesebb, plasztikusabb gyökérszerű, bőven termő és repítőképes magjaikkal könnyen terjeszkedő fajok (hársak, juharok, kőrisek). En-



3.2.-8. ábra. Magyar nyúlfarkfűnek (*Sesleria hungarica*) is otthont adó sziklai bükkös a Keleti-Bükkben (Fotó: Szmorad Ferenc)

nek megfelelően gyakori elegyfa a nagylevelű hárs (*Tilia platyphyllos*), a hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus*), a korai juhar (*Acer platanoides*), illetve a Dunántúli-középhegységben a virágos kőris (*Fraxinus ornus*). Szórványosan előfordulhat továbbá lisztes berkenye (*Sorbus aria*), barkócaberkenye (*Sorbus torminalis*), számos berkenye kisfaj (*Sorbus* spp.), kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) és esetleg molyhos tölgy (*Quercus pubescens*). Az idegenhonos (beültetett) fajok közül leggyakrabban fenyőfélék (*Picea abies*, *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*) elegyedése, vagy foltos-csoportos megjelenése figyelhető meg. A Dunántúli-középhegység egyes tájegységeiben (Vértes, Bakony, Keszthelyi-hegység) esetenként jelentős szerephez jut a feketefenyő (*P. nigra*), mely fajtát a sziklai bükkösök nyíltabb részeire egykor kopárfásítási céllal vitték be (Csontos 2014). Az állományok inváziós fajok által csak mérsékelten veszélyeztetettek, de a dunántúli, viszonylag nyíltabb környezetben levő, részben fenyegetett sziklai bükkösök esetében a jövőben a mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*) megjelenésével számolni kell.

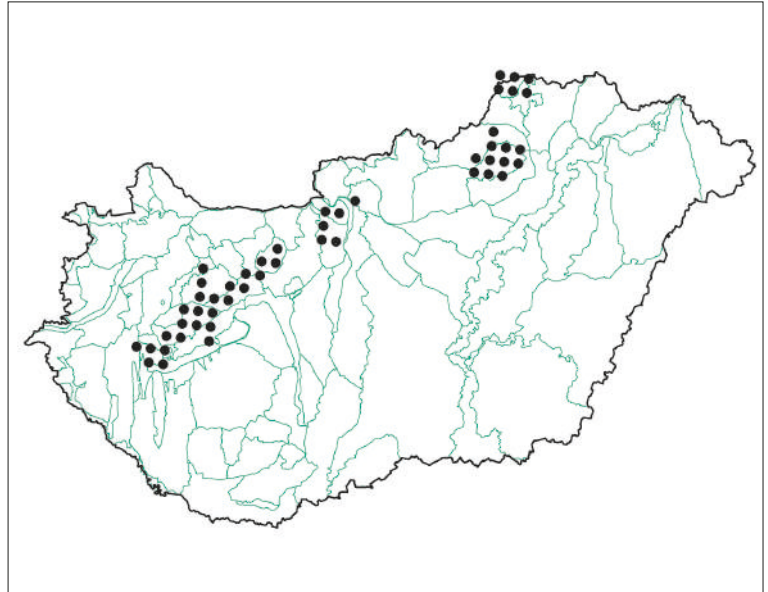
A cserjeszint általában gyér borítású, de a felnyíló lombos szintű részekben esetenként jelentősebb fedettséget érhet el, s az alacsony lombos szinttel is összefolyhat. Az állományok jellemző cserjefajai mészkedvelő – részben melegkedvelő, részben montán, illetve sziklai – elemek.

A gypeszint változó borítású, vadhatás által is befolyásolt, az állományokon belüli zártabb-nyíltabb részek miatt mozaikos. A lágyszárúak közössége kifejezetten fajgazdag, jelentős részben mészkedvelő és sziklai növényekkel, kisebb részben üde lombos (Fagetalia) elemekkel, esetenként ritka maradványfajokkal. Koratavaszi aspektus nem jellemző. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy szinte valamennyi ide tartozó állomány bővelkedik orchidea (*Orchidaceae*) fajokban.

A cserje- és gypeszint összetételét tekintve az egyes erdőtársulások jelentős különbségeket mutatnak, egyeseken nem jellemezhetőek, így e tekintetben a részletesebb vonásokat egyedileg, az erdőtársulások ismertetésénél adjuk meg.

A sziklás felszín miatt helyenként a mohaborítás is jelentős lehet, a mohaszintet főleg meszes aljzathoz kötődő, sziklalakó fajok alkotják.

A mészkedvelő (sziklai) bükkösök hazai állományainak összterülete mintegy 550 hektár. A Dunántúli-középhegységben szinte kizárólag dolomiton találjuk őket, míg az Északi-középhegység mészkedvelő bükkösei részben mészkő, részben dolomit alapkőzetten állnak (3.2.-9. ábra). Az állományok kétharmada (kb. 350 hektár) a Bükk-hegységben található. Szinte kivétel nélkül véderdők, de gyakori jelenség, hogy állományaik egy-egy nagyobb, gazdálkodás alatt álló erdőrészletbe ágyazottan fordulnak elő (Szmorad & Tímár 2018).



3.2.-9. ábra. A mészkedvelő (sziklai) bükkösök hazai előfordulása (Agrárminisztérium, Természetmegőrzési Főosztály, 2019)

Nyúlfarkfüves sziklai bükkös (*Sesleria hungaricae*-Fagetum)

Az Északi-középhegység szubkontinentális klímahatás alatt álló, dolomit (kisebb részben mészkő) alapkőzetű területeinek középhegységi és magashegységi fekvésben megjelenő, reliktum jellegű sziklai bükkös erdőtársulása. Legtipikusabb előfordulásai a Bükk hegység 500–950 m tszf. magasságú térszíneiről (azon belül elsősorban a Bükk-fennsík északi letérségeiről) és a Garadna-völgy térségéből (jórészt északi kitettségéből) ismertek (Vojtkó 2002), de néhány hasonló jellegű állományt (300–550 m tszf. magasságú térszínekről) a Naszály gerincéről (Vojtkó 2010) és az Aggteleki-karszt (Vojtkó 2004) keleti feléről is jelez a szakirodalom.

Lombkoronaszintjében az állományalkotó bükk mellett jelentősebb arányban fordulhat elő nagylevelű hárs (*T. platyphyllos*), hegyi juhar (*A. pseudoplatanus*) és korai juhar (*A. platanoides*), szárazabb termőhelyeken, gerincközeli helyzetben pedig kocsánytalan tölgy (*Q. petraea*). Az alsó koronaszintben szórványosan lisztes berkenye (*S. aria* agg.) és néhány kedvező mikroklímájú völgyben, vélhetően reliktumként közönséges tiszafa (*Taxus baccata*) is megjelenik. A gyér borítású cserjeszint szórványosan montán fajokat is hordoz, így rendszeresen előfordul a havasalji rózsza (*Rosa pendulina*) és a havasi iszalag (*Clematis alpina*).

A gyepszintben gyakoriak a száraz és félszáraz gyepek (*Festuco-Brometea*) fajai, így például az ágas homokliliom (*Anthericum ramosum*), lappangó sás (*Carex humilis*), kardos peremizs (*Inula ensifolia*). Tömegesen megjelenő, típusalkotó pázsitfű faj a magyar nyúlfarkfű (*Sesleria hungarica*) és a tarka nádtippán (*Calamagrostis varia*). A gyepszint legérdekesebb színező elemei Közép-Európában montán-alhavasi elterjedésű növények: gyözedelmes hagyma (*Allium victorialis*), közönséges harangláb (*Aquilegia vulgaris*), havasi ikravirág (*Arabis alpina*), szirti imola (*Centaurea mollis*), enyves aszat (*Cirsium erisithales*), kövi szeder (*Rubus saxatilis*), tarka nyúlfarkfű (*Sesleria albicans*), hármalevelű macskagyökér (*Valeriana tripteris*) (Zólyomi 1967). A felsorolt növényfajok előfordulási helyeiken részben jégkorszaki (glaciális) reliktumnak is tekinthetők, de legalábbis dealpin lokalitásként értékelendők. A Naszály állományában a budai nyúlfarkfű (*Sesleria sadleriana*), az Aggteleki-karszt apró sziklai bükkös foltjaiban az erdélyi nyúlfarkfű (*Sesleria heustleriana*) a domináns nyúlfarkfű faj (Vojtkó 2004, 2010).

Nőszőfűves sziklai bükkös (*Epipactio atrorubentis*-Fagetum)

A Déli-Bükkben, viszonylag alacsony tengerszint feletti magasságban (250–550 m), a tölgyes öv meredek, nyugati és északi (ritkábban déli) kitettségű lejtőin előforduló erdőtársulás. Termőhelyi viszonyait alapvetően meghatározza az alapkőzetként szolgáló eocén kori, ún. nummuliteszes mészkő, mely a dolomithoz hasonlóan (elsősorban fizikailag) aprózódik. Az ezen kialakult talajok jellemzően sekély rendzinák, felszínükön dolomitmurvára emlékeztető törmelékkal (Less 1998).

Fizionómiájukat tekintve az állományok a nyúlfarkfüves sziklai bükkösökhöz hasonlóak, foltokban záródáshiányosak, gyenge növekedésűek, esetenként letörpülő törzsekkel tarkítottak. A lombkoronaszintet egyértelműen a bükk dominanciája jellemzi, melléje elszórtan nagylevelű hárs (*T. platyphyllos*), korai juhar (*A. platanooides*), mezei juhar (*Acer campestre*), kocsánytalan tölgy (*Q. petraea*), lisztes berkenye (*S. aria* agg.) és madárberkenye (*Sorbus aucuparia*) elegyedik. A cserjeszint gyér borítású, de fajgazdag. Benne különböző karakterű fajok (üde-nedves lomberdei és szárazságtűrő-melegkedvelő cserjék; olykor meglepő elemek) keverednek, így többek között előfordul a veresgyűrű som (*Cornus sanguinea*), közönséges mogyoró (*Corylus avellana*), mogyorós hólyagfa (*Staphylea pinnata*), farkasboroszlán (*Daphne mezereum*), kányabangita (*Viburnum opulus*), kutyabenge (*Frangula alnus*), bibircses kecskerágó (*Euonymus verrucosus*).

A gyepszint szintén alacsony borítást és kifejezetten magas fajszámot mutat. Domináns gypalkotók nincsenek, az állományokat az üde lomberdei és száraz tölgyes elemek együttes jelenléte jellemzi. A fajkombináció tagja az előbbiek közül a fekete békabogyó (*Actaea spicata*), európai gomberyő (*Sanicula europaea*), piros nyúlsaláta (*Prenanthes purpurea*), kárpáti sisakvirág (*Aconitum moldavicum*), míg utóbbiak közül a májusi gyöngyvirág (*Convallaria majalis*), egyes iszalag (*Clematis recta*), borzas ibolya (*Viola hirta*), magyar repcsény (*Erysimum odoratum*), sujtár (*Lasier trilobum*). Az orchideák nagy fajszámmal képviseltetik magukat, a névadó vörösbarna nőszőfű (*Epipactis atrorubens*) mellett előfordul a kislevelű nőszőfű (*Epipactis microphylla*), széleslevelű nőszőfű (*Epipactis helleborine*), fehér madársisak (*Cephalanthera damasonium*), piros madársisak (*Cephalanthera rubra*) és kardos madársisak (*Cephalanthera longifolia*) (Less 1998).

Ehhez az erdőtürsuláshoz meglehetősen hasonló összetételű, dolomiton kialakult állományok ismertek még az Aggteleki-karszt területéről. A provizórikusan „dolomitbükkös” (*Convallario–Fagetum*) néven jelzett erdők a karsztfennsíkuk tölgyes-bükkös mozaikjába ékelődve fordulnak elő. Orchideákban szintén gazdag bükkösökről van szó, ritkaságként említhető fajuk a tarka nádtippan (*C. varia*) és az erdei papucsosbor (*Cypripedium calceolus*) (Vojtkó 2014).

Elegyes karszterdő (*Fago–Ornetum*)

A Dunántúli-középhegység dolomit alapkőzetű területeinek szubmediterrán klímahatás alatt álló, középhegységi fekvésben megjelenő, reliktum jellegű sziklai bükköse. Állományai a Keszthelyi-hegység (Zólyomi 1950), Balaton-felvidék, Bakony (Zólyomi 1950; Fekete & Zólyomi 1966), Vértes (Isépy 1970), Pilis (Zólyomi 1950) és Budai-hegység (Zólyomi 1958) dolomitterületeihez kötődnek, az Északi-középhegység sziklai bükköseivel vikariálnak. Fő jellemzőit tekintve az erdőtürsulás valójában két teljesen különböző klímaigényű vegetációtípus, a szubmontán bükkös és a mészkedvelő tölgyes között áll, előfordulásai ennek megfelelő, átmeneti domborzati fekvésben találhatóak. Elegyes karszterdők legtipikusabb helyzetben 250–400 tszf. magasságú gerincek, fennsíkok letörésein, északi kitétségekben állnak.

Lombkoronaszintjében a bükk rendszeresen virágos kőrissel (*F. ornus*) keverten jelenik meg, az elegyfafajok közül gyakori elem a nagylevelű hárs (*T. platyphyllos*), kislevelű hárs (*T. cordata*), molyhos tölgy (*Q. pubescens*), barkócaberkenye (*S. terminalis*), lisztes berkenye (*S. aria* agg.). Gyakoriak lehetnek (különösen a Vértes területén) a hibrid eredetű, apomixis útján állandósult berkenye kisleveles fajok (*Sorbus* spp.) is. A cserjeszintben a dunántúli-középhegységi szubmontán bükkösök szórvány elemei mellett a mészkedvelő tölgyesek és bokorerdők melegkedvelő és szárazságtűrő cserjéi – például húsos som (*Cornus mas*), bibircses kecskerágó (*E. verrucosus*), ostormén bangita (*Viburnum lantana*), sóskaborbolya (*Berberis vulgaris*) – fordulhatnak elő.

A gyepszintben az üde lomberdei elemek mellett jelentős szerephez jutnak a száraz tölgyerdei (*Quercetalia pubescentis-petraeae*) és száraz-félszáraz gyepi (*Festuco–Brometea*) fajok, így többek között a sárgás sás (*Carex michelii*), lappangó sás (*Carex humilis*), nagyvirágú méhfű (*Melittis melissophyllum* subsp. *carpatica*), széleslevelű bordamag (*Laserpitium latifolium*), orvosi salamonpecsét (*Polygonatum odoratum*), ernyős margitvirág (*Tanacetum corymbosum*), sarlós gamandor (*Teucrium chamaedrys*), közönséges méreggyilok (*Vincetoxicum hirundinaria*). Tömegesen megjelenő, típusalkotó pázsitfű faj lehet a fehér sás (*Carex alba*). Az északi-középhegységi sziklai bükkösökkel közös montán-alhavas (az adott térségben reliktumként értékelendő) faj a gyözedelmes hagyma (*A. victoralis*), tarka nádtippan (*C. varia*) és kövi szeder (*R. saxatilis*), új elem viszont a sűrű bogáncs (*Carduus crassifolius* subsp. *glaucus*), lila csenkesz (*Festuca amethystina*), medvefű kankalin (*Primula auricula*) és mohos csitri (*Moehringia muscosa*).

Tiszafás karsztbükkös (*Taxo–Fagetum*)

A Bakony lokális megjelenésű sziklai bükköse, csak a Szentgál község határba eső dolomithegyek (Miklóspál-hegy, Balog-szeg és környékük) letöréseiről, alig 300–450 m tszf. magasságú termőhelyekről ismert. Az állományok északi oldalon, meredek lejtők középső és felső harmadában, szubmontán bükkösökbe ágyazottan helyezkednek el (Majer 1980, 1981). A reliktum jellegű tiszafa-előfordulások szinte minden esetben dolomiton kialakult, sekély-kötörmelékű rendszerekhez, jel-

lemzően felszárász-üde termőhelyekhez kötődnek. A magaslatokról lejtőirányba lefutó sziklás taréjokon („kőbörccökön”) már elegyes karszterdők (*Fago–Ornetum*) fordulnak elő, s ezekben már alig van tiszafa (Szmorad 1997).

A tiszafás bükkösök viszonylag magas záródású, kétszintes szálerdők. Az állományok felső lombkoronaszintjében a bükk mellett elszórtan jelen van a nagylevelű hárs (*T. platyphyllos*) és a korai juhar (*A. platanoides*) is. Az alsó lombkoronaszint meghatározó fafaja a társulás-névadó közönséges tiszafa (*T. baccata*), s kisebb arányban virágos kőris (*F. ornus*) is előfordul. A cserjeszint gyér záródású vagy hiányzik, a cserjefajok közül csupán a babérboroszlán (*Daphne laureola*) és a törzsekre felkúszó közönséges borostyán (*Hedera helix*) érdemel említést.

A bükk és a tiszafa erős árnyalása miatt az erdőbelső fényben szegény, emiatt (és a vadhatás következtében) a gyepszint általában csak alacsony borítást ér el, s az aljnövényzet nélküli (nudum) állományrészek sem ritkák. Az üdebb erdőkre jellemző gypalkotók közül a szagos müge (*Galium odoratum*), hegyi sárgaarvacsalán (*Galeobdolon montanum*), erdei szélfü (*Mercurialis perennis*), hagymás fogasír (*Cardamine bulbifera*) és a bókoló fogasír (*Cardamine enneaphyllos*), míg a száraz tölgyesek fajai közül a pusztai szélfü (*Mercurialis ovata*) emelhető ki. A koratavaszi aspektusban jelentős szerephez jut a kikeleti hóvirág (*Galanthus nivalis*), az odvas keltike (*Corydalis cava*) és a medvehagyma (*Allium ursinum*).

A tiszafás bükkösökben a terület zonális bükköseihez képest (a tiszafát leszámítva) nem találunk differenciális fajokat (Szmorad 1997), s az állományok fajkészlete sem egyezik az Alpokból (jegenyefenyves-bükkös övből) leírt erdőtársulás összetételével (Borhidi 2003; Borhidi et al. 2012). Mindezek alapján az erdőtársulás hazai önállósága kérdéses. Majer (1980, 1981) felvételeinek összehasonlító elemzése alapján mindenesetre kirajzolódik, hogy a tiszafás karsztbükkösök cönológiai értelemben a dunántúli-középhegységi mezofil bükkösök (*Daphne laureolae–Fagetum*) és a dolomit törmeléklejtő-erdők (*Primulo veris–Tilietum platyphylli*) között állnak (Kevey 2008a).

Egyéb büккеlegyes erdők

A fentebb ismertetett bükkös erdőtársulások mellett természetesen számos olyan vegetációtípus akad, amelyben a bükk – ha nem is uralkodó fafajként – még jelentősebb szerephez jut. Ezek nyilvánvalóan a bükkös övbe, illetve régióba ékelődő intrazonális (edafikus) erdőtársulások, illetve a bükkösökkel kontakt gyertyános-tölgyes öv/régió mély talajú, mezofil karakterű, klimatikus értelemben határhelyzetűnek minősülő (az egykori természetes vegetációban vélhetően gyakori) állományai. A bükkös öv/régió higrofil termőhelyein égerligetekben, míg a mezofil és xerofil termőhelyek közül szurdokerdőkben és törmeléklejtő-erdőkben lehet gyakoribb (konstans-szubkonstans) vagy nagyobb arányú (szubdomináns) a bükk előfordulása. A gyertyános-tölgyes övben/régióban a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek állományaiban jelenhet meg nagyobb gyakorisággal/tömeggésséggel a fafaj, a többletvízhatással rendelkező termőhelyek felé ugyanakkor a bükk megjelenése erősen korlátozott (Gencsi & Vancsura 1992). Ennek megfelelően a síkvidéki gyertyános-kocsányos tölgyesekben és keményfás ligeterdőkben komolyabb mértékű büккеlegy általában nem jellemző, illetve ahol beékelődő (maradvány jellegű) bükkállományok fordulnak elő, azokat önálló erdőtársulásként már elkülönítette a szakirodalom (Kevey 2008a; Borhidi 2003; Borhidi et al. 2012).

A nem bükk dominanciájú, de a bükk nagyobb gyakorisággal, illetve nagyobb elegyarányban való előfordulását lehetővé tevő erdőtársulások az aktuális cönológiai rendszerben mind a mezofil és mészkedvelő bükkösöket magába foglaló asszociáció-sorozat (*Fagetalia sylvaticae*) alá tartoznak. Az érintett asszociációk az alábbiak (osztályozás és nevezéktan Kevey 2008a nyomán):

Égerligetek (*Almenion glutinosae–incanae*)

Középhegységi és nyugat-dunántúli égerliget (*Aegopodio–Alnetum glutinosae*)

Dél-dunántúli égerliget (*Carici pendulae–Alnetum glutinosae*)

Közép-európai sziklai lomberdők (*Cephalanthero–Fagenion*)

Sziklai hárserdő (*Tilio–Sorbetum*)

Közép-európai törmeléklejtő- és szurdokerdők (*Tilio platyphylli–Acerenion pseudoplatani*)

Északi-középhegységi törmeléklejtő-erdő (*Mercuriali–Tilietum*)

Dunántúli-középhegységi törmeléklejtő-erdő (*Scutellario columnae–Tilietum platyphylli*)

Dolomit törmeléklejtő-erdő (*Primulo veris–Tiliatum platyphylli*)
 Görgeteg sziklaerdő (*Roso pendulinae–Tiliatum platyphylli*)
 Középhegységi mészkő és dolomit szurdokerdő (*Scolopendrio–Fraxinetum*)
 Középhegységi andezit szurdokerdő (*Parietario–Aceretum*)

Illír sziklai és szurdokerdők (*Polysticho setiferi–Acerenion pseudoplatani*)
 Ezüsthársas törmeléklejtő-erdő (*Tilio tomentosae–Fraxinetum orni*)
 Mecseki szurdokerdő (*Scutellario altissimae–Aceretum*)

Közép-európai gyertyános-tölgyesek (*Carpinenion betuli*)
 Északi-középhegységi gyertyános-kocsánytalan tölgyes (*Carici pilosae–Carpinetum*)
 Dunántúli-középhegységi gyertyános-kocsánytalan tölgyes (*Corydalido pumilae–Carpinetum*)
 Nyugat-dunántúli gyertyános-kocsánytalan tölgyes (*Cyclamini purpurascenti–Carpinetum*)

Illír gyertyános-tölgyesek (*Erythronio–Carpinenion*)
 Délnyugat-dunántúli gyertyános-kocsánytalan tölgyes (*Helleboro dumetorum–Carpinetum*)
 Mecseki gyertyános-kocsánytalan tölgyes (*Asperulo taurinae–Carpinetum*)

Bükkös erdőtípusok, bükkös faállománytípusok

A bükkösök növénytakaró-társulástani (cönológiai) szemléletű vizsgálata mellett a 20. század elején hamar megjelent az erdészeti célú tipizálás és az ennek segítségével nyert, gyakorlati (erdőművelési) vonatkozású ismeretek felhasználásának igénye is. Az első hazai bükk erdőtípusokat Soó (1930) említette a Bükk-hegységéből, majd a bükkösök erdőtípusainak részletesebb vizsgálatával és leírásával (börzsönyi és bükk-hegységi állományokban) Magyar (1933) foglalkozott. Később, a II. világháború utáni időszakban, a Magas-Bakony területén Majer (1952) végzett célirányos, kifejezetten bükkös erdőtípusokra irányuló kutatásokat, s ehhez a témakörhöz kapcsolódóan jelentős eredményeket hozott a Bükk-fennsík növényföldrajzi térképezése is (Zólyomi et al. 1954, 1955). Az erdőtípológia 1950-es években való kibontakozása (kisebb-nagyobb kitérőkkel kísérve) végül a hazai erdőtípus-osztályozási rendszer kidolgozását eredményezte (Bartha et al. 2022), s ezen belül elnyerték helyüket a bükkös erdőtípusok is.

A Majer (1956, 1962, 1968) által kidolgozott, egységesített hazai erdőtípológiai rendszerben a 14 főbb erdőtársulás/faállománytípus csoport között a bükkösöket két egységbe sorolták. A „Bükkösök” kategóriában a mészkerülő és mezofil bükkösök, míg a „Juhar-hárs-kőris sziklaerdők” kategóriában a bükkös sziklaerdők kaptak helyet. Ezen főbb egységeken belül a bükkös erdőtípusokat vízgazdálkodási fok, illetve talajkémhatás (közvetve az acidofil-bazofil jelleg) szerint különítették el. A kialakított erdőtípusok többé-kevésbé megfeleltethetők a növénycönológiai kutatások során leírt gypszint-típusokkal (szubasszociáció, facies) (3.2.-3. táblázat).

A teljesség kedvéért meg kell említeni, hogy Majer (1968) erdőtípológiai rendszere után később még egy másik – a cönológiai alapú erdőtársulás-rendszerrel teljes mértékben kompatibilis – tipológiai megközelítés is napvilágot látott (Koloszár 1990). Ebben a természetes erdőtársulásokat Jakucs (1981), majd Csesznák (1985) nyomán egy ökológiai-termőhelyi vázba (klímazonális erdők, xerofil és higrofil intrazonális erdők) rendezték, s azokon belül különítették el a gypalkotók szerinti erdőtípusokat (dominancia-típusokat). Ebben a felosztásban a hazai bükkösök részben a „közép- és magashegységi bükkös régió, szubatlantikus klímazona” és a „nyugat-dunántúli (szub)atlantikus klímazona” alá besorolt klímazonális erdőtársulások csoportjában, részben a „xerofil intrazonális erdőtársulások” alá sorolt sziklai bükkösök csoportjában szerepelnek.

3.2.-3. táblázat. A magyarországi bükkösök erdőtürsulási (a bükkös állományok gyepszintjének dominancia-típusai; Majer 1968 nyomán, részben Bartha et al. 1999 nyomán átdolgozva, kiegészítve)

Vízgazdálkodási fok	Erdőtípusok*	
	acidofil típusok	bazofil típusok
Szélsőségesen száraz (szsz)	---	---
Igen száraz (isz)	<i>Dicranum scoparium</i> <i>Leucobryum glaucum</i> <i>Polytrichum formosum</i> <i>Vaccinium myrtillus</i>	<i>Calamagrostis varia</i> <i>Carex alba</i> <i>Carex humilis</i> <i>Sesleria hungarica</i>
Száraz (sz)	<i>Calamagrostis arundinacea</i> <i>Deschampsia flexuosa</i> <i>Luzula luzuloides</i> <i>Melampyrum pratense</i>	<i>Glechoma hirsuta</i> <i>Oryzopsis virescens</i>
Félszáraz (fsz)	<i>Carex pilosa</i> <i>Festuca drymeja</i> <i>Melica uniflora</i>	
Üde (üde)	<i>Allium ursinum</i> <i>Asarum europaeum</i> <i>Galium odoratum</i>	
Félnedves (fn)	<i>Aconitum vulparia</i> <i>Aegopodium podagraria</i> <i>Carex sylvatica</i> <i>Circaea lutetiana</i> <i>Galeobdolon montanum</i> <i>Lunaria rediviva</i> <i>Mercurialis perennis</i> <i>Oxalis acetosella</i>	
Nedves (ne)	<i>Athyrium filix-femina</i> <i>Dryopteris filix-mas</i> <i>Impatiens noli-tangere</i>	
Vizes (vi)	---	

* A táblázatban nem tüntettük fel a talajbolygatás (leginkább az intenzív vadhatás) vagy fényhatás miatt kialakuló, akár több vízgazdálkodási fok mellett is előforduló dominancia-típusokat. Előbbi esetre üde-nedves tartományban a *Parietaria officinalis* és az *Urtica dioica*, utóbbi esetre száraz-félszáraz tartományban a *Poa nemoralis* a legtipikusabb példa.

Az 1970-es évek elejétől – épp a Majer-féle erdőtürsulási összefoglaló megjelenése utáni időszakról – az erdőművelési kérdések erdőtürsulási szerinti megközelítése háttérbe szorult, az erdőtürsulási fogalma a szakmai közbeszédből lassan kikopott (Bartha et al. 2022). Az állományok tipizálására ugyanakkor létrejött, majd az erdőtürsulási igazgatásban és a gyakorlatban is meghonosodott a faállománytürsulási részletes kategóriarendszere. Ennek gyökerei még Haracsi (1958, 1963) fafajösszetétel szemléletű tipológiai fejtegetéseire vezethetők vissza, de a gyakorlatba egy megújított, erdőtürsulási-szinten definiált, algoritmizáltan meghatározható kategória-rendszer került ki. A jelenleg érvényben lévő faállománytürsulási-kategóriarendszer (Erdőtervezési Útmutató 2015) 23 csoportban összesen 101 faállománytürsulást különböztet el. A bükkösök faállománytürsulási-csoportjában 7 faállománytürsulási szerepel, de ezeken kívül még 3 olyan további, más csoportba eső faállománytürsulási is akad, amelyben a bükk jelentősebb elegyarányt mutat. Ez alapján a bükk dominanciájú faállománytürsulási országos kiterjedése meghaladja a 132 000 ha-t, a jelentősebb bükk elegyarányú bíró faállománytürsulási pedig további 27 500 ha-t tesznek ki (3.2-4. táblázat).

3.2.-4. táblázat. Bükk dominanciájú és jelentősebb bükk elegyarányt magukba foglaló faállománytípus-kategóriák a hazai erdőtervezés rendszerében (Erdőtervezési Útmutató 2015; a területadatok az Országos Erdőállomány Adattár 2023. évi adatai)

Szám kód	Betű kód	Faállománytípus megnevezése	Terület (ha)
<i>Bükkösök</i>			
1	B	Bükkös	27 609
2	B-KTT	Kocsánytalan tölgyes-bükkös	23 812
3	B-GY-KTT	Gyertyános-kocsánytalan tölgyes-bükkös	22 921
4	B-GY	Gyertyános-bükkös	26 762
5	B-K	Kőrises-bükkös	8 550
6	B-EL	Egyéb lomb elegyes-bükkös	18 515
7	B-F	Fenyő elegyes-bükkös	3 861
Összesen			132 030
<i>Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek</i>			
9	GY-KTT-B	Bükkös-gyertyános-kocsánytalan tölgyes	23 472
<i>Erdeifenyvesek</i>			
83	EF-B	Bükkös-erdeifenyves	3 334
<i>Lucfenyvesek</i>			
96	LF-B	Bükkös-lucfenyves	727
Összesen			27 533
Mindösszesen			159 563

Bükkösök a hazai és nemzetközi élőhely-osztályozási rendszerekben

Az erdőtársulások sokszor elaprózott egységeinek helyettesítésére a gyakorlatban előszeretettel használnak szélesebben értelmezett, „durvább” élőhelyi kategóriákat. Hazai vonatkozásban ezeket az élőhelytípusokat az Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer (ÁNÉR) foglalja össze (Bölöni et al. 2011). A rendszer 3 bükkös élőhelytípust definiál (mészkerülő bükkösök, bükkösök, bükkös sziklaerdők), s ezek az erdőtársulásoknak egyértelműen megfeleltethetők.

A hazai bükkös erdőtársulások, illetve élőhelytípusok nemzetközi élőhely-osztályozási rendszerekhez való illeszkedése a bükkösökkel kapcsolatos szélesebb térléptékű kutatások megalapozása, az országhatárokon túlmutató szakmai kommunikáció, illetve a különböző nemzetközi egyezményekben való részvétel miatt fontos kérdés. A számos nemzetközi osztályozás közül e helyütt most 3 európai léptékű, elsősorban a biológiai sokféleség megőrzéséhez kapcsolódó rendszerre utalunk. Közülük az Európai Természeti Információs Rendszer (European Nature Information System, EUNIS) élőhelyi egységeit és az Európai Erdőtípusok (European Forest Types, EFT) kategóriáit egyaránt az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (European Environment Agency, EEA) dolgoztatta ki. Az EUNIS egyfajta közös jelkészlet a szárazföldi és tengeri élőhelytípusok (köztük az erdők) besorolásához, s az átjárhatóság biztosítása érdekében kidolgozták például az EUNIS-kategóriák európai vegetációkutatási programban (European Vegetation Survey, EVS) alkalmazott szüntaxonokkal való megfeleltetését is (Schamineé et al. 2014). Az EFT a „Miniszeri Konferencia az Európai Erdők Védelméről” (MCPFE–FOREST EUROPE) program keretében az erdők állapotának, illetve a fenntartható erdőgazdálkodás helyzetének egységes értékeléséhez nyújt alapot (Schamineé et al. 2013).

További jelentősebb – az EU Élőhelyvédelmi Irányelvében (Habitat Directive) rögzített – kategóriarendszer az európai (közösségi) jelentőségű élőhelytípusokat magába foglaló jegyzék, amelyet a Natura 2000 hálózattal kapcsolatos nyilvántartásokhoz és kommunikációhoz használnak.

A Magyarországon előforduló bükkös erdőtársulások ÁNÉR, EUNIS, EFT és Natura 2000 megfeleltetéseit (áttekintő jellel) a 3.2.-5. táblázat tartalmazza.

3.2-5. táblázat. A magyarországi bükkös erdőtársulások hazai és nemzetközi élőhely-osztályozási rendszerekkel való megfeleltetése (az összeállításához felhasznált forrásmunkák hivatkozása a táblázat fejlécében található)

Erdőtársulások	Á-NÉR 2011 élőhelytípusok	EUNIS élőhelytípusok	Európai erdőtípusok	Natura 2000 élőhelytípusok
[Kevey 2008a; Borhidi 2003; Borhidi et al. 2012]	[Bölöni et al. 2011]	[European Environment Agency (EEA) 2012]	[European Environment Agency (EEA) 2006]	[EC Habitats Directive (92/43/EEC)]
Mészkerülő bükkösök				
<i>Luzulo nemorosae</i> – <i>Fagetum sylvaticae</i>	mészkerülő bükkösök (K7a)	Medio-European acidophilous <i>Fagus</i> forests (G1.61)	Central European submountainous beech forest (6.6.4.)	mészkerülő bükkösök (<i>Luzulo</i> – <i>Fagetum</i>) (9110)
<i>Galio rotundifolio</i> – <i>Fagetum</i>				
<i>Sorbo torminalis</i> – <i>Fagetum</i>				
Középhegységi és nyugat-dunántúli üde (mezofil) bükkösök				
<i>Aconito</i> – <i>Fagetum</i>	bükkösök (K5)	Medio-European neutrophile <i>Fagus</i> forests (G1.63)	Central European submountainous beech forest (6.6.4.)	szubmontán és montán bükkösök (<i>Asperulo</i> – <i>Fagetum</i>) (9130)
<i>Melittio</i> – <i>Fagetum</i>				
<i>Daphno laureolae</i> – <i>Fagetum</i>				
<i>Cyclamini purpurascens</i> – <i>Fagetum</i>				
Dél-dunántúli (illír) üde (mezofil) bükkösök				
<i>Vicio oroboidi</i> – <i>Fagetum</i>	bükkösök (K5)	Illyrian <i>Fagus</i> forests (G1.6C)	Illyrian submountainous beech forest (6.6.6.)	illír bükk (<i>Fagus sylvatica</i>) erdők (<i>Aremonio</i> – <i>Fagion</i>) (91K0)
<i>Helleboro odori</i> – <i>Fagetum</i>				
<i>Doronico austriaci</i> – <i>Fagetum</i>				
<i>Leucojo verni</i> – <i>Fagetum</i>				
<i>Carici strigosae</i> – <i>Fagetum</i>				
Mészkedvelő (sziklai) bükkösök				
<i>Seslerio hungaricae</i> – <i>Fagetum</i>	bükkös sziklaerdők (LY3)	Medio-European limestone <i>Fagus</i> forests (G1.66)	Central European submountainous beech forest (6.6.4.)	a <i>Cephalanthero</i> – <i>Fagion</i> közép-európai sziklai bükkösei mészkövön (9150)
<i>Epipacti atrorubentis</i> – <i>Fagetum</i>				
<i>Fago</i> – <i>Ornetum</i>				
<i>Taxo</i> – <i>Fagetum</i>				

Irodalom

Balogh L., Bartha D., Bölöni J., Dobay P., Havas T., Kiss J., Kovács G., Szabó P., Szmorad F. & Tímár G. 2005: Javaslat a fehér akác erdőtelepítésekben, erdőfelújításokban való felhasználásának és állomány-átalakításának szabályozására. – Kézirat, Nyugat-magyarországi Egyetem Növénytan Tanszék, Sopron, 107 pp.

- Bartha D., Csiszár Á., Szmorad F. & Tímár G. 2022: Erdészeti növénytan. In: Bartha D., Csóka Gy. & Mátyás Cs. (szerk.): Az erdészeti tudományok története Magyarországon. Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának tanulmánykötete I. – Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 93–127.
- Bartha, D., Király, G. & Tímár, G. (1999): A magyarországi erdőtürsulások és a jellemző erdei fajok ismertetése. – Kézirat, Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest, 48 pp.
- Bonanomi G., Zotti M., Mogavero V., Cesarano G., Saulino L., Rita A., Tesi G., Allegrezza M., Saracino A. & Allevato E. 2020: Climatic and anthropogenic factors explain the variability of *Fagus sylvatica* treeline elevation in fifteen mountain groups across the Apennines. – *Forest Ecosystems* 7(1): 5.
- Borhidi A. 1960: Fagion-Gesellschaften und Waldtypen des Hügellandes von Zselic (Süd-Transdanubien). – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis, Sectio Biologica* 3: 75–88.
- Borhidi A. 1963: Die Zönologie des Verbandes *Fagion illyricum*. I. Allgemeiner Teil. – *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 9(3–4): 259–297.
- Borhidi A. 1965: Die Zönologie des Verbandes *Fagion illyricum*. II. Systematischer Teil. – *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 13(1–2): 53–102.
- Borhidi, A. 1966: Die Zönologie des Verbandes *Fagion illyricum*. III. Die phytogeographische Verhältnisse. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis, Sectio Biologica* 8: 33–45.
- Borhidi A. 1984: A Zselic erdei. [The Forests of Zselic.] – *Dunántúli Dolgozatok (A) Természettudományi Sorozat* 4: 1–145. + 1 térkép.
- Borhidi A. 2003: Magyarország növénytársulásai. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 610 pp.
- Borhidi A., Kevey B. & Lendvai G. 2012: Plant communities of Hungary. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 544 pp.
- Bohn U., Gollub G., Hettwer C., Neuhäuslová Z., Raus T., Schlüter H. & Weber, H. 2004: Karte der natürlichen Vegetation Europas (Map of the Natural Vegetation of Europe). Maßstab (Scale) 1:2.500.000 – Bundesamt für Naturschutz (Federal Agency for Nature Conservation), Bonn, 530 pp.
- Bölöni J., Molnár, Zs. & Kun A. (szerk.) 2011: Magyarország élőhelyei. Vegetációtípusok leírása és határozója, ÁNÉR 2011. – MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet, Vácrátót, 441 pp.
- Csapody I. 1964: Die Waldgesellschaften des Soproner Berglandes. – *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 10(1–2): 43–85. + 11 tabella.
- Csesznák E. 1985: Erdőműveléstan I. – Egyetemi jegyzet, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, 139 pp.
- Csiky J. 2003: A nógrád-gömöri bazaltvidék flórája és vegetációja. – *Tilia* 11: 167–339.
- Csiky J. 2004: A Karancs, a Medves-vidék és a Cerová vrchovina (Nógrád-Gömöri bazaltvidék) flóra- és vegetációtérképezése. – Saját kiadás, Pécs, 451 pp.
- Csontos P. (szerk.) 2014: Feketefenyvesek ökológiai kutatása. – Scientia Kiadó, Budapest, 119 pp.
- Dierschke H. & Bohn U. 2004: Eutraphente Rotbuchenwälder in Europa. – *Tuexenia* 24: 19–56.
- Fekete G. & Zólyomi B. 1966: Über die Vegetationszonen und pflanzengeographischen Charakteristik des Bakony-Gebirges. – *Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici* 58: 197–205.
- Fekete L. & Blattny T. 1913: Az erdészeti jelentőségű fák és cserjék elterjedése a Magyar Állam területén I. – Joerges Ágost özvegye és fia könyvnyomdája, Selmezbánya, 793 pp.
- Gencsi L. & Vancsura R. 1992: Dendrológia. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 728 pp.
- Halász G. 2006: Magyarország erdészeti tájai. – Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest, 154 pp. + 1 térkép.
- Haracsi L. 1958: Hazánk természetes erdőtürsulái. – *Erdészettudományi Közlemények* 1: 7–47.
- Haracsi L. 1963: Az erdőtürsulológia és erdőművelés. – *Az Erdő* 12(1): 1–10.
- Horánszky A. 1964: Die Wälder des Szentendre-Visegráder Gebirges. (A magyar tájak növénytakarója 4.) – Akadémiai Kiadó, Budapest, 288 pp. + 15 tabella.
- Horvát A. O. 1958: A mecseki bükkösök (*Fagetum silvaticae mecsekense*) erdőtürsulái. – *Janus Pannonius Múzeum Évkönyve* (1959): 31–48.
- Horvát A. O. 1972: Die Vegetation des Mecsekgebirges und seiner Umgebung. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 376 pp.
- Isépy I. 1970: Phytozonologische Untersuchungen und Vegetationskartierung im südöstlichen Vértes-Gebirge. – *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 16(1–2): 59–110.
- Jakucs P. 1981: Magyarország legfontosabb növénytársulásai. In: Hortobályi T. & Simon T. (szerk.): Növényföldrajz, társulástan és ökológia. – Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 225–263.
- Kevey B. 1985–1986: A Villányi-hegység bükkösei. – *Janus Pannonius Múzeum Évkönyve* 30–31: 7–9.
- Kevey B. 1996–1997: A szentegáti bükkállomány társulási viszonyai. – *Janus Pannonius Múzeum Évkönyve* 41–42: 13–26.
- Kevey B. 2008a: Magyarország erdőtürsulái. – *Tilia* 14: 1–488. + CD (230 táblázat + 244 ábra).

- Kevey B. 2008b: A Zákányi-dombok bükkösei (*Doronico austriaci–Fagetum* Borhidi et Kevey 1996). – Somogyi Múzeumok Közleményei 18: 17–30.
- Kevey B. 2012: A Kéler-Mecsek bükkösei [*Helleboro odori–Fagetum* (A. O. Horvát 1958) Soó et Borhidi in Soó 1960]. – e-Acta Naturalia Pannonica 3: 27–48.
- Kevey B. 2013a: A Nyugat-Mecsek bükkösei [*Helleboro odori–Fagetum* (A. O. Horvát 1959) Soó & Borhidi in Soó 1960]. – e-Acta Naturalia Pannonica 5: 11–32.
- Kevey B. 2013b: A tornyiszentmiklósi Mura-erdő bükkösei. [*Carici strigosae–Fagetum* (Rauš 1975) Kevey 2008]. – Kanitzia 20: 183–214.
- Kevey B. 2018: Korrekció „Kevey B.: A Zákányi-dombok bükkösei (*Doronico austriaci–Fagetum* Borhidi et Kevey 1996)” című tanulmányhoz [Somogyi Múzeumok Közleményei 18 (2008): 17–30]. – Kaposvári Rippl-Rónai Múzeum Közleményei 5: 57–58.
- Kevey B. & Borhidi A. 1992: A Boronka-melléki Tájvédelmi Körzet bükkösei. – Dunántúli Dolgozatok (A) Természettudományi Sorozat 7: 59–74.
- Kevey B. & Borhidi A. 2005: The acidophilous forests of the Mecsek and their relationship with the Balkan-Pannonian acidophilous forests. – Acta Botanica Hungarica 47(3–4): 273–368.
- Kevey B., Borhidi A. & Klujber K. 1998: Belső-Somogy homoki bükkösei (*Leucojo verno–Fagetum* Borhidi et Kevey 1992). – Somogyi Múzeumok Közleményei 13: 241–256.
- Kevey B. & Csete S. 2008a: A horvátországi Drávaköz bükkállományai (*Circaeo–Carpinetum* Borhidi 2003 em. Kevey 2006b *fagetosum* Rauš 1975). – Natura Somogyiensis 12: 47–61.
- Kevey B. & Csete S. 2008b: Beech forests (*Circaeo–Carpinetum* Borhidi 2003 em. Kevey 2006b *fagetosum* Rauš 1975) of the floodplains of the Baranja (NE-Croatia). In: Purger J. (ed.): Biodiversity studies along the Drava river. – University of Pécs, Pécs, pp. 75–90.
- Kevey B. & Csete S. 2010: Korrekció „Kevey B. & Csete S.: A horvátországi Drávaköz bükkállományai (*Circaeo–Carpinetum* Borhidi 2003 em. Kevey 2006b *fagetosum* Rauš 1975)” című tanulmányhoz (Natura Somogyiensis 12 [2008]: 47–61). – Natura Somogyiensis 17: 49–52.
- Kevey B., Riezing N. & Simon Gy. 2021: A Vértessalja homoki bükkösei (*Daphno laureolae–Fagetum* Borhidi in Borhidi et Kevey 1996). – Botanikai Közlemények 108(2): 157–168.
- Kolozsár J. 1990: Erdőműveléstan I. A. – Egyetemi jegyzet, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, 216 pp.
- Kovács M. 1964: Zönnologische und experimentell-ökologische Untersuchungen in der Umgebung von Parád. – Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae 10(1–2): 175–211.
- Kovács M. 1975: Beziehung zwischen Vegetation und Boden. Die Bodenverhältnisse der Waldgesellschaften des Mátra-gebirges. (A magyar tájak növénytakarója 6.) – Akadémiai Kiadó, Budapest, 357 pp.
- Körner C. & Paulsen J. 2004: A world-wide study of high altitude treeline temperatures. – Journal of Biogeography 31: 713–732.
- Kricsfalusy V. V., Mróz W. & Popov S. G. 2008: Historical changes of the upper tree line in the Carpathian Mountains (Ukraine). – Mountain Forum Bulletin 8(1): 15–17.
- Less N. 1987–1988: A Délkeleti Bükk vegetációtérképe. – Botanikai Közlemények 74–75(1–2): 111–120.
- Less N. 1998: Az *Epipactio atrorubentis–Fagetum* Less leírásának érvényessé tétele. – Kitaibelia 3(1): 41–44.
- Magri D., Vendramin G. G., Comps B., Dupanloup I., Geburek T., Gömöry D., Latałowa M., Litt T., Paule L., Roure J. M., Tantau I., van de Knaap W. O. & de Beaulieu J.-L. 2006: A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences. – New Phytologist 171: 199–221.
- Magyar P. 1933: Erdőtípusvizsgálatok a Börzsöny- és a Bükk-hegységben. – Erdészeti Kísérletek 35(4): 396–439.
- Majer A. 1952: Az aljnövényzet szerepe bükköseink felújításában. (Erdészeti Tudományos Kiskönyvtár 1.) – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 32 pp. + 2 melléklet.
- Majer A. 1956: Erdőtípus-csoportjaink és erdőgazdasági hasznosításuk. Tervezet az erdőtípológia szélesebb körű hazai bevezetésére. – Erdészeti Kutatások 4: 3–32.
- Majer A. (szerk.) 1962: Erdő- és termőhelytípológiai útmutató. – Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 259 pp.
- Majer A. 1968: Magyarország erdőtársulásai. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 515 pp.
- Majer A. 1980: A Bakony tiszafása. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 373 pp.
- Majer A. 1981: Der Eibenreiche Buchenwald von Bakony-Szentgál. – Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae 27(1–2): 53–103.
- Majer A. 1982: A bakonyi bükkösök jelentősége, összetétele és fenntartása. In: Tóth S. (szerk.): A Magas-Bakony természettudományi kutatásának újabb eredményei. – Bakonyi Természettudományi Múzeum, Zirc, pp. 39–52.

- Michalko J., Magic D., Berta J., Rybníček K. & Rybníčková E. 1986–1987: Geobotanical map of CSSR. Slovak Socialist Republic. (1) Map Part and (2) Text Part. – VEDA, Bratislava, 12 maps + 167 pp.
- Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus T., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., Gavilán García R., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniëls F. J. A., Bergmeier E., Santos Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J. H. J., Lysenko T., Didukh Y. P., Pignatti S., Rodwell J. S., Capelo J., Weber H. E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S. M. & Tichý L. 2016: Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. – *Applied Vegetation Science* 19, Supplement 1: 1–264.
- Nagy J. 1999: A Börzsöny-hegység mészkerülő bükkösei. – *Kitaibelia* 4(1): 69–75.
- Onyshchenko V. 2009: Forests of order *Fagetalia sylvaticae* in Ukraine. – Alter Press, Kiev, 212 pp.
- Onyshchenko V. 2010: A revised classification of Ukrainian forests of the order *Fagetalia sylvaticae*. – *Tuexenia* 30: 31–45.
- Paule L., Gömöry D. & Longauer R. 1993: Present distribution and ecological conditions of the English yew (*Taxus baccata* L.) in Europe. – *Acta Facultatis Forestalis Zvolens* 43: 75–86.
- Pócs T. 1960: Die Zonalen Waldgesellschaften Südwestungarns. – *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 6(1–2): 75–105.
- Pócs T., Domokos-Nagy É., Pócs-Gelencsér I. & Vida G. 1958: Vegetationsstudien im Örség. (A magyar tájak növénytakarója 2.) – Akadémiai Kiadó, Budapest, 124 pp.
- Sanda V., Öllerer K. & Burescu P. 2008: Fitocenozele din România. Sintaxonomie, structură și evoluție. – *Ars Docendi, Bucuresti*, 570 pp.
- Schaminée J. H. J., Chytrý M., Hennekens S., Jiménez-Alfaro B., Mucina L. & Rodwell J. S. 2013: Review of EUNIS forest habitat classification. – Report for the European Environment Agency (EEA/NSV/13/005), Copenhagen, 111 pp.
- Schaminée J. H. J., Chytrý M., Hennekens S. M., Mucina L., Rodwell J. S. & Tichý L. 2014: Development of vegetation syntaxa crosswalks to EUNIS habitat classification and related data sets. – Report for the European Environment Agency, Copenhagen. 134 pp.
- Simon T. 1977: Vegetationsuntersuchungen im Zempléner Gebirge. (A magyar tájak növénytakarója 7.) – Akadémiai Kiadó, Budapest, 350 pp. + 22 tabella.
- Slezák M., Hrivnák R., Ujházy K., Ujházyová M., Máliš F. & Petrášová A. 2016: Syntaxonomy and ecology of acidophilous beech forest vegetation in Slovakia. – *Phytocoenologia* 46(1): 69–88.
- Soó R. 1930: Összehasonlító erdei vegetációtanulmányok az Alpokban, a Kárpátokban és a Magyar Középhegységben I. [Vergleichende Wald-Vegetationsstudien in den Zentralalpen, Karpathen und dem Ungarischen Mittelgebirge I.] – *Erdészeti Kutatások* 32: 439–475., 559–566.
- Soó R. 1934: Magyarország erdőtípusai. Összehasonlító erdei vegetációtanulmányok II. [Die Waldtypen des historischen Ungarns. Vergleichende Wald-Vegetationsstudien II.] – *Erdészeti Kutatások* 36: 86–138.
- Soó R. 1962: Systematische Übersicht der pannonischen Pflanzengesellschaften. V. Die Gebirgswälder I. – *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 8(3–4): 335–366. + 4 tabella.
- Soó R. 1963: Systematische Übersicht der pannonischen Pflanzengesellschaften. VI. Die Gebirgswälder II. – *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 9 (1–2): 123–150.
- Soó R. 1964: Die regionalen Fagion-Verbände und Gesellschaften Südosteuropas. (*Studia Biologica Hungarica* 1.) – Akadémiai Kiadó, Budapest, 133 pp. + 4 tabella.
- Soó R. 1971: Aufzählung der Assoziationen der ungarischen Vegetation nach den neueren zönosystematisch-nomenklatorischen Ergebnissen. – *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 17(1–2): 127–179.
- Soó R. 1974: Die Pflanzengesellschaften der mitteleuropäischen Buchenwälder in Ungarn. – *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 20(3–4): 355–377.
- Soó R., Borhidi A., Csapody I., Kovács M. & Pócs T. 1969: Die Wälder und Wiesen West- und Südtransdanubiens und ihre Böden. – *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 15(1–2): 137–165.
- Soó R. & Zólyomi B. (szerk.) 1951: Növényföldrajzi-térképezési tanfolyam jegyzete. – Az Országos Természettudományi Múzeum Vácrátóti Botanikai Kutatóintézetének és Növénytárának kiadása, Vácrátót, 186 pp.
- Szomorad F. 1994: A Kőszegi-hegység erdőtársulásai. In: Bartha D. (szerk.): A Kőszegi-hegység vegetációja. – *Erdészeti és Faipari Egyetem Növénytani Tanszék, Kőszeg–Sopron*, pp. 106–132. + XI tabella + 2 térkép.
- Szomorad F. 1997: A szentgáli tiszafás vegetációtérképe. – *Kitaibelia* 2(1): 22–26.
- Szomorad F. 2011: A Soproni-hegység erdeinek történeti, növényföldrajzi és cönológiai vizsgálata. – *Tilia* 16: 1–205. + 20 melléklet + CD (5 tabella).

- Szomorad F. & Tímár G. 2018: Közösségi jelentőségű erdei élőhelytípusok. In: Szomorad F., Frank T. & Korda M. (szerk.): Erdőgazdálkodás és erdőkezelés Natura 2000 területeken. Natura 2000 kézikönyv erdőgazdálkodóknak. (Rosalia Kézikönyvek 4.) – Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 23–61.
- Szujkó-Lacza J. 1962: Die Buchenwälder des Börzsöny- und Mátra-Gebirges. – Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae 8(3–4): 441–472.
- Tímár G. 2002: A Vendvidék erdeinek értékelése új nézőpontok alapján. – Doktori (PhD) dolgozat, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 141 pp. + 28 melléklet.
- Tomić Z. 2006: Revision and denomination of Balkan beech plant communities in Serbia. – Glasnik Šumarskog Fakulteta (Beogradu) 94: 29–82.
- Török K., Podani J. & Borhidi A. 1989: Numerical revision of the *Fagion illyricum* alliance. – Vegetatio 81: 169–180.
- Ujházyová M. & Ujházy K. 2011: Geobotanická klasifikácia. In: Barna M., Kulfan J. & Bublinec E. (eds.): Buk a bukové ekosystémi Slovenska VEDA, Bratislava, pp. 185–199.
- Vida G. 1963: Die zonalen Buchenwälder des ostkarpatischen Florenbezirkes (Transilvanicum) auf Grund von Untersuchungen im Paring-Gebirge. – Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae 9(1–2): 177–196.
- Vojtkó A. 2001: A Bükk hegység flórája. – Sorbus Kiadó, Eger, 340 pp.
- Vojtkó A. 2002: A hegység növénytakarója. In: Baráz Cs. (szerk.): A Bükki Nemzeti Park. Hegyek, erdők, emberek. – Bükki Nemzeti Park Igazgatóság, Eger, pp. 237–261.
- Vojtkó A. 2010: A Naszály vegetációja. In: Pintér B. & Tímár G. (szerk.): A Naszály természetrajza. (Rosalia 5.) – Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 445–489.
- Vojtkó A. 2004: Az Aggteleki-karszt növényföldrajzi jellegzetességei. – Acta Academiae Paedagogicae Agriensis, Sectio Biologiae 25: 73–97.
- Vojtkó A. 2014: Vegetáció. In: Virók V., Farkas R., Farkas T., Boldoghné Szűts F & Vojtkó A. (szerk.): A Gömör–Tornai-karszt flórája. Általános rész. – Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósavfő, pp. 55–140.
- Vojtkó A. & Sulyok J. 2014: A Tarnavidéki Tájvédelmi Körzet növényvilága. In: Diczházi I. & Schmotzer A. (szerk.): Apoka. A Heves–Borsodi-dombság és az Upponyi-hegység élővilága. – Bükki Nemzeti Park Igazgatóság, Eger, pp. 17–34.
- Willner W. 2002: Syntaxonomische Revision der südmitteleuropäischen Buchenwälder. – Phytocoenologia 32(3): 337–453.
- Willner W., Di Pietro R. & Bergmeier E. 2009: Phytogeographical evidence for post-glacial dispersal limitation of European beech forest species. – Ecology 32: 1011–1018.
- Willner W. & Grabherr G. (Hrsg.) 2007: Die Wälder und Gebüsch Österreichs. Ein Bestimmungswerk mit Tabellen. (1) Textband und (2) Tabellenband. – Spektrum Akademischer Verlag, München, 302 pp. + 209 pp.
- Willner W., Jiménez-Alfaro B., Agrillo E., Biurrun I., Campos J. A., Čarni A., Casella L., Csiky J., Čušterevska R., Didukh Y. P., Ewald J., Jandt U., Jansen F., Kačica Z., Kavğacı A., Lenoir J., Marinšek A., Onyshchenko V., Rodwell J. S., Schaminée J. H. J., Šibík J., Škvorc Ž., Svenning J. C., Tsiripidis I., Turtureanu P. D., Tzonev R., Vassilev K., Venanzoni R., Wohlgenuth T. & Chytrý M. 2017: Classification of European beech forests: a Gordian Knot? – Applied Vegetation Science 20: 494–512.
- Zólyomi B. 1950: Les phytocénoses des montagnes de Buda et le reboisement des endroits dénudés. – Acta Biologica Academiae Scientiarum Hungaricae 1(1–2): 7–67.
- Zólyomi B. 1958: Budapest és környékének természetes növénytakarója. In: Pécsi M. (szerk.): Budapest természeti képe. – Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 509–642.
- Zólyomi B. (Hrsg.) 1967: Guide der Excursionen des International Geobotanischen Symposiums. – Botanischen Institut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Eger–Vácrátót, 88 pp.
- Zólyomi B., Jakucs P., Baráth Z. & Horánszky A. 1954: A bükkhegységi növényföldrajzi térképezés erdőgazdasági vonatkozású eredményei. – Az Erdő 3(3): 78–82, 3(4): 97–105, 3(5): 160–171.
- Zólyomi B., Jakucs P., Baráth Z. & Horánszky A. 1955: Forstwirtschaftliche Ergebnisse der geobotanischen Kartierung im Bükkgebirge. – Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae 1(3–4): 361–395.
- URL1 Agrárminisztérium, Természetmegőrzési Főosztály (2019): Az Élőhelyvédelmi Irányelv 17. cikke alapján készített országjelentés: <https://termeszetvedelem.hu/az-elohelyvedelmi-iranyelv-17-cikke-alapjan-keszített-orszagjelentés-2019/>
- URL2 MÉTA (Magyarország Élőhelyeinek Térképi Adatbázisa): <https://novenyzetiterkep.hu/eiu2011>



Fotó: Korda Márton

4. A BÜKK ÉS A BÜKKÖSÖK GOMBÁI, GOMBAKÖZÖSSÉGEI

4.1. A bükkösök nagygombáinak funkcionális csoportjai (Siller Irén)	214
Fán élő (lignicol) gombák	214
A holtfa vastagsága és a gombafajszám összefüggése bükkön	217
A bükkfa korhadásának fokozatai és az azokhoz kötődő fajok	217
Szubsztrátumspecialista fajok a bükkön	218
Avarbontó gombák	218
Mikorrhizaképző nagygombák	219
4.2. A bükkösök nagygombái mint indikátorok (Siller Irén)	223
4.3. A klímaváltozás hatása a bükkösökre és a fungájukra (Siller Irén)	230

4.1. A bükkösök nagygombáinak funkcionális csoportjai

Siller Irén

A gombák alapvető szerepet töltenek be az ökoszisztémák működésében, a tápanyag- körforgalomban és a faanyag lebontásában. A Föld legnagyobb mennyiségben jelenlévő szerves vegyületét, a cellulózt egyes baktériumokon kívül kizárólag a gombák képesek lebontani. A faanyag lebontásáért 60%-ban a xilofág/lignikol (fakorhasztó) gombák felelősek, ezért szerepük rendkívüli az erdők szerves anyagainak lebontási folyamataiban is. Mutualista és antagonista kapcsolatok komplex hálózatát hozzák létre a természetben, amelyek erősen befolyásolják a saját túlélésüket és populációik stabilitását. Ezek a komplex hálózatok és változatos együttélési formák tartják fenn, illetve stabilizálják a bonyolult anyagcsere-kapcsolatokat, s ezért nélkülözhetetlenek a biodiverzitás és a bioszféra stabilitásának megőrzésében.

Fán élő (lignikol) gombák

A fán élő gombák szerepe meghatározó az erdei életközösségek változó dinamikájának és faállomány-szerkezetének fenntartásában, valamint a holtfa lebontásával a faanyaghoz kötődő más szervezetek élőhelyének kialakításában (Stokland et al. 2012).

A holt faanyagban élő gombák döntő többsége egész életciklusa során képes bontani a faanyagot felépítő strukturális elemeket (a cellulózt és a lignint). Ezen utóbbi fajokat a lignikolokon belül xilofágoknak/szaproxyleknek nevezik. A xilofág fajok obligát szaprotrófok (elhalt szerves anyagok lebontásán kívül másra, pl. parazitizmusra genetikailag képtelenek), azaz nem képesek áttörni a gazdanövény védelmi rendszerét (Zmitrovich et al. 2015). Az obligát szaprotróf életmódú fajok mellett azonban számos növény-parazitizmusra is képes funkcionális csoport ismert. Ilyenek pl. a későbbiekben tárgyalt fakultatív nekrotrófok és az obligát paraziták. A kambiumbontók (fakultatív nekrotrófok, „latent invaders”) funkcionális csoportjába olyan taxonok tartoznak, amelyek bár a faanyagban élnek, de életciklusuk kezdetén még nem bontják az élő fa strukturális elemeit, hanem biotróf parazita módon (a tápanyagok élő szervezetből történő elszívásával) annak funkcionáló sejtjeiből vonják el a szerves anyagokat (Boddy et al. 2009). Az ilyen életmenet-stratégiát követő gombafajokról gyanítjuk, hogy micéliumuk az élő fa életciklusának döntő hányadában latens módon már jelen van a fa testében. A fa öregedésével ezek a fajok patogénként „átkapcsolva” képesek a faegyed gyors legyengülését vagy teljes pusztulását okozni. A faegyed pusztulása után ezek a fajok elsőként kezdik meg a fa makromolekuláinak lebontását. E taxonok kizárólag az aszkuszos



4.1.-1. ábra. *Eutypa spinosa* – tömlősgomba, a faanyag kiszáradásával más fajokat szorít ki a holtfán
(Fotó: Siller Irén)

gombák közül (pl. a *Biscogniauxia*, a *Camarops*, a *Daldinia*, a *Diaporthe*, a *Diatrype*, az *Eutypa* (4.1.-1. ábra), a *Hypoxylon* és a *Nectria* nemzetségekből) kerülnek ki. Az említett nemzetségek számos faja okoz növényvédelmi szempontból megbetegedéseket a fákban.

Az élő faanyagban fejlődő, obligát parazita életmódú gombák az aszkuszos gombák anamorf, azaz ivaros alakot (termőtestet) sosem képző fajok nemzetségei (*Camarosporium*, *Cytospora*, *Phoma*) közé tartoznak. Ezek a fajok egyáltalán nem képesek az elhalt faanyag bontására, kizárólag az élő sejtekből vonnak el tápanyagokat. További holt bükkfán is előforduló tömlősgomba-nemzetségek az *Ascocoryne*, az *Aleuria*, az *Ascotremella*, a *Bulgaria*, a *Ca-*

tinella (4.1.-2. ábra), a *Discina*, a *Gyromitra*, a *Helvella*, a *Trichoderma* s.l., a *Creopus*, a *Neobulgaria* és a *Peziza*, bazidiumosgomba-nemzetségek a *Hericium*, a *Lentinellus*, az *Artomyces* (4.1.-3. ábra), a *Dentipellis*, a *Ramaria*, a *Kavinia*, a *Lentaria*, a *Clavulina*, poliporoid termőtestet képezők a *Ganoderma*, az *Inonotus* s.l., a *Polyporus*, a *Phellinus* s.l., a *Xylodon*, a *Skeletocutis*, a *Trametes* stb., az Agaricomycetes osztályból pedig az *Auricularia*, a *Calocera*, a *Myxarium*, az *Exidia* és a *Tremella*. A faanyag bontásának két típusát különböztetik meg a xilofág nagygombák lebontó képességének megfelelően: a fehér-, illetve a barnakorhasztókat (vagy más kifejezéssel vöröskorhasztókat). Az obligát szaprotróf nagygombák fajainak túlnyomó többsége fehérkorhasztó. Ezek enzimrendszerükkel képesek a cellulóz és a lignin lebontására is. A lebontás után fehéres színű, puha, szivacsos, enyhén rostos struktúrájú anyag (hemicellulóz) marad vissza. A leggyakoribb fehérkorhasztó nemzetségek a bükkön: *Antrodiella*, *Armillaria*, *Bjerkandera*, *Crepidotus*, *Daedaleopsis*, *Galerina*, *Hypholoma*, *Inonotus* s.l., *Junghubnia*, *Mycena*, *Phellinus* s.l., *Plebeia*, *Pholiota*, *Pleurotus*, *Pluteus*, *Polyporus*, *Xylodon*, *Skeletocutis*, *Steccherinum*, *Trametes*, *Pallidohirschioporus*, *Xylaria*. A barnakorhasztás során elsősorban a cellulóz bomlik le, így a visszamaradó anyag a kockákra felhasadozó szerkezetű, vörösesbarnás árnyalatú lignin. Barnakorhasztó taxonok a bükkön: *Antrodia* spp., *Fomitopsis pinicola*, *Laetiporus sulphureus*, *Plicatura crispa*, *Postia* spp., *Pseudomerulius aureus* (Ryvarden & Gilbertson 1993–1994).

A kalapos (agarikoid) gombák között is előfordulnak olyan nemzetségek, amelyek az élő fákat is képesek megtámadni, legyengíteni, majd elpusztítani, végül pedig szaprotrófként tovább élni a holt faanyagukban. Egyes *Armillaria* fajok (pl. *A. mellea*) agresszív gyökérparaziták, melyek gyakran a gyökér és a fatörzs kérge alatt felhatolnak a törzs alsó, legértékesebb részébe is. A jelenlétük a rájuk jellemző vastag rhizomorfák (micéliumstrángok) alapján, termőtesteik hiányában is jól észlelhető a talajvizsgálatok során.



4.1.-2. ábra. *Catinella olivacea* – különleges ökológiájú, ritka csészegomba, erősen korhadt, nedves fatörzsek alsó részén vagy a fatörzsek üregeiben nő (Fotó: Siller Irén)



4.1.-3. ábra. *Artomyces pyxidatus* (csészés álkorallgomba) és *Gyromitra infula* (püspöksüveggomba) erősen mohos, nedves fatörzsen (Fotó: Siller Irén)



4.1.-4. ábra. *Fomes fomentarius* (bükkfa-tapló) élő és elhalt faanyagon (Fotó: Siller Irén)

A tő- és törzskorhasztó (bazídiumos) gombák főképpen a szél által terjesztett spóráik segítségével fertőzik meg a fatörzseket, azok sebzésein, ágcsonkjain keresztül. Fontos törzskorhasztó a bükkön a *Fomes fomentarius* (4.1.-4. ábra), a *Ganoderma applanatum*, az *Inonotus cuticularis*, a *Mensularia nodulosa*, a *Cerioporus squamosus* (4.1.-5. ábra) és az *Rigidoporus populinus*. Ezeknek az olykor jelentős anyagi károkat okozó gombáknak némelyike főként az egykorú, elegyetlen erdőkben jelenik meg tömegesen. Máskor, a gyökér- és tőkörhasztók esetében, a fertőzés a talajból indul ki a gyökerek mentén. Erre példa a *Meripilus giganteus* (4.1.-6. ábra). A bükknek, anatómiai és kémiai felépítése miatt, sok a gombakárosítója, gyorsan korhad és gazdag, változatos a taplóközössége. A törzs- és gyökérkorhasztó nekrotróf fajok mellett a szaprotróf fajok is sokáig dominálják a szukcessziót.

A jellemzően élő fákat preferáló nagygombák között azonban számos olyan taxon is ismert, amelyek kifejezetten ritkáknek mondhatók. Ilyenek a *Climacodon septentrionalis* és a *Ganoderma pfeifferi* (Dahlberg & Croneborg 2003; Papp & Siller 2012; Papp & Szabó 2013). E fajok olyan öreg, nagyméretű, élő fákhöz kötődnek, amelyek rendszerint hiányoznak az erdőgazdálkodással érintett erdőkben.

További, jellemzően a bükk nagyobb méretű, vastagabb holtfaanyagán megjelenő obligát szaprotróf nagygombataxonok pl. az *Odoria alborubescens*, a *Ceriporia* spp., a *Ceriporiopsis gilvescens*, a *Hericium coralloides*, az *Ischnoderma resinosum* (4.1.-7. ábra) és a *Pseudospongipellis delectans* (Siller 2004; Heilmann-Clausen et al. 2004, 2014). Ezek a fajok a hazai, gazdálkodással érintett erdőkben, alkalmas



4.1.-5. ábra. *Cerioporus squamosus* (pisztricgomba), a bükk fontos törzskorhasztója (Fotó: Siller Irén)



4.1.-6. ábra. *Meripilus giganteus* (óriás bokrosgomba) – gyökér- és törzskorhasztó, öreg fák lábánál, gyökfőjén hoz termőtestet (Fotó: Siller Irén)

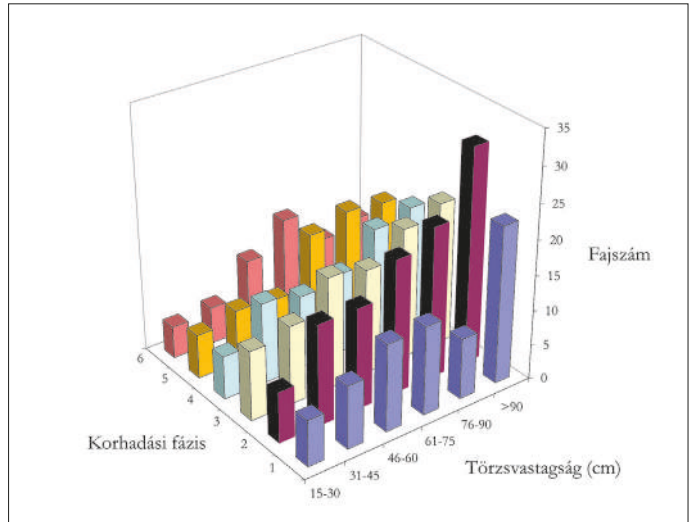


4.1.-7. ábra. *Ischnoderma resinosum* (gyantás kérgestapló) – a vastag, holt fatörzsek korhasztója (Fotó Siller Irén)

szubsztrátum híján, csak ritkábban, elvéve fordulnak elő. Más fajok (pl. *Chondrostereum purpureum*, *Stereum hirsutum*, *S. ochraceoflavum*, *S. submentosum*), a faanyagtermelést szolgáló erdőkben elterjedve, a vékony, lehullott ágakon, gallyakon képeznek termőtestet. Életciklusuk döntő hányadát szaprotrófként töltik, de aktív micéliumukat kimutatták még élő fák kambiumából is, ahol kifejezetten kambiumbontóként parazita életmódot folytattak (Boddy 2001).

A holtfa vastagsága és a gombafajszám összefüggése bükkön

Specialista obligát szaprotróf gombafajok nemcsak a holtfa vastagsága, hanem annak korhadtsági foka (a korhadtsági fokozatok meghatározását lásd Ódor és van Hees (2004) munkájában) szerint is elkülöníthetők. A fatörzs vastagsága és a fajszám közötti összefüggést vizsgálva az állapítható meg, hogy a fajszám valamennyi mérettartományban a kezdeti (2-es) fázisban a legnagyobb, majd a végső fázisban újból lecsökken. A törzsátmérő növekedésével végig emelkedik a fajszám (4.1.-8. ábra). A legvastagabb (>90 cm-es átmérőjű) fák gombafajszáma is a legnagyobb értéket a kezdeti (2-es) fázisban éri el, de ugyanezen fatörzsek több (1-es és 3-as) fázisa is meglehetősen fajgazdag (Siller 2004).



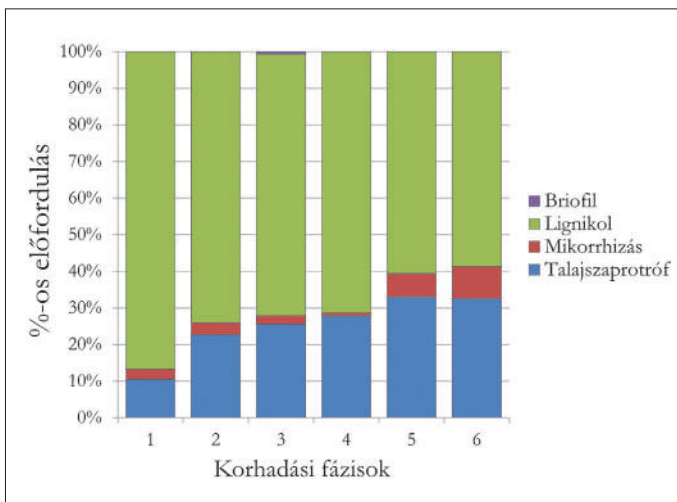
4.1.-8. ábra. A korhadási fázisok és a fatörzsátmérő hatása a fajszámra (Siller 2004)

A bükkfa korhadásának fokozatai és az azokhoz kötődő fajok

A fán élő nagygombafajok jellegzetes kötődést mutatnak az egyes korhadási fázisokhoz. A kifejezetten lignikol nemzetségek fajainak súlyozott korhadásifázis-átlaga* (lásd: Renvall 1995) egymáshoz nagyon közel esik, míg az avarbontó nemzetségek fajainak értékei rendkívül erősen szóródnak. E jelenség a lignikol fajok korhadó faanyag iránti igényének igen pontos, szűk behatároltságára enged következtetni, az avarbontó és a mikorrhizás csoportba tartozók széles korhadásifázisátlag-spektruma viszont változó igényeket, vélet-

lenszerű előfordulást jelenthet. Egymáshoz feltűnően hasonló átlagokkal rendelkeznek pl. a *Ceriporia* nemzetség fajai (*C. excelsa*: 2,3; *C. purpurea*: 2,2; *C. reticulata*: 2,1), a *Trametes* nemzetség képviselői (*T. gibbosa*: 1,8; *T. hirsuta*: 1,9; *T. versicolor*: 2,1), a *Trametopsis cervina* (1,8), valamint a *Xylaria*, a *Hypoxylon* és az *Inonotus* fajok. Más taxonok korhadási fázissal szemben támasztott igényei nem ennyire szűken behatároltak. Ilyenek pl. a *Clitocybe* s.l. vagy a *Gymnopus* szaprotróf nemzetségek fajai, amelyek korhadásifázis-átlagai 3,5-től 6-ig, illetve 2,5-től 5,5-ig terjednek (Siller 2004).

A faanyag különböző korhadási fázisaiban az ökológiai fajcsoportok megoszlása folyamatosan változik (4.1.-9. ábra). A lignikol fa-



4.1.-9. ábra. A holt faanyagon detektált fajok ökológiai csoportjai korhadási fázisonként (Siller 2004)

*Renvall (1995) módszere alapján az egyes fajok által elfoglalt korhadási fázisok számértékeit (1-es, 2-es, 3-as stb.) az esetükben tapasztalt előfordulási számokkal (frekvenciával) súlyozzuk az ún. súlyozott korhadásifázis-átlagok kiszámításának érdekében.

jok előfordulása a kezdeti (1–4-es) korhadási fázisokban legnagyobb, miközben a terrikol vagy talajszaprotróf fajok fokozatos terjeszkedést mutatnak. A mikorrhizás fajok aránya a végső (5–6-os) fázisokban kismértékben emelkedik (Siller 2004). Szembetűnő a nitrofrekvens fajok viszonylag jelentős száma, ami a holt faanyag bontásának lehet a végső következménye. Hasonlóképpen, ezeken a korhadás előrehaladottabb stádiumait mutató faanyagot tartalmazó helyeken az edényes növények között is tömegesen jelennek meg a nitrofrekvens fajok (Pászty 1999). A lebontás végső fázisában tehát tápanyagbőség lép fel, amiből azután számos, ott megjelenő kalaposgomba húz hasznot. Sokszor tapasztalható jelenség a mikorrhizás gombák megjelenése ezeken a helyeken.

A lignikol fajok viszonylag nagy száma arra vezethető vissza, hogy nagyon különböző korhadási fázisú holt faanyag fordul elő az erdőben. A nagy fajszerű lignikol gombaközösség jelenléte egy állományban az erdő természetközelségének vagy annak a jele, hogy az hosszabb ideje kimaradt az erdészeti használatból.

Az erősen korhadt állapotú fatörzsek különleges, ritka csengettyűgombafajai a *Pluteus umbrosus*, a *P. phlebophorus* és a *P. thomsonii*. A felpuhult korhadási állapotban lévő holtfát preferálja a *Catinella olivacea*, a *Flammulaster limulatus* és a *Pluteus umbrosus* (Heilmann-Clausen & Christensen 2003; Siller 2004). Noha az obligát szaprotróf gombafajok (pl. *Galerina marginata*, *Gymnopilus penetrans*, *Hypholoma fasciculare*, *Pholiota gummosa*, *Pluteus cervinus*, *Amaropostia stiptica*, *Psathyrella piluliformis*, *Xyloдон paradoxus* s.l.) többsége inkább generalista, vagyis különösebben nem válogat a gazdafajok között, más csoportok vagy csak zárvatermőkön (pl. a bükkön az *Antrodiella faginea*, az *Auricularia auricula-judae*, a *Bjerkandera adusta*, a *Cerrena unicolor*, a *Crepidotus applanatus*, a *Hapalopilus nidulans*, a *Lenzites betulinus*, a *Panellus stipticus*, a *Pleurotus pulmonarius* és a *Trametes gibbosa*), vagy csak nyitvatermőkön élnek (Ryvarden & Gilbertson 1993–1994). Ugyanakkor akadnak olyan gombafajok is, amelyek kifejezetten bizonyos fafajokat követnek.

Szubsztrátumspecialista fajok a bükkön

A bükk faanyagának viszonylag kevés specialista gombafaja van; a lombos fákon előforduló lignikol gombafajok többsége megtalálható rajta. Szorosan a bükkfához kötődőknek ismerjük a *Diatrype disciformis*, a *Hypoxylon fragiforme*, a *H. cohaerens* és a *Melanamphora spinifera* tömlősgombafajokat, a *Ganoderma pfeifferi*, a *Hericium cirrhatum*, a *H. coralloides*, a *Hydropodia subalpina* (4.1.-10. ábra), az *Ischnoderma resinosum*, a *Megacollybia platyphylla*, a *Mensularia nodulosa*, a *Meripilus giganteus*, a *Mycena crocata* a *Mycenitis alliaceus* és a *Mucidula mucida* fajokat a bazídiumos gombák közül (Krieglsteiner 1999).

Összefoglalva: a holtfán élő gombaközösségek fajösszetételének legfontosabb meghatározója a korhadási állapot. A fákon megjelenő első gombák patogének, illetve latens propagulumokkal rendelkezők. Mindkét csoport stressztoleráns. Őket a széles toleranciájú, gyakori, kompetitív fajok követik, majd a végső stádiumokban az avarbontó és a mikorrhizaképző fajok jellemzőek.



4.1.-10. ábra. *Hydropodia subalpina* (bükki álfülőke) – szubsztrátumspecialista, a bükk elterjedési területét követi (Fotó: Siller Irén)

Avarbontó gombák

Lombhullás után a már korábban a filloplánban megjelenő mikroszkopikus gombák (*Cladosporium* spp., *Alternaria* spp.) lebontó tevékenysége egy ideig még folytatódik. A felső, száraz avarréteg alatt a nedves, nyirkos rétegben található a bazídiumos gombák micéliumai. Az avarbontók cellulóz- és ligninbontó ké-

pessége jóval felülmúlja a mikorrhizaképzők szaprotróf (lebontó) aktivitását. A bükk lehullott levelein növekvő kígyógombák [*Mycena crocata*, *M. pura*, *M. rosea*, *M. pelianthina* (4.1.-11. ábra)] mellett számostölcsérgombafaj (*Clitocybenebularis*, *C. fragrans*, *C. odora*, *Infundibulicybe gibba*, *Leucocybe candidans*, *Singerocybe phaeophthalma*) él. Mellettük gyakoriak még a *Gymnopus*, a *Marasmius*, a *Clavaria*, a *Psathyrella*, a *Lepista* és a *Lepiota* fajok.

A talajlakó szaprotróf nagygombafajok között akadnak olyanok (pl. *Agrocybe praecox*, *Megacollybia platyphylla*, *Coprinellus micaceus*, *Lycoperdon pyriforme*, *Mutinus caninus*, *Peziza micropus* s.l., *Phallus impudicus*, *Stropharia* spp.), amelyek micéliumistrángokat (rhizomorfákat) képeznek a feltalajban és az avartakaró alsóbb rétegeiben. Ezek a micéliumistrángok gyors tápanyag- és vízszállításra alkalmas, párhuzamosan rendeződött hifákból álló képződmények. A gombák ezeket a képleteket a feltalaj tápanyagdúsabb foltjai vagy a korhadtabb holtfadarabok között alakítják ki, hogy a tápanyagokat hatékonyan és gyorsan szállíthassák a micéliumtelep más szegleteibe. Az istrángképzők hozzájárulnak a legnagyobb kiterjedésű gombatelepek az erdei talajban, melyek mérete meghaladhatja akár a négyzetkilométeres nagyságrendet is. Nagy kiterjedésük miatt a mechanikai bolygatásoknak (pl. vaddisznótúrásnak vagy kiszáradásnak) sikeresebben állnak ellen, mint az istrángokat nem képző gombafajok. A talajlakó szaprotróf gombafajok közül az istrángképzők rendelkeznek a legjobb versenyképességgel is (Boddy et al. 2009).

Az erdőtalaj eutrofizációja a talajlakó szaprotróf nagygombafajok jelentős részére előnyösen hat. Kifejezetten tápanyagdús talajt igénylő avarbontó nagygombafajok a *Singerocybe phaeophthalma*, a *Clitocybe nebularis*, a *Langermannia gigantea* és a *Lepista nuda*, valamint a nem fán élő tintagombataxonok (*Coprinellus*, *Coprinopsis* és *Coprinus* nemzetségek) nagy része, továbbá az *Entoloma*, a *Lepista* és a *Psathyrella* nemzetségbeli fajok (Tarvainen et al. 2003). A bükkerdők talaján élő gombaközösségek a talaj pH-jától és annak szervesanyag-gazdagságától függően változnak. A bázikus, mull formájú humuszban gazdag talajok a lebontó gombákkal jellemezhetők, míg a mikorrhizás gombák gyakorisága a nyershumuszos (moder-)talajokon növekszik meredeken (Tyler 1985).



4.1.-11. ábra. *Mycena pelianthina* (feketeszegélyű kígyógomba) – tipikus bükkavarbontó faj (Fotó: Siller Irén)

Mikorrhizaképző nagygombák

A gomba-gyökér kapcsolatoknak morfológiai és funkcionális szempontból, valamint a szimbiózisban részt vevő partnerek rendszertani helyzete alapján több típusuk alakult ki. Két alapvető csoportjuk az endo- és az ektomikorrhiza. Az első esetben a gomba behatol a növényi sejtek belsejébe, míg az utóbbiban csak kívülről érintkezik a gyökérrel, annak felszínén és kéregsejtjeinek intercelluláris járataiban található. Az ektomikorrhizát képző nagygombák a feltalajt és az avart hálózák be gombafonalaikkal (hifáikkal), és a növények gyökércsúcsait bevonva egy tápanyagátadó felszínt alakítanak ki. A gomba ivaros szaporodása a növényvel való kapcsolat kialakulása után következhet be. Ezért nem sikerül termőtestképzésre rábírnunk az ektomikorrhizás gombákat mesterséges környezetben. Az ektomikorrhizás gombák termőtestképzését alapvetően meghatározza a gazdanövény tápanyag-ellátottsága, kora és hormonális állapota. Az avarbontó gombákhoz hasonlóan képesek heterotróf módon táplálkozva vegetatív micéliumot képezni, de enzimatis aktivitásban jóval alulmúlják azokat.

Az ektomikorrhizák kialakulása a fás növényekre jellemző. Az északi félgömb boreális területein a nyitvatermő fenyőfélék (Pinaceae), a mérsékelt éghajlatú területein pedig a zárvatermő bükkfélék (Fagaceae) nemzetségei a tömeges partnereik. Rendszertanilag az ektomikorrhiza-képző gombák kisebb hányada a

tömlősgombák nemzetségeibe (*Elaphomyces*, *Genea*, *Tuber* stb.), nagyobb része pedig a bazídiumos gombák nemzetségeibe (*Amanita*, *Boletus* s.l., *Cantharellus*, *Craterellus*, *Cortinarius*, *Hebeloma*, *Hydnum*, *Inocybe* s.l., *Laccaria*, *Lactarius*, *Ramaria*, *Russula*, *Scleroderma*, *Tricholoma*, *Thelephora*, *Xerocomus* s.l. stb.) tartozik.

Erdőkben az ektomikorrhizas gombák térbeli változatossága nagyon nagy, és több faj is csoportosuló mintázatot mutat. Micéliumuk mérete is meglehetősen eltérő lehet, a néhány négyzetcentiméterestől a pár négyzetméteresig vagy akár négyzetkilométeresig terjedhet.

Az ektomikorrhizas gombaközösségek tér- és időbeli diverzitását biotikus és edafikus tényezők határozzák meg, melyek közül legfontosabbak a szezonális ciklikusság, a talajtulajdonságok (főként a talaj szerves anyagának minősége), a fafaj-specifikusság, a "microsite"-ok heterogenitása, valamint az állomány kora.

Frankland (1992) szerint az erdőfejlődés különböző stádiumaira más és más ektomikorrhizas gombafajok jellemzők. A szukcessziós fejlődés a fiatal erdőállományokban a kisebb telep méreteket fejlesztő, széles gazdaspecificitású (r-stratégista) fajokat részesíti előnyben. Ilyen r-stratégista pl. az *Amanita rubescens*, a kisméretű *Cortinarius* fajok, a *Laccaria amethystina*, a *L. laccata*, a *Lactarius subdulcis*, a *Russula cyanoxantha*, a *R. nigricans*, a *Scleroderma citrinum*, a *Thelephora terrestris*, a *Tricholoma ustale*, valamint számos *Hebeloma* és *Inocybe* faj. Az ektomikorrhizas gombák diverzitása az erdő érettségének eléréséig növekszik, majd ezután fokozatosan csökken.

A fejlődés későbbi fázisaiban inkább a kiterjedtebb, többéves micéliumot fejlesztő, nagyobb versenyképességű (K-stratégista) fajok (pl. *Xerocomellus chrysenteron*, valamint a *Tricholoma*, a *Boletus* s.l., a *Leccinum* és a *Cortinarius* nemzetségek fajtái) uralkodók (Buée et al. 2011). Az erdők öregedésével párhuzamosan az avar mennyisége gyarapszik, miközben tápanyagokban elszegényedik, amit a kései stádium fajainak, a stressztoleránsoknak ("S-stratégistáknak") a megjelenése jelez. Ilyenek pl. az *Amanita muscaria* és több ektomikorrhizas gombanemzetség (*Boletus*, *Cortinarius*, *Lactarius*, *Russula*) képviselői. Ez az ektomikorrhizas szukcessziós modell széleskörűen érvényesnek tűnik a mérsékelt övi erdőkben.

További, bükkhöz kötődő ektomikorrhizas fajok a *Lactarius blennius*, a *L. fluens*, a *L. subdulcis* (4.1.-12. ábra), a *L. pallidus* és a *Russula nigricans* (Heine et al. 2019). Az acidofil bükkösök generalista fajtái pl. az *Amanita rubescens*, a *Cortinarius cinnamomeus*, a *Russula cyanoxantha*, a *R. fellea*, a *R. lepida* és a *Lactifluus piperatus*). Kifejezetten acidofil jellegű bükkmikorrhizas fajok a *Boletus pinophilus*, a *Caloboletus calopus*, a *Cortinarius orellanus*, a *C. phoeniceus*, a *Hydnellum compactum*, *Hydnellum* spp., a *Hydnum repandum*, a *Laeticutis cristata*, a *Phellodon niger* s.l., a *P. confluens*, a *Strobilomyces strobilaceus*, a *Tricholoma sciodes*, *Russula nobilis* (syn.: *R. mairei*), a *R. faginea* és a bükkkegyes erdőben *Fagus* és *Quercus* alatt a *Russula ochroleuca*, tápanyagban gazdag talajon a *R. solaris* terem. A magasabb régiókban fekvő bükkösök, valamint a főleg savanyú (acidofil-szubacidofil) talajú régiók bükköseinek mikrobiótája igen fajgazdag, bár az egyes fajok viszonylag kis termőtestszámban jelennek meg. A savanyú talajú bükkösökben, ahol a bomlási folyamatok visszafogottsága miatt vastag humuszréteg alakul ki és a talajszinten gyér az aljnövényzet, gazdagon teremnek a Boletales rend fajtái [*Boletus edulis*, *B. reticulatus*, *Butyriboletus appendiculatus*, *B. regius* (4.1.-13. ábra), *Xerocomellus chrysenteron*, *Xerocomus subtomentosus*]. Ezek az erdők a gombagyűjtők kedvelt helyei.



4.1.-12. ábra. *Lactarius subdulcis* (édeskés tejelőgomba) – bükkmikorrhizas tejelőgomba (Fotó: Siller Irén)

Észak-amerikai és európai vizsgálatok egyértelműen bizonyították, hogy a mikorrhizák jelentős részét olyan gombák alkotják, amelyek nem képeznek termőtesteket. Gardes és Bruns (1996) szerint a mikorrhizas gombafajoknak mindössze 20–30%-a fejleszt termőtestet. Gyakran fordul elő, hogy a mikorrhizaképzésben

rendszeresen részt vevő fajok alig vagy csak kis mértékben hoznak létre termőtesteket, és fordítva, azokat nagyszámban kialakító fajok alulreprezentáltak a felszín alatti mikorrhizás hálózatokban.

Közönséges, a különböző erdőtársulásokban elterjedt és domináns, de termőtestet nem képező ektomikorrhizás gombafaj pl. a *Cenococcum geophilum*. Ennek a fajnak a humuszban gazdag talajrétegben magas a képviseltsége, míg egyes *Lactarius* és *Tomentella* fajok, valamint a *Craterellus tubaeformis* mikorrhizái az ásványos talajréteget preferálják.

Hasonló megfigyelést tettek Jakucs (2008) és Jakucs és munkatársai (2005). Feltűnően sok hipogeikus termőtestű tomlósgombataxont (*Cenococcum geophilum*, *Humaria*, *Genea*, *Hymenoscyphus*, *Pachyphloeus*, *Tuber*) mutattak ki a bükk gyökereiről a bükki és a mátrai erdőrezervátumokban. Nagy abundanciával és fajszámmal jelenlévő taxonok és ektomikorrhiza-morfotípusok (*Lactarius*, *Russula*, *Cortinarius*, *Hebeloma*, *Humaria*, *Inocybe*, *Tuber*, továbbá boletoidok, tomentelloidok), valamint közösen előforduló fajok (mint a *Piloderma croceum* és a *Bysso corticium atrovirens*) szerepeltek a mintákban. A bükk faji szinten meghatározott, *Tomentella* nemzetségbe tartozó mikorrhizái a *T. atroarenicolor*, a *T. galzinii*, a *T. pilosa*, a *T. ramosissima* és a *T. stuposa* voltak.



4.1.-13. ábra. *Butyriboletus regius* (királytinóru) – egyike a finom, ehető gombáinknak (Fotó: Siller Irén)

Irodalom

- Boddy L. 2001: Fungal community ecology and wood decomposition processes in angiosperms: from standing tree to complete decay of coarse woody debris. – *Ecological Bulletins* 49: 43–56.
- Boddy L., Hynes J., Bebbler D.P. & Fricker M.D. 2009: Saprotrophic cord systems: dispersal mechanisms in space and time. – *Mycoscience* 50: 9–19.
- Buée M., Maurice J.-P., Zeller B., Andrianarisoa S., Ranger J., Courtecuisse R., Marçais B. & Le Tacon F. 2011: Influence of tree species on richness and diversity of epigeous fungal communities in a French temperate forest stand. – *Fungal Ecology* 4: 22–31.
- Dahlberg A. & Croneborg H. 2003: 33 threatened fungi in Europe (T-PVS (2001) 34 rev 2). – Swedish EPA & ECCE, Uppsala, 132 pp.
- Frankland J.C. 1992: Mechanisms in fungal succession. In: Carrol G.C. & Wicklow D.T. (eds.): *The fungal community. Its organization and role in the ecosystem*. 2. ed. – Marcel Dekker, New York, pp. 383–401.
- Gardes M. & Bruns T.D. 1996: Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: above- and below-ground views. – *Canadian Journal of Botany* 74(10): 1572–1583.
- Heilmann-Clausen J., Aude E. & Christensen M. 2004: Does size matter? On the importance of various dead wood fractions for fungal diversity in Danish beech forests. – *Forest Ecology and Management* 201: 105–117.
- Heilmann-Clausen J., Aude E., Van Dort K., Christensen M., Piltaver A., Veerkamp M., Walley R., Siller I., Standovár T. & Ódor P. 2014: Communities of wood-inhabiting bryophytes and fungi on dead beech logs in Europe – reflecting substrate quality or shaped by climate and forest condition? – *Journal of Biogeography* 41: 2269–2282.
- Heilmann-Clausen J. & Christensen M. 2003: Fungal diversity on decaying beech logs – implications for sustainable forestry. – *Biodiversity and Conservation* 12: 953–973.
- Heine P., Hausen J., Ottermanns R., Schäffer A. & Roß-Nickoll M. 2019: Forest conversion from Norway spruce to European beech increases species richness and functional structure of aboveground macrofungal communities. – *Forest Ecology and Management* 432: 522–533.
- Jakucs E. 2008: Egyes magyarországi erdők ektomikorrhizái. – MTA doktori értekezés tézisei, 14 pp.
- Jakucs E., Kovács G.M., Szedlay G. & Erős-Honti Zs. 2005: Morphological and molecular diversity and abundance of tomentelloid ectomycorrhizae in broad-leaved forests of the Hungarian Plain. – *Mycorrhiza* 15: 459–470.
- Krieglsteiner L. 1999: Pilze im Naturraum Mainfränkische Platten und ihre Einbindung in die Vegetation. – *Regensburger Mykologische Schriften* 9(1–4): 1–905.

- Ódor P. & van Hees A.F.M. 2004: Preferences of dead wood inhabiting bryophytes for decay stage, log size and habitat types in Hungarian beech forests. – *Journal of Bryology* 26: 79–95.
- Papp V. & Siller I. 2012: A *Ganoderma cupreolaccatum* (syn. *Ganoderma pfeifferi*) taxonómiai helyzete és magyarországi elterjedése [The hungarian distribution and taxonomic status of *Ganoderma cupreolaccatum* (syn. *G. pfeifferi*)]. – V. Magyar Mikológiai Konferencia. – Mikológiai Közlemények – Clusiana 51(1): 76–77.
- Papp V. & Szabó I. 2013: Distribution and host preference of poroid basidiomycetes in Hungary I. – *Ganoderma*. – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 9: 71–83.
- Pászty G. 1999: A Kékes Észak Erdőrezervátum vegetációtérképe. – Szakdolgozat, ELTE, Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, Budapest, 69 pp.
- Renvall P. 1995: Community structure and dynamics of wood-rotting basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland. – *Karstenia* 35: 1–51.
- Ryvarden L. & Gilbertson R.L. 1993–1994: European Polypores. Part 1–2. – *Fungiflora*, Oslo, 743 pp.
- Siller I. 2004: Hazai montán bükkös erdőrezervátumok (Mátra: Kékes Észak, Bükk: Óserdő) nagyombái. – Doktori (PhD) értekezés, Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Doktori Iskola, Budapest, 113 pp.
- Stokland J.N., Siitonen J. & Jonsson B.G. 2012: Biodiversity in dead wood. – Cambridge University Press, New York, 524 pp.
- Tarvainen O., Markkola A.M. & Strömmer R. 2003: Diversity of macrofungi and plants in Scots pine forests along an urban pollution gradient. – *Basic and Applied Ecology* 4: 547–556.
- Tyler G. 1985: Macrofungal flora of Swedish beech forest related to soil organic matter and acidity characteristics. – *Forest Ecology and Management* 10: 13–29.
- Zmitrovich I.V., Wasser S.P. & Țura D. 2015: Wood-inhabiting fungi. In: Mishra J.K., Tewari J.P., Desmukh S.K. & Vágvolgyi Cs. (eds.): *Fungi from different substrates*. CRC Press, Boca Raton, pp. 17–74.



4.1-14. ábra. Az erdők „takarítását” végzik, ezzel egészségének fenntartásában is részt vesznek a gombák. Előtérben a sárga kénvirággomba (*Hypholoma fasciculare*) (Fotó: Siller Irén)

4.2. A bükkösök nagyombái mint indikátorok

Siller Irén

Az 1980-as években az erdőpusztulások, a környezetszennyezési problémák, a klímaváltozás és az ektomikorrhizas gombák produkciójának csökkenése irányították a figyelmet az erdők állapotára. Az erdőállapot legfontosabb jellemzői között szerepelnek pl. a természetesség vagy természetközelség, az állomány kora, a holtfa különböző korhadási stádiumainak jelenléte, valamint különböző talajparaméterek (pH, tápanyag-ellátottság, N-gazdagság, nedvesség, mész-, illetve humusztartalom stb.).

A gombákat a mérsékelt övben kezdetben szórványosan használták az erdei élőhely minőségének indikátoraiként. Elsőként az észak-európai országok fenyevesinek mikológiai vizsgálatai mutattak rá egyes fajok vagy taxoncsoportok indikátorértékére (Parmasto & Parmasto 1997; Lindblad 1998). Többen egyetértettek abban, hogy az erdők természetességét vagy biodiverzitását az egykori Aphyllophorales rend fajaival értékelhetik (Schmid & Helfer 1999; Tortiç 1998; Parmasto & Parmasto 1997). Az élőlő taplókat (*Fomes fomentarius*, *Ganoderma applanatum*, *Fomitopsis pinicola*) kiemelve hangsúlyozzák, hogy azok hosszú életciklusuk alatt fontos szaproxyl rovaroknak nyújtanak táplálékot, illetve élőhelyet. Tortiç (1998) 36 nagyombafajt említ, melyek az öreg és természetközeli bükkösök indikátorai. Schmid és Helfer (1999) szerint is egyes gombák érintetlen, őserdei jelleget indikálnak. Penttilä és munkatársai (2004) arra a következtetésre jutottak, hogy a természetközeli állományokban átlagosan (80%-kal) több poroid nagyombafaj van jelen, mint a gazdaságilag kezelt erdőkben. Halme és munkatársai (2013) úgy találták, hogy az élőlő termőtestet képező taplófajok (pl. a bükkösökben a *Fomes fomentarius*) jelenléte az egyéves, ritka taplófajok előfordulását is indikálja. Ezek kis léptékű "hot spot"-okként mutathatók ki az erdei ökoszisztémákban. Müller és munkatársai (2007) szignifikáns különbséget találtak a változó intenzitással kezelt bükkösök és az őserdő jellegű erdők taplóinak összetételében. A kezelt erdőkben a *Trametes* fajok (*T. hirsuta*, *T. gibbosa*, *T. versicolor*) dominálnak, míg a kezeletlen, természetközeli erdők indikátorfajai a *Fomes fomentarius*, az *Antrodiella serpula* (syn.: *A. hoehneltii*), a *Polyporus tuberaster*, a *Picipes badius*, az *Eutypa spinosa* és a *Pluteus phlebophorus*. Az intenzíven kezelt vágásterületeken jellemzőek a *Pycnoporus cinnabarinus*, a *Hypoxylon fragiforme*, a *Diatrype disciformis*, valamint a *Bispora antennata*. Negatív korrelációt mutattak ki a csekély holtfamennyiség és a lignikol fajgazdagság között. Egli (2011) szerint ugyanakkor az ektomikorrhizas gombákra is tekinthetünk, mint az erdők egészségének indikátoraira. A hosszú távú, történeti adatok feldolgozása (Arnolds 1988) alapján a legtöbb egészséges erdei ökoszisztémában az ektomikorrhizas gombák termőtesteinek mennyiségét 45–50%-ra becsülték az összes nagyomba termőtest-produkciójához képest. Csehországi légszennyezett területek állományaiban csak 10% volt az ektomikorrhizas termőtestek aránya (Fellner & Peskova 1995). Mindezek a tények igazolják az ektomikorrhizas fajok fontosságát az erdei fák számára, ami arra vezethető vissza, hogy számos stresszel (eutrofizáció, légszennyezés, klímaváltozás, élőhely elvesztés stb.) szemben nyújtanak védelmet. Tömören megfogalmazva: „gombák nélkül nincs erdő, erdő nélkül nincs gomba” (Egli 2011).

A Nat-Man projekt keretein belül Heilmann-Clausen és Christensen (2000) 42 fajt ajánlott a bükkerdők magas természetvédelmi értékének jelzésére. Ezek közül Siller (2004) a bükki Őserdő és a Kékes Észak erdőrezervátumokból összesen 25 faj előfordulását mutatta ki. Később az ajánlott fajokat egy munkacsoport több mint 100 élőhelyről gyűjtött információk alapján kiértékelte, tesztelte és 21 fajra szűkítette (Adamčík et al. 2007).

A nagyombák funkcionális csoportjai (ektomikorrhizas szimbióta, avarszaprotróf, lignikol vagy fán élő gombák (beleértve a parazitákat is) szorosan kötődnek tápanyag- és energiaforrásaikhoz (szubsztrátumukhoz), ezért kiváló indikátorai a tápanyag felvehetőségének, a talaj pH-jának, az avar és a humusz jellemzőinek, az erdők természetességének stb. (Kost 1991). Számos faj kötődik pl. bizonyos talajtulajdonságokhoz, jelezve annak pH-ját, nedvességtartalmát, tápanyag-ellátottságát. Szubsztrátum-preferenciájukkal megmutatják az adott élőhely ökológiai jellegzetességeit. A különböző életmódú gombák közül főleg a mi-

korhízások reagálnak érzékenyen a termőhelyi feltételekre, mindenekelőtt a mikorrhizás partner jelenlétére. A gombák alapvető környezeti feltételei közé a talaj savanyúságán és vízellátottságán, valamint a hőmérsékleten kívül a talaj vagy a szubsztrátum szervesanyag-tartalmát, annak típusát, az erdő vagy a füves terület korát, az erdő vitalitását, valamint természetességét soroljuk.

A környezeti igények tisztázása lehetőséget nyújt olyan indikátorfajok felismerésére, amelyekkel egy-egy élőhely értékeségét adhatjuk meg. A fakorhadásban részt vevő lignikol fajok feltárásával megismerhetjük a szukcessziós folyamatot, leírhatjuk karakterfajait, modelleket alkothatunk. Az indikátorfajok segítségével lehetőség nyílik arra is, hogy egy termőhely ne csupán a növénytársulások faji összetételével, hanem a gombaközösségekkel is jellemezhető legyen. Különösen olyan erdei biotópokban lehet fontos a gombák ilyen szerepe, amelyek virágos növényekben szegények. A következőkben bemutatunk néhány magyarországi bükkerdőkben előforduló, Ainsworth (2004), Christensen és munkatársai (2004), valamint Adamčík és munkatársai (2007) által biodiverzitás-indikátorként ajánlott fajt.

Odoria alborubescens

Fehéres, majd rózsás árnyalatú, bolyhos felszínű, természetes, lédús taplófaj. Jellegzetes édeskés illata a *Mycoacia nothofagi* illatára emlékeztet. Természetközeli élőhelyeket kedvelő, Európa-szerte igen ritka faj, melynek taxonómiai megítélése többször változott. Egyedül *Fagus sylvaticáról* ismert. Korhadó, öreg fatörzsekhez kötődik. Magyarországon eddigi egyetlen élőhelyét Papp és Dima (2018) ismertette.

Camarops tubulina

Sztrómaképző tömlősgombafaj, amely nehezen észrevehető. Barna, párnaszerű, pár centiméter átmérőjű termőteste a fakéreg áttört repedéseiben jelenik meg. Éretten fekete, elszenesedő. A bükkön kívül a luc és a jegenyefenyő is szubsztrátuma. A természetközeli erdők kiváló indikátora (Adamčík et al. 2007). Koszka (2020) a Juhdöglő-völgy Erdőrezervátumában gyűjtötte.

Mycoacia gilvescens

Fehérsporás, poroid kéreggomba. Jellemzője, hogy idősödve vagy sérülésre a felszíne barnásrózsaszínű lesz. Erősen korhadt bükkfatörzsek oldalán vagy alsó részén található. Európában, különösen Közép-Európában szélesan elterjedt egyéves, reszupinátus taplófaj, mely elsősorban a bükköt preferálja, de más lombos fák (*Fagus*, *Quercus*, *Betula*, *Fraxinus*, *Acer*, *Ulmus*, *Alnus*, *Castanea*, *Pinus*, *Salix*) is előfordul. Hazai adatai (Siller 2004; Papp 2016) erdőrezervátumokból származnak.

Gelatoporia pannocincta

Poroid kéreggomba, gyakran nagy foltokat képez a korhadt fatörzseken. A telep steril növekvő szélei fehérek, belseje jellegzetes sárgászöldes színű. Ritka faj, de Európa kontinentális területein szélesan elterjedt. Fő gazdapartnere a bükk, de más keményfás fák (*Fagus*, *Acer*, *Alnus*, *Fraxinus*, *Ulmus*, *Quercus*, *Betula*, *Salix*) is előfordul.

Climacodon septentrionalis

Különleges hidnoid himenofórral rendelkező, egyéves, konzolos termőtestű faj. Északon, pl. Finnországban gyakori, még urbánus környezetben is nő. Ott számos keményfás fafajon élő agresszív parazita; idős fákat támad meg. Dél felé haladva Európában egyre ritkább. *Faguson* nő, és veszélyeztetett fajként tartják számon Dániában, valamint Norvégiában. Ismert adata a bükki Őserdő Erdőrezervátumból származik (Siller 2004), de az utóbbi években közösségi adatbázisban több, eddig publikálatlan gyűjtése is előkerült.

Dentipellis fragilis

Reszupinátus termőtestű, hidnoid trámájú egyéves faj (4.2.-1. ábra). Közép- és Dél-Európa alacsonyabb fekvésű montán bükköseiből ismerik. Több európai ország vörös listáján veszélyeztetett fajként szerepel.

A korhadás optimális (3-as) fázisában lévő, álló és fekvő, vastag törzseken, nagy méretű és erősen korhadt bükkfatörzseken jelenik meg. Előfordult a Kékes-Észak, a bükki Óserdő, valamint a Juhdög-lő-völgy Erdőrezervátumokban (Siller 2004; Papp 2016).

Flammulaster limulatus

Barnaspórás, agarikoid faj, kalapján finoman pelyhes szemcsékkel (4.2.-2. ábra). Erősen korhadt holtfán, bükkön, tölgyön, nyíren és ritkán fenyőn található meg. Számos lelőhelyét ismerjük hazánk-ból (pl. Fodor et al. 2001; Siller 2004; Rudolf et al. 2008; Dima et al. 2010). Európában szélesan elterjedt, de sehol nem gyakori. Természetközeli bükkerdőkben, a vastag, korhadó törzsek közepes/optimális korhadási fázisában fordul elő.

Flammulaster muricatus

Megjelenésében az előző fajhoz hasonló, rozsdabarna termőtestű lemezes gomba; attól a mikroszkópos különbségek mellett kalapbőrének bolyhozottságában tér el. Lombos fákon, főleg a bükk erősen korhadt faanyagán terem. Hazai adatai (pl. Nagy 2004; Rudolf et al. 2008) szórványos elterjedést mutatnak.

Ganoderma pfeifferi

Európai természetközeli bükkerdők karakterfaja, mely főként öreg, élő bükkfák tövén képez termőtestet. Termofil lomberdei faj. Európai adatai alapján a bükkön kívül tölgyeken, ritkábban más fafajon is megjelenik (Papp & Szabó 2013). Hazai adatai többnyire bükkös erdőrezervátumokból származnak (Igmándy 1970; Pál-Fám & Lukács 2002; Siller 2004).



4.2.-1. ábra. *Dentipellis fragilis* – hófehér, tüskés termőrétegű, reszupinátus faj (Fotó: Siller Irén)



4.2.-2. ábra. *Flammulaster limulatus* (sárgalemezű lánggombácska) – feltűnő rozsdasárga termőtestei olykor tömegesek a bükk-törzseken (Fotó: Siller Irén)



4.2.-3. ábra. *Hericium coralloides* (közönséges petrezselyemgomba) – a természetközeli bükkerdők esernyőfaja (Fotó: Siller Irén)

Hericium coralloides

Európában, Ázsiában és Észak-Amerikában is elterjedt. Sok európai országban védett faj (4.2.-3. ábra). Az olyan idős, érett erdőkhöz kötődik, amelyekben az erdőborítottság folyamatos, és változatos korosztályú faellátottság, valamint különböző méretű és korhadási fázisú holtfa áll rendelkezésre. Főleg álló és fekvő bükk-törzseken fordul elő, de néha tölgyek, kőrisek faanyagán is nő. Gyakran hosszan, több évig is rendszeresen terem ugyanazon a faanyagon. A "The Global Red List" honlapján, ahol potenciális esernyőfajként jellemzik, a listára ajánlott fajok között szerepel. A természetvédelem számára ez a besorolás fontos, ugyanis a védelmével mind-

zon fajok széles körét is támogatjuk, amelyek a természetes bükkerdők nagyméretű holtfakészletéhez kötődnek, de kisebb méretük miatt nehezen vehető észre.

Hericium erinaceus

Az előző fajhoz hasonlóan előfordulása Európából, Ázsiából és Észak-Amerikából ismert. Hazánkban védett faj. Európa néhány régiójában közönséges vagy frekvens, más helyeken viszont ritkának, illetve el-tűnően lévőnek ítélik. Gyenge nekrotróf, főleg idős bükk- és tölgyfákon nő. Az öreg erdők jó indikátora.

Hohenbuehelia auriscalpium

Mohos, nedves, erősen korhadt holtfákon, sorrendben *Fagus*, *Quercus* és *Fraxinus* fajok faanyagán nő. Ritka faj, mely főleg Közép-Európa alacsonyabb és magasabb hegyvidéki régióinak természetes erdőállományaiból ismert. A *H. petaloides* (Bull.) Schulzer fajjal könnyen összetéveszthető, bár az nagyobb termőtestet képez, és talajon, fűrészporon vagy faforgácson terem. Papp (2016) a juhdőglő-völgyi előfordulását bizonyította.

Inonotus cuticularis

Főleg dél-európai elterjedésű faj, bár északon Svédorszáig is felhatol, de Finnországból nem ismert. Magyarországon igen gyakori taplófaj (Igmándy 1981). Számos lombosfa-nemzetség (*Acer*, *Carpinus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Populus*, *Quercus*, *Salix*) fafajain előfordul.

Ischnoderma resinosum

Egyéves, puha húsú taplófaj. Szubsztrátuma alapján különíthető el a nemzetség másik fajtától, az *I. benzoinum*tól. Míg az *I. resinosum* lombos fákon, elsősorban bükkön nő (ámbar *Betula*, *Quercus*, valamint *Tilia* fajokon való előfordulásáról is vannak adatok), addig a közönséges elterjedésű *I. benzoinum* fenyőféléken, főleg *Picea* fajokon jelenik meg. Közép- és Dél-Európában elterjedt, Skandináviában ritka. Magyarországon természetközeli bükkösökben, vastag korhadó fatörzseken nem ritka.

Lentinellus vulpinus

A nemzetség fő ismertetőjegye a fűrészkes lemezél. Pleurotoid termőtestű, finoman bolyhos kalapú, hiányzó tönkű lemezes gomba. Sűrűn, gyakran nagy csomókban, idős törzseken és tuskókon nő. Európa déli részein leginkább bükkön, északabbra nyárfákon és sziliken termő, ritka faj.

Lentinellus ursinus

Termőteste kisebb (25–70 mm-es), vörösesbarna vagy sötétbarna, tönkje hiányzik. Kis csoportokban vagy magánosan, lombos fafajokban gazdag erdőkben, elsősorban *Fagus*, továbbá *Populus*, *Salix*, *Betula* és *Acer* fajok faanyagán terem.

Mycoacia nothofagi

Illatos, fogakkal ellátott bevonatot képező, reszupinátus faj (4.2.-4. ábra). Kéregszerű telepei olykor néhány méterre is kiterjednek, színük sárgásbarna, majd idősödve rozsdásbarna. Erősen korhadt faanyag jelzője bükkön és nyíren. Erős, édeskés szappanszaga hasonlít az *Odoria alborubescens* szagára. Nálunk a Juhdőglő-völgy (Papp 2016) és az Óserdő Erdőrezervátumokból került elő.



4.2.-4 ábra. *Mycoacia nothofagi* – kevésbé ismert, ritka reszupinátus faj (Fotó: Siller Irén)

Ossicaulis lignatilis

Mai tudásunk szerint a Holec és Kolařík (2012) által morfológiai és molekuláris taxonómiai módszerekkel megvizsgált *O. lachnopus* és *O. lignatilis* taxonok faji szintű elkülönítése indokolt. Szerintük a rezervátumjellegű, természetszerű élőhelyeken inkább az *O. lachnopus* fordul elő. Hazai előfordulásukat a gyűjtött fungáriumi anyagok revideálásával vagy új adatok gyűjtésével lehetne pontosan megállapítani (Papp 2016).

Pholiota squarrosoides

Lombos fák (*Fagus*, *Betula*, *Populus*, *Salix*, *Quercus*) szaprotróf faja, gyakran természetközeli erdők, néha parkok öreg, holt fáin fordul elő. Elterjedt, de ritka Közép- és Kelet-Európában. A hozzá hasonló *P. squarrosa* kalapja sötétebb sárga pikkelyű és száraz kalapbőrű. Eddig publikált adata a Juhdöglő-völgyből (Papp & Dima 2014), Ócsáról és az Öserdő Erdőrezervátumból származik (Barina et al. 2015).

Pluteus umbrosus

Hazánkban védett faj (4.2.-5. ábra). Európai adatai alapján a természetközeli bükkösök faja, főként bükkös erdőrezervátumokból, illetve bükk erősen korhadt faanyagáról ismert (Siller 2004; Benedek 2011; Koszka 2011; Papp 2016).



4.2.-5. ábra. *Pluteus umbrosus* (feketepelyhes csengettyűgomba) – feltűnő szépségű, ritka, védett faj; az erősen korhadt faanyag lebontója (Fotó: Siller Irén)

Pseudospongipellis delectans

Egyéves, puha húsú taplófaj, melynek pórusai eleinte labirintusszerűek, majd szabálytalanul felszakadoznak. A bükk törzskorhasztó faja. Kezdetben az élő fán, majd az elhalt faanyagon jelenik meg. Sokáig több szinonim nevét használták, ezért nehézséget okozott az elkülönítése a hozzá hasonló, de főleg tölgyön előforduló *P. pachyodon* fajtól. A *P. pachyodon*-nal való összetévesztés miatt az adatok mikroszkópos ellenőrzése szükséges. A bükk mellett juharon, nyárfán, vadgesztenyén, kőrisen és tölgyön is megtalálható. Európában ritka fajnak tartják. Dél- és közép-európai elterjedésű (Ryvarden & Gilbertson 1993–1994).

További, természetes, zavartalan állapotot jelző fajok bükkön:

Artomyces pyxidatus, *Podofomes mollis*, *Ganoderma applanatum*, *Hydropodia subalpina*, *Laxitextum bicolor*, *Meripilus giganteus*, *Peziza micropus* s.l.

Az idős erdőállományok jellemző fajai:

Ganoderma pfeifferi, *Hypsizygus tessulatus*, *Meripilus giganteus*, *Mucidula mucida* (4.2.-6. ábra).

Nitrofrekvens/tápanyaggazdagságot jelző fajok:

Agrocybe praecox, *Bolbitius reticulatus*, *Clitocybe nebularis*, *C. phyllophila*, *Cyclocybe erebia*, *Infundibulicybe geotropa*, *Entoloma rhodopolium* s.l., *Inocybe geophylla* s.l., *Lacrymaria lacrymabunda*, *Lepiota cristata*, *Lepista nuda*, *Melanophyllum haematospermum*, *Parasola plicatilis*, *Pluteus phlebophorus*, *Pseudoclitocybe cyathiformis*, *Rhodocollybia butyracea*, *Stropharia aeruginosa*, *S. cyanea*, *Tephrocybe rancida*.

A talajhumuszhoz kötődő (humikol) fajok:

Agrocybe praecox, *Aleuria aurantia*, *Chlorophyllum rhacodes*, *Clavariadelphus pistillaris*, *Clavulina cinerea*, *Cyclocybe erebia*, *Entoloma rhodopolium* s.l., *Geastrum fimbriatum*, *G. triplex*, *Lepiota castanea*, *L. cly-*

peolaria, *L. forquignonii*, *L. ignivolvata*, *Leucopaxillus gentianeus*, *Limacellopsis guttata*, *Macrolepiota mastoidea*, *M. procera*, *Melanoleuca arcuata*, *M. grammopodia*, *M. melaleuca*, *M. subbrevipes*, *Melanophyllum haematospermum*, *Parasola conopila*, *Ripartites tricholoma*, *Tubaria furfuracea*.

A faanyag optimális korhadási állapotát jelző indikátorfajok:

Bolbitius reticulatus, a *Flammulaster limulatus*, a *Mycena haematopus*, az *Ossicaulis lignatilis* s.l., a *Panus rudis*, a *Pluteus nanus*, a *P. phlebophorus*, a *P. salicinus*, a *P. umbrosus*, valamint a *Simocybe centunculus*. A végső fázist az *Arrhenia epichysium*, továbbá az avarszaprotróf és az ektomikorrhízis fajok megjelenése jelzi a humifikálódott fatörzseken. Az ektomikorrhízis fajok számára a nyári szárazságban is nedvesen maradó korhadó fatörzsek biztosítanak megfelelő életfeltételeket.

Irodalom

- Adamčík S., Christensen M., Heilmann-Clausen J. & Walley R. 2007: Fungal diversity in the Poloniny National Park with emphasis on indicator species of conservation value of beech forests in Europe. – *Czech Mycology* 59(1): 67–81.
- Ainsworth M. 2004: Developing tools for assessing fungal interest in habitats 1: beech woodland saprotrophs. – *English Nature Research Reports* 597: 75 pp.
- Arnolds E. 1988: The changing macromycete flora in the Netherlands. – *Transactions of the British mycological Society* 90: 391–406.
- Barina Z., Benedek L., Boros L., Dima B., Folcz Á., Király G., Koszka A., Malatinszky Á., Papp D. & Papp V. 2015: Taxonomical and chorological notes 1. (1–19). – *Studia Botanica Hungarica* 46(2): 205–221.
- Benedek L. 2011: A Központi-Börzsöny nagyombái: fungisztikai, szünbiológiai és természetvédelmi értékelés. – Doktori (PhD) értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Doktori Iskola, Budapest, 209 pp.
- Christensen M., Heilmann-Clausen J., Walley R. & Adamčík S. 2004: Wood-inhabiting fungi as indicators of nature value in European beech forests. In: Marchetti, M. (ed.): *Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe – From ideas to operationality*. – *EFI Proceedings* 51: 229–237.
- Dima B., Siller I., Albert L., Rimóczi I. & Benedek L. 2010: A 27. Európai *Cortinari* Konferencia mikológiai eredményei. – *Mikológiai Közlemények / Clusiana* 49(1–2): 5–66.
- Egli S. 2011: Mycorrhizal mushroom diversity and productivity – an indicator of forest health? – *Annals of Forest Science* 68: 81–88.
- Fellner R. & Peskova V. 1995: Effects of industrial pollutants on ectomycorrhizal relationships in temperate forests. – *Canadian Journal of Botany* 73: 1310–1315.
- Fodor L., Pál-Fám F. & Rimóczi I. 2001: Adatok a Szigetköz nagyombáinak ismeretéhez. – *Mikológiai Közlemények / Clusiana* 40(3): 47–58.
- Halme P., Ódor P., Christensen M., Piltaver A., Veerkamp M., Walley R., Siller I. & Heilmann-Clausen J. 2013: The effects of habitat degradation on metacommunity structure of wood-inhabiting fungi in European beech forests. – *Biological Conservation* 168: 24–30.
- Heilmann-Clausen J. & Christensen M. 2000: Fungi on beech logs – indicators of habitat quality. – *Swampe* 42: 35–47.
- Holec J. & Kolařík M. 2012: *Ossicaulis lachnopus* (Agaricales, Lyophyllaceae), a species similar to *O. lignatilis*, is verified by morphological and molecular methods. – *Mycological Progress* 12: 589–597.
- Igmándy Z. 1970: Magyarország taplógombái (II. rész.) – *Mikológiai Közlemények / Clusiana* 3: 109–112.
- Igmándy Z. 1981: Hazánk csövestapló (Polyporaceae s.l.) flórája és a fajok növénykórtani jelentősége. – Kandidátusi értekezés. Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, 159 pp.
- Kost G. 1991: Zur Ökologie und Bioindikation von Pilzen in einigen Bannwäldern Baden-Württembergs, nebst Vorschlägen zum Artenschutz von Pilzen. – *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 21: 161–183.
- Koszka A. 2011: Adatok a Vértes déli részének gombavilágához. – *Mikológiai Közlemények / Clusiana* 50(2): 149–172.
- Koszka A. 2020: Vértes gombavilága 1. Tömlőgombák (Ascomycota) – Saját kiadás, 264 pp.
- Lindblad I. 1998: Wood-inhabiting fungi on fallen logs of Norway spruce: relations to forest management and substrate quality. – *Nordic Journal of Botany* 18: 243–255.
- Müller J., Engel H. & Blaschke M. 2007: Assemblages of wood-inhabiting fungi related to silvicultural management intensity in beech forests in southern Germany. – *European Journal of Forest Research* 126: 513–527.
- Nagy L. 2004: Fungisztikai vizsgálatok az Alföldön 1997 és 2003 között. – *Mikológiai Közlemények / Clusiana* 43(1–3): 15–46.

- Papp V. 2016: A Juhdöglő-völgy Erdőrezervátum lignikol bazídiomos nagyombáinak taxonómiája és természetvédelmi helyzete (Taxonomy and conservation status of the lignicolous basidiomycetes in Juhdöglő-völgy Forest Reserve). – Doktori (PhD) értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Doktori Iskola, Budapest, 212 pp.
- Papp V. & Dima B. 2018: New systematic position of *Aurantiporus alborubescens* (Meruliaceae, Basidiomycota), a threatened old-growth forest polypore. – *Mycological Progress* 17: 319–332.
- Papp V. & Szabó I. 2013: Distribution and host preference of poroid basidiomycetes in Hungary I. – *Ganoderma*. – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 9: 71–83.
- Parmasto E. & Parmasto I. 1997: Lignicolous Aphyllophorales of old and primeval forests in Estonia. – *Folia Cryptogamica Estonica*, Fasc. 31: 38–45.
- Pál-Fám F. & Lukács Z. 2002: A Mecsek hegység nagyombái 2. – *Mikológiai Közlemények / Clusiana* 41(2–3): 35–44.
- Penttilä R., Siitonen J. & Kuusinen M. 2004: Polypore diversity in managed and old-growth boreal *Picea abies* forests in southern Finland. – *Biological Conservation* 117(3): 271–283.
- Rudolf K., Fál-Fám F. & Morschhauser T. 2008: A Cserhát nagyombái. – *Mikológiai Közlemények / Clusiana* 47(1): 45–74.
- Ryvarden L. & Gilbertson R.L. 1993–1994: European Polypores. Part 1–2. – *Fungiflora*, Oslo, 743 pp.
- Schmid H. & Helfer W. 1999: Die Bedeutung der Naturwaldreservate für den Pilzartenschutz. – *Seminarbericht der Natur- und Umweltschutzakademie des Landes Nordrhein-Westfalen (NUA)* 4: 140–146.
- Siller I. 2004: Hazai montán bükkös erdőrezervátumok (Mátra: Kékes Észak, Bükk: Óserdő) nagyombái. – Doktori (PhD) értekezés, Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Doktori Iskola, Budapest, 113 pp.
- Tortiç M. 1998: An attempt to a list of indicator fungi (Aphyllophorales) for old forests of beech and fir in former Yugoslavia. – *Folia Cryptogamica Estonica* 33: 139–146.



4.2.-6. ábra. A *Mucidula mucida* (gyűrűs fülőke) a bükk specialistája, idős bükkösök indikátorfaja (Fotó: Siller Irén)

4.3. A klímaváltozás hatása a bükkösökre és a fungájukra

Siller Irén

A környezeti változások negatív hatásai napjainkban mind lokális, mind globális méretekben érzetik hatásukat. A Kárpát-medence melegedése, a szárazodás és a gyakoribbá váló szélsőséges időjárási helyzetek különösen érzékenyen érinthetik a kiegyensúlyozottabb éghajlatot kedvelő erdőtársulásainkat. A bükkösök nemcsak az európai, de a hazai szakirodalomban is kiemelt figyelmet kapnak a klímaváltozás miatt számos térségben kedvezőtlenebbé váló éghajlati viszonyok miatt. A bükk a szárazságra érzékeny fafaj, ezért különösen fontos a klímaváltozás hatásainak, az elterjedési határa lehetséges megváltozásának, a faj alkalmazkodóképességének a vizsgálata (Czúcz et al. 2013). A mikológusok ugyancsak foglalkoznak a mikrobióta lehetséges változásával, a negatív behatások gombák életére gyakorolt következményeivel. Kevés azonban az ismeretünk a környezeti tényezőknek a nagygombák produktivitásában és életciklusaiban betöltött szerepéről. Ennek oka részben az, hogy a gombák életciklusa főleg a föld alatt, rejtve zajlik.

A fenológiai adatok elemzése azt mutatja, hogy egyes fajok termőtestképzésének ideje kitolódik, másoké viszont lerövidül. Ez azt jelenti, hogy a nyári fajok szokásos termőtestképzése korábban, már a tavaszi időszakban beindul, a nyári fajok fruktifikációja pedig kifejezetten meghosszabbodik (Kausrud et al. 2010). Ennek oka, hogy a talajban lévő micélium a kedvező hőmérséklet miatt sokáig aktív marad, vagy működése akár a téli időszakban sem áll le. A környezeti változásokra adott válaszok ugyanakkor funkcionális csoportonként különbözőek. A növekvő nyári szárazságok csökkentik az ektomikorrhízis gombák diverzitását és foszforfelvételt, ami a növekedésükre gyakorolt negatív hatásával a foszforkészletek globális egyensúlyának változására is kihat. Az ektomikorrhízis gombák sérülése vagy mennyiségi csökkenése a talajban előrevetítheti a velük kapcsolatban élő fafajok vitalitásának gyengülését is. Különösen igaz lehet ez a szárazodásra érzékeny bükkre. Az ariditás növekedése hatással van a szaprotróf gombafajokra is. Az avarbontó funkcionális csoport csökkenő lebontó tevékenysége a növények számára felvehető tápanyagok mennyiségének fogyatkozásán keresztül hat az erdei ökoszisztémák komplex folyamataira. A klímaváltozásnak a lignikol gombák fajösszetétele térbeli vagy időbeli változására gyakorolt hatását eddig nem sikerült igazolni. Egyes eddig még nem kellőképpen bizonyított adatok viszont arra utalnak, hogy a szubsztrátumfelhasználás megváltozhat. A lignikol gombák szubsztrátumváltása elsődlegesen a korhadási fázis iránti affinitásuktól, a konkurens gombafajok jelenlététől, valamint más szubsztrátumok elérhetőségétől függ (Rustøen et al. 2023).

Irodalom

- Czúcz B., Gálhidy L. & Mátyás Cs. 2013: A bükk és a kocsánytalan tölgy elterjedésének szárazsági határa. – Erdészettudományi Közlemények 3(1): 39–53.
- Kausrud H., Heegaard E., Semenov M.A., Boddy L., Halvorsen R., Stige L.C., Sparks T.H., Gange A.C. & Stenseth N.C. 2010: Climate change and spring-fruited fungi. – Proceedings of the Royal Society B: Biological sciences 277(1685): 1169–1177.
- Rustøen F., Høiland K., Heegaard E., Boddy L., Gange A.C., Kausrud H. & Andrew C. 2023: Substrate affinities of wood decay fungi are foremost structured by wood properties not climate. – Fungal Ecology 63(1763): 101–231.

5. A BÜKKÖSÖK ÁLLATVILÁGA

5.1. A bükkösök gerinces állatai	232
Emlősök	232
Vadászható nagyvadfajok (<i>Vaski László</i>)	232
Szörmés ragadozók (<i>Frank Tamás és Vaski László</i>)	232
Denevérek (<i>Dobrosi Dénes</i>)	233
Kisemlősök (<i>Frank Tamás</i>)	236
Madarak (<i>Frank Tamás, Ónodi Gábor és Winkler Dániel</i>)	237
Kételtűek és hüllők (<i>Harmos Krisztián</i>)	241
5.2. A bükk és a bükkösök ízeltlábú faunája	247
A bükk lombfogyasztói (<i>Csóka György, Tuba Katalin, Gáspár Csaba és Hirka Anikó</i>)	247
A bükk gyökerein táplálkozó fajok (<i>Csóka György</i>)	250
A bükk xilofág rovarai	250
Élő fában fejlődő xilofágok (<i>Lakatos Ferenc és Csóka György</i>)	251
Szaproxilofágok (<i>Kovács Tibor, Lakatos Ferenc és Csóka György</i>)	251
Mikofág rovarok a bükk szaproxil gombáiban (<i>Kovács Tibor és Csóka György</i>)	255
A bükkösök vízfolyásainak rovarai (<i>Kovács Tibor</i>)	256
A bükkösök futóbogarai (<i>Andrési Dániel és Szél Győző</i>)	257
A bükkösök ugróvillásai (<i>Winkler Dániel</i>)	259
A bükkösök pókfaunája (<i>Szinetár Csaba, Bali László és Urák István</i>)	260
5.3. A bükkösök csigái (<i>Varga András</i>)	266

5.1. A bükkösök gerinces állatai

Emlősök

Ahogy a többi gerinces faj sem, úgy a bükkösökben előforduló emlősök sem kötődnek kizárólagosan a bükkhöz, illetve a bükkösökhöz. Ennek ellenére számos olyan faj van, ami jellemző rájuk. A következőkben a teljesség igénye nélkül néhány jellemző fajt mutatunk be.

Vadászható nagyvadfajok

Vaski László

A bükkösökben előforduló vadászható nagyvadfajok közül a kérődzők (gím- és dám, őz és muflon) mellett a vaddisznót kell megemlíteni, ismételten azzal a megjegyzéssel, hogy e fajok sem csak bükköseinkhez társíthatók.

A gímszarvas élete függ az erdőtől; mind a táplálék, mind az erdők által biztosított nyugalom miatt. Alapvetően erdei faj, tápláléka is ahhoz kötődik – a mezőgazdaság területek csak további kényelmi táplálékforrást biztosítanak számára. A mezőgazdasági területek leürülése után ősszel tömegesen vándorol fel a nagy erdő-tömbökbe (így a bükkösökbe is), ahol az újulati és cserjeszintben további táplálék áll rendelkezésére. A mezőgazdasági termények által túlzott módon eltartott szarvasállomány az erdők csekélyebb biomassa produktumát aránytalan módon hasznosítja, így érzékeny károkat okoz még a bükkösök sűrű újulatszintjében is.

Több hozzáférhető forrás ismerteti, hogy az elmúlt 60 év alatt a Magyarországon elejtett nagyvad mennyisége (a bevallott terítékadatok szerint) az évenkénti elejtett példányszámot illetően több, mint tízszeresére nőtt (OVA 1960–2020). Ez alapján nem meglepő, hogy a nagyvad-létszám erdeinkre való hatása jelentős mértékben növekedett.

A dám és a muflon – a betelepítésük óta eltelt hosszú idő ellenére – nehezen illeszthetők erdeink életébe. Fölöttük különösen fontos (lenne) a vadgazdálkodó kontrollja, létszámuk mesterséges szabályozása (vadászata) a negatív hatásai függvényében gyors beavatkozást kíván. Az őz a válogató táplálkozása miatt az elegyességre törekvő mesterséges erdősítéseknel, csemetékkel pótolta területfoltoknál érzékeny károkat tud okozni, sokszor szinte észrevétlenül degradálja, szegényíti fiatal erdeinket. A vaddisznó mindenképp a makktermés elfogyasztásával hat mind bükkös, mind tölgyes erdeink életére. A vadászatos nagyvadfajok bükkösökre gyakorolt hatásait a »7.2. fejezetben« részletebben is tárgyaljuk.

Összességében azonban azt is említeni kell, hogy bükköseinkben a vadászható vadfajok nem túlszaporodott népességének helye és szerepe is van. Bükkös felújításokban több évtizedes vadkizárásos kísérletek rámutatnak, hogy a vad teljes kizárása negatív hatású is lehet, azáltal, hogy a bükk rovására eluralkodnak egyes fajok (bodza, gyertyán, nyír, rezgőnyár, kecskefűz). Ezeknek szintén helye és szerepe van a bükkösökben, de túlzottan magas elegyarányuk nem kívánatos.

Szőrmés ragadozók

Frank Tamás és Vaski László

A magyar erdőkből a nagyvadfajok népességének szabályozására képes ragadozók funkcionális értelemben hiányoznak. A rendkívül alacsony egyedszámú hiúz- és farkaspopulációk csupán lokálisan gyakorolhatnak érdemi hatást a csülkös vad népességére, illetve viselkedésére.

A két gyakoribb kutyaféle ragadozó (róka, aranysakál) az *Echinococcus multilocularis* nevű galandféreg kapcsán humánegészségügyi kockázatot is jelent (Széll et al. 2015), de bükköseink szempontjából jelenlétük

kifejezetten pozitív hatású. A bükk és a bükkösökben értékes eleyként jelenlévő tölgyek makktermését a kis rágcsálók (pockok és egerek) nemritkán teljesen megsemmisítik (részletesebben lásd a »7.2. fejezetben«). Ezek gyérítésében a rókának és a sakálnak kiemelkedő szerepe van. Sajnálatos, hogy a jelenlegi jogszabályok erdőterületeinken pénzügyi juttatásokkal is támogatják e két faj irtását.

A hiúz (*Lynx lynx*) az északi-középhegységi bükkösökben is előforduló ritka nagyragadozónk (Bihari et al. 2007) (5.1.-1. ábra). Ez a macskaféle előszeretettel tanyázik háborítatlan, sziklás gerinceken, vagy bükkös sziklaerdőkben, alig megközelíthető kőgörgeteges élőhelyfoltokban. Zsákmányszerzése során többször használja a fekvő holtfák törzseit (5.1.-2. ábra), amikor teheti ezeken halad végig, de nagyobb sziklatömbökre is felmegy. Egy-egy nagy fekvő holtfa tövén, vagy nagyobb kőtömbnél számos esetben jelöli meg territóriumát.



5. 1.-1. és 5.1.-2. ábra. A hiúz – Bajor-erdő Nemzeti Park. A hiúz számára kényelmes ösvényt biztosít a nagy fekvő holtfa. A képen látható kidőlt bükk törzs, még álló nagyméretű faként egy szirti sas pár méretes gallyfészket tartotta ledőléséig (Fotó: Frank Tamás)

A bükkösök madár és kisemlős faunájának is jellegzetes menyétféle ragadozója a nyuszt (*Martes martes*). Elsősorban a dombvidéki és középhegységi erdők lakója. A kevésbé zavart, odúban gazdagabb idősebb erdőket részesíti előnyben. Kölyöknevelésre kizárólag faodút használnak a nőstények, de gyakran a hímek is odúban pihennek (Lanszki 2003; Lanszki & Heltai 2007). Skandináviában, ahol az erdőgazdálkodás következtében jelentősen lecsökkent a nem harkályok véste, természetes odvak mennyisége, ott a nyuszt a fekete harkály által vésett odvaktól vált függővé (Brainerd et al. 1995). Miután jól mászik fára, a fán fészkelő madarak, odúlakók is potenciális zsákmányai, például a fekete harkályt is meglepheti odújában. Ezért is nyit a harkály a költőodúnak több, menekülést szolgáló kijáratot. A nagytestű madarak, mint a gallyfészkekben költő ragadozómadarak, vagy a fekete gólya sincsenek biztonságban tőle, amiknek a fészket kifoszthatja, a tojásaikat és a fiókáikat is zsákmányolhatja. A denevéreket is ragadozza. Fő táplálékforrást azonban mégis inkább az erdei rágcsálók, különösen az erdei pockok jelentik. Ezért erdei pocok specialista ragadozóként is jellemezhetjük (Lanszki 2003). Mint ilyen, pozitív hatást gyakorol a bükkösök természetes felújulási képességére is.

Denevérek

Dobrosi Dénes

Az erdei énekesmadarak mellett a denevérek az erdei herbivor rovarok legjelentősebb ragadozói. Ennek megfelelően jelentőségük nemcsak természetvédelmi, hanem erdővédelmi/erdőegészségi szempontból is kiemelkedő (Beilke & O’Keefe 2022). Ez még akkor is biztonsággal kijelenthető, ha hatásuk számszerűsítése általában bonyolultabb, mint a madarak esetében. Szinte minden erdei denevér zsákmányol tömeges erdei

rovarokat („kártevőket”), de pl. a barna hosszúfülű-denevér (*Plecotus auritus*) egyes példányai étrendjének akár 85%-át is kitehetik ezek (Ancillotto et al. 2022). A rendelkezésre álló táplálékforrás gazdagsága mindenkor jelentős mértékben befolyásolja a táplálkozó denevérek denzitását. Egy-egy erdei rovarfaj tömeges fellépése az adott helyszínre koncentrálna a denevéreket, ami ismételtén alátámasztja erdővédelmi jelentőségüket is (Celuch & Kropil 2008; Kortmann et al. 2018).

A kevés oldalággal rendelkező, magas, vastag-törzsű idős bükkösök hatalmas, tágas „oszlopcarnokokat” alkotnak (5.1.-3. ábra), amiket elsősorban a gyorsan repülő, hazánkban három fajjal képviselt *Nyctalus* nemzetség fajai uralnak. Ezeket szárnyuk alakja és gyors röptük miatt Topál (1969) fecskeszárnyú denevérként is említi. A legkisebb közülük a szőröskarú denevér (*Nyctalus leisleri*), mely faodvakban vagy felhasadt törzsek üregeiben tanyázik, s ott is hozza világra egyetlen kölykét. Kolóniákban él, akár csak a nagyobb méretű rőt koraidenevér is (*Nyctalus noctula*) (5.1-4. ábra). Utóbbi faj képviselőiben nyáron elsősorban a hímek lakják az erdőt, a kölykező nőtények ilyenkor inkább a síkvidékeket, illetve a hazánktól északra és északkeletre lévő országok területeit foglalják el. Július végén és augusztusban azonban hatalmas csoportokban érkeznek meg a nőtények is a kölykök és hímek társaságában, hogy a Kárpát-medence erdeiben, így a bükkösökben is megkezdődhessen a nász, majd ezt követően a téli álmra történő előkészítés. Különösen a vastag törzsű fába vájt fekete harkály, zöld küllő és hamvas küllő odvakat foglalják el, ahol általában 50–100, vagy akár több száz példányból álló hárem-, illetve telelőcsoportok gyűlnek össze egy-egy tágas üregben. Itt él a nemzetség legtermetesebb faja is, az óriás koraidenevér (*Nyctalus lasiopterus*) is. Speciális élőhelyi igényei vannak, így hazánkban nagyon kevés helyen fordul elő. Az összeroppanó fázisban lévő, nagyon öreg bükkösökben üt tanyát. Hazai megfigyelések szerint kizárólag bükkfa odvakat választ pihenő- és kölykezőhelyül (Estók 2011).

A bükkösökön átfolyó patakokat gyakran keskeny fűz- és égerligetek szegélyezik. Ezeket az élőhelyeket kedveli a bajuszos denevér (*Myotis mystacinus*), a brandt-denevér (*Myotis brandtii*), a horgasszörű denevér (*Myotis nattereri*) illetve két ritka faj, a nimfadenevér (*Myotis alcathoe*) és a nagyfülű denevér (*Myotis bechsteini*). Ezek a denevérfajok többnyire a fűz és égerfák nagy fakopáncs által vájt odvaiban tanyáznak, de a megroppant törzsű fák hasadékait is szívesen elfoglalják.

Olaszországi vizsgálatok eredményei szerint a nyugati piszedenevér (*Barbastella barbastellus*) (5.1.-5. ábra) preferált kölykezőhelyei az elpusztult bükkök magas facsonkjain lévő, déli kitétségű, leváló kéreg alatti üregek (Russo et al. 2004).

Azokban az idős bükkösökben, ahol sok a fekvő holtfa, és nincs sűrű cserjeszint, szívesen vadászik a közönséges denevér (*Myotis myotis*) (5.1.-6. ábra). Az avarban vagy az elhalt, fekvő fatörzseken mozgó bogarakat zsákmányolja. A faj legnépesebb kölykező csoportjai napjainkban leginkább tágas és zavartalan padlásokon, tornyokban található, de szintén előfordulnak vastagtörzsű bükkfák tágas odvaiban is. Amíg az épületekben



5.1.-3. ábra. Az idős bükkösök törzsei végeláthatatlan élő oszlopcarnokot alkotnak (Fotó: Dobrosi Dénes)



5.1.-4. ábra. A rőt koraidenevér magyarországi állománya az őszi-téli időszakban ugrásszerűen megnövekszik a bükkösökben is (Fotó: Dobrosi Dénes)

több száz, vagy akár ezer nőstényből álló kolóniái vannak, a faodvakban ennél jóval kisebb létszámú csoportokat alkot, valószínűleg azért, hogy ragadozói (pl. a nyest és a nyuszt) nehezebben találjanak rá.

Az idős, természet szerű bükkösökben nagy a választék az odvak és egyéb természetes faüregek terén, így a kölykező kolóniákat a nőstények olyan helyeken igyekeznek kialakítani, amelyek olyan szűk bejáratúak, hogy azokon a ragadozók ne férhessenek be, illetve a fatörzs olyan részein, ahol az éjszakai ki- és bérépülésük helye a ragadozó számára ugrással könnyen el nem elérhető.

Táplálékszerzésre a denevérek a középkorú és az idős bükkösöket preferálják, a sűrű fiatalosokat pedig elkerülik. Egyrészt a korosabb erdők rovarvilága gazdagabb, másrészt könnyebben tudnak repülni és tájékozódni a már kiritkult, kisebb törzsszámú állományokban.



5.1.-5. ábra. Böhöncös bükkökkel és tölgyekkel tarkított idős erdőkben gyakran előfordul a nyugati piszedenevér (Fotó: Dobrosi Dénes)



5.1.-6. ábra. A közönséges denevér nemcsak a levegőben, hanem a földön fekvő fatörzseken és a talaj felszínén is keresi a zsákmányát (Fotó: Dobrosi Dénes)



5.1.-7. ábra. A kis patkósdenevér a sűrű újulatban és a cserjésekben is kiválóan repül és remekül tájékozódik (Fotó: Dobrosi Dénes)

A felújítógással érintett nagy kiterjedésű, fél hektárt elérő üres vágásokat általában szintén elkerülik, de amint azok becserjésednek, vagy gyepfoltokkal és újulatcsoportokkal váltakozó borítás alakul ki rajtuk, a közönséges törpedenevérek (*Pipistrellus pipistrellus*), a szoprán törpedenevérek (*Pipistrellus pygmaeus*) és a kis patkósdenevérek (*Rhinolophus hipposideros*) (5.1.-7. ábra) gyakran táplálkoznak ezeken a helyeken. Ez utóbbi faj még a sűrű cserjeszintet is átkutatja, kiváló röpképességének, jó manőverezésének és kifinomult ultrahang érzékelésének köszönhetően (Dietz 2016). Általában padlásokon, pincékben és sziklaüregekben hozza világra és neveli fel kölykét. Esetenként azonban idős bükkök tágas üregeiben is jelen vannak kolóniái (Topál György szóbeli közlése).

A bükkösökben lévő kisebb-nagyobb állandó, illetve ideiglenes víztestek (pocsolyák, tavacsák, patakok stb.) a denevéreknek ivóvíz-forrást biztosítanak (5.1.-8. ábra). A jól manőverező kisebb fajok egészen kisméretű vizeket is ki tudnak használni, a természetesebb fajoknak nagyobb méretű vízfelszínekre van szükségük.

Összességében elmondható, hogy a bükkösökre jellemző denevérfajok mindegyike az idős, érintetlen, holtfában gazdag állományokat kedveli. A magas facsonkokon lévő változatos méretű odvak, üregek és kéregleválások búvó- és kölykezőhelyet biztosítanak számukra (5.1.-9., 5.1.-10. és 5.1.-11. ábra). Amíg egyes fajok tipikus légivadászok, addig mások akár a lombozatról, vagy éppen a földön fekvő elhalt fákról gyűjtik zsákmányukat. Megjegyzendő, hogy ez



5.1.-8. ábra. A bükkösök völgytalpain futó patakok fölött a denevérek előszeretettel táplálkoznak (Fotó: Dobrosi Dénes)

a habitat-preferencia nemcsak bükkösökben, hanem más fafajú állományokban is hasonló (Dobrosi 2017). Az érintetlen, idős bükkösökben általában sem álló, sem fekvő holtfából nincs hiány. Fatermesztési rendeltetésű állományokban az odvas fák és facsonkok kivágása pl. a gyérítések során nemcsak a nélkülözhetetlen élőhelyi elemeket iktatja ki, hanem el is pusztíthatja az odvakban pihenő denevéreket. Ugyanakkor az odvas fák, facsonkok, illetve földön fekvő vastagabb törzsek tudatos meghagyása jelentősen javíthatja megtelepedésük esélyeit. Fontos továbbá megemlíteni, hogy ez nem csak a denevérekre lehet jótékony hatással.



5.1.-9., 5.1.-10. és 5.1.-11. ábra. Az idős, pusztuló bükkfák nemcsak rovaráplálékot, de a rengeteg odú és egyéb hasadék révén sok bújóhelyet is biztosítanak a denevérek számára (Fotó: Dobrosi Dénes – balra és középen; Csóka György – jobbra)

Kisemlősök

Frank Tamás

Közismert, másodlagos odúlakó kisemlősünk a nagy pele (*Glis glis*) (5.1.-12. ábra) gyakran harkály vájta odúban telepszik meg, de szívesen elfoglal más módon kialakult faodút, üreget is. Jellemzően a vegetáció-összetételében és szerkezetében változatos, idősebb természetű, vagy természetes, domb- és középhegységi erdőségeink lakója. A gyertyános- és cseres tölgyesek mellett a vadgyümölcsökkel és tölgyekkel elegyes bükkösök a kedvelt élőhelyei, de a kevésbé elegyes szubmontán és montán bükkösök jól fejlett cserjeszintű, vadgyümölcsfákkal tarkított erdőszegélyeiben is megtelepedhet. Megfelelő élőhelyen mesterséges madárodúba is beköltözik, illetve speciálisan kihelyezett peleodúkkal is megtelepíthető (Bakó 2016).

A bükkösök rágcsáló kisemlőseit a »7.2. fejezetben« tárgyaljuk.



5.1.-12. ábra. A nagy pele jellemzően a koronaszintben közlekedik. A táplálékát, a biztonságos mozgását és a menedéket nyújtó odút kínáló elegyes, több koronaszintű bükkösök kedvelt élőhelyei (Fotó: Fitala Csaba)

Madarak

Frank Tamás, Ónodi Gábor és Winkler Dániel

Bár az emlősökhöz hasonlóan madárfajaink sem kötődnek kizárólagossággal a bükkhöz, illetve a bükkösökhöz, több fajuk gyakori fészkelő bükkösökben, néhányuk pedig preferálja is a bükkösöket, mint élőhelyet. A következőkben, a teljesség igény nélkül néhány – elsősorban természetvédelmi szempontból – jelentősebb fajt tárgyalunk röviden.

A szirti sas (*Aquila chrysaetos*) néhány párból álló ismert költő állománya a Zempléni-hegységben található (Firmánszky & Béres 2021). Korábban ismert volt több fészkelése idős szubmontán és montán bükkösökből, ahol a faállomány uralkodó szintben lévő, legnagyobb méretű bükkfáira építette fészket, a korona alsó részébe. Ezek többsége aztán alkalmatlanná vált fészkelésre a faj számára az idős, vágáskorú bükkös tömb felújítógátásainak előbb, utóbb összeérő végvágásai következtében. Ebből következően sikeresen költő fészkelőállománya úgy lenne fenntartható erdőgazdálkodás mellett, ha idős erdőállományok kisebb, nagyobb zavartalan foltjai visszahagyásra kerülnek élőhelyén. Ez leghatékonyabban az örökzöld gazdálkodás keretében, a megfelelő méretű kíméleti területek kijelölésével lenne megvalósítható.

A héja (*Accipiter gentilis*) a nagykiterjedésű erdők, így a bükkösök jellemző fészkelő nappali ragadozómadara. Többnyire saját maga építette gallyfészkekben költ, amit a korona alsó részébe rak. Rendszerint több váltófészke is van. Számos esetben a lomborona szintben és az alatt mozog, a kedvező fészkekre szállás érdekében fészket gyakran építi nyiladékok és erdőszegély közelébe (Haraszthy 2000; Bagyura 2021).

Az uráli bagoly (*Strix uralensis*) nappal is aktív, nagytestű bagolyfajunk (5.1.-13. ábra). Főként az Északi-középhegység bükköseiben találkozhatunk egy-egy példányával, de más erdőtípusokban is előfordul. Leginkább középkorú és idősebb faállományokban fészkel. Ott, ahol rendelkezésre áll, nagyobb természetes odúban, törzsüregben költ. Természetes öreg bükkösben vastag bükkcsont tetején kialakult üregben is költ (5.1.-14. ábra). Nagy odvak, üregek hiányában ragadozómadarak, holló vagy a feketegolyó gallyfészket is elfoglalhatja. Megfelelő élőhelyen törzscsont bekorhadt törzsüregét imitáló mesterséges odúval is megtelepíthető (Firmánszky 2014; Mátics 2021). Költését veszélyeztetheti a fészkelés közvetlen zavarása fakitermeléssel, más emberi tevékenységgel, továbbá a fészkelőhelyet (100 m-es sugarú körben) körülvevő faállomány szerkezetének jelentős megváltoztatása, letermelése.



5.1.-13. és 5.1-14. ábra. Az uráli bagoly tollazatának színe és mintázata jól beleolvad a természetes háttérbe. A nagyméretű bükkfa csont az öreg, természetes bükkösök jellegzetessége, ami menedéket és szaporodóhelyet nyújt nagyobb testű másodlagos odúlakó gerinces állatoknak, így az uráli bagolynak is (Fotó: Kovács András – balra; Frank Tamás – jobbra)

A holló (*Corvus corax*) széles körben elterjedt Magyarországon, de elsősorban a dombvidékek és középhegységek költő madara (5.1.-15. ábra). Kisebb számban síkvidégeinken is fészkel. Amellett, hogy számos faállománytípusban költhet, a középhegységeinkben a bükkösök jellegzetes fészkelő madaraként ismert. Az idős bükk faállományban különösen tél végén, kora tavasszal gyakorta messziről hallani jellegzetes korrogását. Itt általában nagyobb bükkfák koronájába építi fészket, amit később más fajok (pl. uráli bagoly, egerészölyv) is elfoglalhatnak (5.1.-16. ábra). Egész évben megfigyelhető élőhelyén (Nagy 2021). A fészkelőhelyért zavarást, leginkább költési időszakban, vagy a fészkelőhely állapotának megváltoztatását, letermelését nem tolerálja. Számára is szükséges biztosítani a nyugodt fészkelőhelyet a költési időszakban, és általában a költőhely megtartását a fakitermelések során.



5.1.-15. ábra. A holló korrogása az idős bükkerdőkhoz tartozó természetes „alkotóelem”
(Fotó: Kovács András)



5.1.-16. ábra: Urali bagoly fiókák elhagyott hollófészkekben, egy méretes bükkön
(Fotó: Frank Tamás)

A fekete gólya (*Ciconia nigra*) több erdészeti nagytájunk bükkösében is megtelepszik. Fészkelőhelyét leginkább a táplálkozó területek elhelyezkedése, a nyugodt, emberi zavarástól mentes, a méretes, nagykoronájú fákat is magába foglaló idősebb, változatosabb koronazáródású faállományok előfordulása határozza meg. Így különösen alkalmasak számára a domb- és hegyvidégeinken a kevésbé, vagy egyáltalán fel nem tárt, zavartalan völgyekben, vagy északias kitétséggű hajlatokban (lápákban) kialakult extrazonális bükkösök (5.1.-17. ábra). Egy zempléni vizsgálat szerint az akkor ismert fekete gólyafészkek (24 fészek) több, mint 40%-a bükkösben, vagy bükk elegyes lombos állományban bükkfára épült (Frank & Szegedi 2002).

A császármadár (*Tetrastes bonasia*) többféle erdőtípusban is előfordulhat, ha azt változatosabb szerkezetű, többszintes, cserjével és aljnövényzettel is rendelkező, elegyes faállomány jellemzi. Az ilyen változatosabb szerkezetű, üdétől a nedves vízgazdálkodási fokú bükkös faállományok különösen alkalmas élőhelyek lehetnek az Északi-középhegység néhány pontján még megmaradt madarak számára (Kalotás 2014; Pongrácz & Horváth 2016). Ezek további megmaradásához, esetleg állományuk kisebb növekedéséhez a vaddisznóállomány időleges



5.1.-17. ábra. Fekete gólya jellegzetes elhelyezkedésű fészke bükkfa kinyúló oldalán (Fotó: Szmorad Ferenc)

visszaszorulása mellett a folyamatos erdőborítást fenntartó, kíméleti területeket is magába foglaló örökerdők terjedése jelentősen hozzájárulhat. Ezeknek az örökerdőknek változatosabb erdőszerkezetet, elegyesebb fafajösszetételt, többféle mikroélőhelyet (pl. nagyobb méretű fekvő holtfák, páfrányok = búvóhely) kellene biztosítaniuk, illetve a változatosabb záródásviszonyok kialakításával lehetővé tenni az aljnövényzet és cserjék megtelepedését, ezáltal több táplálékforrás megjelenését.

Bükköseinkhez jellegzetes odúlakó (odúkészítő és másodlagos odúlakó) madárfajok is kötődnek. Mivel a bükk fája a tölgyekéhez közel hasonló keménységű, az odúkészítő harkályok főként a holt vagy korhadó fába vésik odúikat (5.1.-18. ábra). A harkályok jelenlétéről az odúk mellett, holtfa törzseken megfigyelhető, finomabb mintázatú, táplálékkereső vésésnyomok is árulkodnak (5.1.-19. ábra). A másodlagos odúlakók (amik odút nem készítenek) főként a holtfák, illetve az élő fák törései, sebzéseik, ághelyek nyomán képződött üregeitől, odvaitól, illetve az odúkészítők elhagyott odúitól függenek. Az erdőgazdálkodással érintett erdőkben jelentős részben a harkályok által készített odúk biztosítják a másodlagos odúlakók számára a megfelelő szaporodó és pihenőhelyet, mert az odúkészítők által vésett odúk gyorsabban és gyakrabban alakulhatnak ki gazdasági célból kezelt erdőkben, mint a törések, sebzések, vagy nagy ághelyek nyomán bekorhadt üregek, miután a sérült fák szinte mindig eltávolításra kerülnek a faállományból. Emiatt az odúk, üregek kialakulásában az abiotikus hatásoknak leginkább a természetes, illetve a gazdálkodás alól kivont erdőkben van nagyobb szerepe (Basile 2020; Bütler 2020).



5.1.-18. ábra. Álló bükk holtfa harkályok véste táplálkozó üregekkel, odúkkal (Fotó: Csóka György)

5.1.-19. ábra. Jellegzetes, többé-kevésbé szabályos mintázat kiszáradt bükkfa törzsén, ami szúfajok lárvái után kutató harkály vésésnyoma. Két harkályunk, a fehérhátú fakopáncs és a fekete harkály is hasonló mintázatot hagy maga után mikor ezek után a szaproxilofág bogarak után kutat (Fotó: Csóka György)

latív aránya meghatározó volt az ún. otthonterület (élettevékenysége során használt élőhely) választásában. A fehérhátú fakopáncs territóriumában a fekvő holtfa átlagos mennyisége szignifikánsan magasabb volt, mint a territóriumon kívül (Szekeres 2012). Állandó harkályunk, táplálékát főként holtfában fejlődő, nagy méretű cincérlárvák teszik ki, emellett költőodújának készítéséhez is preferálja az olyan faegyedeket, amelyek kérgén már megjelentek a korhasztó gombák termőestei (Gorman 2004; Ónodi & Winkler 2014).

A hamvas küllő (*Picus canus*) élőhelyként a domb- és hegyvidéki idős, tisztásokkal tarkított kisebb záródású elegyes lombterületeket – a leggyakrabban bükkösöket – részesíti előnyben (Németh & Szentirmai 2009). Általában elhagyott odúakban költ, amennyiben maga készíti odúját, akkor puhafájú fafajokat (pl. bibircses nyír) választ, vagy idős bükk egyedeket, puhább, korhadat belső részekkel (Gorman 2019; Gorman et al. 2022a). Szintén állandó harkályfajunk, ezért az egész évben használt otthonterülete 1000 ha-tól (hímek

Hazánk legritkább, fokozottan védett harkályfaja, a fehérhátú fakopáncs (*Dendrocopos leucotos*), amely erősen kötődik középhegységi bükköseinkhez, és a jó természetességi állapotú bükkösök nem túl gyakori karakterfaja. Az olyan természetszerű, idős bükkösökben telepszik meg, ahol nagy mennyiségben (>20 m³/ha) található fekvő- és álló holtfa (Schmidt 2000; Zölei & Selmeczi-Kovács 2016; Gorman et al. 2022b). Egy börszönyi vizsgálat szerint a fehérhátú fakopáncs esetében a nagyobb átlagos fekvő holtfa mennyiség (≥ 16 m³/ha) és a méretes (Ø > 20 cm) fekvő holtfa nagyobb re-

2200 ha-ig (tojók) terjedhet (Zölei & Selmeczi Kovács 2016). Jellemzően hangyaevő faj, a hangyák minden fejlődési alakját, a „hangyatojástól” az imágóig, fogyasztja a talajon élőktől a fában élő fajokig. Azonban étrendje, leginkább évszaktól függően, rendszeresen változik. Számos rovarfaj lárváival, vagy más fejlődési alakjaival is táplálkozik. Különösen a téli hónapokban a leváló kéregtáblák alatt, és a korhadó holtfában élő szaproxil rovarok, azok közül is a lóhangyák – (*Camponotus* spp.) képezik fontos táplálékát (Gorman 2004).

Legnagyobb harkályunk, a fekete harkály (*Dryocopus martius*) (5.1.-20. és 5.1.-21. ábra) bükköseink fontos esernyőfaja, jelenléte sok más állatfaj számára is kulcsfontosságú. Bár mára már egyre szélesebb körben elterjedt, legnagyobb sűrűségben olyan középhegységi bükköseinkben költ, ahol idősebb faegyedeket is talál (Gorman 2004). A nagy keménységű fafajokat, mint amilyen a bükk, még a robosztus fekete harkály is nagy ráfordítással munkálja meg, ezért elsősorban olyan bükkfákban készíti odúját, amelyekben a belső, holt szövetek korhadása már kiterjedt (Zahner et al. 2012). Állandó harkályunk, így egész évben akár 400 ha-os kiterjedésű otthonterületet használ, de fészkelési időben ennél kisebb területen mozog rendszeresen (Zölei & Selmeczi Kovács 2016). Rovarevő, azon belül is legfontosabb táplálékát a lóhangyák (*Camponotus* spp.) jelentik, amiknek fában élő kolóniáit robosztus testfelépítése révén képes kivésni egész évben az élő fák odvas tövéből, elhalt tuskókból, facsonkokból és földön fekvő fatörzsekből (Gorman 2004).



5.1.-20. ábra. A fekete harkályt kulcskő fajnak is nevezik (keystone species, keystone = kulcskő, a boltív középső köve, ami a boltívet összetartja, ennek hiányában a boltív összeomlik), eltűnése más élőlények elvesztését is eredményezné (Fotó: Frank Tamás)

5.1.-21. ábra. A fekete harkály általában méretes, belülről már korhadó bükk törzsbe vési költő odúját, amelyet aztán más odúlakó fajok is használnak (Fotó: Frank Tamás)

A kék galamb (*Columba oenas*) a fekete harkály által vésett odúk egyik fő másodlagos odúlakója, amely az egyetlen odúlakó galambféle hazánkban, s a legritkább is egyben (Czirák 2022). Mivel erősen a fekete harkály által készített odúkra utalt, legnagyobb denzitással a hegyvidéki bükköseinkben költ. Hazai megfigyelések szerint idős, jó természetességi állapotú bükkös erdőtömbben 300 ha-on 5–6 pár is költ, míg más hasonló kiterjedésű, de kevésbé természetes állapotú, idősebb bükkös erdőtömbben legfeljebb 2–3 pár költ. Véghasználat után hagyásfacsoportban, vagy magányosan visszahagyott fészekodvas fáját továbbra is használja költésre (Varga 2000).

Természetszerű bükkösök másik ritka karakterfaja a kis légykapó (*Ficedula parva*), főként az idősebb, természetsszerű középhegységi bükkösökben, gyertyános-bükkösökben költ (Halmos et al. 2022). Élőhelyválasztásában fontos szerepet játszanak a kis vízfolyások is, hazai felmérések alapján a költőhelyek túlnyomó része állandó vizű patakok völgyének oldalában található (Németh 2000). A kis légykapó fészket rendszerint a fák letört ágainak helyén, korhadás során keletkezett üregekben készíti (Schmidt 1998). Hazai állománya

az utóbbi évtizedekben jelentős mértékben lecsökkent, amihez a középhegységi patakok vízhiánya, valamint az idős bükkösöket érintő véghasználatok, az idős, korhadó egyedek, holtfák állományból való eltávolítása – s ezáltal a megfelelő költőüregek hiánya – is minden bizonnyal hozzájárult (Zölei & Selmeczi-Kovács 2016).

Az örvös légykapó (*Ficedula albicollis*) (5.1.-22. ábra) szintén kötődik az idős, holtfában, valamint üregekben és odvakban gazdag lombdökhöz (Ónodi & Winkler 2014), legnagyobb sűrűségben a középhegységi gyertyános-tölgyesekben és bükkösökben fészkel (Moskát & Székely 1986; Nagy 2022). Korlátozott számú fészkelőhely (odvas fák hiánya) esetén a légykapók heves harcot vívnak egy-egy odúért a széncinegékkel (*Parus major*) (Török 2000).

A kevésbé zárt felső lombkoronaszintű, idős bükk szálerdők a ma már túlnyomórészt települési környezetben előforduló sarlósfecske (*Apus apus*) eredeti, természetes élőhelyei közé tartoznak. Szinte az egész életét a levegőben töltő madár másodlagos odúlakó, miután a természetes bükkös élőhelyein magasan lévő faodúban (pl. elhagyott fekete harkály odúban) költ, általában csoportosan (Brehm 1902; Solti 1991; Pellinger 2000).

Az itt ismertetett madárfajok mellett a bükkösök más élőlénycsoportjainak megmaradását is általában az segítheti hosszútávon leginkább, ha a gazdálkodás alatt álló bükkös állományokat folyamatos erdőborítást biztosító örökerdőként kezeljük. Az örökerdők tömbjében a biodiverzitás tudatos megőrzése jegyében pedig habitat-fákat és kisebb-nagyobb kíméleti területeket szükséges kijelölni, mindezt a már meglévő faanyag-termelést nem szolgáló üzemmódú erdőkön kívül.

Kétéltűek és hullók

Harmos Krisztián

Magyarország herpetofaunájában sem ismerünk a bükkös erdőtípusokhoz kizárólagosan kötődő, a bükkösökre specializálódott fajt. Ugyanakkor, kétéltűink közül több faj elterjedése nagymértékben egyezik a bükk hazai elterjedésével, és állományaik jelentős része bükkösökben vagy bükkösök helyén létrejött másodlagos élőhelyeken található meg. E fajok populációinak megőrzésében kiemelt szerepet játszik bükköseink természetességi állapotának fenntartása, javítása. A hazai hullófauna képviselői közül egy sem mutat a bükkösökkel hasonló kapcsolatot, de egyes fajok élőhelyeinek biztosításában ezek az erdők is szerepet játszanak.

A bükkös erdőtípusok hegy- és dombvidéki állományainak talán legismertebb kétéltűfaja a foltos szalamandra (*Salamandra salamandra*) (5.1.-23. ábra).



5.1.-22. ábra. Az örvös légykapó gyakran az énekével hívja fel magára a figyelmet (Fotó: Frank Tamás)



5.1.-23. ábra. A foltos szalamandra szaporodásához a zártabb erdők árnyékolt vizeit részesíti előnyben (Fotó: Harmos Krisztián)

A hazai előfordulásait összefoglaló munka (Vörös et al. 2010) az Alpokalján, az Északi-középhegységben, valamint a Dunántúli-középhegység északkeleti részén is a bükk előfordulásával lefedett területeken jelzi a faj aktuális jelenlétét. Szaporodóhelyei fenti munka szerint elsősorban a bükkösökben, gyertyános–tölgyesekben előforduló források, csendesebb, kimélyülő patakszakaszok, valamint különböző állóvizek. Élőhely-preferenciája régióként változhat. Míg Dobay és Kiss (2010) a Selmeci-hegységben (Szlovákia) végzett vizsgálatuk során egy gyertyános-tölgyes állomány előnyben részesítését figyelték meg gyertyános-bükkössel szemben, a Mátrában a faj állományának súlypontja a Magas-Mátra bükkösök dominanciájával jellemezhető részeire esik (Harmos & Magos 2021). A bükkös élőhelyek szerepére hívja fel a figyelmet Homolka és Kokeš (1994) csehországi vizsgálata, ahol azt találták, hogy egy bükkös átalakítása lucfenyő monokultúrává a foltos szalamandra állományának jelentős csökkenését okozta.

A bükkösök egy másik farkos kétéltűfaj, az alpesi götte (*Ichthyosaura alpestris*) (5.1.-24. és 5.1.-25. ábra) magyarországi állományainak fenntartásában is fontos szerepet játszanak. Az alpesi götte elterjedési területe a Kárpát-medencében erősen fragmentált; az Őrség-Vendvidék és a Zempléni-hegység állományai a folytonosan elterjedt alpesi és kárpáti populációk perempopulációinak tekinthetők, míg a Bakony, a Mátra és a Bükk populációi földrajzi izolátumot képviselnek. A bakonyi és őrségi állomány genetikailag is különbözik a többitől, *bakonyiensis* néven önálló alfajként tartják őket nyilván (Vörös et al. 2021). A hazai állományok elsősorban bükkösökben fordulnak elő (Kiss et al. 2006), preferenciát mutatva a magasabb régiók montán jellegű erdei felé (Tóth 2015; Harmos & Magos 2021).



5.1.-24. és 5.1.-25. ábra. Az alpesi götte (balra a hím, jobbra a nőstény) hegyvidéki bükköseink vizes élőhelyeinek jellemző faja (Fotó: Harmos Krisztián)



5.1.-26. ábra. A sárgahasú unka főként a magasabb fekvésű erdős területek benapozott vizeiben szaporodik (Fotó: Harmos Krisztián)

A sárgahasú unka (*Bombina variegata*) (5.1.-26. ábra) elterjedését hazánkban szintén hegyvidéki túlsúly jellemzi, jelentős átfedésben az előző faj areájával, azonban alacsonyabb fekvésű hegylábi és dombvidéki erdős területeken is számos helyen ismert előfordulása. A vöröshasú unkával (*Bombina bombina*) fellépő hibridizációja (Vörös & Major 2007) elősegíti a kevert állományok alacsonyabb térszíneken történő megtelepedését. Hegyvidéki állományai előnyben részesítik a bükkösökben található, jól benapozott kisebb vizeket, főként a bükkösöket átvágó erdőgazdasági utak keréknyomait, árkait (5.1.-27. ábra).

Középhegységi erdeink gyakori kétéltűfaja a gyepe béka (*Rana temporaria*), amely előfordulási helye-

in a magasabb régiókban átveszi a domináns szerepet az erdős területeken szintén gyakori erdei békától (*Rana dalmatina*). Így az Északi-középhegység, a Pilis és az Alpokalja bükköseiben, különösen patak völgyek környezetében nagy egyedszámú állományai élnek. Szaporodóhelyét a bükkös régióban és annak közelében, szinte bármilyen állóvízben (5.1.-28. ábra), de hegyi patakok lecsendesedő szakaszain is megtalálja.



5.1.-27. ábra. A bükkösöket átszelő földutak pocsolyái fontos hegyvidéki kétéltű-szaporodóhelyek. Gyors kiszáradásuk, illetve a víz elvezetése esetén azonban ökológiai csapdává is válhatnak (Fotó: Harmos Krisztián)



5.1.-28. ábra. Vizes élőhely bükkös tisztásán, amely valamennyi hegyvidéki kétéltűfajunk számára kedvező szaporodóhelyet biztosít (Fotó: Harmos Krisztián)

Természetesen számos olyan kétéltűfaj is szaporodik a hazai bükkösökben található vízi és vizes élőhelyeken, melyek nem mutatnak preferenciát a hegyvidéki élőhelyek (így a szubmontán és montán bükkösök) felé. Extrém példaként a kifejezetten síkvidéki fajként számon tartott dunai tarajosgötte (*Triturus dobrogicus*) 610 méter tszf.-i magasságú, bükkösökkel körülvett szaporodóhelyét említhetjük a Magas-Mátrából (Harmos & Magos 2021).

A bükkösök zárt állományaiban található vízterek jellemzően árnyékoltak. Bár a hazai kétéltűek többsége a benapozott szaporodóhelyeket részesíti előnyben, az alpesi götte és a gyepi béka a zártabb állományokban található, leárnyékolt vízterekben is sikeresen szaporodik. A foltos szalamandra pedig kifejezetten a vízfolyások zárt lombkoronaszint alatti szakaszait, illetve az árnyékos forrásmedencéket, kis állóvizeket preferálja.

A bükkösökben szaporodó kétéltű-populációk szárazföldi élőhelye, illetve telelőhelye – bár erre célzott hazai vizsgálatok nem folytak – a megfigyelések szerint gyakran a környező erdőállományokban található. A kisebb vándorlási sugarú farkos kétéltűek, illetve a vizet csak kiszáradáskor vagy telelési célból elhagyó unkákat esetén a szaporodóhelyeket körülvevő erdőállományok különösen fontos szerepet játszanak.

A magyarországi hüllőfaunában nem ismerünk a bükkösökhöz kötődő vagy azokat előnyben részesítő fajokat. Legjellemzőbb talán a két lábatlangyík faj (a Dunántúlon az *Anguis fragilis*, a Dunától keletre az *A. colchica*) előfordulása. Ezek a fajok preferálják a jobb vízellátottságú erdőket, de főként a kevésbé zárt foltokon (tisztásokon, szegélyeken) találkozhatunk velük. Ez még inkább jellemző a többi, bükkösökben is előforduló hüllőre; így a fali gyík (*Podarcis muralis*) gyakori lehet a nyíltabb, sziklás állományrészekben, illetve a bükkösöket átszelő földutak mentén, és főként ilyen helyeken jelenik meg az erdei sikló (*Zamenis longissimus*) és a rézsikló (*Coronella austriaca*) is. Bükkösökben található kétéltű-szaporodóhelyeken rendszeresen megjelennek a vízisikló (*Natrix natrix*) kétéltűekre vadászó egyedek, és stabilabb vízforgalmú erdei tavakon tartósan is megtelepednek (5.1.-29. ábra).

A gyakran bükkössel borított kőzetkibukkanásos hegyoldalak, ahol sok felszín alatti és fölötti sziklaüregek kínál búvóhelyet, sok esetben a siklófajok, illetve a foltos szalamandra telelőhelyeként szolgálnak.

Az erdők természetességének szerepét a hazai herpetofaunát érintően, a holtfa vonatkozásában Rendes és Velekei (2014), az erdőgazdálkodás egyéb hatásait is számba véve Halpern és Harmos (2016) foglalta

össze. A bükkösökben élő kétéltű- és hüllőfajok életfeltételeit nagymértékben meghatározza a holtfa (különösen a fekvő holtfa) mennyisége és minősége, a vertikális színteztettség mértéke (különösen a talaj- és az avarszint állapota), a szintek záródottsága. A kétéltűek szempontjából kulcsfontosságú az erdő vízmegtartó képessége, a hüllők előfordulását a nyíltabb élőhelyfoltok (tisztások, szegélyek) megléte befolyásolja. A folyamatos erdőborítást biztosító üzemmódok alkalmazása, az élőhelyszerkezeti elemek változatosságának biztosítása, egyes mikroélőhelyek (erdei állóvizek és vízfolyások, sziklás területek) zavartalanságának biztosítása kedvezően érinti a bükkösök herpetofaunáját.



5.1.-29. ábra. Gyepi békára támadó fiatal vízisikló egy bükkös kis tavában (Fotó: Harmos Krisztián)

Irodalom

- Ancillotto L., Rummo R., Agostinetti G., Tommasi N., Garonna A.P., de Benedetta F., Bernardo U., Galimberti A. & Russo D. 2022: Bats as suppressors of agroforestry pests in beech forests. – *Forest Ecology and Management* 522(120467): 1–7.
- Bakó B.Z. 2016: A magyarországi pelefajok élőhelyigénye az erdőgazdálkodás tükrében. – In: Korda M. (szerk.): Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 323–342.
- Basile M., Asbeck T., Pacioni C., Mikusiński G. & Storch I. 2020: Woodpecker cavity establishment in managed forests: relative rather than absolute tree size matters. – *Wildlife Biology* 1: 1–9.
- Beilke E.A. & O’Keefe J.M. 2022: Bats reduce insect density and defoliation in temperate forests: An exclusion experiment. – *Ecology* 104(2): <https://doi.org/10.1002/ecy.3903>
- Bihari Z., Csorba G. & Heltai M. (szerk.) 2007: Magyarország emlőseinek atlasza. – Kossuth Kiadó, Budapest, 360 pp.
- Brainerd S.M., Helldin J.-O., Lindstrom E. R., Rolstad E., Rolstad J. & Storch I. 1995: Pine Marten (*Martes martes*) selection of resting and denning sites in Scandinavian managed forests. – *Annales Zoologici Fennici* 32: 151–157.
- Brehm A. 1902: Az állatok világa. Madarak – Első kötet. – Légrády Testvérek, Budapest, 701 pp.
- Bütler R., Lachat T., Krumm F., Kraus D. & Larrieu L. 2020: Field Guide to Tree-related Microhabitats. Descriptions and size limits for their inventory. – Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, Birmensdorf, 59 pp.
- Celuch M. & Kropil R. 2008: Bats in a Carpathian beech-oak forest (Central Europe): habitat use, foraging assemblages and activity patterns. – *Folia Zoologica* 57(4): 358–372.
- Czirák Z. 2022: Kék galamb. In: Szép T., Csörgő T., Halmos G., Lovászi P., Nagy K. & Schmidt A. (szerk.): Magyarország madáratlasza. 2., javított és kiegészített kiadás. – Agrárminisztérium, Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest, pp. 159–161.
- Dietz C. & Kiefer A. 2016: Bats of Britain and Europe. – Bloomsbury Publishing, United Kingdom, 400 pp.
- Dobay G. & Kiss I. 2010: A foltos szalamandra (*Salamandra salamandra* L.) populációbiológiai vizsgálata a Selmeci-hegységben (Szlovákia). – *Állattani Közlemények* 95(2): 165–177.
- Dobrosi D. 2017: A holtfa és egyéb erdőökológiai tényezők jelentősége a denevérek számára. – *Erdészettudományi Közlemények* 7(2): 135–154.
- Estók P. 2011: Present status of a rare bat species, *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780) in Hungary. – *Hystrix - Italian Journal of Mammalogy* 22(1): 99–104.
- Firmánszky G. 2014: Uráli bagoly *Strix uralensis* Pallas, 1771. In: Haraszthy L. (szerk.): Natura 2000 fajok és élőhelyek Magyarországon. – Pro Vértes Közalapítvány, Csákvár, pp. 627–628.
- Firmánszky G. & Béres I. 2021: Szirti sas. In: Szép T., Csörgő T., Halmos G., Lovászi P., Nagy K. & Schmidt A. (szerk.): Magyarország madáratlasza. – Agrárminisztérium, Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest, p. 364.
- Frank T. & Szegedi Zs. 2002: Fekete gólya a zempléni erdőkben. – Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület Zempléni Helyi Csoportja, Boldogkőújfalva, 32 pp.

- Gorman G. 2004: Woodpeckers of Europe: a study of the European Picidae. – Bruce Coleman Publishing, 192 pp.
- Gorman G. 2019: Characteristics of Grey-headed Woodpecker (*Picus canus*) cavities in Hungary. – *Aquila* 126: 33–39.
- Gorman G., Komlós M., Ónodi G. & Schmidt A. 2022a: Hamvas küllő. In: Szép T., Csörgő T., Halmos G., Lovászi P., Nagy K. & Schmidt A. (szerk.): Magyarország madáratlasza. 2., javított és kiegészített kiadás. – Agrárminisztérium, Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest, pp. 435–437.
- Gorman G., Komlós M., Ónodi G. & Schmidt A. 2022b: Fehérhátú fakopáncs. In: Szép T., Csörgő T., Halmos G., Lovászi P., Nagy K. & Schmidt A. (szerk.): Magyarország madáratlasza. 2., javított és kiegészített kiadás. – Agrárminisztérium, Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest, pp. 428–429.
- Halmos G., Csörgő T. & Nagy K. 2022: Kis légykapó. In: Szép T., Csörgő T., Halmos G., Lovászi P., Nagy K. & Schmidt A. (szerk.): Magyarország madáratlasza. 2., javított és kiegészített kiadás. – Agrárminisztérium, Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest, pp. 629–630.
- Halpern B. & Harnos K. 2016: Az erdőgazdálkodási gyakorlat hatása közösségi jelentőségű kételtű- és hullófajokra. In: Korda M. (szerk.): Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére. – Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 243–258.
- Haraszthy L. 2000: Héja. In: Haraszthy L. (szerk.): Magyarország madarai, 2. javított kiadás. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 85–86.
- Harnos K. & Magos G. 2021: Bombina. Kételtűek és hullók védelme a Mátrában. – Bükki Nemzeti Park Igazgatóság, Eger, 200 pp.
- Homolka M. & Kokeš J. 1994: Effect of air pollution and forestry practice on the range and abundance of *Salamandra salamandra*. – *Folia Zoologica* 43: 49–56.
- Kalotás Zs. 2014: Császármadár, *Bonasa bonasia* Linnaeus, 1758. In: Haraszthy L. (szerk.): Natura 2000 fajok és élőhelyek Magyarországon. – Pro Vértes Közalapítvány, Csákvár, pp. 495–497.
- Kiss I., Dankovics R., Firmánszky G., Molnár P. & Szitta T. 2006: KvVM Természetvédelmi Hivatal Fajmegőrzési tervek. Alpesi göte (*Triturus alpestris*). – Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Természetvédelmi Hivatal, 23 pp.
- Kortmann M., Hurst J., Brinkmann R., Heurich M., Silveyra González R., Müller J. & Thorn S. 2018: Beauty and the beast: how a bat utilizes forests shaped by outbreaks of an insect pest. – *Animal Conservation* 21: 21–30.
- Lanszki J. 2003: Ragadozó emlősök és táplálkozás-ökológiájuk. – Oktatási segédanyag, Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, 100 pp.
- Lanszki J. & Heltai M. 2007: Nyuszt – *Martes martes* (Linnaeus, 1758). In: Bihari Z., Csorba G. & Heltai M. (szerk.): Magyarország emlőseinek atlasza. – Kossuth Kiadó, Budapest, pp. 239–240.
- Mátics E. 2021: Uráli bagoly. In: Szép T., Csörgő T., Halmos G., Lovászi P., Nagy K. & Schmidt A. (szerk.): Magyarország madáratlasza. – Agrárminisztérium, Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest, pp. 395–396.
- Moskát Cs. & Székely T. 1986: Bükkerdei madárközösségek szukcessziója. In: Molnár Gy. (szerk.): MME II. Tudományos Ülése. – Szeged, pp. 137–142.
- Nagy G.G. 2021: Holló. In: Szép T., Csörgő T., Halmos G., Lovászi P., Nagy K. & Schmidt A. (szerk.): Magyarország madáratlasza. – Agrárminisztérium, Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest, pp. 483–485.
- Nagy G.G. 2022: Örvös légykapó. In: Szép T., Csörgő T., Halmos G., Lovászi P., Nagy K. & Schmidt A. (szerk.): Magyarország madáratlasza. 2., javított és kiegészített kiadás. – Agrárminisztérium, Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest, pp. 631–633.
- Németh Cs. 2000: A kis légykapó (*Ficedula parva*) élőhelyválasztása a Kőszegi-hegységben. – *Ornis Hungarica* 10: 79–85.
- Németh T.M. & Szentirmai I. 2009: A hamvas küllő (*Picus canus*) élőhelyválasztása az Őrségi Nemzeti Park területén. – Magyar Ökológus Kongresszus, előadások és poszterek összefoglalói, Szeged, p. 164.
- OVA 1960–2020: Országos Vadgazdálkodási Adattár (1960–2020. évek adatai). – <http://www.ova.info.hu>
- Pongrácz Á. & Horváth M. 2016: Javaslatok a fokozottan védett nagytestű madárfajok erdei fészkelőhelyeinek védelmére. In: Korda M. (szerk.): Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére. – Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 259–280.
- Rendes N. & Velekei B. 2014: Kételtűek, hullók és a holtfa. In: Csóka Gy. & Lakatos F. (szerk.): A holtfa. – *Silva naturalis* Vol. 4., Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 119–122.
- Russo D., Cistrone L., Jones G. & Mazzoleni S. 2004: Roost selection by barbastelle bats (*Barbastella barbastellus*, Chiroptera: Vespertilionidae) in beech woodlands of central Italy: consequences for conservation. – *Biological Conservation* 117: 73–81.
- Schmidt A. 2000: Fehérhátú fakopáncs (*Dendrocopos leucotos*) állományfelmérése a Börzsönyben. – *Tűzok* 5: 93–96.
- Schmidt E. 1998: Kis légykapó. In: Haraszthy L. (szerk.): Magyarország madarai. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 324–325.

- Solti B. 1991: Sarlósfecskék (*Apus apus* (L.)) költése a Mátrában, faodvakban. – *Folia historico-naturalia Musei Matraensis* 16: 105–108.
- Szekeres P. 2012: Fehérhátú fakopáncs (*Dendrocopos leucotos*) élőhely-választásának geoinformatikai alapú vizsgálata a Börzsönyben. – Diplomamunka, Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Sopron, 45 pp.
- Szell Z., Casulli A., Tolnai Z., Pozio E. & Sréter T. 2015: Spatial distribution of *Echinococcus multilocularis* in Hungary. – *Magyar Állatorvosok Lapja* 137(7): 415–426.
- Topál Gy. 1969: Denevérek. Chiroptera. – *Magyarország állatvilága / Fauna Hungariae* 93. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 81 pp.
- Tóth S. 2015: A Bakony-vidék és a Balaton-medence herpetofaunája (Amphibia – Reptilia). A Bakony természettudományi kutatásának eredményei 34. – *Magyar Természettudományi Múzeum Bakonyi Természettudományi Múzeuma*, Zirc, 236 pp.
- Török J. 2000: Örvös légykapó. In: Haraszthy L. (szerk.): *Magyarország madarai*, 2. javított kiadás. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 325–327.
- Varga F. 2000: Kék galamb. In: Haraszthy L. (szerk.): *Magyarország madarai*, 2. javított kiadás. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 204–205.
- Vörös J., Dankovics R., Harnos K., Dobay G. & Kiss I. 2010: A foltos szalamandra (*Salamandra salamandra*) előfordulása és természetvédelmi helyzete Magyarországon. – *Állattani Közlemények* 95(1): 121–149.
- Vörös J. & Major Á. 2007: Kételtű-populációk földrajzi szerkezete a Kárpát-medencében. In: Forró L. (szerk.): *A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása*. – Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 269–281.
- Vörös J., Varga Z., Martínez-Solano I. & Szabó K. 2021: Mitochondrial DNA diversity of the alpine newt (*Ichthyosaura alpestris*) in the Carpathian Basin: Evidence for multiple cryptic lineages associated with Pleistocene refugia. – *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 67(2): 177–197.
- Zahner V., Sikora L. & Pasinelli G. 2012: Heart rot as a key factor for cavity tree selection in the black woodpecker. – *Forest Ecology and Management* 271: 98–103.
- Zölei A. & Selmeczi Kovács Á. 2016: Erdei élőhelyek madárvilágának helyzete és kezelési javaslatok – különös tekintettel a közösségi jelentőségű fajokra. In: Korda M. (szerk.): *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*. – Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 281–310.



5.1.-30. és 5.1.-31. ábra. A bükk időnként előforduló erőteljes felszíni gyökérrendszere, illetve strukturált gyökérfője kiváló bújóhelye lehet kételtűeknek, hullőknek és kisemlősöknek is (Fotó: Tóth Sándor és Csóka György)

5.2. A bükk és a bükkösök ízeltlábú faunája

Kennedy és Southwood (1984) Nagy-Britanniából 94, Altenkirch (1986) Németországból 96, Csóka (1997a) Magyarországról 147 bükkhöz kötődő herbivor rovarfajt említ. Ezek természetesen nem „köbevésett” számok, arra azonban mindenképpen alkalmasak, hogy a bükkön élő növényevő rovarok fajgazdagságát összehasonlíthassuk más fanemzetségek hasonló adataival. Eszerint ezek a fajszámok (országától függően) a tölgy- és fűzfajokat fogyasztó rovarok számának negyedét-felét teszik ki. A fajszámokat mindhárom országban nagyobb részt a poli- és oligofág fajok adják, kisebb számban azonban monofág, csak bükkön élő fajok is ismertek. Ebben a fejezetben – elsősorban a „karakterfajokra” fókuszálva – tömör áttekintést adunk a bükkösök herbivor ízeltlábú-együtteséről. Nem célunk teljességre törekvő fajlista összeállítása, inkább a főbb funkcionális csoportokat, illetve az azokban szerepet játszó fajokat igyekszünk bemutatni. Az erdővédelmi szempontból fontosnak ítélt, tömeges fajok jelentőségét, hatásait nem itt, hanem a »7.2. fejezetben, a Biotikus tényezők című alfejezetben« részletezzük. A herbivor rovarok mellett természetesen más ízeltlábú csoportokat (szaproxilofágok, mikofágok, ragadozók, illetve pókok) is érintünk ebben a fejezetben.

A bükk lombfogyasztói

Csóka György, Tuba Katalin, Gáspár Csaba és Hirka Anikó

A magyar faunából eddig három gubacsatkafajt (Trombidiformes: Eriophyidae) mutattak ki bükkön. Az *Acalitus stenaspis* levélszélsoodródást, az *Aceria nervisequa* a levél színén és fonákán húzódó ereken „erineumot”, azaz sűrű, nemezserű bevonatot okoz (5.2.-1. ábra), míg a *Cheiracus ornatus* a levélfonákon szabadon vagy más faj gubacsában él (Farkas 1966; Ripka 2020). Az *Acalitus plicans* ugyan nem szerepel a hazai faunalistákban, de előfordulása valószínűsíthető. Ugyanez a helyzet a bükk takácsatkával (*Eotetranychus fagi*) is. Biztonsággal állítható, hogy a közeljövőben, célirányos kereséssel mindkét faj elő fog kerülni hazánkból is.

Skuhravá és Skuhravy (2021) a bükkről öt, levélen, illetve rügyben élő gubacsszúnyogfajt (Diptera: Cecidomyiidae) említ. Közülük kettő, a bükk-gubacsszúnyog (*Mikiola fagi*) és a szőrös bükk-gubacsszúnyog (*Hartigiola annulipes*) a gyakoribb (Csóka 1997b). Jelenlegi ismereteink szerint mindkét faj egynemzedékes. A *M. fagi* a levélfelszínen hegyes, tojás alakú, sima felületű gubacsokat okoz, amelyek belsejében egy-egy sárgásfehér lárva fejlődik (5.2.-2. és 5.2.-3. ábra). Skuhravá és Thuróczy (2007) a faj két lárva parazitoitóját említik, amelyek közül az egyik (*Torymus fagineus*) monofág, azaz közvetve maga is obligát módon kötődik a bükkhöz.

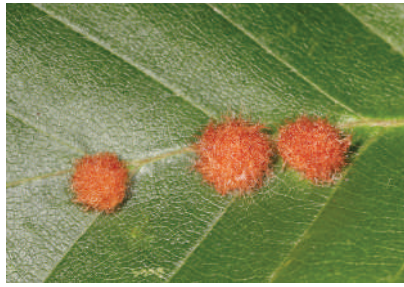


5.2.-1. ábra. Az *Aceria nervisequa* gubacsatka a levél felszínén, az erek mentén okoz sűrű, nemezserű bevonatot (Fotó: Csóka György)



5.2.-2. és 5.2.-3. ábra. A *Mikiola fagi* levélfelszíni fényes, sima gubacsai és a gubacs belsejében magányosan fejlődő lárva (Fotók: Csóka György)

A gubacsok tömeges jelenléte elsősorban kisebb fák, vadragott fiatalosokban, sarjakon feltűnő, ugyanakkor Kampichler és Teschner (2002) szerint a faj egyértelműen az idősebb fák koronájának legfelsőbb szintjeit preferálja. A kevésbé gyakori *H. annulipes* szintén elterjedt, a levélfelületen kisebb, maximum 4–6 mm magas és 2–3 mm átmérőjű, vörös szőrzettel borított gubacsokat okoz (5.2.-4. ábra).



5.2.-4. ábra. A *Hartigiola annulipes* levélfelületi szőrös gubacsai (Fotó: Csóka György)



5.2.-5. ábra. A *Hartigiola elleni* „hiperszenzitív” növényi védekezés jelensége bükklevélen. A baloldali gubacs még ki tudott fejlődni, a másik kettő már nem (Fotó: Csóka György)

Mindkét említett gubacsszúnyog faj esetén időnként megfigyelhető a bükk ún. „hiperszenzitív” védekezése. Ennek lényege, hogy a növény feláldozza a gubacs vagy az akna körüli szöveteket, hogy ezzel lassítsa, illetve megakadályozza a herbivor kifejlődését (5.2.-5. ábra). Ilyen jellegű védekezés több fásszárú fajon is megfigyelhető, de természetesen csak szesszilisz (helyhez kötötten fejlődő) fajok (gubacsokozók, levélaknázók) esetében lehet hatásos.

A bükk levelein gubacsokat képző fajok mindegyike szigorúan monofág, a levélaknázók többsége szintén, de közöttük oligofág fajok is vannak. A bükk areájával átfedő elterjedésű kétnemzedékes bükklevél-sátorosmoly (*Phyllonorycter maestingella*) a levélfonákon, az erek között, vagy a levél szegélyén képez aknákat, amelyekben egy-egy sárgás színű lárva fejlődik (Csóka 2003). A szintén kétnemzedékes bükkaknázó törpemoly (*Stigmella hemargyrella*) (5.2.-6. ábra) és a bükklevél-törpemoly (*S. tityrella*) a levél felületén készít kígyózó aknákat. Az utóbbi jó példát szolgáltat az ún. „zöld sziget” jelenségre (5.2.-7. ábra).

Ennek lényege, hogy a faj második nemzedékének lárvái még a lehullott leveleken lévő aknában is folytatják a fejlődést, és képesek az akna körüli szövetrészeket frissen tartani, hogy azok megfelelő táplálékforrást biztosítsanak (Csóka 2003). A fentebb említett specialista aknázómolyok mellett a bükkön számos további lepkesalád lombrágó fajai is fejlődnek. Közülük a teljesség igénye nélkül néhány:



5.2.-6. ábra. A *Stigmella hemargyrella* aknázómoly aknája bükklevélen (Fotó: Csóka György)



5.2.-7. ábra. A „zöld sziget” jelenség – a *Stigmella tityrella* akna környezetében még a levél lehullása után is frissen marad a szövet (Fotó: Csóka György)

Erebidae (Kvadrifid bagolylepkek):

Bükkfa-zöldbagoly (*Pseudoips prasinana*), rozsdabarna kisszövő (*Orgyia antiqua*), apácalepke (*Lymantaria monacha*), gyapjaslepke (*L. dispar*), bükk-gyapjaslepke (*Calliteara pudibunda*). Az utóbbi két fajt – jelentőségük okán – később, a »7.2. fejezetben« részletebben is tárgyaljuk.

Geometridae (Araszolólepkek):

Kis téliaraszoló (*Operophtera brumata*), nagy téliaraszoló (*Erannis defoliaria*), aransárga téliaraszoló (*Agriopsis aurantiaria*), sárgás tavaszaraszoló (*A. marginaria*), tollascsapú araszoló (*Colotois pennaria*), barna csipkésaraszoló (*Odontopera bidentata*), szürkepettyes araszoló (*Biston betularia*), avararaszoló (*Ectropis crepuscularia*). A bükk téliaraszoló (*Operophtera fagata*) (5.2.-8. és 5.2.-9. ábra) hernyói kevésbé polifágok, mint a közelrokon *O. brumata*, de több fajfaj levelein is kifejlődhetnek. A lepkek domb- és

hegyvidéki lombos állományokban – gyakran bükkösökben – októbertől decemberig rajzanak. A két rokonfaj nőstényeinek csak szárnycsonkjai vannak, így röpképtelenek.



5.2.-8. és 5.2.-9. ábra. A bükk téliaraszoló (*Operophtera fagata*) hernyója és csökevényes szárnyú nősténye (Fotó: Csóka György)

Noctuidae (Bagolylepkek):

Mogyoróbagoly (*Colocasia coryli*), változékony őszibagoly (*Conistra vaccinii*), közönséges lombbagoly (*Cosmia trapezina*), változékony fésűsbagoly (*Orthosia incerta*), sárgás fésűsbagoly (*O. miniosa*), közepes fésűsbagoly (*O. stabilis*).

Notodontidae (Púposzövőök):

Sárgafoltos púposzövő (*Phalera bucephala*).

Coleophoridae (Zsákhordómolyfélék):

Fakó zsákosmoly (*Colephora coracipennella*).

Lypusidae (Erdei díszmolyfélék):

A télimoly (*Diurnea lipsiella*) és a szürke tavaszimoly (*D. fagella*) – a bükk mellett más lombos fákön is megél. Az utóbbi, lapjával összeszött két levél között táplálkozó, viszonylagos védettséget élvező hernyója sajátos képességgel bír. Veszély esetén bunkószerűen megvastagodott harmadik pár torlábával kaparászó hangot ad, ami a természetes ellenségek elriasztását szolgálja (Hunter 1987) (5.2.-10. és 5.2.-11. ábra).



5.2.-10. és 5.2.-11. ábra. A *Diurnea fagella* hernyója által összeszött bükklevelek és a faj hernyója, amin jól látszik a hangadásra is alkalmas bunkószerűen megvastagodott harmadik tori láb (Fotók: Csóka György)

Oecophoridae (Díszmolyfélék):

Vastagcsápú díszmoly (*Carcina quercana*).

Tortricidae (Sodrómolyfélék):

Rozsdás levélmoly (*Acleris ferrugana*), tölgyesodró horgasmoly (*Ancylis mitterbacheriana*), dudvarágó sodrómoly (*Archips podana*), kőkényszövő sodrómoly (*A. xylosteana*), *Pandemis*-fajok, tölgyilonca (*Tortrix viridana*).

A bükk karakter-lepkefajai közül talán legjellemzőbb (egyben leglátványosabb is) a T-betűs pávaszem (*Aglia tau*). Az egynemzedékes, tavasszal (április-május) repülő, kifejezetten szép lepkefaj hernyói ugyan más fafaj (pl. tölgyek) leveleit is elfogadják tápnövényül, leggyakrabban azonban bükkleveleket fogyasztanak. Egyébként az imágók rajzása is leginkább bükkösökben zajlik. Védett faj (5.2.-12. és 5.2.-13. ábra). A kétnemzedékes bükk-sarlósszövő (*Watsonalla cultraria*) hernyói monofágok. A vonalas pettyesaraszoló (*Cyclophora linearia*) hernyói tölgyeken és fűzeken is kifejlődnek, fő tápnövé-



5.2.-12. és 5.2.-13. ábra. A bükkösök leglátványosabb megjelenésű karakter-lepkefaja a T-betűs pávaszem (*Aglia tau*). A fiatal hernyón látható tüskék a természetes ellenségek elriasztását szolgálják (Fotók: Csóka György)

nyük azonban a bükk. Mindezek alapján nem meglepő az sem, hogy ezt a három fajt azok az erdészeti fénycsapdák fogták/fogják legnagyobb egyedszámban, amelyek bükkösök közelében működtek/működnek (pl. Diósjenő, Farkasgyepű, Répáshuta, Szentpéterföldre).

A monofág bükk bolhaormányos (*Orchestes fagi*) mellett a friss lombozaton a tölgyekre is jellemző tavaszi polifág lombfogyasztó-együttes számos faja előfordul, bár azokhoz képest általában kevesebb fajjal és kevésbé látványos hatással. A bükk levelein gyakoriak a tavaszi lombormányosok (*Phyllobius*-, *Polydrusus*- és *Strophosoma*-fajok), valamint a levél első feléből szivarszerű sodratot készítő nyírfa-levélsodró (*Deporaus betulae*), illetve a több levelet összesodró szivarsodó eszelény (*Byctiscus betulae*).

Overgaard Nielsen és Ejlersen (1977) 90 éves dániai bükkösben végzett vizsgálatai szerint a bükklevél-sátorosmoly (*Phyllonorycter maestingella*), a bükkaknázó törpemoly (*Stigmella hemargyrella*), az *Orchestes fagi* imágói és az ezüstös levélormányos (*Phyllobius argentatus*) az állomány alsó szintjében, főként az újulaton gyakoribb, a *Phyllobius* emellett a koronák alsó részében, az állomány belsejében is nagyobb egyedszámban fordul elő. A bükk bolhaormányos aknái ezzel szemben a koronák legtetetjén, főként az állományszegélyeken gyakoriak.

A bükkről két specialista levéldarázs lombfogyasztó lárvái ismertek. Ezek az *Euura fagi* és a bükk-buzogányosdarázs (*Cimbex fagi*). Az utóbbi faj kifejlett lárvái kifejezetten nagyméretűek, könnyen felismerhetők (5.2.-14. ábra). Rajtuk kívül időnként a levélfonákon a polifág kis hárs-levéldarázs (*Caliroa annulipes*), általában csoportosan, hámozva rágó, meztelencsiga-szerű lárvái is előfordulnak.

Bükkön is gyakori a vegyes táplálkozású vöröslábú címerespoloska (*Pentatoma rufipes*). Általában a leveleken, hajtásokon szivogat, de időnként rovarokat (elsősorban hernyókat és bábokat) is ragadoz.

Elsősorban bükkéről, esetenként gyertyánról is említik a bükk-levélkabócat (*Fagocyba cruenta*), amely levélfelületen szivogatva apró sárgás foltokat okoz. Bükk-monofág, elterjedt, gyakran tömeges a bükklevél gyapjastetű (*Phyllaphis fagi*), amit később, a »7.2. fejezetben« részletesebben tárgyalunk.



5.2.-14. ábra. A monofág *Cimbex fagi* buzogányos levéldarázs nagyméretű álhernyója (Fotó: Csóka György)

A bükk gyökerein táplálkozó fajok

Csóka György

A bükk gyökerein a más fafajokról is közismert polifág fajok fordulnak elő. Így a különböző cserebogarak (főként *Melolontha*-fajok) pajorjai, illetve a pattanóbogarak lárvái, a drótférgék érdemelnek említést. Ezek inkább csemetekertekben, illetve a természetes felújításokban, a magoncokon bírhatnak jelentőséggel, de elmondható, hogy ez általában jóval kisebb, mint a tölgyek esetében. A bükk gyökerein több kabócafaj lárvái is fejlődhetnek. A klímaváltozás egyik közvetett jele, hogy az utóbbi években már nemcsak a mecseki, hanem a jóval északabbra és jóval magasabban fekvő mátrai bükkösökben is egyértelmű a jelenlétük, amit hangjuk és a lárvabőrök is bizonyítanak. Kevésbé valószínű, hogy a bükkösökben jelentős hatásuk lenne, de mint a klímaváltozás hatására északi irányban terjedő fajok, figyelmet érdemelnek.

A bükk xilofág rovarai

A bükk élő, illetve elhalt fás részeiben (törzs, kéreg, fásodott ágak, gyökerek) fejlődő rovaregyütteseket funkcionális szempontból indokolt külön tárgyalni. Ugyanakkor lényeges említeni, hogy egyes xilofág fajokat nem mindig lehet egyértelműen az egyik, vagy másik csoportba sorolni.

Élő fában fejlődő xilofágok

Lakatos Ferenc és Csóka György

Muskovits és Hegyessy (2002) nyolc, bükkben fejlődő díszbogárfajt említ Magyarországról. Ezek egy része élő fában fordul elő. A négy polifág vagy oligofág *Agrilus*-faj, a közönséges karcsúdíszbogár (*A. angustulus*), a kétpettyes karcsúdíszbogár (*A. biguttatus*), a fűrészcsápú karcsúdíszbogár (*A. graminis*) és a zöld karcsúdíszbogár (*A. viridis*) közül az *A. biguttatus* tölgyeken, az *A. viridis* pedig bükkön bír kiemelt jelentőséggel. Az utóbbiról később részletesebben szólnunk a »7.2. fejezet, „Biotikus tényezők” alfejezetében«. A hullámos díszbogár (*Coraebus undatus*) leggyakrabban tölgyek, ritkábban bükk élő egyedeinek kérge alatt rág és a kéregben bábozódik.

A korábban említett, kigyózó levélaknákat készítő *Stigmella*-fajokkal rokon a bükkfakéreg-törpemoly (*Ectoedemia liebwerdella*), de életmódja jelentősen eltér azokétól. Egyrészt fejlődése kétéves, másrészt pedig nem a leveleken, hanem a bükk kérge alatt/kérgében aknáz. Különösen az erdőszegélyeken álló, napsütötte faegyedeken, déli kitettségen lehet tömeges (5.2.-15. ábra). Rojek (2005) a bükk kéregkórokozók lehetséges vektoraként is említi. Fő tápnövénye a bükk, de fiatalabb, vékonyabb kérgű tölgy egyedeken is előfordul.

Élő (álló) fák, majd a kitermelt faanyag kérge alatt rendszeresen találkozhatunk a bóbítás bükkszú (*Taphrorychus bicolor*) csillagszerűen elhelyezkedő járataival (részletesebben 7.2. fejezet, *Biotikus tényezők* alfejezetében). Szintén a bükk a fő gazdanövénye a közönséges bükkszúnak (*Ernoporicus fagi*), melynek járatai kacskaringósan és véletlenszerűen futnak a fatest felszínén. Ezen fajokon túl a szijácsszúk (*Scolytus*-fajok) több faja is készíthet a kéreg alatt meneteket, annak ellenére, hogy ezek fő gazdanövényei a tölgyek. A fatestben fejlődő szúfajok közül a varratos bükkszú (*Trypodendron domesticum*) előnyben részesíti a bükköt, bár számos további lombos fafajon is megtalálhatjuk (Lakatos 2019). Jellegzetes „létrás” menetei főként a szijácsban futnak. A fiatal, illetve a fásodó azévi hajtások belsejében rág a bükkfűró arany-moly (*Argyresthia semitestacella*) hernyója. Monofág faj, a lárvá által megrágott hajtásrész, illetve az azon lévő levelek elszáradnak. A bükk hajtásain és vékonyabb ágain is gyakoriak a polifág pajzstetvek (*Acanthococcus aceris*, *Diaspidiotus ostreaeformis*, *Lepidosaphes ulmi*, *Parthenolecanium rufulum*). Legjelentősebb a monofág bükk-gyapjaspajzstetű (*Cryptococcus fagisuga*), ezért ezt a fajt később (»7.2. fejezet«) részletesebben is ismertetjük.



5.2.-15. ábra. A specialista bükkfakéreg-törpemoly (*Ectoedemia liebwerdella*) jellegzetes kéregaknája a bükk törzsén (Fotó: Csóka György)

Szaproxilofágok

Kovács Tibor, Lakatos Ferenc és Csóka György

Szaproxilofág bogaraink legnagyobb fajszámban tölgyeseinkben élnek. A hazai viszonylatban jóval kisebb kiterjedésű bükkös régió kevésbé fajgazdag, de számos, csak rá jellemző bogárfaja is ismert. A holt-fafogyasztó fajok nagy része széles tápnövénysspektrumú, így itt azokat a fajokat is tárgyaljuk, amelyek másutt is előfordulhatnak, de állandó elemei a bükkösök bogárfaunájának, beleértve a bennük élő elegyfajokat (hegyi és korai juhar, hegyi szil). Közülük számos faj védett ritkaság. Müller és munkatársai (2013) becslése szerint a Közép-Európában megtalálható szaproxil bogarak mintegy 70%-a bükkösökben is előfordulhat.



5.2.-16. ábra. Kerekvállú állasbogár (*Rhyssodes sulcatus*) imágó (Fotó: Csóka György)

Az állasbogárfélék (Coleoptera: Rhysodiidae) családjába tartozó fogasvállú (*Omoglymus germari*) és kerekvállú állasbogár (*Rhyssodes sulcatus*) (5.2.-16. ábra) idős bükköseink ritka „öserdőfajai”. Mindkettő hatalmas, nem kiszáradó törzsekben fejlődik. Lényeges számukra az árnyékolt hely, a hűvös, nedves mikroklima és a lebontást végző gombák jelenléte (Kostanjsek et al. 2018; Kovács 2021). Utóbbi Natura 2000 jelölőfaj is.

A hazánkban előforduló hat szarvasbogárfaj (Coleoptera: Lucanidae) közül öt bizonyítottan, egy pedig – a magasabb bükkös régiókban élő nagy fémesszarvasbogár (*Platycerus capreae*) – feltételezhetően bükkben is kifejlődhet. A vörösen korhadó, földön fekvő törzsekben él a csupán 5–7 mm nagyságú szőrös szarvasbogár



5.2.-17. ábra. Kis fémesszarvasbogár (*Platycerus caraboides*) imágó (Fotó: Csóka György)

(*Aesalus scarabaeoides*), míg a fehéren és egyéb módon korhadó fákban a leggyakoribb a kis szarvasbogár (*Dorcus parallelipedus*), a változatos színű kis fémesszarvasbogár (*Platycerus caraboides*) (5.2.-17. ábra) és az orrszarvúbogár kicsinyített, lakkfényű fekete mása, a tülkös szarvasbogár (*Sinodendron cylindricum*) (5.2.-18. és 5.2.-19. ábra). A leginkább tölgyeseinkből ismert Natura 2000 jelölőfaj, a nagy szarvasbogár (*Lucanus cervus*) lárvái időnként korhadó gyökérzetű bükkökben is kifejlődnek. A nagy fémesszarvasbogár és a tülkös szarvasbogár kifejezetten a bükkös régió fajai. A ganajtúrófélék (Coleoptera: Scarabaeidae) közé tartozó, ritka nyolcpettyes virágbogár



5.2.-18. és 5.2.-19. ábra. A tülkös szarvasbogár (*Sinodendron cylindricum*) lárvája és imágója (Fotók: Csóka György)

(*Gnorimus variabilis*) a nagy keménységű, külső részén száraz törzsek nedves belső részében fejlődik, legtöbbször kocsánytalan tölgyben, de előfordul bükkben is. Virágbogaraink közül a pompás virágbogár (*Protaetia speciosissima*) és a márványos virágbogár (*Liocola lugubris*) fordul elő bükkösökben. Lárváik általában a földdel érintkező, de időnként akár több méter magasságban lévő odvak korhadékában fejlődnek. Hazai szaproxilofág bogaraink talán legértékesebb faja a Natura 2000 jelölőfaj, a remetebogár (*Osmoderma eremita*) (5.2.-20. ábra). Természetvédelmi értéke – 250 000 forint – a magyar bogárfaunában a legmagasabb. Hatalmas odúval rendelkező, álló fákban több évig fejlődik. Mivel ezekből sajnos napjainkban egyre kevesebb van, a faj jövője az ilyen fák kíméletén, visszahagyásán, azaz emberi döntésen múlik. A faj hazánkban a síkság artéri puha- és keményfaligeteitől a fáslegelőkön



5.2.-20. ábra. A hazai szaproxilofág bogárfauna egyik legértékesebb faja a remetebogár (*Osmoderma eremita*). A bogár és lárvája mellett a lárva ragadozója, a fűzfapattanó (*Elater ferrugineus*) lárvája („drótférge”) is látható (Fotó: Kovács Tibor)

át, a domb- és hegyvidék különböző erdőtípusaiban előfordulhat, ahol még idős természetközeli állományok találhatóak, hatalmas élő és holt, odvas fákkal (parkok, fasorok, temetők). A Bükkben az Őserdő (Szilvásvárad), míg a Mátrában a Kékestető idős bükköseiből ismertek előfordulásai (Kovács & Németh 2010). Potenciális és tényleges élőhelyei fokozottan védettek, illetve védendők.

A díszbogárfélék (Coleoptera: Buprestidae) legjellemzőbb bükkben fejlődő faja a bükkfa-díszbogár (*Dicerca berolinensis*) (5.2.-21. ábra). Lárvai csontkeménységű törzsekben, törzságakban és tükörfoltokban több évig fejlődnek. A bükk mellett másik gyakori tápnövénye a gyertyán. A polifág aranypettyes díszbogár (*Chrysobothris affinis*) egyik gyakori tápnövénye a bükk, lárvai az elhalt vagy pusztuló törzsekben 2–3 évig fejlődnek. A polifág sárgacsíkos zömökdíszbogár (*Acmaeoderella flavofasciata*) lárvai főként tölgyek, időnként bükk száraz ágáiban fejlődnek. Imágói viráglátogatók.



5.2.-21. ábra. A bükkfa-díszbogár (*Dicerca berolinensis*) imágója (Fotó: Csóka György)

A ritka európai álpattanó (*Cerophytum elateroides*) bükk és juharok, akár tenyérnyi nagyságú tükörfoltjaiban és odvaiban fejlődik. A pattanóbogárfélék (Coleoptera: Elateridae) ritkaságai közül az alhavasi pattanó (*Denticollis rubens*) korhadó, nagy méretű, elhalt bükk-törzsek belsejében fejlődik, az imágók nagy tengerszint feletti magasságban levő erdei tisztásokon tenyésző ernyősök virágain találhatóak. A további fajok odvakban élnek, és csak nagyon ritkán találkozhatunk velük. Az odúlakó pattanónak (*Crepidophorus mutilatus*) legtöbb adata bükkből származik. Magyarországról csupán egy, több mint 70 évvel ezelőtti előfordulása Kőszegről, de az elmúlt években az intenzív odú kutatásoknak köszönhetően az Északi-középhegység több pontján is előkerült. Hazánk legnagyobb pattanóbogarának, a védett fűzfapattanónak (*Elater ferrugineus*) és a Natura 2000 jelölőfaj kék pattanónak (*Limoniscus violaceus*) is kedvelt tápnövénye a bükk. Az előbbi lárvája a remetebogár lárváinak ragadozója. A nagyon ritka gömbnyakú pattanó (*Pseudanostirus globicollis*) is tipikus bükkös faj, lárvája a fák tövében, a földben lévő holt faanyaggal táplálkozik (Kovács & Németh 2012).

Hajnalbogaraink (Coleoptera: Lycidae) közül két ritkaság, a nagy hajnalbogár (*Dyctioptera aurora*) és a szegélyesnyakú hajnalbogár (*Erotides cosnardi*) is a nagy, árnyékolt, nedves bükk-törzsek korhadó belsejében él. Csak erősen nedves élőhelyen képesek fennmaradni, a törpe szentjánosbogárhoz (*Phospaenus hemipterus*) hasonlóan (Kovács 2018).

A farontóbogárfélék (Coleoptera: Lymexyloidae) közé tartozó penésztenyésztő fabogár (*Elateroides dermestoides*) lárvája a bükkfában nem a fát fogyasztja, hanem a járatai falán tenyésző, élesztőgombákhoz tartozó ambróziagomba (*Alloascoidea hylecoeti*) fonalait (Merkl & Vig 2009). Kidölt, hűvös völgyekben megbújó, vastagabb bükk-törzsek gyakori faja. Jellegzetes, a szijács felszínén is futó, különböző vastagságú, kezdetben szürkés, de gyorsan megfeketedő járataival itt gyakran találkozhatunk.

A rozsdaszínű korongbogár (*Peltis ferruginea*) a hazai korongbogárfélék (Coleoptera: Trogossitidae) legnagyobbika. Hazánkban ritka, a hegyvidéken elterjedt és több adata is bükkhöz kötődik: gyűjtötték már korhadó bükktrónkról, de elhalt bükk kérge alól is.

A lapbogárfélék (Coleoptera: Cucujidae) közé tartozó skarlátbogár (*Cucujus cinnaberinus*) – Natura 2000 jelölőfaj – esetében kivételesen elmondható, hogy hazánkban nem ritka. Számos tápnövénye közt a bükk is szerepel, és a holt faanyagban gazdag bükkösökben is találkozhatunk vele, de leginkább lárvaival, amik kis gyakorlattal jól elkülöníthetők a hozzá hasonló és szintén a kéreg alatt élő védett kis bíborbogár (*Schizotus pectinicornis*) lárvaíttól. A skarlátbogár lárvaínál az elhalt faanyag fogyasztásán túl a kéreg alatti gombákon való táplálkozás is bizonyított.

Két ritka komorkafajunk (Coleoptera: Melandryidae), a vöröslábú komorka (*Melandrya barbata*) és a fekete komorka (*Melandrya dubia*) is kifejezetten bükkhöz kötődő faj, lárvaik még jó megtartású tuskókban fejlődnek.

A fogasállubogár-félék (Coleoptera: Prostomidae) egyetlen hazai faja a védett európai fogasállubogár (*Prostomis mandibularis*). Nedves belsejű, nagy méretű törzsekben fejlődik, egyidőben találkozhatunk lárváival, bábjaival és imágóival az évgyűrűk határain, ahol járataikat finom rágsálék tölti ki. A hegyvidéki bükkösök régiójában fordul elő a ritka vörösnyakú álcincér (*Ischnomera sanguinicollis*), amely tükorfoltok és odvak keményfájában fejlődik. Tápnövényei közt szerepel a bükk és a hegyi juhar is.

Az elsősorban fásszárú tápnövényekben fejlődő cincérfélék (Coleoptera: Cerambycidae) népes családjából több faj is jellemző hazai bükkerdőinkben. A számos állatfaj élőhelyét képező fontos mikrohabitat, az odvak egy részének kialakulásában jelentős szerepe van néhány cincérfajnak. Közülük a „leghatékonyabb” a nagyméretű, viszonylag gyakori, széles tápnövényspektrumú és általában faegyedenként magas egyedszámban előforduló diófaccincér (*Aegosoma scabricorne*). Hatalmas lárvája több harkályfaj számára is kívánatos táplálék. A harkályok által megbontott tükörfolt, a rönnyílások és a rágsálékkal kitöltött járatok felszínre kerülése az odú kialakulását segítik. A síkvidéki idős füzesek és nyárasok jellegzetes faja meglepően sok idős bükkösben is előfordul; erről tanúskodnak hatalmas, ovális rönnyílásai is. A diófaccincér közreműködésével kialakuló odvak a már fentebb említett „odúfajokon” kívül más cincérfajoknak is fejlődési helyül szolgálnak. Egyikük a kétszínű odúcincér (*Rhamnusium bicolor*), egy másik, a különleges megjelenésű, rövid fedőszárnyú, kicsit darázsra hasonlító, 3 cm nagyságú aranyszörű fürkészcincér (*Necydalis ulmi*) (5.2.-22. ábra). A ritka fajjal leginkább csertölgy és bükk odvaiban találkozhatunk. Rejzek és Vlasák (2000) szerint elsősorban olyanokban, melyek *Inonotus*-taplófajok által fertőzöttek. Testvérfaja, a szintén védett nagy fürkészcincér (*Necydalis major*) még ritkább. A Sertés-hegy bükkösében, a Zemplénben bábját és több példányát találták bükk 4,5 méter magasan levő 18 cm átmérőjű, elhalt törzságában. Maga a kidőlt fa 80 cm átmérőjű volt (Kovács & Hegyessy 1989). A tarka cincér (*Aegomorphus clavipes*) (5.2.-23. ábra) lárvái legtöbbször bükk-törzsek és ágak kérge alatt fejlődnek. Bábózódásuk sekélyen a farészben, a felszíntől egy centiméteren belül történik. A kirajzó imágók tápnövényük törzsén és ágain tartózkodnak. A Dunántúl bükköseinek jellegzetes nagytestű cincérfaja a Natura 2000 jelölőfaj gyászscincér (*Morinus funereus*). Nagytermetű, pusztuló bükk-törzsekben fejlődik, a kéreg alatt rág, majd a fatestben bábózódik, rönnyílása hengeres testének megfelelően kör alakú. Érdekessége, hogy a hazai cincérfajok közül egyedülálló módon az áttelelő imágó a második év nyaráig is élhet. Szintén Natura 2000 jelölőfaj a bükkösökkel kapcsolatban leggyakrabban emlegetett „ikonikus” havasi cincér (*Rosalia alpina*) (5.2.-24., 5.2.-25. és 5.2.-26. ábra). Lárvái több évig fejlődnek a nagy törzsek és törzságak farészében, rönnyílása lapos-ovális. Optimális esetben akár több generációja is kifejlődhet egy fában. Az imágók általában nyár közepén, legtöbbször az erdőben maradó bükkfarakásokon jelennek meg, ahol a petéiket is lerakják (Csóka & Kovács 1999). Ha ezek a farakások végleg az erdőben maradnak, akkor a cincérek ki tudnak benne fejlődni. Ha viszont a peterakást követően elszállítják őket, akkor az komoly egyedszámcsökkenést okozhat a cincérráományban. Ez a tény a gyakorlati erdőgazdálkodás és a természetvédelem között gyakori konfliktushelyzetet teremt.



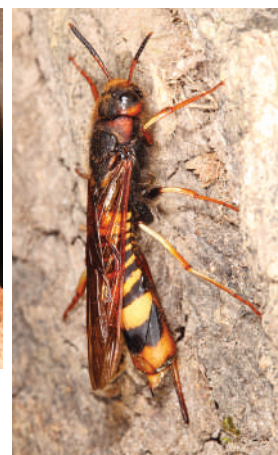
5.2.-22. ábra. A ritka aranyszörű fürkészcincér (*Necydalis ulmi*) lárvái leginkább cser és bükk odvaiban fejlődnek (Fotó: Csóka György)



5.2.-23. ábra. A tarka cincér (*Aegomorphus clavipes*) lárvái legtöbbször bükk-törzsek és bükkágak kérge alatt élnek (Fotó: Csóka György)



5.2.-24., 5.2.-25. és 5.2.-26. ábra. Az elegáns megjelenésű havasi cincér (*Rosalia alpina*) bükkben, de időnként más lombos fákban is kifejlődhet (Fotó: Csóka György)



5.2.-27. ábra.
A sárgagyűrűs fadarázs (*Tremex fuscicornis*) lárvája a bükk fájában is gyakran kifejlődik (Fotó: Csóka György)

A klímaváltozás negatív hatásai a bükköseink szempontjából nagyon jelentősek. Lényeges felhívni a figyelmet arra is, hogy a bükkösök fennmaradásáért érzett, egyáltalán nem alaptalan aggodalom, illetve erőfeszítések nemcsak magára a fafajra, hanem a hozzá kötődő fajegyüttesekre is ki kell, hogy terjedjenek.

Az élő fáknál már említett nagy bükkészűz (*T. domesticum*) túl a hazai, fatestben fejlődő szűbogarok közül a tölgy-szarvasszút (*Xyleborus monographus*) és a hengeres törzsszút (*Platypus cylindrus*) kell még megemlíteni. Mindkét faj megfeketedő menetei mélyen behatolnak a fatestbe, amivel különösen az értékesebb választékok esetén jelentős gazdasági kárt is okozhatnak.

Két polifág fadarázsról tudjuk, hogy lárváik bükkben is megélnek. Ezek a lándzsás fadarázs (*Tremex columba*) és a sárgagyűrűs fadarázs (*Tremex fuscicornis*) (5.2.-27. ábra). Az utóbbi gyakori rápnövénye a bükk, de más lombos fákban (juharok, nyír, nyárok, tölgyek) is kifejlődik. A nőstény kidölt, vagy lábán száradó törzsekbe rakja petéit. Ezzel egyidejűleg gombaspórákat olt a fába. Lárváit a gombák által előemésztett faanyagon táplálkoznak.

Mikofág rovarok a bükk szaproxil gombáiban

Kovács Tibor és Csóka György



5.2.-28. ábra. A bükktapló egyik jellemző, viszonylag gyakori mikofág bogárfaja a szarvas taplóbogár (*Neomida haemorrhoidalis*) (Fotó: Csóka György)

Bükkösökben – különösen a holtfában gazdag idős állományokban – a faanyagot lebontó szaproxil gombák jelentős volumenű és változatosságú mikrohabitatokat kínálnak, amikhez fajgazdag specialista-együttesek kötődnek. Magyarországon ezeket az utóbbi időkig nem vizsgálták célirányosan. Egy közelmúltban elvégzett országos lefedettségű nevelési kísérlet során a gyakori és tömeges bükktaplóból (*Fomes fomentarius*) 27 rovarfajt neveltek ki, aminek 63%-a (17 faj) a tapló termőtestében él. Legnagyobb egyedszámban a taplószúk (Coleoptera: Ciidae) közé tartozó nagy sertéstaplószú (*Rhopalodontus perforatus*) faj került elő. Tipikusan bükkfa-taplóhoz kötődő fajok, a bordás taplóbogár (*Bolitophagus reticulatus*) és a szarvas taplóbogár (*Neomida haemorrhoidalis*) (5.2.-28. ábra) (Andrés et al. 2018). A bordás taplóbogár az álló fákon lévő termőtesteket, különösen a nagyobb méretűeket preferálja (Midtgaard et al. 1998). Egy másik, Sopron kör-

nyékén végzett vizsgálat során a *Fomes fomentarius*-ban a bordás taplóbogár, a bükkön szintén gyakori *Trametes gibbosa* esetében pedig a nagy taplószerű (*Cis boleti*) volt a domináns faj (Andrési & Tuba 2018).

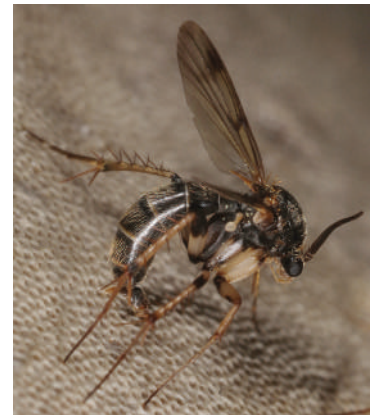
A bükkhöz kötődő gombafajokban számos ritkaság is él. A vöröskék álkomorka (*Tetratoma fungorum*) a frissen elhalt bükk törzseken és vastag törzságakon megjelenő kései laskagombán (*Pleurotus ostreatus*) és petrezselyemgombán (*Hericium clathroides*) található október, november hónapokban (Kovács et al. 2010). Talán az egyik legritkább, gombában fejlődő bogárfajunk a szintén az ősz végi és téli hónapokban rajzó sávós álkomorka (*Mycetoma suturale*). Jellegzetes, két tüskét viselő lárvái (5.2.-29. ábra) a hatalmas, elhalt törzseken élő gyantás kérgestaplóban (*Ischnoderma resinatum*) fejlődnek. Az imágók ezek környékén, a kéregrepedésekben és az avarban tartózkodnak, és az est leszálltakor válnak aktívvá. A termőtestek a hímek és nőstények találkozóhelyei, szerencsés esetben ilyenkor több tíz példány is megfigyelhető. Korábban a Bakonyból, a Bükkből és a Börzsönyből mutatták ki. Életmódjának megismerését követően, az utóbbi időkben az Északi-középhegység több pontjáról is előkerült.

A láncos taplóbogár (*Bolitophagus interruptus*) hazánkban nagyon ritka. Az utóbbi években derült ki, hogy a meglehetősen gyakori bükkfataplóban is fejlődik. Lillafüred környékén két helyen is ebben találták imágóit (Kovács et al. 2015). Szintén csak néhány helyről ismert hazánkban a redősgombabogár (*Phloiophius edwardsi*). A bükkön is élő narancssárga redősgomba (*Phlebia radiata*) vékony termőtesteiben fejlődik, az imágó októbertől áprilisig található (Merkl & Vig 2009). A bogarászok gombaismeretének hiánya is okozza, hogy számos fajnál nem ismertek pontosan a tápgombák. A következő, viszonylag ritka bogárfajokról tudjuk, hogy bükkön él, de nem ismert gombafajokhoz kötődnek, a kéreg alatt élnek és ezekkel táplálkoznak: álkomorkafélék (Tetratomidae) – horgonyos álkomorka (*Tetratoma ancora*); gombabogárfélék (Mycetophagidae) – fekete gombabogár (*Mycetophagus ater*); gyászbogárfélék (Tenebrionidae) – fekete taplóbogár (*Platydemus dejeani*); héjbogárfélék (Zopheridae) – fogasszélű héjbogár (*Endophloeus markovitchianus*); korongbogárfélék (Trogossitidae) – hosszúkás korongbogár (*Grynocharis oblonga*), bronzfényű korongbogár (*Thymalus limbatus*) (Kovács et al. 2015; 2017; Kovács 2018).

Amíg a kalaposgombákhoz kötődő Diptera-közösségek viszonylag jól kutatottak, addig a szaproxil taplóokban (így pl. a bükkfataplóban) fejlődő kétszárnyúakat alig ismerjük, pedig valószínűleg fajgazdag közösségről van szó. A tapló termőrétegén gyakran láthatóak a *Dynatosoma* gombaszúnyogok (5.2.-30. ábra), vagy a *Mycodrosophila poecilogastra* gombamuslica egyedei.



5.2.-29. ábra. A gyantás kérgestaplóban fejlődő, kifejezetten ritka sávós álkomorka (*Mycetoma suturale*) lárvái (Fotó: Kovács Tibor)



5.2.-30. ábra. A bükkfatapló termőrétegébe petét rakó *Dynatosoma* gombaszúnyog (Fotó: Csóka György)

A bükkösök vízfolyásainak rovarai

Kovács Tibor

A hegyvidéki bükkös régió forrásainak és kisvízfolyásainak rovarfaunája gazdag ritka fajokban. Hazai kérészeink közül kettőt kell megemlítenünk, amelyek csak a Mátra magasabb régióiban élnek. A *Baetis alpinus* (Ephemeroptera: Baetidae) a Kékes tömbjének déli oldalán a Csatorna- és Somor-patakban (Kovács

2001), míg a *B. melanonyx* a Galya-tető csoport Csörgő-, Huta-helyi- és Szuhai-patakjában honos (Kovács 2007). Ezek a gyors áramlású szakaszokban bővelkedő vízfolyások jól árnyékolnak, ezért vizük hűvös, tiszta és oxigénben gazdag. A lárvák köveken élnek, és évente két generációjuk is kifejlődik.

A kétéves lárvális fejlődésű alpesi álkérész (*Diura bicaudata*) (Plecoptera: Perlodidae) (5.2.-31. ábra) hazánkban szintén ritka, és az utóbbi évek klímaváltozásának negatív hatásai – források és patakok alkalmankénti kiszáradása – miatt léte veszélyeztetett is. Csupán a Börzsöny, a Mátra és a Bükk patakjainak forrasszint-tájában fordul elő (Kovács & Murányi 2023). Érdekessége, hogy a hím imágónak csökevényes szárnya van. A szitakötők közül az impozáns megjelenésű (fekete-sárga mintázat) és méretű (az imágó testhossza 69–83 mm, szárnyfesztávolsága 84–102 mm) sötét hegyiszitakötő (*Cordulegaster bidentata*) (Odonata: Cordulegasteridae) az Őrség, a Soproni- és a Kőszegi-hegység, a Bakony és az Északi-középhegység (Börzsöny, Mátra, Bükk, Aggteleki-karszt, Zemplén) magasabb régióiban elterjedt (Ambrus et al. 2018). Több évig fejlődő, csaknem 50 mm-es testhosszúságot elérő lárvái (5.2.-32. ábra) a patakok sodrásmentes, finom szemcseösszetételű aljzatába beásva folytatnak ragadozó életmódot. Az imágók június második felétől augusztus végéig repülnek. Magyarországon ez a faj is veszélyeztetett. Az alpesi álkérésznél említett negatív hatások ezen faj esetében is aktuálisak. Ezeken túl főként egyes erdészeti beavatkozások veszélyeztetik élőhelyeit. A források vízgyűjtőjén végzett véghasználatok egyenetlen vízjárást, a vízfolyás kiszáradását okozhatják.



5.2.-31. ábra. Az alpesi álkérész (*Diura bicaudata*) lárvái patakmedrek kövein két évig fejlődnek (Fotó: Kovács Tibor)



5.2.-32. ábra. A sötét hegyiszitakötő (*Cordulegaster bidentata*) kifejlentten közel 5 cm-es lárvái hegyi patakokban több évig fejlődnek (Fotó: Kovács Tibor)

A bükkösök futóbogarai

Andrészi Dániel és Szél Győző

A futóbogarak családja (Carabidae) hazánk ötödik legfajgazdagabb bogárcsaládja. Magyarországról eddig kimutatott futóbogárfajok száma 536 (Kutasi 2023). A hazánkban élő futóbogárfajok rendkívül változatos élőhelyeken fordulnak elő. Az egyes élőhelyeknek megvan a saját futóbogár-közössége. A legkevesebb faj a fenyvesekben és a zárt bükkösökben fordul elő, ezzel szemben az erdőszegélyek, a patakpartok, a szikes puszták és a dombvidéki lejtők sokkal fajgazdagabbak. A futóbogarak és közösségeik sokféle vizsgálatban szerepelnek indikátorként (Andorkó 2014; Kádár 1999).

A fajok többsége ragadozó, de növényevők is vannak is köztük. A ragadozók jelentős része generalista, és egyes fajok (pl. *Calosoma*-fajok) lepkehernyókat is rendszeresen fogyasztanak, így erdővédelmi szempontból is jelentőséggel bírnak. 2005-ben bakonyi bükkösökben tömegesen lépett fel és jelentős lombvesztést is okozott a gyapjaslepke. Ezzel egyidejűleg az aranyos bábrabló (*Calosoma sycophanta*) (5.2.-33. ábra) jelentős népséggel volt jelen az érintett területeken (Csóka György szóbeli közlése).

A futóbogaraknak hazánkban öt fokozottan védett és 50 védett faja fordul elő. A közösségi jelentőségű (Natura 2000) fajok száma hat. A védett fajok jelentős része erdőkhöz, illetve nedves élőhelyhez kötődik (Kutasi 2023).



5.2.-33. ábra. Az aranyos bábrabló (*Calosoma sycophanta*) lárvája és az imágó is gyakori a bükkösöket érintő gypjaslepké tömegszaporodások során (Fotó: Csóka György)

Az álló és a fekvő holtfa egyaránt fontos szerepet tölt be a talajlakó ízeltlábúak rejtőzködése, valamint téli nyugalmi állapota során (Stokland et al. 2012). A futóbogarak többnyire a tuskókat, a fekvő holtfákat, kisebb nagyobb fadarabokat, valamint a kéreg alatti üregeket használják rejtőzködő- és telelőhelyként (Andrési 2019).

A hazai futóbogarakkal kapcsolatos kutatások, publikációk zöme inkább egy-egy földrajzi tájegységhez, esetleg nemzeti parkhoz kötődik, jóval ritkábbak az egyes erdőtípusokra irányuló célzott kutatások. Bükkösökből kimutatott futóbogarakról sok közleményben szerepelnek adatok, de csak Tóth László vizsgálta kifejezetten ezt a növénytársulást, melynek során különböző korú bükkösállományok faunáját hasonlította össze a Magas-Bakonyban (Tóth 1980). A bükkösökből összesen 30 futóbogárfajt mutatott ki talajcspadás gyűjtéssel.

A hazai futóbogarakra vonatkozó irodalmat áttekintve, legalább 60–70 olyan fajt találunk, amelyek bükköseinkben való előfordulása jellemzőnek mondható, még ha e fajok nem is kötődnek szigorúan egyetlen növénytársuláshoz. A „bükkös fajok” gyakran szurdokvölgyekben, gyertyános-tölgyesekben, patakmenti égeresben, esetleg fenyvesekben is fellelhetők, sőt akadnak széles tűrésű, szinte mindenféle erdőállományban, sőt akár nyílt, fátlan élőhelyeken élő fajok is. Az alábbiakban ezekből a fajokból mutatunk be néhányat a teljesség igénye nélkül.

Tipikus, bükkösben élő futóbogár a feltűnő, ibolyakék-zöldeskék árnyalatú és testalakjában is jellegzetes, mással nem összetéveszthető kék laposfutrinka (*Carabus intricatus*). Hazánkban a Dunántúl és az Északi-középhegység zárt erdeiben él, a bükkösökön kívül gyertyános-tölgyesekben, tölgyesekben, szurdokerdőkben, hársas-kőrises erdőkben és fenyvesekben is előfordul. Az imágó gyakran telet át fekvő holtfában, ezen kívül fák kérge alatt is megtalálható (Merkl & Vig 2009; Nagy et al. 2004; Szél et al. 2007).

További fajok ebből a növénytársulásból a kis bábrabló (*Calosoma inquisitor*), a selymes futrinka (*Carabus convexus*), a domború futrinka (*Carabus glabratus*), az aranypettyes futrinka (*C. hortensis*) és a ligeti futrinka (*Carabus nemoralis*). E fajok domb- és hegyvidéki zárt erdeinkben általánosan elterjedtek. A dunántúli kékfutrinka (*Carabus germari*) és a keleti kékfutrinka (*Carabus violaceus*) szintén gyakori lehet bükkösökben. Elterjedésükben a Duna képezi a választóvonalat. A láncos futrinka (*Carabus problematicus*) a Kőszegi- és a Soproni-hegységből, a Bakonyból, a Keszthelyi-hegységből, valamint a Bükkből és a Zempléni-hegységből ismert. A ritkább és lokális fajok közé tartozik. Kizárólag az Aggteleki-karszton és a Zempléni-hegységben él a pompás futrinka (*C. obsoletus*). A feketebordás aranyfutrinka (*C. auronitens*) és az alhavasi futrinka (*C. irregularis*) nálunk kizárólag a Kőszegi- és a Soproni-hegységben honos. A Linné-futrinka (*Carabus linnei*) a Kárpátok zárt bükköseiben és lucos állományaiban messze elterjedt, nálunk kizárólag a Kőszegi-hegységben él. A sárgalábú cirpelőfutó (*Cychrus attenuatus*) hegy- és dombvidék szórványos faja, míg a feketelábú cirpelőfutó (*C. caraboides*) szélesebb tűrésű és gyakoribb, a Kisalföldön puhafaligetben is észlelték. Magyarországon a fentebb felsorolt fajok mindegyike védett, természetvédelmi értékük 5000, illetve 10 000 forint (Horvatovich 2000; Kutasi 1998, 2023; Merkl & Vig 2009; Szél 1996, 1999; Szél et al. 2007, 2010; Tóth 1980).

Zárt erdőkben, így bükkösökben is jellemző a szélesfutók (*Abax*-fajok) előfordulása. A nálunk élő öt faj nemcsak termete, hanem életmódja révén is emlékeztet a futrinkákra (*Carabus*-fajok), amennyiben éjszakai aktivitásúak, röpképtelenek és generalista ragadozók. Legnagyobb közülük a 25 mm-t is elérő kárpáti szélesfutó (*Abax schueppeli*). Ez a faj a Börzsöny, a Bükk, valamint az Aggteleki-karszt és a Zempléni-hegység területén él, utóbbi két helyen nem ritka (Szél 1996, 1999). A nagyságban utána következő félbordás szélesfutó (*A. parallelepipedus*) domb- és hegyvidékeinken általánosan elterjedt és gyakori, de a Szigetköz keményfaligeteiből is előkerült (Szél et al. 2010).

A gyászfutóknak (*Pterostichus*-fajok) is több faja él a bükkösben. Legfeltűnőbb talán az élénk rézvörös színű fémes gyászfutó (*Pterostichus burmeisteri*), melynek az Alpokaljáról, valamint az Aggteleki-karsztról és a Zempléni-hegységből vannak adatai. Szurdokerdőköl, égereseköl, fenyveseköl és kaszálórétokról is kimutatták. Ritka és lokális faj a pompás gyászfutó (*P. fasciatopunctatus*), ami csak a Kőszegi- és a Soproni-hegységből ismert. Sokkal elterjedtebb és gyakoribb a magyar gyászfutó (*P. hungaricus*). Zárt bükkösökben, tölgyesekben, karsztkorerdőkben, cserjésekben és száraz gyepekben egyaránt előfordul (Nagy et al. 2004; Szél 1999).

Elsősorban a hegyvidéki zárt bükkösökre jellemző az erdei pajzsosfutonc (*Licinus hoffmannseggii*), mely a Kőszegi- és a Soproni-hegységből, a Bakonyból, a Pilisből, a Visegrádi-hegységből és az Aggteleki-karsztról ismert. A Pilisben szintén főként a bükkösökhöz kötődő fajok a nagyfejű lomhafutó (*Harpalus marginellus*) és az apró termetű pilisi fűrgefutonc (*Trechus pilisensis*) (Kádár & Szél 1999; Kutasi 1998; Tóth 1980). Még kisebb termetű a zömök gyorsfutó (*Bembidion schueppelii*). Ez a faj a vértesi Majkpusztán főként kőrissel elegyes bükkösben és gyertyános-tölgyesben került elő patakok, vízfolyások mentén (Kutasi & Szél 2000).

A bükkösök ugróvillásai

Winkler Dániel

Az erdei ökoszisztémában fontos szerepet játszanak a lebontók, ezen belül kiemelt jelentőségük van az ugróvillásoknak (Collembola). Nagymértékben hozzájárulnak a humuszképződéshez és a növények számára nagy segítséget jelentő mikorrhiza gombák terjesztéséhez, valamint segítik a szerves anyag lebontását és a talaj mineralizációját (Hopkin 1997). Ugyan többen hangsúlyozták, hogy az ugróvillás-közösségek fajkompozíciója és a növényzet faji összetétele csak gyenge kapcsolatot mutat (Wallwork 1970; Salomon et al. 2004), a C/N arány, a pH, valamint a szervesanyag-tartalom változásán keresztül a növényzet (pl. különböző erdtípusok) mégis jelentős hatással lehet a Collembola-közösségek fajösszetételére és szerkezetére (Salamon 2001; Traser & Csóka 2001; Winkler & Tóth 2012). Következésképp a bükkösök ugróvillás-faunájában is találunk jellegzetes karakterfajokat, sőt, olyan fajról is tudunk, amelyet mindezidáig kizárólag bükkösökből mutattak ki, így szorosabb kötődés is feltételezhető.

Hazai bükköseinkben végzett faunisztikai felmérések alapján (Loksa 1956; Loksa & Rubio 1966; Winkler & Traser 2012; Winkler & Novák 2023) érdemes néhány ilyen karakterfajt áttekinteni. A Magas-Bakonyból írta le Loksa és Rubio (1966) a *Neanura excolorata* nevű, zsákszerű ugróvillásfajt, amelynek mind-ezidáig ez a kizárólagos előfordulási helye. Az egyik legnagyobb európai ugróvillás, az ászkarákokra emlékeztető *Tetrodontophora bielaniensis* leggyakrabban a montán-szubmontán régió bükköseinek avarszintjéből került elő. Hazánkban az Aggteleki-karsztról és a Zempléni-hegységből ismert a jelenléte (Kontschán et al. 2003). A szintén nagy méretű, szabad szemmel is jól látható *Pogonognathellus longicornis* tipikus talajfelszíni életmódot folytató, ún. epedafikus faj (5.2.-34. ábra), amely különösen a nagyobb fák tövéénél, a lehullott avar között található magas egyedszámban. A hemiedafikus zónából (a talaj felső, humuszos rétege) szintén említhetők bükkösökre jellemző fajok. A Marián Miklósról elnevezett *Lepidocyrtus mariani* a zalai és bakonyi bükkösök egyik jellegzetes, de kis egyedsűrűségben előforduló faja (Winkler & Mateos 2018). A *Pseudosinella hercynica* fajt Csehországból, mészkerülő bükkösökből (*Luzulo-Fagetum*) írták le (Rusek 2001). Hazánkban a Bakonyban és a Soproni-hegységben sikerült kimutatni a fajt, ugyancsak bükkösök talajából (Winkler 2019). Ez az eddig ismert, mindössze három előfordulás a faj erős kötődését jelzi a bükkösökhöz.



5.2.-34. ábra. *Pogonognathellus longicornis* ugróvillás bükkös avarszintjében a Soproni-hegységben (Fotó: Winkler Dániel)

A bükkösök pókfaunája

Szinetár Csaba, Bali László és Urák István

A bükkösök pókfaunájára nyilvánvaló hatással van a társulásra jellemző egyedi szintezettség, amely a szinte egynemű és jól záródó magas lombkoronából, a gyér vagy hiányzó cserje-, illetve gyepszintből, valamint a jól fejlett avarszintből áll. Számos vizsgálat igazolta, hogy ezek a vertikális szintek csaknem önálló fajegyüttesekkel jellemezhetők, és döntően csupán a téli időszak az, amikor a lombzatlakó fajok többsége az avarszintbe húzódik vissza áttelelni. Ekkor találunk egy sajátos telelő időszaki fajegyüttest az erdő avarszintjében. Természetesen valamennyi szintközösségben képviseltetik magukat a pókok, és egy bükkös esetében együttes fajszaámuk a nagyáfordítású gyűjtések adatai alapján elérheti és meghaladhatja a százat is. A szinte kizárólag a talajfelszínre és alacsony törzsekre koncentrált vizsgálatokkal Hövemeyer és Stippich (2000) 87, Blick (2010) 110, Bali és munkatársai (2020) 71 pókfajt mutattak ki különböző közép-európai bükkösökből. A bükkösök „emeletei” közül egyértelműen az avarszint, valamint a fák törzse és vastagabb ágainak felszíne hordozzák leginkább azokat a „bükkös” specifikus tulajdonságokat, melyek alapján más lombos erdeinkhez viszonyítva bükkösökre jellemző pókfaunáról is beszélhetünk. Az avarszint esetében a gyakorta vastag, kiegyenlített hőmérsékleti és páratartalom-viszonyok felelősek a jellegzetes, ismétlődő fajösszetételű és fajokban gazdag avarlakó pókfaunáért. Ennek hátterében nyilvánvalóan a szubmontán, illetve montán klimatikus adottságok állnak, de meghatározó szerepe van a bükkavarnak is, a maga strukturális jellegzetességeivel. A fák törzsének és vastag ágainak sima, más fafajokhoz viszonyítva bűvőhelyben szegény és egységes színű kérge szintén olyan tulajdonság, mely a fatörzsekhez (kéreghez) kötődő fauna jellegzetességeiért lehet felelős.

Mielőtt erre a két eleve alaposabban vizsgált szintközösségre (fajegyüttesre) térnénk rá, szólni kell a lombzaton élő fajokról is. A bükkösök lombkoronájából történő hatékony mintavételezés módja a ködképzéssel történő (piretroidos) gyűjtés. Hazánkban a pókok vizsgálatában ezt nem alkalmazták, ugyanakkor a Németországban végzett reprezentatív gyűjtések megfelelő tájékozódást tesznek lehetővé (Hsieh & Linsenmaier 2011). A bükk lombzatából 78 pókfajt mutattak ki, mellyel igazolták az erdőtípus korábban alulbecsült fajgazdagságát. A kimutatott fajok kevés kivétellel a széles elterjedésű, lombhullató fajokon gyakori fajok jelenlétét igazolták. A kimutatott fajok kivétel nélkül a hazai erdők tipikus lombzatlakó pókjai. Jellemző, hogy a hálószővők között a viszonylag kis hálóátmérőjű kerekhálósok vannak többségben. A képviselt zsák-mányszerzési típusok, valamint a magas egyedszámok alapján kijelenthető, hogy a bükk lombkoronájában jelentős anyagforgalmi szerepet játszanak a pókok. Elsősorban a kistestű repülő rovarok tömeges fogyasztására lehet következtetni. Az alábbi kilenc faj tette ki az összegyűjtött több, mint 80%-át. Abundanciájuk sorrendjében: *Anyphaena accentuata*, *Metellina mendei*, *Mangora acalypha*, *Neriene peltata*, *Diaea dorsata*, *Cyclosa conica*, *Tetragnatha pinicola*, *Araneus sturmi* és *Ballus chalybeius*. A hálószővők többsége a lombzaton évente más területekről, illetve a kokonokból kelő fiatalokkal is kolonizálja. A fiatal (juvenilis, subadult) állapotban áttelelő fajok többsége az avarszintbe húzódik vissza a következő évi lombfakadásig.

A bükkösök avarszintjére jellemző a közepesen nedves (szemihumid) mikroklíma, amihez az avar mélyebb rétegeinek korlátozott fényviszonyai társulnak. Nem véletlen, hogy számos barlangkedvelő (troglófil) faj is jelen van az avarszint pókközösségében. Az avarszintben megemlítésre kerülő fajoknál Mammola és munkatársai (2022) munkáját alapul véve jelöljük a troglófil fajokat (tf). Az élőhelyi sokféleséget a talajon fekvő holtfák mennyisége is jelentősen növeli. A bükkösök avarszintjének felszínén mozgó vadászpókok leg-tömegesebb faja országosra a sárgafoltos, illetve a közönséges gyászfarkaspók (*Pardosa alacris*, *P. lugubris*), amelyek a lombos erdő avarszintjének domináns fajai, így valójában nincs specifikus kötődésük a bükkösökhöz. Az utóbbi (*P. lugubris*) a magasabb térszinteken, a tipikus montán bükkösökben, egészen a szubalpin régióig követi a közép-európai erdőket (Urák & Samu 2008; Urák et al. 2010).

Az avar és a holtfa jelentős mennyisége egyaránt kedvez néhány térhálós pókfajnak, melyek közül magas abundanciával képviselt néhány zugpók (*Histopona torpida*, *Inermocoelotes inermis*). A *Tegenaria silvestris*

(tf) is tipikus lehet a kiegyenlített magasabb páratartalmú avartakaróban. A Soproni-hegység montán bükköseiben jellemző, szórványos gyakoriságú faja a *Cybaeus tetricus*. Tőlünk nyugatabbra több szerző a *Cybaeus angustiarum* bükkösökben való jelenlétét említi (Blick 2010). Az erdők avarszintjének jellemző fajai a szárazföldi ászkákkel táplálkozó fojtópókok. Közülük a bükkösökben elsősorban a *Harpactea lepida*, valamint a *Dasumia canestrinii* a leggyakoribbak. Az eretnekpókok több faja (*Amaurobius ferox* (tf), *A. jugorum*, *Callobius claustrarius*) mikroklíma- és struktúrákövető viselkedésük okán a sziklakibúvásos, lábön száradt és kidőlt fatörzseket is rejtő bükkösökben tipikusak. A kövipókokat legnagyobb gyakorisággal a *Haplodrassus silvestris*, az avarpókokat pedig az *Apostenus fuscus* képviseli. A kiegyenlített klimatikus viszonyok, illetve a homogén lombavar viszonylag stabil struktúrája roppant kedvező élőhely a többségében kisméretű térhálós vitorlaspókok számára, így nem meglepő, hogy ennek a családnak a legnagyobb a fajgazdagsága ebben a szintben. A hazai és közép-európai viszonylatban egyaránt jellemző vitorlaspókok közül az alábbiakat emeljük ki: *Diplocephalus latifrons*, *D. picinus*, *Tenuiphantes tenebricola*, *T. flavipes* (tf), *Centromerus silvicola*, *Diplostyla concolor*, *Lasiargus hirsutus*. A szintén térhálós törpepókokat legtöbbször a *Robertus lividus* képviseli. A fenti fajok más vastag avarú és üde erdőkben is előfordulnak, ugyanakkor igazi különlegességeket is rejthet az avartakaró. Ehhez az igazán mélyavarú erdőrészeket, szurdokaljakat, töbröket kell vizsgálni. Az avar felszíne alá süllyesztett (elfedett talajcsapdákkal) vagy a felső avarréteg eltávolítását követően végzett rostálással vagy motoros szívóval való gyűjtés során lehet a leghatékonyabban nyomukra akadni. Egy igazi specialistának tekinthető a *Gongylidiellum edentatum*. A faj eddig csak az Alpok térségéből ismert, és a montán bükkösök feletti lucos övben, sőt egyes magashegységi tőzeglápokban, jóval az erdőhatár felett is előfordul (Nentwig et al. 2023). A Soproni-hegység bükköseinek több pontján, 400–500 méteres tengerszint feletti magasságon is kimutatták (Szinetár & Kovács 2019; Bali et al. 2019, 2020). Szintén figyelemre méltó a *Troglohyphantes noricus* (tf) (5.2.-35. ábra) jelenléte a nyugati határszél bükköseiben, mivel szinte csak a montán elegyes bükkösökben, a szubalpin régióig jellemző faj. Végezetül még egy ritkaság érdemel említést a bükkavar „dunyhából” (Kropf 1988). A páncélos paránypók (*Comaroma simoni*) (tf) (5.2.-36. ábra) családjának egyetlen hazai faja. A Soproni-hegységtől az Őrség bükköseiig több ponton is sikerrel kimutatták (Kovács et al. 2012; Szinetár & Kovács 2019). A bükk kérgéről (törzs és vastag ágak) származó gyűjtésekből Európában mintegy 22 fajnak van adata (Szinetár & Horváth 2006). Ezek szinte kivétel nélkül az általánosan jellemző, úgynevezett valódi kéreglakó pókfajok, melyekkel más fafajok kérgén is találkozhatunk (*Moebelia penicillata*, *Marpissa muscosa*, *Micaria subopaca*, *Porrhoclubiona leucaspis*). Egy fajt szükséges kiemelni, melynek előfordulása egyértelműen kötődik a bükkhöz. A tüskésszájú vitorlapók (*Drapetisca socialis*) (5.2.-37. ábra) a kéreg felszínén található kisebb-nagyobb egyenetlenségek, dudorok (fagydudorok, golyvás elváltozások) alá húzódik be, és ott egy csaknem végletekig leegyszerűsödött térhálót készít.



5.2.-35. ábra. A *Troglohyphantes noricus* a montán, elegyes bükkösök jellemző faja (Fotó: Szinetár Csaba)



5.2.-36. ábra. A páncélos paránypók (*Comaroma simoni*) családjának egyetlen hazai faja. A Soproni-hegységből és az Őrség bükköseiből is több pontról előkerült (Fotó: Szinetár Csaba)



5.2.-37. ábra. A tüskésszájú vitorlapók (*Drapetisca socialis*) a kérgen található kisebb-nagyobb egyenetlenségek, dudorok alá húzódik be (Fotó: Kiss Tamás)

A kérgen megpihenő, közlekedő rovarokat zsákmányolja. A pók színe is segíti rejtőzködését, tökéletesen beolvad a kéreg színébe és mintázatába. Ha közelebb hajolunk a törzshöz és óvatosan ráfújunk a vélt tartózkodási helyeire, könnyen észlelhetjük a borsszemnél is kisebb pókokat, melyek megiramodnak, szinte odébb „gurulnak” egy újabb menedéket jelentő kéregegyenetlenség oltalmába (Szinetár & Kovács 2019). Említést érdemel, hogy az Észak-Amerikában honos bükk (*Fagus grandifolia*) törzsén a *Drapetisca alteranda* mutat hasonló habitatspecialista előfordulást (Larriee & Buddle 2010). A rejtőszínezet látványos példajaként emelhető ki még a bükk kérgén előforduló fajok közül a bükkfa fűrgekaro (*Philodromus margaritatus*) (Szinetár 2006).

Irodalom

- Altenkirch W. 1986: Die Veränderung natürlicher Waldgesellschaften Norddeutschlands und ihre Folgen für den Ökosystem- und Artenschutz aus zoologischer Sicht. – Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung, Jahrestagung Luxemburg 21–23 Mai, 1986., 17 pp.
- Ambrus A., Danyik T., Kovács T. & Olajos P. 2018: Magyarország szitakötőinek kézikönyve (Handbook on Dragonflies and Damselflies of Hungary). – Magyar Természettudományi Múzeum, Herman Ottó Intézet, Budapest, 290 pp.
- Andorkó R. 2014: Studies on carabid assemblages and life-history characteristics of two *Carabus* (Coleoptera, Carabidae) species. – Ph.D. dissertation, Eötvös Loránd University, Budapest, 97 pp.
- Andrési D. 2019: Mesterségesen kialakított lékek hatása két Vas megyei erdő futóbogár-együttesére. – PhD értekezés, Soproni Egyetem, Sopron, 140 pp.
- Andrési R., Janik G., Fürjes-Mikó Á., Eötvös Cs. B. & Tuba K. 2018: A bükkfatapló [*Fomes fomentarius* (L. ex. Fr.) Kickx.] bogárfaunisztikai vizsgálata Magyarországon. – Erdészettudományi Közlemények 8(2): 71–82.
- Andrési R. & Tuba K. 2018: Comparative study of the *Fomes fomentarius* and *Trametes gibbosa* beetle communities in Hidegvíz Valley, Sopron Mts., Hungary. – Community Ecology 19(2): 141–147.
- Bali L., Kiss K.I. & Tuba K. 2019: A Hidegvíz-völgy Erdőrezervátum talajfelszín közeli pókegyütteseinek jellemzése. – Növényvédelem 80(9): 385–391.
- Bali L., Tuba K. & Szinetár Cs. 2020: A Roth-féle szálaló erdő arachnológiai vizsgálata. – Erdészettudományi Közlemények 10(2): 109–124.
- Blick T. 2010: Ground-dwelling spider fauna in Natural Forest Reserves in Hesse, Germany. – Book of Abstracts, 18th International Congress of Arachnology 2010, Siedlce, Poland, p.86.
- Csóka Gy. 1997a: Herbivor rovarok fajgazdagsága erdei fákon. – In: Mátyás Cs. (szerk.): Erdészeti ökológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 184–186.
- Csóka Gy. 1997b: Gubacsok – Plant galls. – Agroinform, Budapest, 160 pp.
- Csóka Gy. 2003: Levélaknák és levélaknázók – Leaf mines and leaf miners. – Agroinform, Budapest, 192 pp.
- Csóka Gy. & Kovács T. 1999: Xilofág rovarok – Xylophagous insects. – Agroinform, Budapest, 189 pp.
- Farkas H. 1966: Gubacsatkák – Eriophyidae. Fauna Hungariae 81(18). – Akadémiai Kiadó, Budapest, 164 pp.
- Hopkin S.P. 1997: Biology of the Springtails (Insecta: Collembola). – University Press, Oxford, 340 pp.
- Horvatovich S. 2000: A Villányi-hegység futóbogarai (Coleoptera: Carabidae) II. – In: Uherkovich Á. (szerk.): A Villányi-hegység botanikai és zoológiai alapfelmérése. Dunántúli Dolgozatok (A) Természettudományi Sorozat 10: 175–187.
- Hövmeyer K. & Stippich G. 2000: Assessing spider community structure in a beech forest: Effects of sampling method. – European Journal of Entomology 97(3): 369–375.
- Hsieh Y-L. & Linsenmair K.E. 2011: Underestimated spider diversity in a temperate beech forest. – Biodiversity and Conservation 20: 2953–2965.
- Hunter M.D. 1987: Sound production in larvae of *Diurnea fagella* (Lepidoptera: Oecophoridae). – Ecological Entomology 12: 355–357.
- Kampichler C. & Teschner M. 2002: The spatial distribution of leaf galls *Mikiola fagi* (Diptera: Cecidomyiidae) and *Neuroterus quercusbaccarum* (Hymenoptera: Cynipidae) in the canopy of a Central European mixed forest. – European Journal of Entomology 99: 79–84.
- Kádár F. 1999: Osztag: Caraboidea – Futóbogár-alkatúak. In: Tóth J. (szerk.): Erdészeti rovartan. Agroinform Kiadó, Budapest, pp. 196–201.
- Kádár F. & Szél Gy. 1999: Species composition and occurrence of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in Pilis Biosphere Reserve, Hungary: a pitfall trap study. – Folia Entomologica Hungarica 60: 205–213.

- Kennedy C.E.J. & Southwood T.R.E. 1984: The number of species of insects associated with British trees: a re-analysis. – *Journal of Animal Ecology* 53: 455–478.
- Kontschán J., Murányi D. & Traser G. 2003: Data to the distribution of the *Tetrodontophora bielanensis* (Waga, 1842) (Collembola: Onychiuridae). – *Annales historico-naturales Musei nationalis hungarici* 95: 107–111.
- Kostanjsek F., Sebek P., Baranova B., Seric Jelaska L., Riedl V. & Cizek L. 2018: Size matters! Habitat preferences of the wrinkled bark beetle, *Rhysodes sulcatus*, the relict species of European primeval forests. – *Insect Conservation and Diversity* 11(6): 545–553.
- Kovács P., Szinetár Cs. & Szűts T. 2012: A Nyugat-magyarországi peremvidék (Győr-Moson-Sopron, Vas és Zala megyék) pókfaunája. – *A NYME SEK Tudományos Közleményei XIX. Természettudományok* 14: 165–229.
- Kovács T. 2001: Kérészlárva a Mátrából (Ephemeroptera). (Mayfly larvae from the Mátra Mountains (Ephemeroptera)). – *Folia historico-naturalia Musei Matraensis* 25: 163–169.
- Kovács T. 2007: Re-identification of four mayfly species from Hungary (Ephemeroptera). – *Folia historico-naturalia Musei Matraensis* 31: 131–132.
- Kovács T. 2018: Ritka és természetvédelmi szempontból jelentős bogarak (Coleoptera) az Északi-középhegység területéről. (Rare and protected beetles (Coleoptera) from the North Hungarian Mts.) – *Folia historico-naturalia Musei Matraensis* 42: 149–162.
- Kovács T. 2021: A kerekvállú állasbogár (*Rhysodes sulcatus*) monitorozása. – In: Kemencei Z. & Patalenszki A. (szerk.): Módszertani kézikönyv a hazánkban előforduló egyes közösségi jelentőségű állatfajok terepi vizsgálatához. Agrárminisztérium, Budapest, pp. 198–213.
- Kovács T., Bátorfi G., Huber A. & Urbán L. 2017: Ritka és természetvédelmi szempontból jelentős bogarak (Coleoptera) a Bükk, az Aggteleki-karszt és a Putnoki-dombság környékéről. – *Folia historico-naturalia Musei Matraensis* 41: 167–180.
- Kovács T., Domboróczki G. & Urbán L. 2015: Ritka és természetvédelmi szempontból jelentős bogarak (Coleoptera) Lillafüred környékéről. – *Folia historico-naturalia Musei Matraensis* 39: 55–61.
- Kovács T. & Hegyessy G. 1989: A *Necydalis major* L. új magyarországi lelőhelye, adatok életmódjához (Coleoptera, Cerambycidae). – *Folia historico-naturalia Musei Matraensis* 14: 129–131.
- Kovács T., Magos G. & Urbán L. 2010: Ritka és természetvédelmi szempontból jelentős rovarok (Insecta) a Mátra és Tarnavidék területéről II. – *Folia historico-naturalia Musei Matraensis* 34: 181–195.
- Kovács T. & Murányi D. 2023: Data to the Hungarian distribution of Plecoptera III. – *Folia historico-naturalia Musei Matraensis* 47: 55–65.
- Kovács T. & Németh T. 2010: Ritka szaproxilofág bogarak Magyarországról (Insecta: Coleoptera). – *Folia historico-naturalia Musei Matraensis* 34: 133–139.
- Kovács T. & Németh T. 2012: Ritka szaproxilofág állattanóbogarak, pattanóbogarak és lárváik a Mátra és a Bükk területéről (Coleoptera: Cerophytidae, Elateridae). – *Folia historico-naturalia Musei Matraensis* 36: 19–28.
- Kropf C. 1998: Distribution and geographic variation of *Comaroma simonii* Bertkau, 1889 (Arachnida, Araneae, Anapidae). – In: Ebermann E. (ed.): *Arthropod Biology: Contributions to Morphology, Ecology, and Systematics. Biosystematics and Ecology Series* 14: 315–331.
- Kutasi Cs. 1998: Ritka futóbogarak (Coleoptera: Carabidae) a Keleti-Bakonyból. – *Folia Musei historico-naturalis Bakonyiensis* 13: 63–72.
- Kutasi Cs. 2023: Futóbogár-együttesek (Coleoptera: Carabidae) vizsgálata a Cuha-völgyben és a Kő-árokban. – *Folia Musei historico-naturalis Bakonyiensis* 40: 101–114.
- Kutasi Cs. & Szél Gy. 2000: A vértesi Majkpuszta környékének futóbogarak (Coleoptera: Carabidae) – *Folia Entomologica Hungarica* 61: 282–295.
- Lakatos F. 2019: Honos, behurcolt és várható, a fatestben fejlődő szúfajok Magyarországon. – *Növényvédelem* 55(12): 523–535.
- Larriee M. & Buddle C.M. 2010: Scale dependence of tree trunk spider diversity patterns in vertical and horizontal space. – *Ecoscience* 17: 400–410.
- Loksa I. 1956: Zönnologische Untersuchungen von Collembolen im Bükkgebirge. – *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 2: 379–419.
- Loksa I. & Rubio I. 1966: Anagben zu den Kenntnissen über die Collembolenfauna des Bakony-Gebirges. – *Opuscula Zoologica* 6(1): 139–156.
- Mammola S., Pavlek M., Huber B. A., Ballarin F., Tolve M., Čupić I., Hesselberg T., Lunghi E., Mouron S., Graco-Roza C. & Cardoso P. 2022: A trait database and updated checklist for European subterranean spiders. – *Scientific Data* 9(236): 1–13.

- Merkel O. & Vig K. 2009: Bogarak a pannon régióban. – Vas Megyei Múzeumok Igazgatósága, B. K. L. Kiadó, Magyar Természettudományi Múzeum, Szombathely, 496 pp.
- Midtgaard F., Rukke B.A. & Sverdrup-Thygeson A. 1998: Habitat use of fungivorous beetle *Bolitophagus reticulatus* (Coleoptera: Tenebrionidae): Effect of basidiocarps size, humidity and competitors. – *European Journal of Entomology* 95: 559–570.
- Muskovits J. & Hegyessy G. 2002: Magyarország díszbogarai. – Grafon Kiadó, Nagykovácsi, 404 pp.
- Müller J., Brunet J., Brin A., Bouget C., Brustel H., Bussler H., Förster B., Isacson G., Köhler F., Lachat T. & Gossner M. 2013: Implications from large-scale spatial diversity patterns of saproxylic beetles for the conservation of European Beech forests. – *Insects Conservation and Diversity* 6(2): 162–169.
- Nagy F., Szél Gy. & Vig K. 2004: Vas megye futóbogár-faunája (Coleoptera: Carabidae). – *Praenorica Folia historico-naturalia* 7: 235 pp.
- Nentwig W., Blick T., Bosmans R., Gloo, D., Hänggi A. & Kropf C. 2023: Spiders of Europe, version 12.2023. – Online at <https://www.araneae.nmbe.ch>.
- Overgaard Nielsen B. & Ejlersen A. 1977: The distribution pattern of herbivory in a beech canopy. – *Ecological Entomology* 2(4): 293–299.
- Rejzek M. & Vlasák J. 2000: Larval nutrition and female oviposition preferences of *Necydalis ulmi* Chevrolat, 1838. – *Biocosme mesogéen* 16(1–2): 55–66.
- Ripka G. 2020: Erdei fa- és cserjefajok gubacsatkái (Acari: Eriophyoidea). – *Erdészettudományi Közlemények* 10(2): 83–95.
- Rojek P. 2005: Occurrence of disease symptoms and selected biotic factors connected with beech (*Fagus sylvatica* L.) dieback phenomenon in stands of the Magurski National Park. – *Acta Agrobotanica* 58(2): 441–452.
- Rusek J. 2001: Microhabitats of Collembola (Insecta: Entognatha) in beech and spruce forests and their influence on biodiversity. – *European Journal of Soil Biology* 37: 237–244.
- Salamon J.-A. 2001: Die Collembolengemeinschaften in Buchen- und Fichtenäldern des Sollings: Der Einfluss von Baumischung, Nahrung und mechanischer Störung. – *Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Göttingen, Reihe A, Band 176*: 1–166.
- Salamon J.-A., Schaefer M., Alpei J., Schmid B. & Scheu S. 2004: Effects of plant diversity on Collembola in an experimental grassland ecosystem. – *Oikos* 106: 51–60.
- Skuhrová M. & Skuhrový V. 2021: The Gall Midges of Europe. – KNNV Publishing, Zeist, 456 pp.
- Skuhrová M. & Thuróczy Cs. 2007: Parasitic Hymenoptera reared from galls of Cecidomyiidae (Diptera) in Europe. – *Acta Zoologica Universitatis Comenianae* 47(2): 203–221.
- Stokland J.N.; Siitonen J. & Jonsson B.G. 2012: Biodiversity in Dead Wood. – Cambridge University Press, Cambridge, 509 pp.
- Szél Gy. 1996: Rhyssodidae, Cicindelidae and Carabidae (Coleoptera) from The Bükk National Park. – In: Mahunka S. (ed.): *The Fauna of the Bükk National Park II*. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 159–222.
- Szél Gy. 1999: Carabidae (Coleoptera) from the Aggtelek National Park. – In: Mahunka S. (ed.): *The Fauna of the Aggtelek National Park, II*. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 151–170.
- Szél Gy., Merkel O. & Makranczy Gy. 2010: Bogárfaunisztikai vizsgálatok a Szigetközben. – In: Gubányi A. & Mészáros F. (szerk.): *A Szigetköz állattani értékei*. Magyar Természettudományi Múzeum és Co-Libri Reklámgrafika, Budapest, pp. 63–86.
- Szél Gy., Retezár I., Bérces S., Fülöp D., Szabó K. & Péntes Zs. 2007: Magyarország futrinkái. – In: Forró L. & Mahunka S. (szerk.): *A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása*. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 81–106.
- Szinétár Cs. 2006: Pókok. Keresztespókok, farkaspókok, ugrópókok és rokonaik a Kárpát-medencében. – *Élővilág Könyvtár, Kossuth Kiadó, Budapest*, 112 pp.
- Szinétár Cs. & Horváth R. 2006: A review of spiders on tree trunks in Europe (Araneae). *European Arachnology* 2005. – *Acta Zoologica Bulgarica, Suppl. 1*: 221–257.
- Szinétár Cs. & Kovács P. 2019: Pókszabásúak. – In: Kárpáti L. (szerk.): *Soproni Tájvédelmi Körzet. Monografikus tanulmányok a Soproni-hegység természeti és kulturális értékeiről*. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest, pp. 134–139.
- Tóth L. 1980: A farkasgyepűi bükkös ökoszisztéma ragadozó (Carnivor) bogarainak vizsgálata a talajszintben. – *Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei* 15: 73–91.
- Traser Gy. & Csóka Gy. 2001: A mezofauna – Insecta: Collembola – átotthalmi fenő- és tölgyerdők talajában. – *Erdészeti Kutatások* 90: 231–240.
- Urák I., Hartel T. & Balogh A. 2010: The influence of Carpathian landscape scale on spider communities. – *Archives of Biological Science, Belgrade* 62(4): 1231–1237.

- Urák I. & Samu F. 2008: Contribution to the spider fauna of the Mohoš peat bog from Transylvania, with some new data for Romania). – North-Western Journal of Zoology 4(1): 50–60.
- Wallwork J.A. 1970: Ecology of Soil Animals. – McGrawHill, London, 283 pp.
- Winkler D. 2019: Ugróvillások (Collembola). – In: Kárpáti L. (szerk.): Soproni Tájvédelmi Körzet – Monografikus tanulmányok a Soproni-hegység természeti és kulturális értékeiről. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest, pp. 133–135.
- Winkler D. & Mateos E. 2018: Redescription of *Lepidocyrtus peisonis* Traser & Christian, 1992 with notes on *Lepidocyrtus mariani* Traser & Dányi, 2008 (Collembola: Entomobryidae). – Zootaxa 4375 (3): 392–408.
- Winkler D. & Novák E. 2023: Idegenhonos fafajú és természetserű erdők összehasonlító talajfaunisztikai vizsgálata a Soproni-hegységben. – In: Czímber K. (szerk.): Az Erdőmérnöki Kar Tudományos Kiadványa. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 276–282.
- Winkler D. & Tóth V. 2012: Effects of Afforestation with Pines on Collembola Diversity in the Limestone hills of Szárhalom (West Hungary). – Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 8: 9–20.
- Winkler D. & Traser Gy. 2012: Eco-faunistic study on the Collembola fauna in the Vasvár-Nagymákfa area (Western Hungary). – Natura Somogyiensis 22: 39–52.



5.2.-38. és 5.2.-39. ábra. A sarjeredetű, idősebb bükkösökben előforduló dendrotelmák fajgazdag gerinctelen életközösségek számára (egysejtűek, légy- és bogárlárvák, kisméretű rákok, különböző férgek stb.) biztosítanak életteret (Fotók: Horváth Csaba és Horváth Iván)

5.3. A bükkösök csigái

Varga András

A bükkösök csigavilága kettősséget mutat. A szárazabb, plakor (többlet vízhatástól független) helyzetű élőhelyek diverzitása alacsony, általánosan elterjedt szárazságtűrő erdei fajok jellemzik, nagy hasonlatosságot mutatva a tölgyesek faunájával. A magasabban fekvő montán bükkösök párás, kiegyenlített klímájú területein a fajszám ugrásszerűen megnő, különösen akkor, ha az erdőben árnyas sziklakibukkanások vagy korhadó fatörzsek találhatók. El lehet mondani, itt a fajegyüttesek összetétele szinte lépésenként változik, annak megfelelően, ahogy a terület mikrodomborzati viszonyai azt meghatározzák.

A hazánkban élő szárazföldi csigafajoknak mintegy fele, közel 80 faj megtalálható bükkösöseinkben is. Az itt előforduló csigafajok teljességre törekvő felsorolásának nincs jelentősége, de mindenképp megemlítenők azok, amelyek csupán ebben a környezetben fordulnak elő, itt is megkülönböztetve a savanyú, illetve a meszes területek jellegzetességeit. A hazai mészkőhegységekben a csigák faj- és egyedszáma rendkívül magas is lehet, ezzel szemben a savanyú (vulkanikus) területeken az egyedszámuk radikális csökkenésével lehet számolni.

Rejtőzködő életmódja miatt nehéz rábukkanni az apró termetű *Platyla polita* (hegyescsiga) példányaira, napközben mélyen a sziklarepedésekben vagy a korhadó fák kérge alatt húzzák meg magukat. A bükkösökben lévő sziklák ritkasága a *Vertigo alpestris* (havasi törpecsiga). Az *Aspasita triaria* (észak-kárpáti csiga) reliktum populációi kizárólag a Bükk hegység sziklás völgyeiben, izoláltan élnek (Fehér et al. 2007). Kis számban lehet rábukkanni a szórványosan előforduló *Ena montana* (hegyi csavarcsiga) fajra. Ez a másfél cm körüli barnás színű állat az avarban, kövek alatt, vagy a farönkökben rejtőzik. Legnagyobb hazai állománya a Bükk hegységben él. A csigák talán legszebb képviselői a hosszúra nyúlt orsócsigák, sziklarepedésekben, mélyen a kövek között, elhalt fák kérge alatt, vagy magában a korhadó fatörzsekben fordulnak elő. A magasabb régiók lakója a *Bulgarica cana* (kéttarajos orsócsiga), igazi ritkaság, izolált populációi különös értéket képviselnek (Sólymos 2005). A zempléni-hegységi bükkösök vízcorgásos helyein, él a *Vestia gulo* (tömzsi orsócsiga). A *Vestia turgida* (kárpáti orsócsiga) a Börzsöny és a Bükk jellemző ritkasága, védett. Izolált populációi egy-egy völgyhöz, sziklaalakzathoz kötődnek. Kárpáti faj a *Cochlodina cerata* (sima orsócsiga), a Börzsönytől a Zempléni-hegységig fordul elő, a Duna vonalát nem lépi át. A *Cochlodina orthostoma* (selymes orsócsiga) kisebb nagyobb populációi a magasabb régiókat lakják. Védett ritkaság a *Bielzia coeruleans* (kék meztelencsiga – 5.3.-1. ábra) csak a Bükk és a Zempléni-hegységben fordul elő, míg a másik nagytermetű meztelencsigánk a *Limax cinereoniger* (sávostalpu meztelencsiga) általánosan elterjedt és gyakori. Mindkét faj napközben az elhalt, korhadó törzsek kérge alatt vagy a talaj repedéseiben rejtőzik. A *Discus ruderratus* (barna diszkoszcsiga) holarktikus elterjedésű, a Kárpátok területén elszórtan fordul elő. Hazai apró elszigetelt populációi szinte kivétel nélkül a bükköseinkhez kötődnek. Rendkívül sérülékenyek, a legkisebb erdészeti beavatkozás is, ami negatív hatással van az élőhely magasabb páratartalmára, a populációit veszélybe sodorhatja.

A ragadozó csigák közül megemlíthető a *Cellariopsis deubeli* (keleti kristálycsiga), kárpáti elterjedésű bennszülött faj, a bükkösök magasabb régióiban ritka. Rokona a szintén védett *Mediterr-*



5.3.-1. ábra. A védett, ritka kék meztelencsiga (*Bielzia coeruleans*) csak a Bükk és a Zempléni-hegységben fordul elő (Fotó: Varga András)

ranea depressa (lapos kristálycsiga), keletalpesi faj, az egyik legritkább hazai csigánk. A bükkösök laza avarjában szórványosan fordul elő a *Lozekia transsylvanica* (erdélyi pikkelycsiga). Közeli rokona a Natura 2000-es jelölő faj, a *Kovacsia kovacsi* (dobozi pikkelycsiga), amit a Békés vármegyei Doboz község tölgyeseiben fedeztek fel az 1970-es években. Legnagyobb meglepetésre előkerült a Zempléni-hegység területén is (Deli et al. 2010). A bükkösökben lévő árnyas sziklák, illetve az elhalt korhadó fainak ritkasága a *Faustina faustina* (sávcsiga – 5.3.-2. ábra) a Börzsönytől a Zempléni-hegységig fordul elő hazánkban. Több itt élő fajhoz hasonlóan ez is kárpáti elterjedéssel bír. Fakéreg alatt vagy az avarban él a *Helicodonta obvolvata* (korongcsiga) és két védett faj, az *Isognomostoma isognomostomos* (háromfogú csiga) és a *Monachoides vicinus* (fehérínyű csiga) (Soós L. 1943; Fehér & Gubányi 2001; Pintér & Suara 2004).



5.3.-2. ábra. Bükkösökben lévő árnyas sziklák, illetve az elhalt korhadó fák ritka, ragadozó faja a sávcsiga (*Faustina faustina*) (Fotó: Varga András)

Irodalom

- Deli T., Domokos T., Varga A. & Fehér Z. 2010: A pikkelycsigák élőhely-preferenciája, elterjedése, elterjedés-története és mindezek természetvédelmi vonatkozásai. – *Crisicum* 6: 123–134.
- Fehér Z. & Gubányi A. 2001: The catalogue of the Mollusca Collection of the Hungarian Natural History Museum. In: Fehér Z. & Gubányi A. (szerk.): A magyarországi puhatestűek elterjedése (Distribution of the Hungarian molluscs) I. – Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, 466 pp.
- Fehér Z., Varga A., Deli T., Domokos T., Szabó K., Bozsó M. & Péntes Zs. 2007: Filogenetikai vizsgálatok védett puhatestűeken. In: Forró L. (szerk.): A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása. – Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 183–200.
- Pintér L. & Suara R. 2004: Magyarországi puhatestűek katalógusa hazai malakológusok gyűjtései alapján. (Catalogue of the Hungarian molluscs based on the collectings of Hungarian malacologists). – Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, 574 pp.
- Soós L. 1943: A Kárpát-medence Mollusca-faunája. Magyarország természetrajza, I. Állattani rész. – Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 478 pp.
- Sólymos P. 2005: Természetvédelmi prioritások meghatározása Magyarország szárazföldi puhatestűinek elterjedési adatai alapján (Mollusca, Gastropoda). – Doktori (PhD) értekezés, Debreceni Egyetem, Debrecen, 120 pp.



Fotó: Csóka György

6. A BÜKK HELYE

A HAZAI ERDŐGAZDÁLKODÁSBAN – RÉGEN ÉS MOST

6.1. A bükk növekedési tulajdonságai, a bükkösök fatermése	270
Faterfogat táblák (<i>Kollár Tamás</i>)	270
Fatermési táblák (<i>Kollár Tamás</i>)	274
Egyváltozós faterfogat függvény (<i>Veperdi Gábor</i>)	279
A hazai bükkösök élőfakészlete és folyónövedéke (<i>Kollár Tamás</i>)	281
6.2. A gazdálkodás hatása a bükkösökre (<i>Bölöni János</i>)	283
6.3. A bükkösök erdőművelési módszerei	291
A bükk szaporítóanyag termesztése (<i>Frank Norbert és Bordács Sándor</i>)	291
A bükk erdőfelújítása és erdőnevelése (<i>Frank Norbert, Kollár Tamás, Csépanyi Péter és Váradi József</i>)	295
Bükkösök természetes erdőfelújításának módszerei, lehetőségei	295
Bükkösök hagyományos erdőnevelése	301
Örökerdő-gazdálkodás bükkösökben	305
6.4. Erdőhasználati módszerek és lehetőségek bükkösökben (<i>Szakálosné Mátyás Katalin, Váradi József, Csépanyi Péter és Frank Norbert</i>)	312
Választékszerkezet	312
Fahasználat	315
Mellékhaszonvételi lehetőségek	317
6.5. A bükkgazdálkodás gyakorlati vonatkozásai (<i>Bakó Csaba, Bálint László, Bányai Péter, Barton Zsolt, Berger Péter, Birinyi Mátyás, Csépanyi Péter, Freller Mónika, Göndöcz Péter, Gulyás Gábor, Hulják Péter, Isó Lajos, Káldi Lajos, Kelemen Csaba, Keszericze Jenő, Korn Ignác, Köveskúti Zoltán, Laczkó Péter, Limp Tibor, Merczel István, Nagy Barnabás, Pataki Zsolt, Pintér István, ifj. Pintér Ottó, Rosta Katalin, Sajgó Ferenc, Sándor Zsolt, Szegedi László, Tajnai Róbert, Török András, Varga Zoltán és Vasas Ernő</i>)	320
6.6. A bükkösök ökonómiai értékelése (<i>Hillebrand Rudolf, Kovács Zoltán, Mertl Tamás és Schiberna Endre</i>)	333
A bükkösök erdővagyon-gazdálkodása és haszosítása	333
A száraló bükkösök ökonómiai vizsgálata	336
A bükk álgeszt gazdasági hatása	337
6.7. A bükk faanyaga és annak felhasználása	340
A bükk mikro- és makroszkópos anatómiai felépítése (<i>Komán Szabolcs</i>)	340
A fatest mikroszkópos jellemzői	340
A fatest makroszkópos jellemzői	340
A bükk faanyagának fizikai tulajdonságai (<i>Fehér Sándor</i>)	341
A bükk faanyagának mechanikai tulajdonságai (<i>Németh Róbert</i>)	343
A bükk álgesztesedése (<i>Németh Róbert</i>)	344
A bükk faanyagának tartóssága (<i>Horváth Norbert</i>)	346
A bükk gőzölése (<i>Tolvaj László</i>)	347
A bükk faanyagának módosítása (<i>Bak Miklós</i>)	349
A bükk faanyagának felületkezelése, ragasztása (<i>Csiha Csilla</i>)	351
A fehér és az álgesztes bükk faipari célú felhasználása (<i>Báder Mátyás</i>)	355
A bükk faanyagának nem faipari hasznosítása (<i>Németh Róbert</i>)	357
A bükk favizsgálói szempontú tulajdonságai (<i>Kelemen Géza és Tuba Katalin</i>)	359

6.1. A bükk növekedési tulajdonságai, a bükkösök fatermése

Fatérfogat táblák

Kollár Tamás

A bükk egyesfák fatérfogatának kiszámításához a 2 618 ténylegesen felvett törzs alapján készített fatömegszámítási táblázatok, illetve függvények nyújtanak segítséget (Sopp & Kolozs 2013). A fatömegszámítási táblázatok függvényesítése azok harmadik kiadásakor, 2000-ben történt meg. Jelen fejezetben kivonatolva közöljük a bükk fafajra vonatkozó legfontosabb paramétereket és táblázatokat.

Az összesfára, illetve vastagfa (5 cm csúcsátmérőig) térfogatra alkalmazható Király-féle fatérfogat-függvény paramétereit a 6.1.-1. táblázat tartalmazza.

$$v = (p_1 + p_2 \cdot d \cdot h + p_3 \cdot d + p_4 \cdot h) \cdot \left(\frac{h}{h - 1,3}\right)^k \cdot \left(\frac{d^2 \cdot h}{10^8}\right)$$

ahol: v a fatérfogat (m^3);
 d a mellmagassági átmérő (cm);
 h a famagasság (m);
 $p_1 \dots p_4$ paraméterek (6.1.-1. táblázat);
 k kitevő

6.1.-1. táblázat. A Király-képlet bükk fafajra vonatkozó paraméterei

Paraméterek	p_1	p_2	p_3	p_4	k	d_{\max}
Vastagfa térfogat	3142,54244843	0,08442338	10,52150771	9,98364832	1	70
Összesfa	4613,00141835	0,716016063	-5,23817265	-34,00341446	1	70

A függvények használata a táblázatokban közölt adatokon túl (d_{\max}) bizonytalan. Ennek az az oka, hogy az extrapolálás már nem támaszkodhat alapadatokra. Óvatosságból a szélső adatokon túl az utolsó alakszámmal (alakmagassággal) célszerű köbtartalmat számolni.

A vékonyfa (5 cm csúcsátmérő alatt) értelemszerűen az alábbi képlettel számolható:

$$V_{\text{vékonyfa}} = V_{\text{összesfa}} - V_{\text{vastagfa}}$$

Az alakmagasság-függvényt úgy kapjuk meg, hogy a fentebbi függvényben elvégezzük a $4/\pi/10^4$ -nel való szorzást, és az egész függvényt a famagassággal megszorozzuk:

$$fh = (p_1 + p_2 \cdot d \cdot h + p_3 \cdot d + p_4 \cdot h) \cdot \left(\frac{h}{h - 1,3}\right)^k \cdot \left(\frac{4}{\pi \cdot 10^4}\right) \cdot h$$

Az alábbiakban közöljük a bükk fatömegszámítási tábláinak kivonatait 70 cm-es átmérőig (6.1-2., 6.1-3., 6.1.-4. és 6.1.-5. táblázat).

6.1.-2. táblázat. A bükk összes fatömege (kivonat)

Fa- ma- gasság	BÜKK														Fa- ma- gasság
	Vágáslap feletti összes (vastag+vékony) fatömege														
	Átmérő 1,3 m magasságban a föld felett (cm)														
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
(m)	tömörköbméterben														(m)
6	0,01	0,03	0,08	0,13	0,21	0,30	0,41	0,54	0,68	0,84	1,01				6
8	0,01	0,04	0,09	0,17	0,26	0,37	0,51	0,67	0,84	1,04	1,26	1,50			8
10	0,01	0,05	0,11	0,20	0,31	0,45	0,61	0,80	1,01	1,26	1,52	1,82	2,14		10
12	0,01	0,06	0,13	0,23	0,36	0,52	0,71	0,93	1,19	1,47	1,79	2,13	2,51	2,93	12
14	0,02	0,06	0,15	0,26	0,41	0,59	0,81	1,07	1,36	1,69	2,05	2,46	2,90	3,38	14
16	0,02	0,07	0,16	0,29	0,46	0,67	0,91	1,20	1,53	1,91	2,32	2,78	3,29	3,84	16
18	0,02	0,08	0,18	0,32	0,51	0,74	1,01	1,34	1,71	2,13	2,60	3,12	3,69	4,31	18
20	0,02	0,09	0,20	0,35	0,56	0,81	1,11	1,47	1,88	2,35	2,87	3,45	4,09	4,79	20
22	0,02	0,09	0,21	0,38	0,60	0,88	1,21	1,60	2,05	2,57	3,14	3,78	4,49	5,27	22
24	0,02	0,10	0,23	0,41	0,65	0,95	1,31	1,74	2,23	2,79	3,42	4,12	4,90	5,76	24
26	0,03	0,11	0,24	0,44	0,70	1,02	1,41	1,87	2,40	3,01	3,70	4,46	5,32	6,26	26
28		0,11	0,26	0,46	0,74	1,08	1,50	2,00	2,57	3,23	3,98	4,81	5,74	6,76	28
30			0,27	0,49	0,78	1,15	1,60	2,13	2,75	3,45	4,26	5,16	6,16	7,27	30
32				0,52	0,83	1,22	1,69	2,26	2,92	3,68	4,54	5,51	6,59	7,78	32
34					0,87	1,28	1,79	2,39	3,09	3,90	4,82	5,86	7,02	8,30	34
36						1,35	1,88	2,52	3,26	4,12	5,10	6,21	7,45	8,83	36
38							1,97	2,64	3,43	4,35	5,39	6,57	7,89	9,37	38
40								2,77	3,61	4,57	5,68	6,93	8,34	9,91	40
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	

6.1.-3. táblázat. A bükk vastagfa fatömege (kivonat)

Fa- ma- gasság	BÜKK														Fa- ma- gasság
	Vágáslap feletti vastagfa (5 cm felett) fatömege														
	Átmérő 1,3 m magasságban a föld felett (cm)														
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
(m)	tömörköbméterben														(m)
6	0,01	0,03	0,06	0,10	0,17	0,24	0,34	0,45	0,57	0,72	0,88				6
8	0,01	0,03	0,07	0,13	0,21	0,31	0,42	0,56	0,72	0,90	1,11	1,34			8
10	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,37	0,51	0,68	0,87	1,10	1,34	1,62	1,93		10
12	0,01	0,05	0,10	0,19	0,30	0,44	0,60	0,80	1,03	1,29	1,59	1,92	2,28	2,68	12
14	0,01	0,05	0,12	0,22	0,34	0,50	0,70	0,93	1,19	1,49	1,83	2,21	2,64	3,10	14
16	0,01	0,06	0,14	0,25	0,39	0,57	0,79	1,05	1,35	1,70	2,08	2,52	3,00	3,53	16
18	0,02	0,07	0,15	0,28	0,44	0,64	0,89	1,18	1,52	1,90	2,34	2,83	3,36	3,96	18
20	0,02	0,07	0,17	0,31	0,49	0,71	0,99	1,31	1,69	2,11	2,60	3,14	3,74	4,40	20
22	0,02	0,08	0,19	0,34	0,54	0,79	1,09	1,44	1,86	2,33	2,86	3,46	4,12	4,84	22
24	0,02	0,09	0,20	0,37	0,59	0,86	1,19	1,58	2,03	2,54	3,13	3,78	4,50	5,30	24

A 6.1.-3. táblázat folytatása

Fa- ma- gasság	BÜKK														Fa- ma- gasság
	Vágáslap feletti vastagfa (5 cm felett) fatömege														
	Átmérő 1,3 m magasságban a föld felett (cm)														
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
(m)	tömörköbméterben														(m)
26	0,02	0,10	0,22	0,40	0,64	0,93	1,29	1,71	2,20	2,76	3,40	4,10	4,89	5,76	26
28		0,10	0,24	0,43	0,69	1,01	1,39	1,85	2,38	2,99	3,67	4,43	5,28	6,22	28
30			0,26	0,46	0,74	1,08	1,50	1,99	2,56	3,21	3,95	4,77	5,68	6,69	30
32				0,50	0,79	1,16	1,60	2,13	2,74	3,44	4,23	5,11	6,09	7,17	32
34					0,84	1,24	1,71	2,27	2,92	3,67	4,51	5,45	6,50	7,66	34
36						1,31	1,82	2,42	3,11	3,90	4,80	5,80	6,92	8,15	36
38							1,93	2,56	3,30	4,14	5,09	6,16	7,34	8,64	38
40								2,71	3,49	4,38	5,39	6,51	7,76	9,15	40
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	

6.1.-4. táblázat. A bükk alakmagassága (kivonat)

Fa- ma- gasság	BÜKK														Fa- ma- gasság
	Vágáslap feletti összes (vastag+vékony) fatérfogat (kéreggel) alakmagassága (hf)														
	Átmérő 1,3 m magasságban a föld felett (cm)														
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
(m)	tömörköbméterben														(m)
6	4,30	4,29	4,29	4,28	4,28	4,27	4,27	4,26	4,26	4,25	4,25	4,24	4,24	4,24	6
8	5,28	5,29	5,29	5,29	5,29	5,30	5,30	5,30	5,31	5,31	5,31	5,32	5,32	5,32	8
10	6,27	6,28	6,30	6,31	6,32	6,34	6,35	6,37	6,38	6,39	6,41	6,42	6,44	6,45	10
12	7,23	7,26	7,29	7,32	7,35	7,38	7,41	7,44	7,46	7,49	7,52	7,55	7,58	7,61	12
14	8,18	8,22	8,27	8,32	8,36	8,41	8,46	8,51	8,55	8,60	8,65	8,69	8,74	8,79	14
16	9,09	9,16	9,23	9,30	9,37	9,44	9,50	9,57	9,64	9,71	9,78	9,85	9,92	9,99	16
18	9,98	10,07	10,17	10,26	10,36	10,45	10,54	10,64	10,73	10,83	10,92	11,02	11,11	11,21	18
20	10,84	10,96	11,08	11,21	11,33	11,45	11,58	11,70	11,82	11,95	12,07	12,20	12,32	12,44	20
22	11,66	11,82	11,98	12,13	12,29	12,45	12,60	12,76	12,91	13,07	13,23	13,38	13,54	13,70	22
24	12,46	12,65	12,85	13,04	13,23	13,42	13,62	13,81	14,00	14,20	14,39	14,58	14,78	14,97	24
26	13,23	13,46	13,69	13,93	14,16	14,39	14,63	14,86	15,09	15,32	15,56	15,79	16,02	16,26	26
28	13,96	14,24	14,52	14,79	15,07	15,35	15,62	15,90	16,18	16,46	16,73	17,01	17,29	17,56	28
30	14,67	14,99	15,32	15,64	15,97	16,29	16,62	16,94	17,26	17,59	17,91	18,24	18,56	18,89	30
32	15,35	15,72	16,10	16,47	16,85	17,22	17,60	17,97	18,35	18,72	19,10	19,47	19,85	20,22	32
34	15,99	16,42	16,85	17,28	17,71	18,14	18,57	19,00	19,43	19,86	20,29	20,72	21,15	21,58	34
36	16,60	17,09	17,58	18,07	18,56	19,05	19,53	20,02	20,51	21,00	21,49	21,98	22,46	22,95	36
38	17,19	17,74	18,29	18,84	19,39	19,94	20,49	21,04	21,59	22,14	22,69	23,24	23,79	24,34	38
40	17,74	18,36	18,97	19,59	20,20	20,82	21,43	22,05	22,67	23,28	23,90	24,51	25,13	25,75	40
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	

6.1.-5. táblázat. A bükk vékonyfa %-a (kivonat)

Fa- ma- gasság	BÜKK														Fa- ma- gasság
	Összes fatömegre vonatkoztatott vékonyfa %														
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
(m)	cm-es mellmagassági átmérő esetében														(m)
6	26	25	23	22	21	19	18	17	15	14	13				6
8	25	23	22	21	20	18	17	16	15	13	12	11			8
10	23	22	21	20	18	17	16	15	14	13	12	11	9		10
12	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	12
14	20	19	18	17	16	15	14	13	12	12	11	10	9	8	14
16	18	17	16	16	15	14	13	13	12	11	10	10	9	8	16
18	16	16	15	14	14	13	12	12	11	10	10	9	9	8	18
20	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	9	9	9	8	20
22	13	12	12	11	11	11	10	10	10	9	9	9	8	8	22
24	11	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8	8	8	24
26	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	26
28		7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	28
30			5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	30
32				4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	32
34					3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	34
36						2	3	4	5	5	6	7	7	8	36
38							2	3	4	5	6	6	7	8	38
40								2	3	4	5	6	7	8	40
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	

A fatömeg pontos megállapítása mellett fontos ismerni a várható választékok tervezhetősége szempontjából a bükkösök összes fatömegének méretcsoportonkénti megoszlását az átmérő ($D_{1,3}$) függvényében (6.1.-6. táblázat).

6.1.-6. táblázat. A bükkösök összes fatömegének méretcsoportonkénti megoszlása az átmérő ($D_{1,3}$) függvényében

Az állomány átlagos átmérője	BÜKK					Összesen
	Vékonyfa	Vastagfa			Összesen	
	-5	6-15	16-25	26-		
	alsó-	felső-				
(cm)	százalékos megoszlás					
10	23	76	1		77	
12	18	74	8		82	
14	18	71	11		82	
16	15	63	22		85	
18	11	41	45	3	89	

A 6.1.-6. táblázat folytatása

BÜKK					
Az állomány átlagos átmérője (cm)	Vékonyfa	Vastagfa			Összesen
	-5	6-15	16-25	26-	
	alsó-	felső-			
	átmérő esetében				
	százalékos megoszlás				
20	11	33	50	6	89
22	10	28	49	13	90
24	10	23	46	21	90
26	9	19	43	29	91
28	10	18	37	35	90
30	9	16	32	43	91
32	8	16	27	49	92
34	8	15	24	53	92
36	8	14	21	57	92
38	8	14	19	59	92
40	7	14	18	61	93
42	7	14	16	63	93
44	7	13	15	65	93
46	7	13	14	66	93
48	7	13	13	67	93
50	7	13	13	67	93
Átlagos kéregsúlyszázalék					
	-	7	6	5	-

Fatermési táblák

Kollár Tamás

A bükk fatermési vizsgálatával Magyarországon Greiner foglalkozott először. Tábláit 1886-ban adta közre, azonban alapadatai a mai Magyarországon kívülről származtak, helyi, tehát nem is országos céllal készültek, azonban jobb híján az egész országban sokáig használták. Fekete Zoltán 1958-ban szerkesztett országos bükk fatermési táblát, melyet Mendlik és Birck (1968) újított meg a tartamkísérletek adataira alapozva. Ez a tábla változatlan adatokkal került bele a „Fatömegszámítási táblázatok” második kiadásába (Sopp 1974). Helyi fatermési tábla a zalai bükkösökre készült 1967-ben (Mendlik 1967). Bükk fatermési táblákat Magyarország bükköseire ezután utoljára 1983-ban Mendlik (1983) publikált.

A fatermési táblák megújítása három évtized elteltével, a bükkösök fatermési táblájával indult újra (Kollár 2023). Az Erdészeti Tudományos Intézet tartamkísérleti hálózata alapján készült fatermési táblák pontosságát a későbbi megjelenések azáltal növelik, hogy folyamatosan több felvételi adathoz férnek hozzá, illetve korszerűbb informatikai megoldásokkal dolgozhatnak. Ez az új bükkös fatermési tábla már fatermési függvényekből áll elő, ezáltal könnyebben használható a korábbi statikus táblákhoz képest. A függvények segítségével nemcsak különböző korszak beosztású fatermési táblák állíthatóak elő, de egyedi erdőállományokra (egyedi kor-magasság adatok megadása, záródással és elegyarányal módosítva akár egy erdőrészletre

vagy annak fafajsortára vonatkoztatva) is könnyen készíthetőek fatermési modellek, vagy éppen erdőnevelési modellek is. Az alábbiakban kivonatként közöljük a 2023-as kiadású bükk fatermési tábla 10 éves korszakokkal számolt adatait.

Az új bükk fatermési táblák (6.1.-7., 6.1.-8. és 6.1.-9. táblázat) jelentősen eltérnek a korábban publikáltaktól. Természetesen ez az eltérés faállomány-szerkezeti jellemzőkként, korszakokként és fatermési osztályonként is jelentősen különbözik. Jellemzően a törzsszám csökkent, míg az átlagos magasság és átmérő növekedett, ezáltal a fatérfogat és növedék is megnövekedett a korábbi táblákhoz képest. A fatermési táblákban használt rövidítések:

H_{fc} : élőállomány felsőmagassága	V_{ϵ} : élőállomány fatérfogata	V_m : mellékállomány fatérfogata
H_{gc} : élőállomány körlappal súlyozott átlagmagassága	H_{gm} : mellékállomány körlappal súlyozott átlagmagassága	$V_{\text{öeh}}$: összes előhasználat fatérfogata
D_{gc} : élőállomány körlappal súlyozott átlagos mellmagassági átmérője	D_{gm} : mellékállomány körlappal súlyozott átlagos mellmagassági átmérője	Ehr: előhasználati részarány
N_{ϵ} : élőállomány törzsszáma	N_m : mellékállomány törzsszáma	$V_{\text{öf}}$: összes fatermés fatérfogata
G_{ϵ} : élőállomány körlapösszege	G_m : mellékállomány körlapösszege	I_a : összes fatermés átlagnövedéke
		I_f : összes fatermés folyónövedéke

6.1.-7. táblázat. Bükk fatermési tábla I–II. fatermési osztályra (Kollár 2023 – kivonat)

I. fatermési osztály	Élőállomány						Mellékállomány					$V_{\text{öeh}}$	Ehr	Összes fatermés		
	H_{fc}	H_{gc}	D_{gc}	N_{ϵ}	G_{ϵ}	V_{ϵ}	H_{gm}	D_{gm}	N_m	G_m	V_m			$V_{\text{öf}}$	I_a	I_f
Kor (év)	m		cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m	cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	%	m ³ /ha	m ³ /ha/év	
10	5	3	2	41448	14	26	2	1						26	3	3
20	11	8	6	8613	23	113	6	3	32835	20	63	63	36	176	9	15
30	16	14	10	3313	29	228	10	5	5301	12	63	126	36	354	12	18
40	21	19	16	1695	32	351	14	8	1618	9	67	193	36	544	14	19
50	26	24	21	1024	34	468	18	12	671	7	72	265	36	734	15	19
60	29	28	26	688	36	576	21	16	335	6	76	341	37	917	15	18
70	33	31	31	499	38	672	25	20	189	6	79	421	39	1092	16	18
80	35	34	36	382	39	755	28	24	117	5	82	502	40	1258	16	17
90	37	36	41	305	40	828	31	28	77	5	83	586	41	1414	16	16
100	39	38	45	251	40	890	34	33	54	4	85	671	43	1560	16	15
110	41	40	50	212	41	942	36	37	39	4	85	756	45	1698	15	14
120	42	41	54	182	42	988	38	42	29	4	85	841	46	1829	15	13
130	43	42	58	160	42	1026	40	46	23	4	85	927	47	1953	15	12
140	44	43	62	142	43	1059	42	51	18	4	85	1012	49	2071	15	12
150	44	44	66	127	43	1087	43	55	15	3	85	1097	50	2184	15	11
160	45	45	69	115	43	1111	44	60	12	3	84	1181	52	2292	14	11

A 6.1.-7. táblázat folytatása

II. fatermési osztály	Élőállomány						Mellékállomány					V _{öeh}	Ehr	Összes fatermés		
	H _{fc}	H _{gc}	D _{gc}	N _ε	G _ε	V _ε	H _{gm}	D _{gm}	N _m	G _m	V _m			V _{öf}	I _a	I _f
Kor (év)	m		cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m	cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	%	m ³ /ha	m ³ /ha/év	
10	5	3	2	47111	13	22	2	1						22	2	2
20	10	8	5	9973	22	99	5	2	37138	18	51	51	34	150	7	13
30	15	13	10	3867	28	202	9	5	6107	11	51	102	34	304	10	15
40	19	17	14	1988	31	312	12	7	1879	8	56	158	34	470	12	17
50	24	22	19	1204	34	417	16	10	784	7	60	218	34	635	13	17
60	27	25	24	811	36	514	19	14	393	6	63	281	35	796	13	16
70	30	28	28	589	37	601	22	17	222	5	66	348	37	948	14	15
80	32	31	33	451	38	676	25	21	138	5	68	416	38	1092	14	14
90	34	33	37	360	39	742	28	25	91	5	70	486	40	1228	14	14
100	36	35	41	297	40	798	30	29	63	4	71	557	41	1355	14	13
110	38	36	45	251	40	846	32	33	46	4	72	629	43	1474	13	12
120	39	38	49	216	41	887	34	37	35	4	72	700	44	1587	13	11
130	40	39	53	189	42	921	36	41	27	4	72	772	46	1694	13	11
140	40	40	56	168	42	951	37	45	21	3	72	844	47	1795	13	10
150	41	40	60	151	42	977	39	49	17	3	71	915	48	1892	13	10
160	41	41	63	136	43	998	40	53	14	3	71	986	50	1985	12	9

6.1.-8. táblázat. Bükk fatermési tábla III–IV. fatermési osztályra (Kollár 2023 – kivonat)

III. fatermési osztály	Élőállomány						Mellékállomány					V _{öeh}	Ehr	Összes fatermés		
	H _{fc}	H _{gc}	D _{gc}	N _ε	G _ε	V _ε	H _{gm}	D _{gm}	N _m	G _m	V _m			V _{öf}	I _a	I _f
Kor (év)	m		cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m	cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	%	m ³ /ha	m ³ /ha/év	
10	5	3	2	54132	12	19	2	1						19	2	2
20	9	7	5	11702	21	85	5	2	42430	16	40	40	32	125	6	11
30	14	12	9	4579	27	176	8	4	7123	10	41	80	31	257	9	13
40	18	16	13	2366	30	273	11	7	2213	7	45	125	31	399	10	14
50	22	20	17	1438	33	367	14	9	928	6	48	173	32	541	11	14
60	25	23	21	971	35	454	17	12	467	5	51	225	33	679	11	14
70	27	26	26	706	36	531	19	15	265	5	54	279	34	810	12	13

A 6.1.-8. táblázat folytatása

III. fatermési osztály	Élőállomány						Mellékállomány					V _{öch}	Ehr	Összes fatermés		
	H _{fc}	H _{gc}	D _{gc}	N _é	G _é	V _é	H _{gm}	D _{gm}	N _m	G _m	V _m			V _{öf}	I _á	I _f
Kor (év)	m		cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m	cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	%	m ³ /ha	m ³ /ha/év	
80	30	28	30	542	37	598	22	19	164	5	56	334	36	933	12	12
90	31	30	34	433	38	657	24	22	109	4	57	391	37	1048	12	12
100	33	32	37	357	39	707	26	26	76	4	58	449	39	1156	12	11
110	34	33	41	302	40	750	28	29	55	4	58	508	40	1258	11	10
120	35	34	44	260	40	787	30	33	42	4	59	567	42	1353	11	10
130	36	35	48	228	41	818	31	36	32	3	59	625	43	1443	11	9
140	37	36	51	202	41	845	33	40	26	3	59	684	45	1529	11	9
150	37	36	54	182	42	867	34	43	21	3	58	742	46	1610	11	8
160	38	37	57	165	42	887	35	47	17	3	58	801	47	1688	11	8
IV. fatermési osztály	Élőállomány						Mellékállomány					V _{öch}	Ehr	Összes fatermés		
	H _{fc}	H _{gc}	D _{gc}	N _é	G _é	V _é	H _{gm}	D _{gm}	N _m	G _m	V _m			V _{öf}	I _á	I _f
Kor (év)	m		cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m	cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	%	m ³ /ha	m ³ /ha/év	
10	5	2	2	63014	11	16	1	1						16	2	2
20	8	6	4	13953	20	72	4	2	49061	14	29	29	29	102	5	9
30	12	10	8	5518	26	151	7	4	8434	8	31	61	29	212	7	11
40	16	14	11	2869	29	236	9	6	2649	7	34	95	29	331	8	12
50	19	17	15	1750	32	318	12	8	1119	6	38	133	29	451	9	12
60	22	20	19	1185	34	394	14	11	565	5	40	173	30	567	9	12
70	25	23	23	864	35	462	17	13	322	4	42	215	32	677	10	11
80	27	25	26	664	36	522	19	16	200	4	44	258	33	780	10	10
90	28	27	30	531	37	573	21	19	133	4	45	303	35	877	10	10
100	30	28	33	438	38	618	23	22	93	4	46	349	36	967	10	9
110	31	29	37	371	39	656	24	25	68	3	46	395	38	1051	10	8
120	32	30	40	320	40	688	26	28	51	3	46	441	39	1129	9	8
130	33	31	43	280	40	716	27	31	39	3	46	488	41	1203	9	7
140	33	32	46	249	41	740	28	34	31	3	46	534	42	1273	9	7
150	34	32	48	224	41	760	29	37	25	3	46	580	43	1340	9	7
160	34	33	51	203	41	777	30	40	21	3	46	626	45	1403	9	6

6.1.-9. táblázat. Bükk fatermési tábla V–VI. fatermési osztályra (Kollár 2023 – kivonat)

V. fatermési osztály	Élőállomány						Mellékállomány					V _{öc}	Ehr	Összes fatermés		
	H _{fc}	H _{gc}	D _{gc}	N _c	G _c	V _c	H _{gm}	D _{gm}	N _m	G _m	V _m			V _{öf}	I _a	I _f
Kor (év)	m		cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m	cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	%	m ³ /ha	m ³ /ha/ év	
10	4	2	1	74528	10	13	1	1						13	1	1
20	8	5	4	16968	19	60	3	2	57560	11	21	21	26	81	4	7
30	11	9	7	6795	25	127	6	3	10173	7	22	43	25	170	6	9
40	15	12	10	3558	28	199	8	5	3237	6	25	68	25	268	7	10
50	17	15	13	2181	31	270	10	7	1377	5	28	96	26	366	7	10
60	20	18	17	1482	33	336	12	9	699	4	30	125	27	461	8	10
70	22	20	20	1082	34	395	14	11	400	4	31	157	28	551	8	9
80	24	22	23	833	35	446	16	14	249	4	32	189	30	635	8	8
90	25	24	26	667	36	491	18	16	166	3	33	223	31	714	8	8
100	27	25	29	551	37	530	19	19	116	3	34	257	33	786	8	7
110	28	26	32	467	38	563	21	21	85	3	34	291	34	854	8	7
120	28	27	35	403	39	591	22	24	64	3	35	326	36	917	8	6
130	29	27	38	354	39	615	23	26	50	3	35	360	37	976	8	6
140	30	28	40	314	40	636	24	29	39	3	35	395	38	1031	7	6
150	30	29	42	282	40	654	25	32	32	3	35	430	40	1084	7	5
160	30	29	45	256	40	669	25	34	26	2	34	464	41	1133	7	5
VI. fatermési osztály	Élőállomány						Mellékállomány					V _{öc}	Ehr	Összes fatermés		
	H _{fc}	H _{gc}	D _{gc}	N _c	G _c	V _c	H _{gm}	D _{gm}	N _m	G _m	V _m			V _{öf}	I _a	I _f
Kor (év)	m		cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m	cm	db/ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	%	m ³ /ha	m ³ /ha/ év	
10	4	2	1	89914	9	10	1	0						10	1	1
20	7	5	3	21157	18	48	3	1	68757	9	13	13	22	61	3	5
30	10	8	6	8600	23	103	5	2	12558	6	15	28	21	132	4	7
40	13	11	9	4542	27	164	6	4	4058	5	17	45	22	209	5	8
50	15	13	12	2800	29	224	8	5	1743	4	19	64	22	287	6	8
60	18	15	14	1910	31	279	10	7	890	4	20	84	23	363	6	8
70	19	17	17	1398	33	329	12	9	511	3	21	105	24	434	6	7
80	21	19	20	1079	34	372	13	11	319	3	22	128	26	500	6	7

A 6.1.-9. táblázat folytatása

VI. fatermési osztály	Élőállomány						Mellékállomány					V _{öch}	Ehr	Összes fatermés		
	H _{fc}	H _{gc}	D _{gc}	N _é	G _é	V _é	H _{gm}	D _{gm}	N _m	G _m	V _m			V _{öf}	I _a	I _f
Kor (év)	m		cm	db/ha	m ² / ha	m ³ / ha	m	cm	db/ha	m ² / ha	m ³ / ha	m ³ / ha	%	m ³ / ha	m ³ /ha/ év	
90	22	20	23	866	35	410	14	13	213	3	23	151	27	561	6	6
100	23	21	25	717	36	443	16	15	149	3	24	174	28	618	6	6
110	24	22	28	607	37	472	17	17	109	3	24	198	30	670	6	5
120	25	23	30	525	37	496	18	19	82	2	24	222	31	718	6	5
130	26	24	32	461	38	517	19	21	64	2	24	246	32	763	6	4
140	26	24	35	410	39	534	19	24	51	2	24	270	34	805	6	4
150	26	25	37	368	39	550	20	26	41	2	24	295	35	844	6	4
160	27	25	39	334	39	563	21	28	34	2	24	319	36	881	6	4

Egyváltozós fatérfogat függvény

Veperdi Gábor

Az Erdőmérnöki Kar Erdővagyon-gazdálkodási Intézetének Erdőrendezéstani Tanszéke a NÉBIH Erdészeti Igazgatóságával közösen az FNM (Faállományok Növekedésének Megfigyelése) és NFI (szisztematikus erdőleltár) hálózat több évtizedes működtetése során felgyülemlett adatokból egyváltozós függvényen alapuló, magasságmérést nem igénylő faállománybecslési rendszert dolgozott ki (Kolozs & Veperdi 2012).

A módszer a már régóta használt, ún. „fatömeg-görbés” köbözési módszeren alapul (a bajor erdőrendezők már a 19. század közepétől, Magyarországon pedig a 19. század végétől alkalmazták az erdőbecslési munkák során). A száraló erdők felmérésének történeti vonatkozásait áttekintve megállapítható, hogy az alapelv, miszerint a terepi munkák egyik leginkább időigényes (és leginkább hibaterhelt) része a magasságmérés, és ezt a munkafolyamatot célszerű lenne kiváltani, oly módon, hogy az élőfakészlet meghatározásának pontossága ne csökkenjen számottevően, már korábban is többször felmerült, külföldön is, itthon is. Palotay István 1958-ban tett javaslatot a szentgyörgyvölgyi száralóerdők tervezése kapcsán egységes fatérfogat-tarifákra, a szilvekre, amelyeket az átmérő függvényében határozott meg, mivel a száraló (örökerdő), illetve az átalakító (átmeneti) üzemmódok esetén nem annyira az élőfakészlet, mint inkább a növedék meghatározása a fontosabb. Erre a célra mindenképpen alkalmas az egyváltozós becslési eljárás, mivel kiküszöböli az esetleges magasságmérési hibákat, amelyek erősen torzíthatják a növedék értékét. Megjegyzendő, hogy ez még a Sopp-táblákat megelőzően történt. A „Szilv” tehát gyakorlatilag nem más, mint egyváltozós fatérfogat-függvény (Palotay 1958, 1965).

Tekintettel arra, hogy a bükkösökben alkalmazzák az örökerdő üzemmódot, ez a becslési eljárás fontos módszer lehet a bükkösök növedékének meghatározásában.

A módszer a már említett fatömeggörbés köbözési módszeren alapul. Egy meghatározott szempontok szerint kiválasztott mintafacsoport (erdészeti nagytájak, fafajok, fafajcsoportok) mintáinak térfogatát függvényesítettük azok mellmagassági átmérőinek függvényében.

A függvény számításaira a mintafák mellmagassági átmérőjét és a fatérfogatát alapul véve erdészeti nagytájanként került sor (6.1.-10. táblázat). Külön igény esetén egyes erdőgazdaságok által megadott helyi körzetekre és fafajokra is kiszámítottuk a függvényparamétereket az adott körzetekben eddig felvett FNM és NFI mintafák adatai alapján.

Alapvetően két függvény került alkalmazásra: a bükk esetében 25 cm átmérőig hatványfüggvény, ezen felül pedig $m = 0$ másodfokú polinomiális függvény. Az alacsonyabb mérettartományokban ugyanis inkább a hatványfüggvény, a magasabb méretcsoportokban pedig a polinomiális függvény fejezte ki jobban az összefüggés jellegét:

illetve: $Szilv = q_1 \cdot d^{q_2}$,ha $d < 25$ cm

$Szilv = b_2 \cdot d^2 + b_1 \cdot d$,ha $d > 25$ cm

ahol: d – mellmagassági átmérő;
 q_1, q_2, b_1, b_2 – paraméterek

Ezzel a függvénnyel kiszámítottuk az FNM mintafák térfogatát, és azt egybevetettük a kétváltozós (Király-féle) fatérfogat-függvénnyel számított értékekkel. Az egybevetés eredményét a 6.1.-11. táblázat mutatja be.

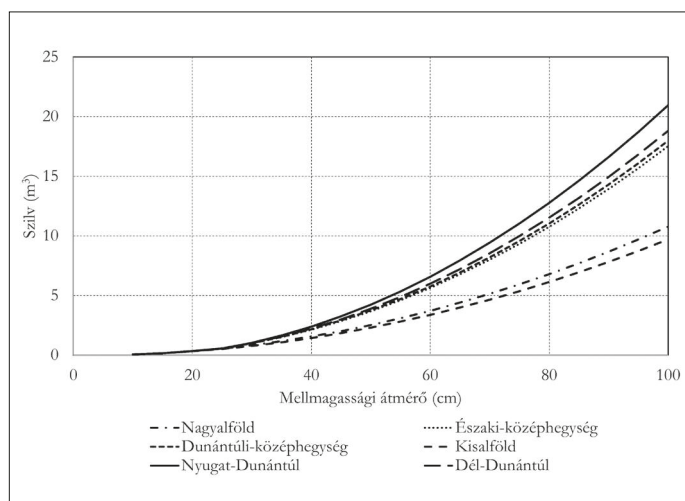
6.1.-10. táblázat. A „Szilv” függvénypáros bükkre vonatkozó paraméterei erdészeti tájcsopontonként

Erdészeti tájcsoport	q_1	q_2
		0,00014309
	b_1	b_2
Nagyalföld	0,00114874	-0,00697961
Északi-középhegység	0,00203511	-0,02820460
Dunántúli-középhegység	0,00209666	-0,02971697
Kisalföld	0,00102099	-0,00503475
Nyugat-Dunántúl	0,00249857	-0,04027142
Dél-Dunántúl	0,00220988	-0,03272946

6.1.-11. táblázat. Bükk FNM mintafák darabszáma, két- és egyváltozós függvénnyel számolt fatérfogata erdészeti tájcsopontonként

Mintafa	Erdészeti tájcsoport						Σ
	Nagyalföld	Északi-középhegység	Dunántúli-középhegység	Kisalföld	Nyugat-Dunántúl	Dél-Dunántúl	
db	1 754	11 586	4 817	236	3 883	3 179	25 455
V (m ³)	418	16 789	8 621	50	9 152	6 077	41 108
Szilv (m ³)	432	17 018	8 742	52	9 240	6 127	41 611
S/V %	103,3%	101,4%	101,4%	103,5%	101,0%	100,8%	101,2%

A fenti 6.1.-11. táblázat jól szemlélteti, hogy a bükk esetében az egyváltozós fatérfogat függvénnyel számított érték („szilv”) összességében 1,2%-kal tér el a Király-féle kétváltozós fatérfogat függvénnyel számított értéktől. A bükk „Szilv” értékek erdőgazdasági nagytájanként a 6.1.-1. ábrán láthatók.



6.1.-1. ábra: A bükk „Szilv” értékei a mellmagassági átmérő függvényében erdészeti tájcsoportonként

Az egyváltozós faterfogat-becslési rendszer gyakorlati felhasználásának előnyei az erdőgazdálkodásban: az örökerdő, illetve az átmeneti üzemmódú erdőtömbök növekedésének pontosabb és hatékonyabb becslése (5 – 10 – 15 évenkénti visszatérő kontrollmérések a rögzített hálózatu mintapontokon); a vágásbecslés terepi munkáira fordított idő (és ezzel együtt anyagi ráfordítás) csökkentése előhasználatok és véghasználatok esetén egyaránt; a fakészlet és a törzsszám méretcsoportonkénti eloszlásának ismerete; a magasságmérés hibáinak kiküszöbölése; a vágásbecslések terepi és irodai munkálatainak egységesítése, pontosabbá tétele (Kolozs et al. 2017).

A hazai bükkösök élőfakészlete és folyónövedéke

Kollár Tamás

A hazai bükkösök területfoglalása 2022-ben 113 759 ha volt. Élőfakészletüket és folyónövedéküket az Országos Erdőállomány Adattár összegzi. Meg kell jegyezni, hogy a korábbi fejezetben említett fatermési táblák használatának nagy jelentősége van az országos becslések esetében, hiszen a folyónövedéket csak visszatérési felvételezéssel, vagy fatermési tábla alapján lehetséges meghatározni. A körzeti erdőtervezésben a bükkösök élőfakészletét 42%-ban egyszerű körlapméréssel, 55%-ban fatermési táblás eljárással, míg összesen 3 %-ban egyéb eljárással és becsléssel vették fel. Az egyszerű körlapmérés módszere esetén a fatermési táblás fakészletet pontosítják a faállomány körlapsűrűségének mérésével, tehát elmondható, hogy a bükkösök élőfakészletének meghatározása 97%-ban fatermési tábláktól függ.

Az adattári adatok számítási módja nem nyilvános, azonban ismert, hogy az az első generációs fatermési táblákon alapul, melyeket előbb nomogram formába átdolgoztak, majd a nomogramokat leolvasással rögzítették egy úgynevezett szalagmátrixra. Az erdészeti szakigazgatási informatikai rendszerben használt fatermési táblák 2021-ben estek át kisebb technikai revízió és hibajavításra, de továbbra is az első generációs fatermési táblák alkalmazásának tekinthetők.

Az új fatermési táblák (Kollár 2023) adattári bevezetésének folyamata, hatásvizsgálati munkái elkezdődtek, azonban hosszú évekre telhet, míg mindez eredményre vezet. Előzetes becsléseket végeztünk arra vonatkozóan, hogy a 2012. évi adatok alapján mekkora különbséget jelentene a bükkre vonatkozó fatermési tábla lecserélése az Adattárban (6.1.-12. táblázat). Ez alapján az Adattár 2012-es kimutatásaihoz képest minden fatermési tábla nagyobb élőfakészletet mutat (107–116%), míg a folyónövedék 96–116% között változik. Célszerű mindig a legfrissebb fatermési táblát használni fatermési táblás becsléseknél, amennyiben nincs valamilyen egyedi indok egy korábbi fatermési tábla használatára.

6.1.-12. táblázat. Országos élőfakészlet és folyónövedék becslés bükk fafajra az adattár és különböző fatermési táblák használatával. Az Erdőállomány adattárhoz való korlátozott hozzáférés miatt a különböző fatermési táblák összehasonlítása egy 2012. évi adatbázis felhasználásával készült. Mivel a bükkösök területe azóta csak kis mértékben változott, illetve az adattárban nem növekedett nagyságrendileg a pontosabb felvételek aránya, a következtetéseket helytállóan tekintjük

Fatermési tábla	Terület	Élőfakészlet	Eltérés az adattárhoz képest		Folyónövedék	Átlagos folyónövedék	Eltérés az adattárhoz képest	
	T		V_{ϵ}	ΔV			%	I_f
	(ha)	(m^3)	(m^3)	%	($m^3/év$)	($m^3/ha/év$)	($m^3/ha/év$)	%
Adattár		39 401 881	-	-	888 887	8,1	-	-
B (Kollár 2023)		45 855 078	6 453 197	116%	988 710	9,0	0,9	111%
B (Mendlik 1983)		42 053 666	2 651 785	107%	1 034 601	9,4	1,3	116%
B (Sopp 1974)	110 026	44 052 775	4 650 894	112%	946 170	8,6	0,5	106%
B (Mendlik & Birck 1968)		43 987 672	4 585 791	112%	853 435	7,8	-0,3	96%
B Zala (Mendlik 1967)		44 582 314	5 180 433	113%	912 120	8,3	0,2	103%

Irodalom

- Kollár T. 2023: Bükk (*Fagus sylvatica*) állományok fatermési függvénye és táblája az ERTI tartamkísérleti hálózatának adatbázisa alapján. – Erdészettudományi Közlemények 12(1): 5–29.
- Kolozs L., Solti Gy. & Veperdi G. 2017: Vágásbecslés magasságmérés nélkül. – Erdészeti Lapok 152(6): 177.
- Kolozs L. & Veperdi G. 2012: Élőfakészlet- és növedék-meghatározás a szálaló, illetve átalakító üzemmódú erdőkben egyváltozós fatérfogat-függvény alkalmazásával. – Erdészettudományi Közlemények 2(1): 21–34.
- Mendlik G. 1967: A zalai bükkösök fatermési vizsgálata. – Az Erdő 16(2): 76–82.
- Mendlik G. 1983: Bükk fatermési tábla. – Erdészeti Kutatások 75: 189–198.
- Mendlik G. & Birck O. 1968: Bükköseink fatermési vizsgálata. – Erdészeti Kutatások 64(1–3): 31–49.
- Palotay I. 1958. Szálalóerdők erdőrendezési kérdései. – Előadás, Zalaegerszeg, 1958.10.19. (http://www.aesz.hu/pdf/szal_hazai.pdf)
- Palotay I. 1965. Fatömeg-tarifák. – Az Erdő 14(9): 385–388.
- Sopp L. 1974: Fatömegszámítási táblázatok fatermési táblákkal. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 419 pp.
- Sopp L. & Kolozs L. (szerk.) 2013: Fatömeg számítási táblázatok. Negyedik, változatlan kiadás. – Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Erdészeti Igazgatóság, Budapest, 280 pp.

6.2. A gazdálkodás hatása a bükkösökre

Bölöni János

A neolitikumtól az ember folyamatosan, változó erősséggel, de összességében egyre nagyobb hatással volt az erdőkre, így a bükkösökre is. Ez a hatás magába foglalta egyrészt az erdő területének csökkentését, másrészt a szerkezetének, összetételének megváltoztatását. A kétféle hatás egymástól nem választható teljesen el, ezen felül a népesség számától függően időben és térben változó erősségű volt, így az erdők kiterjedésének, összetételének és szerkezetének alakulását a természeti és az emberi hatások együttesen befolyásolták. Amíg a sűrűbben lakott időszakokat az emberi hatások megnövekedett befolyása, a nagyobb kiterjedésű erdőirtások és átalakítások jellemezték, addig a lakosság ritkulásával egyre nagyobb szerepet kaptak a természetes folyamatok, a visszaerdősülés, illetve a megmaradt erdők esetében a szerkezet és a fajkészlet természetes dinamikája.

A bükkös öv, illetve bükk uralta erdei élőhelyek jelenlegi formájában mintegy 5 000 évvel ezelőtt, az első fémkultúrák, a rézművesség kárpát-medencei elterjedésével egy időben, így már folyamatos emberi hatás alatt alakultak ki (Sümei 2007). Az ekkor kialakuló erdőgazdálkodás, szénégetés minden bizonnyal már legalább kisebb kiterjedésben, helyi szinten, befolyásolta a bükkösök alakulását. A kisebb-nagyobb irtások és visszaerdősülések, illetve fahasználatok, erdei legeltetés a rézkor és a későbbi egyéb fémművesség időszakát is már szinte biztosan végig kísérték. Így a bükkösök területén már a római uralom előtt is feltételezhetünk kisebb-nagyobb irtásokat (pl. Wallner 1941; Hegyi 1978). Ugyanakkor, mivel a lakosságot nem folyamatosan tételezik fel, ez minden bizonnyal azt jelentette, hogy az erdőterület kiterjedésének hullámzása lehetett jellemző. Az irtás-visszaerdősülés kettős folyamata gyakorlatilag napjainkig megfigyelhető és az erdő területének csökkenését eredményezte.

Egészen a 19. század végéig a korabeli erdőhasználat sokkal változatosabb volt a jelenleginél. Ezt első sorban a használat céljaiban megmutatkozó sokféleség jellemezte. A célok a faanyag és az erdei állattartás köré összpontosultak, az erdők a 18–19. századig a tüzelő, valamint az épület- és szerszámfa mellett első sorban legeltetés és makkoltatás révén hoztak hasznot (Wallner 1941; Nagy Domokos 1975; Hegyi 1978; Magyar 1993). A használat mértéke a mindenkori népesség számától és szabadságától függött. A különféle célú erdőhasználatok gyakran térben is elkülönültek, a kor színvonalán álló rendszert alkotva. Ugyanakkor a használat hatásait, illetve az egyszerre kitermelhető fa mennyiségét nem mindig mérték fel megfelelően, és a népesség növekedésével párhuzamosan egyre gyakoribbá váltak az egy vagy több szempontból túlhasznált erdők. A korabeli szabályok be nem tartása szintén gyakran vezetett túlhasználatokhoz. A ma is fontos tűzi- és épületfa igény mellett a fahasználatok több jellegzetes, azóta már nem vagy alig alkalmazott célból is történtek azóta már nem vagy alig alkalmazott célból is történtek. Ilyenek voltak a hamuzsírfőzés, az üvegyártás, a mész- és szénégetés (Dávid 2007; Saláta 2009). Mindegyik kis kiterjedésű, de erőteljes zavarást, helyileg nagymértékű fakitermelést vont maga után. Az erdők a 19. századig mainál sokkal jobban kapcsolódtak a mezőgazdaság más ágaihoz, első sorban az állattartáshoz (Magyar 1993). Az erdei legeltetés teljesen általános dolog volt, az erdővel körülvett falvaknak gyakran a 18. századig nincs is fátlan legelőjük (Magyar 1993). Mind a régebbi korok fahasználatai mind a legeltetés és a hozzá kapcsolódó tevékenysége jelentősen befolyásolta az erdők, így a bükkösök szerkezetét és összetételét is, gyakran kis területen belül is mozaikos állományokat hozva létre.

A 19. század második felétől az erdőhasználat intenzívebbé, belterjesebbé válásával a célok egyszerűbbé váltak és alapvetően a faanyag kitermelését jelentették, a legeltetés, mint erdei haszonvétel visszaszorult, később gyakorlatilag tiltott tevékenységgé vált. A korábbi változatos erdőhasználat több eleme így feledésbe merült. Az üzemtervek szerinti erdőgazdálkodás került előtérbe, ahol az erdőnek szinte egyetlen gazdasági hasznát a faanyag jelentette, a gazdálkodást pedig az elegendően egykorú állományokra való törekvés jelle-

mezte. Hogyan befolyásolta a bükkösök összetételét és szerkezetét a 19. század előtti, illetve utáni gazdálkodói szemlélet és gyakorlat, azt a továbbiakban néhány példán keresztül mutatjuk be.

A Keleti-Bakonyban fekvő Tés község határának déli része a 17. század közepétől a Székesfehérvári Prépostság, majd Püspökség tulajdonában volt. A településtől délre, a Tési-fennsík déli szélén található Alsó-erdő nagy részét képező Hegyes-berek – Szúnyog-völgy – Ballai-magyal – Sűrű-lapos – Köves-hegy – Mórocz-tető – Kis és Öreg-Futóné – Tésés-tető – Bér-hegy által határolt terület kiterjedése mintegy 735 ha, ebből természetes körülmények között legalább 500 ha-t bükkösök borítanak (Böloni 2004). A 18. században bizonyosan jelentős mennyiségben volt legelő állat a területen, így például a Keleti-Bakonyban a nagyobb mérvű juhtartás a 18. század utolsó harmadában kezdődött. A püspökség számadásai szerint 1835 és 1880 között az átlagos birkamennyiség 2 000–2 500 között volt. Juhhodályok voltak például a falutól délre, az erdőben az Akók-völgyében és a völgytől nyugatra is (Zugor 1989; Üzemterv 1885). A 18–19. századig a Keleti-Bakony erdeiben a legeltetés minden bizonnyal az erdők felnyílását, szerkezetének, a gyepszint faji összetételének megváltozását eredményezte. Erre már Kitaibel is utal naplójában, amikor 1799. június 22-én a Veszprémtől északra lévő Papod hegyen tett kirándulásáról ír: „... az egész erdőben sehol sem lehet fiatal fát látni, mert mindenütt a marha járja” (Kitaibel 1799 in Gombocz 1936). Szintén jelentős szerepe volt a legeltetésnek abban is, hogy az erdőben több tisztás keletkezett, illetve a természetes körülmények között is ligetes állományok, természetes gypfoltok kiterjedtek környékükre is. A fahasználat is jelentős volt, száfaeladásból egy nagyságrenddel nagyobb haszna volt az uradalomnak, mint a birkatartásból, illetve az erdei jövedelmek a 19. század közepén több mint 25%-kal haladták meg a szántóföldi jövedelmeket. A század 70-es, 80-as éveinek fahasználatairól már részletesebb számadásokat találni, ekkor csak az Alsó-erdőből évente átlagosan biztosan több mint 2 000 m³ fát termeltek ki. Jelen volt a fának helyben történő felhasználása, a szén- és a mészégetés is. A változatos határhasználatra helyi földrajzi nevek (pl. Mészkemencék, Mészégető, Kemence-völgy, Akók-völgye, Ökör-kálistó), valamint ma is megtalálható terepi nyomok (gödörök, építménymaradványok) sokasága utal.

Hogy a Tési-fennsík déli részén a több mint 2 000 birka, a sok szarvasmarha és sertés, valamint a 19. század második felében évente kivágott átlagosan több mint 2 000 m³ fa hozzávetőlegesen milyen állapotokat, milyen állományképet, fajjösszetételt eredményezett, azt az első üzemtervek alapján lehet áttekinteni. A fahasználatokban a püspökség birtokán korábban is bizonyos szabályosság volt megfigyelhető: az egész gondnokság egy üzemosztályt alkotott, évente kb. ugyanannyit vágtak, ott, ahol a legidősebb részeket találták (Üzemterv 1885). Az üzemtervi adatokból a manapság megszokottól jelentősen eltérő erdőkép rajzolódik ki. Az Alsó-erdő nagyobb részt potenciálisan bükkös részein ligetes, alacsony, átlagosan 64%-os záródású, bükk, ritkábban (elsősorban a terület északkeleti részének sekély talajú gerincein, délies oldalain, Két Futóné-köze) bükkegyes magas kőrís uralta állományok találhatóak, a bükk összesített területe 310 ha. Kisebb mennyiségben jellemző elegyfa volt a gyertyán, a cser, a (nagylevelű) hárs, a nyír és a (rezgő) nyár. Az állományokat kisebb kiterjedésű fiatalosok mellett többnyire 40–70 év közötti fák alkotják, az erdők korosztályszerkezete nem homogén, gyakoriak az olyan osztagok (az akkori üzemtervezés legkisebb gazdasági egységei), ahol a korterjedelem több tíz év és / vagy jóval idősebb fák is találhatóak. A bükkös osztagok közül egyben, a terület északi részén voltak csapások, tisztások, amelyek az itt található birkaistállóval magyarázhatók. Mivel korábban a felújulással keveset törődtek és rendszeresen legeltettek az erdőben, igen sok volt a tisztás, amelyek nem csak a nagyon sekély talajú, természetből fogva erdőtlen területeken találhatóak, így az erdősültség a mainál jóval alacsonyabb volt (82,5% a bükkös részekén, a teljes Alsó-erdőben még alacsonyabb, mintegy 65% volt), a bükk az erdősült terület 74%-át borította. A ligetes, bükk uralta állományok kialakulásában nagy szerepe lehetett a legeltetésnek, valamint a jobbágyok korábbi fahasználatainak (hetente egyszer gyűjthettek fát, de a makktermő fákat – bükk, tölgy – kímélni kellett, így a tűzifagyűjtés elsősorban az elegyfákat érinthette). A ligetes állományoknak megfelelően ezen állományok fakészlete olykor jelentősen alatta marad a manapság várhatónál (6.2.-1. táblázat).

A 20. század jelentős változásokat hozott. A 19–20. század fordulójáig a területet még bizonyosan legeltették, a házi állatok legeltetése később, a 20. század során fokozatosan megszűnt. A jelen kép a mintegy 130 év alatt bekövetkezett erdősülést, a záródás és a fakészlet növekedését mutatja. Ugyanakkor a fajajviszonyok és az állományok szerkezete is megváltozott. A középkorú, 50–70 éves bükkösöket a terület nyugati

felén 1885–1914 között, a keleti részen később, 1915–1955 között felújították, az itt található igen meredek, gyakran kötörmelékés oldalakat a vágások legalábbis részben kikerülték, így ezek idős állománymozaikokat alkottak a fiatalosok között. A felújítások – az üzemtervi előírások alapján – 5 év alatt kivitelezett fokozatos felújítóvágásokkal történtek, szükség esetén mesterséges pótlásokkal kiegészítve. Az üzemterv azt is előírta, hogy a bükk és a többi fafaj rovására elő kell segíteni a „tölgy” és a magas kőris elterjedését. A pótlásokra így „tölgyet”, csert és a gyenge talajú részeken feketefenyőt használtak. A fiatalosokat rendszeresen tisztították, a kiszedendőnek előírt fafajokat a nyír, a nyár, a gyertyán és a bükk alkották. A tisztítások és az állományok természetes fejlődése, záródása napjainkig oda vezetett, hogy a nyír florisztikai ritkaságnak számít a Tési-fennsík déli részén, csak kevés részletben fordul elő néhány haldokló vagy már elpusztult példánya. Hasonló sorsra jutott az egykor a fiatalosok legalább felében jelen lévő, „nyár”-ként jelzett rezgő nyár is: ma már ezen részen szinte teljesen hiányzik.

6.2.-1. táblázat. Azonos területek fatérfogat adatai 1885-ben és 1977-ben

Terület jele	Faállomány kora (év)	Fatérfogat (m ³ /ha)	Terület jele	Faállomány kora (év)	Fatérfogat (m ³ /ha)
1885			1977		
II.4.	75	230	Tés 45B	60	332
II.14.	70	102	Tés 42A	60	355
II.18.	60	148	Tés 95A	50	238
			Tés 95B	45	174
II.15.	60	155	Tés 76A	65	357
II.9.	60	146	Tés 96B	50	241
			Tés 96C	55	267
			Tés 96D	50	218

A felújítások és állománynevelések alatt alkalmazott irányelvek 1955-re a bükk területének jelentős, 151 ha-ra csökkenését és a magas kőris területének növekedését okozták (6.2.-2. táblázat). Az elmúlt 50 évben a bükköt már nem tartották visszaszorítandó fafajnak (pl. Üzemterv 1977), a tisztítások során a bükknek kedvezhetek, így területe a 21. század elején ismét meghaladja a 200 ha-t, de aránya 50% alatt maradt, míg a magas kőris és a gyertyán kiterjedése is csökkent valamelyest (2. táblázat). A terület északnyugati, mélyebb talajú, nagyrészt enyhén északra lejtő részén (Hegyes-berek) ma csaknem elegyetlen, homogén bükkösöket találni, amelyek csak zártságukban és abban különböznek elődeiktől, hogy azok korosztály-szerkezete változatosabb volt. Más a helyzet a Köves-hegy tetején, ennek déli-délnyugati részén és ettől keletre is. Bár itt még a 20. század elején is elegyetlen vagy alig elegyes bükkösök voltak, felújításuk után már magas kőris és gyertyán uralta erdők alakultak ki. Így a Köves-hegyen 2000-ben a bükk aránya 20% volt, míg a magas kőrisé 46%, a gyertyáné 33%, a Csákány-völgy – Két Futóné-koze közötti területen 1955-ben bükk aránya 17%, a magas kőrisé pedig közel 55% (jelenleg ez az arány 32%, illetve 50%). Az ilyen nagy mértékű bükk-magas kőris váltás a gyorsan, szinte tarvágásszerűen alkalmazott felújítóvágásokkal, valamint a sok helyen sekély, köves talajjal magyarázható. A felújítások „eredményességét” az is jelzi, hogy a záródási viszonyok 1955-ben gyakorlatilag megegyeztek a 19. század végén tapasztaltakkal (Üzemterv 1955).

Az 1955-ös üzemtervben jelentkezik először nagy mennyiségben a gyertyán, ezt okozhatta terjeszkedése és/vagy a pontosabb elegyaránybecslés. A gyertyánt az elmúlt évszázadban szinte mindig és mindenhol üldözendő fafajnak tartották. Ennek megfelelően arányát a tisztításokkor, gyérítésekkel rendszeresen igyekeztek (illetve igyekeznek) csökkenteni. Mivel a gyertyán az idősödő bükkös és bükkelleges állományokban természetes úton, illetve természetes körülmények között is visszaszorul, e kettősség látszik abban, hogy területe 1955 óta egyharmadával csökkent. Történt mindez annak ellenére, hogy az 1980-as évek felújításai kiterjedt gyertyános-magas kőrises fiatalosokat eredményeztek (Bölöni 2004).

6.2.-2. táblázat. A fontosabb fajok területe a Tési-fennsík déli részén, bükkösökben (hektárban)

Év	Bükk	Magas kóris	Gyertyán	Cser	Összes erdőterület
1885	310	78	28	3	509
1955	151	151	104	39	500
2000	221	134	62	24	499

Hasonló folyamatok mutathatók ki a Soproni-hegységben is. Itt a 19. században az erdők nagy többsége, mintegy 4 000 ha, Sopron város tulajdonában volt, amelyből természetes körülmények között legalább 2 000 ha-t bükkösök borítanak. A 19. század közepéig a város és a környező települések közösen használták az erdőket, ahol a fahasználatok mellett komoly szerepe volt az erdei legeltetésnek és az avar (alom) szedésnek is. Bár a használatokban volt bizonyos tervszerűség és rendszer, de egyrészt ehhez nem mindig igazodtak, másrészt a fahasználatokat az igényekhez és nem a lehetőségekhez igazították, illetve a lehetőségek felmérése is minden bizonnyal pontatlan lehetett. Ez a hazánkban sokféle jellemző erdőkép kialakulásához vezetett, ahol sok a ligetes, kiritkított, fiatal állomány, jellemzőek a tisztások és a pionír fajok, elsősorban a bibircses nyír és a rezgő nyár aránya jelentős. A 18. századra már nagyobb, egybefüggő vágásterületek is kialakultak (Tamás 1955; Szmorad 2010). Mindezt ma úgy jellemeznénk, hogy az erdők leromlottak, a lehetségesnél alacsonyabb élőfakészlettel rendelkeztek.

A bükk területe és aránya jóval alatta maradt a természetes körülmények között elvárhatótól, illetve attól, amit a termőhelyi viszonyok indokolnának. A Soproni-hegységet a Köves-ároktól nyugatra természetes körülmények között bükkösök uralnák, ehhez képest az 1885-ös első üzemterv csak a Hermes-dombtól nyugatra jelez bükk, illetve bükk-gyertyán uralta állományokat. A bükk területét a kíméletlen fahasználatok különösen erősen csökkentették, termőhelyének nagy részét ekkor pionír jellegű fajok (gyertyán, nyír, rezgő nyár, kecskefűz) vették át (6.2.-3. táblázat). A 19. század közepén a Soproni-hegységben az erdőgazdálkodásban jelentős fordulat kezdődött. A korábbi sikertelen szabályozások helyett fenyőfajok alkalmazásától várták az erdők állapotának javulását, emellett pedig tilos lett a legeltetés és az alomszedés, illetve elkezdték a pionír jellegű fajok visszaszorítását is. Az 1950-es évekig ez a bükk további visszaszorulását eredményezte, kiterjedése ekkor érte el a minimumát a hegységben. Az 1980-as években ismét jelentkező nagyobb arányú lucpusztulás után eredeti termőhelyein, illetve ezek egy részén a bükk újra előtérbe került, területe így napjainkra meghaladta a 600 ha-t, ismét találni bükkösöket a Köves-árok és a Hermes-domb közötti területeken, ugyanakkor jelenlegi kiterjedésük még mindig csak a potenciálisan bükkös termőhelyek legfeljebb felét foglalja el. Ezzel párhuzamosan a pionír jellegű elegyfák, beleértve a gyertyánt, kiterjedése az egész hegység, így a bükkösök területén is jelentősen csökkent (Szmorad 2010).

6.2.-3. táblázat. A fontosabb fajok területe a soproni Városi-erdő területén (hektárban)

Év	Bükk	Gyertyán	Nyír + rezgő nyár	Kocsánytalan tölgy	Fenyőfajok	Összes erdőterület
1885	220	1 065	827	946	602	3 748
1953	174	423	108	904	1 903	3 622
2004	641	259	116	1 283	1 495	3 994

Az ország egyes terülein még a fent említettekhez képest sem vették figyelembe a gazdálkodás korabeli elvelit, szabályait sem. Erre szemléletes példa a Magas- és a Déli-Bakony határán található Szentgál erdőinek esete. Szentgál az egyik legnagyobb községhatárral rendelkezik a Bakonyban (9 500 ha), ami régebben még kiterjedtebb volt: a Gerence-pataktól csaknem a Balatonig terjedt megközelítette a 20 000 ha-t (Majer 1980). E hatalmas területet egykor csaknem teljesen erdők borították és az erdőborítás ma is

jelentős (4 500 ha), aminek közel fele bükkös vagy bükkös származék erdő (több mint 1 700 ha). Szentgál lakosai korábban királyi vadászok voltak, ezért 1328-ban nemességet kaptak, így határuk akkor nemesi közbirtokosságnak számított, ami gyakorlatilag szabad és szabályozatlan erdőhasználatot jelentett. Ez a szabad határhaznát a 17–19. században már feltűnően erőteljes fahasználatokhoz vezetett. Ezek ellen már a 18. század közepe óta próbáltak fellépni. Az első védelmi lépések még inkább az irtások tilalmazására szolgáltak (Maksay 1973; Majer 1980), vagy pedig nem vált élesen szét a kétféle célú fahasználat, azaz az erdők általános védelme érdekében próbáltak szől emelni (Nagy Domokos 1975). A védelmi rendelkezéseknek azonban nem sok eredménye lehetett, a nagymértékű rendszertelen fahasználatok a 19. században tovább folytatódtak.

A pusztítás miatt először 1810-ben vették zár alá a szentgáli erdőket, ami nagyon indokolt, de teljesen eredménytelen volt (Maksay 1973). Ezt az eljárást a megye kénytelen volt többször megismételni (1814-ben: Wallner 1942; 1842-ben: Majer 1980), de az előzőhöz hasonlóan semmilyen eredményt nem tudtak ezzel elérni, hiába szólította fel a megye a községet az erdőzár következetesebb megtartására többször is (Nagy Domokos 1975), „... éven által nincs éjszaka, annál kevésbé nap, hogy Szent Gáliak elorzott cser, szerszám és egyéb fákat Veszprémben ne hordanak, ... százanként csattognak a fejszék, ropognak a dülő fák Szent Gál erdejében, ...” (Wallner 1942). Az 1848/49-es szabadságharc sem hozott változást, 1863-ban ismét zár alá kerültek a szentgáliak erdei (Majer 1980). A pusztítás azonban, miként korábban is, ennek ellenére sem szűnt meg: „Itt ugyanis derüre-borura vág mindenki ott, a hol és a mit neki tetszik és a mely időben tetszik ...”; „... a zár csak névleges, s így boldog boldogtalan hordja a szent-gáli fát a szélrózsa minden irányában” (Kabina 1880). Ekkor vált szokássá (illetve ebből az időből származnak az ilyen adatok), hogy azon fákat, amelyeknek törzse alul túl vastag vagy valamilyen más okból felhasználásra kevésbé alkalmas, 1–2 m magasan vágták le: „... hozzá látnak a törzs ledöntéséhez, még pedig a legtöbb esetben úgy, hogy közönségesen 1–1 1/2 sőt 2 méter magas töveket hagynak állani” (Kabina 1880), „... Alsó-Erdei részen található lenyakalt bükkösök is ebből az időből származnak ...” (Üzemterv 1897).

Ennek a fajta használatnak az eredményéről a 19. század végén készült első üzemtervek adatai alapján jó képet kaphatunk. Az Alsó-erdő bükkösei csaknem mind sarj eredetűek, többnyire alig zártak, ligetesek, a területarányos záródás mindössze 55%. Az állományok többnyire fiatalok (10–30 év), csak kevés idősebb (50–90 éves) rész van, és azok is az osztagokban szétszórva találhatóak, gyakran csonkolt hagyásfa formájában. Mindennek megfelelően a hektáronkénti fatérfogat rendkívül alacsony (30 m³/ha). A ligetes állományok fennmaradásában a fahasználatok mellett nagy szerepe volt a kiterjedt erdei legeltetésnek. Az irodalmi adatok arra utalnak (Vajkai 1958; Maksay 1973; Nagy Domokos 1975; Üzemterv 1897), hogy a 19. században egészen bizonyosan olyan sok legelő állat járta a szentgáli erdőket, hogy hatásukat nem lehet figyelmen kívül hagyni: akadályozták az erdők felújulását, ezzel segítették fenntartani a fahasználatok által létrehozott ligetes záródású állományképet.

A 20. század itt is jelentős változásokat hozott. Az üzemterv szerinti gazdálkodás az állományok fokozatos záródását hozta magával, itt azonban olyan sok és olyan mértékű volt a ligetes rész, hogy az 1950-es években az átlagos záródás még mindig alig haladta meg a 60%-ot. A terület bükköseinek többsége csak a 2000-es években érte el a 85%-os záródást. Az állományok korosbodásával és záródásával a fatérfogat is jelentősen megnőtt (400 m³/ha). Az évtizedekig fennálló ligetes részek sok helyen nagyobb koronájú fák kialakulását, illetve tovább élését segítették elő és még jelenleg is gyakran felismerhető sok fán a sarj eredet.

A ritkán lakott, nehezen megközelíthető helyeken, más tulajdonviszonyok között az erdők, így a bükkösök sorsa is máshogy alakult. Erre szolgált jó példát a Kékes északi lejtője a Mátrában, amely csaknem a hegylábíig bükkösökkel borított napjainkban is. Ezt a Parád település határába tartozó részt egészen az I. világháborút követő időszakig nagybirtokként kezelték, tulajdonosai a 17. századtól a Rákóczi, a Grassalkovich, majd a Károlyi család volt, 1921-től állami tulajdonban és kezelésben van. A Kékes környéke a 17. században még annyira kívül esett a lakott területek hatáskörén, hogy kiterjedt erdősegeinek a tető közelében lévő részei még őserdei állapotban lehettek (Czajlik 2009). Később az emberi használat a hegylából egyre feljebb hatolt, de jelenlegi ismereteink alapján az úrbérrendezésig (1770) a hegység belsejének erdeire sem

a legeltetés, sem a fahasználatok nem jelentettek nagyobb terhelést. Erre utal az I. katonai felmérés ország-leírása is: „Az összes Parád körüli erdő ... magas törzszű, sűrű tölgygel és bükkal elegyes. Az erdő sűrűsége, ..., valamint az ott található utak állapota miatt, sem lóval, de néha még gyalog sem átjárhatóak.” (Jankó 2004).

A 18. században a völgyben, Parád körül ipari és turisztikai fejlesztések kezdődtek, amik az erdők hegylábba eső részének kiirtásával, illetve átalakításával jártak együtt. A 19. század közepén bevezették a Károlyi család uradalmában máshol is alkalmazott egységes gazdasági utasítást, aminek fontos részét képezték az erdők kezelésével kapcsolatos, sok szempontból ma is korszerűnek tekinthető rendelkezések (Tagányi 1896; Czájlik 2009). Ettől kezdve a jelenlegihez hasonló üzemterv szerint gazdálkodást folytattak, azzal a kisebb különbséggel, hogy a terület déli részén mintegy 2 800 ha-t, egészen a Kékes-tetőig vadaskertként használták. A Kékes északi oldalát véderdőként kezelték, ahol 1879-től egészen biztosan minden fahasználat tilos volt. A feltártság is igen alacsony volt, csak néhány vadászházhoz vezetett út (Czájlik 2009). A terület más részein az erdőgazdálkodás egyre intenzívebbé vált, a bükkösöket ebben az időben vetővágások alkalmazásával, 80 éves vágásfordulóval kezelték (Elek 1909).

A II. világháborút követő időszak gazdálkodását eleinte kettősség jellemezte. A Kékes-tetőn és az alatta lévő, véderdőként nyilvántartott állományokat nem érte érdemi emberi zavarás. Az alatta, Parád felé eső területen feltáróút (az ún. hurokút) épült és nagy kiterjedésű felújítógátas fahasználatok folytak, amelyek a korábban feltáratlan, részben őserdő jellegű bükkösöket gazdasági erdőkké alakították. A felújításokkal a hegylábától a tető felé haladtak, egyszerre nagy, egybefüggő területek levágva. A Kékes alatti részt (Parád 22, 23, 24, 28, 29-es tagok) az 1950-es években érték el, itt jelenleg nagy területen homogén szerkezetű, 60–70 éves gazdasági erdőket találni (Gálhidy 1999). Az 1960-as évek elején a véderdő egyes részeit is letermelték (Parád 26D). A tető közelében egészen az 1970-es évekig voltak őserdő jellegű foltok (pl. Gyöngyös 2E, F, 3F, G), de ekkor a Kékes-tető eddig fennmaradt többszáz hektárnyi aránylag érintetlen bükkösét is nagyrészt levágták (Czájlik 2009). Az utolsó fahasználati hullámot túlélt, a tető meredek, északias letörésén fekvő, őserdő jellegű részletek (Parád 22B, D, 26C, F, G, 28C, 29B) 2000 óta az erdőrezervátum hálózat Kékes Erdőrezervátumának részét képezik (Horváth & Bölöni 2002).

Összefoglalva, a sűrűn lakott területek közelében lévő bükkösökben régóta erőteljes emberi hatások érvényesültek, amelyeket a 19. század közepéig-végéig a nagymértékű fahasználatok és az erdei legeltetés együttes jelenléte határozott meg. Ezek együttesen ligetes, sokszor mesterséges tisztásokkal, felújulatlan részekkel mozaikos, alacsony záródású, többségében sarj eredetű állományokat hoztak létre. Ezek az állományok gyakran viszonylag változatos szerkezetűek és vegyes korúak voltak, de a fák többsége fiatal, 10–30(–50) éves volt, az idősebb foltokat hagyásfák és hagyásfa csoportok jelentették. Ezekben az állományokban a fatérfogat a mainál jóval alacsonyabb volt, a bükk helyét egyéb, többnyire pionír jellegű fajok (gyertyán, magas kőrös, nyír, rezgő nyár) vették át, sokfelé olyan mértékben, hogy az adott élőhelyet már nem lehetett bükkösnek tekinteni. A legeltetés legfontosabb hatása a ligetes állapot fenntartása volt.

A 19. század végétől a 20. század elejéig a gazdálkodásban bekövetkezett alapvető változások hatására az erdei legeltetés megszűnt, a maradék bükkösök bezáródtak, a sarjeredetű állományokat szálerdőkké alakították. A felújítógátásokat egyszerre nagy egybefüggő területeken végezték, így a gazdálkodás hatására a bükkösök szerkezete, átmérő eloszlása nagy, egybefüggő területeken lett sokkal homogénebb, mint korábban. A bükk kiterjedésének csökkenése mintegy a 20. század közepéig tartott, azóta növekedőben van, és sok állományban kezdi visszahódítani eredeti termőhelyét, de a bükkösök jelenlegi kiterjedése még mindig jóval alatta marad a potenciálisnak. Míg a korabeli, 20. század előtti nagyobb nyílt, zavart foltokkal és erdei legeltetéssel együtt járó gazdálkodás kedvezett a pionír fajoknak, a gazdálkodás változásával és az állományok záródásával ezek csaknem eltűntek a bükkösökből. Szintén kevés változatos szerkezetű, idős, vastag és fiatal fát egyaránt tartalmazó folt maradt.

Több nagybirtok kezelésében lévő bükkösben a szálerdő gazdálkodás korábban, a 18–19. században kezdődött, a fahasználatok és a legeltetés hatása korábban sem volt annyira erőteljes, itt a szálerdő gazdálkodás és a korábban ezzel járó homogénebb faállomány szerkezet hamarabb kialakult. A lakott területektől meszebb található, nehezen megközelíthető bükkösök esetében előfordult, hogy a legeltetésnek és a korabeli

fahasznalatoknak a szerepe mindig is minimális volt, ezek sokáig, néhol a 19. századig is őserdő jellegű állapotban maradtak. A 19–20. század folyamán ezek többségét is gazdasági erdővé alakították át. A 21. század elejétől sokfelé átalakuló erdőgazdálkodási gyakorlat, az átalakító és a szálaló üzemmód bükkösökben egyre elterjedtebb alkalmazása a faállomány-szerkezet változatosságának növekedését is magával hozza. A gazdálkodás genetikai hatásait lásd az 1.4. fejezet »Erdőművelési beavatkozások hatása a bükkösök genetikai struktúrájára« alfejezetében.

Irodalom

- Bölöni J. 2004: Többszempon্তু erdőtípológiai vizsgálatok a Tési-Fennsík déli részén. – Doktori (PhD) értekezés, Sopron, 130 pp.
- Czajlik P. 2009: Kékes-Észak erdőrezervátum és térségének története: egy őserdőfragmentum fennmaradása. – ER, Az erdőrezervátum-kutatás eredményei 3: 7–94.
- Dávid J. 2007: Erdőhasználati módok változásai a zselici erdőkben. – Somogy Megyei Múzeumok Közleményei 17: 147–158.
- Elek I. 1909. Debrői-parádi hitbizományi uradalom. In: Borovszky S. (szerk.): Magyarország Vármegyei és Városai. Heves Vármegye. – CD-ROM, Arcanum, Budapest.
- Gálhidy L. 1999: Természetközeli és gazdasági erdőállományok szerkezetének összehasonlító vizsgálata. – Kézirat, ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, Budapest.
- Gombocz E. 1936: A magyar botanika története. – Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 636 pp.
- Hegy I. 1978: A népi erdőkielés történeti formái. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 318 pp.
- Horváth F. & Bölöni J. (szerk.) 2002: Az erdőrezervátumok kutatásszempon্তু besorolása és rövid jellemzése 1999-ben. In: Horváth F. & Borhidi A. (szerk.): A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. – TermészetBÚVÁR Kiadó, Budapest, pp. 276–287.
- Jankó A. 2004. Az első katonai felmérés. – DVD, HM Hadtörténeti Múzeum és Térképtára, Arcanum, Budapest.
- Kabina J. 1880: A szentgáli közbirtokosság erdészeti viszonyai. – Erdészeti Lapok 19: 103–114.
- Magyar E. 1993: Erdőgazdálkodás a 18. századi Magyarországon. In: R. Várkonyi Á. (szerk.): Európa híres kertje. Történeti ökológiai tanulmányok Magyarországról. – Orpheusz Kiadóvállalat, Budapest, pp. 141–163.
- Majer A. 1980: A Bakony tiszafása. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 374 pp.
- Maksay F. 1973: Parasztnemesi gazdálkodás Szentgálon (1700–1848). I-III. – Agrártörténeti Szemle pp. 13–38., 245–300.
- Nagy Domokos I. 1975: Iratok a szentgáli nemesi közbirtokosság erdészeti- és vadászattörténetéhez. 1670–1866. – Országos Erdészeti Egyesület Erdészettörténeti Szakosztályának Közleményei 8–10: 55–98.
- Saláta D. 2009: Adatok az Öreg-Bakony tájtörténetéhez. – Tájökológiai Lapok 7: 229–239.
- Sümege P. 2007: Magyarország növényzetének története. In: Molnár Zs., Deák J.Á., Csathó A.I., Horváth D., Szabó-Szöllösi T., Tóth T. & Pándi I. (szerk.): A VIII. MÉTA-TÚRA túravezető füzet. – Kézirat, MTA ÖBKI, Vácrátót.
- Szomorad F. 2010. A Soproni-hegység erdeinek történeti, növényföldrajzi és cönológiai vizsgálata. – Doktori (PhD) értekezés, Pécs, 280 pp.
- Tagányi K. 1896: Magyar Erdészeti Oklevéltár I. – Pátria, Budapest, 735 pp.
- Tamás J. 1955. A soproni hegyvidéki erdők történelmi fejlődése, tájleírásai a fafaj, elegyarány és korosztály viszonylatában napjainkig. – Kézirat, Közzéteszi: Bartha D. 2001, Erdészettörténeti Közlemények 50: 1–134.
- Vajkai A. 1959: A Bakony néprajza. – Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 176 pp.
- Wallner E. 1941: A Bakony erdőtakarójának átalakulása a 18. század végéig. – Földrajzi Közlemények 69: 1–29.
- Wallner E. 1942: A Bakony erdőtakarójának pusztulása a 19. században. – Földrajzi Közlemények 70: 34–42.
- Zugor F. 1989: Tés története, 1086–1986. – Jó Szerencsét Mgtsz., Várpalota, 200 pp.

Üzemtervek:

- Veszprém megye erdészeti üzemterveinek levéltári gyűjteménye, 20I.103., Veszprém megyei levéltár:
Szentgál község nemesi-közbirtokossága véderdejének rendszeres használati terve. Veszprém, 1897.
Székes-fehérvári püspökég Teési Erdőgondnokságának Üzemtervei 1885–1904. Veszprém, 1885, 20I.103./292.
Üzemátvilágítási munkálat. A székesfehérvári püspökég teési erdőgondnokságának „B” üzemosztályáról az 1885–1894-ig terjedő félfordaszakra vonatkozólag. Veszprém, 1896, 20I.103./292.

Üzemátvilágítási munkálat. A székesfehérvári püspökég teési erdőgondnokságának „C” üzemosztályáról az 1885–1894-ig terjedő félfordaszakra vonatkozólag. Veszprém, 1896, 20I.103./292.

Üzemátvilágítási munkálat a székesfehérvári püspökég teési erdőgondnokságának „A”, „B” és „C” üzemosztályairól az 1895–1904-ig terjedő második félfordaszakra vonatkozólag. 1904, 20I.103./292.

Erdőrendezési Szolgálat, Veszprémi ETI levéltára:

Erdőgazdasági Üzemterv, Tés község 1955–1965, Erdőrendezési Szolgálat, Veszprémi ETI.

Mn. Veszprémi Erdőgazdaság, Mn. Dudari Erdészet Üzemterve 1977–1986 (Tés), 1977.



6.2.-1. ábra. A korábbi erdőhasználatok nyomai az erdő megjelenésén: nyíltabb állásban nőtt, nagy koronájú fákat is tartalmazó, egykor ligetes, mára nagyrészt bezáródott bükk uralta állomány a Bakonyban (Fotó: Bölöni János)

6.3. A bükkösök erdőművelési módszerei

A bükk szaporítóanyag termesztése

Bordács Sándor és Frank Norbert

Bükköseink felújítása alapvetően természetes módszerekkel történik, azonban a csemetetermesztés során előállított erdészeti szaporítóanyag mégis fontos szerepet tölt be. A csemetekertekben előállított gyökeres ültetési anyagot elsősorban a fafajcserés átalakításokhoz, illetve a természetes felújítások kiegészítéséhez használják fel (Bondor & Gál 1976).

A csemetetermeléshez jellemzően kétféle szaporító alapanyagot, vetőmagot, ill. állomány alól kiemelt gyökeres csemetét használunk. Mindkét szaporító alapanyag begyűjtése a hatályos jogszabályi előírások – és az általános európai gyakorlat – szerint nyilvántartott szaporítóanyag-forrásokból, zömében idős, magtermő korú állományokból lehetséges. Az általános magyarországi viszonyokhoz illeszkedve ezek a szaporítóanyag-források zömében származás azonosított kategóriába sorolt, nagyobb területű erdőállományok, ill. kisebb arányban kiválasztott kategóriájú magtermelő állományok (Führer et al. 2010; Bordács et al. 2013).

A bükk makktermésének időszakossága közismert, ami történeti távlatokban is megfigyelhető. Levéltári adatokat, gazdálkodási adatsorokat az 1750 és 1982 közötti időszakban elemezve megállapítható, hogy a Bakonyban évszázadonként átlagosan 6 alkalommal (14 évente) volt bőséges, mintegy 7 évente közepes, 3–4 évenként pedig gyenge termés (Majer 1982). Ezért termő években a vetőmag begyűjtése létfontosságú gazdálkodó érdek. A bükk makkja a tölgyekével ellentétben jelentős mértékben szikkasztható a hosszabb ideig tartó tárolás érdekében, amit magas olajtartalma tesz lehetővé (Fodor et al. 1983). A bükkmakk ősztől tavaszig történő tárolásánál lényeges követelmény a rétegelés, valamint a hűvös, szellős, egyenletes nedvességtartalmat biztosító tárolóhelyiség. A rétegelés az átfekvés megelőzése miatt szükséges és jellemzően nedves homokban, tözezes homokban vagy közeg nélkül, mintegy 30% körüli nedvességtartalom mellett történik, és mintegy 4–8 hetet igényel (Ludwig 2004; Suszka et al. 2008). A tervezett vetési időpont előtt a makkot 3–5 °C-os hőmérsékleten néhány hétig nedvesítjük, amíg a magok nagy része 1–2 mm csírárt nem fejleszt (Ludwig 2004; Suszka et al. 2008). A 20–25%-os víztartalmú makk –4 °C-os léghőmérsékletű hűtőkamrában is tárolható. Több évre tervezett tárolás esetén a makkot tovább kell szikkasztani, mintegy 10%-os nedvességtartalomra (Mátyás & Páli 1980). Ebben az esetben a szárítást a beérés után legkorábban egy hónappal szabad megkezdeni, hogy a makkban lejátszódó utóérési folyamatok végbemenjenek. Az ajánlott tárolási hőmérséklet általában –10 °C, amelyen akár 5–10 évig, alacsonyabb nedvességtartalom (6–10%) mellett akár 13 évig is életképes marad a makkétel min. 50%-a (Ludwig 2004; Suszka et al. 2008). Magyarországon a gyökeres szaporítóanyag termesztése jellemzően hidegágyas és szabadföldi technológiával folyik. A bükk makkjának fülledése miatt hagyományosan az őszi makkvetés terjedt el, a tavaszi vetés akkor célszerű, ha megfelelő tárolási körülmények állnak rendelkezésre.

A tavaszi vetésekhez a vetőmag rövid távú, őszi-téli tárolása – fagymentes tárolóhelyen – a hagyományos technológiákkal is jól megoldott (Mátyás & Páli 1980). A tárolás előtt a vetőmag tételt rostálással vagy szeleléssel tisztítani kell. Ezt követően a makkot mintegy 15–30 cm vastagságban elterítik. 1 m² területen 20–50 kg vetőmag tárolható. A tárolás feltétele, hogy a tárolt tételek kiszikkadjanak, ügyelve arra, hogy a tárolóhelyiség levegőjének hőmérséklete nem emelkedhet 10 °C fölé. A tárolt tételeket ezért rendszeresen ellenőrizni, és szükség esetén átforgatni is kell. A megfelelően szikkasztott vetőmag esetében a termésfal elválik a maghéjtól, és ilyenkor a magok nedvességtartalma 18–25%. A makk nedvességtartalma nem súlyoskodhat 18% alá, ilyenkor a tárolt tételt permetezni szükséges 5 l/100 kg dózisú víz kipermetezése mintegy 3–4% nedvességtartalom-emelkedést eredményez. A tervezett vetési időpont előtt a makkot 3–5 °C-os hőmérsékleten néhány hétig nedvesítjük, amíg a magok nagy része 1–2 mm csírárt nem fejleszt (Ludwig 2004; Suszka et al. 2008). A bükk vetőmag tételek vizsgálatára vonatkozó, jelenleg is használt szabványokat már

közel 50 éve alkalmazzuk (Marjai 1965). A mindennapi gyakorlatban a vetőmag minőségét legegyszerűbben metszéssel ellenőrizhetjük. A 80+ %-os érték helyi felhasználásra elfogadható, a kereskedelemben azonban a 90+ %-os mag képez árualapot. A vetőmag leggyakoribb minőségi hibái: a magas léha mag arány, a rovarfertőzés és – különösen a tárolási szezon végén – a fülledés (Pogrányi 2024). A bükk magágyi csemete nevelését alapvetően határozza meg a vetőmag minősége. Egy csemete növőtér igénye 22–26 cm², 1 kg-nyi tétel mintegy 4 500 db magot tartalmaz (Pápai 1998). Ezermagtömege 220 g; egy folyóméteren 37, 30 és 25 csemete nevelhető egy, két, ill. hároméves korra (Tihanyi & Tompa 1985). A csemete viszonylag lassú növekedése miatt a kétéves magágyi csemete zömében már alkalmas első kivételre, pótlásra, vagy iskolázásra.

A jelenlegi általános gyakorlat szerint a megfelelően előkészített, laza szerkezetű (nem kötött) talajba ősszel, október-december hónapokban vetjük a vetőmagot, 2–4 cm mély – fagyveszélyes helyen mélyebb – vetőbarázdába, ill. horonyba (Pállné Turmezei 1986). Az őszi vetés a gyakorlati tapasztalatok szerint teljes mértékben kiválthatja a rétegelést. A korábban gyakran alkalmazott fenyőtű, vagy jól elkorhadt bükkavar felhasználásával előkészített vetőágyás vagy a bakhátas takarás, ill. a kukoricaszárral történő fedés kiszorult a gyakorlatból (Gyarmatiné et al. 1983), helyette a fűrészporsos takarás általánosnak mondható. A bükk makkja alacsony hőmérsékleten csírázik, és ezért jellemző a korai, március közepi-végi kelés. A csíracsemetét a szinte szükségszerűen bekövetkező tavaszi fagyok károsító hatásától fátyolfólia borítással védhetjük meg, amely –5–6 °C-ig biztos védelmet nyújt.

Az ezredfordulót követően a csemetermelést a célválasztékok előállítása jellemzi, és a vetésnormát a termelési cél alapján számítjuk. Egy éves csemetéből (15–25 cm-es célmérettel) 32–35 db nevelhető meg sorfolyóméterenként (cca. 1 000 000 db/ha), míg a kétéves alávágott csemetéből 22–24 db (700 000 db/ha) 25–40 cm-es termelési céllal. A második tenyészeti időszakot megelőző alávágás mélysége, talajtól függően 15–18 cm (Pogrányi 2024).

A hagyományos, szabad gyökérzetű csemete nevelés mellett a különböző félintenzív módszerek is eredményesek a bükk csemete nevelésére. Ezek között kiemelendő a fóliasátor alatti magágyi csemete előállítása (6.3.-1. ábra). A szabadföldi természetéstől eltérően, ahol 120–140 db/m², illetve 500–600 db/kg csemete már jó kihozatalnak számít, addig a fóliaházban 300 db/m², illetve 1 400–1 500 db/kg-os kihozatal sem ritka (Pápai 1998). Fóliás természetésnél a termelési cél az 1 éves 30–50 cm-es csemete, amelyből – teljes vetést feltételezve – 180–220 db/m²-es kihozatal érhető el (Pogrányi 2024). A vetendő életképes (csírázóképes) vetőmag mennyiségét a termelendő csemeteszám 4-szeresében állapítjuk meg. A vetést talajherbicides kezeléssel tarthatjuk gyommentesen, ami a későbbiekben már mechanikai kezeléssel is fenntartható (Pogrányi 2024).



6.3.-1. ábra. A bükk csemete nevelése fóliasátorban
(Fotó: Frank Norbert)

Az állomány alóli csemete gyűjtés korábban általánosnak volt mondható, de a módszer napjainkban is elfogadott. Az így gyűjtött szaporítóanyag nem alkalmas közvetlen erdősisítésre, mivel a csemete gyökérzete sérült vagy hiányos. Az állomány alól gyűjtött csemete esetében általános az őszi vagy kora tavaszi iskolázás, ami az ezt követő második évben használható fel erdősisítésre. Ugyanis a csemete az iskolázást követő évben jellemzően „ül”, és csak a második tenyészeti időszakban indul növekedésnek (Pállné Turmezei 1986). Gyenge termőéveket követően jellemzően megnövekszik az állomány alól gyűjtött csemete mennyisége, ahogy ez a 2004–2005 éveket követő

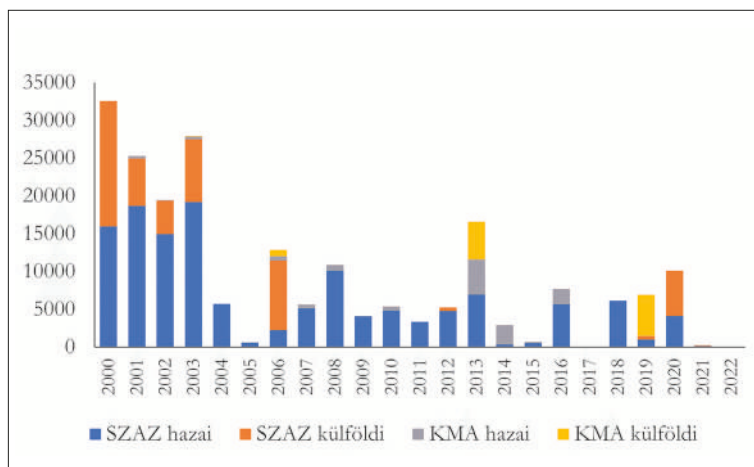
években az országos adatsorokban is megmutatkozott. Így pl. 2006-ban mintegy 1 millió db magági csemete mellett ugyanennyi állomány alól kiemelt csemetét minősített a növénytermesztési hatóság (Führer et al. 2010).

A megtermelt és forgalmazott szaporítóanyagok mennyisége az ezredfordulót követő 2 évtizedben nagyon változó volt. A NÉBIH adatait elemezve az látszik, hogy mind a vetőmag, mind az ültetési anyagok mennyisége nagy szórást mutat, ami a bükk rendszertelen termőképességével áll összefüggésben. (6.3.-2. és 6.3.-3. ábra).

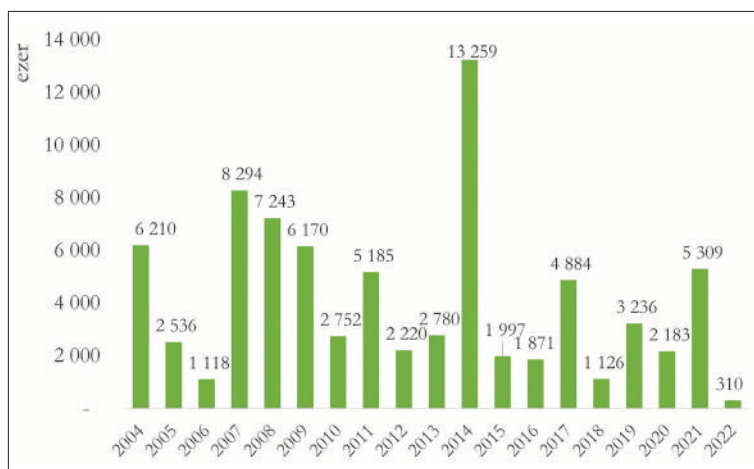
Az éves hazai felhasználási igény jellemzően 1–3 millió darab csemete, az egyes években kiugróan magas csemetemennyiség egy jelentős része exportra kerülő célválaszték, ill. bértermelés volt. A bértermelés, ill. export célválaszték hatása a vetőmagmennyiségek kiugró értékeiben is megfigyelhető.

Az ezredforduló óta a bükk szaporítóanyag-termelésben jelentős mértékű a külföldi (nem őshonos) szaporítóanyagok aránya (Bordács et al. 2013), ami a statisztikákban – a már említett bértermelés, ill. célválaszték termelés miatt – sokszor a kiugróan magas csemetemennyiség értékekben is megmutatkozik (6.3.-3. ábra). A 2007–2011 közötti időszakban, évente átlagosan 8 000 kg import vetőmagtétel érkezett az országba, míg a kivitel mértéke mintegy 480 kg volt. A hazai származású – zömében származás azonosított kategóriájú – szaporítóanyag mennyisége a termő évek hullámzását követi, pl. a 2010–2011 termelési szezonban a magyar származású minősített vetőmag mennyisége nem érte el a 6 tonnát sem (Bordács et al. 2013). Az ebben az évben minősített vetőmag tételekből majdnem 5 000 kg származás azonosított és ennek csak mintegy hatodrésze (890 kg) volt magtermelő állományból származó, kiválasztott kategóriájú szaporítóanyag. Ugyanebben az évben az összes termelt (magági és iskolázott együtt) csemete mennyisége mintegy 8,4 millió db volt, amelyből 6,2 millió darabot tett ki a származás azonosított kategóriájú (nem magtermelő állományból származó) csemete. A kiválasztott kategóriájú szaporítóanyag alacsony aránya nem megszokott az európai gyakorlatban, kiváltképp a fontos állományalkotó fafajok körében (Bordács et al. 2013).

A csemetetermelési adatok elemzésével az is kimutatható, hogy az iskolázott csemetetételek mennyisége a gyengébb termő éveket követően megemelkedik, jellemzően a magtermelő állományokból felgyűjtött



6.3.-2. ábra. A minősített vetőmag tételek mennyisége (kg) 2000 és 2021 között SZAZ= származás azonosított kategória, KMA= kiválasztott (magtermelő állomány) kategória (Adatforrás: NÉBIH)



6.3.-3. ábra. Az egyéves magági csemete mennyisége 2004 és 2022 között (Adatforrás: NÉBIH)

csemeték kerülnek 1–2 évre kiiskolázásra. Ennek célja az egységesebb, a piac követelményeinek jobban megfelelő, külső minőségi követelményekben egységesebb megjelenésű (gyökér/szár arány, gyökérstruktúra, méretkategória stb.) ültetési szaporítóanyag előállítás (Bordács et al. 2013; Bach et al. 2015). A hagyományos szabadföldi csemetetermesztés alacsony kihozatali eredményei főleg az alábbi okokra vezethetők vissza: nem kellő tisztaságú vetőmag; a csávázás hiánya; nem megfelelő talajfertőtlenítés; csírcsemete pusztulás; csemetedőlés; fagykárak, rágcsáló- vagy pajorkár.

A vetőmaghiányos évek termelését sok faj esetében ki lehet egyenlíteni vegetatív szaporítóanyag előállításával, de a bükk vegetatív szaporítása a természetesi gyakorlatban nem jellemző. Nemesítési és ex situ génmegőrzési célokból létesített gyűjtemények esetén azonban a vegetatív szaporítási módszerek is alkalmazhatók. Leginkább az oltványok előállítására van példa, de az alanycsemete és a nemes rész lassú összeforradása miatt az eljárás alacsony sikerességű (Schmidt & Tóth 1996).

A bükk csemete időszakos hiánya és az importált csemete hazaival történő kiváltásának szükségessége ráirányította a figyelmet a magtermelő állományokra (Mendlik 1986a). A bükk magtermelő állományok kijelölése 1951-ben kezdődött (Mátyás 1958), majd a 60-as években azok revíziójával folytatódott (Mátyás 1968). Az első állományok kijelölésénél a szaporítási szempontok, az értékes alaki tulajdonságokat hordozó genotípusok, illetve az élőhelyekhez alkalmazkodott ökotípusok megőrzése kerültek előtérbe. Az évtizedes kezelési tapasztalatok szerint a bükk magtermelő állományokban 60–80%-os záródásig lehet elvégezni a bontást; 60 éves korig erőteljesebben, utána óvatosabb gyérítéssel. A legjobb állományokban 80–100 éves korban hektáronként 60–120 db magtermelő fa tartható fenn. (Fodor et al. 1983; Mátyás 1986). A magtermés fokozása érdekében több műtrágyázási kísérletet indítottak bükk magtermelő állományokban is. A kísérleteket általában kedvezőnek minősítették, de kiemelték az időjárási és termőhelyi tényezők szerepét is, amelyek együttes pozitív összhatása szükséges a termés jelentősebb fokozásához (Mátyás 1969; Mendlik 1982; Pállné 1986).

A magtermelő állományok kialakítása, fenntartása több tényező együttes figyelembevételével lehet sikeres. A hazai gyakorlatban alkalmazott paramétereket és irányelveket a jelenleg is hatályos erdészeti szaporítóanyag rendelet rögzíti, amelybe az akkori nemzetközi gazdálkodási tapasztalatok és kutatási eredmények – pl. az EUFORGEN projektek eredményei (von Wülisch 2008) – is beépítésre kerültek. Napjainkban a minősítés meghatározó szempontjai: az állomány fáinak átlagosnál jobb minőségi (törzsegyenesség, villásodás stb.) egyöntetűsége; az átlagosnál jobb termőhelyi adottságok (1–3. termőhelyi osztály); a második koronaszint jelenléte vagy kialakulásának lehetősége és a megfelelő időben elvégezhető törzskiválasztó gyérítések lehetősége. Az elmúlt évtizedekben végzett genetikai kutatások szerint az állományalkotó fafajok esetében a tényleges populációméret (a szaporodásban résztvevő egyedek összessége) több tíz hektáros nagyságrendű, így gyakorlatias kompromisszumnak tűnik a 10 hektáros alsó határérték. A bükk esetében az 50–70(–80) év között, 3–4 fokozatban elvégzett gyérítések feladata a magfák fokozatos növényterének kialakítása, elsősorban felső szintű belenyúlásokkal, egyidejűleg a második koronaszint fáinak fokozott kímélésével (Bordács 2003).

A Bakonyerdő Zrt. Bakonybéli Erdészethél 2000-ben minősített 100 hektár feletti bükkös tömb már ilyen szempontok szerint került kiválasztásra, megelőzve ezzel egy optimális gazdálkodási terület nagyságot is, ahol a magtermelő állományokra vonatkozó sajátos erdészeti beavatkozások gazdaságosan folytathatók. A jól kezelt magtermelő állományok, megfelelő állománynevelés és kezelés mellett el tudják látni az elsődleges rendeltetésüknek megfelelő feladatokat (Bordács et al. 2013). A magtermelő állományok a szaporítóanyag-gazdálkodásban betöltött szerepük mellett génmegőrzési funkciókat is ellátnak (Mátyás 1958). A génmegőrzés feladataival, helyzetével az »1.4. fejezet« foglalkozik.

A bükk erdőfelújítása és erdőnevelése

Frank Norbert, Kollár Tamás, Csépanyi Péter és Váradi József

Bükkösök természetes erdőfelújításának módszerei, lehetőségei

A bükk fafaj természetes erdőfelújításairól szóló tanulmányokban kiemelt helyen szerepelt az akkor tényként kezelt megállapítás, mely szerint „A felújítást befolyásoló tényezők közül az egyik legfontosabb a magtermések időszakossága” (Bondor 1986).

Már Gayer (1889) felhívta a figyelmet és kihangsúlyozta, hogy a „bükkösök természetes felújításánál különös figyelmet kell fordítani a termőhelyi viszonyok tanulmányozására.” Az erdőműveléssel foglalkozó szakemberek már a múlt század első felében felismerték, hogy az eltérő erdőtípusokban más-más erdőfelújítási módszert kell alkalmazni, és a sikeres erdőfelújítást a felszabadítás ütemének helyes megválasztásában vélték felfedezni (Török 2006). Magyar (1933) megállapítása, mely szerint „A megtelepült újulat életét és fejlődését, mint hangsúlyozzuk, elsősorban a fény és a nedvesség határozzák meg. Bizonyos határok között az emberi beavatkozás mindenekelőtt szabályozhatja, amelyek mértéke változik a fafajok és a termőhelyi viszonyok szerint. Minél kedvezőbbek a termőhelyi viszonyok, aminél üdőbb a talaj, annál inkább, főleg csak az árnyalási viszonyok jelölik meg a felszabadítás tempóját.” – korszakalkotó volt a bükkösök felújításának tervezése és végrehajtása szempontjából.

Roth (1935) szerint a bükk újulat már nagyon csekély bontás hatására is meg tud jelenni, azonban teljesen zárt állományban „pár hónap múlva ismét eltűnik”; megmaradó újulatra csak némi bontás után lehet számítani. A bükkmakk kedvező szegletes alakja miatt „becsúszik az alom levelei közé, ami kedvező ágyat biztosít, de messzebbre nem jut a fától, csak a madarak vagy emlősök útján, szórványosan.” Szeles, viharos időben hulló makk a törzstől több tíz méterre is földet érhet. Az újulat megjelenését követő második-harmadik évben már biztosított annak megmaradása, de az újabb bontások nélkülözhetetlenek. Véleménye szerint célszerűbb a lassúbb, átmenetes bontás, de elviseli a gyorsabb beavatkozásokat is, sőt erre az újulat erőteljesebb fejlődéssel reagál. Az árnyalást sokáig elviseli, azonban az ilyen körülmények között fejlődött egyedek fokozatos és óvatos bontást igényelnek. A bükkös újulat korai és gondos átválogatása is szükséges, különösen, ami a villás törzseket, illetve azok eltávolítását illeti. Megítélése szerint „a bükk ritkán terem, szórványos termés ugyan elég gyakori, bőséges termések, amelyek sűrűn takarják a fák alatti talajt, átlag 6 évenként térnek vissza.”

A bükkös állományok egyenletes bontására a bükk általában egyenetlen „telepedéssel” reagál (Bondor 1986). Az egyenletes bontásokra alapított felújítóvágásnak egy típusa ismert (Roth 1935), nevezetesen a fokozatos felújítóvágás, melyet a német *Schirmschlag*-ból fordított Illés Nándor. Roth Gyula nem tartotta szerencsésnek az elnevezést, helyette az ernyősvágást javasolta. Ennek során az alábbi vágás végrehajtása szükséges: előkészítővágás, vetővágás, felszabadítóvágás. Az előkészítővágás célja az állomány előkészítése (felkészítése) a természetes erdőfelújításra. Ennek során a zárt állományt meg kell bontani, elősegítve a magtermés fokozását, továbbá a bontás hatására a talajt borító nyers alom érett televénnyé változását el tudjuk érni, ami alkalmassá teszi a talajfelszín a magvak befogadására. Az előkészítővágással az érintett területen lévő faállomány fatérfogatának 15–20%-a kerül kitermelésre. Gyérített (áterdölt), vagy bármilyen oknál fogva kigyérült erdőben pedig az előkészítővágásra egyáltalán nincs szükség (Vadas 1921). A vetővágás célja egyrészt a talajra hullott magból kikelt csíracsemetek további fejlődését elősegítő viszonyok megteremtése, másrészt a magvetés hiányainak pótlása, illetve az elpusztult csíracsemetek pótlására szolgáló magszórányafák további magtermésre való serkentése, valamint megfelelő vágásvezetéssel a talaj gyomosodásának csökkentése. Vadas (1921) szerint a „vágást olyan mértékben kell alkalmazni, hogy a megmaradó anyafák beárnyalását a kikelt csemetek 1–2 évig sínylés nélkül tűrjék.” Természetesen nem szabad erőteljesebb bontást végezni „verőfényes meredek hegyoldalakon, elgyomosodásra fogékony, vagy pedig sovány, száraz talajon.” A bükk, valamint a jegenyefenyő és a lucfenyő is elviseli a nagyobb mértékű árnyalást, azaz ezen fafajok esetében a kisebb mértékű bontásokkal is el tudjuk érni a kívánt állapotú újulatot. Vadas (1921) szerint a

vetővágással a fatérfogat 15–30%-át, kedvező termőhelyeken, ha a széldöntéssel nem kell számolnunk, akár 50%-át is ki lehet szedni. A szerző kihangsúlyozza, hogy a magtermés bizonytalansága miatt a jó magtermő években minél több vetővágást célszerű indítani, valamint, hogy a vetővágás ideje alatt az erdőterületen a legeltetési tilalmat fokozottan kell ellenőrizni. A felszabadítévágás alkalmával el kell távolítani a felújítási területen még álló fákat, hogy a „betelepült csemetéknek megnyissuk a teljesen szabad fejlődés lehetőségét.” Vadas (1898) szerint a vetővágástól számított 6 év után a végső vágás fatömegét is kell használni. Megjegyzi továbbá, hogy a bükk esetében a vetővágás sokszor elmarad, mivel nagyobb záródás esetében is van makktermés, és az anyafák árnyalását is hosszabb ideig elviseli az újulat, ezért „az előkészítévágás után, amint a csemeték megerősödtek, a felszabadítévágással egyszerre ki is használhatjuk a visszamaradó anyafákat.”

Az egy-egy pontból kiinduló felújítévágások közül a leggyakrabban alkalmazott módszer az ún. Gayer-féle csoportos felújítévágás. A legfeljebb egy fahossz átmérőjű csoportra alapozott felújítévágás lényege, hogy vagy a természetes úton megjelent újulatra alapozva történik az erdő felújítása, vagy pedig, amennyiben nem találhatók újulatscsoportok, akkor „...zárt erdőnek, kis területen való óvatos megbontásával nyitunk utat...” (Roth 1935). Gayer szerint (Roth 1935) „ezek a kezdőpontok, ill. csoportok nem lehetnek apró tarvágások, lékek, nem szabad egy-egy kis területen minden fát kivágnunk, hanem úgy kell a vágást vezetnünk, hogy a csoport közepe – egyúttal a köralakú vágott terület középpontja – erősebben legyen megbontva több törzsnak kiszedésével, ekörül azonban – köröskörül minden irányban egyformán – csökken a bontás erőssége és csekély távolságra már el is enyészik, lassú átmenettel olvadva bele a távolabbi részek meg nem bontott állományában”. A csoport középpontjában lévő újulat feletti záródásbontást folyamatosan fenn kell tartani, úgy, hogy ha esetleg a koronák ismét záródnának, akkor újabb bontásra van szükség. A bükk plasztikus koronája miatt erre a bontévágások tervezésénél nagy gondot kell fordítani. A csoportos felújítévágás vezetésénél egyrészt nagy hangsúlyt kell fektetni az irányított döntésre, illetve az újulat csoportokból kifelé történő döntésre és közelítésre, másrészt pedig az ún. befalazódás elkerülésére. Roth (1935) megállapítása szerint ezzel az eljárással egy-egy terület felújítása 20–40 évet, „sőt néha többet vesz igénybe.” Természetesen a bontás sebességét számos tényező befolyásolja, többek között a fafaj, a termőhelyi viszonyok stb. A csoportos felújítévágás egyik alapismérve, hogy – az ernyős felújítévágással szemben – több egymást követő magtermésre alapoz, melyek akár térben, akár időben is eltérhetnek, ezáltal egy hosszúra vagy hosszabbra nyújtott felújítási időtartam eredménye egy szálalóerdőhöz hasonlóbb erdőkép.

A bükk fafaj esetében alkalmazott erdőfelújítási módszerek harmadik csoportját a vonalból induló felújítévágások képezik. Ezek közül is a Wagner-féle szálaló szegélyvágást tekinthetjük a kiinduló módszernek. A vonalból induló felújítévágások lényege, hogy a haladás iránya a kezdővonalra merőleges, azaz csak ebben a két irányban lehetséges a felújítást elindítani és végrehajtani. Az eljárás lényege a támadóvonalról induló bontás. A támadóvonalak fő irányát Wagner kelet-nyugati irányba javasolta kijelölni, azzal, hogy a keleti végét 10 fokkal északra fordította, ezáltal kizárva a támadóvonal sávjában a napsugarak közvetlen káros hatását. Wagner szerint nagyon lényeges a kelet-nyugati irányú támadóvonal, mivel így lehetséges a természetes és elegyes újulat kialakítása. A támadóvonal kijelölése után déli irányba indul a vágás, végvágás jelleggel 2–4 méter szélességben. Ettől beljebb, az állomány még érintetlen részén egy famagasságig szálalás (bontás) jellegű fakitermelés szükséges. A döntést és a közelítést is, a még nem bontott állományrészen keresztül javasolta Wagner elvégezni, amiről Roth (1935) véleménye: „az első helyre kell tenni a döntésnél és a döntött fák kiszállításánál felmerülő nehézséget.”

Roth Gyula a Wagner-féle szálaló szegélyvágás és a Gayer-féle csoportos felújítévágás elemeit ötvözve, előnyeiket kihasználva alakította ki az ún. kombinált szálalóvágást, mely az egykorú állományok időben elnyújtott felújítását teszi lehetővé. Az eljárást Roth Gyula jegenyefenyő, bükk, valamint gyertyán főfafajú állományokra dolgozta ki, melyekben a tölgy, kőris, szil és hárs elegyfajként tartandó fenn. Az eljárás célja, a módszer lényege: „határozott területi keretek közé szorított, térbelileg rendezett szálalóerdőknek megteremtése.” A felújítandó, illetve átalakítandó erdőtümböt szálalóegységekre osztotta fel, azzal, hogy ennek tengelyvonala, azaz a támadóvonal határozza meg a felújítási folyamat térbeli rendjét. A támadóvonalak irányát, hosszát a terepviszonyok határozzák meg, azok egymástól való távolságaik széles intervallumban mozognak, általában 100–300 méter. Az erdő felújítása tulajdonképpen nevelévágással (gyerítés jellegű

bontással) kezdődik, melynek célja az újulatfoltok megjelenése. „A bontás a tengelyvonalban kezdődik és arra merőlegesen két irányban halad félkör alakban megbontva az állományt. A vágás azonban nem szorítkozik a tengelyvonalra és annak közvetlen szomszédságára, hanem idővel kiterjed távolabb is, egészen a száraló egység széléig, a két-két tengelyvonal között fekvő terület közepéig.” Megítélése szerint a támadóvonal égtájához történő igazításának van előnye is, azonban kedvezőtlen terepi viszonyok esetében történő alkalmazása nagyobb hátrány, mint annak mellőzése. A felújítási időtartamot a helyi viszonyok határozzák meg, de véleménye szerint legalább harminc év, hiszen minél rövidebb ez az időtartam, „annál inkább előtérbe lép az eljárás szálalóvágásos jellege; minél hosszabb, annál inkább közeledik a szálaláshoz.” Roth Gyula kihangsúlyozza, hogy „Az állományokat tehát évek hosszabb során át ápoló és nevelővágások alá kell vennünk egyénenként válogató, céltudatos áterdölések útján, csak akkor kezdjük a felújítást célzó bontásokat, amikor a talajnak némi zöldelése és egyes csemeték megjelenése azt mutatja, hogy a talaj már megérett a magvak befogadására.”

A bükkösök jó felújítását több tényező is befolyásolja, melyek közül természetesen a leglényegesebb a megfelelő magtermés. Az egyenletesen bontó felújítási eljárások, többek között az ernyős is jó magtermésre alapoz, tehát a szórványos magtermés nem elegendő ezeknél az eljárásoknál. A 2010-es évekig a makktermés gyakorisága igen változó volt. Az ezt megelőző időszakban az általános szakmai vélemény 6–20 évenkénti időszakra „datálta” a kimagasló magtermést. Mátyás Vilmos szerint a fák magtermése nem egy-egy tényezőhöz, hanem teljes tényező komplexumhoz alkalmazkodik (Mátyás 1968). Vizsgálatai után a következőket állapította meg: „ökológiai tényezők közül a magtermésre az éghajlati, időjárási feltételek, a talajviszonyok és a károsító rovarok vannak a legnagyobb befolyással”. Továbbiakban leírta azt is, hogy a virágzást erősen befolyásolja a magtermést megelőző év kedvező vagy éppen kedvezőtlen időjárása. Például a hímvirágok kialakulását elősegíti a száraz, meleg május-június, a nővirágokét pedig hűvös, párás szeptember-októberi időjárás (Mátyás 1968).

A bükkösök természetes felújítását a termőhelyi viszonyok alapvetően befolyásolják. Bükköseink többféle vízgazdálkodási fokon is megtalálhatóak, amelyek más-más erdőtípusokat jelentenek, mely a felújítás szempontjából kiemelkedő jelentőségű. A Majer (1968) erdőtársulás-rendszer bükköseinek erdőtípológiai szempontú kategóriái az alábbiak:

a) igen száraz, acidofil bükkösök

Kevés kísérőfafajjal rendelkező társulás, mely rendszerint véderdő. Egyrészt a bükk makktermés-hiányának, másrészt a talajfelszín borító áfonyának köszönhetően ezen állományok nehezen újíthatók fel természetesen. Ezen állományokban javasolták még (Kolozsár 2010) a talaj megszagatását, majd egy év elteltével közepes erélyű bontást, továbbá 5–8 éven belüli teljes felszabadítást.

b) száraz, acidofil bükkösök

Ezen állományok sohasem teljesen zártak; jó makktermést követő évben már bontás szükséges. A viszonylag száraz talajon a csíracsometék elpusztulnak az anyafák és a lágyszárú szint konkurenciája miatt. „Kívánatos a kocsánytalan tölgy nagyobb felkarolása, mely szintén könnyen újul, de előbb kezdett és gyorsabb felszabadítást igényel”. Az anyaállomány letermelését a bontás után 6–10 évvel javasolták (Kolozsár 2010) elvégezni.

c) száraz, bazifil bükkösök

A bükk faj felújítása – az egyéb kísérő fajokéval szemben – nehézkes. „Ne is törekedjünk elegendő bükkösök létrehozására, értékesebb az elegyes lombérdő” (Kolozsár 2010).

d) félszáraz bükkösök

Jó makktermés utáni bontással az állományok könnyen felújíthatók. „Bontás után pár évre a bükkös már olyan sűrű szövedéket képezhet, hogy akadálya lehet a bükkmakk csírázásának. E sűrű szövedéken csak

a még erősebb karógyökerű és vitalitású tölgyfélék, még inkább az átfekvő gyertyán, kislevelű hárs, juharfélék magja várja ki egy-két évig a talajba jutást, amikor csírázhat.” Az állomány felújítását 8–15 év alatt be kell fejezni (Kolozsár 2010).

e) üde bükkösök

Természetes úton könnyen felújítható bükkösök, azonban a túl hirtelen és erőteljesen elvégzett bontás(ok) hatására megjelenhetnek a nitrofil vágásnövények. Bő makktermés esetén akár az ernyős felújítás alkalmazása is lehetséges, míg szórvány makktermés esetén a csoportos felújítógágás alkalmazása a célszerű, de sok helyen alkalmazzák a két eljárás kombinációját is. Kedvező körülmények között a felújítás hossza 10–20 év is lehet (Kolozsár 2010).

f) üde-félnedves bükkösök

Ezen állományokat óvni kell az elkőrisedéstől. Természetes felújítás során a bükk javára kell dolgozni, úgy, hogy csak a néhány éves bükkcsemete felett szabad bontani és óvatosan felszabadítani.

g) félnedves bükkösök

Felújítása hasonló, mint az üde-félnedves típusé, azzal, hogy ebben a típusban „még veszélyesebb az elkőrisedés, az elgyertyánosodás.” Hosszú időtartamú bontással, illetve szálalógágással is történhet az állományok felújítása (Kolozsár 2010).

h) nedves bükkösök

Csak a már megjelent erősebb újulat felett szabad megbontani az állományt. Az újulat megmaradását a fagyzug, valamint a bontások során elnedvesedő talajon megjelenő növénykonkurencia jelentős mértékben befolyásolja. A felújítás csak óvatos, gyakori bontásokkal, időben hosszán elnyújtva (20–50 év) lehet eredményes (Kolozsár 2010).

A bükkösök természetes erdőfelújítását meghatározó tényezői továbbá az elegyfajok. A felújítások során még az elegyetlen idős bükkös állományoknál is van, hogy számolni kell az elegyfajok betelepedésével. Az elegyfajok szerepének megítélése egykoron eléggé ellentmondásos volt, hiszen megkülönböztettek káros és hasznos elegyfajokat. Akkor nevezhetőek hasznosnak, hogyha a bükk újulat növekedését nem gátolják, mivel ekkor elősegítik a fiatalos mielőbbi záródását, és a törzszám növelése a későbbi természetes ágfeltisztulásnak is kedveznek (Mendlik 1986b). Károsnak tekinthetők azonban a bükkösök szempontjából, ha az elegyfajok újulata nagyobb területeken jelenik meg, vagy túlnőnek a bükk újulaton, és ezáltal gátolják annak növekedését. Ezekben az állományokban úgy lehet védekezni a gyertyán felülkerekedése és a bükk újulat előtti megjelenése ellen, hogy óvatos bontásokat hajtunk végre a megfelelő időpontban (Mendlik 1986b). A pionír fajok szálankénti megjelenése nem gond, de kisebb-nagyobb foltjai képesek hátráltatni a bükkújulatot. A többi elegyfaj (szilek, hársak, juharok) nem szokott különösebb problémát okozni (Mendlik 1986b).

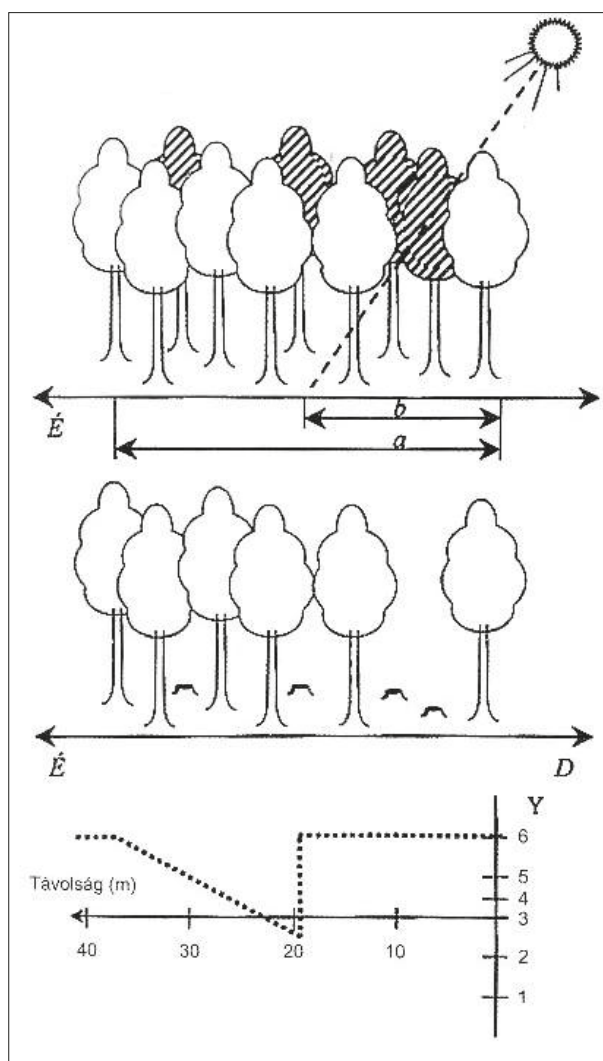
Az égtájorientált erdőfelújítás (Török 2006) egyrészt jelentős mértékben eltér az idáig alkalmazott erdőfelújítási módszerektől, másrészt alapjait az erdészeti tipológiai megfigyelések, eredmények jelentik. A módszer a Dunántúli-középhegységben került kipróbálásra, az ország többi, hasonló termőhelyi viszonyokkal rendelkező részein azonban nem.

Az égtájorientált felújítási rendszer a hagyományos felújítási rendszerek hiányosságainak egy részét, a bontások hatására a nedvesedésre hajlamos erdőtípusok elvizesedésének, valamint a száraz erdőtípusok további szárazodásának kedvezőtlen hatásait kívánja orvosolni. Üde erdőtípussal jellemezhető termőhelyen végrehajtott egyenletes bontás hatására, a terület talajának metszetében, a nedvességtartalmát jelző görbe szinuszgörbeszerű jelleget mutat. Az első bontás kissé nedvesítő hatású (talaj nedvességtartalma fokozatosan emelkedik), kezdeti fázisában a felújulást jellemzően még nem befolyásolja károsan. Az újulat elmaradását figyelmen kívül hagyó további bontás végrehajtásával az állomány talajának elvizesedése fokozódhat. A fo-

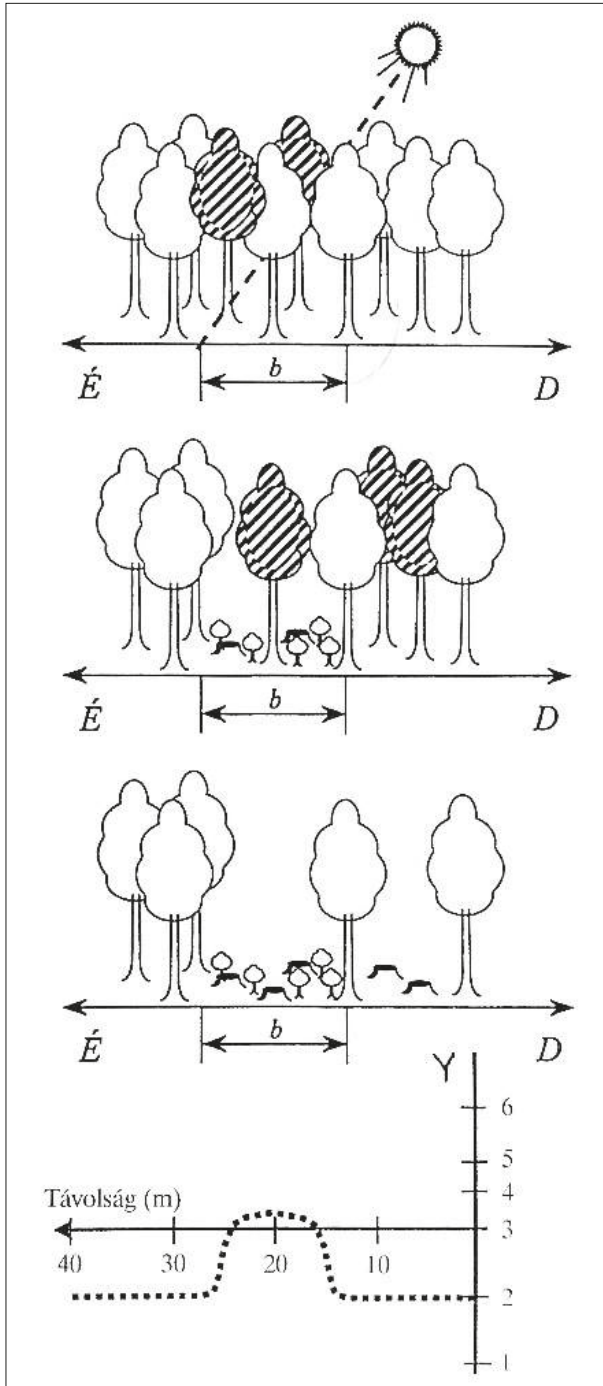
lyamat az egyes fák kitermelése miatti transzspirációs felület lecsökkenésével, a bontott állományban a nap szárító hatásának csökkenésével jelentkezik, amely a záródáshiány benövésével pár év alatt fokozódhat, így vízbőség alakul ki. Későbbi bontásokkal tovább csökken a transzspiráció, és a megjelenő vízkedvelő magas-kórós lágyszárúaknak a most már bejutó fény is kedvez. Az erőteljes magaskórós borítás mellett a bükkújulat képtelen fejlődni, befűlled. Ha ezek után folytatjuk a bontást, a vízgazdálkodási fok átbillen, és száradási folyamat indul el a talajt közvetlenül érő napsugarak miatt, és akár a teljesen száraz állapotot is elérheti, de ez már 50%-nál nagyobb erélyű bontásnál jön létre, és ekkor a vágástéri lágyszárúak megjelenhetnek, tovább rontva a lehetőségeket. A felújítás során lehetséges, hogy kialakul ugyan az üde állapot úgy, hogy később ne száradjon tovább, azonban kockázatos, mivel egy erőteljesebb bontás után a száradás jóval gyorsabb lesz, és a folyamatot már nem lehet visszafordítani.

Nedves erdőtípus esetében a kitűzést először K–NY-i irányú támadóvonalakkal kell kezdeni, majd É-i irányba bontunk 1,5–2,0-szeres famagassághosszra úgy, hogy a bontás erélyét fokozatosan a nullára csökkentjük (6.3.-4. ábra). A két támadóvonal közti távolság („a”) 100 m legyen. Ezzel a módszerrel átmeneti jellegű zónát hozunk létre az erdőtalaj vízgazdálkodását tekintve. Megfelelő nagy eréllyel kezdett bontás esetén az árnyékszónából („b”) megjelenő széles ökológiai spektrummal jellemezhető sávban biztosan található a bükk újulat számára optimális, üde erdőtípussal jellemezhető terület. A felújítás további menete rendkívül egyszerű, mert csak követni kell az újulatot a vágásokkal. Időközönként egyenlőtlen bontásokat kell végezni É-i irányba, hogy a fény- és árnyékkorona arányát a fénykorona irányába eltoljuk, segítve ezzel a rövidhajtás-képződést. Jól látható, hogy északi irányú egyenlőtlen bontással a „b” árnyékszónából kilépve elérhető az optimális állapot, és a bükk újulat követésével ez tartható is. Az árnyékszóna újul fel legvégül, amikor a bontás megközelíti a következő támadóvonalat.

Száraz erdőtípus esetén szintén K–NY-i irányban tűzzük ki a támadóvonalat. Déli irányba, az árnyékszónában, egyenletes bontást végzünk. A 6.3.-5. ábrán látható, hogy bontás hatására az árnyékszónában a bükk újulat megjelent, fejlődésnek indult. A felújítás további folyamatában a megerősödött újulat felett végvágunk, ugyanakkor déli irányban a következő árnyékszónában újabb sávot bontunk. Az újulatnak az anyaállománnyal együtt azért nem szabad a fényzónába kerülni, mert ott az újulat ebben az esetben olyan erős konkurenciával kerül szembe, hogy fejlődése leáll, sok esetben el is pusztul. A „visszanedvesítésnél” (vízgazdálkodási fok javítása) lényeges szempont, hogy a bontott árnyékszónától délre zárt, bontatlan állomány álljon, mert különben az árnyékhatás nem érvényesül markánsan. Száraz erdőtípusok visszanedvesítése esetén kis távolságokkal gyorsabb ütemben, a nedvesebb erdőtípusokban a visszaszáritás esetén pedig nagyobb távolságokkal lassabban tudunk előre haladni.



6.3.-4. ábra. Szárítás északi irányú egyenlőtlen bontással:
a = két támadóvonal közötti távolság,
b = árnyékszóna, Y = vízgazdálkodási fokok
(Török 2006)



6.3.-5. ábra. Nedvesítés déli irányban végzett egyenletes bontással: b = árnyékköna, Y = vízgazdálkodási fok (Török 2006)

fajokkal végezzük el, valamint a kívánatos elegyfajok (például: nemes tölgyek) természetes úton megjelenő egyedeit a bükk rovására is megsegítjük.

Bükkösök felújításakor a klímaváltozás erdőtürelésök átrendeződési folyamataira (Bartha et al. 2018) gyakorolt várható hatásával, adott területen a potenciális erdőtürelésök változási lehetőségével tervezni, számolni szükséges, a jövőbeni stabil állományok létrehozása érdekében.

Az égtájorientált rendszer előnyei:

- a felújítás erdőtürelésológára épül, tudományosan megalapozott;
- mind a száraz, mind pedig a nedves erdőtürelésökben kialakítható a bükk újulat számára optimális üde erdőtürelés zónája;
- a felújítást az optimum pont elérése után ott is lehet tartani;
- mindig van rövidhajtás képződésére alkalmas fénykorona, így elérhető a bő makktermés;
- ápolni csak a támadóvonalon, illetve annak közvetlen közelében megjelenő újulatot szükséges;
- a felújítási rendszer biztosítja a térbeli rendet;
- a felújítás időtartama a szegélyek közötti távolság megválasztásával bizonyos mértékig behatárolható.

A klímaváltozással kapcsolatos kutatások hosszú távon a bükkös klíma jelentős visszaszorulását mutatják, és ezen tény a bükkösök felújítása során nem hagyható figyelmen kívül. A gyakorlati tapasztalatok alapján a magzókort elérő bükkösökben jelenleg 2–4 évente fordul elő közepes, vagy jó makktermés. Elmondható, hogy a szélsőséges termőhelyi viszonyok kivételével a bükk mindenhol jól újul. Tömeges megjelenése, árnytűró képessége és fiatalkori intenzív növekedése miatt az elegyfajokat háttérbe szorítja, így a felújítás során szinte elegenden bükkös fiatalosok jöhetnek létre. Bizonyos elegyfajok (így például a magas kőris, cser és nemes tölgyek) visszaszorulását az adott fajt ért biotikus károsítások is okozzák/fokozzák, mindezeket túl a szelektív vadragás is visszaveti az elegyfajok növekedését. A nevelővágások és felújító vágások során az elegyfajok megtartására kiemelt figyelmet kell fordítani, ezért az a gyakorlatban széleskörben alkalmazott eljárás, amely – a bükk felújítása érdekében – az utolsó gyérítések, illetve a vetővágás és az első bontások során az elegyfajok szinte maradéktalan kitermelésével járt, felülvizsgálandó. Az elegyesség növelését segíti az is, hogy az újulat esetleges/szükséges mesterséges kiegészítését kizárólag a termőhelynek megfelelő elegyfajokkal végezzük el, valamint a kívánatos elegyfajok (például: nemes tölgyek) természetes úton megjelenő egyedeit a bükk rovására is megsegítjük.

Bükkösök hagyományos erdőnevelése

A hagyományos bükkgazdálkodás erdőnevelési tevékenységét meghatározza a kiinduló állomány minősége, az erdőfelújítás eredményessége, a végvágást követően a főfafaj (bükk) hektáronkénti törzsszáma, eloszlása, az elegy/kísérőfafajok megléte, a felújítást érintő korábbi vadhatás mértéke.

A hagyományos erdőnevelés során a bükkösök befejezett ápolását egy-két esetben javasolták elvégezni „mert az elegyesség okozta versenyt, ezáltal lehet a bükk javára fordítani” (Bondor 1986). Ezen erdőnevelési eljárás célja az egyenletes záródás elősegítése, illetve a főfafaj egyeduralmának biztosítása. Ezen eljárás során egykoron a böhöncöket is – teljes számban – eltávolították, míg a jó alakú előnövényeket megkímélték, a rossz alakúakat pedig legkésőbb az első tisztítás során kivágták. Az elegyfajfajok kímélése a hagyományos erdőnevelés során is meghatározó szempont, hiszen a szomszédos bükk egyedek törzsárnyalásához, megfelelő magassági növekedéséhez rendkívül kedvező mértékben járulnak hozzá. A befejezett erdősítések ápolása során jelenleg a bükk elegyarányának, intenzív növekedésének „köszönhetően” az elegyfajfajok kímélése, sőt megsegítése kiemelt erdőnevelési feladat kell, hogy legyen.

A bükk hagyományos erdőnevelése során, a tisztításnak, mint erdőnevelési eljárásnak legfőbb célja a megfelelő elegyarány kialakítása, azzal, hogy a felső szintben egyenletes eloszlásban legyenek a javafa-jelöltek, továbbá a helyes állományszerkezet kialakítása, mely az állomány állékonyságát hivatott biztosítani. A tisztítások száma leggyakrabban három, azzal, hogy az első tisztítás során elvégzendő feladatokat nagyban csökkenti a szakszerűen és gondosan elvégzett befejezett ápolás. Míg a második tisztítás alapvetően negatív jellegű, addig a harmadik már pozitív, mert a figyelem alapvetően már a javafa-jelöltekre koncentrálódik, és ennek során a modelltábla adatsorainak megfelelő törzsszám elérésére törekszik az erdőgazdálkodó.

A javafák mennyiségének fontosságára először Schädelin (1942) hívta fel a figyelmet. Megállapításai szerint a tisztítási időszak végére mintegy 1 000 db/ha javafa szükséges a bükkösökben annak érdekében, hogy véghasználatra megfelelő minőségű törzsek képezzék az állományt. Majer (1972) hosszúlejárátú bakonyi vizsgálatai arra mutattak rá, hogy a kijelölt javafák megbízhatósága fiatal korban (13 év) alacsony. Mendlik (1973) Visegrád környéki vizsgálatai szerint a bükkösökben a harmadik évtized végére (I–II fto.) kialakul egy megbízható javafa-törzsállomány, amely már az utolsó 10 évben is csak 15–31%-ban változott, és ez a törzsállomány már magába foglalja a későbbi V-fákat is, ebből következően ezen állományokban már érdeemes pozitív válogatást végezni. A vizsgálatok arra is rámutattak, hogy a bükkösökben a V-fákat a törzskiválasztó gyérítések alkalmával célszerű kijelölni. A végrehajtott beavatkozás során ezen V-fák növekedését biztosító állományszerkezet kialakítása az eljárás célja.

A törzskiválasztó gyérítés célja a javafák és a V-fák kiválasztása és növekedésük elősegítése, ahol a V-fák kijelölésének ideje az első, esetleg a második törzskiválasztó gyérítés. „A szakmai protokollok szerint a IV–VI. fatermési osztályokban a V-fa kijelölést nem volt szükséges elvégezni. Az első V-fa jelölési időszakban (1955–1962) annak ellenére, hogy nagy lelkesedéssel láttak hozzá a feladat elvégzéséhez, gyakori hiba volt, hogy egyenes, de az uralkodó törzsekhez képest átmérőben elmaradó szép törzseket is jelöltek V-fának. Az ilyen törzsek gyakran maradtak le a versenyben vastagabb szomszédaitól. Gyakran történt meg, hogy ezek a törzsek 10–15 év után elszáradtak. Az első kijelölési időszakban azt a hibát is elkövették, hogy olyan állományokban jelöltek ki V-fákat, ahol a gyérítés csak 10–20 év múlva követte a V-fák kijelölését. Így a kijelölt V-fákat nem lehetett megsegíteni” (Bondor 1986).

A növedékfokozó gyérítés célja, hogy a már korábban kijelölt V-fák koronája fokozatosan és folyamatosan növekedjen, továbbá az eljárás végrehajtása során az utolsó gyérítéskor már csak a V-fák maradjanak vissza az állományban, ezáltal a V-fák átmérője erőteljesen növekszik. Bár az erőteljes, ágtiszta törzsrész kialakulása ebben az időszakban már befejeződött, az átmérőnövekedés az időszak vége felé kezd csak csökkenni.

A vágásos üzemmódú erdők erdőnevelése során az adott beavatkozás fő céljai állományszinten kerülnek meghatározásra, ebbe beleértve természetesen a legjobb tulajdonságú, minőségi faanyag termesztésére alkalmas egyedek kiválasztását és növekedésének megsegítését is. A következőes jelölés és végrehajtás esetén a főállomány rendre a kedvező adottságú és helyzetű egyedekből áll, és az értéke növekszik. A V-fák (javafák)

az egyes vágásjelölések során újraértékelhetők/újraértékelendők, és az esetlegesen sérült, károsodott, gyengébb egyedek helyett, ígéretesebb egyed választható ki és segíthető meg. Ezért a kizárólagos V-fa jelölés gyakorlata napjainkra már háttérbe szorult, háttérbe kell szorulnia. A hosszútávon is következetes, és nyomom követhető erdőnevelési gyakorlat miatt az örökzöld üzem módú állományok egy részében már alkalmazott elvek szerint az I–III. fatermési osztályú, vágásos üzem módú, bükkös főfafajú erdőkben is célszerű a javafák kiválasztása, kiegészítve a biotópfák kijelölésével.

A hagyományos erdőnevelési eljárások során, különösen a növedékfokozó gyérítések kijelölésekor jó segítséget nyújtott az erdőnevelési modell tábla. Elsősorban az átlagos tőtávolság alapján lehetett a modell adatait jól megközelíteni, valamint a jelölések közben elvégzett körlapösszeg ellenőrzésekor.

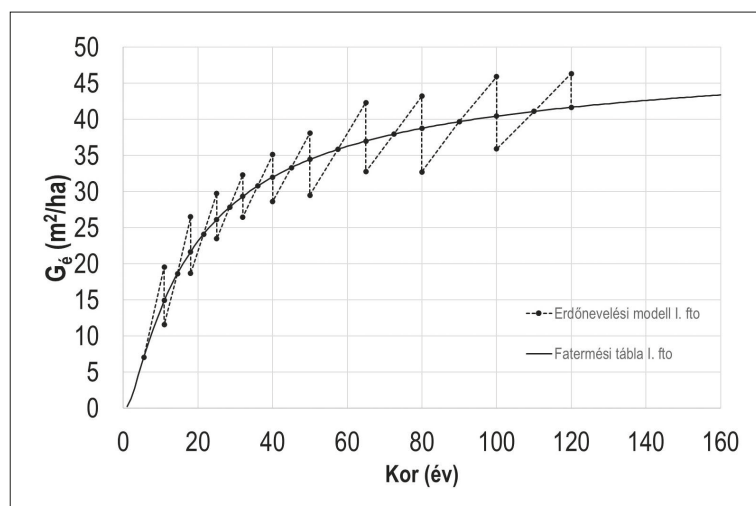
Az erdőnevelési modellek elsődleges célja, hogy támpontot nyújtsanak a gazdálkodóknak a nevelővágások elvégzésében, elősegítve, hogy a lehető legkevesebb öngyérülés és természetes mortalitás mellett maximális ökonómiai értéket termelhessen az adott állomány. Elegyetlen és elegyes bükkösökre Mendlik Géza készített erdőnevelési modell táblákat (Mendlik 1980, 1986, 2000a, 2000b).

Az új üzem módok megjelenése, illetve a védett területek gazdálkodására vonatkozó szemléletváltás miatt új modell tábla vált szükségessé (Frank et al. 2014), mely elkészíthető a legújabb fatermési tábla alapján (Kollár 2023).

Új, statikus erdőnevelési modell táblát szerkeszteni az előbbieket figyelembe véve nem célszerű, azonban az új bükk fatermési tábla függvényei, és a mai kor számítástechnikai módszerei lehetővé teszik egyedi modell táblák szerkesztését az adott erdőállomány egyedi sajátosságait is figyelembe véve. A gazdálkodók helyi szakmai tapasztalataikat, fakitermelési kapacitásaikat és gépesítettségüket is figyelembe tudják venni, gazdasági döntéseik is szempontjai lehetnek egy adott nevelővágás elvégzésének.

Az üzemtervi lehetőségek figyelembevétele mellett az állomány aktuális állapota a legmeghatározóbb szempont egy-egy nevelővágás elvégzéséhez, amihez feltétlenül szükséges ismernünk az állomány körlapját.

A fatermési táblák állandó 100%-os sűrűséget feltételezve készültek, azonban a valóságban egy fűrészfoghoz hasonlóbb növekedésmenetet kell elképzelnünk, mely folyamán az állomány körlap növedéke nagyobb, mint a fatermési táblában szereplő érték, azonban ezt a növekedést megszakítják és visszavetik az adott időszakban bekövetkező nevelővágások (6.3.-6. ábra). Mendlik (1980) javaslatait a bükkösök vágásos rendszerben való kezelésére a 6.3.-1. táblázatban foglaltuk össze.



6.3.-6. ábra. Erdőnevelési modell körlapösszeges I. fatermési osztályra Mendlik (1980) erdőnevelési modellje és Kollár (2023) fatermési táblája alapján

6.3.-1. táblázat. Erdőművelési modell javasolt nevelővágásai bükkre (Mendlik 1980 alapján)

Nevelővágás	Kor (év)					
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Fatermési osztály						
Tisztítás 1.	10–12	12–14	14–16	16–18	18–20	23–25
Tisztítás 2.	17–19	19–21	21–23	23–25	25–27	33–35
Tisztítás 3.	24–26	26–28	28–30	30–32	32–34	
Törzskiválasztó gyérítés 1.	31–33	33–35	37–39	39–41	44–46	49–51
Törzskiválasztó gyérítés 2.	39–41	40–42	49–51	51–53	58–62	68–72
Növedékfokozó gyérítés 1.	48–52	48–52	63–67	65–69	78–82	88–92
Növedékfokozó gyérítés 2.	63–67	63–37	83–87	85–89		Véghasználati kor az egészségi állapottól és felújíthatóságtól függően
Növedékfokozó gyérítés 3.	78–82	78–82	103–107			
Növedékfokozó gyérítés 4.	98–102	98–102				
Véghasználat	114–126	114–126	124–136	104–116	94–106	

Az egyedi erdőnevelési modell készítéséhez meg kell határozni az állomány fatermési osztályát, mérlegelve annak jövőbeni változását, amely a kor és átlagmagasság függvénye, továbbá szükséges ismerni az állományunk körlapösszegét, amely az aktuális sűrűség meghatározásának alapja. Nevelővágást csak 100% feletti sűrűség esetén javasolt elvégezni, a kívánt sűrűség eléréseig a nevelővágásokat fel kell függeszteni. A kívánt sűrűség a tervezett beavatkozás utáni periódusidőtől függ. Túlgyérítés esetén pedig a kívánt periódust szükséges növelni az állomány regenerálódásáig.

A modell készítéséhez adott korban a fatermési táblából kiolvasott, vagy függvényekkel kiszámolt élőállomány és mellékállomány paraméterek, elsősorban a körlap értékek szükségesek. Az állomány tőszáma és átlagos átmérője változhat a korábbi beavatkozások függvényében, azonban a körlap esetében célszerű ragaszkodni a fatermési tábla értékeihez.

6.3.-2. táblázat. Erdőnevelési modell paraméterei I. fto-ra Kollár (2023) fatermési táblája és Mendlik (1980) erdőnevelési modellje alapján

Ssz.	Nevelővágás megnevezése	Kor év	Az élőállomány					Mellékállomány				Sűrűség %
			H _g	D _g	N	G	átl. tőtáv.	H _g	D _g	N	G	
			m	cm	db/ha	m ² /ha	m	m	cm	db/ha	m ² /ha	
	Periódus fele	6	1	1	137742	7	0,3	1	0			100%
	előtt	11	4	2	44217	20	0,5					131%
1	Tisztítás	11	4	2	33696	15	0,6	3	1	104046	9	100%
	után	11	4	2	26163	12	0,7					78%
	Periódus fele	14,5	6	4	18152	19	0,8	4	2			100%
	előtt	18	7	5	13484	27	0,9					122%
2	Tisztítás	18	7	5	11020	22	1,0	5	2	22676	10	100%
	után	18	7	5	9501	19	1,1					86%
	Periódus fele	21,5	9	7	7267	24	1,3	6	3			100%

A 6.3.-2. táblázat folytatása

Ssz.	Nevelővágás megnevezése	Kor év	Az élőállomány					Mellékállomány				Sűrűség %
			H _g	D _g	N	G	átl. tőtáv.	H _g	D _g	N	G	
			m	cm	db/ha	m ² /ha	m	m	cm	db/ha	m ² /ha	
	előtt	25	11	8	5794	30	1,4					114%
3	Tisztítás	<u>25</u>	11	8	5092	26	1,5	8	4	5929	7	100%
	után	25	11	8	4572	23	1,6					90%
	Periódus fele	28,5	13	10	3738	28	1,8	9	5			100%
	előtt	32	15	11	3137	32	1,9					110%
4	Törzskiválasztó gyérítés	<u>32</u>	15	11	2847	29	2,0	11	6	2245	6	100%
	után	32	15	11	2570	27	2,1					90%
	Periódus fele	36	17	13	2162	31	2,3	12	7			100%
	előtt	40	19	16	1860	35	2,5					110%
5	Törzskiválasztó gyérítés	<u>40</u>	19	16	1695	32	2,6	14	8	1152	6	100%
	után	40	19	16	1516	29	2,8					89%
	Periódus fele	45	21	18	1296	33	3,0	16	10			100%
	előtt	50	24	21	1132	38	3,2					111%
6	Növedékfokozó gyérítés	<u>50</u>	24	21	1024	34	3,4	18	12	671	7	100%
	után	50	24	21	876	30	3,6					86%
	Periódus fele	57,5	27	25	754	36	3,9	20	15			100%
	előtt	65	29	28	665	42	4,2					114%
7	Növedékfokozó gyérítés	<u>65</u>	29	28	581	37	4,5	23	18	442	11	100%
	után	65	29	28	515	33	4,7					89%
	Periódus fele	72,5	32	32	465	38	5,0	26	21			100%
	előtt	80	34	36	426	43	5,2					111%
8	Növedékfokozó gyérítés	<u>80</u>	34	36	382	39	5,5	28	24	199	9	100%
	után	80	34	36	322	33	6,0					84%
	Periódus fele	90	36	41	305	40	6,2	31	28			100%
	előtt	100	38	45	285	46	6,4					114%
9	Növedékfokozó gyérítés	<u>100</u>	38	45	251	40	6,8	34	33	131	11	100%
	után	100	38	45	223	36	7,2					89%
	Periódus fele	110	40	50	212	41	7,4	36	37			100%
	előtt	120	41	54	203	46	7,5					111%
10	Véghasználat	<u>120</u>	41	54	182	42	8,0	38	42	68	9	100%

A két különálló erdőnevelési modelltábla (Mendik 1980) és fatermési tábla (Kollár 2023) párosítása alapján látható, hogy az I. fatermési osztályú bükkösök erdőnevelésekor fiatal korban akár 130%-os sűrűséget is szükséges kivárni az első tisztítás megkezdéséig, azonban a gyéritések már jellemzően 110%-os sűrűség elérése esetén elvégezhetők, és 90%-os sűrűségértékgig javasolt a nevelővágás erőssége. A termőhely romlásával, a nevelővágások száma csökken, a beavatkozások periódusideje nő, illetve a sűrűségértékek csökkennek. V. fatermési osztályban már jellemzően 105% körüli értékek esetén végezhető el a nevelővágás, 95%-ra csökkentve a sűrűséget.

Örökerdő-gazdálkodás bükkösökben

A folyamatos erdőborítást biztosító erdőművelés megjelenése és kibontakozása hazánkban leginkább a bükkösökhöz kötődik, mivel az árnytüró fajok közül a legelterjedtebb, így érthető, hogy a különböző kísérleti, illetve bemutató területek jelentős része a bükkösökben, bükk elegyes állományokban található. Mivel a trianoni békeszerződést követően a bükkösöknek és a bükk elegyes fenyeveseknek a területe töredékére csökkent, és ezekben néhány elszigetelt területtől eltekintve a vágásos üzemmód volt az egyeduralmú, a közelmúltig nem volt a bükkösökben az örökerdő-gazdálkodásnak megfelelően kialakult és elterjedt gyakorlata, hagyománya. Talán ennek is köszönhető, hogy a szakmai nomenklátúra is megrekedt a 100 évvel ezelőtt használt kifejezéseknél, ezért manapság is gyakran használjuk a bükkösökben a szálaló üzemmód és a szálalóerdő kifejezést, mely egyenértékű az örökerdő üzemmóddal és az örökerdő kifejezésekkel. A német nyelvű szakirodalom szálalóerdőnek (Plenterwald) manapság az örökerdő (Dauerwald) speciális változatát nevezik, mely az árnytüró fajokból, főleg jegenyefenyő, lucfenyő elegyből áll, és esetleg bükköt is tartalmaz. Mindenesetre ezekben az erdőkben az az alapelv, hogy nincs vágáskor, nincs vágásterület, a fákat egyedi tulajdonságaik alapján értéklik. Az örökerdő-gazdálkodás az őserdőkben lejátszódó erdődinamikai folyamatokat modellezi. A termőhelynek megfelelő – elsősorban – őshonos fajokból állnak, vegyeskorúak, jellemző rájuk a mozaikos, a kis erdőciklus különböző fázisait modellező erdőművelés és az őserdőköt idéző, negatív exponenciális lefutású örökerdő-szerkezet.

Az első világháború előtt a szálalóerdővel már Vadas (1898) is foglalkozott, aki szerint több szempontból előnyösebb, mint a vágásos szálalóerdő, azonban külön nem tért ki az egyes fajok szálalóerdőben való alkalmazhatóságára, bár megemlítette, hogy nagy mennyiségű minőségi faanyag csak így nevelhető, tudva és ismertette azt, hogy a szálalóerdő kialakítása és kezelése sok nehézséggel jár. Fontos felismerése, hogy a szálalóerdő ellenállóbb a hónyomásra, szélterés, aszály okozta károkkal szemben, és a keletkező újulatot nem veszélyezteti a vágástéri vegetáció. A bükk és a tölgy, az árnytüró és a fényigényes fajok alkalmazhatóságának különbségeivel Fekete (1899) is foglalkozott, azonban nem tekintette a különböző fajok eltérő fényigényét áthághatatlan akadállyal.

Az első világháború utáni időszak hazai erdőművelésének két jelentős képviselője Kaán Károly és Roth Gyula munkái is már az örökerdő-gazdálkodáshoz vezető út mérföldköveihez sorolhatók. Kaán (1921) már az 1920-as évek elején felhívta a figyelmet a „sarjgazdálkodással” és a fokozatos felújítógátásokkal szemben a folyamatos borítást biztosító erdőgazdálkodás és a vágásos erdőgazdálkodás határmezsgyéjén álló szálalóvágásos eljárás előnyeire, melyet volumenben és minőségben is jobbnak ítélt. Roth Gyula az Országos Erdészeti Egyesület keretein belül ismertette meg a szakközönsséggel az örökerdő fogalmát, melyet Möller (1922) ihletett. A két világháború közötti időszakban, és később is Roth (1925a, 1925b, 1935, 1958) több alkalommal is foglalkozott a szálalóerdő, az örökerdő különféle változataival. Kísérleti területeinek jelentős része bükkös, vagy bükkal elegyes állomány volt. Néhány mintaterület kialakítását Roth már ebben az időszakban elindította, azonban a téma elsősorban a szakirodalomban került az érdeklődés középpontjába (Majer 1986), a gyakorlat érdemben sajnos nem foglalkozott a kérdéssel, bár az elméleti megalapozottság megfelelő volt.

A II. világháború utáni években Jabláczy (1953) szakmai munkásságának középpontjában is a szálalóerdő állt, melyben a bükk fajának hangsúlyos szerepet tulajdonított. Átfogóan és a mai szemmel nézve is szinte teljeskörűen átlátta és ismertette az üzemmód előnyeit, ugyanakkor komplexitását is.

A legkorábban megkezdett hazai kísérletek közül kiemelkedik Roth Gyula Sopron községhatárban található Hidegvízvölgyi kísérleti területe (Kolozsár 2013) és Madas László 1954-ben, a visegrádi Erdőanyai-völgyben indult üzemi kísérlete (Madas 1956, 1968, 1999; Némegy 2015). A Visegrád 77/A erdőrészletben 1954-ben egykorú 100 éves bükkállomány állt, melyet a felújítóvágás végvágására írtak elő. Madas László a Visegrádi Erdészeti akkori vezetője azonban a legjobb tulajdonságokkal rendelkező egyedekben meglátta az értéktelenség lehetőségét, és ennek érdekében letért a gyors felújítóvágásos eljárásról. Helyette lassú csoportos szálalóvágást indított el. Összefoglaló munkájának (Madas 1956) vezérfonala a legjobb fák (ígéretes fák) kiválasztása, és az azok érdekében végzett beavatkozások. A Hidegvízvölgyi területet Roth Gyula már az 1920-as évek táján kísérletezésre alkalmasnak vélte, de sajnos az erdőtömb feltártsága nem tette lehetővé akkor a kísérlet beindítását, illetve az 1936-os IUFRO Kongresszus résztvevőinek annak bemutatását sem (Kolozsár 2013).

Kolozsár (1992, 1998) a hazai bükkösök és tölgyesek természetközeli erdőművelési lehetőségeit vizsgálva megállapította, hogy a szálalás hazánkban elsősorban bükkösökben képzelhető el, hangsúlyozva, hogy a túlkoros erdőkben nem tartja lehetségesnek a szálalóerdő szerkezet kialakulását. Az átalakítást az egy-

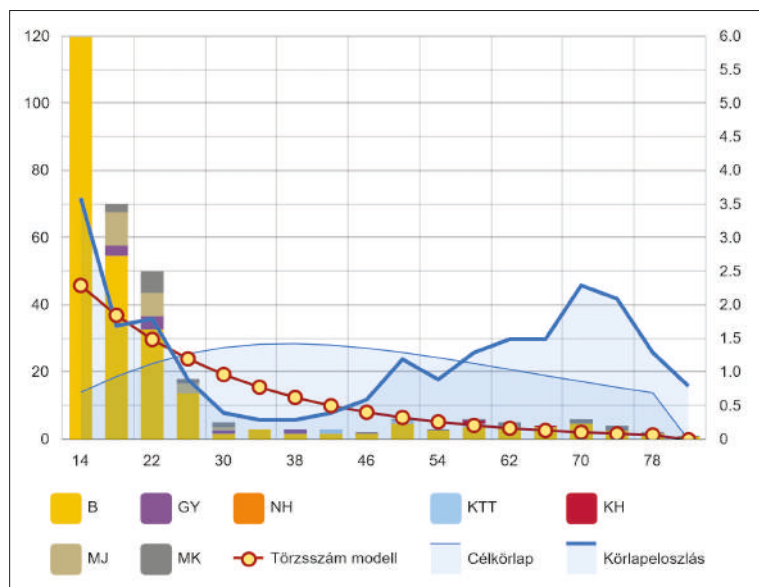
korú bükkösökben az első magtermésekkel egyidőben szálalóvágásos beavatkozásokkal javasolta elindítani. A szálalás területi kiterjedését – elsősorban a montán bükkösökre korlátozva – Magyarországon mindössze 3 000 hektárban tartotta lehetségesnek, továbbá úgy ítélte meg, hogy a hazai erdők nem alkalmasak a szálaló üzemmódra, melynek oka, hogy jegegyenyefenyő elegyes bükkösök hazánk területén nem találhatóak, valamint a hegyvidéki és a mészkéregű bükkösök a szálalóvágásos felújításra is alkalmatlanok. A Roth-féle szálalóerdőben (Roth Gyula-émlékerdő, 6.3.-7. ábra) végzett kísérletek eredményei közül Kolozsár (2013) leglényegesebb megállapításai szerint (1) nem minden fa-



6.3.-7. ábra. Elegyes újulatifolt a támadóvonal mentén a Roth-émlékerdőben (Fotó: Frank Norbert)

faj alkalmas főfafajnak a szálaló szerkezetben; (2) a szálaló üzemmódot nem lehet bármilyen rendeltetésű erdőben eredményesen és gazdaságosan alkalmazni. Az azóta eltelt idő, az ország számos területén elindult kezdeményezések igazolták, hogy nemcsak bükkösökben, hanem más őshonos fafajok alkotta erdőtürsülésekben is lehetséges, és a vágásos erdőktől gazdasági értelemben sem marad el az örökérdő-gazdálkodás, amennyiben az üzemmód alapelveit következetesen alkalmazzák és a természetes újulat folyamatosan szolgáltatja az utánpótlást (Csépanyi 2017; Csépanyi & Csór 2017).

Az 1990-es évek végén a társadalmi és szakmai igények hatására a már meglévő néhány kísérleti terület újraértékelése is elindult, és újabbak is kialakultak, ilyen például az 1999-ben kijelölt Mexikó-pusztai üzemi kísérlet (Csépanyi 2017). Az örökérdő-gazdálkodás gyakorlatban történő bemutatásának céljából 1999-ben jött létre a Pilisi Parkerdő Zrt. Pilisszentkereszti Erdészeti területén található Mexikó-pusztai üzemi kísérleti terület (Esztergom-Pilisszentlélek 25/A erdőrészlet), melyet 2001-ben a Pro Silva Hungaria Egyesület Pro Silva Bemutató Területté nyilvánított. Madas László elképzeléseinek megfelelően a Visegrád 77/A erdőrészlet kezelése is tovább folyt. A kísérlet megkezdése óta eltelt 70 év alatt Madas László eredeti területén már kialakult az örökérdőre jellemző speciális állomány szerkezet, mely nagyon hasonlít az őserdők átmérőeloszlására (6.3.-8. ábra).



6.3.-8. ábra. A Visegrád 77/A erdőrezlet átmérő- és körlepelosztása a 2024. áprilisi önellenőrzés eredményeként, az útmutató (Csépanyi 2021) I. modelljével összehasonlítva (Forrás: Pilisi Parkerdő ESZR Örökerdő Modul)

lezővé az örökerdő üzemmód alkalmazását, másrészt megfelelően rugalmas keretet biztosít ezen szemléletű erdőgazdálkodáshoz.

Az örökerdő üzemmód megkezdése vastagrudas fejlődési fázistól kezdődően szinte minden fejlődési fázisban lehetséges, a felújítóvágásokkal erősen megbontott, a felső szintben alacsony záródású idős bükkösök kivételével, melyek esetében inkább a felújítóvágás befejezése után kialakult fiatal állományban, a vastagrudas fejlődési szakasz elérésekor nyílik szakmailag kedvező időpont az örökerdő üzemmódba történő átlépésre.

Mivel az örökerdő üzemmódban nincs vágáskor, nincs vágásterület, a fákat egyedi tulajdonságaik alapján értékeli. A gazdálkodás során egy ideális állapot fokozatos megközelítése a cél, melyet az örökerdő üzemmódu erdők kezelésének útmutatójában (továbbiakban Útmutató) szereplő örökerdő modellek írnak le (Csépanyi 2021). A modellek tartalmazzák a főállomány célkörlepösszegét, átmérőeloszlását, a főállomány kiinduló törzsszámát, célátmérőjét és a méretes fák ($D_{1,3} \geq 50$ cm) arányát. A modellválasztásban a potenciális felsőmagasság segít, melynek alapján a bükkösökre az útmutatóban szereplő I. és II. modell (6.3.-3. táblázat) érvényes, természetesen a szabályozás saját gazdálkodói modellek kialakítását is lehetővé teszi.

Közvetlenül az egyes beavatkozások előtt önellenőrzést kell végezni megfelelő számú felállással, mely lehet egy körlepösszeg-meghatározás, de egy pontosabb felméréskor a körlepösszegmérést már kiegészítik a beszámolt fák átmérőjének felvételével is, továbbá koncentrikus mintakörös felmérés is alkalmazható, ahol nemcsak a főállomány, hanem az utánpótlás állományfelvétele is megtörténik. Önellenőrzésnek nevezzük azokat az eljárásokat, melyek segítségével az állomány aktuális készletét, elegyarányát, átmérőeloszlását összehasonlítjuk a modellével és az előző önellenőrzés eredményével. Az önellenőrzés eredménye alapján választható meg a tervezett beavatkozás megfelelő erélye, és állapítható meg az aktuális állapot (körlepösszeg, átmérőeloszlás stb.) eltérése a modell célértékeitől, hiszen a célkörlepnak kitüntetett szerepe van az örökerdő-gazdálkodásban. A záródástól eltérően kellő pontossággal mérhető, és jól jellemzi azokat az állapotokat, melyek ideálisak az örökerdő üzemmódban kezelt erdők szerkezetére. A célkörlep jelképezi azt az állomány-sűrűséget, amelynél átmérőszerkezetben helyet foglaló fák olyan fényviszonyokat alakítanak ki, amely mozaikosan lehetőséget nyújt az újulati szintben utánpótlás megjelenéséhez, fejlődéséhez, ugyanakkor árnyalással

Az ezredfordulót követően kezdett a folyamatos borítást biztosító erdőgazdálkodás üzemi szinten megjelenni és lassú fejlődésnek indulni. Ebben a folyamatban a Pilisi Parkerdő Zrt. és az Ipoly Erdő Zrt. vállalt egyidejűleg úttörő szerepet, melyhez később a Mecsekerdő Zrt. és a Bakonyerdő Zrt. is csatlakozott. Kijelenthető, hogy a folyamatos erdőborítást biztosító erdőgazdálkodási módszerek megjelenésében és elterjedésében a bükkösök hazánkban döntő szerepet játszottak.

Az örökerdő erdőművelési rendszerének legfontosabb jellemzője az adott területen álló faállománnyal kapcsolatos gondos gazdálkodói szemlélet. A jelenlegi jogi szabályozás egyrészt a tulajdonos, illetve az erdőgazdálkodó döntésétől teszi függővé, illetve köte-

a természetes kiválogatódást és törzsszámcsökkenést is biztosítja, továbbá a felsőbb szintekben lehetővé teszi a vitális törzsek fejlődését. Mivel a cél az örökerdő-gazdálkodás során nem az elegyetlen, hanem az elegyes, többkorú állományok kialakítása, ezért az I. (19 m²/ha) és II. (17,5 m²/ha) modell célkörlapösszegei kissé alacsonyabbak, hogy a fényigényesebb fajok is helyet kapjanak.

6.3.-3. táblázat. Bükkös örökerdő modellek paraméterei (Csépanyi 2021 alapján)

Fafajösszetétel célállapotban			I. modell		II. modell	
			Célkörlap 19 m ² /ha B&KTT 70%; GY&EKL 30%		Célkörlap 17,5 m ² /ha KTT&B 40%; GY&EKL 60%	
Összesen			231 db/ha	19,1 m ² /ha	245 db/ha	17,5 m ² /ha
Ebből MFA (méretes fa ≥ 50 cm)			25 db/ha	7,4 m ² /ha	19 db/ha	5,3 m ² /ha
MFA%			10,7%	38,6%	7,9%	30,0%
Modell	D _{cel}		80 cm		70 cm	
paraméterek	P		19,37%		23,29%	
	n ₀		46		53,4	
Átmérő-fok száma <i>i</i>	Átmérő-fok közepe D _{1,3} (cm)	Átmérő-fok G (m ² /ha)	<i>n_i</i> db/ha	G m ² /ha	<i>n_i</i> db/ha	G m ² /ha
0	14	0,015	46,0	0,71	53,4	0,82
1	18	0,025	37,1	0,94	42,1	1,07
2	22	0,038	29,9	1,14	33,2	1,26
3	26	0,053	24,1	1,28	26,1	1,39
4	30	0,071	19,4	1,37	20,6	1,46
5	34	0,091	15,7	1,42	16,2	1,47
6	38	0,113	12,6	1,43	12,8	1,45
7	42	0,139	10,2	1,41	10,1	1,40
8	46	0,166	8,2	1,37	7,9	1,32
9	50	0,196	6,6	1,30	6,3	1,23
10	54	0,229	5,3	1,22	4,9	1,13
11	58	0,264	4,3	1,14	3,9	1,03
12	62	0,302	3,5	1,05	3,1	0,92
13	66	0,342	2,8	0,96	2,4	0,83
14	70	0,385	2,3	0,87	1,9	0,73
15	74	0,430	1,8	0,78		
16	78	0,478	1,5	0,70		
17	82	0,528				
18	86	0,581				
19	90	0,636				

Az örökerdő-gazdálkodás egyik, ha nem a legfontosabb alapfeltétele a megfelelő közelítőnyom-hálózat kialakítása, amely az eddigi hazai gyakorlat szerint átlagosan 40 méterenként (35–75 m) állandósított, a meglévő erdészeti feltáráshálózatot kiegészítő közelítőnyom-rendszert jelent. E hálózat kialakítása során figyelemmel kell lenni – többek között – a természetvédelmi szempontból érzékeny területekre, vagy például

az állomány belső klímájának megőrzésére. A közelítőnyomhálózat kialakítását követően, a jelölések során a faállomány egyes törzseinek értékelését kell elvégezni. A meglévő egykorú faállományok örökerdő-gazdálkodásra történő átalakítása az ismétlődő, mérsékelt fahasználatokkal lehetséges, úgy, hogy az átalakítással egyidőben az erdőnevelési beavatkozások is elvégzésre kerülnek, azaz a javafák kiválasztása és megsegítése, az újulat megjelenésének elősegítése, az elegyarány szabályozás, és természetesen a célátmérőt elért egyedek kitermelése. Az örökerdő-gazdálkodás alapelve a javafák kiválasztása, illetve kijelölése, amely pozitív, felsőszintű válogató jellegű inhomogén gyéritést foglal magába; a fahasználatok során pedig ezen egyedek növekedésének, vastagodásának elősegítése, az akadályozó egyedek eltávolítása a feladat.

Az így kijelölt egyedek képezik majd a jövőbeli állomány vázát. A javafák kiválasztásának ideális időpontja a vastagrudas állapot, amikor is már az állomány átlagosan 6–8 m magasságig ágztiszta, ezáltal az egyedek vitalitása, növekedése, egészségi állapota jól megállapítható. A főfafajok magas, 60–100%-os elegyaránya az örökerdő üzemmódban csak a bükk fajok esetében biztosítható hosszútávon (Csépanyi 2021). A legvitálisabb, legjobb minőségű fákból javafát, az ökológiai szempontból értékes (sok mikroélőhellyel rendelkező) fákból biotóp-fát is javasolt választani, ez összesen általában 40–60 darab/ha kiválasztott törzset jelent. A megfelelő visszatérési idő – amely a bükkösökben általában 5–7 év – kiválasztása gazdálkodói kompetencia. A sorozatos visszatérések beavatkozásai elősegítik a javafák növekedését, fejlődését, melynek során a mellettük álló törzseket folyamatosan kiszálalják, miközben az utánpótlás állományból újabb egyedek lépnek a helyükbe. Az átmérőszerkezetben előretelődő törzsek folyamatát az utánpótlás pedig folyamatosan táplálja. Az állomány egyes részein kisebb, átlagosan 400–500 m²-es lélek is kialakíthatók a többkorúság és változatos erdőszerkezet érdekében. A Pilistetőn és az Erdőanyai-völgyben lefolytatott vizsgálatok megállapították, hogy a folyamatos borítást biztosító erdőgazdálkodásnak köszönhetően a bükkösök természetessége meghaladja a hagyományos vágásos üzemmódú bükkösök természetességét. Míg a 2003-as országos felmérés (Bartha et al. 2005; Standovár & Szmorad 2012; Némedy 2015) szerint a hazai bükkösök összesített átlagos természetességi mutatója 59,69%, addig a visegrádi Erdőanya-völgy bükköseiben ez az érték 69,75%, a Pilis-tetőn lévő bükkösökben 68,44%. Ezt a természetességben mutatkozó előnyt erősítik meg az asztalfői szálalóerdőben található bükkös állományszerkezet mutatói, továbbá a gyepszint és nagyomba-fajkészlet vizsgálat során szerzett tapasztalatok is (Molnár et al. 2014).

Irodalom

- Bach I., Frank N., Pintér B., & Bordács S. 2015: Változások az erdészeti szaporítóanyag-gazdálkodásban 1982–2014 között (Quo vadis erdészeti szaporítóanyag-termesztés?) – Erdészettudományi Közlemények 5(1): 55–69.
- Bartha D., Aszalós R., Bodoncz L., Bölöni J., Kenderes K., Ódor P., Szmorad F., Standovár T. & Tímár G. 2005: A magyarországi erdők természetességének vizsgálata I–V. – Erdészeti Lapok 140(5): 152–154., (6): 198–201., (7–8): 226–229., (9): 259–261., (10): 286–289.
- 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.
- Bondor A. (szerk.) 1986: A bükk. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 180 pp.
- Bondor A. & Gál J. 1976: Erdészeti szaporítóanyag-termelés. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 262 pp.
- Bordács S. 2003: Magtermelő állományaink múltja és jövője. – Erdészeti Lapok 137(2): 41–43.
- Bordács S., Nagy L., Pintér B., Bach I., Borovics A., Kottek P., Szepesi A., Fekete Z., Wisnovszky K. & Mátyás Cs. 2013: Az erdészeti genetikai erőforrások állapota és szerepe a XXI. század elején Magyarországon. A FAO felkérésére készült jelentés összefoglaló ismertetése. – Erdészettudományi Közlemények 3(1): 21–37.
- Csépanyi P. 2017: Az örökerdőgazdálkodás ökonomiai sajátosságai bükkösökben és cseresekben a Pilisi Parkerdő Zrt-nél. – Doktori (PhD) értekezés, Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 129 pp.
- Csépanyi P. 2021: Útmutató az örökerdő üzemmódú erdőkben „Az örökerdő kezelési terv” elkészítéséhez, a gazdálkodás hatósági ellenőrzéséhez, továbbá a körzeti erdőtervezés során az erdőtervek készítéséhez. Második, átdolgozott útmutató. – OEE Örökerdő Szakosztály, 69 pp.
- Csépanyi P. & Csór A. 2017: Economic Assessment of European Beech and Turkey Oak Stands with Close-to-Nature Forest Management. – Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 13(1): 9–24.

- Fekete L. 1899: Az erdők felújítása kapcsolatban azok rendszeres kihasználásával. Néptanítók, községi előjárók és kisbirtokosok számára. – Országos Erdészeti Egyesület, Budapest, 127 pp.
- Fodor S., Hangyálné Balul W., Marjai Z., Mátyás Cs., Tompa K. & Trombitás T. 1983: Lombfamagvak tárolása. A bükkmakk. In: Váradi G. (szerk.): Fatermesztési műszaki irányelvek. I. Maggazdálkodás. – Mezőgazdasági Minisztérium Információs Központja, Budapest, pp. 28–29.
- Frank N., Veperdi G., Gál J. & Schiberna E. 2014: Erdőnevelési modelltablák alkalmazása: múlt és jövő. In: Bidló A., Horváth A. & Szűcs P. (szerk.): IV. Kari Tudományos Konferencia kiadványa – Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, pp. 20–23.
- Führer E.; Mátyás C.; Csóka G.; Lakatos F.; Bordács S.; Nagy L. & Rasztovits E. 2010: Current status of European beech (*Fagus sylvatica* L.) genetic resources in Hungary. – *Scientia Forestalis* 25: 152–163.
- Gayer K. 1889: Der Waldbau. – Verlag von Paul Parey, Berlin, 619 pp.
- Gyarmatiné Proszts S., Papp L., Pechtol I., Tompa K., Tóth I., Tóth J. & Varga B. 1983: Magcsemete-termesztés. Termesztés hagyományos eljárással. In: Váradi G. (szerk.): Fatermesztési műszaki irányelvek II. Csemetetermesztés. – Mezőgazdasági Minisztérium Információs Központja, Budapest, pp. 25–28.
- Jablánczy S. 1953: A szálalóerdő jelentősége Magyarországon. – Kandidátusi értekezés. Sopron, 117 pp. + 8 ábraoldal.
- Kaán K. 1921: Szálalóvágásos gazdaság lomberdőben. – *Erdészeti Lapok* 60(23–24): 423–431.
- Kollár T. 2023: Bükk (*Fagus sylvatica*) állományok fatermési függvénye és táblája az ERTI tartamkísérleti hálózatának adatbázisa alapján. – *Erdészettudományi Közlemények* 12(1–2): 5–29.
- Koloszár J. 1992: A természetszerű erdőművelés lehetőségei Magyarországon. – *Erdészeti Lapok* 127(6): 170–179.
- Koloszár J. 1998: Erdőművelés a természetközeli erdőgazdálkodásban. In: Solymos R. (szerk.): Természetközeli erdő- és vadgazdaság, - környezetbarát fagazdaság. – MTA Erdészeti Bizottsága, Budapest, pp. 64–68.
- Koloszár J. 2010: Erdőneveléstan. – Egyetemi jegyzet, Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 161 pp.
- Koloszár J. 2013: A Roth-féle szálalóerdő története. – NyME ERFARET Nonprofit Kft., Sopron, 60 pp.
- Ludwig A. 2004: Stratifikation von Rotbuchensaatgut – nur etwas für Spezialisten. – *Naturnaher Waldbau, LWF Aktuell* 46: 7.
- Madas L. 1956: Ígéretes fákra alapított fatermesztési terv a Visegrád 77/A erdőrésztben. – Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 36 pp.
- Madas L. 1968: A törzsszámváltozás hatása a visegrádi bükkösök állományszerkezetére és fatermésére. – Kandidátusi értekezés, Visegrád, 114 pp.
- Madas L. 1999: A természetszerű erdőről. Egy pilisi bükkösben folytatott gyakorlat tanulságai. – *Erdészeti Lapok* 134(2): 44–50.
- Magyar P. 1933: Árnyalás vagy gyökérkonkurencia? – *Erdészeti Lapok* 72(2): 158–175.
- Majer A. 1968: Magyarország erdőtársulásai. – Akadémia Kiadó, Budapest, 515 pp.
- Majer A. 1972: Az állománynevelés hatékonyságának fokozása. – Akadémia doktori disszertáció, Sopron, 118 pp.
- Majer A. 1982: A bükkösök makktermésének időszakossága. – *Az Erdő* 31(9): 388–392.
- Majer A. 1986: A szálalás, a szálalóvágás problematikája. – *Az Erdő* 35(12): 525–531.
- Marjai Z. 1965: Erdészeti magvizsgálati módszertan. – Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 180 pp.
- Mátyás Cs. (szerk.) 1986: Nemesített erdészeti szaporítóanyag-ellátás. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 136 pp.
- Mátyás Cs. & Páli L. 1980: Egy jó bükkmakk termés hűtött tárolásának tanulságai. – *Az Erdő* 29(4): 152–154.
- Mátyás V. 1958: Erdészeti maggazdálkodási utasítás. – Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 179 pp.
- Mátyás V. 1968: A lombfa magtermő állományainak revíziója és az állományok jövőbeni szerepe az erdészeti maggazdálkodásban. – *Erdészeti Kutatások* 64(1–3): 173–191.
- Mátyás V. 1969: A tölgy- és bükkvirágzás fokozása műtrágyázással és ennek összefüggése az időjárással. – *Erdészeti Kutatások* 65(2–3): 161–181.
- Mátyás V. 1986: A magtermelő állományok kezelése. In: Mátyás Cs. (szerk.): Nemesített erdészeti szaporítóanyag-ellátás. – Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 83–85.
- Mendlik G. 1973: A visegrádi bükk erdőnevelési sor 5. és 10. újrafelvételének eredményei. – *Erdészeti Kutatások* 69(1): 183–190.
- Mendlik G. 1980: A hazai bükkösök fatermése, növedéke és erdőnevelése. – Kandidátusi értekezés tézisei, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 13 pp.
- Mendlik G. 1982: Bükk magtermés-fokozási kísérlet első eredményei. – *Az Erdő* 31(10): 455–458.
- Mendlik G. 1986a: Magtermesztő állományok. In: Bondor A. (szerk.): A bükk. – Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 33–39.
- Mendlik G. 1986b: A gyertyános-bükkösök erdőnevelési modellje. – *Erdészeti Kutatások* 78: 295–305.
- Mendlik G. 2000a: Bükkösök. In: Solymos R. (szerk.): Erdőfelújítás és -nevelés a természetközeli erdőgazdálkodásban. – Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, pp. 257–258.

- Mendlik G. 2000b: Tölgyes-bükkösök. In: Solymos R. (szerk.): Erdőfelújítás és -nevelés a természetközeli erdőgazdálkodásban. – Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, pp. 259–261.
- Möller A. 1922: Der Dauerwaldgedanke. Sein Sinn und seine Bedeutung. – Nachdruck. Erich Degreif Verlag, Oberteuringen, 84 pp.
- Némegy Z. 2015: A Visegrád 77A erdőrészletben folyó természetközeli erdőgazdálkodás természetességi vizsgálata az Erdőanyai-völgyben folytatott szálaló erdőgazdálkodás legkorábbi megkezdett példája alapján. – Szakdolgozat, Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, 159 pp.
- Pállné Turmezei É. 1986: Szaporítóanyag-termelés. In Bondor A. (szerk.): A bükk. – Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 42–56.
- Pápai G. (szerk.) 1998: Erdészeti csemetetermesztés. – Mezőgazda Kiadó, FAGOSZ, Budapest, 201 pp.
- Pogrányi K. 2024: A bükk csemetenevelés magyarországi gyakorlata. – Szóbeli közlés (2024.02.25.).
- Roth Gy. 1925a: A szálerdő vágásmódjainak és állományalakjainak nomenklatúrája I. – Erdészeti Lapok 64(7): 223–250.
- Roth Gy. 1925b: A szálerdő vágásmódjainak és állományalakjainak nomenklatúrája II. – Erdészeti Lapok 64(8): 263–277.
- Roth Gy. 1935: Erdőműveléstan. II. kötet: Alkalmazott rész. – Röttig-Romwalter Nyomda Bérlei, Sopron, 971 pp.
- Roth Gy. 1958: A szálaló erdőről. – Erdészettudományi Közlemények 1958(1): 49–63.
- Schädelin W. 1942: Die Auslesedurchforstung. – Paul Parey, Berlin, Leipzig, 147 pp.
- Schmidt G. & Tóth I. 1996: Díszfaiskola. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 669 pp.
- Standovár T. & Szmorad F. 2012: Erdőrészlet-léptékű erdőtermészetesség-vizsgálatok a Duna–Ipoly Nemzeti Park hegyvidéki területein. – Kutatási Jelentés a 4413/8/2012-es számú szerződéshez, Zöld Teaterasz Kft., 88 pp.
- Suszka B., Muller C. & Bonnet-Masimbert M. (fordította Zsombor F. & Barna T.) 2008: Az erdei lombos fák magjai, a begyűjtéstől a vetésig. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 290 pp.
- Tihanyi Z. & Tompa K. 1985: Erdészeti nemesítés és szaporítóanyag-termesztés. Gyakorlatok. – Egyetemi jegyzet, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, 209 pp.
- Török A. 2006: Bükkösök erdőfelújítása az égtájorientált felújítási rendszer tükrében. – Bakonyerdő Erdészeti és Faipari Zrt., Veszprém, 148 pp.
- Vadas J. 1898: Erdőműveléstan. – Országos Erdészeti Egyesület, Pátria Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 711 pp.
- Vadas J. 1921: Erdőműveléstan. – Röttig-Romwalter Nyomda-Részvénytársaság, Sopron, 499 pp.
- von Wuehlisch G: 2008. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European beech (*Fagus sylvatica*). – Biodiversity International, Rome, 6 pp.



6.3.-9. ábra. A sűrű természetes újulatban „tárolt” genetikai változatosság a kedvezőtlen környezeti változásokhoz való alkalmazkodás egyik legfontosabb esélye (Fotó: Ficzeré Mónika)

6.4. Erdőhasználati módszerek és lehetőségek bükkösökben

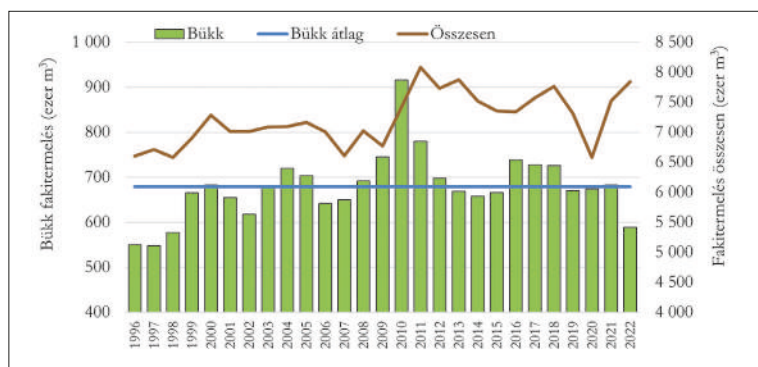
Szakálosné Mátyás Katalin, Váradi József, Csépanyi Péter és Frank Norbert

„A fáhasználat sok erőfeszítést tett már a jobb és értékesebb kizozatal érdekében. E munka nem állhat meg, tovább kell fejlődnie minden vonatkozásban, és így az erdő főtermékének, a fának manipulációs munkájában is.” (Scheili 1961)

A bükk Magyarország erdeinek egyik legértékesebb őshonos fafaja. Az összes hazai erdők gazdasági értékének közel 20%-át a bükkösök adják, annak ellenére, hogy a fafaj „területfoglalása” csak mintegy 6,1% (2022-ben 113 759 ha), az élőfakészlete pedig az ország erdeinek a 10,3%-a (2022-ben 41 873 557 m³). Régen „gyomfának” tekintették, és szinte kizárólag csak tűzifának használták. Állományait a 18–19. században majdnem kiirtották a hamuzsírforrás következményeként. Ma már a minőségi faanyag és az értékteremtés fája, így – fahasználati szempontból – a bükkgazdálkodás egyik fő célja a jó minőségű választékok megtermelése. Fontos, hogy a bükköt nemcsak a fatermesztésben betöltött gazdasági szerepe miatt soroljuk állományalkotó fafajaink közül az első helyek egyikére, hanem tulajdonságainak köszönhetően kiválóan alapozhatunk rá, az erdő további funkcióit, rendeltetéseit (védelmi, közjóléti, gazdasági) tekintve, illetve mint ökoszisztéma szolgáltató (rekreáció, CO₂ megkötés) szerepet is be kell, hogy töltsön. Sajnos viszont az is megállapítandó, hogy a klímaváltozás, illetve annak hatásai tapasztalhatóan és bizonyítottan a bükkös klímában található erdőállományokat, így a bükk fafajt is erősen érintik. Várhatóan az állományok idővel nem tudnak alkalmazkodni a megváltozott klimatikus viszonyokhoz, romlik a vitalitásuk, az ellenállóképességük, elszaporodnak a kórokozók, károsítók. Feltételezhetően a vágáskorok jelentős emelése, valamint a természetközeli vágásmódok térnyerése is szerepet játszhat ezekben a folyamatokban. A bükk fafaj esetében is hosszútávon a faanyag minőségi romlása és az élőfakészlet csökkenése prognosztizálható, ezért a kitermelhető faanyag mennyisége és azon belül is az értékes választékok részarányának csökkenése várható.

Választékszerkezet

A bükkösök fakitermelése során nyert faanyag nettó fatérfogata az 1970-es években 550–600 ezer m³ nagyságú volt, míg az 1996 és 2022 közötti időszakban 548–916 ezer m³ közötti értéket ért el (6.4.-1. ábra).



6.4.-1. ábra. Az összes és a bükk fakitermelés volumenének alakulása 1996 és 2022 között az erdőgazdálkodási célú erdőterületeken (Forrás: KSH és NFK statisztikai adatok alapján)

Ha a szélsőségektől eltekintünk, akkor elmondható, hogy többnyire 640–740 ezer bruttó m³ volt az évenkénti termelt mennyiség; az elmúlt 27 év átlagában ez 679 ezer m³/év.

Faanyagát tekintve a bükk számos előnyös tulajdonsággal rendelkezik, értékes és szép küllemű fáját széles körben felhasználják, így a fapiacra a nemes tölgyek és a fenyők választékához hasonló árbevételt biztosít. A faiparban, a bútoriparban is sokoldalúan hasznosítható, az európai és hazai furnér- és fűrészipar fontos fafaja.

Kiválóan hámozható és késelhető, asztalos áruk, mezőgazdasági és háztartási eszközök készülnek belőle, jó bútorfá, kedvelt tűzifa. A bútoriparban a bükk az egyik legkeresettebb fafaj, felhasználják furnér (színfurnér és vakfurnér), rétegelt lemez és tömörfa formájában. Kedveltek a bükkből készült lépcsők, falburkolatok, parketták. Gőzöléssel jól hajlíthatóvá válik, híresek a bükkből készült hajlított székek, bútorok. Készítenek belőle sportszereket, fajtékokat, esztergált ajándéktárgyakat, különböző háztartási tömegcikkeket (pl. fakanalakat), kaptafát, szerszámnyelet. Felhasználják a cellulóz, a farostlemez és a forgácslap gyártás során is.

A bükk felhasználhatóságát alapvetően meghatározza és így a választékolásnál figyelembe veendő, ha álgesztes a faanyag (6.4.-2. ábra). Az álgeszt a fatest nagyméretű, szabálytalan alakú, az évgyűrűhatárokat nem követő rendellenes elszíneződése.



6.4.-2. ábra. Geszt- és álgeszt-típusok (Forrás: Rumpf et al. 1994; Murvai 2017)

Az álgesztesedés tulajdonképpen a fa védekező reakciójának tekinthető valamilyen külső hatással szemben. Ez a hatás nagyon sokszor a gombák támadása. Erre a támadásra a fa úgy reagál, hogy edényeit tilliszekkel tömi el, és sötét színű, amorf vagy kristályos, gumiszerű anyagokat választ ki. Ez az álgesztesítő anyag a sejtüregeket tölti ki. A bükk a fakultatív színes gesztképzők közé tartozik, idősebb korban gyakran vörös gesztet képez (álgeszt). Ez a jelenség nem patológiai, hanem fiziológiai folyamat. Az álgeszt megjelenési formája nagyon sokféle lehet. Több szerző is készített osztályozást ezeknek az álgeszt-típusoknak. Mahler és Höwecke (1991) a törzs keresztmetszetén megjelenő álgeszt-típusokat az alábbiak szerint osztályozta.

1. nincs színes geszt
2. szabályos álgeszt
3. felhő alakú álgeszt
4. csillagos álgeszt
5. szabálytalan álgeszt
 - 5.a. aszimmetrikus álgeszt
 - 5.b. pillangó alakú álgeszt

A normális, fehér színű bükknek nincs színes gesztje, csak száraz szijács-magja. A klasszikus álgeszt közel szabályos kör alakú, az évgyűrűk lefutását többé-kevésbé követi. A felhős álgeszt több, részben eltérő színű zónából áll. Szélének sokszor sötétebb színe van, mint a belső területeinek. A különböző zónák között jól kivehető határsávok találhatók. A csillagos álgeszt nyúlványai a szijácsig érhetnek. Esetenként a világos színű szijács által körbefogott fekete foltok figyelhetők meg a nyúlványok hegyénél. A szabálytalan álgeszt csoportba tartozik minden nem szimmetrikus álgeszt (Rumpf et al. 1994).

A fehér bükk közismerten nem tartozik a természetesen tartós fafajok közé. Tartóssága, talajjal érintkezve mindössze 2–5 év, a szabadban 10–40 év, tető alatt 20–80 év, víz alatt pedig 30–120 év. Kültéri alkalmazásra tehát csak teljes telítés mellett ajánlható (Molnár 2002). Az álgesztes bükk faanyag – hasonlóan az álgesztmenteshez – sem nevezhető tartósnak. A vörös gesztű faanyag az időjárással szemben ellenállóbb,

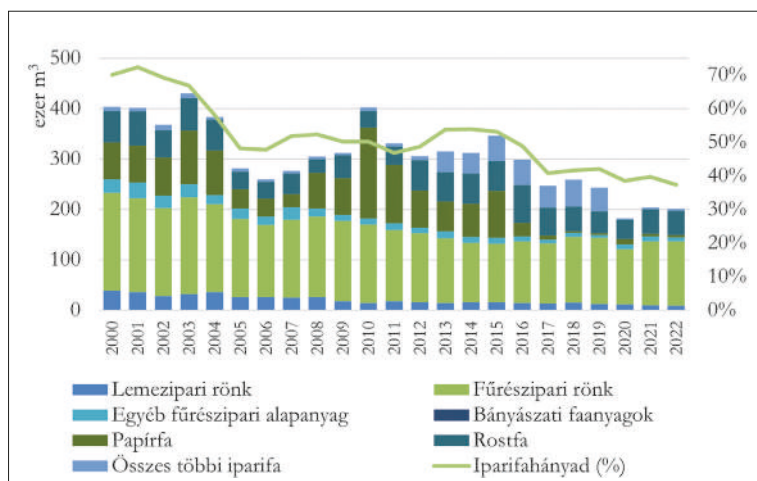
ha a bél körüli részt nem tartalmazza (Molnár 2002). Ez annak tudható be, hogy a gesztesítő anyagok a sejtfalakba épülnek be, nem úgy, mint például a tartós tölgy fajoknál, ahol a sejtüregekben koncentrálnak (Biró 2004). Gombaállóság szempontjából eltérő eredmények születtek. Mayer-Wegelin (1944) és Gauman (1946) azt tapasztalta, hogy az álgesztes faanyag jobban ellenáll a gombák támadásának. Molnár és munkatársainak (2001) vizsgálatai azt mutatták ki, hogy egyes gombafajokkal szemben a fehér, másokkal szemben az álgesztes bükk az ellenállóbb. Fizikai, mechanikai tulajdonságok tekintetében megállapítható, hogy nincs alapvető különbség a fehér és az álgesztes anyag között. Együttes alkalmazásuknál lehet gond az eltérő zsugorodás. Dinamikus erőhatásnak, hajlításnak kitett helyen a fehér bükk alkalmazása ajánlott. Fűtőértéke az álgesztes bükknek nagyobb a berakódott anyagoknak köszönhetően. Az álgesztes bükk kemény, kopásálló, sűrű faanyaggal rendelkezik, mechanikai tulajdonságai nem térnek el jelentősen a fehér bükktől, kissé ridegebb ugyan, de ugyanolyan jól használható. Az álgesztes bükk legjobb felhasználása az egyedi bútortipusokban és a belsőépítészetben van. Az ilyen faanyag egyedi mintázatát leginkább a kézműves jellegű műhelyekben tudják kihasználni.

A faanyagminőség romlása látványosan tapasztalható a kitermelt bükk faanyagválasztékok átlagos mennyiségének és százalékos részarányának változását tekintve (6.4.-1. táblázat). Az 1970-es évekhez képest a 2000 utáni fakitermeléseknél az ipari fa részaránya közel 13%-kal csökkent a tűzifa javára. Iparifa választékokon belül a lemezipari és fűrészrönk, az egyéb fűrészipari alapanyag és a papírfa részaránya csökkent számottevően. A lemezipari rönk mennyisége ugyan átlagosan 6 ezer m³-rel lett kevesebb, de ez részarány tekintetében 57%-os visszaesést jelent. A termelt rostfa átlagos mennyisége 46 ezer m³-rel emelkedett, ami több mint 7%-os részarány emelkedést tükröz. Az említett változásokat a piac is jelentős mértékben befolyásolja; egyes időszakokban nagyobb, máskor jóval alacsonyabb egy-egy fafaj iránti kereslet. Míg az 1990-es években a bükk iránt élénk kereslet volt jellemző, addig a 2000-es év elején erős visszaesés volt tapasztalható.

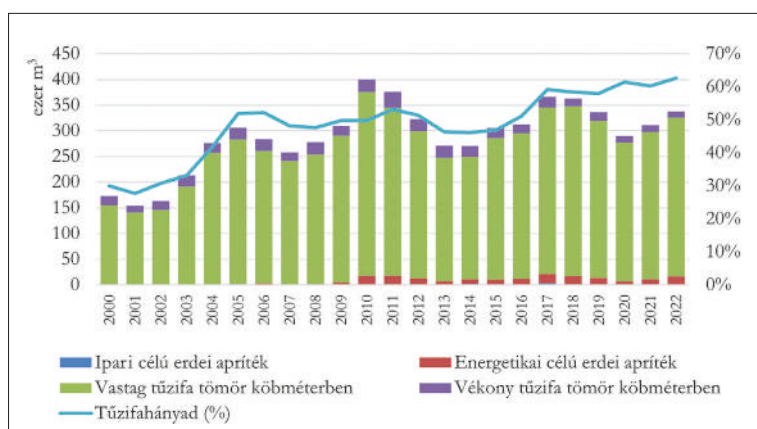
6.2.-1. táblázat. Az 1970-es években, valamint a 2000 és 2022 között termelt bükk választékok átlagos mennyisége és százalékos részaránya (Forrás: MÉM és OSAP adatok alapján)

Választékok	1970-es évek átlaga		2000–2022 közötti átlag	
Lemezipari rönk	26 580 m ³	6,20%	20 685 m ³	3,46%
Fűrészipari rönk	133 971 m ³	31,40%	145 829 m ³	24,39%
Egyéb fűrészipari alapanyag	24 087 m ³	5,60%	15 110 m ³	2,53%
Bányászati faanyagok	3 m ³	0,00%	0 m ³	0,00%
Papírfa	81 309 m ³	19,00%	57 089 m ³	9,55%
Rostfa	4 102 m ³	1,00%	50 152 m ³	8,39%
Összes többi iparifa	3 941 m ³	1,00%	18 473 m ³	3,09%
Ipar célú erdei apríték	3 454 m ³	0,80%	359 m ³	0,06%
Energetikai célú erdei apríték	0 m ³	0,00%	7 814 m ³	1,31%
Vastag tűzifa tömör köbméterben	133 626 m ³	31,30%	262 769 m ³	43,96%
Vékony tűzifa tömör köbméterben	15 309 m ³	3,50%	19 514 m ³	3,26%
Iparifa összesen	277 447 m ³	65,07%	307 697 m ³	51,47%
Tűzifa összesen	148 935 m ³	34,93%	290 097 m ³	48,53%
Vágáslap feletti nettó fatérfogat	426 382 m ³	100,00%	597 794 m ³	100,00%

A választékszerkezetre hatást gyakorol a piac igénye, hiszen az alapjaiban befolyásolja az eladhatóságot, amellyel, hogy milyen lehetőségünk van, tekintve a minőségi és mennyiségi adottságokat. Nyomon követhetőek ezek a tendenciális változások a 2000-es évektől napjainkig (6.4.-3. és 6.4.-4. ábra).



6.4.-3. ábra. A bükk iparifa választékok volumenének (nettó m³) alakulása 2000 és 2022 között (Forrás: KSH és NFK statisztikai adatok alapján)



6.4.-4. ábra. A bükk tűzifa választékok volumenének (nettó m³) alakulása 2000 és 2022 között (Forrás: KSH és NFK statisztikai adatok alapján)

és törzszámcsökkenéssel magyarázható. (Csépanyi 2013) A tisztítással kapcsolatos tevékenység a későbbi fakitermelések során esetlegesen megsérült fiatalabb egyedek visszavágásában merül ki.

Bondor (1986) szerint a vágásos üzemmódban a bükkösök tisztításából kikerülő fák átmérettartománya 2–12 cm, átlagos átmérője 2–4 cm. A törzsek kivágásához régebben fejszét, Göller-ollót használtak. Napjainkban a tisztítófűrészek alkalmazása terjedt el. Az utolsó tisztításnál már a kisteljesítményű motorfűrészek alkalmazása is indokolt lehet, de 10 cm átmérő alatt jó hatásfokkal és gazdaságossággal alkalmazható a gyűrűzés is. A tisztítófűrész meredekebb terepviszonyok között (15 fok felett), illetve a vastagabb (8 cm feletti) állományokban nem használható biztonságosan, ezért az utolsó tisztításnál a kisteljesítményű motorfűrészek alkalmazása is indokolt lehet. Már a tisztítások során is célszerű ápolóösvények kialakítása, melyre a későbbi közelítőnyom hálózat alapozható. Anyagmozgatás, ha szükséges kézi eszközökkel, kisgépekkel megoldható. A tisztítások során is ügyelni kell az elegység megtartására, növelésére, mert a klímaváltozással szembekerülő erdők alkalmazkodóképessége az elegyetlen állományképzésre hajlamosabb bükk esetében csak így növelhető.

A törzskiválasztó gyéritések során a kitermelendő fák mellmagassági átmérettartománya, a gyéritések számától függően 4–28 cm körül mozog, átlagosan 8–13 cm. Ezen fakitermelések során jelentős mennyiségű

Az iparifa, így a legértékesebb rönktípusok mennyiségének csökkenő aránya mellett látható a papírfa 2017-től bekövetkező háttérbe szorulása is. Tűzifa választékok esetében 2010-től az energetikai célú erdei apríték jelentősebb mennyiségű – 10 ezer m³ feletti – megjelenése volt tapasztalható.

Fahasználat

A bükk állományok tisztításából csak kevés gazdaságosan értékesíthető faanyag származik, így végrehajtásuk közvetlenül nem hoz jelentős árbevételt. Az ország egyes részein a lakossági fagyújtással lehet kevés árbevételhez jutni a töről leválasztott földön lévő faanyag felkészítésével. Vágásos üzemmódban kezelt erdők esetében az állomány, illetve az egyednevelés szempontjából fontos a tisztítások maradéktalan elvégzése, melynek során arra kell törekedni, hogy minél kevesebb munka- és energiaráfordítás terhelje a fakitermelést. Örökerdő üzemmódban kezelt erdők esetében a tisztítások elvégzése nem szükséges. Ez a biológiai racionalizáció során végbemenő természetes felújulással, majd a felsőbb szintek árnyalásának hatásaként a természetes kiválogatódással

papírfa, rostfa és tűzifa lenne termelhető, de napjainkban ebben az átmérőtartományban egyre kevésbé lehet gazdaságosan a munkát elvégezni. Az egyedsűrűség még gátja a munka gépesíthetőségének. A bükkösök törzskiválasztó gyérítéseinek munkarendszerét és az alkalmazott gépeket a terepadottságok és a kíméletesség befolyásolják. A faanyagközelítést végző gépek, eszközök hatékony és gazdaságos kihasználása érdekében, a kitermelést megelőzően ki kell jelölni, majd a munka során ki kell alakítani a közelítő nyomokat. Ezeknek az irányát, vonalvezetését és szélességét az állomány- és terepviszonyok, valamint az alkalmazandó munkarendszer, ezen belül a gépek, eszközök helyigénye, továbbá a kíméletességi és természetvédelmi szempontok határozzák meg. A közelítőnyomok kialakítását úgy célszerű megtervezni, hogy az állomány egész életciklusa során felhasználhatóak legyenek. Bükkösben a 3–3,5 m szélességű közelítő folyosó (közelítő nyom) a törzskiválasztó gyérítések időszakában növedékveszteség nélkül alakítható ki (Bondor 1986).

A bükkösben végrehajtott törzskiválasztó gyérítés esetében különös figyelmet kell fordítani a kíméletességre. A bükk köztudottan vékony kéreggel rendelkezik, ennek következtében hajlamos a közelítés során a törzs alsó részén, illetve a gyökfő környékén olyan mértékű sérüléseket elszenvedni, melyek a későbbiek során a faanyag minőségromlásához vezetnek, ezért az anyagmozgatással komplex rövidfás munkarendszer megfelelő változatainak alkalmazása javasolt (pl. kárászi rövidfás). Korábban és napjainkban is az a jellemző, hogy a döntést, majd azt követően tő mellett a gallyazást és a darabolást is motorfűrésszel végzik. A keletkezett választékok közelítőnyom mellé történő előközelítését régebben kézzel, fogatos közelítő kerékpárral vagy fogatos szánnal végezték. A darabolás az előközelítés után a közelítőnyomon is megvalósulhatott, ehhez arra volt szükség, hogy a gallyazás, esetleg elődarabolás után kicsörlőzzék a faanyagot. A közelítés jellemzően forvarderekkel vagy kihordó szerelvényekkel valósítható meg. A harveszter-forvarder munkarendszer hazai, egyre fokozódó térnyerése által most már nemcsak a nagyméretű többműveletes fakitermelő gépek, hanem törzskiválasztó gyérítésekre tervezett kis harveszterek is megjelentek és dolgoznak az erdeinkben. A harveszterek a munkájuk során a vágástéri mellékterméket is a közelítőnyomok mellé koncentrálnak, így annak forvarderes közelítése időjárásbiztos út mellé gazdaságosan kivitelezhető, ahol aprítása elvégezhető. Bár alkalmazásuk minden bizonnyal bükkösökben is növekedni fog termelékeny, gazdaságos munkájuknak köszönhetően, de ennek is megvannak a korlátai. A harveszterek és forvarderek kizárólagos alkalmazása túl sűrű közelítőnyom hálózatot (15–20 méterenkénti) igényel, mely az erdő belső klímájának, illetve a talaj igénybevételének, tömörödésének problémáját vonhatja maga után. A jelenlegi célravezető megoldás az előhasználatok esetében a fadóntésnél a kézi motorfűrészes döntés kombinálása a harveszteres döntéssel, a közelítésnél a csörlős előközelítés kombinálása a forvarderes közelítéssel.

Meredek lejtviszonyok mellett a műanyagból készült csúszdák alkalmazása lehet célravezető megoldás a rövid (1–2 méteres) választékok közelítésére. Ilyen terepadottságok mellett, elsősorban védelmi rendeltetésű erdők esetében, elvétve még alkalmaznak lovakat faanyag közelítésére, előközelítésére. Jellemzően elődarabolás után, 2–3-szoros választékhozzában. Lovak és csúszda hiányában, csörlős és kötélpályás közelítési megoldások jöhetnek még szóba, de alkalmazásuk megfontolandó a magas üzemeltetési költségük miatt. Napjainkban az ágazatot érintő munkaerőhiány következtében és a gépesítettség fokozódásával a lóval történő anyagmozgatás háttérbe szorult.

A bükk növedékfokozó gyérítésekből kivágásra kerülő fák mellmagassági átmérőjének átmérőtartománya 10–50 cm, átlagosan 15–37 cm. A korai növedékfokozó gyérítéseknél vékonyabbak, a késeieknél pedig már vastagabbak a kivágandó fák. A fakitermelés során jelentős mennyiségű fűrészrönk és egyéb iparifa keletkezik a tűzifa mellett (Bondor 1986).

A rövidfás fakitermelési munkarendszer alkalmazása előnyösebb a bükkösök növedékfokozó gyérítéseinél. Az első és a második növedékfokozó gyérítés kíméletes kivitelezése érdekében a viszonylag magas törzsszám miatt, mindenképpen a motormanuális (motorfűrészes döntés, emelve közelítés) vagy a folyamatgépesített (harveszter-forvarder) szinten megvalósított rövidfás munkarendszer javasolt. A harmadik és a negyedik növedékfokozó gyérítésnél, jellemzően csörlős vonszolóval a termelékenyebb és gazdaságosabb hosszúfás munkarendszer a célszerű, ha a kíméletességre vonatkozó szigorú technológiai előírásokat be tudjuk tartatni. Napjainkban a növedékfokozó gyérítések esetében a legmagasabb teljesítményt harveszterek

és forvarderek alkalmazása mellett tudjuk elérni úgy, hogy a kíméletességi előírások, elvárások betartása is megvalósul. Itt még inkább érvényes, hogy a közelítőnyomról elérhető fák kitermelése bár még harveszterrel végezhető, azonban a közelítőnyomról el nem érhető törzseket, illetve a vastagabb törzseket motorfűrészsel érdemes kidönteni.

A bükkösök véghasználatja jellemzően fokozatos felújítógáccsal és szálalógáccsal történik. Örökerdő üzemelésben az erdőnevelés és a célátmérőt elért fák kitermelése ("véghasználat") egyaránt a készletgondozó fahasználat része. A véghasználati törzsek fatérfogata 1–10 m³ között változik. Az ilyen törzsek mozgatásához már nagyteljesítményű gépek szükségesek. Fakitermelési és erdőfelújítási szempontból nagyon fontos az irányított döntés alkalmazása és pontos kivitelezése, különösen azokon a helyeken (jellemzően lécekkben), ahol az újulat már megjelent. Fakitermelési módtól függően különböző munkarendszerek alkalmazhatók. A fokozatos felújítógások végvágásai esetében a nagy méretekkel rendelkező faegyedek döntését – melyek nagyon magas értéket képviselő választékokat tartalmaznak – motorfűrészsel érdemes végrehajtani. Folyamatos erdőborítást biztosító üzemlétesítések esetén a faegyedek kitermeléséhez a motorfűrész a legalkalmasabbak a viszonylag kevés kitermelendő faegyed, a nagy átállási távolságok és a nagyméretű egyedek előfordulása miatt. Harveszterek alkalmazása a magasabb üzemlétesítési költség felvállalása és a motorfűrész segítségével lehet működőképes. A faanyag közelítéséhez a forvarderek alkalmazása javasolt.

Mellékhaszonvételi lehetőségek

A bükk fafaj nemcsak fahasználati szempontból volt jelentős a 16–17. században, hanem a gyorsan elterjedő erdei tevékenységhez, a hamuzsír-főzéshez is felhasználták. A fát elégették, a fahamut pedig kilúgozási folyamatnak vetették alá, amiből ún. hamuzsír képződött. A hamuzsírt, mint erdei mellékterméket sokrétűen hasznosították, felhasználták kékfestéshez, szappan-, salétromgyártáshoz, kálium-karbonát tartalma miatt pedig alapanyagául szolgált a robbanásszerűen fejlődő üvegyiparnak. A szakirodalom szerint egy köbméter tölgy és bükkfából 12–15 kg fahamu, és ebből 1,4–1,7 kg hamuzsír nyerhető. Egy mázsá hamuzsír előállításához tehát 60–70 m³ fa szükséges. Általános gyakorlat volt, hogy annyi fát égettek el, amennyi hamuzsírt vagy üveget el tudtak adni. Egy-egy uradalom hamuzsír termelését évi 500–800 mázsára lehet becsülni, ami évi 30–70 ezer m³ fa felhasználását jelentette. A legtöbb és legjobb hamuzsírt a bükk és a tölgy adja, ezért leginkább ezt a két fafajt részesítették előnyben olyannyira, hogyha a hamuégető, valamint az üveghuták telephelyeit jól nyomon követjük, akkor megállapíthatjuk, hogy kizárólag bükkösökben és tölgyesekben fordultak elő. A hamuzsír-előállítás egy évszázad alatt számos irtástelepülés kialakulásához vezetett, amelyek neveikben (pl. Óhuta, Újhuta, Répáshuta, Vágáshuta) még mindig őrzik az erdei üvegyártás, üveghuták



6.4.-5. ábra. A gánti szénéégetőben égetett faszén
(Fotó: Szakálosné Mátyás Katalin)

egykori létét. Már az erdőrendtartásokban is olvasható, összefüggő irtásterekhez vezető erdőirtások tiltása miatt, majd az ásványi nyersanyagok használatának, illetve a vegyipar térhódításának köszönhetően teljesen megszűnt ez a típusú haszonvétel és a fahamu kilúgozásán alapuló hamuzsír-főzéses kálium-karbonát nyeres néprajzi örökséggé vált (Hegedűs & Szentesi 1999).

A faszén (6.4.-5. ábra), egy másik jelentős erdei melléktermék kedvelt alapanyaga a bükk. Jó minőségű faszén bükkfából lehet égetni, de al-

kalmanként gyertyánt, kőrist, cserfát is hasznosítottak e célra. A szénégető helynek Erdélyben baksa- vagy vátrahely, a Bakonyban boksahely a megnevezése, a Lápos vidékén még tűszhelynek, Szentgálon szűrűnek is nevezik. Magas fekvésű, száraz helyet választanak, amit szükség szerint elegyengetnek, mert a baksahe-lynek a varságiak (Székelyvarság) szerint olyan tisztának és egyenletesnek kell lenni, mint a szérűnek. A szakirodalom szerint a székelyek gyakorlata őrzi a régebbi munkamódot. A kisebb, 80 ürméter fa kié-ge-téséhez való boksának 8 m átmérőjű helyet készítenek. Ahol nem akad vízszintes földterület, ott a lejtős hegyoldalon teraszt képeztek ki. A baksahe-ly közepén előbb négy darab, élére állított, 100–130 cm hosszú fahasábból üreget alakítanak ki, amit fahulladékkal, forgáccsal töltenek ki úgy, hogy az üreg egyik oldala a begyűjtés céljára szabadon maradjon. Ez az ún. baksabél, amely köré állítják egymásnak támasztva a fahasá-bokat. Amikor 2–3 m átmérőjű kört kialakítottak, megkezdik a másik sor fahasáb rakását az előző tetejére. A baksát a közepén három rend, egymásra állított fahasábból rakják, így végül 3–3,5 m magas, kupola forma farakás készül. A baksabéltól a baksa széléig körülbelül 15 cm széles rést, gyűjtőnyílást hagynak, ezen keresz-tül történik a baksa meggyűjtása. Az összerakott baksát lehullott falevével, száraz avarral betakarják, majd legalább 10 cm, néhol 20–25 cm vastagon beföldelik, de a tetején szellőzőnyílást hagynak, hogy könnyebben meggyulladjon. Az erdélyi szénégetők a gyűjtőnyíláson bedugott karó végére kötött csóvával alul gyűjtik be a baksát, míg a bakonyiak a farakás kezdetén, a boksa közepén hosszú faágot szúrnak a földbe, ezt most kihúzzák és a helyébe, a boksa tetejéről, paraszt öntenek. Begyűjtéskor a baksa csúcsától méternyi távol-ságra, oldalt 4–8 szelelőnyílást nyitnak. Miután a tűz a baksa tetejéig terjedt, az ott lévő rést fadoronggal betömik, majd földdel lefojtják, hogy a farakás lassabban égjen. Ilyenkor a szénégető a baksa oldalához tá-masztott lajtorján (létrán) megy fel, nehogy a már parázsló baksa beroppanjon alatta, s szerencsétlenség érje. A baksa csak felülről juthatott némi oxigénhez, mert az alulról behatoló levegőtől a fa hamuvá égett volna. Az oldalán nyitott szellőzőnyílások biztonsági szelepként is szolgáltak, kivezették a képződő gőzöket. Ége-tés közben a baksa oldalán mind lejjebb és lejjebb szurkálnak szellőzőréseket, miközben az előző lyukakat betömik. A fa elszenesedését az mutatja, hogy a baksa oldala megroggyan, összeesik. Egy nagyobb, 150 m³ fából rakott baksa nyáron 14–16, télen 10–12 nap alatt ég ki. A különbség valószínűleg a felhasznált fa eltérő víztartalmára vezethető vissza. Égetés után a szénrakásról fa- vagy vasgereblyével lehúzzák a földet, a gázt, majd port lapátolnak rá, hogy a faszén lefojtva hűljön ki. A lehűlés legalább egy napig tart. Ezután követke-zik a szén tisztázása, más kifejezéssel vetkőztetése: a faszenet nagy kampóval vagy vasvillával kihúzzák a por alól, portalanítják és halomba gyűjtik (Hegedűs & Szentesi 1999). A 2000-es évek elején az erdőgazdaságok árbevételében még a legjelentősebb erdei mellékhaszonvétel volt a faszén, de napjainkra az élőmunka és az alapanyag (tűzifa választék) drágulása miatt az utolsó szenítő, a Vértéserdő Zrt. – ahol farkaslakai erdélyi magyarok szenítettek –, is felhagyott ezzel a tevékenységi körrel.

Irodalom

- Biró B. 2004: A bükk álgesztesedés vizsgálata a Somogyi Erdészeti és Faipari Részvénytársaság Erdőállományaiban. – Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 121 pp.
- Bondor A. 1986: A bükk. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 180 pp.
- Csepányi P. 2013: Az örökerdő elvek szerinti és a hagyományos bükkgazdálkodás ökonómiai elemzése és összehasonlítása. – Erdészettudományi Közlemények 3(1): 111–124.
- Gaumann E. 1946: Über die Pilzwiderstandsfähigkeit der roten Buchenkerns. – Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 97: 24–32.
- Hegedűs A. & Szentesi Z. 1999: Erdei melléktermékek jelentősége Magyarországon. – Diplomaterv, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 173 pp.
- Mahler G. & Höwecke B. 1991: Verkernungserscheinungen bei der Buche in Baden-Württemberg in Abhängigkeit von Alter, Standort und Durchmesser. – Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 142: 375–390.
- Mayer-Wegelin H. 1944: Die Verkernung des Buchenholzes. – Silvae Orbis 15: 227–236.
- Molnár S. & Bariska M. 2002: Magyarország ipari fája. – Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 210 pp.

- Molnár S., Németh R., Fehér S., Tolvaj L., Papp Gy., Varga F. & Apostol T. 2001: Kísérleti technológia álgesztes bükk fűrészáru továbbfeldolgozására. – K+F zárójelentés ALK 00034/2000, 8 pp.
- Murvai M. 2017: A bükk álgesztesedésének vizsgálata a Zalaerdő Erdészeti Zrt. Zalaegerszegi Erdészeténél. – Diplomamunka, Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 60 pp.
- Rumpf J., Gólya J., Mihály S., Hegyi Gy., Tóth F. & Jagodits M. 1994: Bükk álgesztesedés vizsgálata a Zirci Erdészetnél. – Kutatási jelentés, Erdészeti és Faipari Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 128 pp.
- Rumpf J., Horváth A.L., Major T. & Szakálosné Mátyás K. 2016: Erdőhasználat. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 390 pp.
- Scheili L. 1961: A tölgy- és bükkválasztékolás technológiája. – Országos Erdészeti Főigazgatóság, Budapest, 52 pp.



6.4.-6. és 6.4.-7. ábra. A bükkösökben kézi szerszámmal történő fadóntás ma már csak a legidősebb erdei munkások emlékeiben és régi fényképeken él (a kép 1948-ban, Királyréten készült).

A lovas közlekedés is szinte teljesen eltűnt, bár például a Zemplénben, nevelővágásokban időnként még ma is alkalmazzák (Fotók: SOE ERTI archívum)

6.5. A bükkgazdálkodás gyakorlati vonatkozásai

Bakó Csaba, Bálint László, Bányai Péter, Barton Zsolt, Berger Péter, Birinyi Mátyás, Csépanyi Péter, Freller Mónika, Göndöcz Péter, Gulyás Gábor, Hulják Péter, Isó Lajos, Káldi Lajos, Kelemen Csaba, Keszericze Jenő, Korn Ignác, Köveskúti Zoltán, Laczkó Péter, Limp Tibor, Merczel István, Nagy Barnabás, Pataki Zsolt, Pintér István, ifj. Pintér Ottó, Rosta Katalin, Sajgó Ferenc, Sándor Zsolt, Szegedi László, Tajnai Róbert, Török András, Varga Zoltán és Vasas Ernő

Magyarország több erdészeti tájában folyik bükkgazdálkodás. Az eltérő (és napjainkban eltérő mértékben is változó) környezeti viszonyokból és a különböző szakmai megközelítésből, hagyományokból adódóan nyilvánvalóan az alkalmazott gazdálkodási módok sem egyformák. A bükkös tájak termőhelyi viszonyai (»3.1. fejezet«) és az erdőművelési módszerek általános ismertetése (»6.3. fejezet«) mellett ebben a fejezetben a bükkösök szempontjából jelentősebb erdészeti tájakra nézve specifikus (bizonyos esetekben átfedő, illetve általánosítható) ismereteket, gyakorlati tapasztalatokat osztunk meg, a bükkösök és a bükkgazdálkodás múltjáról és jelenéről, mivel ezek egy része a jövő szempontjából is kifejezetten fontos lehet.

Északi-középhegység erdészeti tájcsoport

Eperjes–Tokaji-hegyvidék erdészeti táj

A táj (közismertebb nevén Zempléni-hegység) bükköseiben gyakori az erőteljes virágzás, bőséges makktermés 3–5 évenként mutatkozik, azaz jóval gyakrabban a korábban megszokottnál. A makktermés minősége általában jó, de a súlyosan aszályos években (pl. 2022) a makk nem érik be, és kifejezetlenül, illetve lénahullik le. Ez a tapasztalat egyébként más területeken is jellemző.

A klasszikus fokozatos felújítógazdálkodások – ahogy sok más helyen is – viszonylag rövid időn belül egyöntetű, elegyetlen fiatalosokat eredményeztek. Az elmúlt 20 évben a bükk újulat megtelepülését követő, szálalóvágás jelleggel végzett, akár 30 évig is elnyújtott fokozatos felújítógazdálkodás és különösen a Zempléni-hegységben a 40–60 évig elnyújtott szálalóvágás nyert teret. A folyamatos erdőborítás iránti társadalmi és természetvédelmi igények miatt, valamint a magánerdőgazdálkodók számára az elmúlt években elérhető jelentős támogatási forrásoknak köszönhetően egyre nagyobb mértékű az örökzöld üzem móddal együtt a készletgazdálkodó használat is.

A természetes felújításokban a csemeték lékbővítés vagy bontás után szinte robbanásszerűen növekednek az idős fák félárnyékában. Ha a lékek mérete, vagy a bontás mértéke megfelelő és a belenyúlás nem elsietett, akkor a siskanád és a szeder általában nem jelent problémát a csemetékre nézve. Az ápolások leginkább a túlzott mértékben megjelenő elegyfajok visszaszorítását célozzák. Mesterséges erdőszítéseknel viszont hosszú évekig folyamatosan kell a gyomkonkurenciát (siskanád, békaszittyó, szeder) kézi ápolással és/vagy vegyszerezéssel visszaszorítani. Bükk mesterséges erdőfelújításra kizárólag a lucfenyő utáni szerkezetátalakítás esetén, és csak a bükk számára megfelelő termőhelyen kerül sor.

Természetes felújításokban már a befejezett ápolások alkalmával tudatosan el kell kezdeni az erőteljes törzszámapasztást, hogy később majd megfelelő növénytérrel, illetve törzs-korona aránnyal rendelkező stabil állományokat kapjunk. A megkésített és nem kellő eréllyel elvégzett felszabadító tisztítások az állományok felnyurgulását eredményezhetik. Az ilyen fiatalosok a késő téli-kora tavaszi hótól megdőlhettek, mint ahogyan az pl. 2017-ben történt. Már az ápolásoktól kezdve figyelni kell arra, hogy az elegyfajok (hegyi juhar, korai juhar, magas kőris, hegyi szil) megfelelő elegyarányban legyenek jelen az állományokban, azok állékonyosságát javítva.

Zemplénben gyakran a többletvíz miatt kialakuló belvízkárok okoznak problémát. A fenyvesek letermelése után a talaj vízháztartása jelentősen megváltozik. A meredek, kőgörgötes-aprókőves hegyoldalak

kivételével szinte mindenütt a megjelenő többletvíz, illetve az annak hatására tömegesen elszaporodó béka-szittyó jelenti a bükk csemeték számára a legnagyobb konkurenciát.

A domborzati- és talajviszonyok miatt a kézi erővel végzett részleges talajelőkészítés (padkakészítés) és ékásos csemeteültetés jelenti a mesterséges erdősítési technológiát. Első kivitelekben leginkább kisebb méretű, 1/0-ás magági csemetékkel történik az erdősítés. A nagyobb méretű, iskolázott csemeték többnyire pótlásokba, vagy mélyebb termőrétegű talajokba kerülnek. A mesterséges erdőfelújítások sikerességét negatívan befolyásolják a késői fagyok, az aszály és a kedvezőtlen termőhelyi adottságok. Az erdősítésekben az első néhány évben gyakran szenved a kiültetett bükk csemete, levelei aprók, a levéllemezek vastagok, fakók, sárgások és a magassági növekedés is lassú.

A nyílt vágásterületek bükk számára kedvezőtlen mikroklimatikus adottságait a hagyásfaként vágásterületen szórtan vagy kisebb csoportokban megmaradó faegyedek (bükk, kocsánytalan tölgy, gyertyán, vörösfenyő, nyír stb.) valamelyest ellensúlyozzák. Az árnyalás egyértelműen jótékony hatással van a kiültetett csemetékre, de a tömegesen és gyorsan növekvő gyertyán, juhar és nyír természetes újulatának folyamatos visszaszorítására figyelmet kell fordítani.

A gyérítések elvégzése során fontos az elegyesség fenntartása, mivel többszintű elegyes állományok kialakítása a cél. A felső szintre koncentráló, nem feltétlen egyenletes hálózat kialakítására törekvő növedékfokozó gyérítések a minőségi faanyagtermesztést, a diverzebb, állékonyabb állomány szerkezet kialakítását teszik lehetővé. Ezen túl a bükk újulat megjelenését is elősegítik, megkönnyítve a szálalóvágások első beleyülésainak tervezését és kivitelezését. A gyérítések után – amíg a visszamaradó fák nem alkalmazkodnak a megváltozott statikai körülményekhez – az állományok egy-két évig fokozottan ki vannak téve a viharos szelek kártételének.

A zempléni kocsánytalan tölgygel elegyes bükkösökben a szálalóvágásos gazdálkodásra történő átállás komoly szakmai kihívást jelent. A korábbi évtizedek során ezen állományok felújítását fokozatos felújítóvágásokkal végezték, amelyek felújítási időszaka ritkán haladta meg a 10–15 évet. A felújítás megkezdése egyértelműen a kocsánytalan tölgy jó makkterméséhez kapcsolódott, ezáltal biztosítva a tölgyelegy megtartását, elkerülve a faállomány elbükkösödését. Ezért viszonylag rövid volt a felújítási időszak. Ez a mondhatni jól bevált gyakorlat a szálalóvágások jellemzően 40 évet átölelő ciklusával teljesen megváltozott, mivel bármilyen formában is kezdik az első ciklusban a szálalóvágást (lékes, pásztás, netán ernyős jelleggel) azzal az árnytűrő és az elmúlt időszakban egyre gyakrabban termő bükk kerül lépéselőnybe, az esetleges tölgy makktermést – kevés kivétellel – pedig nem lehet megfelelő ütemben követni például nagyobb lékek nyitásával. Ezért megindult a tölgy elegyes bükkösök felújítási szintjének elbükkösödése, ami a klímaváltozás tükrében a helyi értékes tölgy populációk térvesztésétől függetlenül is kedvezőtlen folyamatnak tekintendő. Tapasztalatok szerint a szálalóvágással még egy nagyobb tölgy elegyarányú bükkös állomány felújítási szintje is teljesen elbükkösödhet, a bükknek kedvezőbb ritkább beavatkozások és a meghosszabbított „állomány alatti” ciklusból kifolyólag. Ezt a problémát a jövőben tovább fokozhatja, ha beigazolódnak azok az előrejelzések, miszerint a tölgy-csipkésposloska tömeges jelenléte hosszú távon jelentős negatív hatással lehet a tölgyek makktermésére és növekedésére.

Zemplénben az utóbbi időkben feltűnt egy hibás gyakorlat is, miszerint a szálalóvágások legelső beleyulásait nagyméretű lékek sablonos, hálózatos vágásával, újulat hiányában is elvégzik. Az így keletkezett lékek lassan és nagyon nehezen újulnak fel, megnövekszik a széldöntések kockázata, ezért ez a gyakorlat ebben a formában nem javasolható.

A zempléni magánerdőkben folyó örökerdő-gazdálkodás keretében a fahasználatok során a szálalás és lékvágás kombinációja jellemző. Ezek jelölése során egyszerre befolyásolhatók az állomány elegyarány, szinthezetség, korosztály, holtfa, biotópfa, fény, átmérő és egészségi állapot viszonyai, ezért fontos a megfelelően képzett, a folyamatokat összefüggéseiben értelmezni képes szakember jelenléte az erdőgazdálkodás irányítása során.

Tapasztalatok szerint a léknyitás akkor sikeres, ha azt újulati csoportra lehet alapozni. A lékek kicsik, méretük a 200 m² területet általában nem haladja meg. A csemeték fényigénye a rövid (3–5 év) visszatérési

idejű fahasználatok során folyamatosan biztosítható, de a lékeket nem bővítik az újulat megtelepedésének ütemében, hanem állandó lékméret fenntartása a cél. Ha a lékekben a faegyedek elérik az 5–6 m-es magasságot, új lékek nyitására kerülhet sor, így alakítva ki a csoportos szerkezetet.

Kerítés nélkül a lékekből az elegyfajokat 5–6 esztendő alatt eltünteti a túlnépesedett őz- és szarvasállomány, ezért a kisterületű lékeket ideiglenes kerítések (1,2–1,5 m magas) óvják. Ezekon a kerítéseken a nagyvad nem megy át, inkább megkerüli. A lékek bekerítése garantálja az elegyes újulat kialakulását és fejlődését, mert fontos szempont a jelenleginél fajgazdagabb állományok létrehozása.

A lékekben csak kevés ápolási munkára van szükség. Ha jól sikerült megválasztani a lékek méretét, nem jelent gondot a lágyszárúak és a szeder konkurenciája. A lékekben az újulat gyorsan fejlődik, a természetes kiválasztódás miatt az állománynevelés munka- és költségigénye elhanyagolható.

A bükkösökben végzett fahasználatok esetében – mivel nincsenek kemény telek és gyakori a felázott erdőtalaj – komoly gondot okoz a megfelelő időpont kiválasztása. A talajkárok elkerülése érdekében a közélet ideje gyakran eltér a döntés, gallyazás és választékolás időpontjától.

A közéletés kíméletes módon, rövidfás munkarend szerint, választékban történik. A közelítőnyom-hálózat tervezését és kialakítását nemcsak az alkalmazott gép típusának, hanem a mikroélelhelyek elhelyezkedésének figyelembevételével is végzik. A 15–20%-kal magasabb fakitermelési költségek ellenére az erdőművelési és állománynevelési kiadások csekély volta miatt a gazdálkodás jellemzően nagyobb jövedelmezőséget produkál a vágásos üzemmóddhoz képest. Az elegyes, többkorú és károsításoknak ellenállóbb erdőállományok egyelőre képesek ellensúlyozni a klímaváltozás hatásait.

Aggtelek–Rudabányai-hegyvidék erdészeti táj

Az erdészeti tájban a bükkösök északi kitérőben 300–500 m tszf. magasságban, főként sekély rendzínán, illetve középmély termőrétegű barna erdőtalajokon fordulnak elő. Túlnyomó részük Natura 2000-es, vagy az Aggteleki Nemzeti Park területén fekvő, védett állomány. Ez alapvetően határozza meg a kezelésüket.

A karsztvidék klíma- és termőhelyi viszonyai általában kedvezőtlenek a bükkösök számára. Az egyre rendszertelenebbé váló csapadék, az extrém aszályos időszakok (erős napsugárzással), illetve a kései fagyok egyre nagyobb mértékben nehezítik a gazdálkodást. A felújítások során az őshonos, változatos, fajgazdag hazai keményfás célállományokban kap szerepet a bükk kisebb-nagyobb elegyarányával. A bükk elegyítését és az erdőrésztelen belüli elhelyezését gondosan meg kell választani. A karsztvidékre jellemző többsorokban fokozottan jelentkezik a kései fagy hatása, de a csapadék hiányának és az erős napsugárzásnak is könnyen áldozatul eshetnek a csemeték. Az északi kitérő, keskeny erdőrészteltekben a kedvező árnyalási viszonyok miatt, illetve a nedvesebb völgyekben fejlődnek egészségesen a bükkös csoportok, foltok. Az Aggteleki-karszton vadkárrelhárító kerítés nélkül szinte lehetetlen a mesterséges felújítást eredményesen megoldani.

Heves–Borsodi-dombság erdészeti táj

Az országos átlagnál jelentősen magasabb erdőszűrségű erdőterületben mintegy 6 500 ha bükkös tenyészik. A tájban extrazonális bükkösök találhatóak, néha még meglévő kevés tölgy eleggyel, hegy- és dombtetőn tömbös cser eleggyel. A táj bükköseiben viszonylag kis mértékben tapasztalhatóak a környezeti változások negatív hatásai. Ez valószínűleg a szabdalt felszíni formáknak, valamint az északi és déli irányból adott védetségnek is köszönhető, ami megmutatkozik a ködös napok magas számában és a hidegrekordokban is. A klíma mellett fontos tényező, hogy a barna erdőtalajok aránya kiemelkedően nagy, ami kiváló növedéket biztosít a középmélytől vastagabb termőrétegű talajokon. A lucosok szerkezetátalakítása során a Heves–Borsodi-dombságon, változatos, fajgazdag őshonos keményfás célállományokban kisebb-nagyobb elegyarányával kap szerepet a bükk.

Bükk erdészeti táj

A táj erdeinek 26%-át, ezen belül a Központi-Bükk erdeinek egyharmadát teszik ki a bükkösök. A táj bükkösei magasabb fekvésük és a tömbös jelleg miatt viszonylag kevésbé érzékenyek a környezeti változásokra.

Az egyre gyakoribb jó makktermésekre vonatkozó megfigyelések a Bükk erdészeti tájra is jellemzőek. A bükkösök felújításában itt is a hagyományos fokozatos felújítógázós technológia dominált (bontóvágás, majd végvágás). Újabban azonban itt is egyre nagyobb teret nyernek a szálalóvágások. A Bükk nyugati felén, az Egererdő Zrt. által kezelt területeken a bükkös véghasználatok $\frac{2}{3}$ -a szálalóvágás, vagy készletgondozó használat.

A tájban az erdőfelújítások sikeressége jelentős eltérést mutat a 400–600, illetve a 700–800 m-es tengerszint feletti magasságban található területeken. Alacsonyabb térszintben a felújítások sokkal sikeresebbek, míg a felsőbb régiókban – ahol egykor éppen a késői fagyok miatt sok helyen lucfenyőt ültettek – gyakoriak a fagykárok (akár még június elején-közepén is). A bükkösök nevelésével kapcsolatos tapasztalatok hasonlítanak a Zemplénnel kapcsolatban említettekhez.

A fahasználatok kapcsán megemlítené az a közismert tény, hogy a bükk vékony kérgéből adódó sérülékenysége fokozott kíméletet követel. Gyérítési korban végzett fahasználatoknál nagy segítség lehetne a lovas közelítés, de ez sajnos egyre ritkábban alkalmazható. Mivel a bükk fája – különösen hidegben – könnyen hasad, pattan, a fakitermeléseknél balesetmegelőzési és minőség megőrzési szempontból is fokozott figyelemre és nagyobb szakértelemre, gyakorlatra lenne szükség.

Mátra erdészeti táj

A környezeti változások – valószínűleg nyitottsága miatt – érezhetően érintik a táj bükköseit. Az 1990-es évek elejéig a lucosok lecserélésében még jelentősebb szerepet játszott a bükk. Az utóbbi időben azonban az ilyen jellegű szerkezetátalakítások során egyre inkább a tölgyek irányába tolódik el az arány. A természetes felújítások során a fokozatos felújítógázások mellett itt is növekvő szerepet kapnak a szálalóvágások. Az erdőnevelések során egyre inkább az elegyes bükkösök kialakítása a cél. A termőhelyek közötti különbözőségekből adódóan a kitermelhető faanyag minősége jobbnak mondható, mint a Nyugat-Bükkben, de némileg elmarad a Heves–Borsodi-dombságtól.

Börzsöny erdészeti táj

Az államosítás előtt a Börzsönyi erdőtulajdonosok legfőbb célja a szükséges szerfa termelése, az uradalom tűzifa ellátása, valamint a vadászat volt. Ennek a célkitűzésnek a sarjerdő-gazdálkodás felelt meg legjobban. A többszöri sarjzattatás, a magról való felújítás és a nevelővágások elhanyagolása, valamint az erdei legeltetés egyes állományok jelentős leromlásához vezetett. A sarjgazdálkodás bükk esetében 40–50 éves vágásfordulóval történt. Ez alól kevés kivétel volt, habár a korabeli üzemtervekben utalások találhatóak arra, hogy makktermés esetén makkkrakást kell végezni. Az 1920–1935. évi üzemtervek leírása szerint legalább 150 évre vezethető vissza a sarjerdő-gazdálkodás. Az öreg bükkösöket néhány területen gyertyánosok váltották fel, sok volt az üres, vagy kecskefűzzel ellepett folt.

A Börzsönyben bőséges makktermés 8–10 évenként fordul elő, de közepes makktermés – a kimagasló és szegélyfákon, illetve egyenlőtlen területi eloszlásban – 3–5 évenként megfigyelhető.

A Börzsöny bükkgazdálkodására meghatározó hatást gyakoroltak az utóbbi évtizedek abiotikus bolygatásai, amik sok területen a korábbi erdőképet és szerkezetet is alapvetően átalakították. Ilyen események voltak az 1996 januári jégtörés, 1999 nyári széldöntés, 2001 újabb jégtörés, 2004 jégtörés és koronatorés, a 2010-es vihar (Zsófia ciklon), majd a 2014-es súlyos jégtörés, ami a Börzsöny északi területeire terjedt ki. Csak ez utóbbi a Kemencei Erdészet területén több mint 300 ha-t érintett és 110 ezer nettó m³ károsodott

faanyag felkészítését tette szükségessé. A jégtörések jellemzően a 400–700 méteres tszf. magasságú régiókat érintették. E régióon belül a bükk kevésbé tudott ellenállni, míg a tölgyek állomány szinten állékonyabbnak bizonyultak a gyökérszerkezet különbségei miatt. A „dominó effektus” a bükkösben sokkal jellemzőbb. A bolygatások a dőlések következtében egyrészt záródáshiányos, mozaikos erdőtömböket hoztak létre, másrészt jelentős mértékben növekedett az állományok álló- és fekvő holtfa mennyisége. A hegységben a különböző struktúrájú erdők rendkívül változatos térbeli mintázata alakult ki (Aszalós et al. 2001). Predikációs modellekkel prioritizálták, hogy érdemesebb a bükkösöket elegyesen, változatos korosztály szerkezettel, mozaikos horizontális szerkezettel tartani, valamint, hogy a felújítást lehetséges a korábbinál nagyobb mértékben a természetes bolygatásokra alapozni (6.5.-1. ábra).



6.5.-1. ábra. A 2012-ben a Királyháza (Börzsöny, Kemencei Erdészet) közelében végrehajtott szálalóvágás során kialakított, fahossznyi vágáspászta és az azt tovább növelő, 2014 decemberi jégtörés és jégdöntés együttes hatására kialakult lék. Mindkét „sebet”, összefüggően begyógyítja a 2011. és 2013. évi makkterméseiből megindult felújulás (Fotó: Csóka György)

Dunántúli-középhegység erdészeti tájcsoport

Pilis–Budai-hegység és Visegrádi-hegység erdészeti tájak

A különböző szintű védett területek létrejötte jelentősen befolyásolta a bükkösökben folyó gazdálkodást: Pilisi Tájvédelmi Körzet – 1978; Pilisi Bioszféra Rezervátum – 1981; Duna–Ipoly Nemzeti Park – 1997; erdőrezervátumok: Prédikálószték, Pilis-oldal, Kis-Szénás. Ezek magterületei zömmel a magasabban fekvő bükkösök területeire koncentráálódtak. Kiemelkedő a térség turisztikai jelentősége is, ezek az ország leglátogatottabb erdőterületei. Ezen együttes hatások egyre kíméletesebb és természetközelibb erdőművelési stratégiák bevezetését indokolták.



6.5.-2. ábra. A Mexikó-pusztai Pro Silva Bemutató Terület elegyes gyertyános-bükkös része (Fotó: Csépanyi Péter)

Madas László Erdőanyai-völgyben található régi kísérleti területén kívül 1999-ben létrejött a Pilisszentlélek határában lévő Mexikó-pusztán a Pro Silva Bemutató Terület (6.5.-2. ábra). Ennek tapasztalatai szintén hozzájárulhatnak a klímaváltozásra reagáló gyakorlat ösvényeinek kitaposásához (Csépanyi 2018). Az 1999-óta folyó üzemi kísérlet során nemcsak az bizonyosodott be, hogy az örökerdő gazdasági értelemben is megállja helyét a vágásos üzemmóddal szemben, hanem a szubmontán bükkös potenciális ve-

getációtípusú állományban a kocsánytalan tölgy előnyben részesítésével egy gyertyános kocsánytalan tölgyes és gyertyános bükkös közötti átmenet állt elő, mely egyrészt lehetővé teszi a bükk fajfaj elegyben való megőrzését, ugyanakkor nagyobb megrázkódtatások nélkül az állomány melegebb, szárazabb viszonyokra való felkészítését is.

Hazánkban 2002-ben, a Pilistetőn lévő bükkösökben kezdődött meg a folyamatos erdőborítást biztosító erdőkezelésre történő legelső üzemi nagyságrendű áttérés. Ezután a térség főleg bükkösök borította részein fokozatosan történt a szálaló, vagy jelenlegi megnevezésével az örökerdő üzemmód bevezetése. Mivel a bevezetés alapvetően tömörszerű szemlélettel indult el, ezért a fiatalabb (sűrűség, léces, rudas fázisú) bükkösök kivételével szinte minden korosztály az adott területen örökerdő üzemmódba került, még a véghasználati korban lévő, akár már többszöri óvatos bontóvágáson átesett bükkösök is. A visszatérési idő az első időszakban (2020-ig) 5 év volt, azonban a térségben örökerdő üzemmódú területeinek faállomány összetételét, termőhelyi és fatermési adottságait figyelembe véve, a vonatkozó rendeletek megjelenése után 7 éves visszatérést vezettek be. A táj legnagyobb erdőgazdálkodója, a Pilisi Parkerdő Zrt. erdészetei fokozatosan egyre több területen kezdtek áttérni a hagyományos vágásos üzemmódról elsősorban a bükkösökben vagy bükkal elegyes állományokban.

Az örökerdő-gazdálkodás bevezetése a bükkösök természetességére is kedvező hatást gyakorol. A Pilistetőn és az Erdőanyai-völgyben lévő bükkösökben lefolytatott vizsgálatok megállapították, hogy a folyamatos borítást biztosító erdőgazdálkodásnak köszönhetően az itteni bükkösök természetessége meghaladja a hagyományos vágásos üzemmódú bükkösök természetességét (Bartha 2005; Standovár & Szmorad 2012; Némedy 2015).

Gerecse erdészeti táj

A Gerecsei Erdészeti Igazgatóság bükköseinek meghatározó része a Gerecse-hegység középső és nyugati részén helyezkedik el 300–500 méter közötti tengerszint feletti magasságban. A legjobb bükkösök a térség humidabb völgyeiben, illetve a hegyoldalak északi kitétségű részein állnak. A termőhelyi optimumukhoz közel tenyésző bükkösök jó növekedésűek, I–II. fatermési osztályba sorolható állományokat alkotnak. A déli kitétségekben, alacsonyabb magasságban fekvő idős bükkösökben az elmúlt évtizedek klimatikus szélsőségei éreztetik hatásukat, a kiterjedten jelentkező száradás ezekben indokolja a gazdálkodási módok átgondolását, újratervezését.

A bükk főfafajú erdőrészek részben vágásos, részben pedig szálaló üzemmódúak. Nevelővágásaik során a hagyományos szemlélet mellett a várható jövőképet szem előtt tartva fontos szempont a termőhelynek megfelelő, értékes lágylő- és keménylombos fafajok felkarolása, megőrzése, főleg az állományok szegélyén, az oldalak felső harmadában, a gerincek közelében, illetve a gyengébb termőhelyi potenciálú foltokon. A térséget is sújtó körispuztulás mellett az extrazonális elhelyezkedő bükkösökben fellépő száradás a leggyakoribb egészségügyi probléma.

Vértes erdészeti táj

A táj bükköseiben mostanáig nem tapasztalták, hogy a környezeti változások jelentős negatív hatásokat okoznának. Ennek egyik lehetséges magyarázata, hogy a Dél-Vértesben található bükk populációk már a 20. században kikerültek a bükkös klímából és jobban adaptálódtak a szárazodó feltételekhez. A bükk számára a termőhelyi adottságok nem túl kedvezőek, emellett a rendkívül szabdalt domborzati viszonyok miatt nagyon változatos mikroklimatikus körülmények között kellett az elmúlt évszázadokban fennmaradniuk. Természetesen nem zárható ki, hogy a jövőben jelentkeznek olyan „klimatikus sokkok”, amiket már az itteni bükkösök sem képesek tolerálni. Azt, hogy a klímazonális bükkösök klímaváltozással kapcsolatos kiszolgáltatottsága nagyobb-e, mint az extrazonálisaké, a származási kísérletek erősítették meg (lásd a 9.3. fejezet »A növekedés előrevetítése származási kísérletek alapján« alfejezetében).

Megfelelő termőhelyen a természetes újulat megjelenése gyors és intenzív. Sok esetben inkább az jelenti a problémát, hogy a pár év alatt 3–4 méter magasra nőtt fiatalos miatt a visszamaradt állomány letermelése már csak komoly kompromisszumokkal hajtható végre. A természetes újulat egyik legnagyobb ellensége a korai szakaszban a falgyom (*Parietaria officinalis*). Gyakran egybefüggően borítja a talajfelszínt, ezzel gátolva az újulat fejlődését. Ez a probléma leginkább ott jelentkezik, ahol a talaj hidrológiai viszonyai negatív irányba változtak és/vagy jelentős a vadhatás. A sűrű, jó növekedésű újulat többnyire jól tűri a vadnyomást, a felújítás általában kerítés nélkül is elvégezhető. Az extrém vadlétszám – különösen a gímé – azonban jelentősen hátráltathatja az újulat fejlődését.

A nevelővágások során a bükköt tekintik főfafajnak, így a gyérítési szemlélet is a bükk megsegítését szolgálja. Kőrissel elegyes állományokban kifejezetten alapoznak arra, hogy az elpusztult kőrisek helyén kialakuló lékeket az ott lévő természetes bükk állomány pótolja. A bükk plasztikus koronanövekedése alapvetően nagyon kedvező a záródás helyreállítására.

Véghasználati korban szinte kizárólag szálalóvágással, 30 éves elnyújtott vágásciklussal kezelik a bükkösöket. Mesterséges kiegészítést nagyon ritkán alkalmaznak. Ahol nem jelenik meg természetes úton az újulat, ott nem folytatják a véghasználatot.

Az 1970–1990-es években a makktermések elmaradása miatt komoly problémát jelentett a pátrácosi (Pusztavám) bükkösök felújítása. Mivel az anyaállományok jelentős része jellemzően 160–170 éves volt, természetvédelmi szakemberekkel egyeztetve mesterséges alátelítési program indult el. Ez végül – rendkívül nagy energiabefektetések árán – sikerrel járt. A lágyszárú- és szeder- konkurencia mellett, az itteni bükkösökre jellemző elegyfajokat is korlátozni kellett. A helyzet az 1990-es évek második felétől megváltozott, az ekkor felújítási korbba érő 80–90 éves bükkösök – ha nem is tömegesen – elkezdtek teremni, így a minden évben jelentkező makkmennyiség már elegendő volt a felújítások folyamatosságának biztosításához. Ettől az időszaktól kezelik szálalóvágásos üzemmódban ezeket a bükkösöket, ami a tapasztalatok szerint a felújítás sikeres módja.

Magas-Bakony erdészeti táj

A múlt századból származó leírások alapján az feltételezhető, hogy a Magas-Bakonyban korábban jóval nagyobb arányban voltak tölgyesek, illetve tölgyelegyes erdők, mint napjainkban. Vélhetően a rendszertelen erdőgazdálkodás, a szakzerű erdőművelés háttérbe szorulása, és esetleg a tölgyesek makkoltatása miatt a bükk átvette a tölgyesek, illetve a tölgygel elegyes erdők helyét. A Bakonyban gyakoriak a csekély bükk eleggyel bíró gyertyános konszociációk, ahol nagy a valószínűsége annak, hogy a túlzott erélyű fahasználat, és/vagy rövid vágásciklus miatt kerekedett felül a gyertyán. A térségben a török időkben elnéptelenedett területekre a 18. század közepén, második felében betelepülő, hamuszír készíttéssel és üvegyártással foglalkozó német telepesek folytattak jelentős erdőirtásokat, ill. túlhasználatot. Ilyen elgyertyánosodott bükkösben indította erdőfelújítási kísérleteit Roth Gyula is Csehbánya községhatárban 1926-ban, mely az ország egyik legrégebb (ha nem a legrégebb) felújítási kísérlete.

Az egész országra érvényes megállapítás, hogy a 6–7 évtizeddel ezelőtti tapasztalatoktól eltérően a bükk ma már nem 10–15 évenként, hanem jóval gyakrabban hoz érdemleges makktermést. A Bakonyban pl. a 2001-es kiemelkedő makktermést követően 3–5 évenként közepes-bőséges termés mutatkozik. Az egyre gyakoribb makktermés fő kiváltó okaként a klímaváltozás valószínűsíthető (részletek az 1.4. fejezet »A bükk szaporodásbiológiája« alfejezetében).

Egyre gyakoribb, több helyszínre (így a Bakonyra is) is érvényes megfigyelés, hogy a bükkök egy része időnként már egészen fiatalon (20–25 év), akár már rudaskorban is bőséges termést hoznak. Az is általános tapasztalat, hogy a súlyos aszályok következményeként a makk nem érik be és kifejezetlenül, illetve léhán hullik le. Mindezek alapján feltételezhető, hogy a jövőben is várható viszonylag gyakori bő makktermés, de annak minősége az aktuális időjárási viszonyok függvényében valószínűleg jelentős szórást fog mutatni.

A Bakonyerdő Bakonybéli Erdészet területén vágásérett korú tölgyesek völgyközeli, hűvös, páras részein végeznek mesterséges erdőstítést bükkal. A csemetét megbontott tölgyes alá telepítik, majd 4–5 év elteltével

végvágják az idős állományt. Ezeken a területeken, a hasonlóképp elvégzett tölgy alátelepítésekhez képest, sokkal nagyobb eréllyel fejlődik a bükk, legtöbb esetben 8 éves korra már befejezett állapotba kerül. A Farkasgyepűi Erdészetnél hasonló módon alakítják át a gyertyános konszociációkat elegyes bükkössé. A mesterséges bükk alátelepítések esetében is törekedni kell a természetesen megjelenő egyéb fafajok megsegítésére még úgy is, hogy azt esetenként a bükk hátrányára kell megtenni.

A Bakonyban a fokozatos felújítógátások során egyenletesen megbontott állományok viszonylag gyorsan újra záródtak, a jellemzően üde-félnedves erdőtípusba tartozó területek elvizesedtek, a megjelent újulat hamar eltűnt, a felújítás megakadt. Így szükségessé vált átértni az egyenlőtlen bontáson alapuló természetes felújításra, amihez kiváló alapot teremtett a Farkasgyepűi Erdészet területén folytatott Roth-féle felújítási kísérlet. A Török (2006) által kidolgozott égtájoorientált felújítási módszer száraz és nedves erdőtípusok esetén is egyaránt sikerrel alkalmazható (6.5.-3. és 6.5.-4. ábra). Az utóbbi évtizedben az egyre gyakoribbá váló bő makktermés, a 100 éves bükkösökben már nagy mennyiségben jelenlévő méretes újulat azt



6.5.-3. és 6.5.-4. ábra. Égtájoorientált felújítógátás száraz (balra) és üde (jobbra) erdőtípusban, az árnyék-, ill. fényzónában megjelenő újulattal
(Fotó: Korn Ignác)

eredményezte, hogy már a felújítás érdekében végzett első beavatkozások felszabadító vágások, részvégvágások voltak. A véghasználatok ütemével gyakorlatilag nem lehet „lekövetni” a tömegesen megjelenő újulatot, a végvágásokat gyakran 2 méteres magasságot is elérő fiatalosban kell végrehajtani. Ennek kifejezett hátránya az elegyfajok alacsony egyedszáma, vagy teljes hiánya az újulatban, aminek – különösen északi kitétségben – számos elegyetlen bükk felújítás az eredménye.

A Bakonyban korábban az egyenletes erélyű beavatkozások jellemezték az előhasználatokat, napjainkban – előkészülve az örökerdő kezelésre – egyedekre koncentrálnak a végvágásokat. Tisztításokban, törzskiválasztó gyérítésekben, megfelelő hálózatban szép növekedésű törzsek kiválasztása után, ezek fejlődése érdekében kerülnek kivágásra a felső szintben lévő egyedek. A köztes részeket nem érintik. 50 éves kor felett egyre nagyobb területeken az örökerdő üzemmódra jellemző kezelési módszert követik, hangsúlyt fektetve az elegyfajok védelmére. A koronáknak még idősebb korban is nagy a plaszticitása, a termeléseket követően markáns évgyűrűszélesség-növekedés és törzsvastagodás figyelhető meg (6.5.-5. ábra).



6.5.-5. ábra. A fakitermelések után a visszamaradó faegyedeken intenzív átmérőnövekedés figyelhető meg (Fotó: Berger Péter)

Nyugat-Dunántúl erdészeti tájcsoport

Soproni-hegység erdészeti táj

A Soproni-hegység bükköseinek korosztályszerkezete meglehetősen torz, az állományok 60%-a 40 évnél fiatalabb. Ez annak tudható be, hogy az 1990-es évektől kezdődő, nagy arányú fenyőpusztulást követően a lucosokat tölgy, illetve bükk célállományokra cserélték.

A természetesen felújult bükkösök állománynevelésekor tisztítási korban jellemzően a bohöncös, villás egyedek időben történő eltávolítása a cél, lehetőség szerint az összes nemes elegyfaj meg hagyásával, megsegítésével. Magas tőszám esetében az egyedek közti szelekciót a természetre bízzák.

Törzskiválasztó gyérítésekkel vékony rudas állományok 30 éves korától 60 éves korig végzik, jellemzően az ún. csoportos gyérítési módszerrel, nagyjából egyenlő eloszlásban hektáronként 40–50 db javafa kijelölésével. A kijelölt egyedek körüli intenzívebb megbontással (belenyúlásonként 60%-ra csökkentve a javafa körüli záródást), a csoportok közti területek érintetlenül hagyásával, esetleg egészségügyi jellegű fakitermeléssel. Ekkor kerül kialakításra a terület feltérképének hálózata, amelyet a későbbiek során is használni kell, mivel már e kortól kezdve a természetes felújításra való előkészítés a cél.

Növekedésfokozó gyérítés korban, 60–90 éves kor között folytatódik a javafák körüli bontás, ekkor már látszódnak a korai differenciálódás jegyei, mint a vastagabb alsó törzszakasz, a terebélyesebb, már lassan termőre forduló korona. Az átmeneti üzemmódban kezelt területeken ebben az életszakaszban már szálaló vágásként is hívhatjuk a fahasználati tevékenységet, és kb. 5 évenkénti enyhébb belenyúlásokat alkalmazva tovább bővíthetőek és bonthatóak a javafák körüli területek. E felújítási mód ciklusideje kb. 50 év.

A vágásos üzemmódban kezelt idősebb erdőknél – ahol a nevelővágások még egyenletes bontással lettek végrehajtva – alkalmazzák az egyenletes (ernyős) bontáson alapuló klasszikus fokozatos felújító vágásos módszert, 80–90 éves kortól. E felújítási mód ciklusideje 20–30 év.

A bükkösök műszaki vágásérettségi kora – amit elsősorban az álgesztesedési folyamat megindulásának ideje határoz meg – kitértegtől és termőhelytől függően – nagyban eltérő lehet (100–140 éves kor között). Az északi, keleti oldalakon, a termőhelyi optimumon lévő állományoknál magasabb, kedvezőtlenebb viszonyok között alacsonyabb.

A Soproni-hegység bükkgazdálkodás jövőjével kapcsolatban fontos megemlíteni, hogy a klímaváltozással kapcsolatos baljós előrejelzéseket figyelembe véve a bükk természetes felújítását egyre inkább csak az északi és keleti kitértegtű területeken végzik, míg a déli, délnyugati kitértegtű bükkös állományok felújításánál tölgy (vagy akár cser) főfafajú szerkezetátalakításban gondolkodnak.

Kőszegi-hegység erdészeti táj

A Kőszegi-hegységben az 1879. évi erdőtörvény után az 1886–1887-ben megalkotott üzemterv már az egész Felső-erdőben száz éves vágásfordulót írt elő. Főfanemeknek a bükköt és a kocsánytalan tölgyet jelölte meg. A városhoz közelebb eső, kiszarolt részekben a talajjavítás érdekében fenyőfélék ültetését írta elő, a tölgyet itt csak állománykiegészítésre javasolta. A bükkösöket magról, fokozatos felújítások útján kezelték, ott azonban, ahol tarvágást kellett alkalmazni, és nem volt bükk újulat, a fenyvesítés került az előtérbe. A lucfenyő telepítése Kőszeg város erdeiben az 1860-as évek közepén kezdődhetett, a legnagyobb arányú fenyvesítéseket a századfordulón és az 1. világháború előtt alkalmazták.

A város erdeiben az 1889-től érvényben lévő üzemterv alapján tarvágásos szálerdő üzemmódot alkalmaztak, 100 éves vágásfordulóval. Bár a rendszeres üzemterv az „A” gazdasági osztály I. vágássorozatában fokozatos felújítást írt elő, a használat sok részletben mégis tarvágással történt. A tarvágások helyén fenyvesítések történtek, vagy esetleg tölgyet ültettek. Ahol viszont fokozatos felújítást alkalmaztak, ott a bükk újulat szépen fejlődött. A gyérítések inkább csak az idősebb állományokban történtek, sokszor csak fahasználati és nem állományápolási céllal. Az előhasználat során többnyire csak a már elhalt egyedeket

távolították el. A Felső-erdőben bükkösökben és bükkal egyes tölgyerdőkben egy vetővágást végeztek el, aminek során a fatömeg felét kitermelték. Öt év múlva a megmaradt állományt végvágták, tekintet nélkül arra, hogy volt-e makktermés vagy sem.

Jelenleg a Kőszegi-hegységben a bükk felújítása kizárólag természetes úton történik. Jó makkterméseket követően a bükkösök kerítés nélkül is sikeresen felújíthatóak. Kivételt képeznek azok a területek, ahol a muflonállomány koncentrálódik. A bükk csemetével való pótlások tapasztalatai nem kedvezőek. A hektikus időjárás következményeként gyakran a visszavágás ellenére is elpusztulnak a kiültetett csemeték.

Göcsej erdészeti táj

A göcseji bükkösök jelentős része uradalmi erdő volt. A jelenlegi idős erdők többsége már üzemterv szerinti gazdálkodás eredménye. Felújításuk egykoron tervszerűen ment végbe, maximum 80–100 éves vágásfordulóval. A felújítóvágás első lépésében a fatömeg 50%-át egyenletes bontásban kivették, majd öt év elteltével – függetlenül a felújulás mértékétől – végvágták az erdőrészt. A fel nem újult foltokat tölgy-makkvetéssel, a déli oldalakon pedig erdeifenyővel pótolták ki. Az így létrejött fiatalosok területének legkevesebb 50%-át egyéb fafajok (elsősorban tölgyek és erdeifenyő) borították. A termőhelyén rendkívül vitális bükk a későbbiekben folyamatosan visszaszorította ezeket, így ma már jórészt csak szálankénti és csoportos elegyben fordulnak elő, de még így is feltétlenül emelik bükköseink értékét.

A göcseji fenyőrégióban a bükk hangsúlyos szerepet nem kapott, itt az erdeifenyő és a tölgyek természetes felújítására való törekvés, a fenyők szükség szerinti korlátozásának szándéka volt a jellemző. A bükknek jelentőséget elsősorban a fenyvesek elegyítésében, illetve a második koronaszintben tulajdonítottak.

Zala vármegye délnyugati részében a bükkösök aránya az országos átlaghoz képest kiemelkedő, ez az évi 800 mm feletti mennyiségű csapadéknak köszönhető. Az utóbbi években csökkenő csapadékmennyiségek következtében az idősebb bükkösök lombozata szemmel láthatóan kiritkul, a talajra több fény jut, és jobban szárad. A klíma-előrejelzések miatt célszerű lenne a tölgyesek preferálása a felújítások során. Mindezt két tényező alapjaiban hátráltatja: a bükk felfokozott makktermése és újulatképzése, illetve a tölgy-csipkésposzka tűzvészszerű károsítása. További zavaró körülmény az inváziós növényfajok megjelenése és ütemes terjedése. Bőséges makktermésekre pontosan 10 évente, nevezetesen 1991-ben és 2001-ben került sor. Ráadásul a szélsőségesebb termőhelyen álló bükkösöket (mintegy 20–30%-ot) tarvágásos üzemmódban kezelték és mesterségesen erdősítették. Azóta mindez nagyon megváltozott, szinte minden 60–70 év fölötti bükkösben található jelentős mennyiségű újulat. A „nudum bükkös” mára már a múlté, szinte már nem is létezik a teljesen összezáró lombzat. Erdész elődeinknek köszönhetően a legtöbb bükkösünkben mintegy 10–20%-ban jelen van a kocsánytalan vagy a kocsányos tölgy elegy. A felújítás során a tölgycsemeték megsegítésével ezt az elegyarányt emelni kell, hogy az állományok ellenállóképességét megnöveljük. Sajnos a tölgy-csipkésposzka térhódítása nyomán fellépő makkhiányt ezt nagyban nehezíti.

Zalában az elmúlt 40 év alatt nagyterületű idős bükkösök kerültek véghasználatra fokozatos felújítógással. Ez a véghasználati mód ma is jellemző. A kialakult technológia legfőképpen ott tér el a középhegységekből alkalmazottaktól, hogy a szedresedés és gyomosodás fokozott veszélye miatt a bontóvágásoknak nagyon óvatosnak kell lenniük. Első ütemben az egyenletes bontás során a véghasználati fatérfogat 1/5–1/6 része kerülhet csak kitermelésre. A további bontóvágások csak nevében jelentenek „bontást”, valójában a megjelenő újulatfoltok fölül végvágásokat takarnak.

Feltétlenül fokozott figyelmet érdemel egyes inváziós növényfajok bükkösökben való egyre gyakoribb megjelenése. Az akác pl. egész Zala vármegyében mindenhol jelen van, és mindenütt képes előrenyomulni, területet nyerni. A közelmúlt enyhébb telei miatt tenyészidőszaka is meghosszabodott, így az első fagyokig nagyobb előnyre tesz szert a növekedést korábban befejező tölgyekkel és bükkal szemben. Az évtizedekkel korábban ültetett lucosok helyén jellemzően akácok álltak. Az ezekben felhalmozódott magbank valóságilag „rászabadult” a letermelt szűkárós luc állományok helyén létrehozott bükkösökre.

A bálványfa vitalitása és területszerző képessége valószínűleg minden, nálunk ismert fajt felülmúl. A hosszú, meleg ősök ugyanúgy előnyt jelentenek számára, mint ahogyan az akácnak is. Sajnálatos módon olyan helyeken is megjelenik tömegesen, amelyeken a korábbi években senki nem észlelte jelenlétét (6.5.-6. ábra). Megjelenése azonnali vegyszeres beavatkozást kíván, különben visszaszorítása teljesen reménytelen. Fel kell hívni a figyelmet egy további jövevényre, a kertészeti-energetikai csodafaként emlegetett császárfa-fajtára, az „oxifára” (6.5.-7. ábra). Még csak szórványosan, de hívatlanul felüti a fejét már a bükkös erdőtömbökben is – nem tudni, hogy a későbbiekben mennyire lesz féken tartható. Megjegyzendő, hogy időnként már több más terület (Vendvidék, Börzsöny) bükköseiben is lehet vele találkozni.



6.5.-6. ábra. Az egyre több helyen megjelenő inváziós bálványfa a sűrű bükkfiatalosban is állja a versenyt (Fotó: Vaski László)



6.5.-7. ábra. Bükkújulat között viruló császárfa egy bükkal elegyes lucfenyvesben, Alsószölnök (Vendvidék) közelében (Fotó: Eötvös Csaba Béla)

Dél-Dunántúl erdészeti tájcsoport

Kelet-Zalai-dombság erdészeti táj

A Kelet-Zalai-dombságban a múltban a kíméletlen legeltetés jellemezte az erdők használatát, még az uradalmi birtokokon is. Tarvágások után cserrel és akáccal újítottak fel olyan termőhelyeken is, ahol a bükk korábban uralkodó- vagy elegyfajként jelen volt. Nagy területen sarjaztatott, elgyertyánosodott erdők jöttek létre, amelyekben szálanként és csoportosan maradt fenn a bükk, ill. tölgy vagy cser. A 2. világháború után a rontott erdők átalakítása leginkább fenyvesítést jelentett. Emiatt e tájban a bükk természetes elterjedéséhez képest jelentősen visszaszorult, meglévő idős állományai is jórészt erősen elegyesek.

Külső-Somogy és Belső-Somogy erdészeti tájak

A bükkös állományok előfordulása mindkét tájban extrazonális. Kisebb léptékben előfordulnak a bükknek mezo-, és mikroklimatikusan kedvező területeken (például: Karád–Nagycepely, Fiad–Kisbárapáti, Marcali-hát, illetve szórtan a Somogyi-homokvidéken).

Itt is az egyre gyakoribb makktermések a jellemzőek. Az állományok makktermése már a megszokottnál korábban, 70–80 éves korban kulminál. Az idősebb fák is teremnek még, de ekkorra már a korona kiritkulása miatt csökken a termőfelületük. Somogyban az utóbbi bő egy évtizedben a bükkal történő mesterséges erdősítés gyakorlatilag megszűnt. A bükk természetes felújításokban esetleg szükségessé váló pótlásokat kocsánytalan tölgygel végzik, mivel a hónélküli telek, a tavaszi aszályok miatt a bükkal való pótlások a legtöbb esetben sikertelenek voltak. A bükk főfafajú erdőfelújítások esetében az első kivített követően a bükk elegy-

aránya jelentősen csökken, az ezüst hárs és a gyertyán térnyerése felgyorsul, majd a tisztítások után rudasokban, a törzskiválasztó gyérítéseket követően ezek elegyaránya tovább növekszik, egészen a véghasználati korig.

Zselic erdészeti táj

Négy évtizede – amikor a klímaváltozás jelensége, illetve hatásai még nem, vagy csak kevéssé voltak nyilvánvalók – a zselici bükkösök területfoglalásának növelését szorgalmazták, azzal, hogy akár a gyertyános-tölgyesekben is 50%-ra növelhető a bükk elegyaránya (Borhidi 1984). Napjainkra sok helyen megfordult a helyzet, a bükk uralta állományok helyett tölgyekkel és más fafajokkal történő elegyítés látszik szükségesnek. Nyugat-Zselicben a bükk, mint állományalkotó főfafaj szerepe instabillá vált. Az egyetlen, illetve a magas (60–70%) bükk elegyarányú állományok térfoglalása csökken.

Dél-Zselicben és a Mecsekben sem jellemzőek a kiemelkedő makktermések, de általában a 3–5 évenkénti szórványos termések is elegendők a természetes felújítások sikeréhez. A korábban alkalmazott, egyenletes bontásra alapozott fokozatos felújítógázások a Dél-Zselicben sem voltak igazán eredményesek. Ezért az újulatra alapozott lékes felújításokra váltottak. Ezt lehetővé tette, hogy az ehhez szükséges mennyiségű és minőségű bükk újulat gyakorlatilag minden idősebb állományban megjelent.

Mecsek erdészeti táj

A Mecsekben a hagyományos üzemmódok mellett az örökerdő üzemmód (korábbi megfelelője a szálaló üzemmód) szerinti gazdálkodás 2008 óta van jelen üzemszerűen. A természetvédelmi és az egyéb társadalmi érdekek figyelembevétele, a gazdálkodói szándék és a fokozatosan nyert tapasztalatok eredményeként ma már a Mecsek erdeinek 5%-át örökerdő üzemmódban kezelik. Ezen erdők több, mint 90%-a állami tulajdonú, melynek túlnyomó többségében a Mecsekerdő Zrt. gazdálkodik. A Mecsek örökerdeit jellemzően bükkösökben, gyertyános-kocsánytalan tölgyesekben, gyertyános-kocsánytalan tölgyes-bükkösökben

jelölték ki (6.5.-8. ábra). A kocsánytalan tölgy 38,0%-kal, a bükk 30,1%-kal míg a gyertyán 12,9%-kal képviselteti magát.

A mecseki bükk fiatalosokban korábban a gyenge erélyű, esetenként több éves visszatérési ciklusú ápolások voltak a jellemzőek, amik során kialakuló versengésben a bükk fiatalosok fényigényes elegyfajjai közé-, és alászorultak és elpusztultak. Az ennek hatására egyetlenné váló fiatalosok sorsa a környezeti változások miatt a térség erdőgazdálkodóit komoly kihívás elé állítja. Ezt felismerve napjaink bükkös erdőfelújításában valamennyi megjelenő elegyfaj megtartását, a bükk-váz elegyarányának csökkentését célozzák az elegyarány-szabályozó célú tisztítások, későbbiekben az ígéretes növekedésű javafák (20–40 db/ha)



6.5.-8. ábra. Örökerdő üzemmódba sorolt gyertyános-kocsánytalan tölgyes-bükkös a Komlótól északkeletre fekvő Vékény 5/A erdőrészletben. A Mecsekerdő Zrt. szakszemélyzeti tréningjeinek területe. Az erdőrészletről Field-Map-ben rögzített törzstérkép áll rendelkezésre és ötévenként növedékmonitoring folyik benne (Fotó: Partos Kálmán)

kiválasztását, zavartalan növekedését célozzák a gyérítések. Az üzemmódtól független szintezett erdőszerkezet, csoportos, foltos elegyedés kialakítása és fenntartása a gyérítések további kiemelt feladata.

Irodalom

- Aszalós R., Standovár T., Ruff J. & Barton Zs. 2001: Jégtörések és széldöntések a Börzsöny erdeiben. A termőhely, a faállomány és az erdészeti kezelés szerepe a dölések kialakulásában. In: Mátyás Cs., Führer E. & Tóth J. (szerk.): Gondolatok az erdővédelemről az ezredfordulón. – Az MTA Erdészeti Bizottsága és az ERTI jubileumi ülése Pagony Hubert és Szontagh Pál 75. születésnapja alkalmából. Budapest, pp. 103–116.
- Bartha D. 2005: A magyarországi erdők természetességének vizsgálata. – Akadémiai doktori értekezés, Sopron, 280 pp.
- Borhidi A. 1984: A Zselic erdei. – Dunántúli dolgozatok (A), Természetudományi sorozat 4., Pécs, 145 pp.
- Csepányi P. 2018: Az örökzöldgazdálkodás ökonómiai sajátosságai bükkösökben és cseresekben a Pilis Parkerdő Zrt.-nél. – Doktori (PhD.) értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 129 pp.
- Némedy Z. 2015: A Visegrád 77A erdőrészletben folyó természetközeli erdőgazdálkodás természetességi vizsgálata az Erdőanyai-völgyben folytatott szálaló erdőgazdálkodás legkorábbi megkezdett példája alapján. – Szakdolgozat. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 159 pp.
- Standovár T. & Szmorad F. 2012: Erdőrészlet-léptékű erdőtermészetesség-vizsgálatok a Duna–Ipoly Nemzeti Park hegyvidéki területein. – Kutatási Jelentés a 4413/8/2012-es számú szerződéshez, Zöld Teaterasz Kft., 88 pp.
- Török A. 2006: Bükkösök erdőfelújítása az égtájjorientált felújítási rendszer tükrében. – Bakonyerdő Erdészeti és Faipari Zrt., Veszprém, 148 pp.



6.5.-9. ábra. Két önálló, de összenőtt bükk egyike életben tartja szomszédját, miután törzsének alsó részét eltávolították (Fotó: Grédics Szilárd)

6.6. A bükkösök ökonómiai értékelése

Hillebrand Rudolf, Kottek Péter, Kovács Zoltán, Mertl Tamás és Schiberna Endre

A bükkösök erdővagyon-gazdálkodása és hasznosítása¹

Magyarország erdőgazdálkodásában a bükk faj és a bükkös faállományok különleges szerepet kapnak. Az ország erdőterületéből a bükk mindössze 6,1%-ot foglal el, amely alapján országos léptékben kisebb jelentőségű fajtának tekinthetnénk, az élőfakészletben kimutatható 10,3% részesedés viszont már jelentékenynek mondható. A bruttó fakitermelésekben is 10,0%-ot ér el, amely szintén nem elhanyagolható mérték.

Az erdőtelepítések révén 2000 óta 170 ezer hektárral nőtt Magyarország erdőterülete, amelyből a bükk mindössze 55 hektárral részesedett. Ennek oka az, hogy a bükknek megfelelő, a domb- és hegyvidékeken található termőhelyek nagymértékben erdősültek, míg az erdőtelepítések jellemzően a síkvidékeken történnek, illetve a klimatikus feltételek várható romlása miatt a bükk faj telepítése kockázatos.

A bükkösök területnövekedésének a telepítésen túli másik forrása a véghasználatok, vagy állománypusztítások után az erdőfelújítások során történő fajcseré. 2000 óta évente átlagosan 17 500 hektáron kezdnek meg erdőfelújítást. Ebből 2010-ig 1 200 hektár volt évente a bükk első kivitel, utána jogszabályváltozások miatt változott a felújítások nyilvántartása, így a kimutatásokban csak 50–100 hektár bükk első kivitel jelenik meg évente.

A bükkös állományokban a legmagasabb a magról történő természetes felújítás aránya. A 2010-ben keletkezett közel 660 hektár felújítási kötelezettség esetében 95%-ban magról történő természetes felújítást terveztek, 25%-ban mesterséges kiegészítéssel. Ez az érték a cseresek esetében a második legmagasabb, összesen 55% természetes felújítással. A bükkösök esetében ezen felújítások 92%-a fokozatos felújítógágás utáni felújítást jelent.

A 2019-ben kezdett bükkös felújítások esetében 92% volt a természetes felújítás aránya, amiből 53%-ban alkalmaztak mesterséges kiegészítést. A felújítási kötelezettségek 92%-ban fokozatos felújítógágás vagy szálalógágás után keletkeztek.

A bükkös állományokat jellemzően újra bükkel újítják fel, ami következik a természetes felújítás nagy arányából is. A 2010-ben bükkösökben keletkezett 660 hektár kötelezettség esetében 22 hektárt kezdtek el gyertyános tölgyesnek felújítani és mindössze 10 hektárt egyéb faállománytípussal. A 2019-ben keletkezett 366 hektár kötelezettségből 13 hektáron kezdtek el tölgyes felújításokat és 15 hektáron létesült erdőfelújítás egyéb faállománytípussal.

Emellett megkezdtek bükkös erdősítéseket olyan területeken, ahol korábban nem bükkös állt. 2010-ben 100 hektár új bükköst hoztak létre elsősorban fenyvesek helyett, de 20 hektár egyéb keménylombos és tölgyes állományt is átalakítottak. 2020-ban ilyen módon 126 hektár új bükköst létesítettek, amelyből 60 hektár fenyves helyén létesült.

A felújítási adatokat tekintve – bár a klímaváltozás hatására várható a bükk számára klimatikusan megfelelő területek visszaszorulása hazánkban – egyelőre területe még nem csökken, inkább növekszik a fajcseréknek köszönhetően. A bükkösök területe ennek köszönhetően az Országos Erdőállomány Adattár adatai szerint 2010 és 2020 között nagyságrendileg 3 000 hektárral nőtt.

A bükkös faállományok természetességi állapota magas, területük 80,7%-a természetszerű erdő kategóriájába esik, további 18,4% származékterület. Az országban található igen kis kiterjedésű (278 ha) természetes erdők több mint felét, 54,1%-át bükkösök teszik ki, de a természetszerű erdőkben is 22,2% részesedést érnek el (6.6.-1. táblázat).

¹Az adatok éve, ha máshogy nincs jelölve: 2023.

6.6.-1. táblázat. A bükkösök jelenlegi területe és aránya a természetességi mutató szerinti kategóriákban
(Forrás: Országos Erdőállomány Adattár)

Természetességi mutató	Bükkösök területe (ha)	Bükkösök területeloszlása	Összes erdőterület (ha)	Bükkösök aránya a kategóriában
Természetes erdő	150	0,1%	278	54,1%
Természeteszerű erdő	89 578	80,7%	403 769	22,2%
Származékerdő	20 429	18,4%	638 858	3,2%
Átmeneti erdő	834	0,8%	142 042	0,6%
Kultúrerdő	33	0,0%	661 122	0,0%
Faültetvény	-	0,0%	113 178	0,0%

A kedvező természetességi állapotok következményeként a természetvédelmi oltalom alatt álló bükkösök területaránya meghaladja a 80%-ot. A bükk jellemzően állami tulajdonú erdőkben található, előfordulási területének mindössze 16%-a van magántulajdonban. Az előbbieken a védett területek aránya magasabb (85%), míg a magánerdőkben alacsonyabb (60%), de így is jelentős mértékű (6.6.-2. táblázat).

6.6.-2. táblázat. A bükk fafaj területének (ha) megoszlása a tulajdonforma és védettség szerint 2021-ben
(Forrás: Országos Erdőállomány Adattár)

Tulajdonos	Védettség	Főfafaj	Nem főfafaj	Összesen
Állami	Fokozottan védett	8 743	1 681	10 423
	Védett vagy Natura 2000	56 782	12 209	68 991
	Nem védett	11 593	2 959	14 552
Nem állami	Fokozottan védett	410	215	625
	Védett vagy Natura 2000	7 704	2 963	10 667
	Nem védett	5 953	1 650	7 603
Összesen		91 184	21 676	112 861

A bükkgazdálkodás egyik sarokpontja az alkalmazandó erdőfelújítási eljárások és ezzel szoros összefüggésben a vágáskorok és fahasználati módok. Az elmúlt 20–30 évben a bükkösök védettsége megnőtt és folyamatosan emelkedett a vágáskoruk is. A 60–100 év közötti vágáskorral kezelt terület jelentősen lecsökkent, amivel párhuzamosan a 120 év feletti vágáskorok területe növekedett, de leginkább a faanyag-termelést nem szolgáló és örökterdő üzemmódban kezelt állományok (melyek az Adattárban 999-éves vágáskorral szerepelnek) területe mutat erős növekedést (2000-ben 1 600 hektár; 2010-ben 10 500 hektár; 2021-ben már 15 900 hektár).

A bükkösök koreloszlása már 2000-ben is jelentősen eltolódott az idősebb korosztályok felé, amelyhez képest a további korosodás miatt jelentősen megemelkedett a 110 év feletti faállományok területe. A 140 év feletti bükkösök abszolút területnövekedése csak ezer hektáros nagyságrendű, de a növekedés arányaiban igen jelentős, egyes korosztályoknál többszörös (6.6.-1. ábra).

A 19. század végéig a bükköt nem tekintették faipari felhasználás szempontjából értékes fafajnak, fáját Európa-szerte hamuzsír főzésre használták. A két világháború között elsősorban tűzifaként, illetve vasúti talpfaként hasznosították a kitermelt bükkösök faanyagát. Csupán néhány évtizede, a második világháborút követően kezdődött el jelentősebb faipari feldolgozása, miután a bútort- és a lemezgyártás felismerte kiváló tulajdonságait.

A bükkösök esetében a tarvágás mint véghasználati mód aránya folyamatosan csökkent az utóbbi évtizedekben, mára a kitermelt faanyag 1–1,5%-a származik tarvágásból. A véghasználat döntően felújítógággal történik, de ennek aránya is csökkenést mutat, míg a szálalóvágás szerepe növekszik, emellett egyre nagyobb terület kerül örökerdő, vagy faanyagtermelést nem szolgáló üzem módba. Ennek kapcsán várhatóan növekedni fog a készletgondozó fahasználat aránya is, ami egyelőre csak lassú változást mutat. A kitermelt bruttó faanyag mennyisége a 2010-es kiugró évet leszámítva hosszú távon stabilnak tekinthető. Az egészségügyi termelés 2010-es kiugró értéke a 2010-es széldöntésekhez köthető (6.6.-2. ábra).

A 2000-es években a hatóság közölt egy tervezett kitermelhető fatérfogat adatot is, amely folyamatos növekedést mutatott, ezt a lehetőséget az erdészeti ágazat egyik évben sem használta ki. Az erdőtervekben szereplő fakitermelési lehetőségek 2010 és 2021 között 4,8-ról 6,5 millió köbméterre nőttek, ami nagyjából évi 0,9 millió köbméterről évi 1,3 millió köbméterre növekvő kitermelési lehetőséget jelentene (6.6.-3. ábra). A tarvágásra előírt fatérfogat ez idő alatt a felére csökkent.

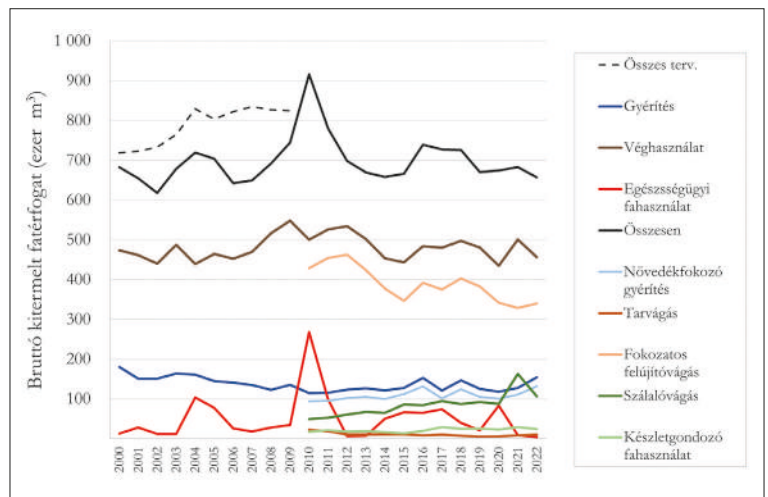
Az erdőtervekben is tetten érhető a természetközelibb erdőkezelési módok folyamatos térnyerése, hiszen jelentősen nőtt a szálalóvágásra előirányzott véghasználati fatérfogat aránya és a tervezett készletgondozó fahasználati lehetőség is jelentős arányú növekedést mutat.

Ezek a megnövekedett hozami lehetőségek várhatóan nem kerülnek a közeljövőben kihasználásra, ha csak ezt abiotikus vagy biotikus okokból adódó nagy területet érintő tömeges fapusztlások indokoltá nem teszik. A trendek alapján az állományok egy részének véghasználatával azok felújítása várható, de sok idős állomány védett és jellemzően csak nagyon hosszadalmas felújítási folyamat történik bennük, vagy nem is történik meg a véghasznála, így a bükkösök fakészlete az idős állományok magas aránya ellenére várhatóan rövidtávon nem fog csökkenni. 2010 és 2020 között a bükkösök élőfakészlete hazánkban több mint 1,7 millió köbméterrel növekedett, ami 4%-nak felel meg, a növekedés azonban lassul, ugyanis az idős állományok növedéke várhatóan csökken. Az Országos Erdőállomány Adattár adatai alapján az utóbbi 10 évben évente 1 000 köbméterrel csökkent a növekedés mértéke, de ez a csökkenés a teljes becsült növedékhez képest (800 ezer köbméter évente) hibahatáron belül mozog, nem jelentős mértékű.

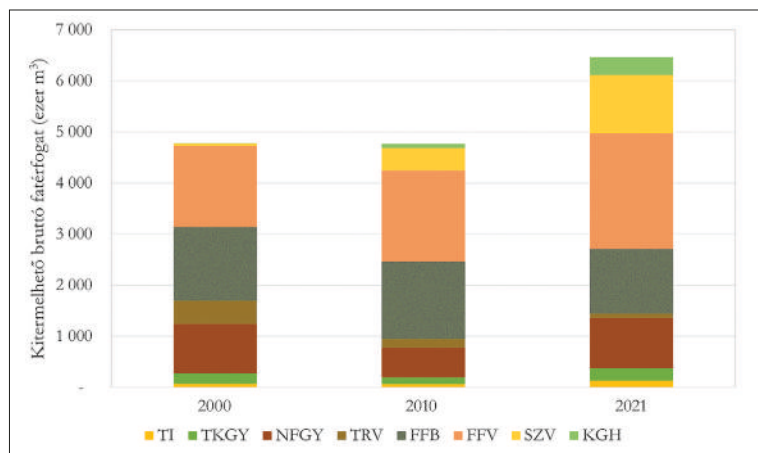
Az elmúlt 15 évben a bükk fakitermelések volumene és a teljes hazai fakitermeléshez viszonyított aránya és így kínálata is kismértékben csökkent. Napjainkban a bükk alapanyag hasznosításának legfontosabb irá-



6.6-1. ábra. A bükkösök korszerkezetének alakulása 2000 és 2021 között (Forrás: Országos Erdőállomány Adattár)



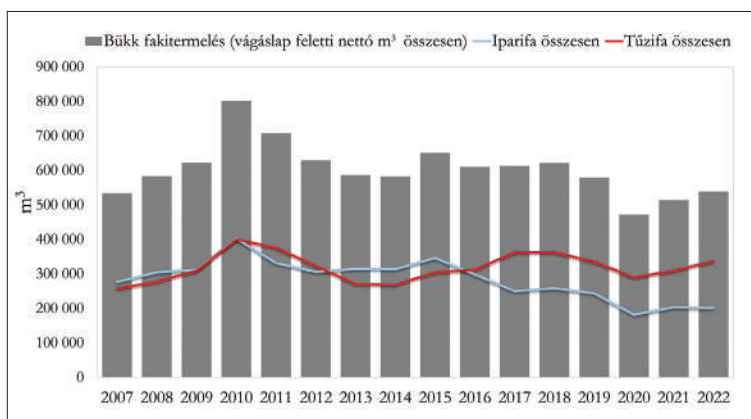
6.6-2. ábra. A bükkösök bruttó kitermelt faanyagának megoszlása a fahasználat módja szerint (Forrás: Erdőmérleg 2000–2022)



6.6-3. ábra. A bükkösök erdőtervben szereplő bruttó fakitermelési lehetősége a 2000., 2010., 2021. évi erdőtervi állapotok szerint (Forrás: Országos Erdőállomány Adattár)

(Jelmagyarázat: TI – tisztítás, TKGY – törzskiválasztó gyérités, NFGY – növedékfokozó gyérités, TRV – tarvágás, FFB – fokozatos felújítógátás bontása, FFV – fokozatos felújítógátás végvágása, SZV – szálasítógátás, KGH – készletgondozó használat)

A bükk külkereskedelmére jellemző, hogy az elmúlt évtizedben az import/export arány megfordult, jelenleg több bükk faanyagot exportálunk, mint amennyit külföldről vásárlunk. A bükk fűrészáru export jelentősen növekedett, ugyanakkor a teljes külkereskedelmi volumen nem számottevő, a teljes hazai bükk kitermelés 10%-a körül mozog.



6.6-4. ábra. A bükk fakitermelés főbb választékai szerint 2007 és 2022 között (Forrás: OSAP 1257 adatgyűjtés)

A szálasó bükkösök ökonomiai vizsgálata

Magyarországon a bükk fafaj alkalmas leginkább a szálasó üzem mód alkalmazására. Koloszár (2005) szerint a szálasó, mint üzem mód alkalmazása akkor lehetséges bükkösökben, ha biztosított a gyakori makktermés és az elegyfajok mérsékelt vitalitása. További fontos feltétel a sűrű feltártság és a vágásos üzem módhoz viszonyított jobb gazdaságosság. A bükk-gazdálkodás gazdasági viszonyainak leírásakor mindenekelőtt tisztázni kell, hogy milyen értékelési szemléletet követünk.

Az egyik értékelési szemlélet szerint egy egykorú faállomány fejlődését követjük végig a kezdeti felújítási fázistól egészen a véghasználatig. Egy ilyen vizsgálatban nem lehet eltekinteni attól, hogy a faállomány egyes életszakaszaihoz kapcsolódó hozamok és ráfordítások időben elszakadnak, így ezek összevetéséhez a pénz időértékét figyelembe kell venni, azaz az egyes pénzáramlásokat közös idősíkra, általában a jelenre kell diszkontálni. Ez a megközelítés egy olyan befektetésként tekint a faállományra, amelynek a felújítási szakaszában történik a tőkelekötés, és ennek hozamai később, a fakitermelések időszakában jelennek meg.

A másik értékelési szemlélet szerint a vizsgált területen minden korosztály megtalálható, és azonos területi részesedéssel rendelkezik, azaz normál erdőt alkot. Mivel minden korosztály jelen van, a faállomány hozamai és ráfordításai is minden évben egyszerre megjelennek. Ennek következtében ezeket egymással közvetlenül szembe lehet állítani, és a gazdálkodás eredménye évente kimutatható. Ebben az esetben az adott területnek csak az éves működési eredményét kell vizsgálni.

Ez utóbbi ismertett „működtetési szemlélet” esetében észre kell venni, hogy bár feltétel, hogy a korosztályok területi eloszlása egyenletes legyen, arra nézve nincs kikötés, hogy a korosztályok erdőrészletenként elkülönülve jelenjenek-e meg, vagy a teljes vizsgálati területen többé-kevésbé egyenletes eloszlásban. Azaz, a pénzáramok szempontjából nem eredményez különbséget, ha az erdőterületünk egy többkorú szálalóerdő, vagy egykorú faállományokból álló, vágásos üzemmódban kezelt erdőrészletek sorozata, amennyiben a korosztályok területeloszlása mindkét esetben egyenletes.

Ez természetesen csak akkor igaz, ha az egyes erdő-fázisokhoz kapcsolódó hozamok és ráfordítások a szálaló és a vágásos erdőművelési módokban azonosak, azaz a famennyiségben és minőségben, valamint a fakitermelés és az erdőfelújítás költségeiben nem mutatkozik különbség. Erre nézve nincsenek általánosítható megfigyelések, de előfordulhat, hogy egy szálaló erdőben egy értékfa alatt már jóval a kivágás előtt megjelenik az újulat, így a termelési ciklus sok évvel, vagy akár évtizedes nagyságrenddel is lerövidülhet. Ezzel szemben a szálalóerdőben a magasabb feltártsági igény és a fakitermelések során rendelkezésre álló kisebb hely miatt a fakitermelés díja magasabb lehet, mint a vágásos erdőalak esetén. Mindezek mellett más okok miatt is előfordulhatnak az üzemmódok között különbségek, de megbízható adatok hiányában ezekkel nem számolhatunk (Schiberna et al. 2012).

A bükkösök örökerdő (szálaló) üzemmódú gazdálkodásának nem is az a legfontosabb kérdése, hogy melyik üzemmód eredményezi a legmagasabb pénzügyi eredményt, vagy megtérülést, hiszen nem ez az erdőgazdálkodás elsődleges szempontja, hanem az, hogy az örökerdő üzemmód pénzügyi értelemben nem előnytelenebb a vágásos üzemmódhoz képest (Csépanyi 2013).

A bükk álgeszt gazdasági hatása

A bükk faanyagának ipari felhasználását és egyúttal az iparifa választékok értékesítését nagymértékben befolyásolhatja a fafajra jellemző álgesztetés (lásd még a »6.4. Erdőhasználati módszerek és lehetőségek bükkösökben« fejezetben). Az álgeszt egy nagy méretű és szabálytalan alakú rendellenes elszíneződés a fa testben, amely általában nem követi az évgyűrűhatárokat. Számos fafajnál előfordulhat, de hazánkban álgesztetésre különösen a bükk, a csertölgy, illetve a nyárok hajlamosak (Molnár 2006). Az álgesztetés jelensége már régóta kutatott téma, mind a külföldi, mind a hazai irodalomban (Hartig 1851; Tuzson 1904). Többféleképpen osztályozható, így például a keresztmetszeti alakja szerint beszélhetünk szabályos vagy vörös, felhő alakú, szabálytalan, illetve csillagos álgesztről (Mahler & Höwecke 1991). Az álgeszt típusok között felhasználhatósági szempontok szerint is különbséget tehetünk. A szabályos, vörös álgeszt faanyaga egészséges, így annak vöröses elszíneződése csupán esztétikai hibának tekinthető, amely gőzöléssel, termikus színezéssel, illetve pácolással homogenizálható (Molnár 2006; Tolvaj & Molnár 2006). Az egészséges álgeszt fáját vöröses elszíneződése miatt gyakran vörös bükknek nevezik, elkülönítve az álgesztmentes fehér bükkötől. A vörös bükk fája a fehér bükkal összevetve fizikai és mechanikai tulajdonságai szempontjából egyenértékű, kopásállóság és keménység szempontjából addicionális előnyökkel rendelkezik, tartóssága pedig jobb (Apostol 2006). Képződése alapvetően fiziológiai folyamatok eredménye (Zycha 1948; Hofmann 2006). A sebgeszt nincs kapcsolatban a bélel, a seb közvetlen környezetére korlátozódik. A faanyaga többnyire egészséges (Apostol 2006). A fagygeszt, amit szürke gesztnek is hívnak, többnyire gombafertőzött és alkalmatlan a faipari felhasználásra. A csillagos álgeszt minden esetben gombafertőzött, korhadó faanyagnak minősül, és faiparilag nem hasznosítható (Apostol 2006). Az álgesztetés kialakulására és terjedésére a fa életkorának jelentős hatása van (Rumpf 1994). Sopp (1974) adatfelvételei alapján 61–80 év között az álgeszt rönkök aránya 27–28%-os, 121 és 140 év között pedig már 40%-os. Horváth (1998) vizsgálatában

100 éves életkor felett a rönkök 49%-a álgesztes volt, 110 éves korban már 68%-os, 120 éves korban pedig 91%-os. Az álgesztesedés mértéke és a mellmagassági átmérő között erős az összefüggés, feltehetőleg a fa életkora is ezen tulajdonságon keresztül fejti ki a hatását (Bíró 2004).

Bár az egészséges vörös geszt műszaki tulajdonságokban nem marad el a gesztmentes faanyagtól (Molnár 2001), alacsonyabb áron értékesíthető, és nagyobb eséllyel maradnak készleten a vörös gesztes termékek (Bíró 2004). Az álgeszt gazdasági jelentőségét jól mutatja, hogy Richter (2001) jelentése alapján Németország Észak-Rajna-Vesztfália tartományában éves szinten 5,1 millió euró volt a vörös geszt előfordulása miatti veszteség. A faipari szabványok (pl. EN 1316-1 2012) számára a vörös geszt mértéke fontos kritérium a minőségi osztályozásnál, így gyakoriságának és méretének korlátozásával jelentősen növelhető a termelt választék értékesítéséből származó hozam (Račko & Cunderlík 2013). A furnéripár számára is a vörös geszt az egyik legfontosabb szempont a rönk minőségi osztályozása során. Egy németországi kutatás eredményei alapján bár a vörös geszt a vártnál kevésbé befolyásolja a furnérgyártás hozamát, az 5-ös átmérőosztályú törzsekből (50–59 cm) főként a vörös geszt alacsonyabb aránya miatt több nettó termék készíthető el, mint a nagyobb átmérőosztályú törzsekből (60–69 cm) (Hapla et al. 2002). A vásárlói preferenciák vizsgálata alapján a vörös geszt jelenléte az árat jelentősen befolyásoló tényező. Az európai vásárlók szívesebben vásárolnak olyan rönköt, amelyben a vörös geszt mennyisége a törzs kevesebb mint 30%-át teszi ki. Az ázsiai vásárlók ugyanakkor nagyobb mennyiségű vörös gesztet is elfogadnak (Knoke et al. 2006). A vörös és a fehér bükk faanyagának homogenizálására ugyan több módszer is létezik (Apostol 2006), ezek a gőzölésen kívül nem voltak széles körben ismertek a faipar számára egy 2009-es tanulmány szerint. A négy országban (Németország, Ausztria, Magyarország és Spanyolország) elvégzett kérdőíves felmérés eredményei szerint a faipari cégek számára a vörös geszt megléte a farönkben elsősorban alacsonyabb árat eredményez, illetve alacsonyabb kihatási tényezővel számolnak. A vörös bükk faanyagát leginkább raklapnak, csomagolóanyagként, vagy rejtett bútorkalkatrésznek tartják alkalmasnak, ezen kívül dizájn bútorok, dizájn lakberendezési kiegészítők, esetleg padlóburkolatok alapanyagként látnak benne potenciált (Hansmann et al. 2009).

A bükk álgesztesedésének gazdasági veszteségét elemezte Bíró (2004) a SEFAG Zrt. területén. A 364 db törzsből származó ténylegesen termelt 2 912 db választék mellé meghatározásra került az elméleti álgesztmentes választéksor is. A vizsgált törzsek egyes választékainál így kapott árbevétel-kieséseket összegezve, majd egységnyi köbméterre vetítve határozta meg a fajlagos (Ft/brm³) veszteségeket. Az elvégzett veszteségérték számítás során azt tapasztalta, hogy 20 cm-es mellmagassági átmérő alatt még nem okoz számszerűsíthető veszteséget az álgesztesedés. A 30 cm-es átmérőcsoportban ugyanakkor már 1 300 Ft-tal csökkentette akkori árfolyamon a bruttó m³-ként elérhető árbevétel nagyságát. Az átlagos véghasználati korra (90–110 év) a kiesés értéke elérte a 2 600 Ft-ot. A növekedés degresszív volt, így az átmérő növekedésével csökkenő arányban emelkedett a veszteség mértéke. A vizsgált állományban 80 éves kortól 130 éves korig az átlagos korszaki jövedelem nagysága szintén degresszív növekedést mutatott. Ez alapján nem lehetett kijelölni olyan optimális vágáskort, illetve véghasználati célátmérőt, amely maximális hozamot eredményezne az álgesztesedés értékvesztése szempontjából. Ez némileg ellentmond Horváth (1998) korábbi megállapításával, aki az álgesztesedés hatásait elemezve a bükkösök 100 éves kor feletti tartását ökonomiailag nem tartotta kívánatosnak.

A bükk álgesztesedésének gazdasági hatásaival több diplomamunka is foglalkozott Magyarországon az utóbbi években. Murvai (2017) 346 db választékot tartalmazó mintán vizsgálta az álgesztesedés okozta értékcsökkenést a Zalaerdő Zrt. területén. Átmérőcsoportonként elkészítette a rájuk jellemző fekvőfa modelleket. Az elméleti maximális bevételt az álgesztmentesnek feltételezett átlagtörzs alapján állapította meg. Az álgesztességből eredő értékcsökkenést ebből az értékből és a lehetséges választékok értékeiből határozta meg. A köbméterenkénti értékcsökkenés mértéke a III. méretcsoporttól, azaz 60 cm-től felfelé megugrott, a nagyobb kiterjedésű álgesztesedés és a nagyobb értékű választékok miatt. A csökkenő minőséget ugyanakkor a nagyobb fatermési hozamok kompenzálhatják. Béli (2023) szintén a Zalaerdő Zrt. területén vizsgálta az álgesztesedés okozta értékvesztést. A 266 db választékot tartalmazó mintának kiszámolta az elméleti álgesztmentes értékét. Az álgesztes faanyag értékének kiszámolásához pedig egy rönkfelvásárló cég álgesztes

fűrészrönkért adott átlagárát vette alapul. A veszteséget a maximális és az álgesztes érték különbségeként értelmezte. Az értékcsökkenés mértéke így 34% és 41% között mozgott. A 36–45 cm-es átmérőcsoportban 17 722 Ft veszteséget jelentett köbméterenként, ez az érték 86 cm átmérő felett elérte 24 104 Ft-ot. A veszteség mértéke degresszív módon növekedett a nagyobb átmérőjű törzsek felé haladva. A nagyobb átmérőcsoportokban választékolható, ugyanis a legtöbb lemezipari rönk, ami mérsékli az értékcsökkenést.

Irodalom

- Apostol T. 2006: A bükk rendellenes gesztesedésének fizikai sajátosságai és hatása a felhasználhatóságra. – Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Faipari Mérnöki Kar, Sopron, 175 pp.
- Béli Cs. 2023: A bükk álgesztesedésének vizsgálata a Zalaerdő Zrt. Nagykanizsai Erdészeti területén. – Diplomamunka, Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 65 pp.
- Bíró B. 2004: A bükk álgesztesedés vizsgálata a Somogyi Erdészeti és Faipari Részvénytársaság Erdőállományaiban. – Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 121 pp.
- Csépányi P. 2013: Az örökterdő elvek szerinti és a hagyományos gazdálkodás ökonómiai elemzése. – Erdészettudományi Közlemények 3(1): 111–124.
- Hansmann C., Stingl R. & Teischinger A. 2009: Inquiry in beech wood processing industry concerning red heartwood. – Wood Research 54(3): 1–12.
- Hapla F., Meggers L., Militz H. & Mai C. 2002: Investigation on the yield and quality of sliced veneer produced from beech trees (*Fagus sylvatica* L.) containing red heartwood. – Holz als Roh- und Werkstoff 60: 440–442.
- Hartig T. 1852: Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen Deutschlands. – A. Förstner'sche Verlagsbuchhandlung, Berlin, 580 pp.
- Hofmann T. 2006: A kémiai paraméterek szerepe a bükk (*Fagus sylvatica* L.) álgesztesedésében. – Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 125 pp.
- Horváth Gy. 1998: A bakonyi bükkösök álgeszteségével összefüggő ökonómiai következtetések. – Erdészeti Lapok 133(2): 44–45.
- Kolozsár J. 2005: Szálalási lehetőségek és tudományos megalapozásuk. In: Solymos R. (szerk.): Erdő- és fagazdaságunk időszerű kérdései. – Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, pp. 307–311.
- Knoke T., Stang S., Remler N. & Seifert T. 2006: Ranking the importance of quality variables for the price of high quality beech timber (*Fagus sylvatica* L.). – Annals of Forest Science 63(4): 399–413.
- Mahler G. & Höwecke B. 1991: Verkernungserscheinungen bei der Buche in BadenWürttemberg in Abhängigkeit von Alter, Standort und Durchmesser. – Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen 142(5): 375–390.
- Molnár S. 2001: Az álgesztes bükk faanyag kiváló tulajdonságokkal rendelkezik! – Faipar 49(2–3): 19.
- Molnár S. 2006: Fahibák, fakárosítások. – ERFARET, Sopron, 107 pp.
- Murvai M. 2017: A bükk álgesztesedésének vizsgálata a ZALAERDŐ Erdészeti Zrt. Zalaegerszegi Erdészeténél. – Diplomamunka, Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 60 pp.
- Račko V. & Cunderlík I. 2013: Comparative study of qualitative structure the beech logs sorted by the old and the new European standard EN 1316-1. – Annals of WULS – SGGW, Forestry and Wood Technology 84: 66–70.
- Richter J. 2001: Buchenrotkern: Vermeiden oder Verwerten? – Forst und Holz, 56: 662–664.
- Rumpf J., Gólya J., Mihály S., Hegyi Gy., Tóth F. & Jagodits M. 1994: Bükk álgesztesedés vizsgálata a Zirci Erdészetnél. – Kutatási jelentés, Erdészeti és Faipari Egyetem, Erdőhasználati Tanszék, Sopron, 128 pp.
- Schiberna E., Lett B. & Juhász I. 2012: A folyamatos erdőborítás ökonómiai értékelésének elvi alapjai. – Erdészettudományi Közlemények 2(1): 7–19.
- Sopp L. 1974: Fatömegszámítási táblázatok – fatermési táblákkal. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 271 pp.
- Tolvaj L. & Molnár S. 2006: Colour homogenisation of hardwood species by steaming. – Acta Silvatica & Lignaria Hungarica 2(1): 105–112.
- Tuzson J. 1904: A bükkfa korhadása és konzerválása. – A magyar királyi földművelésügyi minister kiadványai, 17. szám, 94 pp.
- Zycha H. 1948: Über die Kernbildung und verwandte Vorgänge im Holz der Rotbuche. – Forstwissenschaftliches Centralblatt 67(2): 80–109.

6.7. A bükk faanyaga és annak felhasználása

A bükk mikro- és makroszkópos anatómiai felépítése

Komán Szabolcs

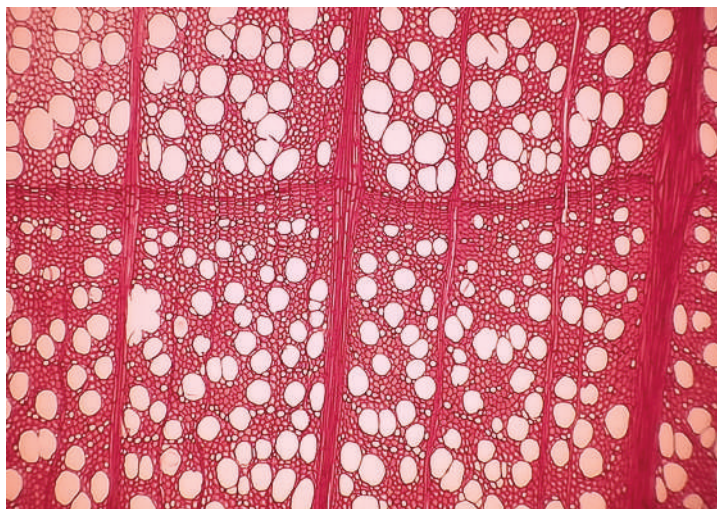
A fatest mikroszkópos jellemzői

A szórtan elhelyezkedő edények (tracheák) egyesével vagy radiális irányban összekapcsolódva (2–3 db) helyezkednek el. A kisméretű edények átmérője 8–45–85 μm , míg sűrűségük a keresztmetszeten 80–125–160 db/ mm^2 . Mennyiségi részarányuk 24,6–39,5–52,5% (Wagenführ 1996). Tíliszek és egyéb anyagberakódások csak az álgesztben figyelhetők meg. Az edényáttörések egyszerűek vagy létrásak, amelyek elsősorban a késői pásztában találhatóak kis számban, 8–20 db létrafokkal. Az edények falán lévő gödörkék egymás mellett vagy ritkábban lépcsőzetesen helyezkednek el. Az edények és a bélsugarak közötti gödörkék iránya a vízszintestől (lépcsőzetes, vágásszerű) függőlegesig terjed.

A hosszparenchimák apotracheálisan (edényektől függetlenül) vagy paratracheálisan (edényekhez vagy vaszkuláris tracheidákhoz kapcsolódva) helyezkednek el. Részarányuk a keresztmetszeten mindössze 4–5%.

Az akár 25 sejtsor széles bélsugarak mellett egysorosakat is találunk. Két széles bélsugár között az évgyűrűhatár ívesen kidomborodik, illetve a széles bélsugarak az évgyűrűhatáron kiszélesednek (6.7-1. ábra). A széles bélsugarak 500–4 000 μm , míg a keskenyek 60–100 μm magasak és 15–100 sejtből állnak. Szélességük 30-tól 200 μm -ig terjed a 2–25 sejtsor alkotta széles bélsugárban, míg az egy sejtsorosak 20–60 μm szélesek (Wagenführ 1996). A téglalap alakú parenchima sejtekből álló homogen bélsugarak a sugármetszeten fekvő elrendezésűek. Mennyiségi részarányuk a keresztmetszeten 11,2–21,2%.

A szabálytalanul elhelyezkedő farostok elsősorban libriform rostok. Hosszuk 0,6–1,3 mm, amelyhez 3,6–10,3 μm -es kettős sejtfalvastagság és 3,5–11,2 μm -es lumen átmérő társul. Kettős sejtfal és lumen aránya ezért 1 körüli értéket mutat. Mennyisége a keresztmetszeten 25,2–57,2% között található (Wagenführ 1996). A rostok általában egyenes lefutásúak, de gyakran csavart, vagy ritkábban hullámos.



6.7-1. ábra. Keresztmetszet mikroszkópos képe

A fatest makroszkópos jellemzői

A bükk kérgé hamuszürke, vékony (1–2 cm), sima és elsősorban csak az ághelyek környezetében repedezik meg (6.7.-2. ábra). Térfogati aránya a törzsön belül 2,5–3,5% (Komán & Fehér 2015). A kérgé jellegzetessége az ághelyből kiinduló ún. „kínai bajusz”, amely a faanyag minőségéről árulkodik. Fájában az egészséges geszt és a szijács nem különül el egymástól. Színe világos halványsárgás, világosbarna, de idősebb korban gyakori a vörösesbarna álgeszt megjelenése. Ezek a keresztmetszeten különböző formában figyelhetők meg, mint például felhős, csillagos, pillangós (6.7.-3. ábra) vagy abnormalis álgeszt.



6.7-2. ábra. A bükk kérge

Bélsugarai szabad szemmel is könnyen észrevehetőek. A keresztmetszeten vékony sugárirányú vonalak formájában jelennek meg, amelyek az évgyűrűhatáron kiszélesednek. Gyakran megfigyelhető, hogy az évgyűrű vonala a bélsugarak között kidomborodik, illetve behúzódik (6.7.-4. ábra). Húrmetszeten a bélsugarak feltűnő vörösbrna, néhány mm magas „orsók” képében és 0,5–1 mm szélességben (6.7.-5. ábra), míg a sugármetszeten kisebb-nagyobb foltok, sugárirányú sávok (6.7.-6. ábra), fénylő felületük miatt úgynevezett „tükrök” formájában láthatók (Molnár et al. 2007).



6.7.-3. ábra. Álgesztes bükk rönk



6.7.-4. ábra. Keresztmetszetek makroszkópos képe

A fatest szörtlikacsú, de a késői pászta felé haladva az edények száma és mérete fokozatosan csökken. A sötétebb késői pásztának köszönhetően nemcsak az évgyűrűk, hanem a pászták határa is jól kivehető. Ennek következtében a húrmetszet szép rajzos (flóderos) felületként látható. Az edények szabad szemmel egyik anatómia irányban sem láthatók.



6.7.-5. ábra. Húrmetszet makroszkópos képe



6.7.-6. ábra. Sugármetszet makroszkópos képe

A bükk faanyagának fizikai tulajdonságai

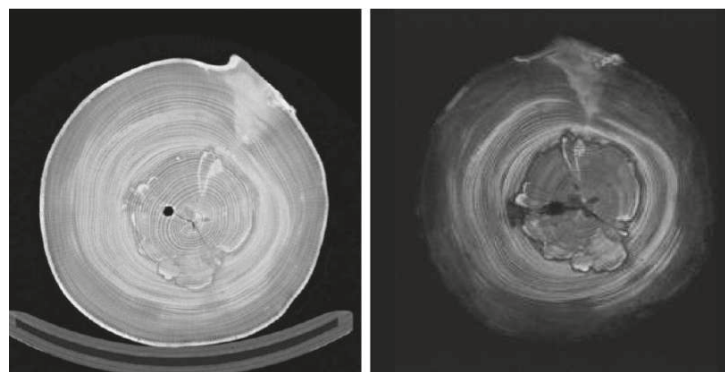
Fehér Sándor

A bükk különleges helyet foglal el Magyarország életében. Mind a gazdasági életben, mind társadalmi szempontból fontos faj. Erdőgazdasági és fagazdálkodási szerepét nem kell különösebben bemutatni, hisz fontossága mindenki előtt ismert. Felhasználása a tölgyek mellett, hasonlóképp igen nagy jelentőségű. Egy igazi keményfa. Gyalulással szinte mindig tükrös simára lehet megmunkálni, ami a nagy sűrűségű és a nagy keménységű fákra igaz.

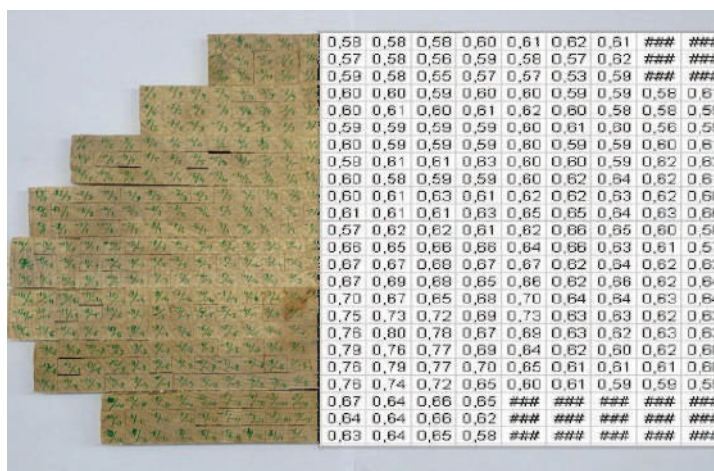
A fizikai tulajdonságait nagyon sokan vizsgálták a múltban, s várhatóan a jövőben is fontos szerepet játszik a faanyagvizsgálatok között. A sűrűség vizsgálatok arra utalnak a bükk esetében, hogy az értékek 540 és 910 kg/m³ között mozognak, átlagosan 720 kg/m³ (Molnár et al. 2000). Más vizsgálatok

is hasonló eredményre jutottak (Babos et al. 1979), de ettől eltérő eredmények is születtek, ahol az átlagsűrűség 737 és 769 kg/m^3 (Gryc et al. 2008). Természetesen ebben az esetben a termőhely hatása nagyon fontos befolyásoló tényező. A bükk egyik jellegzetessége a különböző formájú foltokban való álgesztésedés, amelynek következtében jelentős eltérések találhatók a sűrűségben. Ez látható a 6.7.-7. ábrán is, ahol álgesztésedés következményeként megnő a faanyag sűrűsége. Természetesen az ábrán látható sötétebb foltok magasabb sűrűség értéket jelölnek. Jól látható a bükk korongon mért sűrűségeloszlás (Németh et al. 2008). Hasonlóan próbálta vizsgálni az álgesztésedés mértékét doktori dolgozatában Bíró (2004) CT és MR képalkotási módszerek alkalmazásával (6.7.-8. ábra).

A bükk faanyag vízvesztés hatására nem viselkedik kedvezően. Igen magas a rosttelítettségi pontja, kb. 36%, aminek hatására a faanyagban durva hasadások keletkeznek a száradás során. Radiális irányban a zsugorodása 5,8%, míg a tangenciális zsugorodása 11,8%, amely igen kedvezőtlen, mert zsugorodási anizotrópiája 2-nél nagyobb. Ez pedig a faanyag vetemedési hajlamára utal és emiatt csak nagyon óvatosan szárítható.



6.7.-8. ábra. A bükk álgesztésedés vizsgálata CT és MR alkalmazásával



6.7.-7. ábra. A bükk (abszolút száraz) sűrűség (g/cm^3) eloszlásának keresztmetszeti képe

A faanyagok elektromos tulajdonságai általában erős összefüggést mutatnak a nedvesség tartalommal és a sűrűséggel. Például a száraz faanyagoknak nagy az ellenállása, gyakorlatilag elektromosan szigetelőnek tekinthető. A nagyobb sűrűségű fák, mint például a bükk kisebb fajlagos ellenállással rendelkeznek. A bükknek kb. 9% nedvességtartalomnál rost irányban $1,7 \times 10^9 \text{ ohm/cm}$ a fajlagos elektromos ellenállása. Az elektromos szilárdsága pedig sugár irányban 4,2, húr irányban 5,2 és rost irányban pedig 1,4 kV/mm.

A bükk faanyag hőtani, égési és energetikai tulajdonságai sokoldalú kapcsolatban vannak a ffeldolgozási technológiákkal és az energetikai felhasználással. A fa hőtágulása például elenyészően kicsi a nedvesség okozta méterváltozáshoz viszonyítva. A bükk lineáris hőtágulása húr, sugár és a rost irányban 34,8, 22,0 és 5,4 1/K. A bükköt egyes vidékeken jobb fűtő anyagnak tartják, mint a tölgyet és az akácot. Bár ennek ellent mond a fűtőértéke, ami csak $12,525 \text{ MJ/m}^3$, ami jóval alacsonyabb a korábban említett faanyagok fűtőértékénél (Molnár et al. 2000).

A bükk akusztikai ellenállása igen kedvező, mivel nagy a sűrűsége, értéke $34 \times 10^5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{s}$. Más faanyagok ennél kisebb értéket mutatnak. Hangszerfának viszont kedvezőtlenebb tulajdonságokkal bír. Az akusztikai állandója csak $6 \text{ m}^2/\text{kg} \cdot \text{s}$, hangsebesség hányadosa pedig csak 3,27. Ezek az értékek lényegesen elmaradnak a lucfenyő értékeitől, amelyet igazi rezonáns fának tartanak, és a hegedűgyártásban használnak. Más fafajok akusztikai tulajdonságaival összehasonlítva a bükköt a 6.7.-1. táblázat mutatja be (Pozgaj et al. 1997).

6.7.-1. táblázat. A hangszerfák minősítésére alkalmas faanyag jellemzők

Fafaj	Hangsebességek hányadosa $C_{ }/C_{\perp}$	Akusztikai állandó $m^2/kg\ s$
Lucfenyő	4,47	12,0
Erdeifenyő	5,11	11,0
Kőris	3,69	6,5
Bükk	3,27	6,0
Nyír	2,36	7,5
Mezei juhar	3,21	5,8

A bükk faanyag színe, rajzolata, valamint többségében nagyon jó fizikai tulajdonságai, mint például a nagy sűrűsége, méltán emelik a nagy értékű és felhasználás szempontjából közkedvelt fajok közé Európában.

A bükk faanyagának mechanikai tulajdonságai

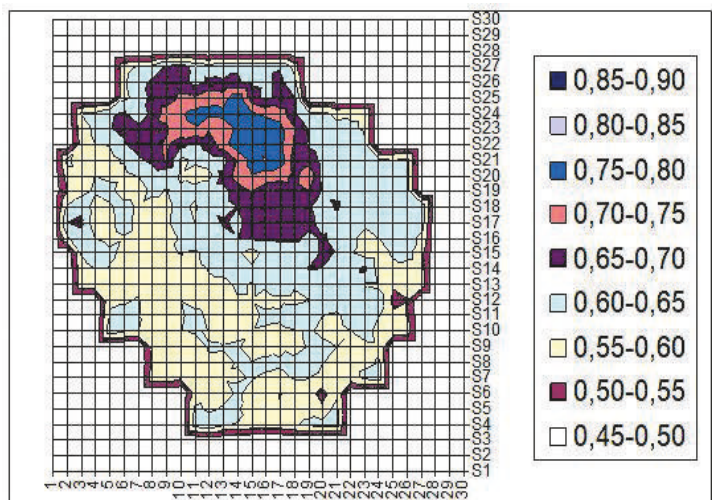
Németh Róbert

A bükk, mint Európa egyik legfontosabb faipari (és fakémiai, papíripari) nyersanyaga számos vizsgálat tárgyát képezte a múltban. A fenyők tapasztalható visszaszorulása miatt a bükk épületfaként is egyre gyakrabban bukkan fel a tudományos szakirodalmakban és természetesen az építési gyakorlatban is.

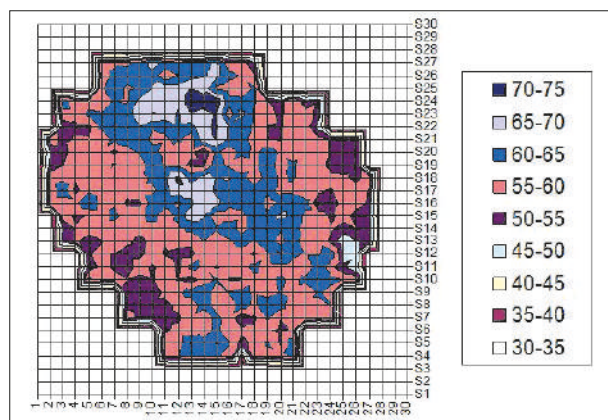
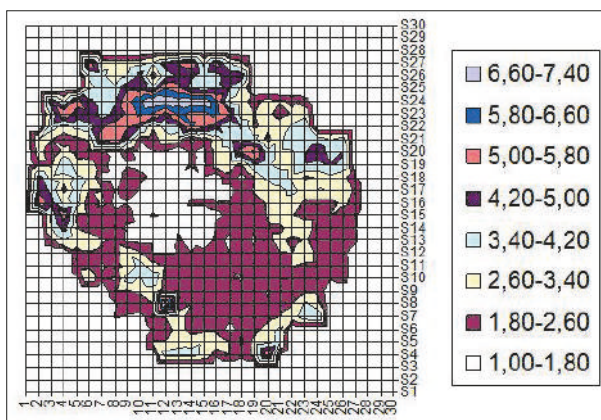
A faanyag mechanikai jellemzői a fafeldolgozás, felhasználás szempontjából is kiemelkedő fontossággal bírnak. A faanyag mechanikai tulajdonságai általában jó korrelációt mutatnak a sűrűséggel, mint univerzális anyagjellemzővel. Mindemellett a szilárdító sejtek (libriform rostok) egymáshoz, ill. más szöveti részekhez (edények, parenchimák) kapcsolódása, ill. a kapcsolatok mikromechanikai minősége is jelentős hatással bírnak a faanyag szilárdságára, ill. rugalmas jellemzőire. Szilárdsági szempontból fontos lehet továbbá az évgyűrűhatár, ahol a kései és a következő évi korai pászta sejtjei alapvető különbségeket mutatnak.

Az évgyűrűszélesség, a sűrűség, és ezáltal a mechanikai jellemzők alacsony korrelációt mutatnak. Diaconu és munkatársai (2016) statisztikailag kimutatható, de gyenge korrelációt találtak az évgyűrűszélesség és a sűrűség között. 2,5 mm-es évgyűrű szélességnél $0,58\text{ g/cm}^3$, míg 10 mm-es évgyűrűknél $0,61\text{ g/cm}^3$ volt az átlagos sűrűség.

A Soproni Egyetem Faanyagtudományi Intézetének kutatói 2005 és 2007 között lefolytatott kutatás keretében hazai lombos fák fizikai és mechanikai jellemzőit vizsgálták (Németh et al. 2008). A kutatás újszerűségét a teljes keresztmetszetre vonatkozó vizsgálatok adták. A 6.7.-9. ábrán a sűrűség, a 6.7.-10. ábrán a nyomószilárdság, a 6.7.-11. ábrán az ütő-hajlító szilárdság szerepel. Megjegyezzük, hogy a körtől eltérő szabálytalan alak itt nem feltétlenül azonos a törzs alakjával, ugyanis a szabványos próbatestek kinyerhetőségét számos tényező befolyásolta (pl. fahibák). A bükk faanyagának fontosabb mechanikai jellemzőit mutatja be a 6.7.-2. táblázat (Molnár, 2004).



6.7.-9. ábra. Bükk (abszolút száraz) sűrűség (g/cm^3) eloszlásának keresztmetszeti képe (négyzetrács $2 \times 2\text{ cm}$)

6.7-10. ábra. Bükk nyomószilárdság (MPa) eloszlásának keresztmetszeti képe ($u = 12\%$) (négyzetrács 2×2 cm)6.7-11. ábra. Bükk ütő-hajlító szilárdság (J/cm^2) eloszlásának keresztmetszeti képe ($u = 12\%$) (négyzetrács 2×2 cm)6.7-2. táblázat. A bükk faanyagának fontosabb mechanikai jellemzői ($u = 12\%$)

Sűrűség (kg/m^3)	Zsugorodási értékek (%)		Statikus szilárdsági jellemzők (MPa)				
	húr	sugar	húzó		nyomó	hajlító	nyíró
			rostirányú	rostra merőleges			
540–720–910	11,8	5,8	57–135–180	7,0–10,7	41–62–99	74–123–210	6,5–8,0–19,0
Statikus rugalmassági modulusz (MPa)	Ütő-hajlító szilárdság (J/cm^2)		Keménység (MPa, Brinell)				
			bütü		oldal		
10000–16000–18000	3–10–19		72		34		

Nemzetközi kutatási projekt keretében [Innovative solutions for improved processing of Beech (*Fagus sylvatica* L.) with red heartwood (Innovation for beech)] 2004–2007 között a Soproni Egyetem részvételével lefolytatott kutatás célja a fehér és az álgesztes bükk faanyagok összehasonlítása, ill. innovatív termékek fejlesztése volt. A kutatás eredményeit egy kézikönyvben adták közre a szerzők (Seeling et al. 2007).

A bükk faanyaggal kapcsolatos mechanikai és további fizikai tulajdonságokra vonatkozó adatok elérhetők Molnár és munkatársai (2016) kézikönyvében, ill. a közelmúltban megjelent kézikönyvben (Niemz et al. 2023).

A bükk álgesztesedése

Németh Róbert

A fahiba adattár szerint (ERFARET 2006) az „álgeszt a fatest nagyméretű, szabálytalan alakú, az évgyűrűhatárokat általában nem követő rendellenes elszíneződése”. Előzetesen megjegyezzük, hogy bár klaszikusan fahibának tartjuk az álgesztet, mára inkább, mint hozzáadott esztétikai értéként tekintünk rá (bútoripar, belsőépítészet stb.).

Az álgeszt könnyen felismerhető a színes geszttel nem rendelkező fafajoknál, például a bükk, juhar, gertyán, nyír, hárs esetében. Ugyanakkor előfordulhat a színes geszttel rendelkező fáknál is, mint például a tölgyek, cser, nyárok, kőris, dió stb., és ezeknél a geszt és az álgeszt elkülönítése kihívást jelenthet. Az alapvető különbség az, hogy az álgeszt nem követi pontosan az évgyűrűhatárokat, míg a valódi geszt rendszerint ezt teszi. Magyarországon a cser, a bükk és a nyárok különösen hajlamosak az álgesztesedésre. Az álgeszt mellett előfordulhatnak felhő alakú és szabálytalan formájú rendellenes elszíneződések is. Az egészséges álgeszttől megkülönböztethető a „csillagos álgeszt”, ami már gombafertőzött és korhadó faanyagot is tartalmaz. Az ilyen anyagot már korhadt fának tekintjük.

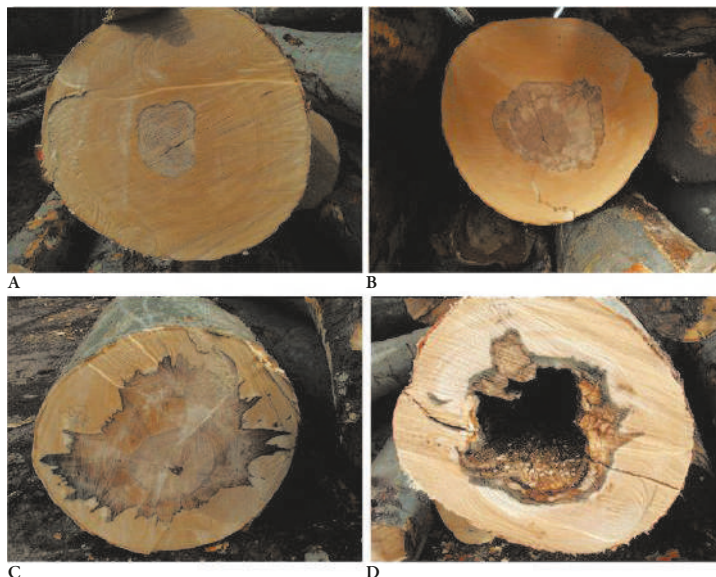
Az álgeszt kialakulásának anatómiai hátteréről és az anyag tulajdonságairól írt Tuzson (1904), Rumpf (1994), Horváth (1996), Molnár és munkatársai (2000), Molnár (2004, 2006), valamint Molnár és Bariska (2006). Az álgesztképződés kiváltójaként említik a korhadó ágakat, a gyökér és törzs sérüléseit, a környezeti stresszt (erős fagy, szárazság) és a kort. Az álgeszt már a fiatalabb (60 éves) állományokban is megjelenik, de 100 évnél idősebb állományokban nem ritka, hogy a törzsek a 85%-a tartalmaz álgesztet.

A bükkfa álgesztjének vizsgálatával foglalkozott Apostol (2006), aki elsősorban a faanyag fizikai tulajdonságait és felhasználhatóságát kutatta. Molnár és munkatársai (2001) átfogóan jellemezték az álgesztes bükk faanyagot. Jelentéktelen sűrűségváltozás mellett növekvő keménységet és kopásállóságot mértek, míg a dinamikus szilárdságok csökkentek az álgesztesedés hatására. A *Gloeophyllum trabeum* barnakorhasztó gombának jobban ellenállt az álgesztes farész.

Maga az álgeszt a normál (vagy fehér) faanyagból alakul ki. Egyrészt a parenchimatikus sejtek által kiválasztott extraktumok impregnálják a sejtfalakat, másrészt tiliszek (töltősejtek) képződnek (szintén az edényeket körülvevő parenchimatikus sejtek aktivitása által). Az álgeszt tehát a normál faanyaghoz képest kémiai és anatómiájában is eltérő szövet. E sajátságok miatt a faanyag főbb fizikai tulajdonságai megváltoznak (különösen az áteresztőképesség), illetve a ragaszthatóság és a felületkezelhetőség is változhat (lásd »A bükk faanyagának felületkezelése, ragasztása« alfejezetet). Az álgesztesedés folyamatában a kor és a termőhelyi tényezők is szerepet játszanak. Tehát alacsonyabb vágáskor és optimális termőhely esetén kevésbé valószínű a kialakulása. Az álgesztes faanyag színét gőzöléssel, termikus kezeléssel és pácolással homogenizálhatjuk (lásd »A bükk gőzölése« alfejezetet).

Az álgesztnél általában nagyobb a repedési és vetemedési hajlam, nehezebb a telítés és a ragasztás. Az álgesztes fa általában sűrűbb és tartósabb, szilárdsági jellemzői kedvezőek, bár nyírószilárdsága kisebb a hibamentes fáéhoz képest. Az egészséges normál álgeszt elsősorban esztétikai hibának tekinthető. A bükk álgesztjének kémiai összetételével az 1.5. fejezet »Az álgesztesedés molekuláris folyamatai« alfejezete foglalkozik részletesen.

A bükk álgesztjének különböző megjelenési formái lehetnek (6.7.-12. ábra). A kör alakú és felhős megjelenés nagy valószínűséggel egészséges (nem gombabontott) szövet, míg a csillagosban nagyobb valószínűséggel találunk gombafertőzést.



6.7.-12. ábra. A bükk álgesztjének jellegzetes megjelenési formái.
A – kerek álgeszt, B – felhős álgeszt, C – csillagos álgeszt,
D – korhadt álgeszt (Trenciansky et al. 2017)

A bükk faanyagának tartóssága

Horváth Norbert

A kitermelt bükk rönk alapanyagok faanyagvédelmi szempontjából az álgesztesedés és fülledékenység jelenségei emelhetők ki elsősorban. Molnár és Bariska (2006) nyomán a bükk álgesztesedése az idősebb törzseknél rendkívül gyakori. Tuzson (1904) közel száz bükkfa egyedet, ezekből pedig 38-at teljesen feldarabolva vizsgált, melynek során azt tapasztalta, hogy az álgeszt minden esetben a korhadt ágcsapoktól indul ki, ahol a kiterjedése is a legnagyobb mértékű. Vizsgálatai arra engedtek következtetni, hogy az élő fák álgesztképződése elsősorban a korhasztó gombák megjelenésének és károsításának köszönhető. Míg Bálint (1956) a korabeli megfigyelésekre alapozva megállapítja, hogy az álgeszt megelőző védekezésésképpen a fertőzési kapu megjelenését követően keletkezik, és meglepte nem minden esetben bizonyítja a farontó gombák megtelepedését, addig Molnár és Bariska (2006) hasonló gondolatmenet mentén fiziológiai okokra (pl. öregedés, vízellátási zavarok), vagy mechanikai sérülésekre vezetik vissza a kialakulását. Tuzson (1904) a bükk fateste fülledésének lefolyásával és annak elkerülésével kapcsolatos faanyagvédelmi megállapításai jórészt azonban mind a mai napig helytállóak. Megállapításai szerint a kitermelt bükk rönkök tavaszi, felmelegedő időszakban történő fülledését főként a *Stereum purpureum* és *Hypoxylon coccineum* gombafajok, mint elsődleges fertőzők okozzák. A száradás előrehaladtával a markánsabb fehérkorhadást előidéző fajok (pl. *Coriolus versicolor*, *Stereum hirsutum*) is megtelepedhetnek a faanyagon. Tuzson (1904), Bálint (1956), valamint Gyarmati és munkatársai (1975) megállapításai szerint a kitermelt és betárolt bükk rönkök kiegészítő védelméről a tavasztól őszi tartó időszakban kiemelten gondoskodni szükséges.

Varga és Csupor (1996) a kitermelt bükk károsodási problémáival foglalkoztak behatóbban, melynek kapcsán hangsúlyozzák a megfelelő, téli időszakban történő fadöntés fontosságát. A bükk faanyagot feldolgozó fűrésztelepeken és lemezipari üzemekben a fülledés megakadályozását, mint elsődleges faanyagvédelmi problémát jelölik meg, mivel a folyamat előrehaladott stádiumában a füllesztő gombák már korhadást is okoznak a fatestben (6.7.-13. ábra). Megállapításaik szerint a védekezési lehetőségek között elsősorban a megfelelő tárolás, gyors feldolgozás, vízzel való locsolás, azaz a szakszerű technikai faanyagvédelmi intézkedések nyújthatnak megfelelő eredményt.

A fülledésre való érzékenység miatt az egészséges, károsodásmentes bükk rönkök tárolását és feldolgozását az ún. FIFO (first in first out) elvet betartó nyilvántartási rendszer alapján szükséges megvalósítani úgy, hogy a rönkök minél rövidebb ideig kerüljenek betárolásra. Előrehaladott rovar- és gombakárosítás igazolása esetén a rönk alapanyagok mesterséges vízszanedvesztését (locsolás, áztatás) annak aktivitásától függetlenül kerülni szükséges. Az ilyen rönkök minél előbb kérgezendők és feldolgozandók, akár a nyilvántartási rendszer alapján felállított ütemtervet is felülírva. Az áztatók, visszaforgatott locsolóvíz tározók vízkészlete félévente cserélendő a faanyagok elszíneződésének, egyéb károsodásainak elkerülése érdekében. Áztatók esetében a rönkök bolygatásáról, lesúlyozásáról vagy kiegészítő locsolásáról szintén gondoskodni szükséges az egyenletes nedvességeloszlás érdekében (Horváth 2023).

Mivel az álgesztesedés és a fülledés a bükk edényeiben egyaránt parenchimatikus tömösejtképződéssel (tílisz, tillisz) jár, így faanyagvédelmi szempontból az ilyen faanyagok nehezebben telíthetők (Gyarmati et al. 1975; Molnár & Bariska 2006). Faanyagvédőszerrel történő telítésre, nagyipari mélyvédelemre főként a fel-

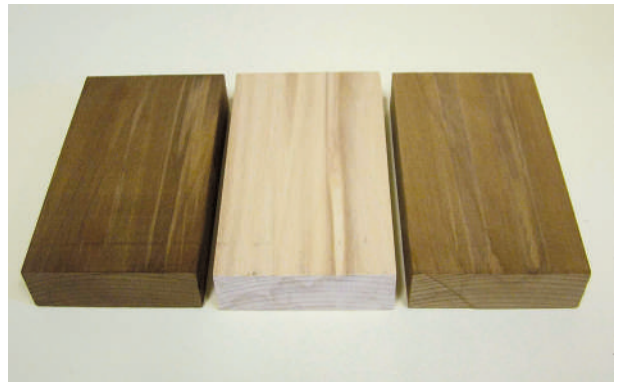


6.7.-13. ábra. Előrehaladott állapotú fülledés bükk faanyagon – márványosodás (Fotó: Horváth Norbert)

dolgozott és kültéren beépített szerkezeti elemek (pl. vasúti talpfák) esetében van szükség. Mivel az MSZ EN 350 szabvány szerint az álgesztes bükk nagyon nehezen (4. osztály), az álgeszt nélküli pedig könnyen telíthető (1. osztály), így a vasúti talpfák esetében az utóbbi alapanyagok felhasználása javasolt. A bükk faanyaga a farontó organizmusokkal szembeni ellenállóképesség alapján rendkívül alacsony természetes tartóssággal rendelkezik. A fent említett szabvány szerint a farontó bazídiumos gombákkal szemben a bükk fája nem tartós (5. osztály). A könnyen telíthetőségének és a korhasztó gombákkal szembeni rendkívül alacsony tartósságának köszönhetően a gombaállósági vizsgálatok (pl. MSZ EN 113) egyik referencia anyaga. A termikus faanyagmodifikációk szempontjából is megfelelő alapanyagként tekinthető a kellően magas sűrűsége és a magasabb kezelési hőmérsékleteken tanúsított kedvező viselkedése (pl. mérsékelt repedésképződés) alapján. Horváth (2008), Horváth és munkatársai (2009) a kevésbé tartós hazai lombos fafajok kísérletbe vonásával jó minőségű, repedésmentes, megfelelő szilárdságú és tartósságú faanyagot eredményező modifikációs eljárás fejlesztésének céljával a Soproni Egyetem egykori Faanyagtudományi Intézetének vezetésével hazai alapanyagbázisra épülő laboratóriumi és félüzemi kísérleteket végeztek az ezredfordulót követően. A modifikációs eljárások 180 és 200 °C hőmérsékleten, különböző kezelési idők mellett normál légköri levegőben folytak. A vizsgálatok során a faanyag fizikai és mechanikai tulajdonságainak meghatározása mellett különös figyelmet szenteltek a farontó gombákkal szembeni ellenálló képesség változására is. A bükk faanyagára vonatkozó eredményeik többek között rámutattak, hogy nemcsak a natúr bükk ellenálló képessége javítható a lepketapló (*Trametes versicolor*) bontásával szemben, hanem az álgesztes bükk színhomogenizálása (6.7.-14. ábra) is megcélozható a kezelésekkkel.

A hazai faanyagmodifikációs eredményekkel összehasonlításban Plaschkies és Weiß (2008) eredményei is igazolták, hogy a bükk szabvány szerinti „nem tartós” (5. osztályú) faanyaga a termikus kezelésnek köszönhetően több osztállyal javítható.

A bükk fatestének bizonyos rovarkárosítókkal szembeni ellenállóképessége szintén alacsony. Ennek megfelelően egyes területeken (pl. műemlékvédelmi épületekben) még a beltérben beépített, szobaszáraz faanyagok kémiai védelméről is gondoskodni szükséges egyes kopogóbogár-félék (Anobiidae) károsítása ellen (Bálint 1956; Gyarmati et al. 1975).



6.7.-14. ábra. A száraz termikus modifikáció színhomogenizáló hatása álgesztes bükk faanyagon (Fotó: Horváth Norbert)

A bükk gőzölése

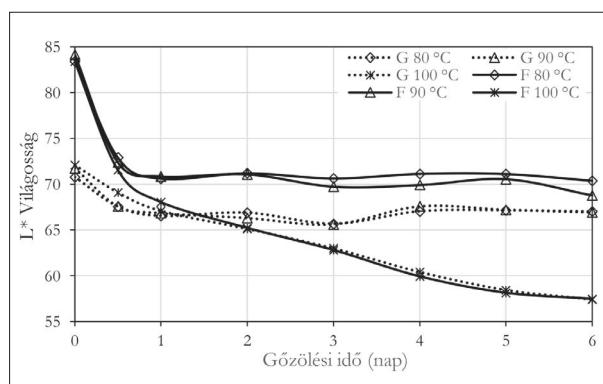
Tolvaj László

A bükk faanyag színe szürkés-fehér árnyalatú. A késői pászta kismértékben sötétebb, mint a korai pászta, ezért a húrmetszeten szép rajzolatot eredményez. A bélsugár tükrök is változatosságot adnak a faanyag felületének. A bükk faanyag gőzölése az iparban elterjedt gyakorlat. Elsősorban egy enyhén vörös színárnyalat elérése érdekében végeznek gőzölést, módosítva a bükk eredendően szürkés-fehér színét (Tolvaj et al. 2006; Dzurenda 2013, 2022; Geffert et al. 2017; Dzurenda & Dudiak 2020; Konopka et al. 2022). A másik színbeli probléma a napjainkban egyre nagyobb méreteket öltő álgesztesedés. A szabálytalan kontúrú álgeszt színe jelentősen sötétebb és vörösebb, mint a natúr bükk faanyagé. Ráadásul az álgesztes faanyagon belül a környezetüknél lényegesen sötétebb csíkok is megjelennek, növelve a színbeli inhomogenitást. A gőzölés a fehér és az álgesztes bükk faanyagok közötti színbeli inhomogenitást jelentősen tompítja (Tolvaj et al. 2009). A faanyag könnyebb megmunkálása érdekében szintén gőzölik vagy főzik a faanyagot késeles és hámozás előtt. Tudományos kísérletek mutatják, hogy a faanyag szárítását segíti, ha a szárítás előtt gőzölést végeznek.

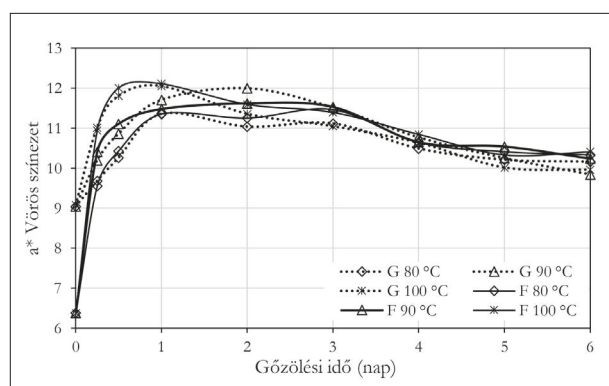
A gőzölés fellazítja a faanyag szöveit segítve a vízmolekulák áramlását a kapillárisokon keresztül. A gőzölés részben megszünteti a faanyagban felhalmozódott növekedési feszültségeket, ezzel csökkentve a száradásnál előforduló repedezést (Yuan et al. 2012; Ratnasingam et al. 2014).

Szisztematikus laboratóriumi gőzölési kísérleteket végeztünk annak feltárására, hogy a gőzölési hőmérséklet és idő hogyan változtatja meg a fehér és a színes (álgesztes) bükk faanyag színét. A vizsgálatok közben már szabad szemmel jól látható volt, hogy a színváltozás döntő része 12 óra alatt lejátszódott. Egy nap után már nem történt észrevehető változás. Azt is megfigyeltük, hogy az álgesztes anyag színe alig változott, míg a fehér faanyag színe az álgesztes rész színe felé tolódott el. Szabad szemmel is megállapítható volt, hogy a gőzölés hatására a fehér faanyag a színes geszthez hasonló színárnyalatot vesz fel. Tehát a gőzölés alkalmas az álgesztet is tartalmazó bükk faanyag színhomogenizálására. Az is kiderült, hogy a színhomogenizálás (a 80–100 °C tartományban) alig függ az alkalmazott hőmérséklettől. Ezért költségtakarékossági okokból 90 °C feletti hőmérsékleten nem célszerű a bükk faanyagot gőzölni.

Az objektív színérések pontosan mutatják a hőmérséklet és a gőzölési idő szerepét a bükk faanyag színváltozásában. Az összehasonlítás érdekében az élőnedves állapotban gőzölt fehér és színes geszt világosságának változását együtt mutatja a 6.7.-15. ábra a gőzölési idő és a hőmérséklet függvényében. Az álgesztes faanyag esetében csak a viszonylag homogén színű felületeken végeztünk színérést. A sötét csíkokat kizártuk a vizsgálatból. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a hatásos gőzölési idő 18 óra körüli érték. Ez az idő alig függ a gőzölés hőmérsékletétől (a vizsgált tartományban). Tovább gőzölve 95 °C alatt a világosság változása nem függ a hőmérséklettől, és a világosság alig csökken a gőzölési idő növekedésével. A fenti megállapítások a fehér és a színes gesztre egyaránt vonatkoznak. A világosság folyamatosan csökkent 100 °C-on a vizsgált időintervallumban. Ez a csökkenés fehér faanyag esetében jelentősebb volt, mint a színes geszt esetében. A fehér faanyag világossága másfél napos gőzölés után elérte a színes geszt világosságát.



6.7.-15. ábra. A fehér (F) és az álgesztes (G) bükk világosságának változása a gőzölési idő és a hőmérséklet függvényében



6.7.-16. ábra. A fehér (F) és az álgesztes (G) bükk vörösszínzetének változása a gőzölési idő és a hőmérséklet függvényében

sebb álgeszté. Így a kétféle faanyag színzete is közel került egymáshoz. Egy napi gőzölés után a változás minimális volt mindkét faanyag típus esetében, és az azonos gőzölési időkhöz tartozó színpontok távolsága sem változott. A vörösszínzet csökkenése a maximum elérése után azt mutatja, hogy a gőzölés által létreho-

A szabálytalan sötét csíkok világossága a gőzölés során nem változott meg számottevően, de az álgesztes faanyag sötétedése miatt nem voltak annyira feltűnőek, mint a gőzöletlen faanyag esetében. A fehér faanyag 15–18%-kal míg az álgesztes faanyag 6–7%-kal sötétedett az eredeti világosság értékéhez képest egynapos gőzölés során.

A bükk faanyag vörösszínzetének értéke intenzíven növekedett a gőzölés első napja során (6.7.-16. ábra). A gőzölést tovább folytatva a vörösszínzet értéke lassan csökkent. Az álgesztes faanyag vörösszínzete a gőzölés előtt 1,4-szer magasabb volt, mint a fehér bükk faanyagé. A fehér faanyag vörösszínzete az első 6 órában sokkal erőteljesebben növekedett, mint a természetes állapotában már vörö-

zott színképző vegyületek termikusan nem stabilok, és a további gőzölés során degradálódnak, csökkentve a vörös színezet értékét. Ezért a gőzölési gyakorlatban nem célszerű az alkalmazott hőmérséklethez tartozó maximum gőzölési idejét túllépni. A fehér faanyag 78–90%-kal, míg az álgesztes faanyag 26–33%-kal növelte a vörös színezetének értékét a gőzölés előtti értékhez képest egy napos gőzölés során. A gőzölés nem változtatta meg számottevően a fehér és az álgesztes bükk sárga színezetét.

A 6.7.-17. ábra a színezeti szög és a telítettség (színezet dúság) változását szemlélteti a gőzölés során. A görbék baloldali kezdőpontjai a gőzöletlen minták színezetét mutatják. Ezt követik a gőzölt minták színpontjai növekvő gőzölési idők esetén. (A gőzölési időtartamok a 4.6.-16. ábráról leolvashatók.) A fehér faanyag színezete 15°-kal tolódott el a vöröses-barna irányába, míg az álgeszt színezete 10°-kal vándorolt el ugyanabba az irányba. Ez az ábra is jól mutatja, hogy egynapos gőzölés után nemkívánatos visszafordulás történik. A színtelítettség (az origó és a színpont távolsága) nagysága kismértékben növekszik a gőzölés első napján, majd csökkenni kezd a további gőzölésnél a fehér faanyag esetében. A szín élénkülése fontos esztétikai eredménye a gőzölésnek. Az álgesztes faanyag telítettsége nem változik jelentősen a gőzölés első napja során, ezt követően viszont kismértékű csökkenést tapasztalunk.

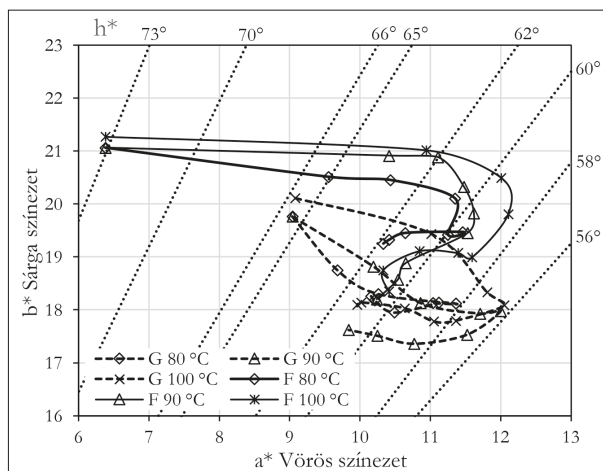
A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy mind gazdaságossági, mind esztétikai szempontból bükk faanyag esetében az atmoszférikus nyomáson (100 °C alatt) történő gőzölés javasolható, és nem célszerű egy napnál tovább gőzölni. Fontos megjegyezni, hogy nagy vastagságú faanyag gőzölése esetén az egynapos gőzölési idő onnan számolandó, amikor a faanyag teljes keresztmetszetében felvette a gőzölő tér hőmérsékletét. Az eredmények jól mutatják, hogy a gőzölés színhomogenizáló hatású a fehér és színes gesztet vegyesen tartalmazó faanyag esetében.

A bükk faanyagának módosítása

Bak Miklós

A faanyagmodifikáció régóta tárgya a faanyagtudományoknak, kiemelt fontosságot azonban elsősorban az elmúlt évtizedekben kapott. Lényegét a következő meghatározás foglalja össze (Hill 2006): „A faanyag modifikációja magában foglalja a kémiai, biológiai és fizikai behatásokat az anyagon, amelyek a kémiai összetétel maradandó megváltozását okozzák, a kívánt tulajdonságok javulását eredményezve. A modifikált faanyag azonban a termék életciklusának végén a megsemmisítéskor nem okoz nagyobb környezetterhelést, mint a kezeletlen anyag.”

A modifikációs eljárások legelterjedtebb módja a hőkezelés 180–200 °C körüli hőmérsékleten. Ezzel kapcsolatban Horváth (2008) levegőatmoszférában, Németh és munkatársai (2012) pedig paraffin közegben hőkezelt bükk faanyagon végeztek részletes vizsgálatokat. Az alkalmazott magas hőmérséklet hatására megindul a kémiai összetevők hőbomlása. Emiatt a sejtfal higroszkóposága mérséklődik, az egyensúlyi fanedvesség csökken, így a hőkezelt bükk méretstabilitása növekedik. A hőkezeléssel csökkenthető a gombabontás mértéke is, így a bükk faanyag gombaállósága jelentősen növelhető. Ezzel lehetőség nyílik a faanyag kültéri alkalmazására, mint például járőfelületek, burkolatok kialakítása. A farontó gombákkal szembeni ellenállóképesség növelése mellett más, a felhasználás szempontjából fontos változások is fellépnek. Szembe-



6.7.-17. ábra. A fehér (F) és az álgesztes (G) bükk színpontjainak vándorlása az a*–b* síkon a gőzölés során. Az ábra megjeleníti néhány konstans színezeti szög (h^*) vonalát (pontozott vonalak)

tűnő a kezelés színmódosító hatása, mely egyrészt a bükk faanyag sötétebb színárnyalatainak elérését teszi lehetővé, másrészt az álgesztes farészek színbeli különbségeit, kontrasztját is csökkentheti (Tóth 2016). Ezáltal az így kezelt faanyagok beltéri felhasználási köre is szélesedik, mint például burkolatok, dekorációs felületek kialakítása. A hőkezelés esetén figyelemmel kell lenni a szilárdsági értékek változására is. A szilárdságok jellemzően csökkennek, ami hatással van a felhasználhatóságra is. A faanyagvédelmi szempontú modifikálás során a magasabb hőfokon végzett kezelések kívánatosak a megfelelő védőhatás eléréséhez, így meg kell hozni azt a kompromisszumot, hogy a szilárdság jelentősebben csökken.

A faanyagok módosításának másik elterjedt módja még a telítés olyan különböző anyagokkal, amelyek a faanyaggal nem lépnek kémiai reakcióba. Erre a célra a bükk faanyag különösen alkalmas, mivel jól telíthető. A telítésen alapuló modifikáció egy környezetbarát módját vizsgálták Németh és munkatársai (2015). Bükk faanyagot méhviasszal telítve mérsékelhető a vízfelvétel a sejtüregek eltömítése és a viasz vízlepergető hatása által. Ennek hatására mérsékelhető a gombabontás mértéke is, így talajjal közvetlenül érintkezve is növelhető a bükk faanyag élettartama, amit az elvégzett vizsgálatok is alátámasztanak. A károsító szervezetek általi lebontás azonban nem állítható meg ilyen módon, legfeljebb lassítható. Az eljárás előnye azonban, hogy természetes anyagok felhasználásával érhető el javulás.

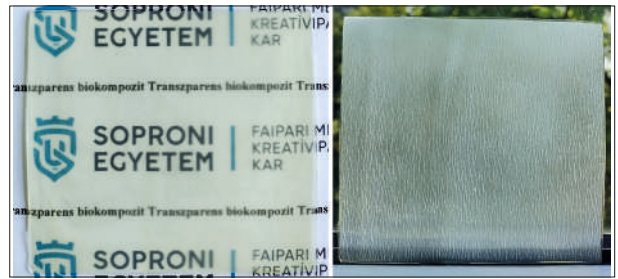
A bükk faanyag módosításának ígéretes lehetősége a hosszirányú tömörítés, mint termo-higro-mechanikai eljárás (Báder & Németh 2018, 2019, 2023; Báder et al. 2019). Ennek során a faanyagot előzetes, gőzöléssel végzett lágyítás után, rostirányban összenyomják különböző mértékben (~20%). A sejtfalak ennek hatására harmonikaszzerűen hullámossá válnak, így a hajlíthatóságuk jelentősen javul, a kezeletlen faanyagénál sokkal kisebb hajlítási sugár érhető el a faanyag károsodása nélkül. Szövetszerkezeti és mechanikai jellemzői különösen alkalmassá teszik a bükk faanyagot erre az eljárásra.

A nanorészecskék felhasználása a faanyagok módosításának területén is egyre inkább terjedőben van az utóbbi évtizedben. Több eljárás hazai vizsgálata megtörtént az elmúlt évtizedben. Ezek a modifikációs eljárások a méretstabilitást, illetve a gombakárosítókkal szembeni ellenállóképesség javítását tűzték ki célul. A vizsgált modifikáló anyagok között voltak különböző fém nanorészecskék, mint a cink-oxid, a cink-borát, a réz-oxid, a réz-borát, valamint az ezüst (Lykidis et al. 2016; Bak & Németh 2018). Ezekkel kezelve a bükk faanyagot alacsony koncentrációk alkalmazása mellett sikerült jelentősen mérsékelni a gombabontást. A kifejlesztett kezelések elsősorban fehérkorhasztó gombákkal szemben nyújtottak védelmet. A kimosódással szembeni ellenállás sajnos a cink-oxid kivételével nem bizonyult megfelelőnek.

Különböző nanorészecskéken alapuló modifikációs eljárásokat alkalmazva egységesen megállapítható volt a bükk faanyag esetében, hogy a méretstabilitás már alacsony koncentrációk alkalmazása mellett is jelentősen javítható, illetve a pára- és vízfelvétel mérsékelhető. Míg a hagyományos szol-gél eljárásokat alkalmazva 40–60 tömegszázaléknyi modifikálószer faanyagba juttatása volt csak hatékony, addig a különböző hidrofób szilícium nanorészecskék alkalmazása már 5–10 tömegszázalék bejuttatása esetén is jelentős javulást eredményezett. A méretstabilitás javítását a sejtfalak hidrofóbbá tétele és részleges eltömítése által sikerült elérni az alkalmazott eljárásoknál. Egyes esetekben színváltozás is fellép mellékhatásként, ami jellemzően sötétebb, barnás árnyalatokat jelent. A bükk faanyagon vizsgált eljárások között szerepelt a mikroporózus szilícium aerogél (Bak et al. 2022), a különböző módokon hidrofobizált szilícium nanorészecskék (Bak et al. 2018, 2023), valamint a titanát nanocső és nanoszál faanyagba juttatása telítéssel (Bak et al. 2017).

Az átlátszó fa egy újfajta bioalapú kompozit anyag. Előállításánál a faanyag színéért felelős részeket, mint a lignint és az extraktanyagokat, különböző vegyszerek segítségével ki kell vonni a fa szerkezetéből. Fontos, hogy a folyamat során a hierarchikus sejtszerkezetet megőrizzük. Az így kapott delignifikált vagy ligninmódosított faanyagot telíteni kell egy, a cellulóz fény törésmutatójával megegyező fény törésmutatóval rendelkező műanyag monomerjével és in situ elvégezni a polimerizációs folyamatot. Erre a célra leggyakrabban PMMA-t (poli(metil-metakrilát)) vagy epoxi gyantát alkalmaznak. Az átlátszó fa előállításához a bükk faanyag is jól alkalmazható faj. Yaddanapudi és munkatársai (2017) arról számoltak be, hogy a bükkből készített átlátszó fa 70%-os fényáteresztéssel és 49%-os homályossággal rendelkezik. Hazai viszonylatban is alkalmaznak bükk faanyagot az átlátszó fa kutatásában. Különböző ligninmentesítő és ligninmodifikációs

kísérletek folynak elsősorban (Takács & Bak 2022). Illetve epoxi gyanta (6.7.-18. ábra) és politejsav alkalmazásával előállított átlátszó fára találunk példákat (Takács 2022). Az átlátszó fa a későbbiekben jól alkalmazható lehet az ablakgyártás vagy akár a napelemek gyártása során.



6.7.-18. ábra. Bükk furnérból, epoxigyanta felhasználásával készült átlátszó fa

A bükk faanyagának ragasztása, felületkezelése

Csiha Csilla

A kültéri és beltéri fatermékek tervezése és gyártása során különböző, speciálisan a célnak megfelelő tulajdonságú és kémiai összetételű ragasztó és felületkezelő anyagokat ajánlott használni. A bükkfa ipari felhasználása hosszú időn keresztül főként beltéri fatermékek gyártására korlátozódott, elsősorban a faanyagra jellemző fülledékenység, illetve gyenge tartóssága miatt (az MSZ EN 350:2016 szerint gomba ill. rovar károsítókkal szemben DC 5/DC S „Nem tartós” osztályba tartozik), amely a kültéri nedves környezetben való felhasználás mellőzését indokolja. Az utóbbi években azonban az elérhető fenyő alapanyag visszaesése, a jövőbeli kilátások és a rendelkezésre álló jelentős fakészletek indokoltá tették például Németországban a bükkfa rétegelt ragasztott tartó céljára való alkalmasságának vizsgálatát, majd ilyen tartók gyártását és szerkezeti alkalmazását megfelelő technikai faanyagvédelemmel. Ettől a helyzettől eltekintve azonban a faipari kutatásokban a bükkfa különleges szerepet tölt be: függetlenül attól, hogy kültéri vagy beltéri felületkezelő vagy ragasztó anyagok elemzéséről van szó, gyakran használják az összehasonlító vizsgálatok során etalonként, szórt likacsú, viszonylag homogén mikroszerkezete miatt.

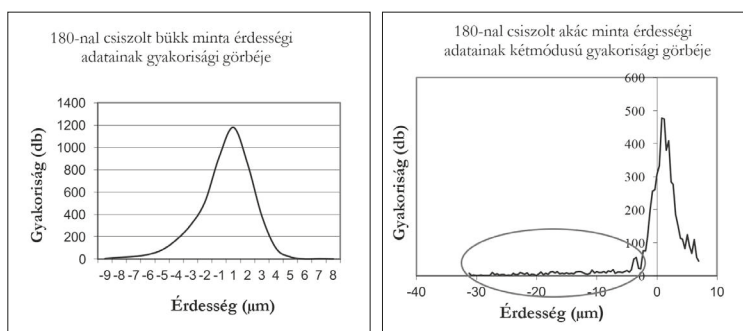
Ez a magyarázata annak, hogy az MSZ EN 302: 1-7 „Ragasztóanyagok teherviselő faszerkezetekhez” című szabványsorozat is a bükk faanyagot írja elő tesztfaalként, annak ellenére, hogy a rétegelt ragasztott tartók és faszerkezetek első sorban fenyőből készülnek. A kísérletek során kapott eredmények kiválóan alkalmasak a ragasztóanyag minősítésére, mert a fenyőfélék korai és késői pásztya közötti sűrűségbeli különbség és változatos (a vágásiránytól is függő) évgyűrűszerűség által generált nagy szórás a homogén szerkezetű bükk használatával kiküszöbölhető. A nem tartószerkezeti felhasználású faipari ragasztóanyagok húzó-nyíró ragasztószilárdságának meghatározására az EN-MSZ 205-ös szabvány szintén a bükkfát írja elő kísérleti faanyagként.

A bükknek, mint kellően homogén szerkezetű fafajnak jelentős szerep jutott a fafelületek érdességének minősítése érdekében végzett kísérletek során is. Mind a ragasztás, mind a felületkezelés során kialakuló adhézió egyik fő befolyásoló paramétere a fafelületek érdessége. A megmunkálási minőség meghatározása céljából végzett érdességmérések során számos kedvezőtlen körülmény áll fenn: az érdességmérő berendezéseket fémfelületek mérésére fejlesztették ki, egyesek (pl. a lézeres érdességmérők) korlátozottan, vagy nem is alkalmasak a fafelületek mérésére. Nem készültek és nem álltak rendelkezésre a fafelületek érdességmérését támogató szabványok, amelyek a faanyag anizotrop, inhomogén, esetenként gyűrűs likacsú jellegét figyelembe véve megfelelő mérési és kiértékelési módszert rögzítettek volna. Gondot jelent, hogy a nagypórusú/nagyedényes fafajokon, még nagyon finom megmunkálás mellett is az érdesség mért értékei rossz minőségű, durva megmunkálásra utalnak. Ennek legfőbb oka, hogy akár tapintócsúcsos, akár lézergusaras érdességmérést végzünk, a nagy, nyitott pórusok mélységét a műszer hozzáméri az alapszövet érdességéhez, és a pórusok mélységétől és darabszámától függően oly mértékben torzítja az érdesség értékét, hogy finoman megmunkált fafelület is akár keretfűrészsel előállított felülettel egyenértékű érdességet mutat.

A megmunkálási érdesség megítélése érdekében szükségessé vált a nagyedényes fajok esetében egy olyan érdességmérési módszer kidolgozása, amely lehetővé teszi a nagypórusú fajokon a megmunkálásból eredő érdesség mérését, a megmunkálásból eredő érdesség és az anatómiai érdesség szétválasztása folytán. Az érdességi adatok vizsgálata során a szerző megfigyelte (Csiha & Krisch 2000; Csiha 2003; Csiha et. al. 2004), hogy a szórt likacsú, viszonylag homogén szöveti szerkezetű fajok (pl. bükk) mért érdessége jól korrelál a kézzel tapintható, szemmel látható érdességgel, úgy, hogy a homogén szerkezetű bükk érdességi adatai egymódusú, normális eloszlást mutatnak, miközben a nagyedényes fajok esetében az eloszlás bimodális. Az érdességi adatok eloszlásának elemzése a bükk adataival összehasonlításban elvezetett ahhoz a felismeréshez, hogy a nagyedényes fajoknál a második módus adatai a nagy nyitott edényekhez tartozó érdességi adatok, ami megteremtette egy olyan számítógépes program megírásának lehetőségét, amely azon az elven szűri az érdességi adatokat, hogy az első módus adatai az alapszöveti érdességhez tartoznak, míg a második, kisebb módus adatai a nagy nyitott edények érdességi adatai. A nagy nyitott edények adatai így módon könnyen, gyorsan azonosíthatóvá váltak az eloszlásgörbén. A számítógépes program megírása után (Csiha & Alpár 2003) ezen adatok kiszűrése az érdességi profilból egyetlen kattintással megoldhatóvá vált. A változatos mélységű és darabszámú edényekhez tartozó érdességi adatok kiszűrése és eltávolítása az adathalmazból lehetővé tette az alapszöveti érdesség, illetve az alapszöveten mutatózó megmunkálási érdesség gyors, automatizálható azonosítását olyan nagyedényes fajok esetében is, mint a tölgyek vagy az akác (6.7-19. ábra).

Csiha és Gurau (2011) 60-tól 600-as szemcsefinomságig terjedő csiszolópapírokkal megmunkált bükk felületeken vizsgálták a felfelület érdessége és az elérhető tapadási értékek közötti összefüggést. A bükk, mint kísérleti faj választását a faj homogenitása indokolta, lehetővé téve, hogy a felfelület mikroszerkezeti változatossága minél kisebb mértékben torzítsa a kapott eredményt. A megmunkálási érdességet tapintócsúcsos érdességmérő berendezéssel mérték és a korábbi saját

tapasztalatokra támaszkodva, de külföldi ajánlásokat is figyelembe véve az R_z érdességi paramétert (amely 5 egymást követő szakasz maximális érdességének átlaga) használták az eredmények kiértékeléséhez. Ennek érdekében, hogy a trend megállapítható legyen, célszerűen a tartószerkezeti ragasztóknál gyengébb vizes diszperziós PVAC ragasztó adhézióját mérték. A kísérletek során azt találták, hogy a korábbi várakozásokkal ellentétben, csiszolt felületű mintákon nem definiálható sem egyértelmű növekvő, sem csökkenő trend, hanem három tartomány különül el. A durva, úgynevezett tisztító csiszolások tartományába eső (60, 80, 100) szemcsefinomságok mellett enyhe tapadásnövekedés volt megfigyelhető. Abban az érdesség tartományban, amely a gyakorlatban általánosan alkalmazott csiszolások (120, 150, 180, 220, 240 szemcsefinomság) érdessége, a tapadás közel azonos volt, vagyis mindegy, hogy mennyire finom szemcsével csiszolnak, az nincs hatással a tapadásra, de váratlan eredmény, hogy a tapadás alacsonyabb volt, mint a legdurvább csiszolópapírral csiszolt felületek esetén. Meglepő, új eredmény volt, hogy a 400-as finomságú papírral való csiszolás, ami már-már polírozásnak felel meg, jelentős tapadáscsökkenést eredményezett. Összességében a kutatás megdöntötte azt a gyakorlatban is előforduló vélekedést, hogy a nagyon jó minőségben előcsiszolt felületeken alakul ki a legjobb tapadás, továbbá rámutatott arra, hogy a gyakorlatban alkalmazott csiszolások a tapadás hátrányára szolgálnak. Legkedvezőbb tapadás a tisztítócsiszolásnak számít, viszonylag durva, 100-as szemcsefinomsággal csiszolt bükk felületeken állt elő.



6.7-19. ábra. A homogén szerkezetű bükk érdességének egymódusú gyakorisági adatai az akác kétmódusú eloszlásgörbéjével összehasonlításban

A magas, egyenes növekedésű, nagy átmérőjű rönkválaszték megcsappanásával egyre nagyobb igény mutatkozott a szükséges tömörfa alapanyag ragasztással való előállítására, teherviselő szerkezetek céljára is, mint például a rétegelt ragasztott fa tartók. A korábban félszerkezeti ragasztóként ismert PUR ragasztók a ragasztóanyag fejlesztéseknek köszönhetően tartószerkezeti ragasztóként is elérhetővé váltak, és általánosan alkalmazták őket a fenyőfélék szerkezeti ragasztására. Ugyanakkor a hazai fenyőfélék megbetegedése előre vetítette azt, hogy várhatóan olyan fafajokkal kell majd kiváltani őket, amelyeket tartógyártásra korábban nem használtunk, de megfelelő mennyiségben rendelkezésre állnak. Horváth és Csiha (2016) a fenyőfélék bükkal való kiváltását célozva, egykomponensű, szobahőmérsékleten is kötő, tartószerkezeti PUR ragasztóval végeztek kísérleteket és meghatározták a ragasztás optimális paramétereit, úgymint a nyílt idő, a felhordott ragasztómennyiség, a présnyomás, a présidő, a megmunkálási felületi érdesség, a faanyag nedvességtartalmának olyan értéke, amely mellett a ragasztott kötés nyírószilárdsága nagyobb, mint 10 N/mm^2 .

Benkreif és Csiha (2021) többek között bükk fafajon is vizsgálták az érdességi paraméterekben bekövetkező változás mértékét és trendjét csiszolt felületeken, miközben szisztematikusan csökkentették a mintatestek nedvességtartalmát 30%-ról 6%-ra a faanyagszárítás természetes folyamatához hasonlóan. Megállapították, hogy a minták nedvességtartalmának csökkenése a felületi érdesség csökkenését eredményezi (R_q -val és R_z -vel kifejezve), valamint azt, hogy az érdességcsökkenési reakció fafajfüggő. A fa nedvességtartalma és a felületi érdesség között exponenciális $y=ae^{bx}$ összefüggést találtak ($R^2 > 0,93$). A vizsgálati eredmények alátámasztották azt a korábbi feltételezést, hogy a tangenciális fafelületek általában érzékenyebbek a nedvesség ingadozásra a nagyobb korai pászta részek miatt, mint a sugárirányú felületek, kivéve a bükköt. A bükk felületi érdessége nagyon stabilnak bizonyult a szárítási folyamat során, a tangenciális és a sugárirányú felületek között nem volt jelentős különbség. A bükknél az exponenciális egyenlet lineáris része többnyire a horizontális tengellyel párhuzamos, ami azt mutatja, hogy jelentős stabilitást mutat a nedvesedéssel szemben, akár a 16%-os nedvtartalomra csökkenésig is. Az érdesedés tendenciája a vizsgált fafajok esetében exponenciális egyenletet követ, de az alsó nedvességtartalom régiókban (16%-tól 6%-ig), ami egyébként az ipari fafelhasználásban jellemző faanyag nedvességtartalom, lineáris egyenlet illeszthető, mind az R_a (átlagos érdesség), mind az R_z paraméterekre. Az összes fafaj érdessége 18%-os nedvességtartalom felett mutat magas értékeket. A tanulmány felhívja a figyelmet arra, hogy a fafelületek megmunkálási minőségének értékelésekor figyelembe kell venni a nedvességtartalom torzító hatását.

A ragasztott kötések élettartamának növelése szempontjából új, ígéretes kutatási terület a nanotechnológia. Csiha és munkatársai (2012) bükk és erdeifenyő mintákon nanopolielektrolitokkal végeztek kísérleteket a kötési szilárdság növelése érdekében. Rétegenkénti felhordási (LbL) technológiával több lépésből álló adszorpció eljárással, a nanovegyületek rendezett vékonyréteg-lerakódását hozták létre a fa mikroszerkezetén, a ragasztó nedvesítésének és adhéziójának várt javulása érdekében. Pozitív és negatív töltésű polielektrolitok (PDDA = polidiallil-dimetil-ammónium-klorid) vízzeloldható kationos polielektrolit és PAH (poliallil-amin-hidroklorid) polikation, valamint PSS (polisztirol-szulfonát; nátriumsó) polianion váltakozó, egymás utáni felhordásával alakították a rétegrendeket bükk és fenyő felületeken, melynek során nagyon kis tömegű (0,05 tömeg%) polielektrolitok és nanorészecskék abszorbeálódtak és rakódtak le a fa mikroszerkezeti elemekre. A negatív töltésű PSS és a pozitív töltésű PDDA polielektrolitok felváltva abszorbeálódtak a fafelületeken, összesen 22 rétegben, 5–500 nm vastagságban. Egy mintasorozat szoliter PSS-sel is készült. A famintákat vízbázisú, nem szerkezeti PVAC ragasztóval készítették el, majd a ragasztófugára merőleges húzóerőnek tették ki a kötési szakítószilárdság vizsgálatára. Míg a bükk fafelületek tapadási szilárdsága jelentősen növelhető volt PDDA/PSS kezeléssel, ugyanilyen javulás az erdeifenyőnél csak PSS kezeléssel volt elérhető, mert a bükknél hatásos PDDA/PSS előkezelés erdeifenyőnél egyenesen a szakítószilárdság egyenletes csökkenését okozta. A kapott eredmények azt mutatták, hogy a különböző polielektrolitokkal való előkezelés hatásos lehet, a ragasztási szilárdság akár az 1,3–1,7-szeresére is növelhető. Ugyanakkor kiemelték azt a meglepő tényt, hogy az alkalmazott polielektrolitok hatásossága erősen fafajfüggő. Míg adott polielektrolit-pár valamely fafaj (bükk) ragasztási szilárdságát több mint másfélszeresére növeli, előfordulhat, hogy ugyanaz az anyagpárosítás más fafaj esetében kifejezetten a ragasztási szilárdság csökkenését okozza.

A természetes napsugárzás hatására a fa színe megváltozik, ami kihat mind a bútort-, mind a parkettaipar termékeire. Papp és munkatársai (2012) a napközben és évszakonként változó természetes napsugárzás okozta színváltozás várható mértékének meghatározása érdekében mesterséges xenonlámpás vizsgálatokat végeztek. Radiális és tangenciális felületeken 1 és 200 óra közötti besugárzás során feltérképezték a felületek színváltozását, a napsugárzás hatására bekövetkező időfüggő viselkedés leírása érdekében, hogy jobban megértsék színöregedési folyamataik különbségeit vagy hasonlóságait. A színváltozás jellegét a parketta- és bútortipar legelterjedtebb hazai fafajain, így elsőként bükk, illetve tölgy és nyír mintákon vizsgálták az (a^* , b^* , L^*) CIELAB színparaméterek segítségével. A fa inhomogén, anizotrop szerkezetű, a különböző fafajok tangenciális és sugárirányú metszetei között lényeges különbségek vannak mikroszerkezetben, színben és megjelenésben. A mesterséges xenon sugárzás okozta színváltozást szisztematikusan vizsgálták színállandóságig, radiális és tangenciális vágású bükk felületeken és megállapították, hogy 200 órányi mesterséges sugárzás után a bükk fafaj színe (a tölgyhöz és nyírhez hasonlóan) azonos ponthoz tart, azonban a radiális és a tangenciális felületek színben mindvégig különbözőek maradnak. A legjelentősebb színváltozás a bükk felületeken xenon sugárzásos öregítés első 10 órájában következett be, ami arra enged következtetni, hogy természetes napsugárzás esetében is a fafelület kialakítása utáni első időszakban történik a legjelentősebb színváltozás. Az eredmény rámutatott többek között arra, hogy a színmintával egyeztetve vásárolt bükk furnér szállítmányok és a hasonlóan színmintával vásárolt bútortárgyak színe a tárolás során tovább változik, a változás mértéke pedig attól függ, hogy a vásárlás mennyi idővel később történik, mint a felületek kialakítása. A kutatás eredményei a furnérozásban, a parkettaagyártásban és a bútortgyártásban hasznosulnak.

Papp és munkatársai (2016) további vizsgálatokat végeztek a mesterséges xenon sugárzás természetes napsugárzással való egyenértékűsítése érdekében. Szórtlikacsú, viszonylag homogén, sugárirányban vágott felületű, 150-es szemcsefinomsággal csiszolt bükk mintatesteket 240 órányi mesterséges xenon sugárzásnak tettek ki, miközben Fourier transzformációs infravörös spektroszkópiával (FTIR) is mérték a felületeket. Az eredményekből kiderült, hogy a FTIR spektrummérések a szemmel látható változásokkal jól korrelálnak és alkalmasak az öregedés során bekövetkező fafelület-változások követésére.

A ragasztó tapadásának mérése, a ragasztott kötés ragasztószilárdsági tesztelésével nehézkes, mivel a ragasztók általában erősebb kötést biztosítanak, mint a faanyag kohéziós ereje. A nedvesítési, vagy más néven peremszögből viszont jól lehet következtetni arra, hogy várható-e a felületek jó tapadása. A felületek állapota kritikus a szükséges tapadás eléréséhez. A Young–Dupré egyenlet szerint minél nagyobb a szilárd anyag felületi feszültsége, annál jobb a nedvesedése és a várható tapadása. Az ipari gyakorlat számára kérdés volt, hogy a megmunkálás után eltelt idő hatással van-e a felületeken kialakuló tapadásra, megmunkálás után kell-e sietni és mennyire a felületkezelő és ragasztó anyagok felhordásával, vagy az eltelt idő nincs hatással a kialakuló kötési szilárdságra. Csiha és munkatársai (2012) csiszolt és gyalult bükk felületeket mesterségesen xenon sugárzással öregítve vizsgálták a peremszög változásának trendjét annak érdekében, hogy leírják a fafelületek megmunkálás utáni öregedését és várható tapadási képességét. A peremszöggel jellemzett felületi feszültség minden esetben a frissen vágott felületeken volt a legnagyobb, tehát a legkedvezőbb kötési szilárdság frissen vágott felületeken alakul ki. Különbség mutatkozott azonban a gyalult és a csiszolt felületek időbeni változása között. A gyalult bükk mintákon a peremszög változást az idő logaritmikus természetes függvényeként $y=b_2/(x-b_1)+b_0$, míg a csiszolt felületeken $y=b_2*(e^{b_1*x}-e^{-b_0*x})+b_3$ alakú exponenciális függvényként írták le. A megmunkálás erősebb befolyásoló tényezőnek bizonyult a felületi feszültség időbeni változása során, mint a fafaj. Ugyanakkor meglepő eredménynek mondható, hogy a felületi feszültség csökkenése a sugárzás 10. és 15. órája között megfordult, ismét növekedésnek indult. A kedvező növekedés a mért tartományban gyalult felületeknél elérte a kiindulási, vagyis közvetlenül a megmunkálás utáni felületi feszültség értékét. A szakirodalomban elsőként közzétett megfigyelés azt jelezte, hogy nemcsak közvetlenül a megmunkálás után, hanem a hosszabb raktározás során is előáll ismét egy olyan nagymértékű felületi feszültség, amely kellően nagymértékű tapadás kialakulásának lehetőségét hordozza. A kialakuló tapadásra mind a természetes módosulás, mind a mesterségesen előidézett módosítás hatással vannak.

A hőkezelés olyan eljárás, amely megváltoztatja a faanyag tulajdonságait, mert a sejtfalrétegek természetes alkotórészeit a hőkezelés többféleképpen befolyásolja. Lagana és munkatársai (2021) soproni kutatókkal együttműködve a magas hőmérsékletű kezelés hatását vizsgálták a sejtfalrétegek tulajdonságaira. A tulajdonságokat atomerő mikroszkópos feltérképezéssel és Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópiával (FTIR) vizsgálták. A bükkfát 200 °C-on 1, 3 és 5 órán keresztül oxidáló atmoszférában hőkezelték. A szekunder (S2) réteg és az összetett középső lamella (CML) rugalmassági modulusát, adhéziós erejét és érdességét atomerő-mikroszkóppal (AFM) határozták meg. Az eredmények azt mutatták, hogy a hőkezelés mind az S2 réteget, mind a CML-t érintette. Az S2 réteg merevségét a cellulóz domináns komponens megnövekedett kristályossága okozta, amely 1 órás kezelés után érte el a csúcst. Az ezt követő degradáció az S2, valamint a CML merevségének csökkenését eredményezte. A CML érdességének növekedése 3 órás kezelés után a termikus degradációnak a CML integritására gyakorolt hatásával járt. Az elemzés azt sugallta, hogy a sziringil-lignin csökkenése potenciálisan összefügg a sejtfalrétegek adhéziójának növekedésével. A kutatás rámutatott arra, hogy a hőkezelés sejt szinten bükk esetében olyan változásokat indukál, amelyek hatással vannak az adhézióra.

A ragasztással és felületkezeléssel összefüggő érdességi, tapadási és nedvesítési kísérletek során a bükk alkalmasnak bizonyult az egyéb, nehezen mérhető fafajokon várható adhéziós viselkedés előre jelzésére.

A fehér és az álgesztes bükk faipari célú felhasználása

Báder Máttyás

A bükk Európa-szerte honos, ezért felhasználásának régóta visszanyúló és idővel folyamatosan változó hagyományai vannak. Magyarországra jellemző, hogy követi az európai trendeket, így a bükkfa felhasználása jellemzően megegyezik a tőlünk nyugatabbra fekvő országokéval. Az utóbbi évszázad egyes időszakaiban csak gőzölve igényelte a társadalom, az álgesztet pedig semmilyen formában nem fogadta el. Más időszakokban pedig bármely változatát alkalmazták (Gejdoš & Potkány 2017).

Gyenge időjárás-állósága miatt kültérre nem alkalmas (az EN350 (2016) jelzetű szabvány szerint a gombaállósága 5-ös besorolású, tehát faanyaga nem tartós). Könnyen gyalulható, csavarozható, hajlítható; optimálisan 30 m/s sebességgel fűrészelhető, késelhető és hámozható. Könnyen ragasztható, jól pácolható és lakkozható, jól gőzölhető, azonban az álgesztet nem impregnálható. A bükk fája kemény, sűrű, szilárd, rugalmas. Szárítás során hajlamos a repedésre, a vetemedésre, nagy a zsugorodási- és vetemedési hajlama, emiatt ez a művelet csak megfelelő körülményekkel végezhető. Fahibái a görbeség, álgeszt, repedések, gombák és oxidáció miatti elszíneződések lehetnek (Molnár 2016a; Wagenführ 2007). De nem szabad csupán a faanyagként való felhasználásban gondolkodni, alapanyaga lehet enzimatikus, vegyi és egyéb módszerekkel előállított terméknek is, melyekkel a 4.6. fejezet »A bükk faanyagának nem faipari hasznosítása« című alfejezet foglalkozik.

Az egyik legsokoldalúbban használható fafaj. Magyarországon csak a 19. század közepétől vált általánossá a bútorfaként történő felhasználása. Kb. 250-féle területen készítenek belőle alkatrészeket – álgesztesen is. Európa legfontosabb furnéripari alapanyaga, melyet hámozással és késeléssel is feldolgoznak front- és takart felületekhez egyaránt. A rétegelt lemezt az építészet használja (tartóssági okokból csak beltérben hordozóanyagként, szerkezeti merevítésként), illetőleg bútoripari rétegelt alkatrészeket is készítenek belőle (legjelentősebb a székgyártás: ülőlap, háttámla, továbbá szekrény hátfal). A jármű- és gépipar is alkalmazza, mert rendkívüli szilárdságot biztosít az alkatrészeknek például teherautó platók burkolataként, hajó- és kisrepülőgép-belsőknél. Jelentős mennyiséget használnak fel telített talpfának. Gesztesítő anyagok híján a fehér bükk a legegészségesebb háztartási tömegcikk alapanyag (edény, fakanál, kefetest). Rugalmassága és szilárdsági jellemzői miatt kiváló sportszer (bordásfal) és szerszámnyél-alapanyag. Hagyományos felhasználásai az élelmiszeripari hordódonga, a bognáripari termékek, a kaptafa, a fajtékok és számos esztergált termék, például ajándéktárgyak. Készítenek még belőle mintásra préselt faanyagot, ládákat, munkapadokat,

hangszeralkatrészeket. Tömörfa alkatrészként főként bútorokat (irodabútorok, iskolabútorok, stílbútorok, gyerekszobabútorok, fapultok, székek, asztalok, bútorkeretek), burkolatokat (padlóra, falra) és lépcsőket gyártanak belőle. Szerkezeti faanyagként közepes igénybevételre tökéletes megoldás (Molnár 2016b; Wagenführ 2007). Korpusz bútorokhoz is sokszor választják (Molnár 2016a), ezen felül általános alapanyaga az idegencsap-, vagy tipligyártásnak.

Viszonylag homogénnek tekinthető szerkezete és általánosságban jó minőségű faanyaga alkalmassá teszi a gőzöléses hajlításra (6.7.-20. ábra). Bár az eljárás – melynek sorozatgyártásra fejlesztett változatát Michael Thonet szabadalmaztatta először 1842-ben – igényli a faanyag gőzölését hajlítás előtt, a termék mégsem tekinthető gőzölt bükknek, hisz színe és a faanyag végleges tulajdonságai vajmi kevésbé változnak (Báder 2021). Ez esetben a gőzölés csakis addig tart, míg meglágyul a faanyag szövete és ezáltal hajlíthatóvá válik, ami vastagsági milliméterenként mindössze 2 perc időt jelent telített gőzben, légköri nyomáson (Stevens & Turner 1948). A bükköt a mai napig iparilag hajlítják gőzölve, Magyarországon jelenleg egy cég alkalmazza e technológiát (Tóth 2022). Megemlítendő, hogy lágyítást követő fahajlítás például ammóniás kezelés után is kivitelezhető.

Egy másik lehetőség a rostlágyítási célzatú gőzölést követően a rostirányú tömörítés, ami sok más magas sűrűségű lombos fafajhoz hasonlóan a bükknek is rendkívüli hajlíthatóságot kölcsönöz, akár hideg állapotában is. Azonban az utóbbi évszázadban csökkenő igény mutatkozik a hajlított alkatrészekre, amiben közrejátszottak a világháborút követő tömeges szegénységen felül a 20. század elejétől létrejövő és az évszázad során folyamatosan formálódó divatirányzatok is, amelyek ritkán vagy egyáltalán nem használták a korábban kedvelt, íves fabútorformákat (art deco, bauhaus, minimalizmus stb.) (Báder 2021). Hajókon és repülőgépeken biztonsági okokból kell lekerekített formákat használni, melyek luxus kivitelben sokszor hajlított faanyagból készülnek.

A bükk értékes keverék fajtája a papíripari cellulózgyártásnak, a farost- és forgácslap-gyártásnak, valamint alapanyaga a fagyapotnak és a textilipari viszkóz előállításának. Tartószerkezeti termék alapanyagaként alkalmas mérnöki faszerkezeti elemek, mint BSH, LVL és CLT gyártására. Gyenge tartóssága és jóval olcsóbb fajták rendelkezésre állása miatt azonban a kivitelezők kerülnek (Niemz 2003; Vilpponen et al. 2014; Molnár 2016b; Wagenführ 2007).

Gyakran már a 60 évesnél idősebb állományok is álgesztesednek, tehát általános jelenséggel számolhatunk a fűrészáru-előállítás során. Az álgesztesedés mértéke idővel növekszik. 100 éves kor felett rohamosan nő az állományban az álgesztes egyedek száma, valamint a rönkfelületeken az álgeszt területe (Sopp 1974). Az egészséges barna-vörös geszt iparilag felhasználható akár látszó alkatrészekhez is, de gyakran keletkezik lazább szövetű, gombafertőzött szürke (csillagos) álgeszt, ami műszaki célokra nem alkalmas. A fehér bükkhöz viszonyítva az álgesztes anyagrézsnak nagyobb a repedési és vetemedési hajlama, valamint nehezebben telíthető, ragasztható és felületkezelhető a tiliszesedés miatt (Tuzson 1904; Nečesany 1958; Varga 2000; Molnár 2004; Molnár 2016a). Apostol (2005) szerint azonban az álgesztes és a fehér bükkfa anyaga ragaszthatóság szempontjából azonosan viselkedik, melyet alátámaszt Wagenführ (2007) megállapítása, miszerint fedőfestés esetében az álgeszt jelenléte nem okoz problémát. Ezen felül korpuszalkatrészként korlátlanul alkalmazható, akár a kárpitosiparban is. Az álgeszt elsősorban esztétikai hibának tekinthető, gőzöléssel, valamint erősebb színű felületkezelésekkel csökkenthető a fehér és álgesztes bükk faanyagok közti színeltérés. Emellett az álgesztes anyag sűrűbb, gombakárosítókkal szemben ellenállóbb, kedvezőbbek egyes szilárdsági jellemzői, például az oldalkeményység 10%-kal magasabb. Utóbbi

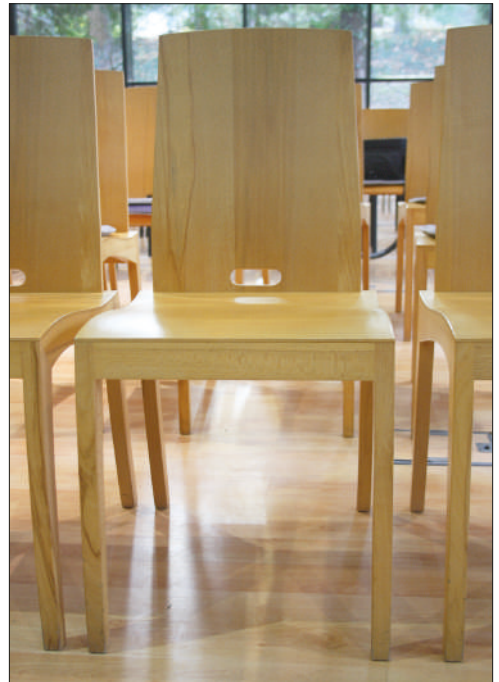


6.7.-20. ábra. Thonet hintaszék nagyméretű, három összetetten hajlított elemből álló bükk alkatrésze

tulajdonság jól kihasználható nagy felületi igénybevételeknél (Varga 2000; Molnár 2004; Apostol 2005; Varga F.-né et al. 2006; Molnár 2016a).

Az álgesztes bükk faanyag strukturálatlan, egyenlőtlen elszíneződései csakis egyedi, kis volumenű gyártásnál vehetők igénybe, mert bútorok sorozatgyártásában nem lehetséges álgesztes faanyagból egységes kinézetű terméket létrehozni. Így a foltos vagy sávosan egyenlőtlenül sötét csíkos megjelenése miatt bútoripari, belsőépítészeti felhasználása korlátozott (Biró 2004; Apostol 2005). Ilyen szempontból hátrányos az álgeszt, azonban egyes esetekben sikerült az előnyére fordítani ezt a tulajdonságot, amikor a vásárlói kör kimondottan rajzos, a színek játékát felhasználó kecses, dekoratív és nagyon egyedi megjelenésű (6.7.-21. ábra), vagy akár robotsztus, rusztikus hatású bútorokat keresett. Ilyenkor éppen az álgeszt tekinthető előnynek (Wagenführ 2007).

Wagenführ (2007) az álgesztes bükköt lakótérben például bútorfrontokként, parkettaburkolatokként történő felhasználásra ajánlja. Egyes tulajdonságok, mint a magas keménység és kopásállóság kiváló padlóburkoló anyaggá teszi (Biró 2004), Apostol (2005) szerint faforgácslap gyártáshoz is választható. A juvenilis résztől mentes álgesztes anyag – megfelelő felhasználási körben – egyenrangú tulajdonságai révén helyettesítheti a fehér bükk anyagát és ezzel piacképes áruvá válhat.



6.7.-21. ábra. Álgesztet is tartalmazó bükk székek a Soproni Egyetem Lignum látogatóközpontjában. Érdeklőség, hogy a tölgyfa széklábakon és a furnérból készült rétegelt-ragasztott elemeken egyaránt megfigyelhető az álgeszt

A bükk faanyagának nem faipari hasznosítása

Németh Róbert

A faanyag, mint megújuló lignocellulóz alapanyag kémiai feltárás útján – a faiparon túl – számos ipari területen is felhasználást nyerhet. Az 1.5. fejezet »Az álgesztesedés molekuláris folyamatai« c. alfejezete részletesen bemutatja a bükk faanyagának kémiai összetételét. Burghardt (1956) részletesen foglalkozik a fa száraz lepárlásával. A faszén a gazdasági és védelmi iparban egyaránt fontos szerepet tölt be. Ezt a szénféleséget szintetikus előállított anyaggal pótolni egyelőre nem lehet. Gazdaságos előállításának módja a fa száraz lepárlása. Ezen a tényen alapszik világviszonylatban is a falepárlás létjogosultsága.

Természetesen a falepárlás is nagy fejlődésen ment keresztül, ősi főformájától az erdei boksázástól eljutottunk az automatizált modern folytatólagos üzemű falepárló rendszerekig, ahol az erdei faszén égetésnél veszendőbe menő melléktermékeket is szinte hiánytalanul kinyerjük. Száraz lepárlás során, azaz zárt retortában hevítés alatt, a hő hatására a faanyag bomlik. Ha a termikus bomlásnál keletkezett gőzöket és gázokat felfogjuk, a termékek egész sorozatát kapjuk. A retortában visszamarad a faszén, mint a lepárlás fő terméke. A párlat két részből áll: egy kondenzálható frakcióból és egy nem kondenzálható gázrészből. A kondenzálható rész a nyers „falé”, melynek összetétele: víz, ecetsav és homológjai, faszesz (metilalkohol, aceton, metilacetát), faszeszolajok és kátrány. A nem kondenzálható rész az éghető gáz, melynek alkotói: CO, CO₂, CH₄, és H₂. A lepárlás gazdaságosságát jelentősen befolyásolja a fa alapanyag nedvességtartalma. Burghardt (1961) ezzel a kérdéssel behatóan foglalkozott és részletes technológiai leírást adott az alapanyag nedvességének csökkentésére. Ugyancsak Burghardt (1957) foglalkozik a fa termikus bomlásánál keletkezett legfontosabb illó terméknek, az ecetsavnak a faléből való kinyerésével.

Az európai lombosfák közül a bükkfából kapjuk a legtöbb lepárlási terméket (kb. egyenértékű vele falepárlási szempontból a gyertyán és a juhar, Ázsiában a bambusz). Magyarországon nagyüzemi faszén termelés az 1950-es évektől alakult ki. Ekkor „ERDŐKÉMIA Tolmácsi Falepárló Üzem” néven megalakult az első hazai nagyüzemi falepárló gyár. 2011-től a Nógrádi Vegyipari Zrt. átvette a tevékenységet.

A furfurol faipari jelentőségét a hazai szakirodalomban már Kolosváry (1958) leírja. Értekezésében értékeli a félüzemi kísérleteket. Abszolút szárazanyagra vonatkoztatva a bükkfából nyerhető ki a furfurol legnagyobb arányban. Szendrey (1982) a lombosfák (mint a bükk is) hidrolízis útján történő feltárásáról értekezett írásában. A faanyag hidrolízise során a hidrolizátumban a cukrok egyensúlya a pentozánok felé tolódik, ami 5–7%-os növekedést eredményez a furfurol kinyerésében. A fa pentozántartalmának figyelembevételével a kihozatal eléri a 30–35%-ot. A hidrolízis másik lehetősége, hogy a xilóz nem alakul át furfurollá, így a xilóz eredeti formájában kinyerhető az oldatból. A xilóz redukálva xilitet hoz létre, melyet diabetikus édesítőszerként használnak az élelmiszeriparban. A furfurol, mint műanyagipari köztermék, hidegen kötő furán-gyanták monomerjeként szolgál. Ezek főként az öntödei formakészítésben szolgálnak kötőanyagként, de belőlük készül a saválló gitt, valamint a sav- és lúgálló műanyag-betonok is. Emellett a furfurol intermediereként szerepel különböző gyógyszerkészítményekben, mint például a nitro-furán és a furfurol-amin. Extrahálószerként is felhasználják. Melléktermékként keletkezik kis mennyiségű ecetsav és metanol. A főtermékként létrejövő faszén 25–32%-os kihozattal állítható elő. Melléktermékként 4% metanollal, 4% ecetsavval, 4% vízdoldható kátránnyal és 6–10% kiülepitett kátránnyal lehet számolni. Ezek mellett éghető pirolízisgázok és jelentős mennyiségű vizes falé is keletkezik. Szendrey (1982) megjegyzi, hogy a melléktermékeket petrokémiai alapon is előállíthatják, így előfordulhat, hogy a kinyerésük gazdaságosság szempontjából nem előnyös. Az elteelt közel négy évtized megmutatta, hogy a kőolaj alapú gazdaság számos bizonytalanságot rejt magában. Így ma fokozottan érvényes az a kijelentés, miszerint a megújuló alapanyagok felé érdemes eltolni az ipart. A faanyag ehhez a trendhez kiválóan hozzájárulhat, különösen, akkor, ha a kémia e területén elért eredmények mielőbb megjelennek a gyakorlatban.

Megemlítjük a füstölést, mint az élelmiszerek egyik tartósításának módszerét. A legjellemzőbb füstforrás a bükkfa (a tölgyet és az égert megelőzve). Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság 2008-ban tette közzé az élelmiszerekben található policiklikus aromás szénhidrogénekre (PAH) vonatkozó tanulmányának módosított változatát (EFSA 2008). Az írás a füst kémiai összetételét a hőmérséklet függvényében is bemutatja (hideg, meleg és forró füst), valamint megemlíti a lehetséges egészségügyi kockázatokat.

A bükkfa papíripari hasznosításáról ír Károlyiné (2005): „A cellulózgyártás, vagy tágabb értelemben a rostanyag-gyártás területén határozott tendenciák voltak a nyersanyagok felhasználásában. A tűlevelű fák szűkösebb rendelkezésre állása ösztönözte a lombosfák felhasználhatóságának kutatását, amely a 60–70-es években virágzott, s eredményeként ma már jól bevált technológiákkal állítanak elő rostanyagot többek között bükkfából, nyírfából, eukaliptuszból.” A klimatikus körülmények megváltozásának hatására a bükk faanyag nagyobb tömegű kitermelése várható a következő évtizedekben. A nagy kapacitású papírgyárak ki-egyenlíthetik a fapiacot azzal, hogy a kényszerből kitermelt bükkfából értékes cellulózt állítanak elő. Az ún. szennylúgban viszonylag nagy koncentrációban megtalálható lignin hasznosítására már vannak jó példák, például a nem megújuló műanyagok kiváltására. Faipari szempontból a biológiai úton lebomló felületkezelő és ragasztóanyagok gyártásában lehet kimagasló szerepe a ligninnek.

Elias és munkatársai (2018) írásukban megemlítik, hogy a legjelentősebb, feltörekvő faalapú termékpiacokon a következő területeken várható jelentős fejlődés: építőipar, textilipar, vegyi anyagok (beleértve a polimereket), bioüzemanyagok, valamint számos kisebb, speciális terület, mint például a kozmetikumok, élelmiszer-adalékok és gyógyszerek. Az új termékek miatt az iparágak határai egyre nehezebben húzhatók meg, mivel a vegyipar, az energiaszektor és az erdőipar bizonyos mértékig ugyanazt az alapanyagot használják, és ugyanazon piacokra fejlesztenek ki termékeket. A közeljövőben várhatóan teljesen új értékláncok is felépülnek.

A bükk favizsgálói szempontú tulajdonságai

Kelemen Géza és Tuba Katalin

A közönséges bükkal viszonylag ritkán találkozik a favizsgáló szakember, mivel lakott területeinken kevés van belőle. Hiányának oka egyrészt a klimatikus igényeivel, másrészt korlátozott városi alkalmazhatóságával (a metszést kevésbé tűri), illetve természetével hozható összefüggésbe. A bükknek klimatikusan kedvezőbb élőhelyeken, különösen Nyugat- és Észak-Európában, illetve magasabb hegyvidékek településein már jóval több helyen ültetik.

Nálunk, közterületeken, elsősorban szoliter faként alkalmazzák. A fa morfológiája (alakja, törzse, koronája, arányai) az erdei környezethez képest szoliter állásban még ugyanolyan termőhelyen is jelentősen megváltozik, ugyanis itt a szomszédos fák konkurenciája és az így kialakuló versengés nem jelentős. A szoliter példányok kisebbek, magasságuk gyakran csak kétharmada az erdőben álló fák magasságának. A koronafelülete azonban szélesebb, terebélyesebb az erdőben álló társaikéhoz képest. Az erdőben álló bükk magasabb, hosszabb törzsű, keskenyebb koronájú, karcsúbb fa, mint a szabad állásban fejlődő példány. Magánosan vagy lazább állású facsoport tagjaként azonban a fa jobban ki van téve a szél kellemetlen hatásainak, részben emiatt alakul ki a jellegzetes szoliter faalak. Ezek a fák a nagyobb szélnyomás miatt akár kétszeres átmérőjű törzset kénytelenek fejleszteni az ugyanolyan korú erdei társaikhoz képest. Törzsmagassága sokkal alacsonyabb, zavartalan esetben akár földig ágas marad. A vágagai alacsonyan indulnak, hamar vastagodnak, a törzsből tompaszöggel indulnak, emiatt az erdőben álló bükk sudaras növekedése szoliter állásban ritkán érvényesül. Az erdőben vagy zártabb állásban (pl. parkban vagy épületekkel körülveve) a koronaalap magasra tolódik. Ezen túl a vágágak elágazása, vagy az ikertörzs, illetve a villa a törzshöz viszonyítva, vagy másik vágághoz képest hegyesszögben indul. A hegyesszög miatt gyakori a kéregbezáródás, vagy a vízszák, ami pedig a lehasadás, kettéhasadás veszélyét növeli, szemben a szabad állású fa tompaszögű elágazásainak stabilabb felépítéséhez.

A fenti adottságokat szem előtt tartva, a favizsgálat szabályainak megfelelően a részletes ismertetést a gyökérszétről kezdjük, majd haladunk végig a törzsön, a koronáig.

A bükk gyökérzete általában mélyre hatoló, tipikus szívgyökérzet, nagy sűrűségű finom gyökerekkel. A gyökerek hajlamosak összenőni, emiatt meglehetősen kuszának tűnik a gyökérzet alakja. Gyakori a fojtógyökér kialakulása, amin az átvágásuk sem igen segít az összenövés miatt. A gyökérzet mélysége nagymértékben függ a talaj levegőzöttségétől és a talaj termőrétegének mélységétől. A talaj levegőzöttségére a bükk gyökérzete nagyon érzékeny, emiatt különösen rosszul tűri a nem megfelelően alapozott aszfaltfelületek, burkolatok alatti talajt. A szívgyökérzet 80–100 éves kor felett – hasonlóan más, mélyre hatoló gyökérzetű fajokhoz – sekélyebbé válik, az idő előrehaladtával már inkább kiterjedt tányérgyökérzethez kezd hasonlítani. Ennek két következménye lesz: egyrészt a fa alatt kisebb-nagyobb üreg keletkezik, amelyben az állatok búvóhelyet találnak, másrészt az elkorhadó gyökérrendszer gyökfő közeli részeinek korhadása felhatol a törzsbe is, rontva annak szilárdságát. Az üreg idővel igen nagy méreteket érhet el.

A bükk gyökfője középkorú fánál kezd erősen terpeszesedni. A terpesz felfelé gyakran bordákban folytatódik (6.7.-22. ábra). A bordák megjelenését pedig mindig figyelmeztető jelnek kell tekinteniünk. A terpesz a fa stabilitása miatt erősödik, hiszen a talajszint felett már nagyobb tömegű, kiterjedtebb farészt kell megtartaniuk, illetve a törzs gesztjében kialakuló üreg stabilitást csökkentő káros hatását a nagy terpesz képes kivédeni. A gyö-



6.7.-22. ábra. Talajból kiemelkedő gyökerek és bordákban folytatódó széles terpesz
(Fotó: Kelemen Géza és Tuba Katalin)

kérlefutások ilyenkor erőteljes függőleges irányú vastagodásuk és a mélyebben fekvő gyökerek mennyiségének fogyása miatt, de akár a talajerózió következtében is a talajszintből kiemelkednek. Emiatt törvényszerű, hogy a tő közelében sok felszínen futó gyökeret láthatunk. A fa közelében történő munkavégzés során (pl. fűnyírás, gépek mozgása), vagy akár a látogatók faölegetése miatt a talajfelszínre kerülő gyökerek értelemszerűen könnyen megsérülnek és ezzel egyidejűleg fertőzési kapukat nyitnak elsősorban a kórokozóknak.

A csapadékosabb és a meredekebb termőhelyen gyakori a tő közeli gyökerekről a talajlehordás (erózió), de ennek ellentéteként, városi környezetben a talaj (vagy avar) ráhordás, feltöltés is (6.7.-23. ábra). A talajszint változására – vékony kérge miatt – az egyik legszükségesebben a bükk reagál. A frissen felszínre került gyökérzet nem rendelkezik megfelelő védelmet biztosító héjréggel, míg a talajfelszín alá kerülő törzsrészen levegőhiány alakul ki és a héjkérge elkezd korhadni. Ilyen esetben kísértőtünetként gyakori a korona megritkulása, repedések, befűződés, váladék-cseppek megjelenése a tövi részen és a hajtásképződés megindulása szokatlan helyeken.

A bükk sima kérge kősejteket tartalmaz, ami a kéreg keménységét növeli. Azonban ez a kéreg kifejezetten vékony, így törzse, ágai, a talajszintre kibukkanó gyökerei könnyen megsérülnek. A látogatók, turisták a vékony kérget előszeretettel vésik, közölnivalójuknak, kezűgyességüknek, illetve a rendelkezésre álló számszámnak megfelelően kisebb-nagyobb kárt okozva. A kérgen gyakoriak az abiotikus behatásokra visszavezethető sérülések is. A bükk az ilyen károsodásokat általában kiheveri, szemben a közelben mozgó munkagépek okozta nagyobb sérülésekkel.

A bükk törzsére jellemző az ún. fatojások képződése (6.7.-24. ábra). Ezek a kiemelkedések többnyire 80 éves kortól jelennek meg, majd gyakran le is fűződnek a fáról, ugyanis a kéreg a több-kevesebb koncentrikus szerveződésű farostokat bezárja, leválasztva azt az élő fatesttől. A visszamaradó seb pedig jelentéktelen kiterjedésű és hatású. Kialakulásának oka egyelőre nem tisztázott. A fatojást el kell különíteni a különböző daganatoktól, rákos sebektől, amelyek sosem fűződnek le.

A vékony kérgeű fákon, mindeneke előtt a bükk törzsén is találkozhatunk a kínai bajusz megnevezésű képződménnyel (6.7.-25. ábra). Ez mindig az ágak tövén alakul ki, mert ahogy a fa vastagságban növekszik, a törzs és az ág vastagodásával a közöttük maradó kéreg vékony csík alakjában felgyűrődik és parásodik. Ennek eredménye lesz a kínai bajusz. A fávizsgáló a kínai bajusz hosszából, szögéből és a közepén látható ovális foltból, azaz az egykori helyéből következtet az ághely kiterjedésére, a fatestbe süllyedő mélységére és az ág leválása óta eltelt időre. Minél hosszabb és minél laposabb ez a vonal, annál mélyebben ült az ág a fatestben és annál régebben vált le a törzsről. A közepén helyet



6.7.-23. ábra. Feltöltés
(Fotó: Kelemen Géza és Tuba Katalin)



6.7.-24. ábra. Fatojás
(Fotó: Kelemen Géza és Tuba Katalin)



6.7.-25. ábra. Kínai bajuszok
(Fotó: Kelemen Géza és Tuba Katalin)



6.7.-26. ábra. Hullámos, kidudorodó lefutású, gyűrűszerű farostok (Fotó: Kelemen Géza és Tuba Katalin)



6.7.-27. ábra. Ágösszenövés (Fotó: Kelemen Géza és Tuba Katalin)



6.7.-28. ábra. Alvörügyekből induló fönixfák (Fotó: Kelemen Géza és Tuba Katalin)

foglaló ághely kontúrja minél vékonyabb, illetve a törzsbe minél beszimulóbb, annál régebben történt az ág leesése.

A bükk vékony kérge a favizsgálónak több információt is ad, ugyanis a sérülések kiterjedése, szélessége sokat elárul a sérülés keletkezésének módjáról, idejéről és súlyosságáról. Úgy is megfogalmazhatjuk, hogy a bükk kérge régóta vezetett feljegyzésekkel tűzdelt, csak érteni kell a nyelvet.

Bükkön álgesztesedés a mechanikai sérüléseket vagy az ágak törését követően például kínai bajusz környékén alakulhat ki, mint a gombafertőzések elleni védekezés következménye. A bükkről tudjuk, hogy hazai termőhelyeken 80–100 éves kora körül sérülések nélkül is elkezd álgesztesedni. Sajnos a favizsgáló az álgesztet a hangtomográfia csak előrehaladott állapotában, a korhadás megjelenése után tudja kimutatni, mivel az álgesztes faanyag szilárdsági értékei, így a hangvezető képessége eleinte nem különbözik az egészséges faanyagétól. Megjegyzendő, hogy a folyamatban lévő kutatások szerint, a terepi munkáknál ritkábban használt elektromos impedancia (váltóáramú ellenállás) mérésével az álgesztesség kimutatható, mivel az álgesztes faanyag elektromos ellenállása alacsonyabb, mint az egészséges bükkfáé (Göncz et al. 2018). A korhadás megindulása a bütün szabad szemmel is jól látható fekete határolóvonalak (a fatest jelen mű más alfejezetében ismertetett kompartmentalizációs vagy védekezési zónája) kialakulásával köthető össze. Talán majd a még kísérleti fázisban lévő elektromos ellenállásmérés eszközével közelebb jutunk az álgesztesség kimutatásához.

A koronaalap – mint feljebb szó volt róla – alacsonyan található, ám több erős vázággal jellemezhető. Különösen a koronaalaptól induló vastag vázágak tövének külső palástján, de gyakran a fa tövi részén is láthatunk a nagy súly miatt keletkező hullámos, kidudorodó lefutású, gyűrűszerű farostokat (6.7.-26. ábra), amelyek a vékony kérgen a fa testbeszédéként mutatkoznak. Ezek keletkezési okain érdemes mindig elgondolkodni, hogy egy természetes súlynövekedés, vagy esetleg a fa megbillenésének, ezzel egyidejűleg súlypontjának változása okozza-e a felgyűrődéseket.

A vázágak adottságai sem térnek el más fafajétól, de más fafajnál sokkal inkább hajlamosak a bükk ágai fiatalabb korban – hasonlóan a gyökereihez – összenőni (6.7.-27. ábra), majd esetleg újból szétválni (lásd az Ördögigafát Sümeg közelében).

Az életkor növekedésével, az erdőben, de szabad állásban is, az ágak törésének veszélye megnő. A magánosan álló vagy az erdőben hagyásfaként visszamaradó bükkfánál szinte mindig jelentős szél okozta koronatorést tapasztalhatunk. A korona hiányosságait azonban a bükk a másodlagos korona fejlesztésével többé-kevésbé tudja kompenzálni.

Az idős bükk példányok törzse általában csak akkor omlik össze, ha már a korona is jóformán teljesen eltűnt. A már összeomló fázisba kerülő bükkfa, az idős kori visszaszerző képessé-



6.7.-29. ábra. Dendrotelma
(Fotó: Kelemen Géza és Tuba Katalin)

ge miatt hajlamos ún. fönix fává alakulni, amikor az élő részek alvórügyeinek valamelyikéből (6.7.-28. ábra) elkezd az anyafával egyező genetikai állományú, vagy a korhadt, szétmálló részekre hulló magból genetikailag eltérő egyed kifejlődni.

A favizsgálónak, a statikai szempontokon és vizsgálati eredmények értékelésén túl figyelembe kell venni a bükkön előforduló mikroélethelyeket is, így a dendrotelmákat (6.7.-29. ábra), moha és zuzmó bevonatokat (6.7.-30. ábra), tapló termőtesteket, amelyek közül néhány stabilitási szempontból kedvezőtlen hatása is lehet.

Ezek alapján láthatjuk, hogy a bükk számos favizsgálati tulajdonsága meglehetősen általános jellegű, más fajoknál is megfigyelhető elváltozások vizsgálatát kívánja meg, míg vannak markánsan eltérő egyedi adottságai is. Hazánkban elsősorban vérbükkök vizsgálatára szokott sor kerülni. Elmondhatjuk, hogy

a bükkök favizsgálata közösségi tereken, közparkokban, parkerdőkben mindenképpen felelősségteljes feladat.



6.7.-30. ábra. Moha és zuzmó bevonat
kisebb dendrotelmákkal
(Fotó: Kelemen Géza és Tuba Katalin)

Irodalom

- Apostol T. 2005: A bükk rendellenes gesztesedésének fizikai sajátosságai és hatása a felhasználhatóságra. – PhD értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 82 pp.
- Babos K., Filló Z. & Somkuti E. 1979: Haszonfák. – Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 315 pp.
- Bak M. & Németh R. 2018: Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. – *Bioresources* 13(4): 7886–7899.
- Bak M., Molnár F. & Németh R. 2018: Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. – *Wood Material Science and Engineering* 14(1): 48–58.
- Bak M., Molnár F., Rákosa R., Németh Zs. & Németh R. 2022: Dimensional stabilization of wood by microporous silica aerogel using in-situ polymerization. – *Wood Science and Technology* 56(5): 1353–1375.
- Bak M., Németh R. & Molnár F. 2017: Effect of nanoparticles on the wood-water relations. – *Pro Ligno* 13(4): 308–315.
- Bak M., Takács D., Rákosa R., Németh Zs. & Németh R. 2023: One-step process for the fabrication of hydrophobic and dimensional stable wood using functionalized silica nanoparticles. – *Forests* 14(3): paper 651, 13 pp.
- Báder M. & Németh R. 2018: The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. – *Wood Research* 63(3): 383–398.
- Báder M. & Németh R. 2019: Moisture-dependent mechanical properties of longitudinally compressed wood. – *European Journal of Wood and Wood Products* 77(6): 1009–1019.
- Báder M. & Németh R. 2023: A Review of Wood Compression along the Grain-After the 100th Anniversary of Pleating. – *Forests* 14(4): paper 763, 35 pp.
- Báder M. 2021: A természetes faanyag tulajdonságainak módosítása termo-hidromechanikus és vegyi eljárásokkal. – PhD értekezés, Soproni Egyetem, Sopron, 138 pp.
- Báder M., Németh R. & Konnerth J. 2019: Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. – *European Journal of Wood and Wood Products* 77(3): 341–351.
- Bálint Gy. 1956: Beépített faanyagok korhadása és védelme. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 240 pp.

- Benkreif R. & Csiha Cs. 2021: The relevance of wood moisture content when measuring contact angle. In: Young T. M. Y. & Petutschnigg A. (eds.): Book of Abstracts of the 6th International Conference on Process Technologies for the Forest and Biobased Products Industries – PTF BPI. Knoxville (TN), Amerikai Egyesült Államok. – The University of Tennessee, p. 36.
- Biró B. 2004: A bükk álgesztesedés vizsgálata a Somogyi Erdészeti és Faipari Részvénytársaság erdőállományaiban. – PhD értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 121 pp.
- Burghart L. 1956: Falepárlás. – Faipar 4(1): 13–16.
- Burghart L. 1957: A falepárlásból származó ecetsav gyártási módszerei. – Faipar 7(2): 78–82.
- Burghart L. 1961: A fa előszáritásának szerepe a falepárló iparban. – Faipar 11(5): 147–149.
- Csiha Cs. & Alpár T. 2003: Nagyedényes fafajok felületi érdességének értékelése. – Faipar 51: 11–16.
- Csiha Cs. & Gurau L. 2011: Study on the influence of surface roughness on the adhesion of water based PVAC. – Proceedings of International Conference „Wood Science and Engineering” pp. 411–419.
- Csiha Cs. & Krisch J. 2000: Vessel filtration – a method for analysing wood surface roughness of large porous species. – Drearsky Vyskum 45(1): 13–22.
- Csiha Cs. 2003: Faanyagok felületi érdességének vizsgálata „P” és „R” profilon, különös tekintettel a nagyedényes fajokra. – PhD értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 148 pp.
- Csiha Cs., Alpár T. & Magoss E. 2004: Surface roughness profile filtering (Curve Cutter). – COST E 35 Proceedings, Cluny, France, pp. 46–48.
- Csiha Cs., Csóka L. & Litresics G. 2012: Effect of nanotreatment on bond strength. In: Neményi M. & Heil B. (eds.): The Impact of Urbanization, Industrial and Agricultural Technologies on the Natural Environment : International Scientific Conference on Sustainable Development and Ecological Footprint. – Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, p. 5.
- Csiha Cs., Papp É. A. & Valent J. 2012: Feature of contact angle of ageing Beech and Birch surfaces. In: Németh R. & Teischinger A. (eds.): The 5th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe 2012: Proceedings of the „Hardwood Science and Technology” Sopron, Magyarország. – Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 41–49.
- Diaconu D., Wassenberg M. & Spiecker H. 2016: Variability of European beech wood density as influenced by interactions between tree-ring growth and aspect. – Forest Ecosystems 3: 1–9.
- Dzurenda L. & Dudiak M. 2020: Changes in wood tree species *Fagus sylvatica* L. and characteristics of the thermal process of modifying its color with saturated water steam. – Advances in Ecological and Environmental Research 5(4): 142–156.
- Dzurenda L. 2013: Modification of wood colour of *Fagus sylvatica* L. to a brown-pink shade caused by thermal treatment. – Wood Research 58(3): 475–482.
- Dzurenda L. 2022: Range of Color Change of Beech Wood in the Steaming Process. – BioResources 17(1): 1690–1702.
- EFSA/DATEX/002 2008: A Report from the Unit of Data Collection and Exposure on a Request from the European Commission. Findings of the EFSA Data Collection on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. First issued on 29 June 2007 and revised on 31 July 2008. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2007.33r> (Hozzáférés: 2024. 04. 18.)
- Elias H., Ragnar J., Jaana K., Janne J., Marko M., Pekka L. & Lauri H. 2018: Diversification of the forest industries: role of new wood-based products. – Canadian Journal of Forest Research 48(12): 1417–1432.
- EN350 2016: Durability of wood and wood-based products – Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials. – European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 67 pp.
- ERFARET 2006: „Nyugat-Magyarországi Egyetem – Fahiba adattár – Álgeszt”. http://fahiba.fmk.nyme.hu/20_algeszt.htm (Hozzáférés: 2024. 01. 15.)
- Geffert A., Výbohová E. & Geffertová J. 2017: Characterization of the changes of colour and some wood components on the surface of steamed beech wood. – Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen 59(1): 49–57.
- Gejdoš M. & Potkány M. 2017: The potential of beech wood use in selected countries of the Central Europe for valuable processing purposes. In: Dudík, R. (ed.): 10th International Scientific Conference WoodEMA 2017. More wood, better management, increasing effectiveness: starting points and perspective. Proceedings of Scientific Papers. – Czech University of Life Sciences Prague, Czech Republic, pp. 19–24.
- Göncz B., Divós F. & Bejő L. 2018: Detecting the presence of red heart in beech (*Fagus sylvatica*) using electrical voltage and resistance measurements. – European Journal of Wood and Wood Products 76: 679–686.
- Gryc V., Vavřík H. & Gomola Š. 2008: Selected properties of European beech (*Fagus sylvatica* L.). – Journal of Forest Science 54(9): 418–425.

- Gyarmati B., Igmándy Z. & Pagony H. 1975: Faanyagvédelem. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 397 pp.
- Hill C.A.S. 2006: Wood modification: Chemical, Thermal and Other Processes. – John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 239 pp.
- Horváth Gy. 1996: A Veszprémi Erdőgazdaság által kezelt bükkösök korfüggvényű álgesztváltozása és a változással összefüggő ökonómiai és erdőművelési következtetések. – Kézirat, HM Erdőgazdasági Rt., Veszprém.
- Horváth N. 2008: A termikus kezelés hatása a faanyag tulajdonságaira, különös tekintettel a gombaállóságra. – PhD értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 91 pp.
- Horváth N. 2023: MSZ 44:2023 Kivágás hazai fafajokból. 1. sz. melléklet: Fülledékeny fafajok tárolása. Szabványmódosítási javaslati anyag. – Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
- Horváth N., Csupor K. & Molnár S. 2009: A hőkezelés hatása a faanyagok tulajdonságaira I. rész: A hőkezelt bükk és csertölggy gombaállósága. – Faipar 57(3–4): 20–26.
- Károlyiné Sz. P. 2005: A cellulóz- és papírgyártás tendenciái. – Papíripar 49(1): 30.
- Kolosváry G. 1958: A furfurol faipari jelentősége. – Faipar 8(8–9): 276–279.
- Komán Sz. & Fehér S. 2015: Basic density of hardwoods depending on age and site. – Wood Research 60(6): 907–912.
- Konopka A., Chuchala D., Orłowski K.A., Vilkovská T. & Klement I. 2022: The effect of beech wood (*Fagus sylvatica* L.) steaming process on the colour change versus moth of tested wood layer. – Wood Material Science & Engineering 17(6): 420–428.
- Lagaňa R., Csiha C., Horváth N., Tolvaj L., Andor T., Kúdela J., Németh R., Kačík F. & Urkovič J. 2021: Surface properties of thermally treated European beech wood studied by Peak Force Tapping atomic force microscopy and Fourier-transform infrared spectroscopy. – Holzforschung 75: 56–64.
- Lykidis C., Bak M., Mantanis G. & Németh R. 2016: Biological resistance of pine wood treated with nano-sized zinc oxide and zinc borate against brown-rot fungi. – European Journal of Wood and Wood Products 74(6): 909–911.
- Molnár S. & Bariska M. 2006: Magyarország ipari fái. – Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 206 pp.
- Molnár S. (szerk.) 2000: Faipari kézikönyv I. – Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron, 428 pp.
- Molnár S. 2004: Faanyagismeret. – Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 469 pp.
- Molnár S. 2016a: Fahibák, fakárosítások. – Hillebrand Nyomda Kft., Sopron, 107 pp.
- Molnár S. 2016b: Bükk – *Fagus sylvatica* L. In: Molnár S., Farkas P., Börcsök Z. & Zoltán Gy. (szerk.): Földünk Ipari Fái. – ERFARET Nonprofit Kft., Sopron, p. 44.
- Molnár S., Farkas P., Börcsök Z. & Zoltán G. 2016: Földünk ipari fái. – ERFARET Nonprofit Kft., Sopron, 616 pp.
- Molnár S., Németh R., Fehér S., Tolvaj L., Papp G., Varga F. & Apostol T. 2001: Technical and technological properties of Hungarian beech wood consider the red heart. – Wood Research 46(1): 21–30.
- Molnár S., Pauko A. & Szóják P.-né 2000: Bükk – *Fagus sylvatica* L. In: Molnár S. (szerk.): Faipari Kézikönyv I. – Faipari Tudományos Egyesület, Sopron, p. 96.
- Molnár S., Peszlen I. & Paukó A. 2007: Faanatómia. – Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 224 pp.
- Molnár S., Varga F.-né., Fehér S. & Németh R. 2000: A faanyag műszaki tulajdonságai. In: Molnár S. (szerk.): Faipari kézikönyv I. – Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron, pp. 59–72.
- MSZ EN 113:2021 A fa és a fa alapanyagú termékek tartóssága. A farontó bazídiomos gombák elleni védekezés meghatározásának vizsgálati módszere 1-2. részek.
- MSZ EN 350:2016 A fa és a fa alapanyagú termékek tartóssága. A fa és a fa alapanyagú termékek biológiai anyagainak tartóssági vizsgálata és osztályozása.
- Nečesany V. 1958: Jádno Buku. Struktura, vznik a vyvoj. – Slovenská Akadémia Vied, Slovensko, 231 pp.
- Németh R., Ábrahám J. & Komán Sz. 2008: Hazai lombosfák juvenilis (bél körüli) faanyagának anatómiai és fizikai sajátosságai, különös tekintettel a hazai erdőgazdálkodási viszonyokra. Selected physical, mechanical and anatomical properties of juvenile wood of hardwoods from Hungarian sites regarding the forest management. OTKA Kutatási Jelentések – OTKA Research Reports. http://real.mtak.hu/1895/1/48954_ZJ1.pdf
- Németh R., Bak M. & Csordós D. 2012: Thermische Modifizierung von Buche und Pappel mittels Paraffin. – Holztechnologie 53(6): 5–10.
- Németh R., Tsalagkas D. & Bak M. 2015: Effect of soil contact on the modulus of elasticity of beeswax-impregnated wood. – Bioresources 10(1): 1574–1586.
- Niemz P. & Sandberg D. 2023: Important Data. In: Niemz P., Teischinger A. & Sandberg D. (eds.): Springer Handbook of Wood Science and Technology. – Springer Handbooks, Springer, 2026 pp.
- Niemz P. 2003: Holztechnologie II: Holzwerkstoffe. 2. überarbeitete Auflage. – ETH Zürich, Switzerland, 128 pp.
- Norbert H. & Csiha Cs. 2016: Bondability of Beech Wood with One-component Polyurethane Structural Adhesive. – Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 12: 135–143.

- Papp É., Csiha Cs., Tolvaj L. & Csóka L. 2016: Investigation of artificial aged beech wood surfaces with FTIR spectroscopy. In: Teischinger A., Németh R., Rademacher P., Bak M. & Fodor F. (eds.): Eco-efficient Resource Wood with Special Focus on Hardwoods. – University of West Hungary Press, Sopron, pp. 28–29.
- Plaschkies K. & Weiß B. 2008: Dauerhaftigkeit von TMT: Ergebnisse der Freilandprüfung. – 5. Europäischer TMT-Workshop, pp. 65–71.
- Pozgaj A., Chovanec D., Kurjatko S. & Babiak M. 1997: Struktúra a vlasnosti dreve. – Priroda, Bratislava, 485 pp.
- Ratnasingam J., Grohmann R. & Scholz F. 2014: Effects of pre-steaming on the drying quality of Rubberwood. – European Journal of Wood and Wood Products 72(1): 135–137.
- Rumpf J. 1994: Bükk álgesztesedés vizsgálata a zirci erdészetnél. – Kézirat, Erdészeti és Faipari Egyetem, Erdőhasználati Tanszék, Sopron.
- Seeling U., Ohnesorge D., Helzle C., Burgbacher C., Németh R., Tolvaj L., Teischinger A., Hansmann C., Mittelamskogler H. & Huber H. 2007: Red Heartwood Handbook: Integrated concepts for processing European Beech (*Fagus sylvatica* L.) containing red heartwood. – Sorell Impresores, València.
- Sopp L. 1974: Fatömegszámítási táblázatok. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 419 pp.
- Stevens W.C. & Turner N. 1948: Solid and laminated wood bending. – Forest Products Research Laboratory, Department of Scientific and Industrial Research, London, 72 pp.
- Szendrey I. 1982: Vegyipari intermedierek erdei biomasszából. – Agrártudományi Közlemények 41(3–4): 820–824.
- Takács D. & Bak M. 2022: Delignification experiments for the production of transparent wood, In: Németh R., Hansmann C., Rademacher P., Bak M. & Báder M. (szerk.): 10th Hardwood Conference Proceedings. – Soproni Egyetemi Kiadó, Sopron, pp. 169–172.
- Takács D. 2022: Transzparens biokompozit előállítás, PLA felhasználásával. In: Molnár D., Molnár D. & Nagy A. Sz. (szerk.): XXV. Tavasz Szel Konferencia Tanulmánykötet I. – Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, pp. 322–331.
- Tolvaj L., Molnár S., Takács P. & Németh R. 2006: A bükk (*Fagus sylvatica* L.) faanyag fehér- és színes gesztje színének változása a gőzölési idő és a hőmérséklet függvényében. – Faipar 54(2–3): 15–20.
- Tolvaj L., Németh R., Varga D. & Molnár S. 2009: Colour homogenisation of beech wood by steam treatment. – Drewno 52: 5–17.
- Tóth R. 2016: Álgesztes bükk színhomogenizálásának vizsgálata különböző hőkezelő eljárásokkal és ezek hatása a mechanikai jellemzőkre. – Szakdolgozat, Soproni Egyetem, 76 pp.
- Tóth S. L. 2022: Paradigma váltás a faanyagok hajlításában. In: Forrai J. (szerk.): Paradigmaváltás a tudományok, a technika és az orvoslás körében. A Magyar Természettudományi Társulat tudománytörténeti kötetei 5. – Magyar Természettudományi Társulat, Budapest, pp. 353–363.
- Trenciansky M., Lieskovsky M., Merganic J. & Sulek R. 2017: Analysis and evaluation of the impact of stand age on the occurrence and metamorphosis of red heartwood. – Biogeosciences and Forestry 10(3): 605–610.
- Tuzson J. 1904: A bükkfa korhadása és konzerválása. – A m. kir. földmívelésügyi minister kiadványai 17. szám, Budapest, 94 pp.
- Varga F. & Csupor K. 1996: A kitermelt faanyag védelmi problémái. – Magyar Asztalos és Faipar 1996/06: 100–101.
- Varga F. 2000: A faanyag álgesztesedése. In: Molnár S. (szerk.): Faipari Kézikönyv I. – Faipari Tudományos Egyesület, Sopron, p. 120.
- Varga F.-né, Varga F. & Hopp T. 2006: Bükk álgeszt vizsgálatok összefoglaló értékelése a ZALAERDŐ Rt. Bánokszentgyörgyi Erdészeténél. – Erdészeti Lapok 141(4): 110–113.
- Vilpponen E., Komán Sz. & Bejő L. 2014: Nemesnyárból készült LVL mechanikai tulajdonságainak javítása lombos fajokból készült furnérretekkel. I. rész: Roncsolásmentes vizsgálat és a tulajdonságok modellezése. – Faipar 62: 24–30.
- Wagenführ R. 1996: Holzatlas. – Fachbuch Verlag, Leipzig, 688 pp.
- Wagenführ R. 2007: Holzatlas, 6. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. – Fachbuchverlag Leipzig im Hanser Verlag, Leipzig, 816 pp.
- Yaddanapudi H. S., Hickerson N., Saini S. & Tiwari A. 2017: Fabrication and characterization of transparent wood for next generation smart building applications. – Vacuum 146: 649–654.
- Yuan H., Li J., Chen Y., Yi S.L., Chen W.Z., Dai P.Q., Chen Y.L., Chen D.N. & Jiang Z.Y. 2012: Effects of pre-steaming on the drying quality of Rubberwood. – Automation Equipment and Systems, PTS 1-4 468-471: 2771-2774.



Fotó: Mátyás Csaba

7. A BÜKKÖSÖK ERDŐVÉDELMI KÉRDÉSEI

7.1. Abiotikus kalamitások/bolygatások (<i>Hirka Anikó és Csóka György</i>)	368
Héjaszás	369
Aszály	369
Fagykár	370
Széltörés- és széldöntés, viharkárok	371
Téli hó-, jég- és zúzmarakár	371
Erdei tűzkárok	373
7.2. Biotikus tényezők	375
Vadkárok bükkösökben (<i>Csóka György, Bányai Péter, Korn Ignác, Partos Kálmán, Vaski László és Hirka Anikó</i>)	375
A makk felszedése, túráskárok	375
Az újulát és a fiatalosok rágása	375
Hántáskárok és egyéb kéregsebzések	377
A bükkösök rágcsáló kisemlősei (<i>Berty László</i>)	378
A bükk erdővédelmi jelentőségű rovarai	380
Lombfogyasztók	380
Karpofágok (<i>Hirka Anikó és Csóka György</i>)	384
Xilofágok (<i>Lakatos Ferenc, Hirka Anikó, Tuba Katalin és Csóka György</i>)	384
A bükk kórokozói (<i>Koltay András</i>)	388
A makk és a csemeték kórokozói	388
Kórokozók a levélen	389
Kórokozók a hajtáson, ágakon, törzsön és gyökfőben	389
7.3. Közvetlen antropogén károk bükkösökben (<i>Hirka Anikó és Csóka György</i>)	397

7.1. Abiotikus kalamitások/bolygatások

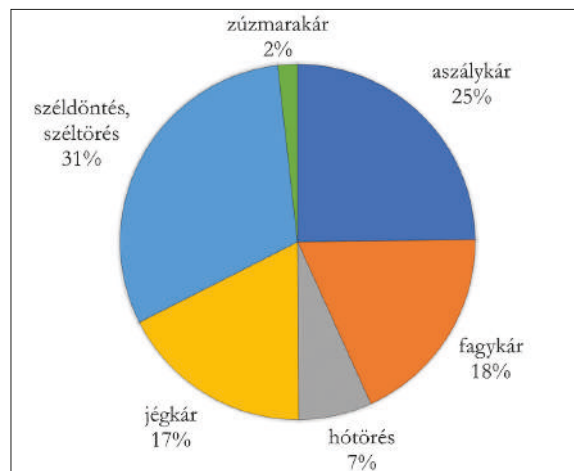
Hirka Anikó és Csóka György

Az abiotikus károk (bolygatások/kalamitások) az esetek túlnyomó részében az időjárási szélsőségekre (hőmérséklet, csapadék, légmozgás stb.), esetenként pedig emberi gondatlanságra, vagy akár szándékosságra vezethetők vissza (erdőtüzek). Fontos már itt leszögezni, hogy az abiotikus károk kockázata jelentős mértékben függ többek között a termőhelyi viszonyoktól és az állományszerkezettől is. Ez egyben azt is jelenti, hogy az erdőművelésen, az erdészeti beavatkozásokon keresztül ezek a károkockázatok pozitív és negatív irányban is befolyásolhatók. Annál is inkább fontos ezt tudomásul venni, mert a klímaváltozás következményeként egyre gyakoribbá válnak azok az időjárási szélsőségek, amik jelentős abiotikus erdőkárokat idézhetnek elő, akár még optimális termőhelyen álló állományokban is. Közvetlen negatív hatásaiakon túl ezek nemritkán kárláncolatokat is kiválthatnak. Azaz tulajdonképpen megnövelik az esélyt, hogy más abiotikus, illetve biotikus káresemények is bekövetkezheszenek.

Fafajaink, illetve állományaik különböző mértékben érzékenyek az egyes abiotikus károokra. A bükknek, mint fafajának számos olyan tulajdonsága van (pl. csapadék- és páraigény, fagyérzékenység, viszonylag sekély gyökérzet, vékony kéreg), ami kifejezetten érzékennyé teszi az abiotikus hatásokra. Az alábbiakban a bükkre jellemző fontosabb abiotikus kárformákat ismertetjük. Ezek volumenét a 2013–2022 időszakra a 7.1.-1. táblázatban foglaljuk össze, arányaikat pedig 7.1.-1. ábrán mutatjuk be. Ezt követően a főbb kárformákat egyenként is tárgyaljuk.

7.1.-1. táblázat. A hazai bükkösökből 2013 és 2022 között jelentett különböző, jelentősebb abiotikus károk (Forrás: OENyR)

Kárforma/Év	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Átlag
Aszálykár	1505	269	1075	148	919	422	222	272	774	7311	1292
Fagykár	1	33	83	3953	4046	1	326	651	163	335	959
Hótörés	-	-	10	10	2931	95	-	-	436	-	348
Ónos eső	11	6134	2670	1	85	266	-	-	1	-	917
Szélöntés, -törés	601	8696	216	128	4540	541	624	285	197	149	1598
Zúzmarakár	465	283	63	-	122	-	-	-	5	-	94
Egyéb	4	19	11	14	46	9	49	4	4	65	22
Összes	2587	15434	4128	4254	12689	1334	1221	1212	1580	7860	5230



7.1.-1. ábra. A főbb abiotikus kárformák megoszlása bükköseinkben a 2013 és 2022 közötti időszakban (OENyR adatai alapján – SOE ERTI EVO)

Héjaszás

A jelenség leginkább a középkorú és idősebb fákon az intenzív napsugárzás hatására jelentkezik. Jól látható tünete a kéreg rendellenes elváltozása, elhalása (7.1.-2. ábra). Többnyire erősen bontott állományokban, vagy hirtelen szabaddá váló állományszegélyeken a kéreg táblásan felrepedezik, esetenként leválik a törzsről, a sebgyógyulás elmarad (Szontagh 1986). A repedéseknél másodlagos károsítók, gombák, rovarok támadhatják meg a fát, ahol hamarosan korhadás indulhat meg. Az elhalt, leváló kéreg miatt jelentősen csökken a szállítószövet felülete, illetve a koronák tápanyagellátása, így a fa legyengül, pusztulásnak indul. Tipikusan a bükkre jellemző kárforma, más fafajokon jóval ritkább. A más abiotikus károk (pl. vihar-, hó- és jégkár) következményeként bekövetkező záródáshiány (a hirtelen megnövekedő besugárzás) jelentős mértékben növelheti gyakoriságát.

Aszály

A klímaváltozás miatt gyakoribbá váló súlyos aszályok bármely más fafajt is negatívan érintenek, de a kifejezetten klímaérzékeny bükkösökben ez fokozottan jelentkezhet, fiatal és idős állományokban egyaránt. Leskó (1993, 1995) és Tóth és munkatársai (1995) szerint is az 1990-es évek elejének aszályai (légköri és talajaszály) meghatározó szerepet játszottak a hazai bükkösök egészségi állapotának romlásában. Súlyos aszály esetén az idősebb fákról akár zölden is lehullhatnak a levelek (7.1.-3. ábra), fiatalosokban pedig a levelek vörösödése, elszáradása, illetve szálankénti, vagy akár csoportos pusztulás is bekövetkezhet. Janik és munkatársai (2020) több mint két évtizedes adatsorok (1989–2010) elemzésével vizsgálták az egyes meteorológiai tényezők bükkösök egészségi állapotára gyakorolt hatásait. A lombvesztés erősebb kapcsolatot mutatott a havi maximum hőmérséklettel, mint a havi csapadék-összeggel. A havi nyári napok és hőségnapok éves összegzett számai hasonló összefüggéseket mutattak. A korrelációk szorossága nagyobb volt az aridabb, a bükknek kevésbé optimális mintaterületeken. A bükk szárazságstressz-tűrésével, illetve klímaigényével kapcsolatban további információk találhatóak az »1.2. és 1.3., valamint a 9.1., 9.2. és 9.3. fejezetekben«.

Az aszályosság a fentebb említett közvetlen hatásokon túl közvetve is negatív hatású lehet. Egyrészt a fák gyengültségi állapotát idézi elő, másrészt pedig egyes fogyasztói számára kifejezetten kedvező feltételeket jelent (pl. gyorsabb kifejlődés), így a kárláncolatok inicializálásában is meghatározó szerepe van (Hirka et al. 2018). Az új évezred első néhány évében, az elsősorban zalai bükkösöket érintő drámai mértékű bükkpusztulás során két rovarfaj (*Agrilus viridis*, *Taphrorychus bicolor*) tömegszaporodását egyértelműen összefüggésbe lehet hozni az előző évek súlyos aszályaival (Molnár & Lakatos 2006; Csóka et al. 2007, 2009; Lakatos & Molnár 2009). Megjegyzendő, hogy ebben az időjárási anomáliák mellett az a tény is szerepet játszott, hogy a korábbi évek jó makkterméseire alapozva nagy területeken végeztek bontóvágásokat. Az így kialakuló záródáshiányok pedig nyilván felerősítették a szárazság és a magas hőmérséklet önmagában is súlyos negatív hatásait.

Mindezeken túl az aszály a már megkötött termés elszáradását és idő előtti, kupaccsal együtt való lehullását idézheti elő, és kedvező feltételeket teremthet a karpofág rovarok számára is (Szontagh 1986). Ezzel a makktermés mennyiségét és minőségét is negatívan befolyásolhatja, így nehezítve a természetes felújításokat, illetve a csemetetermesztéshez szükséges makkmennyiség begyűjtését is.

Gálos és munkatársai (2007), valamint Gálos és Führer (2018) is az aszályos időszakok gyakoriságának és hosszának növekedését vetítik előre, ami a bükk számára alkalmas termőhelyek zsugorodását, gyakoribb káreseményeket és további romlást is magában hordoz. Ez egyben azt is jelenti, hogy bükköseink fenntartása



7.1.-2. és 7.1.-3. ábra. Erdőszegélyen álló, héjaszást szenvedett bükk törzs. Súlyos aszály miatt teljes lombját elvesztő mátrai bükk koronája, 2007. augusztus 7-én (Fotó: Csóka György)

az eddigiéknél sokkal több figyelmet és erőfeszítést igényelhet. Valószínűleg újra kell értékelni a felújítási módokat, de az egyéb erdőművelési beavatkozások (elegyítés, záródás fenntartása stb.) várható hatásait is.

Fagykár

Ahogy más fafajok esetében is korai, illetve kései fagykárokat lehet említeni. Az előbbiek ősszel jelentkeznek, és a még be nem fásodott hajtások károsodását okozhatják, aminek következménye lehet a fiatal bükkök ágainak, illetve vezérhajtásainak villásodása (Szontagh 1986). Ennél általában nagyobb jelentőségűek a kései (tavaszi) fagyok, amik hatására a rügyek, a friss hajtások és levelek károsodhatnak (megbarnulnak, elfonynyadnak, elszáradnak). A tényleges kár mértéke a fagyhatás erőssége mellett függ az azt követő felmelegedés sebességétől is. Kisebb mértékű fagyás utáni lassú felmelegedés esetén van esély a sejtplazma regenerálódására, a gyors felmelegedés viszont nagy valószínűséggel a sejtek, illetve szövetek pusztulásával jár. A fagykár lehet részleges, azaz csak a levélfelület egy részét érinti, vagy lehet teljes, amikor az egész levél elhal. A csemetekertekben hasonló tünetek alakulnak ki, mint a fiatal állományokban.

Extrém hideg esetén a vékonyabb kéreg is sérülhet, felrepedezhet, vagy akár az egész fiatal növény elpusztulhat. Kiss (1972) kísérletei szerint a bükkön a fagyrepedés csaknem minden esetben álgesztesedést okoz. A fiatal, korán fakadó egyedek érzékenyebbek a fagyra, mint a későn fakadók. Az idősebb, korán fakadó egyedeken gyakoribbak a fagyrepedések, mint a későbbben fakadókon. A fagyhatás gyakran a virágzat elhalását is okozza, így a makktermés csökkenését, illetve elmaradását is eredményezheti.

A közvetlen hatáson túl az érintett faegyedek, illetve állományok vitalitása hosszabb távon is csökkenhet, így a fagykár kárláncolatok inicializálásában betöltött szerepe is jelentős lehet. Szontagh (1988, 1989) szerint tavaszi fa-



7.1-4. és 7.1-5. ábra. Kései fagykárt szenvedett bükk fiatalos Jávorkúton (Bükk hegység) 2007. május 14-én és négy hónappal később, szeptember 13-án (Fotó: Koltay András)

gyokat követően gyakran tömegesen lépnek fel egyes rovarfajok (pl. *Phyllaphis fagi*, *Orchestes fagi*, *Cryptococcus fagisuga*). A fagy elősegíti kórokozó gombák megjelenését, és végül a fák, facsoportok pusztulását (Szontagh 1988, 1989). A levelet ért fagykár tünetei sokszor hasonlítanak egyes rovarfajok (*Orchestes fagi*), vagy kórokozók (*Apiognomonina errabunda*) által kiváltott tünetekhez (lásd a »7.2. fejezetben«).

A fiatal állományok – az elszennvedett károk mértékétől függően – általában viszonylag gyorsan regenerálódnak (7.1-4. és 7.1-5. ábra), de növekedésüket a fagykár jelentősen visszavetheti (Csóka et al. 2008). Megemlíthető, hogy nemcsak az alacsony hőmérséklet, hanem pl. a friss lombozatra hulló kései hó is okozhat fagykárokat, ahogy az 2017 áprilisában az Északi-középhegység több pontján tapasztalható volt (7.1-6. ábra). Ezt követően az idősebb fák lombozatának, koronájának regenerálódása egyes helyeken (pl. Mátra) lassan zajlott (7.1-7. ábra).



7.1-6. és 7.1-7. ábra. Friss hó 2017 április közepén egy börzsönyi bükkös friss lombozatán. Az ugyanekkor, ugyanilyen okból fagykárt szenvedett idős mátrai bükkös lombozata még júliusra is csak részlegesen regenerálódott (Fotó: Nagy László és Csóka György)

Széltrés- és széldöntés, viharkárok

Bükköseinkben is egyre gyakrabban jelentkeznek az időjárási szélsőségekből adódó kárformák, így az év bármelyik szakaszában fellépő viharos szelek hatásai (dőlés, törés) is. Egyes esetekben a törzsek nem törnek és nem dőlnek ki, hanem erősen meghajlanak. Ez a deformáció azonban a gyökér- és szövetszakadások miatt sokszor visszafordíthatatlan károsodást okoz. A dőléskárok során az egész fa kiborul a gyökértányérjával együtt. A megbontott állományokban gyakran „dominó effektus” érvényesül, és így egy adott sávban tömeges dőlés alakulhat ki (Aszalós et al. 2001). A felnyurgult, gyenge állékonyságú állományok különösen érzékenyek erre a károsítási formára (Kenderes et al. 2007). A nagyobb mértékű dőléses károkat többnyire csapadékos időszakok előzik meg, amikor a talaj átnedvesedik, fellazul. Fagyott, illetve kevésbé nedves talajviszonyok között gyakoriak a töréskárok is (7.1.-8. ábra). Ennek erősen kitétek a gombafertőzött, korhadó gesztű faegyedek. Ritkán és kisebb volumenben tornádószerű károsítás is előfordul bükköseinkben (7.1-9. ábra). A két kárforma sokszor vegyesen fordul elő. A dölések és törések mellett előfordul a „vihartépés”, aminek során a korona vékonyabb-vastagabb ágai törnek le (7.1.-10. ábra).



7.1.-8. ábra. Viharkár a Zala vármegyei Lendvavedesen, 1996 júniusában (Fotó: Vaski László)



7.1.-9. ábra. Tornádó sújtotta bükkös Recsk közelében 2017 júniusában (Fotó: Csóka György)



7.1.-10. ábra. Idős mátrai bükk „vihartépett” koronája (Fotó: Csóka György)

Megjegyzendő, hogy a viharos szelek által okozott károk (akárcsak a hó-, jég- és zúzmarakárok) hatása túlmutat a faanyag műszaki károsodásán. A visszamaradó állomány mikroklímája jelentősen megváltozik, fái is gyakran sérülnek, a kárfelszámolás jelentős erőfeszítéseket követel stb.

Változatosabb faállomány-szerkezet kialakításával és kevésbé törésérzékeny fafajokkal történő elegyítéssel, valamint a vágásérett állományokban esetében a lassabb, kíméletesebb fakitermelésekkel (bontásokkal) csökkenthető a károk kockázata (Aszalós et al. 2001).

Téli hó-, jég- és zúzmarakár

Bükkösökben a korai (őszi), valamint késői (tavaszi) nedves hó jelentős sérüléseket okozhat, a korábban már említett fagykárokon túl is. Egy novemberi hóesés által okozott nagyobb területű törésről és dőlésről számol be Szontagh (1986). 2017 áprilisában pedig a késői hó komoly károkat okozott bükkösökben olyan helyeken, ahol a lombzat már jelentős mértékben kihajtott.

Jégkárak kialakulásához speciális időjárási körülmények szükségesek, de egyes helyeken, mint például a Börzsöny vagy a Pilis, rendszeresen előfordulnak (Barton 1997; Aszalós et al. 2001; Kenderes et al. 2007; Csépanyi et al. 2017). A veszélyes mértékű jéglerakódás abban az esetben jön létre, ha erős, száraz hideget követően enyhe nedves légtömegek érkeznek, és a túlhűlt felületre hulló ónos eső ráfagy a tárgyakra, így a fák ágaira is (7.1.-11. ábra). Az erős terhelés miatt az ágak, koronák, extrém esetben a törzsek is eltörhetnek, illetve kidőlhetnek (7.1.-12. ábra), a fiatal fák pedig meghajolnak (7.1.-13. ábra). Az ónos eső kialakulásában fontos szerepe van hazánk földrajzi fekvésének. Télen ugyanis többször előfordul, hogy a Kárpát-medencében megreked a 0 °C, vagy annál hidegebb a levegő, a magasban (500 és 1 500 méter között) pedig egy melegfronttal meleg és nedves levegő érkezik a térségbe. Az esőcseppek túlhűlnek és a hideg ágaknak ütközve megfagynak.

Az 1980-as évekből, a Garadna-völgyből (Bükk hg.) jelentős jégkárokról számol be Szontagh (1986), ami után 30 ezer m³ bükköt kellett az üzemtervektől eltérően kitermelni. Az 1990-es évek közepén Barton (1997) beszámolója szerint a Börzsöny 500 m magasság feletti 4 ezer ha



7.1.-11. ábra. Bükk ágakon lerakódott vastag jéggréteg (Fotó: Koltay András)



7.1.-12. és 7.1.-13. ábra. Ónos eső okozta károk a Kemencei Erdészet középkorú és fiatal bükköiseiben 2014 decemberében (Fotó: Csóka György)

területen szinte nem maradt erdőállomány, amely valamilyen jellegű kárt ne szenvedett volna. A károsodott faanyag közel 80%-a bükk volt. Aszalós és munkatársai (2012) a jégkárak előrejelzését dolgozta ki, melyhez lineáris modelleket alkalmaztak. 2014 decemberében több területet (Vértes, Gerecse, Pilis, Visegrádi-hegység, Börzsöny, Karancs-Medves, Mátra, Bükk) érintő jégkárak alakultak ki, elsősorban a 400 méter feletti magasságban fekvő erdőterületeken. A kár jelentős mértékben érintette a bükk állományokat (Bányai 2015; Csépanyi 2015; Nagy 2015a; Szi Benedek 2015; Urbán 2015). Az erdőterületeket már borító vastag zúzmara és az ónos eső hatása összeadódott, kiterjedt dőléseket, törzs és koronatoréseket okozva. Az őszi esőzések során felázott, fagymentes talajon, a meredek hegyoldalakon kisebb támasztékkal rendelkező faegyedek több hektáros összefüggő területeken dőltek ki (Nagy 2015b).

A 2014. decemberi jégkár okait és következményeit elemezve Csépanyi és munkatársai (2017) megállapították, hogy jég, zúzmara, hó okozta károsítások esetén a vegyeskorúság, a vastag, idősebb fák jelenléte nagyobb mértékben járul hozzá az állományok jobb ellenállóképességéhez, mint az elegyesség. Az egykorú állományok vizsgálata alapján megállapították, hogy a bekövetkezett károk mértéke összefüggésben áll a faegyedek méretével. Az idősebb állományok, a bennük található jobb állékonysági és koronaterpeszességi mutatókkal rendelkező, stabilabb faegyedeknek köszönhetően kevésbé sérültek.

Jégkárokhoz némileg hasonló körülmények szükségesek a zúzmarakárok kialakulásához, de ebben az esetben a páradús levegőből csapódik ki a zúzmara a hideg tárgyak felszínére. A zúzmaraképződés napjaira jellemző a köd és a szél. A lerakódó zúzmara olyan vastagságot is elérhet, hogy súlya letöri a fák ágait, vagy derékba töri a törzseket.

Erdei tűzkárok

Habár az erdőtüzek nem elsősorban a bükkösökre jellemzőek, időnként és helyenként előfordulnak (7.1-14. és 7.1-15. ábra). Mivel az erdőtüzek keletkezése nagyban függ az aktuális időjárási viszonyoktól, ezek kockázata az egyre gyakoribb súlyos aszályokkal, a forró napok gyakoriságának növekedésével fokozódhat. A vékony kérgű bükk pedig fokozottan érzékeny erre a kárformára (Maringer et al. 2016, 2020). Ismételten fontos hangsúlyozni, hogy az erdőtüzek jelentős részben antropogén okokra (elsősorban gondatlanság) vezethetők vissza, annak ellenére, hogy erdőtüzek természetes okokra (pl. villámcsapásra) visszavezethetően is keletkezhetnek.



7.1.-14. és 7.1.-15. ábra. A Bükk-fennsíkon, 2009 nyár végén bekövetkezett erdőtűz következményei (Fotó: Bányai Péter)

A tüzesemény túlélésének esélye nagyban függ annak hosszától és intenzitásától, de az érintett állományok korától is. Az intenzitást befolyásolhatja a cserjeszint és az aljnövényzet. A sűrű cserjeszint és a száraz lágyszárú vegetáció (pl. siskanád) jelentősebb hatású tüzek kialakulását segíti elő. Az idősebb, nagyobb méretű fák mortalitása jóval kisebb, mint a kisebb átmérőjű, fiatalabb egyedeké.

A tűz okozta mortalitást hosszabb távon jelentősen növelik az érintett fákon megtelepedő gombafajok. Érdekes módon ezek nem ugyanazok, mint amik a bükkök mechanikai eredetű sebein (közeli károk, törések) keresztül fertőznek (Maringer et al. 2016).

Az erdőtüzek közvetett hatása az is, hogy a leégett területeken gyakran tömegesen jelennek meg az idegenhonos pionír fajok, mint a bálványfa, vagy éppen az akác (Maringer et al. 2012).

A bükkösök abiotikus káraival kapcsolatban két alapvető ténytet mindenképpen – akár sokadszor ismételve is – fontos hangsúlyozni. Egyrészt azt, hogy a klímaváltozás kapcsán egyre gyakoribbá váló extrém időjárási helyzetek (kései fagyok, aszályok, extrém magas nyári hőmérsékletek, fagymentes telek, ónos esők stb.) nagy mértékben növelik ezek kockázatát. Másrészt pedig azt, hogy több kártípus kockázatát megfelelő erdőművelési megközelítésekkel jelentős mértékben lehet csökkenteni. A felújítás módjával az aszálykárok, a vegyeskorú, változatos szerkezetű állományok kialakításával pedig a különböző eredetű dőlés- és töréskárok befolyásolhatók. Ez egyben azt is jelenti, hogy a hosszú ideje, rutinszerűen alkalmazott beavatkozások sok esetben felülvizsgálatra szorulnak.

Irodalom

Aszalós R., Somodi I., Kenderes K., Ruff J., Czúcz B. & Standovár T. 2012: Accurate prediction of ice disturbance in European deciduous forests with generalized linear models: a comparison of field-based and airborne-based approaches. – European Journal of Forest Research 131: 1905–1915.

- Aszalós R., Standovár T., Ruff J. & Barton Zs. 2001: Jégtörések és széldöntések a Börzsöny erdeiben. A termőhely, a faállomány és az erdészeti kezelés szerepe a dölések kialakulásában. In: Mátyás Cs., Führer E. & Tóth J. (szerk.): Gondolatok az erdővédelemről az ezredfordulón. – Az MTA Erdészeti Bizottsága és az ERTI jubileumi ülése Pagyony Hubert és Szontagh Pál 75. születésnapja alkalmából, Budapest, pp. 103–116.
- Barton Zs. 1997: A Börzsöny bükkösein volt az évszázad legsúlyosabb erdőkárosodása. – Erdészeti Lapok 132(10): 304–304.
- Bányai P. 2015: Ónos eső okozta károk az Északerdő Zrt. területén. – Erdészeti Lapok 150(1): 11.
- Csepányi P. 2015: Jégek a Pilisi Parkerdőnél. – Erdészeti Lapok 150(1): 8.
- Csepányi P., Magassy E., Kontor Cs., Szabó Cs., Szentpéteri S., Németh R., Némegy Z., Müller Sz., Szabó M., Kovács A., Szenthe G., Limp G., Ocsovai Z., Brandhuber Á., Farkas V. & Petrik J. 2017: A 2014. decemberi jégek okai és következményei a Pilisi Parkerdő Zrt. által kezelt erdőállományokra. – Erdészettudományi Közlemények 7(1): 25–41.
- Csóka Gy., Koltay A., Hirka A. & Janik G. 2007: Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyeseink és bükkösein egészségi állapotára. In: Mátyás Cs. & Vig P. (szerk.): Erdő és klíma. V. kötet. – Sopron, pp. 229–239.
- Csóka Gy., Koltay A., Hirka A. & Janik G. 2008: A bükk biotikus és abiotikus kárai. – Az Erdészeti Kutatások digitális, ünnepi különszáma az OEE 139. vándorgyűlésének tiszteletére, Cikkgyűjtemény, pp. 135–149.
- Csóka Gy., Koltay A., Hirka A. & Janik G. 2009: Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyesek és bükkösök egészségi állapotára. – „Klíma-21” Füzetek 57: 64–73.
- Gálos B. & Führer E. 2018: A klíma erdészeti célú előrevetítése. – Erdészettudományi Közlemények 8(1): 43–55.
- Gálos B., Lorenz Ph. & Jacob D. 2007: Will dry events occur more often in Hungary in the future? – Environmental Research Letters 2(3): 034006.
- Hirka A., Pödör Z., Garamszegi B. & Csóka Gy. 2018: A magyarországi erdei aszálykárok fél évszázados trendjei (1962–2011). – Erdészettudományi Közlemények 8(1): 11–25.
- Janik G., Pödör Z., Koltay A., Hirka A., Juhász J., Kovács Gy. & Csóka Gy. 2020: Effects of Meteorological and Site Parameters on the Health Status of Beech (*Fagus sylvatica* L.) Forests in Hungary. – Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 16(2): 67–78.
- Kenderes K., Aszalós Réka, Ruff J., Barton Zs. & Standovár T. 2007: Effects of topography and tree stand characteristics on susceptibility of forests to natural disturbances (ice and wind) in the Börzsöny Mountains (Hungary). – Community Ecology 8(2): 209–220.
- Kiss L. 1972: Fenológiai, morfológiai jellegpek és a bükk fagyérzékenysége. – Az Erdő 21(8): 369–371.
- Lakatos F. & Molnár M. 2009: Mass Mortality of Beech (*Fagus sylvatica* L.) in South-West Hungary. – Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 5: 75–82.
- Leskó K. 1993: A mecseki és zselici bükkösök egészségi állapota. In: Kosztka M. & Horváth B. (szerk.): A Wood Tech Erdészeti Szakmai Konferencia kiadványa. – Sopron, pp. 59–63.
- Leskó K. 1995: Az ormánsági kocsányos tölgyesek és a mecseki bükkösök egészségi állapota. In: Tóth J., Vajna L., Csóka P. & Varga F. (szerk.): Az erdők egészségi állapotának változása. – A Budapesten, 1995. március 2-án megrendezett konferencia kötete, MTA Erdészeti Bizottság, pp. 181–187.
- Maringer J., Ascoli D., Gehring E., Wohlgemuth T., Schwarz M. & Conedera M. 2020: Feuerökologie montaner Buchenwälder. – Merkblatt für die Praxis 65: 1–12.
- Maringer J., Ascoli D., Küffer N., Schmidlein S. & Conedera M. 2016: What drives European beech (*Fagus sylvatica* L.) mortality after forest fires of varying severity? – Forest Ecology and Management 368: 81–93.
- Maringer J., Wohlgemuth T., Neff C., Pezzatti G.B. & Conedera M. 2012: Post-fire spread of alien plant species in a mixed broad-leaved forest of the Insubric region. – Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants 207(1): 19–29.
- Molnár M. & Lakatos F. 2006: A bükk tömeges pusztulása Zala megyében. – Erdészeti Lapok 141(2): 48–51.
- Nagy L. 2015a: Jégek az Ipoly Erdő Zrt. területén. – Erdészeti Lapok 150(1): 9.
- Nagy L. 2015b: A decemberi jég meteorológiai háttere. – Erdészeti Lapok 150(1): 5.
- Szi Benedek J. 2015: Jégek a Budapesti Erdőgazdaság Zrt. erdőterületén. – Erdészeti Lapok 150(1): 7.
- Szontagh P. 1986: A bükkösök védelme. In: Bondor A. (szerk.): A bükk. – Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 137–144.
- Szontagh P. 1988: A kései fagyok szerepe a bükk korai pusztulásának kárláncolatában. In: Bartha S. (szerk.): I. Magyar Ökológus Kongresszus, Előadás kivonatok és poszter összefoglalók. – Budapest, p. 192.
- Szontagh P. 1989: A kései fagyok szerepe a bükk korai pusztulásának kárláncolatában. – Az Erdő 38 (2): 65–66.
- Tóth J., Pagony H. & Szontagh P. 1995: A magyarországi bükkösök egészségi állapota. In: Tóth J., Vajna L., Csóka P. & Varga F. (szerk.): Az erdők egészségi állapotának változása. – A Budapesten, 1995. március 2-án megrendezett konferencia anyagai, MTA Erdészeti Bizottság, pp. 77–81.
- Urbán P. 2015: Jégek az Egererdő Zrt. által kezelt erdőkben. – Erdészeti Lapok 150(1): 10.

7.2. Biotikus tényezők

Vadkárok bükkösökben

Csóka György, Bányai Péter, Korn Ignác, Partos Kálmán, Vaski László és Hirka Anikó

A csülkös vadfajok minden vitán felül állóan természetes részei az erdei ökoszisztémáknak, így a bükkösöknek is. Bizonyos esetekben szerepük erdővédelmi szempontokból pozitív is lehet. Ugyanakkor az is nehezen vitatható, hogy a természetes szabályzó mechanizmusok jelentős részének kiesését követően, a szűk rétegigényeket kiszolgáló, túltartott vadállomány a magyar erdők egyik legjelentősebb erdővédelmi problémája. A problémák jellege és mértéke többek közt régióként, fafajonként, az állományok korától és a kárt okozó vadfajtól függően is jelentős eltéréseket mutathat. A bükkal kapcsolatban gyakori vélemény, hogy a vadkárokra általában kevésbé érzékeny, mint pl. a tölgyek, de a környezeti viszonyok függvényében ezek kifejezetten súlyosak is lehetnek. A bükk esetében több kárformát is érdemes megemlíteni. A legjelentősebbek átlagos területi nagyságát erdészeti nagytájanként a 7.2.-1. táblázatban láthatjuk.

A makk felszedése, túraskárok

Bár más vadfajok is fogyasztják a bükkmakkot, a makkfelszedés és túrás elsősorban a vaddisznóra jellemző kárforma. A negatív hatás mértéke nagyban függ a makktermés nagyságától. A kialakuló makkhiány megnehezíti, szórvány termések esetében akár lehetetlenné is teheti a természetes felújítást. Az afrikai sertéspestis által egyes régiókban okozott jelentős állománycsökkenés a bükkösök természetes felújításának sikeressége szempontjából kifejezetten kedvező helyzetet teremtett, ami egyébként a tölgyesekben is érzékelhető. A teljesség kedvéért megemlíthető, hogy a vaddisznó a bükkmakkot szintén tömegesen fogyasztó rágcsálókat is fogyasztja, ezzel – ha csak részben is – ellentételezi saját negatív hatását.

A makk felszedését, a makk, illetve a csemete kitérését éves átlagban (országos összesítésben) mindössze 30 ha-ról jelentik az erdőgazdálkodók. Nagyon valószínű, hogy ez az érték lényegesen alábecsült, illetve az, hogy bő makktermés esetén ennek a kárformának nem tulajdonítanak érdemi jelentőséget.

Az újulat és a fiatalosok rágása

A bő magtermésre alapozott természetes felújítás eredményeként, jó termőhelyen létrejövő sűrű újulatban, a vadragás hatása általában kevésbé jelentős. Ilyen esetekben is általában a vad által inkább kedvelt fajok (pl. tölgy, kőris, gyertyán és juhar) szenvednek jelentősebb rágást, ami az újulat fajgazdagságának csökkenése irányába hat. Ritkább újulat esetén – különösen gyengébb termőhelyen – azonban a vadragás meghatározó akadálya lehet a sikeres felújításnak. Kifejezetten kitettek a csülkös vadfajok téli beálló-, bújó- és táplálkozó helyei. A hajtások megrágásában az őz, a szarvas és a muflon is egyaránt szerepet játszik. Megemlítendő továbbá a dám aggodalmat keltő mértékű terjeszkedése. Ezt és a gímszarvas állomány drámai népességnövekedését világítja meg Bajnai (2023): A 14/2018. (VII. 3.) AM rendelet „az Északi hegy- és dombvidék Vadgazdálkodási Táj vadgazdálkodási tájegységeinek vadgazdálkodási tervéről” jogszabály a 202 számú Nógrád-Cserháti Vadgazdálkodási Tájegységben a gímszarvas fenntartható (az élőhelyet még nem veszélyeztető) létszámát 2 000, a dámszarvasét 300 egyedben határozza meg. Eközben Nógrád vármegyében a gím éves terítéke már megközelíti a 6 000-et, a dámé pedig az 1 500 darabot! Ennek ismeretében nehezen érthetőek a nagyragadozók által zsákmányolt csülkösvaddal kapcsolatos hevült aggodalmak. Nem zárható ki, hogy a nem túl távoli jövőben a dám a bükk fiatalosok rágáskáraiban is jelentős szerepet fog játszani.

A különböző felújítási módok arányaiban bekövetkező változások a nagyvadállomány viselkedésére is hatással voltak. A nagyterületű végvágások nyomán kialakuló fiatalosok állandó búvóhelyet és táplálék-

forrást biztosítottak. Az ezeknél jóval kisebb méretű lécek és részterületes végvágások nem, vagy csak korlátozottan alkalmasak a csülkös vad helyben tartására és táplálására, emiatt a vadállomány gyakran változtatja a helyét, nagyobb területeket jár be. Az Északi-középhegységben megjelent nagyragadozók (farkas, medve, hiúz) zavaró hatására pl. a szarvasállomány kisebb területekre koncentrálódik, így az adott helyen akár rövidebb idő alatt is jelentősebb károkat okozhat. A vadkár a fenti szempontok miatt, általában a kisterületű újulat-foltokon erősebb mértékű.

Szintén említésre érdemes szempont, hogy az egyre több vadkárrelhárító kerítés, illetve a mezőgazdasági területek egyre hatékonyabb védelme az egyébként is túlszorodott vadállományt még kisebb területre koncentrálja, ahol is ennek megfelelően megnövekszik a károkozás mértéke (7.2.-1. és 7.2.-2. ábra).



7.2.-1. és 7.2.-2. ábra. „Bonszajosodó” fiatal bükkök a Bükk hegységben és a Mecsekben
(Fotók: Bányai Péter és Csóka György)

Ezek ismeretében sem volna helyes a bükkös fiatalosokban jelentkező vadkár alapvető okaiként kezelni a felújítási módok változását, a nagyragadozók általi zavarást, vagy éppen a vadkár elleni intézkedések életér-csökkentő hatásait. A vadkárok legalapvetőbb oka a bükk és más fafajok esetében is a tolerálható szintet jelentős mértékben meghaladó, magas vadlétszám.

Mesterséges felújításokat az egész országban kizárólag kerítés, illetve vegyszeres védelem alkalmazásával lehet sikeresen végezni. Ezek nélkül a felújítási időszak jelentősen elhúzódik, a rágott egyedek villásodnak, bekorhadnak. Alapvető tévhit, hogy a fiatalkori vadragás hatásai nyomtalanul elmúlnak. Az ilyenkor elszennvedett rágáskárok alapvetően meghatározhatják az érintett egyedek életkilátásait, illetve majdani gazdasági értéküket is.

Az Országos Erdőkár Nyilvántartási Rendszer (OENyR) adatai alapján, a 2013–2022. időszakra vonatkozóan, éves átlagban mintegy 1 700 hektár bükk fiatalosból jelentettek rágáskárt. Az egyes erdészeti nagytájából bejelentett rágáskárok volumene jelentős eltéréseket mutat (7.2.-1. táblázat). Ezek az értékek egyrészt tükrözhetik a bükkösök területnagyságát az adott tájban, a probléma tényleges volumenét, de emellett az erdőgazdálkodók kárjelentési hajlandóságát is.

7.2.-1. táblázat. A bükkösökből bejelentett főbb kárformák átlagos éves értékei a 2013–2022. időszakban erdészeti nagytájanként (az Országos Erdőkár Nyilvántartási Rendszer adatai alapján)

Kárforma/Erdészeti tájcsoport	Nyugat-Dunántúl	Dél-Dunántúl	Dunántúli-középhegység	Északi-középhegység	Összesen
Makkfelszedés/túrás	6 ha	5 ha	9 ha	9 ha	29 ha
Rágáskárok	271 ha	226 ha	930 ha	280 ha	1707 ha
Hántás/dörzsölés	74 ha	62 ha	229 ha	49 ha	414 ha

Az Északi-középhegységben (Börzsöny, Mát-ra és Aggteleki-karszt) végzett, nagy elemszámú, szisztematikus mintavételekkel zajló kutatások eredményei szerint a természetes újulat nagyfokú hiánya, illetve erős rágottsága jellemző a bükkösökben is. A vizsgált mintapontok 46,58% – 42,73% – 60,26%-án az újulat az „erősen rágott” vagy „bonsai” minősítéssel volt leírható (Szmorad & Standovár 2023; Zoltán et al. 2024). Ezek az értékek némileg ugyan kedvezőbbek, mint a kocsánytalan tölgy, illetve cser főfafajú állományokban (ott jellemzően 70–80%), de még így is rendkívül magasak.

A vadhatás jelentőségének megítéléséhez (bükkösökben és tölgyesekben egyaránt) egyébként jó adalékot szolgáltatnak a 10×10 m-es kerítésekkel létrehozott vadkizárásos kísérletek (7.2.-3. ábra).



7.2.-3. ábra. 10×10 m-es kerítéssel létrehozott vadkizárásos kísérlet egy cserépfalui bükkösben. A kerítés védelmében embermagasságot meghaladó méretű elegyes fiatalos, kívül pedig nudum állomány (Fotó: Csóka György)

Hántáskárok és egyéb kéregsebzések

Hántáskárokra a bükk ugyan kevésbé érzékeny, mint a fiatal bükkösökben jellemző elegyfajok (gyertyán, kőris, juhar) – de jelentős vadnyomás esetén 100 százalékos hántáskár is bekövetkezhet (7.2.-4., 7.2.-5. és 7.2.-6. ábra). Bükkön a hántáskár általában akkor válik szembetűnővé, ha nincs a közelben preferált elegyfaj. Az elegyfajokon jellemzően erősebb hántáskár sok esetben azok egyedeinek megritkulását, illetve eltűnését, így az elegyesség csökkenését eredményezheti, ahogyan az már a rágáskárok esetében is említést nyert.



7.2.-4., 7.2.-5. és 7.2.-6. ábra. Hántáskár hosszútávú hatása rudaskorú zalai bükkösben (Fotók: Vaski László)



7.2.-7. ábra. Szarvasagancs által okozott sebzések bükkötörzsön (Fotó: Csóka György)

A szűken értelmezett hántáskárok mellett a vadállomány más módokon is okozhat kéregsebzéseket. A vadkanok „agyarfenése”, vagy éppen a szarvasbikák agancssal okozott kéregsebzése is ismert jelenségek. A barkás szarvasagancs tisztítása (dörzsölés) során fiatal fákön gyakran keletkeznek sérülések, ahogyan a bögési időszakban jellemző agancsverés (egyfajta erőfitogtatás) során is. Ahol az ivararány jelentősen eltolódik a bikák javára, ott a bögésben ténnyhez nem jutó, hormonok által túlfűtött bikák gyakran fák törzsét vágva/karistolva vezetik le feszültségeiket (7.2.-7. ábra).

Az OENyR-ben bejelentett kéregsebzések (hántás, agancsdörzsölés) a rágáskároknak kb. egynegyedét teszik ki. A nagytájak közötti arányok hasonlóak a rágáskároknál megadottakhoz.

A bükkösök rágcsáló kisemlősei

Berty László

A különböző erdőtípusok kisemlősközösségeinek faji összetétele és szerkezete elsősorban a vegetáció fajgazdagságától, szerkezetétől és a nedvességétől függ (Berty 1995). Ez magyarázza, hogy bükkösseinkre a hazai erdőtársulások közül is a legfajszegényebb kisemlősközösségek jellemzőek. A Börzsöny bükkös zónájában végzett élvefogó kisemlőscsapdázások (7.2.-8. ábra) során a minden esetben domináns sárganyakú erdeieger (*Apodemus flavicollis* – 7.2.-9. ábra) mellett a második legnagyobb arányban jelen lévő kisemlős faj a vöröshátú erdei pocok (*Myodes glareolus*) legfeljebb 20–25%, de jellemzően 15% alatti arányban volt jelen. A két hazai erdeicikány-faj (*Sorex araneus* és *S. minutus*) mindössze színező elemként volt kimutatható. Nem ritka, hogy egy-egy bükkösben gyakorlatilag a sárganyakú erdeieger az egyedüli rágcsáló kisemlős (Berty 2005). Ez érthető is, hiszen a nudum és gyér aljnövényzetű/gyepszintű bükkösöket az erdei kisemlősök nem kedvelik, mivel ezekben könnyen válhatnak ragadozók prédájává.

Az *A. flavicollis* és a *M. glareolus* jelentősége közismert, mint az erdei ragadozó emlősök és éjszakai ragadozómadarak (pl. macskabagoly – *Strix aluco*) zsákmánya. A nyest, menyét, borz, róka táplálkozásában a kisemlősök szerepe meghatározó (Lanszki & Körmendi 1996). A róka táplálékspektrumának egyes évszakokban 70–80%-át is kitehetik az erdei rágcsáló kisemlősök (Heltay 1989). Ebből kiindulva a bükkös természetes felújításokkal érintett területeken a róka (akárcsak a már említett többi ragadozó is) kímélete erdőművelési szempontból kifejezetten pozitív hatású. Egyébként ugyanez igaz a tölgyesekkel kapcsolatban is.

Kevésbé kutatott a rágcsálók és a vaddisznó (*Sus scrofa*) kapcsolata. Az azonban egyértelmű, hogy a vadkárelhárító kerítéssel védett (tehát a vaddisznóktól elzárt) erdőrészekben nagyobb rágcsáló-egyedsűrűség alakul ki. Nagy (1980) szerint, amikor a vaddisznók őszi időszakban bejutottak az elkerített mintaterületre, a következő évben a korábbi 25%-ára esett vissza a rágcsálók népessége, amit ő a két faj közti táplálék-konkurenciával magyaráz. Ugyanakkor az is nagyon valószínű, hogy ezen túl a vaddisznó a rágcsáló kisemlősök jelentős ragadozója, ami akár számottevő regulációs tényező is lehet az állományaik szabályozásában. Ez már csak azért is életszerű feltételezés, mert a vaddisznó – szemben a ragadozókkal – nemcsak a kifejlett egyedeket fogyasztja el, hanem egész, kölykös családokat is kitúr a talajból.



7.2.-8. ábra. A kisemlős fauna vizsgálatához használt élvefogó csapdák (Fotó: Berty László)



7.2.-9. ábra. A börzsönyi bükkösök domináns rágcsáló kisemlőse a sárganyakú erdeieger (*Apodemus flavicollis*) (Fotó: Szűcs Boldizsár)

A rágcsáló kisemlősök (kiemelten a korábban említett két faj) erdőgazdasági jelentőségéről több erdőtípusra vonatkozóan számos forrás ismert (Sviridenko 1957; Schindler 1970; Buchalczyk et al. 1970). Ezek a vizsgált fajok (tölgy, bükk, juhar, hárs) magjainak és magoncainak 70–100%-os pusztulásáról számolnak be.

Nagy (1980) Turcek (1967) táplálkozásbiológiai vonatkozású adatait alapul véve ismerteti, hogy vizsgált területén 1977 és 1980 között, 100–300 egyed/ha-os kisemlős állománysűrűség mellett az ott élő erdei pocok és sárganyakú erdei egerek potenciális tölgy-makk-fogyasztása 150–300 kg/ha/év közötti lehetett, míg ezekben az években az erdő tényleges átlagos makktermése 200 kg/ha év volt. Megállapítja, hogy ekkora populációdensitás esetén a tényleges makktermés és a rágcsáló kisemlősök potenciális makkfogyasztása azonos tartományba esik. Gyakorlati mérésekkel igazolta, hogy az e fajok által lakott erdőkben csak nagyarányú makktermés és alacsony rágcsáló-egyedszám esetén van reális lehetőség az erdő magról való természetes felújulására. Bár a bükkösökre vonatkozó hasonló adatok hiányoznak, okkal feltételezhető, hogy ott is hasonlóan igen jelentős mértékű a rágcsálók makkfogyasztása.

A 2001. évben a Börzsöny hegység teljes bükkös zónájában átlagon felüli makktermés volt. A következő év tavaszán a lehullott termés legnagyobb része „eltűnt” a területről, és a legtöbb erdőrészletben a kikelt magoncok sűrűsége is nagyon alacsony volt. Ugyanez volt tapasztalható néhány erdőrészletben, a vaddisznók kizárása céljából létesített kerítésekben belül is. Ez egyértelműen a rágcsáló kisemlősök jelentős szerepére engedett következtetni. Egy további vizsgálatosorozat 220–370 egyed/ha denzitású rágcsáló populációt mutatott ki, ami egyértelműen felelőssé tehető a rendkívüli makktermés jelentős részének pusztulásáért. Ez a szokatlan magas denzitás egyébként elsősorban a sárganyakú erdei egér kiemelkedő gradációs csúcsának volt köszönhető (Berty 2005).

Az omnivor erdei pocok táplálékának 38%-a mag és gyümölcs, 35%-a pedig zöld növényi részekből áll (Holisova 1971). A karnivor-omnivor sárganyakú erdei egér Drozd (1967) szerint főleg magvakkal és termésekkel táplálkozik (74%), zöld növényi részt pedig igen kis mennyiségben fogyaszt (kb. 10%). Ezzel egybehangzóan Nagy (1980) rámutat arra, hogy az erdei pocok nemcsak a mag, hanem a kikelt magonc károsításában is jelentős szerepet játszik. Síkfőkúton végzett vizsgálatában a 2000 kiültetett tölgy-magonc 86%-át kisemlősök pusztították el (80%-ban erdei pocok).

A sárganyakú erdei egér dominanciáját, valamint a kimutatott fajok táplálékspektrumát tekintve feltételezhető, hogy hazai bükköseinkben a természetes felújítás elsősorban a makk-stádiumban veszélyeztetett, a magonc és csemete hamar kinő a dominánsan erdei egerekből álló rágcsáló kisemlős közösség foga alól. Összegzésül elmondható, hogy a bükkösök természetes felújulásában fontos tényező lehet a sárganyakú erdei egér kártétele, viszont igazán jelentős károkat csak a tömegszaporodások során kialakuló állománysűrűség esetén okoz.

A kisemlősök populációdinamikájával foglalkozó közlemények leggyakrabban a kiemelkedő mezőgazdasági jelentőséggel bíró mezei pocokot tárgyalják, a speciálisan erdei fajok gradációira vonatkozóan sokkal kevesebb az információ. Agrárterületeken a mezei pocok tömegszaporodásainak ciklusa általában négy-öt éves (Palotás 1970). A tömegszaporodások összeomlásának három lehetséges forgatókönyvét Pelikán (1959) írta le. Schmidt (1967) szerint a tömegszaporodások kialakulásának egyik fő tényezője az ember táj- és élőhelyformáló tevékenysége. Ez magától értetődő a mezőgazdasági területeken élő mezei pocok esetében, ugyanakkor olyan fajokra vonatkozóan is fontos, amelyek erdei élőhelyeken mutatnak gradációs jelenségeket.

Börzsönyi bükkösökben, 14 éven keresztül folytatott vizsgálatok (7.2.-9. ábra) során nem sikerült a mezei pocokéhoz hasonló szabályszerűséget kimutatni a sárganyakú erdei egér populációinak fluktuációjában. E faj tömegszaporodásának két markáns típusa volt tapasztalható. Az egyik, amikor a megelőző szezon szaporodási időszaka az enyhe koratavaszi és őszi időjárás miatt megnyúlt, a gradáció gyakorlatilag országszerte, több, különböző erdőtípusban is észlelhető volt. A másik, amikor a kimagasló bükkmakktermésből fakadó táplálékhiány miatt történik a felszaporodás. Megjegyzendő, hogy az utóbbi esetben a magas populációdensitás gyakran egy-egy régióra, hegységre, vagy akár csak egy hegyoldalra korlátozódott.

Becslések szerint a hazai bükkösökben a két tárgyalt rágcsáló populációinak „egyensúlyi” denzitása 40–50 egyed/ha körüli, míg a Börzsönyben észlelt legmagasabb érték 250–350 egyed/ha volt. A tömegszaporodás

dás összeomlásának két, a szakirodalomban jól leírt lefutása itt is jellemző volt. Megtörtént, hogy az extrém magas népesség egyik évről a másikra omlott össze, majd az egészen alacsony denzitású populáció két év alatt regenerálódott, de az is előfordult, hogy a népesség három év alatt, fokozatosan rendeződött vissza az „egyensúlyi” helyzetbe.

A kutatások rámutattak arra is, hogy a sárganyakú erdeiegér extrém népessége bükkösökben csak egyes élőhely-típusokban jellemző. Az állománytípus jellemzők (az állomány kora, kitettsége, cserjeszint, gyepszint stb.) közül különösen a talaj borítottsága látszik kiemelkedő jelentőségűnek (Berty 2005). Fény derült arra, hogy a bükkösök sárganyakú erdeiegér populációi az alacsony és sűrű cserjeszinttel (pl. szeder, iszalag, vadrózsa) vagy dús, magas gyepszinttel fedett szegmensekben (csalán, nadragulya, min. 1 m magas fűfélék) mutatnak magas denzitást. A bükkösök nudum részein még tömegszaporodás idején is nagyon alacsony állománysűrűség tapasztalható.

Ezek az összefüggések ugyancsak markánsan kirajzolódtak a lékes felújítógással kezelt börzsönyi bükkösök erdeiegér állományainak vizsgálata során (Berty 2012). Bebizonyosodott, hogy egy lékekkel felújított bükkösben a rágcsáló elsősorban a lékek sűrű irtásnövényzetében élnek, míg a lékek közti zárt, nudum erdő-részekben alig fordulnak elő. A különböző lékek rágcsáló állományai között számottevő kapcsolat nincs. Ez a tény a populáció növekedésének menetét még tömegszaporodásra alkalmas viszonyok között is alapvetően befolyásolja. A népességnövekedés ütemét ebben az esetben nemcsak a táplálék mennyisége fogja limitálni, hanem a lékek közti migrációs akadály is jelentősen lassítja. Mindezek alapján okkal feltételezhető, hogy a bükkösök lékes felújításával a sárganyakú erdeiegér erdőgazdasági kártétele is jelentősen mérsékelhető.

A bükk erdővédelmi jelentőségű rovarai

Lombfogyasztók

Csóka György, Hirka Anikó, Gáspár Csaba és Tuba Katalin

Az 5.2. fejezetben áttekintő jelleggel már írtunk a bükk lombfogyasztó rovarairól. Itt csak az erdővédelmi szempontból jelentősnek tekintett fajokat érintjük a korábbiaknál részletesebben.

Bükkcsemeték termelését szolgáló fóliasátrakban időnként olyan szintet is elérhet a rozsdabarna kisszövő (*Orgyia antiqua*) népessége, ami vegyszeres védekezést tesz szükségessé (Babics István szóbeli közlése).

A bükkállományokban a tölgyesekhez képest általában ritkábbak és kisebb területet érintenek a lombfogyasztó lepkefajok tömegszaporodásai. A gyapjaslepke (*Lymantria dispar*) (Lepidoptera: Erebidae) által okozott – jellemzően

kiseb területű – lombvesztések régóta ismertek bükkösökben (Szontagh 1989b). A 2003 és 2006 közötti gyapjaslepke-tömegszaporodás azonban korábban nem tapasztalt mértékben vertikálisan is kiterjedt, azaz domb- és hegyvidéki bükkösökben (Magas-Bakony, Dél-Mátra, Kelet-Bükk) (7.2.-10., 7.2.-11., 7.2.-12. és 7.2.-13. ábra) is jelent-



7.2.-10. és 7.2.-11. ábra. Extrém magas gyapjaslepke petecsomó denzitás 2004 októberében farkasgyepűi bükkösben és vírusfertőzés okozta tömeges hernyópusztulás ugyanott, 2005 júniusában (Fotó: Csóka György)



7.2.-12. és 7.2.-13. kép. Gyapjaslepke tarrágása 2005 júniusában Mályinka körzetében (Bükk hegység) és a bükkös talaját borító éhező, illetve elpusztult hernyók (Fotók: Bányai Péter)

kezett, nagy kiterjedésű, összefüggő, jelentős mértékű lombvesztést okozva (McManus & Csóka 2007; Csóka & Hirka 2009). Csóka és munkatársai (2015) összehasonlították a cser, a kocsányos tölgy és a bükk koronák lombvesztés utáni regenerációját. A 2005 tavaszán 100%-os lombvesztést szenvedett középkorú cseréken már 2005 őszére bekövetkezett a lombzat teljes mértékű regenerációja, azaz szeptemberben már semmiféle lombhiány nem volt észlelhető. Az ugyancsak tarra rágott kocsányos tölgyeken a regeneráció némileg lassabban ment végbe, aminek egyik fő oka az újraképző lombzaton kialakuló erős lisztharmat fertőzés volt. Az idős bükkösben a 2005 tavaszi átlagos lombvesztés jóval alacsonyabb, átlagosan 50% alatti volt. Ennek ellenére a bükk lombzatának regenerációja sokkal lassabban ment végbe. Az alászorult egyedeken még négy év elteltével is lombhiány mutatkozott, sőt, azok egészségi állapota folyamatosan romlott. Ez egyértelműen arra utal, hogy a bükk kevésbé tolerálja (illetve kompenzálja) a jelentősebb lombvesztést. Ez azért is fontos információ, mert a klímaváltozás mellékhatásként a jövőben valószínűleg gyakrabban és nagyobb területen fog jelentkezni rovarok okozta lombvesztés



7.2.-14. ábra. A gyapjaslepke 2005-ös jelentős lombrágását követően, 2006-ban tömegesen megjelenő falgym (*Parietaria officinalis*) egy bakonyi bükkösben (Fotó: Csóka György)

magasabb tengerszint felett álló állományokban (így bükkösökben) is. A lágyszárú aljnövényzet egyes fajai, pl. a falgym (*Parietaria officinalis*) (7.2.-14. ábra), vagy például a szedrek (*Rubus* spp.) számára kifejezetten előnyös lehet a lombzat lassú regenerációjából fakadó megnövekedett fény mennyiség, illetve a nagy mennyiségű, gyorsabban hasznosítható tápanyag (a hernyóürülék gyorsabban jut vissza a tápanyagkörforgásba, mint az őszelelő levelek). Így egyes fajok tömegesen jelennek meg a gyapjaslepke tömegszaporodását követő néhány évben.

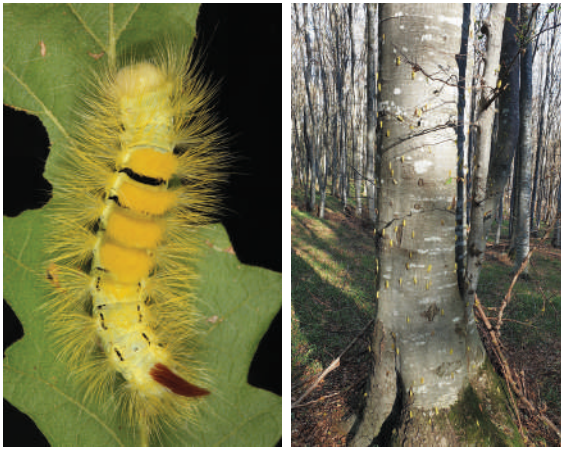
A bükk-gyapjaslepke (*Calliteara pudibunda*) (Lepidoptera: Erebidae) eurázsiai, egynemzedékes, polifág faj (tölgyek, bükk, nyír, vadgesztenye). Jellegetes, könnyen felismerhető hernyója (7.2.-15. ábra) júniustól októberig fejlődik, majd bebábo-

zódva áttelel. Magyarország jelenlegi területéről nem ismertek jelentős tömegszaporodásai, számos európai országban viszont bükk és tölgy állományokban is jelezték gradációját. Wellenstein (1978) szerint tömegszaporodásai Európában a 47. és az 58. szélességi kör között fordulnak elő. Az utóbbi, mintegy fél évszázadból Németországból Klimentz (1972) és Wellenstein (1978), Dél-Svédországból Nilsson (1978), Csehországból és Szlovákiából Urban & Šedivý (1997), Dániából Meulengracht-Madsen & Nielsen (2001) számolnak be tömegszaporodásokról.

Nilsson (1978) az 1971–1973 közötti időszakban bekövetkezett erős lombvesztés néhány ökológiai hatásáról tudósított. Eszerint a harmadik évre (1973) lényegesen lecsökkent a lehulló lomb mennyisége (3 t/ha-

ról 0,8 t/ha-ra). A koronán áteső csapadék foszfor- és nitrogéntartalma pedig háromszorosára emelkedett az 1971-es értékhez képest. A lombvesztéssel egyértelműen összefüggésbe hozható növekedéscsökkenést nem mutatott ki.

1988 és 1992 között a Wellenstein (1978) által jelzethez képest jóval délebbre, Észak-Olaszországban (Piedmont és Liguria régiókban – 44–45. szélességi fok) 700 és 1 300 méteres tengerszint feletti magasság között bükkösökben és elegyes lombos erdőkben alakult ki tömegszaporodás (Mazzoglio et al. 2005). A gradáció egyik fő kiváltó okának a megelőző száraz, meleg nyarakat tartják. A tetőzések (1991 szeptembere) mintegy 3 700 hektáron jelentkezett lombvesztés. Ez a tömegszaporodás lehetőséget adott a lepkefaj természetes ellenségeinek és kórokozóinak tanulmányozására is. A tömegszaporodás összeomlásában a rovarpatogén vírusok játszottak meghatározó szerepet (Mazzoglio et al. 2005). 1992 és 1994 között, Csehország és Szlovákia határán, a Fehér-Kárpátokban, bükkösökben zajlott tömegszaporodás, ami 1994-ben – főként vírusfertőzés és rovarpatogén gombák miatt – összeomlott.



7.2.-15. és 7.2.-16. ábra. A bükk-gyapjaslepke (*Calliteara pudibunda*) könnyen felismerhető hernyója, valamint tömegszaporodása Székelyföldön, egy Kézdivásárhely közelében lévő bükkösben (Fotók: Csóka György és Vánca Botond)

2018–2019-ben törökországi (Bursa – kb. 40. szélességi fok) bükkösökben is észlelték a faj tömegszaporodását (Ipekdal 2022). Feltételeken itt is megemlítték a megelőző évek extrém időjárásának (enyhe telek) hatását.

2019 késő nyarán Székelyföldön, Kézdivásárhely/Felsőlemhény (Târgu Secuiesc/Lemnia) körzetében több száz hektárra kiterjedő tömegszaporodást észleltek 60–80 éves korú bükkösökben, ebből 50 hektáron kifejezetten erős lombvesztés (tarrágás) alakult ki (7.2.-16. ábra). 2020-ra a tömegszaporodás összeomlott (Vánca Botond szóbeli közlése). Megjegyzendő, hogy ez a terület is délebbre esik (ca. 46. szélességi fok) a Wellenstein (1978) által jelzett potenciális tömegszaporodási zónánál (47–58. szélességi fok).

Az utóbbi évtizedekben észlelt tömegszaporodások arra engednek következtetni, hogy a bükk-gyapjaslepke egyre gyakrabban lépi át déli irányban a Wellenstein (1978) által leírt potenciális tömegszaporodási sávot.

Más szóval, a jövőben valószínűleg akár olyan helyeken

(pl. hazai bükköseink) is tömegessé válhat, ahol korábban ez nem következett be. Szontagh & Tóth (1977) szerint tömeges fellépése elsősorban száraz, napos, déli kitettségű, kiritkult és/vagy rossz termőhelyen álló bükkösökben várható.

A tavaszi polifág lombfogyasztó-együttes fajai közül Szontagh (1989b) a következőket tartja jelentősnek: a kis téliaraszoló (*Operophtera brumata*), a nagy téliaraszoló (*Erannis defoliaria*), az aranyárga téliaraszoló (*Agriopsis aurantiaria*) és a tollascsápú araszoló (*Colotois pennaria*). Véleménye szerint ezek bükkön való tömeges megjelenése általában közeli tölgyesek jelenlétére vezethető vissza. A fent említett fajok a bükk rügyeit, frissen kibomló leveleit és virágzatát egyaránt fogyasztják. Esetenként a rügyeknek akár 50%-át is károsíthatják. Ugyanakkor tömeges fellépésük általában csak egyes fákon vagy kisebb csoportokban jelentkezik.

A bükk-bolhaormányos (*Orchestes fagi*) egész Európában elterjedt, egynemzedékes faj. Lárva és imágója egyaránt lombfogyasztó. Előbbi a levél csúcsán aknáz, utóbbi a levélerek között lyukakat rág (Csóka 2003) (7.2.-17., 7.2.-18. és 7.2.-19. ábra). Fő tápnövénye a bükk, a lárva csak ennek levelein aknáz, míg az imágók más fásszárúak leveleit is rágják, de Bale és Luff (1978) szerint a bükkhöz képest csak jelentéktelen mértékben. A kifejlett bogár kéregpedésekben, leváló kéregdarabok alatt telel.

Európa számos országában a bükk-bolhaormányost a bükk egyik legjelentősebb lombkárosítójának tartják. A teljesség igénye nélkül néhány példa: Németország (Dieter 1964), Dánia (Nielsen 1970), Írország és



7.2.-17., 7.2.-18. és 7.2.-19. ábra. A bükk-bolhaormányos (*Orchestes fagi*) lárva, aknája, valamint a lárva és az imágó együttes kárképe (Fotók: Csóka György)

Skócia (Day & Watt 1989), Horvátország (Hrasovec 2003), Szlovákia (Kulfan et al. 2011), Spanyolország (Rullán-Silva et al. 2015).

Magyarországon évente átlagosan 100 hektár körüli területről jelzik tömeges fellépését. 1987-ben szinte minden hazai bükkösben észlelték, összesen 3 350 hektárnyi kárterületét jelentették (Szontagh 1989b). Jelentősebb kártételeit általában aszályos időszakok, illetve kései fagyok előzik meg. Ilyen esetekben fiatalosokban foltos fapusztulást is előidézhet (Szontagh 1989b).

Az új évezredben behurcolták Új-Skóciába, ahol 2012-ben észlelték először (Sweeney et al. 2012), itt az amerikai bükkön (*Fagus grandifolia*) jelentős lombvesztéseket okozott, ami több éven át ismétlődve jelentős mértékű fapusztulást is előidézett (Goodwin et al. 2019; Sweeney et al. 2020). Az észak-amerikai kontinensen belüli terjeszkedés egyik lehetséges módja a tűzifa nagyobb távolságokra történő szállítása (Morrison et al. 2017). A levélrágás, illetve az aknázás által okozott lombvesztésen túl jelentős közvetett hatásai is vannak a bükkre. Gossner és munkatársai (2021) megállapították, hogy főleg az imágók lyuggató rágása fertőzési kaput nyit a *Petrakia liobae* nevű inváziós levélkórokozó gombának. Hasonló következtetésre jutottak Edwards és munkatársai (2021) Kanadában is, miszerint a levélen kialakuló nekrotikus foltok megjelenése és kiterjedése szoros, pozitív összefüggésben van az imágók által rágott lyukak sűrűségével.

A bükk-bolhaormányos mellett a másik jelentős monofág lombfogyasztó a bükk-levéltetű (bükk-gyapjaste-tű) (*Phyllaphis fagi*). Holociklikus fejlődésű, életmenete meglehetősen összetett, amit a környezeti viszonyok is jelentős mértékben befolyásolnak. Kéregrepedésekben pete alakban telet. A kikelő petékből a leveleken és a friss hajtásokon szárnyatlan alakok fejlődnek, ezek rendkívül dús viaszos bevonatot képeznek és mézharmatot választanak ki, amit május-júniusban a méhek is gyűjtenek (7.2.-20. ábra). Ezeket parthenogenetikus úton szaporodó számos, akár 8–10 szárnyas nemzedék is követheti (7.2.-21. ábra). Ősszel (szeptember-október) a kétivarú nemzedék (szárnyatlan nőstények és szárnyas hímek) nőstényei rakják le áttelelő petéiket.



7.2.-20. és 7.2.-21. ábra. A bükk-levéltetű (*Phyllaphis fagi*) viaszos bevonat védelmében fejlődő szárnyatlan alakja a kiválasztott mézharmat cseppekkel és a szárnyas alak (Fotók: Csóka György)

Iversen & Harding (2007) a fajnak csemetekertekben tulajdonítanak kiemelkedő jelentőséget, tekintve, hogy Európában évente mintegy 200 millió bükkcsemetét termelnek ezekben. A tömeges fellépés levélszíneződést, torzulásokat és lelassult növekedést, végső esetben pusztulást okoz (Gora et al. 1994).

Az 1962 és 2011 közötti fél évszázados időszak átlagában Magyarországon évente 500 hektárról jelentették kártételét. 2001-ben azonban országos összesített kárterülete meghaladta a 12 ezer hektárt.

Karpofágok

Hirka Anikó és Csóka György

A tölgyektől eltérően – ahol a *Curculio*-makkormányosok kiemelkedő jelentőséggel bírnak – a bükk termésében ormányosok nem, csupán makkmolyok lárvái fejlődnek. Ezek a makkfűrómoly (*Pammene fasciana*), a tölgymakkmoly (*Cydia splendana*) és leggyakrabban a bükkmakkmoly (*Cydia fagiglandana*) (7.2.-22., 7.2.-23. és 7.2.-24. ábra). Ezen utóbbi tudományos nevében a faji jelző (fagiglandana) és magyar neve, a bükkmakkmoly is utal a bükkhöz való szorosabb kötődésére (Szabóky & Csóka 2010). A faj azonban nem monofág, lárvái tölgymakkban és a szelídgesztenye termésében is kifejlődnek, utóbbiban jelentős károkat is okozhatnak. A bükkmakkban kifejlődő egyetlen lárva teljesen elfogyaszthatja a szikleveleket, így a makk csírákéességét elveszíti. Hazai számszerű adatok alig ismertek a faj jelentőségére vonatkozóan. Mátyás (1970) a *Carpocapsa grossana* (= *Cydia fagiglandana*) és a *Pammene juliana* (= *P. fasciana*) karpofág sodrómolyokat említi a bükkmakk kártevőjeként.



7.2.-22., 7.2.-23. és 7.2.-24. ábra. A bükkmakkmoly (*Cydia fagiglandana*) hernyója, a hernyó kibújási nyílása és az imágó (Fotók: Csóka György)

Öt év átlagában a makkok 21%-ában (8–30%) találta meg őket. Ehhez közeli értékeket említenek külföldi szerzők is. Gómez de Aizpúrua (1992) Spanyolországból 20%, Kelbel & Zahrada (1999) Szlovákiából 10% körüli átlagos fertőzést jelez, azzal a kiegészítéssel, hogy a tömeges makktermés éveiben ez az érték némileg alacsonyabb.

Xilofágok

Lakatos Ferenc, Hirka Anikó, Tuba Katalin és Csóka György

Az 5.2. fejezetben már foglalkoztunk xilofág rovarokkal. Itt csak néhány olyan fajra koncentrálnunk, amelyek még élő fákban fejlődnek (herbivor xilofág) és jelentős szerepet tölthetnek be a faegyedek és az állományok egészségi állapotának romlásában, fapusztulásokban, illetve érdemi gazdasági károkat okozhatnak. Megjegyzendő, hogy a herbivor xilofágok és a szaproxilofágok között nem mindig húzható éles határvonal. Számos faj van ugyanis, ami a legyengült, betegeskedő, de még élő fára rakja petéit, de fejlődése jobbára már az elpusztult fában történik.

A kéregtetvek (Hemiptera: Lachnidae) családjába tartozó *Lachnus pallipes* (régábbi nevén *Schizodryobius pallipes*) holociklikus fejlődésű, egygazdás, nagytermetű (3–5 mm) faj. Az ivarosán szaporodó nemzedék ősszel jelenik meg. A szárnyatlan nőtények ősszel, csoportosan rakják le hosszúka, sötét színű petéiket. Ezekből tavasszal kelnek ki az ősanák, amelyeket a környezeti viszonyoktól függően több ivartalan nemzedék is követ a vegetációs időszak során. Hangyák, különösen *Formica*-fajok, intenzíven látogatják és védel-

mezik kolóniáikat. A bükk mellett tölgyeken és szelídgesztenyén is találkozhatunk vele. A kolóniák többnyire a tápnövény néhány éves ágain, illetve törzsén élnek. Táplálkozásuk során megsértik a kambiumot, aminek következtében az ágakon kisebb-nagyobb daganatok keletkeznek. Thomsen és munkatársai (2016) szerint szívoogatásukkal – mintegy „kapunyitóként” – kórokozók (így pl. *Nectria/Neonectria*-gombafajok) megtelepedését segíthetik elő.

A kifejletten kb. 1 mm-es, sárgás színű, szárnyatlan bükk-gyapjaspajzstetű (*Cryptococcus fagisuga*) (Hemiptera: Eriococcidae) egynemzedékes, parthenogenetikus úton szaporodó monofág faj. A nimfái kéregrepedésekben telelnek, tavasszal fejlődnek ki. A nőtények nyáron, kisebb csoportokban rakják le petéiket és viaszos, gyapjúszerű bevonattal fedik be azokat (7.2.-25. és 7.2.-26. ábra). A kikelő lárvák a kérgen, kéregrepedésekben szívoogatnak. Tömeges fellépése önmagában is negatív hatással van a fák növekedésére és fiziológiai állapotára, de az általa vektorként hordozott kórokozók (*Nectria/Neonectria*-fajok) legyengült fákon kéregnekroízisokat, további leromlást, végül pedig fapusztulást okozhatnak (Wiggins et al. 2004; Mihál et al. 2015).



7.2.-25. és 7.2.-26. ábra. A bükk-gyapjaspajzstetű (*Cryptococcus fagisuga*) fehéres színű viaszos bevonata bükk törzsén (Fotók: Csóka György)

Európa nagy részén elterjedt, de az északi területeken valószínűleg a téli hidegek korlátozzák népségét. Norvégiából (Ålesund – kb. 62. szélességi fok) a közelmúltban került elő. Ez valószínűleg globálisan is a legészakibb előfordulási adata (Endrestøl & Gertsson 2021). Időnkénti és helyenkénti tömeges megjelenése Közép- és Délkelet-Európában mindenütt közismert (Mihál et al. 2015).

Magyarország bükköseiben kisebb-nagyobb népséggel mindenütt előfordul, de általában csak egyes fákon, illetve kisebb csoportokon jelentkezik tömegesen. Szontagh (1989a) szerint tömeges fellépését az aszály, a sebzések, a héjaszás és a kései fagyok segítik elő, és a bükkpusztulás jelentős szereplőjeként említi a fajt. Az 1982–2011 közötti három évtizedben éves átlagban 270 hektárról jelentették tömeges fellépését. Legnagyobb éves kárterületét (közel 2 800 ha) 1989-ben jelezték, ezt követően az éves kárterületek fokozatosan csökkentek (Janik et al. 2016).

Németországi vizsgálatok szerint az erdőgazdálkodás/erdőművelés módja (érintetlen /egykorú/vegyeskorú állomány) nem befolyásolta a *Cryptococcus* tömegességét, arra inkább a fák kora és az állomány záródása van hatással. Legnagyobb mértékű fertőzését általában a fiatalosokban hagyásfaként visszamaradó idős faegyedeken tapasztalták (Köhler et al. 2014). Krabel és Petercord (2000) kimutatták, hogy populáción belül jelentős – genetikai és fiziológiai okokra visszavezethető – különbségek vannak a *C. fagisuga*-val szembeni érzékenység vonatkozásában.

A 19. század végén Észak-Amerikában is megjelent, és egyes területeken az amerikai bükkön (*Fagus grandiflora*) – az általa terjesztett kórokozókkal együtt – kifejezetten súlyos károkat is okozva, fokozatosan terjeszkedni kezdett. Michigan államban 2000-ben észlelték először, és azt prognosztizálták, hogy az amerikai bükkök mintegy 50%-át el fogja pusztítani (Kearney et al. 2005). Az általa okozott jelentős mortalitás miatt hosszabb távon alapvető változásokat idézhet elő az érintett erdők fafajösszetételében, szerkezetében (Morin & Liebhold 2015).

A fajt feltehetően Európából hurcolták be, de Gwiazdowski és munkatársai (2006) szerint nem zárható ki, hogy a faj Európa nagy részén is inváziós, és eredeti elterjedési területe a Fekete-tenger vízgyűjtője, a Kaukázus és Észak-Írán, ahol tápnövénye a keleti bükk (*Fagus orientalis*) lehetett.

Bár a díszbogarak közül több, akár védett faj is előfordul a bükkfák kérge alatt, illetve a fatestben, erdővédelmi jelentősége elsősorban a hivatalos magyar nevén változékony-, a gyakorlatban elterjedt nevén zöld karsúdíszbogárnak (*Agrilus viridis*) (7.2.-27. ábra) van. A bogarak kifejezetten szeretik a meleg, napsütötte oldalakat és a fatörzs déli kitétségszerű részeit. A nőstény kisebb csoportokban ide rakja petéit és lencseszerű védőréteggel fedi be azokat (7.2.-28. ábra). Fejlődési ideje itt többnyire egy év, míg az árnyasabb, kevésbé meleg helyeken általában két év. A lárva (7.2.-29. és 7.2.-30. ábra) a kambialis réteget fogyasztja el, megszakítva a víz- és tápanyagáramlást, ezzel elpusztítva a fát. A bábózás már a szijácsban történik. A korábbról nem ismert jellegű és mértékű bükkpusztulást okozó (7.2.-31. ábra) első tömeges megjelenését leíró hazai publikációk (Molnár & Lakatos 2009; Lakatos & Molnár 2009) is kiemelt jelentőséget tulajdonítanak a fajnak. Hazánkban az új évezred első évtizedében alakult ki jelentős aggodalmat keltő tömegszaporodása. 2004-ben Zalaegerszeg közelében az 1 000 hektárt is meghaladta jelentős mértékű kártétele, aminek következtében mintegy 140 ezer m³ egészségügyi termelést kellett elvégezni. Ezt követően a kárterületek jelentős mértékben csökkentek. Valószínű, hogy a „bükkpusztulás” néven jelzett kárformában már az ezredfordulón is jelentős szerepet



7.2.-27. és 7.2.-28. ábra. A zöld karsúdíszbogár (*Agrilus viridis*) imágója és a lerakott petéket védő lencseszerű bevonat (Fotók: Csóka György)



7.2.-29. és 7.2.-30. ábra. A zöld karsúdíszbogár korai lárvájatai és az idősebb lárva (Fotók: Csóka György)



7.2.-31. ábra. Zöld karsúdíszbogár okozta tömeges bükkpusztulás Homokkomárom határában (Zala vármegye, Nagykanizsai járás) 2003 augusztusában (Fotó: Vaski László)

játszott. Tömegszaporodásának különösen kedvez, ha a gyérítések során erőteljes belenyúlást alkalmaznak, vagy ha a bontóvágást nagyobb eréllyel hajtják végre. Megjelenését, kártételét elősegíti a melegedő klíma (Molnár et al. 2010).

Érdekes, hogy míg az álló fákon kifejezetten gyakori, petecsomóit, lárvameneteit könnyű megfigyelni, addig széldöntés, vagy jégtörés után az erdőben keletkező, nagyobb mennyiségű holt faanyagban nem jelenik meg tömegesen. A faj maga széles, palearktikus elterjedésű, polifág, a bükk mellett tölgyeken és fűzekben is előfordul. Ugyanakkor nincs egyértelmű konszenzus annak tekintetében, hogy az egyes gazdanövényen előforduló egyedek – bár morfológiailag igen ha-

sonlóak – egy, vagy több fajba sorolandók (Jendek 2016). Az *Agrilus* genusz több faja is hasonló életmódot folytat más fafajokon (pl. *A. biguttatus* a tölgyön, vagy *A. suvorovi* a nyárákon). A genuszban ismerünk inváziós fajt is (*A. planipennis*), ezért annak monitorozására, előrejelzésére több módszert is kidolgoztak (illatanyagokkal támogatott csapdázás). A hazai fajok esetében azonban a módszer széleskörű alkalmazása még várat magára (Imrei et al. 2020, 2021).

A szűbogarak alcsaládjából (Curculionidae, Scolytinae) három fajt kell kiemelni. A bóbítás bükkuszú (*Taphrorychus bicolor*) főként a kitermelt faanyagban, elhalt korona- és törzsrészekben jelenhet meg. Tömeges elszaporodásra hajlamos. Kártétele álló, pusztulófélben lévő fákon igen gyakran a zöld karcsúdíszbogárral egy időben, egy helyen észlelhető. Ugyanakkor esetenként élő, látszatra teljesen egészséges fákon is megtelepszik. A zöld karcsúdíszbogárral ellentétben azonban nem gyorsan, hanem hosszabb idő (4–6 év) alatt okozza a megtámadott fa leromlását, illetve pusztulását. Kihulló rágcsáléka, vagy a befurakodási nyílásból kifolyó nedvek, illetve az azon megtelepedő gombák utalhatnak jelenlétére (7.2.-32. ábra). A megtámadott fák időnként képesek kivédeni a támadást. Erre utalnak a paláston látható kisebb, felrepedező púpok (7.2.-33. ábra). A 20. század végén több vegyületet is azonosítottak, melyek csalogató hatással bírnak a bóbítás bükkuszú egyedeire, de hatékony csalogató anyaga a mai napig nem beszerezhető, így előrejelzése is nehézkes.

A fatestben fejlődő szűbogarak közül ki kell emelni a nálunk is honos varratos bükkuszút (*Trypodendron domesticum*), amely előszeretettel kolonizálja a kitermelt bükk-rönköket. Az áttelelő bogarak már korán repülni kezdenek (március eleje), meneteik általában a fatest külső részére korlátozódnak. Feromonja ismert, kitűnően használható a faj rajzási és populációs viszonyainak



7.2.-32. és 7.2.-33. ábra. A bóbítás bükkuszú (*Taphrorychus bicolor*) erős fertőzését jelző kárkép bükktrözsön, és a kivédett támadást jelző felrepedező dudorok (Fotók: Csóka György)



7.2.-34. ábra. A német szű (*Xylosandrus germanus*) imágója, járatában a tenyésztett gombával (Fotó: Csóka György)

előrejelzésére. Hazánkban még nem jelezték kártételét élő fán, de Németországban már megfigyelték a megtelepedését álló, egészségesnek tűnő fákon is (Petercord 2006).

Az eredetileg Ázsiában honos német szű (*Xylosandrus germanus*) 2005 óta ismert hazánkban, mára széles körben elterjedt, polifág, fatestben fejlődő faj. Több gombafaj vektora, amiket a járatok falán tenyészt, a lárvák és a kifejlett bogarak is ezeket fogyasztják (7.2.-34. ábra). Tömegesen jelenhet meg kitermelt faanyagban, illetve a hó- vagy széltörött faegyedekben (Lakatos et al. 2023). Hazai viszonyok között is megfigyelhető volt nagy egyedszámú jelenléte, a szomszédos Szlovákiából tömeges előfordulását jelezték érté-

kes bükkörnkön (Fiala et al. 2020). Észak-Amerikában (ahová szintén behurcolták) egészséges fákon is megtelepszik, így ott „elsődleges kártevőnek” tekintik (Lakatos & Tuba 2022; Lakatos et al. 2023). Ennek megfelelően népszerűségváltozásait és hatásait fontos nyomon követni. Feromonja nem ismert, de alkoholos csapdákkal jól csalogatható (Lakatos 2019).

A bükk kórokozói

Koltay András

A makk és a csemeték kórokozói

A bükkmakkokon és a csemetéken gyakoriak a különféle kórokozók. Ezek többsége nemcsak a bükk, hanem más fafajok (tölgyek, fenyők stb.) magjain is előfordul, hasonló tüneteket okozva. A szakirodalom többnyire elkülöníti a magokon és a csemetéken előforduló kórokozókat, de valójában a magon és a csemetéken hasonló gombafajok idéznek elő pusztulást.

A bükkmakkokon elsősorban a nem megfelelő tárolás során jelenhetnek meg a kórokozók. Közös jellemzőjük, hogy nedves, levegőtlen körülmények kedveznek a fertőzések kialakulásának. A hőmérséklet is befolyásolhatja a kórfolyamatot, de míg egyes fajok alacsonyabb hőmérsékleten érzik jól magukat, mások a magasabb hőmérsékleti viszonyok között tudnak nagyobb intenzitással fertőzni (pl. *Fusarium* spp.). A makk megfelelő tárolása esetén ezek a problémák nem, vagy csak mérsékeltén lépnek fel (Szontagh 1986; Nef & Perrin 1999). A legfontosabb makkon előforduló kórokozók a *Phytophthora* fajok. Ezek közül is leggyakrabban a *Phytophthora cactorum* okoz jelentősebb károkat a tárolt makkokon, de a csemetéken is. Polifág kórokozó, számos más növényen is előfordul. Korai fertőzés esetén a makk már ki sem csírázik. A csírázást követő fertőzése nyomán alakul ki a jellegzetes csemetedőlés, mivel a gomba a gyökérnyaki részen befűződést és elhalást okoz, így a csemete eldől. Gyakran a szikleveleken és az első kis leveleken okoz barna foltos elváltozást, amely lassan kiterjedve az egész csemetét elpusztíthatja (Szontagh 1960). Elsősorban csapadékos, nedves tavaszi időjárás során számíthatunk megjelenésére. A *P. cactorum* mellett a *P. citricola*, *P. cambivora* és a *P. cinnamoni* szintén hasonló tüneteket okoz, de némileg ritkábban fordulnak elő bükk csemetéken (Jung 2009; Portz et al. 2011; Hudler 2015).

A fitofórakon kívül más talajlakó gombák is okozhatnak elhalást mind a magokon mind a csemetéken. Ilyen például a *Trichothecium roseum*, ami a magokat fertőzi, rózsaszínes bevonatot képezve a mag felszínén vagy a maghéj alatt a szikanyagon. Hasonló tüneteket okoznak a *Penicillium* és *Fusarium* fajok, melyek tünetei annyiban különböznek egymástól, hogy a magokon képződő spórabevonat színe eltérő. A *Penicillium* fajok esetében rendszerint zöldes vagy szürkés, míg a *Fusariumok* esetében inkább világos rózsaszínű a bevonat. A *Fusarium* fajok közül leggyakoribb a *Fusarium oxysporum*, de a *F. avenaceum* is gyakori lehet. A csemetéket az első hat-nyolc hétben veszélyeztetik leginkább, megjelenésük valamilyen stresszhelyzethez köthető, mint például a szárazság vagy a túl nedves környezet, mindkettő elősegíti a fertőzések kialakulását (Fischl et al. 1997). Ugyancsak a fiatal magoncokat és elsősorban ezek gyökereit károsítja az *Ilyonectria destructans* (= *Nectria radicularis*). A magokon és a csemetéken egyéb kórokozók is megjelenhetnek, a fentiekhez hasonló tüneteket okozva. Ilyen például a *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Pythium debaryanum*, vagy a *Rhizoctonia solani* (Hangyálné 1983; Butin 1995; Nef & Perrin 1999; Szabó 2003).

A bükkmakkokon és csemetéken előforduló gombafajok ellen elsősorban megfelelő tárolással, valamint csávázással védekezhetünk. A makkvetések előtt a csemetekertekben célszerű talajfertőtlenítést végezni, ezzel jelentősen csökkenthető a fertőzések veszélye. Kerülni kell a talajok teljes kiszáradását, de a túlzott talajnedvesség és pangóvíz ugyancsak elősegíti a kórokozók fertőzését (Szontagh 1960; Eke & Varga 1981).

Kórokozók a levélen

A bükk levelein viszonylag kevés kórokozó fordul elő. Ezek közül is mindössze az *Apiognomonium errabunda* az, aminek számottevő gyakorlati jelentősége van. Egyes években tömegesen léphet fel, elsősorban fiatal állományokban. A fertőzések az előző évben lehullott leveleken kifejlődő ivaros termőtestekben (peritéciumokban) képződő aszkospórákkal történik tavasszal, koranyáron. A fertőzést követően egyre nagyobb kiterjedésű barna foltok jelennek meg a levélen (7.2.-35. ábra). Rendszerint a levél csúcsától indul az elhalás, majd innen terjed a fertőzés a levélnyel irányába. A nekrotikus foltok kiterjedésével a levél egyre intenzívebben deformálódik (Szabó 1991). A kórkép könnyen összetéveszthető a bükk levelein gyakori bükk bolhaormányos (*Orchestes fagi*) kárképével (lásd a 7.2.-18. ábrát), de a gomba fertőzése esetén az elhalt levéllemezen kialakuló folthoz nem csatlakozik az érzégből kiinduló kanyargós aknajárat.

Ahogy számos más növényen, a bükkön is előfordulnak lisztharmatok, mint például a *Phyllactinia guttata* (Szabó 2002). A kórokozó sok esetben már kora tavasszal a hajtáskezdeményeket fertőzi az áttelelő hifákkal, majd később a kifejlődő leveleken is elhatalmasodhat a fertőzés. Amennyiben jelentősebb levélvesztés történik (rovarrágás, fagy stb.) az új hajtásokat is intenzívebben képes fertőzni a kórokozó. A megtámadott levelek felszínén és a levél fonákán is fehér bevonatot képez a gomba micéliuma. A gomba szívívhifákat (hausztóriumokat) növeszt, és ezek segítségével az epidermiszen keresztül a növényi szövetekbe hatol. A vegetációs időszak végén alakul ki az ivaros alak a levelek felszínén, a lisztharmatokra jellemző kazmotéciumokkal, bennük az aszkuszokkal és aszkospórákkal. A bükkön a lisztharmat jelentősége jóval kisebb, mint a tölgyeken, tömeges előfordulásukról és károkról nincsenek hazai adatok.



7.2.-35. ábra. Az *Apiognomonium errabunda* fertőzés során kialakult folt a levélen (Fotó: Koltay András)

A bükk levelein még a *Mycosphaerella punctiformis*-t (syn. *Ramularia endophylla*), említik (Butin 1995) mint kisebb jelentőségű kórokozót, ami jellemzően apró barna, kerekded foltokat okoz a levél felszínén.

Tartini és munkatársai (2021) egy új kórokozót, a *Petrakia liobae*-t is azonosított a bükk levelein 2008-ban Svájcban. Később más európai országokban (Németország, Ausztria, Szlovákia, Szlovénia és Franciaország) is megtalálták. A kórokozó tavasszal és kora nyáron fertőzi a frissen kihajtó leveleket az előző évben talajra hullott, fertőzött levelekben kifejlődő pszeudotéciumokban (ivaros alak) képződött aszkospórákkal. A fertőzést követően először kisebb barna foltok képződnek a levélen, majd ezek a foltok összeolvadnak és így egyre nagyobb lesz a nekrotikus rész a levélen.

Kórokozók a hajtáson, ágakon, törzsön és gyökfőben

A kéreg- és gyökérelhalásban több gombafaj is szerepet játszik, melyek közül kiemelkedő szerepe van a *Neonectria* fajoknak. Az irodalmi adatok nem egységesek a leginkább patogén faj megnevezésében. Mindenesetre tény, hogy a *Neonectriák* jelentős szerepet játszanak a kéregnekrozisok kialakulásában. Egyesek (Zúbrik et al. 2013) a *Neonectria coccinea*-t jelölik meg, mint a leginkább patogén fajt a bükkön, ezzel szemben mások (Butin 1995; Szabó 2003) a *Neonectria ditissima* gombát tartják elsődlegesnek a fertőzések és a jellegzetes tünetek megjelenésében. A fenti két faj mellett a *Nectria cinnabarina* is gyakran megjelenik a bükkön, de ezt inkább gyengültségi parazitának tartják (Szabó 2003). A *Neonectriák* fertőzése elsősorban a stresszhatásoknak kitett egyedeket betegíti meg. A szárazság, aszályos periódusok, illetve a kései fagyok

okozta sérülések is elősegítik a fertőzések kialakulását. A kórokozó vagy a kéregrepedéseken, vagy nagyobb mechanikai sérüléseken keresztül fertőz. Emellett jelentős szerepe van a rovaroknak is a kórokozó terjedésében, így például a bükk gyapjaspajzsterű (*Cryptococcus fagisuga*) szívgatása nyomán kialakult kéregsérülések elősegítik a fertőzések kialakulását. A kezdeti tünet a kéreg besüppedésével indul, majd fokozatosan növekszik a nekrotikus folt. A fertőzések érinthetik a vékonyabb hajtásokat, ágakat, de a vastagabb ágakon is megjelenhetnek a tünetek. Fiatal fák esetében gyakran a gyökfő közelében a vékonyabb törzsön okoznak nekrozist. A tünetek előrehaladtával a sérült részeken deformáció, rákos elváltozások is kialakulnak. (7.2.-36. ábra) A fertőzést követő évben az elhalt kéregrészekben megjelennek a gomba jellegzetes piros, bíborvörös termőképletei. (7.2.-37. ábra) Erős fertőzés esetén az idősebb fákon részleges koronaelhalás alakul ki, míg fiatal fák esetében teljes pusztulás is bekövetkezhet. (7.2.-38. ábra)

A *Cytospora leucosperma* a *Neonectria* fajokhoz hasonlóan kéregnekrozist okoz. Jelentősége sokkal kisebb, inkább pusztuló hajtásokon, ágakon jelenik meg. A konídiumok a kéreg alól törnek elő, jellegzetes narancs színű fonalak, kitüremkedések formájában. A kórokozó terjesztésében itt is jelentős szerep jut a rovaroknak. Ugyancsak kisebb jelentőségű a pénzecske-ripacsgomba (*Biscogniauxia nummularia*) gomba, ami gyakori kísérője az elhalt vagy elhaló félben lévő ágaknak.

Inkább szaprofita, általában a már elhalt ágakon jelennek meg a jellegzetes, 1–2 cm átmérőjű, kör alakú, fekete színű, bársonyos felszínű, lapos termőtestek (peritéciumos sztrómák) (7.2.-39. ábra). Hasonló jelentőségű a vörös ripacsgomba (*Hypoxylon fragiforme* – 7.2.-40. ábra), de ennek gömbölyű termőtestei vöröses-barnák, méretük 1 cm körüli (Zúbrik et al. 2013).



7.2.-36., 7.2.-37. és 7.2.-38. ábra. A *Neonectria cocinea* fertőzés következtében deformálódott ág, a faj jellegzetes bíborvörös termőképletei és a gyökfőben bekövetkezett fertőzés miatt elhalt fiatal bükk (Fotók: Koltay András)



7.2.-39. ábra. A pénzecske-ripacsgomba (*Biscogniauxia nummularia*) jellegzetes, lapos termőtestei letört, vastag bükkágon (Fotó: Csóka György)



7.2.-40. ábra. A vörös ripacsgomba (*Hypoxylon fragiforme*) termőtestének alakja erdei szamócára emlékeztet, ez jelenik meg a faj tudományos nevében is (Fotó: Csóka György)

A gyökér-, gyökfő- és kéregelhalásokban jóval nagyobb szerepet játszanak a különféle *Phytophthora* fajok. Ahogy a magok és csemeték esetében, a fiatalabb és az idősebb fákon egyaránt több fajuk is előfordulhat. Rendszerint a gyökereken keresztül fertőznek, és a szállítószövetekben jutnak el a gyökfőbe és a törzs alsó felére. A fertőzött kéregrészek rendszerint sötét színű foltok, folyások jelennek meg, melyek alatt a kéreg elhal. (7.2.-41. ábra) A foltokról a kérget óvatosan eltávolítva előtűnik az elhalt, megbarnult, szivacsos kéregszövet. (7.2.-42. ábra) A fák a fertőzés előrehaladtával el is pusztulnak. A fitoftórával fertőzött fákból leggyakrabban a *Phytophthora cambivora*, valamint a *Phytophthora citricola* fajok izolálhatók. Ezek mellett azonban számos más *Phytophthora* is előkerült a vizsgálatok során, de ezek jelentősége alárendelt a bükkök esetében (Jung et al. 2005; Szabó & Lakatos 2008).



7.2.-41. és 7.2.-42. ábra. *Phytophthora* fertőzés tünetei a gyökfőben és a kéreg alatti fertőzött szövetek elhalása (Fotók: Koltay András)

A gyökér- és gyökfőelhalások másik fontos és elterjedt okozója a gyűrűs tuskógomba (*Armillaria mellea*). A gomba alapvetően szaprofita, a visszamaradt tuskókon jelennek meg a változatos formájú termőtestek. Bár korábban *Armillaria mellea* néven egy fajként említették, de a 70-es években a biológiai kompatibilitási vizsgálatok elterjedésével öt különböző fajt különítettek el Európában: *A. mellea*, *A. gallica*, *A. cepistipes*, *A. ostoyae*, *A. borealis* (Pegler & Gibson 1972; Szabó 2003). Széles gazdakörrel rendelkeznek, mind a tűlevelűeken, mind a lombhullató fajokon előfordulhatnak. A szaprofita életmód mellett, elsősorban az *A. mellea* gyakran gyengültségi parazitaként is felléphet (Koltay & Szántó 1989). A 70-es években indult európai tölgypusztulásban jelentős szerepet játszott, (Igmándy et al. 1984) de a bükkön is megjelenik hasonló kórtünetekkel.

Általában a gyökereken keresztül hatol be a fába, majd a szállítószövetekben tovább haladva a fa más részeit is kolonizálja. A megtelepedését követően a szijács és kambium elhalását okozza, majd a gazdanövény teljes pusztulását követően szaprofita módon él tovább és fehérkorhasztóként bontja a faanyagot. A fertőzések kezdetén a kéreg alatt, ujjasan szétterülő fehér hifakötegek révén terjed, majd később a kéreg alatt és a gyökerek felszínén, sőt a gyökfő környékén a talajban is megjelennek a jellegzetes fekete, mélybordó rizo-morfák. (7.2.-43. ábra) A gomba termőtestei az elhalt tuskókon és a gyökfőben csoportosan jelennek meg az ősz folyamán. (7.2.-44. ábra).

A bükkön előforduló főbb kórokozókat az 7.2.-2. táblázatban foglaltuk össze.



7.2.-43. és 7.2.-44. ábra. Az *Armillaria mellea* leváló kéreg alatt terjedő, jellegzetes fekete, mélybordó rizomorfái, illetve az ősz folyamán, elhalt tuskókon és a gyökfőben csoportosan megjelenő termőtestek (Fotók: Koltay András)

7.2-2. táblázat. A bükkön előforduló kórokozók növényi testtájak szerint (Koltay 2024)

Növényi testtáj	Kórokozók
Makk	<i>Trichothecium roseum</i> , <i>Fusarium</i> spp., <i>Trichoderma viridae</i> , <i>Penicillium</i> spp., <i>Alternaria alternata</i> , <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Mucor</i> spp., <i>Xylaria carpophila</i>
Csíracsemete	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Ilyonectria destructans</i> , <i>Fusarium</i> spp., <i>Phytophthora cactorum</i> , <i>Phytophthora citricola</i> , <i>Phytophthora cambivora</i> , <i>Phytophthora cinnamomi</i> , <i>Pythium debaryanum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>
Idősebb csemete	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Ilyonectria destructans</i> , <i>Verticillium</i> spp.
Levél	<i>Apiognomonina errabunda</i> , <i>Petrakia liobae</i> , <i>Phyllactinia guttata</i>
Hajtások, ágak	<i>Neonectria coccinea</i> , <i>Biscogniauxia nummularia</i>
Kéreg, törzs, gyökfő	<i>Armillaria mellea</i> , <i>Hypoxyylon fragiforme</i> , <i>Neonectria ditissima</i> , <i>Neonectria coccinea</i> , <i>Nectria cinnabarina</i> , <i>Phytophthora cambivora</i> , <i>Phytophthora citricola</i> , <i>Cytospora leucosperma</i>
Gyökér	<i>Armillaria mellea</i> , <i>Ilyonectria destructans</i> , <i>Phytophthora</i> spp.

Irodalom

- Bajnai Cs. 2023: Aktuális gondolatok az erdei vadkár jelentőségéről – Egy „örökzöld” probléma, nógrádi perspektívából. – Erdészeti Lapok 158(5): 190–191.
- Bale J.S & Luff M.L. 1978: The food plants and feeding preferences of the beech leaf mining weevil, *Rhynchaenus fagi* L. – Ecological Entomology 3(4): 245–249.
- Berty L. 1995: Természetvédelmi célú emlőstani felmérések a Nyugat-Cserhátban. In: Merkl O. (szerk.): Zoológiai vizsgálatok a tervezett Duna–Ipoly Természeti Örökségpark térségében. – Vác, pp. 124–143.
- Berty L. 2005: Erdőökológiai célú emlőstani vizsgálatok a Börzsöny hegység bükkös zónájában. – Kutatási jelentés az Ipoly-Erdő Zrt. számára, 28 pp.
- Berty L. 2012: Erdőökológiai célú emlőstani vizsgálatok az Ipoly-Erdő Zrt. területén. – Kutatási jelentés az Ipoly-Erdő Zrt. számára, 14 pp.
- Buchalczyk T., Gebczynska Z. & Pucek Z. 1970: Numbers of *Microtus oeconomus* (Pallas 1776) and its noxiousness in forest plantations. – EPP0 Publications Series A 58., pp. 95–100.
- Butin H. 1995: Tree diseases and disorders. – Oxford University Press, Oxford, 252 pp.
- Csóka Gy. 2003: Levélaknák és levélaknázók – Leaf mines and leaf miners. – Agroinform, Budapest, 192 pp.
- Csóka Gy. & Hirka A. 2009: A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) legutóbbi tömegszaporodása Magyarországon. – Növényvédelem 45(4): 196–201.

- Csóka Gy., Pödör Z., Nagy Gy. & Hirka A. 2015: Canopy recovery of pedunculate oak, Turkey oak and beech trees after severe defoliation by gypsy moth (*Lymantria dispar*): Case study from Western Hungary. – Forestry Journal (Lesnicki Casopis) 61: 143–148.
- Day K.R. & Watt A. 1989: Population studies of the beech leaf mining weevil (*Rhynchaenus fagi*) in Ireland and Scotland. – Ecological Entomology 14(1): 23–30.
- Dieter A. 1964: Beitrag zur Epidemiologie und Biologie des Buchenspringrüblers *Rhynchaenus (Orchestes) fagi* L. an Obstgewächsen. – Anzeiger für Schädlingkunde 37(11): 161–163.
- Drozd A. 1967: Food preference, food digestibility and the natural food supply of small rodents. In: Petruszewicz K. (ed.): Secondary productivity of terrestrial ecosystems. – Warszawa, pp. 323–328.
- Edwards S., Brodersen G., Hughes C., Moore K., Morin B., Morrison A., Owens E., Sweeney J. & Johns R.C. 2021: Relationships between pest density and associated leaf necrosis for an invasive leaf-mining weevil, *Orchestes fagi* L., on American beech (*Fagus grandifolia* Ehrh.). – Canadian Journal of Forest Research 52(3): 301–308.
- Eke I. & Varga Sz. 1981: A bükk (*Fagus sylvatica* L.) csírákori károsodásai elleni védekezés. – Növényvédelem 17(3): 124–126.
- Endrestøl A. & Gertsson C-A. 2021: *Cryptococcus fagisuga* Lindinger, 1936 (Hemiptera, Cryptococcidae) confirmed from Norway. – Norwegian Journal of Entomology 68: 18–23.
- Fiala T., Holuša J., Procházka J., Cizek L., Dzurenko M., Foit J., Galko J., Kasák J., Kulfan J., Lakatos F., Nakládál O., Schlaghamersky J., Svatos M., Trombik J., Zábřanský P., Zach P. & Kula E. 2020: *Xylosandrus germanus* in Central Europe: Spread into and within the Czech Republic. – Journal of Applied Entomology 144: 423–433.
- Fischl G., Bürgés Gy., Mészáros Gy. & Kelemen Cs. 1997: Adatok a bükkmakk és a bükk-csíranövények pusztulásához. – Erdészeti Lapok 132(4): 112–113.
- Goodwin J.T.L., Pawlowski S.P., Mayo P.D., Silk P.J., Sweeney J.D. & Hillier N.K. 2019: Influence of trap colour, type, deployment height, and a host volatile on monitoring *Orchestes fagi* (Coleoptera: Curculionidae) in Nova Scotia, Canada. – The Canadian Entomologist 152(1): 98–109.
- Gora V., Starke R., Ziehe M., König J., Müller-Starck G. & J. Lunderstädt. J.L. 1994: Influence of genetic structures and silvicultural treatments in a beech stand (*Fagus sylvatica*) on the population dynamics of beech scale (*Cryptococcus fagisuga*). – Forest Genetics 1: 157–164.
- Gossner M.M., Beenken L., Arend K., Begerow D. & Peršoh D. 2021: Insect herbivory facilitates the establishment of an invasive plant pathogen. – ISME Communications (2021) 1(6): 1–7.
- Gómez de Aizpúrua C. 1992: Lepidoptera fauna on beech in Montejo de la Sierra Forest, Madrid. – Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas 18(4): 713–724.
- Gwiazdowski R.A., Van Driesche R.G., Desnoyers A., Lyon S., Wu S., Kamata N. & Normark B.B. 2006: Possible geographic origin of beech scale, *Cryptococcus fagisuga* (Hemiptera: Eriococcidae), an invasive pest in North America. – Biological Control 39: 9–18.
- Hangyálné Balul W. 1983: A bükkmakk és csíracsemetéinek mikroflórája. – Erdészeti Kutatások 75: 241–245.
- Heltay I. 1989: A róka ökológiája és vadászata. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 175 pp.
- Holisova V. 1971: The food of *Clethrionomys glareolus* at different population densities. – Acta scientiarum naturalium Academiae scientiarum Bohemicae 11: 1–34.
- Hrasovec B. 2003: The entomological complex of common beech. – In: Prpić B., Cračan J., Anić I. & Dundović J. (eds.): Common beech in Croatia. – Akademija Šumarskih Znanosti, Zagreb, pp. 537–548.
- Hudler G.W. 2015: Forest Phytophthoras 3(1). – doi:10.5399/osu/fp.3.1.3396
- Igmándy Z., Pagony H., Szontagh P. & Varga F. 1984: Beszámoló a kocsánytalan tölgyeseinkben fellépett pusztulásról 1978–1983. – Az Erdő (33)8: 334–341.
- Imrei Z., Lohonyai Zs., Csóka Gy., Muskovits J., Szanyi Sz., Véték G., Fail J., Tóth M. & Domingue M.J. 2020: Improving trapping methods for buprestid beetles to enhance monitoring of native and invasive species. – Forestry - An International Journal of Forest Research 93(2): 254–264.
- Imrei Z., Matula E., Lohonyai Zs., Csóka Gy., Muskovits J., Szanyi Sz., Véték G., Bozsik G., Fail J., Vuts J., Domingue M.J. & Tóth M. 2021: Csapdázási módszerfejlesztés honos és inváziós díszbogárfajok rajzáskövetésére. – Növényvédelem 82(3): 113–132.
- Ipekdal K. 2022: A theoretical approach to the pale tussock moth outbreak in Turkey. – Turkish Journal of Forestry 23(3): 212–217.
- Iversen T. & Harding S. 2007: Life table parameters affecting the population development of the woolly beech aphid, *Phyllaphis fagi*. – Entomologia Experimentalis et Applicata 123(2): 109–117.
- Janik G., Hirka A., Koltay A., Juhász J. & Csóka Gy. 2016: 50 év biotikus kárai a magyar bükkösökben. – Erdészettudományi Közlemények 6(1): 45–60.

- Jendek E. 2016: Taxonomic, nomenclatural, distributional and biological study of the genus *Agrilus* (Coleoptera: Buprestidae). – *Journal of Insect Biodiversity* 4(2): 1–57.
- Jung T. 2009: Beech decline in Central Europe driven by the interaction between *Phytophthora* infections and climatic extremes. – *Forest Pathology* 39(2): 73–94.
- Jung T., Hudler G., Jensen-Tracy S., Griffiths H., Fleischmann F. & Oßwald W. 2005: Involvement of *Phytophthora* species in the decline of European beech in Europe and the USA. – *Mycologist* (19): 159–166.
- Kearney A., McCullough D.G. & Walters M. 2005: Impacts of beech bark disease on wildlife resource abundance in Michigan. In: Evans C.A., Lucas J.A. & Twery M. (eds.): *Beech Bark Disease. – Proceedings of the Beech Bark Disease Symposium. General Technical Reports NE-331. Newtown Square PA, US. Department of Agriculture Forest Service, Northern Research Station, pp. 92–93.*
- Kelbel P. & Zahrada B. 1999: Results of monitoring of carpophagous fauna on the European beech (*Fagus sylvatica*) in Slovakia. – *Journal of Forest Science* 45(10): 443–448.
- Klimitzek D. 1972: Das Vorkommen des Buchenrotschwanzes (*Dasychira pudibunda* L.) in der Pfalz. – *Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung* 143 (9): 192–195.
- Koltay A. 2024: A bükk (*Fagus sylvatica*) kórokozói. – *Növényvédelem* 85[N.S. 60](8): 333–339.
- Koltay A. & Szántó M. 1989: Az *Armillaria* nemzetség szerepe erdeink egészségi állapotában. – *Erdészeti Kutatások* 80-81: 157–160.
- Köhler G., Pašalić E., Weisser W.W. & Gossner M.M. 2014: Beech forest management does not affect the infestation rate of the beech scale *Cryptococcus fagisuga* across three regions in Germany. – *Agricultural and Forest Entomology* 17(2): 197–204.
- Krabel D. & Petercord R. 2000: Genetic diversity and bark physiology of the European beech (*Fagus sylvatica*): a coevolutionary relationship with the beech scale (*Cryptococcus fagisuga*). – *Tree Physiology* 20: 485–491.
- Kulfan J., Zach P., Holecová M. & Krištin A. 2011: Invertebrates associated with beech. In: Barna M., Kulfan J. & Bublinec E. (eds.): *Beech and Beech ecosystems of Slovakia. – VEDA, Bratislava, pp. 373–401.*
- Lakatos F. 2019: Honos, behurcolt és várható, a fatestben fejlődő szúfajok Magyarországon. – *Növényvédelem* 55(12): 523–535.
- Lakatos F., Balázs B. & Tuba K. 2023: Német szú Ázsiából. – *Erdészeti Lapok* 158(6): 253.
- Lakatos F. & Molnár M. 2009: Mass mortality of beech (*Fagus sylvatica* L.) in South-West Hungary. – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 5: 75–82.
- Lakatos F. & Tuba K. 2022: Német szú: *Xylosandrus germanus* (Blandford, 1894). In: Haraszthy L. (szerk.) *Özönállatfajok Magyarországon. – Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Külgazdasági és Külügyminisztérium, Budapest, pp. 195–197.*
- Lanszki J. & Körmendi S. 1996: Négy ragadozó emlős faj táplálkozásökológiai vizsgálata a fonói halastó (Somogy megye) körzetében. – *Állattani Közlemények* 81: 73–85.
- Mátyás V. 1970: Weather influence on beech-flowering. In: *Proceedings of the Second World Consultation on Forest Tree Breeding. Washington D.C. USA, 7–16 August 1969., pp. 1403–1418.*
- Mazzoglio P.J., Paoletta M., Patetta A. & Currado I. 2005: *Calliteara pudibunda* (Lepidoptera Lymantriidae) in Northwest Italy. – *Bulletin of Insectology* 58(1): 25–34.
- McManus M. & Csóka Gy. 2007: History and Impact of Gypsy Moth in North America and Comparison to the Recent Outbreaks in Europe. – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 3: 47–64.
- Meulengracht-Madsen J. & Nielsen P.S. 2001: Mass occurrence of the larvae of *Dasychira pudibunda* in southern Sjælland. – Forrás: <https://www.lepidoptera.dk/pudibund.htm> (Hozzáférés: 2023. november 8.)
- Mihál I., Cicák A. & Tsakov H. 2015: Beech (*Fagus sylvatica* L.) bark necrotic damage as a serious phytopathological problem in Central and Southeastern Europe. – *Journal of Forest Science* (1): 7–17.
- Molnár M., Brück-Dyckhoff C., Petercord R. & Lakatos F. 2010: A zöld karcsúdíszbogár (*Agrilus viridis* L.) szerepe a bükkösök pusztulásában. – *Növényvédelem* 46(11): 522–528.
- Molnár M. & Lakatos F. 2009: Bükkpusztulás Zala megyében. – „Klíma-21” *Füzetek* 57: 74–82.
- Morin R.S. & Liebhold A.M. 2015: Invasions by two non-native insects alter regional forest species composition and successional trajectories. – *Forest Ecology and Management* 341: 67–74.
- Morrison A., Sweeney J., Hughes C. & Johns R. 2017: Hitching a ride: firewood as a potential pathway for range expansion of an exotic beech leaf-mining weevil, *Orchestes fagi* (Coleoptera: Curculionidae). – *Canadian Entomologist* 149: 129–137.
- Nagy M. 1980: Rágcsáló kisemlősök szerepe a tölgyerdők természetes felújulásában. – *Acta Biologica Debrecina* 17: 7–20.
- Nef L. & Perrin R. 1999: Damaging agents in European forest nurseries – Practical handbook, European Commission, 352 pp.

- Nielsen B.O. 1970: Observations on the hibernation of the beech weevil (*Rhynchaenus fagi* L.) in Denmark. – *Entomologica Scandinavica* 1: 223–226.
- Nilsson I. 1978: The Influence of *Dasychira pudibunda* (Lepidoptera) on Plant Nutrient Transports and Tree Growth in a Beech *Fagus sylvatica* Forest in Southern Sweden. – *Oikos* 30(1): 133–148.
- Palotás G. 1970: Az emlősök szerepe a mezei pocok (*Microtus arvalis* Pall.) elleni védekezésben. – A Debreceni Agrártudományi Főiskola Tudományos Közleményei 1969: 159–189.
- Pegler D. N. & Gibson A. S. 1972: *Armillaria mellea*. – CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 321.
- Pelikán J. 1959: Rozmnožování, populační dynamika a přemnožování hraboše polního. In: Kratochvíl J. (ed.) Hraboš polní, *Microtus arvalis*. – Nakl. Československé akademie věd., pp. 130–179.
- Petercord R. 2006: The Broadleaved Ambrosia Beetle *Trypodendron domesticum* L. as a harmful insect of the European Beech. – Proceedings of the Workshop of the IUFRO Working Party 7.03.10 2006, Gmunden/Austria. pp. 60–67.
- Portz R.L., Fleischmann F., Koehl J., Fromm J., Ernst D., Pascholati S.F. & Osswald W.F. 2011: Histological, physiological and molecular investigations of *Fagus sylvatica* seedlings infected with *Phytophthora citricola*. – *Forest Pathology* 41: 202–211.
- Rullán-Silva C., Olthoff A.E., Pando V., Pajares J.A. & Delgado J.A. 2015: Remote monitoring of defoliation by the beech leaf-mining weevil *Rhynchaenus fagi* in northern Spain. – *Forest Ecology and Management* 347: 200–208.
- Schindler U. 1970: Erfolgskontrolle praxisüblicher Bekämpfungen der Erdmaus (*Microtus agrestis* L.) und der Röteldmaus (*Clethrionomys glareolus* Schreb.) in forstlichen Verjüngungen mit Hilfe der Lebensfang. – *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 77: 76–82.
- Schmidt E. 1967: Bagolyköpetvizsgálatok. – Magyar Madártani Intézet, Budapest, 137 pp.
- Suckling G.C. 1978: A hair sampling tube for the detection of small mammals in trees. – *Australian Wildlife Research* 5: 249–252.
- Sviridenko P.A. 1957: Zapasanie korma zhivotnymi. – *Izvestiya. Akad. Kiev.*
- Sweeney J.D., Anderson R.S., Webster R.P. & Neville R. 2012: First Records of *Orchestes fagi* (L.) (Coleoptera: Curculionidae: Curculioninae) in North America, with a checklist of the North American Rhamphini. – *The Coleopterists Bulletin* 66(4): 297–304.
- Sweeney J.D., Hughes C., Zhang H., Hillier N.K., Morrison A. & Johns R. 2020: Impact of the Invasive Beech Leaf Mining Weevil, *Orchestes fagi*, on American Beech in Nova Scotia, Canada. – *Frontiers in Forests and Global Change* 3: 46.
- Szabó I. 1991: A bükk levélszáradását okozó gomba *Apiognomonina errabunda* (Rob./Höhn.) fellépéséről. – *Erdészeti Lapok* 126(10): 438–443.
- Szabó I. 2002: Levéltbetegséget okozó gombák erdei fákon I. – *Lombos fajok levéltörzsozói*. – *Növényvédelem* (38)7: 329–336.
- Szabó I. 2003: Erdei fák betegségei. – Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 179 pp.
- Szabó I. & Lakatos F. 2008: Pusztuló erdőállományokból izolált *Phytophthora* fajok Magyarországon. – *Növényvédelem* 44(12): 607–613.
- Szabóky Cs. & Csóka Gy. 2010: Sodrómolyok – Tortricids. – *Erdészeti Tudományos Intézet, Sárovar*, 192 pp.
- Szomorád F. & Standovář T. 2023: Az erdei vadhatás és a természetes újulat térségi szintű vizsgálata az Északi-középhegységben. – *Erdészettudományi Közlemények* 13(1): 55–73.
- Szontagh P. 1960: Bükkcsemeték gomba okozta pusztulásáról és a védekezés módjáról csemetekertjeinkben. – *Az Erdő* 9(1): 4–6.
- Szontagh P. 1986: A bükkösök védelme. In: Bondor A. (szerk.): *A Bükk*. – Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 137–145.
- Szontagh P. 1989a: A kései fagyok szerepe a bükk korai pusztulásának kárláncolatában. – *Az Erdő* 38(2): 65–66.
- Szontagh P. 1989b: Rovarak okozta károk bükköseinkben. – *Állattani Közlemények* 75 (1–4): 107–112.
- Szontagh P. & Tóth J. 1977: Erdővédelmi útmutató. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 211 pp.
- Tartini N., Auf der Maur B., Beenken L. & Gross A. 2021: Factsheet Neomyceten. *Petrakia*-Blattbräune der Rotbuche. – Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 4 S. (<https://www.waldwissen.net/en/forestry/forest-protection/invasive-species/petrakia-liobae-leaf-spot-of-common-beech>)
- Thomsen I.M., Nielsen U.B., Pettersson M., Nielsen K.N., Ravn H.P. & Talgø V. 2016: *Neonectria* – en ubehagelig svampeslaget for skovbruget. – *Skoven* 48(5): 225–231.
- Turcek F.J. 1967: Ökologische Beziehungen der Säugetiere und Gehölze. – Verlag der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, Bratislava, 329 pp.
- Tuzson J. 1931: A Zala megyei bükkösök pusztulása. – *Erdészeti Kísérletek* 33(3–4): 127–137.

- Urban J. & Šedivý J. 1997: Factors regulating the mass outbreak of the pale tussock moth (*Calliteara pudibunda* L.) (Lepidoptera, Lymantriidae). – *Lesnictví* 43(2): 67–78.
- Wellenstein G. 1978: Lymantriidae, Traegspinner. In: Schwenke W. (ed.): *Die Forstschädlinge Europas*. 3. Schmetterlinge. – Verlag P. Parey, Berlin und Hamburg, pp. 316–334.
- Wiggins G.J., Grant J.F., Windham M.T., Vance R.A., Rutherford B., Klein R., Johnson K. & Taylor G. 2004: Associations between causal agents of the Beech Bark Disease complex [*Cryptococcus fagisuga* (Homoptera: Cryptococcidae) and *Nectria* spp.] in the Great Smoky Mountains National Park. – *Environmental Entomology* 33(5): 1274–1281.
- Zoltán L., Szmorad F., Standovár T. 2024: Heavy Ungulate Pressure behind the Disappearance of Regeneration in Hungarian Forests. – *Forests* 2024, 15, 54. <https://doi.org/10.3390/f15010054>
- Zúbrik M., Kunca A. & Csóka G. 2013: *Insects and diseases damaging trees and shrubs of Europe*. – N.A.P. Editions, Paris, 535 pp



7.2.-45. ábra. A változatos szerkezetű, lombos és tűlevelű fajokkal elegyes bükkösök az abiotikus és biotikus kalamitásokkal szemben egyaránt ellenállóbbak mint a homogén szerkezetű, elegyetlen állományok. A kép felső részén a galyatetői TV-torony látható (Fotó: Csóka György)

7.3. Közvetlen antropogén károk bükkösökben

Hirka Anikó és Csóka György

Az erdőben – így a bükkösökben – megjelenő közvetlen antropogén károkat – általában jól elkülöníthető – kiváltó okaik alapján két fő csoportra oszthatjuk. Ezek a gondatlanság/szakszerűtlen munkavégzés, illetve a szándékos károkozás. Bár keletkezésük gyakran emberi gondatlanságra, esetenként pedig szándékosságra is visszavezethető, az erdőtüzeket nem itt, hanem a »7.1. fejezetben« tárgyaljuk.

A tisztítások és gyérítések során – jellemzően a fadöntéshez és közelítéshez köthetően – gyakran keletkeznek a koronában, a törzsön és a gyökfőben kisebb-nagyobb mechanikai sérülések (ágletörés, kéregsebzések stb.), különösen a nagyobb gépekkel végzett munkavégzés esetében (7.3.-1., 7.3.-2., 7.3.-3. és 7.3.-4. ábra). Ezek a sérülések mintegy „kaput nyitva” segítik a xilofág



7.3.-1. és 7.3.-2. ábra. Korábbi nevelővágás során keletkezett kéregvesztés és bekorhadt törzssérülés (Fotók: Csóka György)

rovarok, illetve a fakorhasztó gombák megtelepedését, így az érintett faegyed életkilátásait, illetve a faanyag minőségét egyaránt negatívan befolyásolják. Kellő gondossággal, odafigyeléssel és szakértelemmel ezek gyakorisága jelentősen csökkenthető lenne. Fontos lenne, hogy az erdőművelési és fahasználati munkákat jól képzett szakmunkások végezzék, akik átlátják és megértik saját munkájuk jelentőségét.

A több lépésben végzett fokozatos felújítások esetében (bár ezek sajnos egyre ritkábbak) a köztes fakitermelések és a végvágások során jelentősen károsodhat az újulat. Az így keletkező károk gyakoriságát és mértékét fokozhatják a hőmentes telek.



7.3.-3. és 7.3.-4. ábra. Friss és régebbi közelítési kár bükkötörzs alsó részében. A jobboldali képen a bekorhadt rész alatt a felszíni támasztógyökereken későbbi kéregsebzések is láthatók (Fotók: Csóka György)

A bükkösök természetes felújítása során általában nem jellemző a vegyszerhasználat, de mesterséges felújítások esetében sor kerülhet rá. A szakszerűtlen szerkiválasztás és alkalmazás (pl. elsodródás) – különösen fiatalosok esetében – káros hatású lehet. Helyenként a közutak jégmentesítése, sózása is káros hatású lehet.

Az engedély nélküli fakitermelés, illetve falopás az ország egyes régióiban jelentős méreteket ölt, és a bükkösöket sem kíméli. A kisebb volumenű, alkalmi, jellemzően tűzifa nyerését célzó fatolvajlás általában lakott települések közelében zajlik. Az érintett

helyszíneken gyakran láthatók a szakszerűtlenül kivágott fák jellemzően magas tuskói, illetve a fakivágások miatt kialakuló záródásihiány. Ugyanakkor azt is meg kell említeni, hogy a falopás időnként és helyenként kifejezetten professzionális keretek között, megfelelő gépekkel, járművekkel és szakértelemmel, egyértelműen eladási céllal is zajlik.



7.3.–5. és 7.3.–6. ábra. Sekély és nagyméretű, mély „emlékvésés” bükk törzsön. Az utóbbi következményei hasonlóak egy fadöntés, illetve közelítés során keletkezett jelentős kéregsebzéshez
(Fotók: Csóka György)



7.3.–7. ábra. Baltával végzett, megmagyarázhatatlan, barbár törzskárosítás és egy korábbi „emlékvésés” nyoma (Fotó: Sulyok Tamás)

A bükk sima és világos kérge miatt talán a legkedveltebb fafaja az „emlékvéséseknek” (ki, mikor, hol járt; ki kit szeret stb.), amikkel leggyakrabban a turisták által kedvelt helyeken találkozhatunk. A véséseket végzők sok esetben nincsenek tisztában azzal, hogy a fára milyen hatással lehet „alkotásuk”. A kéreg felszínét érintő sekély feliratok kevésbé, a mélyebbek (7.3.-5. és 7.3.-6. ábra) viszont kifejezetten károsak. A nagyméretű, mély vésések hasonló hatásúak lehetnek, mint a fakitermelési/közelítési munkák során keletkező sérülések. Mindezeket túl esztétikailag sem kívánatosak, különösen nem a kevésbé szalonképes tartalmúak. Szerencsére ezeknél jóval ritkábbak a szélsőségesen barbár, súlyos, szándékos károkozások, amikre meglehetősen nehéz magyarázatot találni (7.3.-7. ábra). Ezek nem tévesztendőek össze a természetvédelmi kezelés keretében, tudatosan végzett törzsgyűrűzésekkel, amiknek célja az erdei ökoszisztémák egészséges működése szempontjából nélkülözhetetlen holtfa keletkezésének meggyorsítása (Frank & Kovács 2014).

Irodalom

Frank T. & Kovács T. 2014: Hogyan tartható fent és növelhető a holtfához kötődő diverzitás erdeinkben? In: Csóka Gy. & Lakatos F. (szerk.): A holtfa. – *Silva naturalis* Vol. 5., pp. 225–232.

8. A BÜKKÖSÖK TERMÉSZETVÉDELMI ÉS KÖZJÓLÉTI SZEREPE, ÖKOLÓGIAI SZOLGÁLTATÁSAI

8.1. A hazai bükkösök természetességi állapota (<i>Bartha Dénes, Horváth Soma, Standovár Tibor és Tímár Gábor</i>)	401
A magyarországi erdők természetességének értékelése (TERMERD-projekt)	401
Magyarország Élőhelyeinek Térképi Adatbázisa (MÉTA-projekt)	404
Nemzeti ökoszisztéma szolgáltatás-térképezés és értékelés (NÖSZTÉP-projekt)	407
Erdei életközösségek védelmét megalapozó többcélú állapotértékelés a magyar Kárpátokban (SH-projekt)	408
8.2. Bükkös erdőrezervátumok Magyarországon (<i>Horváth Ferenc, Szegleti Zsófia és Bölöni János</i>)	412
Magyarország bükkös erdőrezervátumai és hosszú távú kutatásuk	412
Egy háborítatlan bükkös, a Kékes őserdő állományának szerkezete	415
A Kékes őserdő változásának főbb vonásai	418
A faállomány-szerkezet finomabb léptékű változatossága	419
8.3. A hazai bükkösök természetessége és a természetvédelmi oltalom összefüggései (<i>Standovár Tibor</i>)	424
Az elsődleges rendeltetés és a természetesség összefüggései a TERMERD-projekt adatai alapján	424
A védettségi státusz és a természetesség összefüggései a NÖSZTÉP-projekt adatai alapján	427
Természetességi komponensek a védett területek bükköseiben az SH-projekt adatai alapján	430
Kitekintés	432
8.4. Az erdei biodiverzitás-megőrzés gyakorlati lehetőségei kezelt bükkösökben (<i>Frank Tamás és Aszalós Réka</i>)	434
Mikroélőhelyek bükkösökben	435
Nagyméretű, öreg fák, fatutuzsálemek és holtfa	438
Bükkösök természetes dinamikája	440
Természetes bolygatás-alapú erdőgazdálkodás	441
Különféle, jó erdőgazdálkodási gyakorlati megoldások	441
Természetvédelmi erdőkezelés lehetőségei bükkösökben	444
8.5. A hazai bükkösök közjóléti-társadalmi-ökológiai szolgáltatási szerepe (<i>Tanács Eszter</i>)	451
Az ökoszisztéma-szolgáltatásokról általánosságban	451
A hazai bükkösök ökoszisztéma-szolgáltatásai	452
Ellátó szolgáltatások	452
Szabályozó szolgáltatások	452
Kulturális szolgáltatások	454
Az ökoszisztéma-szolgáltatások összessége	455
8.6. Kultúrtörténeti vonatkozások (<i>Tuba Katalin és Kelemen Géza</i>)	458
A bükk név eredete és előfordulása földrajzi nevekben	458
A bükk szó a nyelvészetben	458
A bükkhöz kapcsolódó földrajzi nevek	459
A bükk nevéből származó személynévek	460

A bükk népi felhasználása	460
Faszén	460
Hamuzsír	462
Üveggyártás	463
Taplászat	465
Bükk aprófaáru és egyéb házi felhasználása	465
A bükk, mint ehető növény	466
A bükk, mint gyógynövény	467
A bükk és fajtáinak kertészeti alkalmazása	467
A bükk az agrárerdészetben	469
A bükk megjelenése a művészetekben	469
A bükk a mitológiában	469
A bükk a nemzeti szimbólumok között	470
A bükk a festészetben	470
A bükk a szépirodalomban	470
Nevezetes bükkfák	472

8.1. A hazai bükkösök természetességi állapota

Bartha Dénes, Horváth Soma, Standovár Tibor és Timár Gábor

Az erdők jövőjének meghatározása során egyre hangsúlyosabbá válik azok társadalmi megítélése, és ennek egyik lényeges eleme az a kérdés, hogy a jelenlegi erdőállományok milyen mértékben hasonlítanak az adott termőhelyi viszonyok mellett tenyésző érintetlen erdőkre. Ezt a kérdést úgy is megfogalmazhatjuk, hogy milyen a jelenlegi erdeink, esetünkben a bükkösök természetessége. A természetesség fogalma az 1990-es években került be az erdész szakmai köztudatba, s alapvető kritériumainak az erdőkben zajló természeti folyamatok szabad érvényesülését, valamint az e folyamatok által kialakított jellemzők meglétét tekintjük. Mára több, tudományosan megalapozott erdőtermészetesség mutatót dolgoztak ki, többek között a hatályos erdőtörvény is elrendeli ilyen – igaz lényegesen egyszerűsített formájú – kategóriarendszer alkalmazását. A természetességi mutató legnagyobb előnye, hogy egyetlen számértékbe zsugorítva számos összetelt, szerkezeti és működési jellemző minősítése jelenhet meg, s így a korábbi, csak mennyiségi jellegű mutatókon kívül minőségi mutatóval is rendelkezünk erdeink értékelésére (Bartha & Gálhidy 2007). Az alábbiakban a különböző természetesség-értékelő munkák eredményeiből mutatunk be néhányat, fókuszálva a hazai bükkösök természetességére.

A magyarországi erdők természetességének értékelése (TERMERD-projekt)

E vizsgálat keretében az ezredforduló utáni hazai erdőterület faállomány szintű (erdőrészlet szintű) természetességének vizsgálatára került sor. Az állományszintű természetesség meghatározásához referenciának – őserdők hiányában – a potenciális természetes erdőkép szolgált. Ez alatt azt a záró erdőtársulást értjük, amely a jelenlegi (aktuális) termőhelyi feltételek mellett, az antropogén hatások és a nagy intenzitású bolygatások kizárásával az adott területen jelenlegi ismereteink szerint legvalószínűbben kialakulna. Ezzel vettük össze az aktuális erdőállapotot úgy, hogy szintenként elemeztük a kompozicionális és strukturális jellemzőket, továbbá néhány funkcionális jellemzőt is vizsgálatba vontunk. Ehhez jól felismerhető, könnyen értelmezhető indikátorokat alkalmaztunk, amelyek csoportokba sorolva az alábbiak voltak (zárójelben az indikátorok száma): faállomány-összetétel (8), faállomány-szerkezet (12), cserjeszint-összetétel (4), cserjeszint-szerkezet (5), gyp- (és moha-)szint-összetétel (2), gyp- (és moha-)szint-szerkezet (2), újulat-összetétel (2), újulat-szerkezet (3), termőhelyi sajátosságok (8), holtfa-jellemzők (5), vadhatás-jellemzők (5). E módszerrel az 56 indikátor egyedi értékelésén túl az egyes állományszintek összetelteti és szerkezeti jellemzőinek, valamint a teljes állomány (erdőrészlet) 100-as skálán, folytonos változóként értelmezett természetességének bemutatása is lehetségessé vált (Bartha et al. 2003, 2005). A könnyebb értelmezhetőség kedvéért megadjuk a két elméleti szélsőérték leírását:

0% természetességű bükkös (termőhelyű) terület

A faállomány, a cserjeszint, a gypszint, a mohaszint és az újulat hiányzik; holtfa semmilyen formában nem található a területen, melyen másodlagos erózió lépett fel, ennek mértéke >50%, az erózió típusa drasztikus; a humuszforma nyershumusz, a talajtömörítés mértéke >10%, van talajréteg-keveredés és talajfelszín-sebzés; a mikroélelőhelyek hiányoznak.

100% természetességű bükkös állomány

Faállomány-összetétel: Az állományt természetes fajok alkotják, idegenhonos, termőhelyidegen faj és nemesített fajta nincs az állományban; a bükk, mint állományalkotó faj elegyaránya >50%; az elegyfák száma 8 vagy ennél több, melyből legalább 4 faj elegyaránya 5% feletti, a többi elegyfa aránya együttesen eléri vagy meghaladja a 10%-ot.

Faállomány-szerkezet: A faállomány 3 vagy több korosztályból áll; a lombkoronaszint maximális és minimális záródásának különbsége 61–90%, a lombkoronaszint záródásának átlaga 81–90%; tisztások nincsenek az állományban, a fellazult

állományfoltok (50%-os záródás alatti foltok) területaránya <20%; a faállományt nagyszámú, eltérő záródású állományfolt építi fel, a záródáshiány természetes és nem erdészeti okokra vezethető vissza; az állomány 3 vagy több szintből áll, a lombkoronaszint a cserjeszinttel összefolyik; az idős fák mennyisége meghaladja a 2 db/ha-t, melyek térbeli mintázata kisfoltos vagy nagyfoltos; a szabálytalan törzs- és koronaformájú egyedek aránya >10%.

Cserjeszint-összetétel: A cserjeszint hasonlít a potenciális természetes erdőtársuláshoz; idegenhonos illetve agresszív cserje- és fafaj(ok) nincsenek a cserjeszintben; a nitrofil cserje- és fafaj(ok) aránya <10%.

Cserjeszint-szerkezet: A cserjeszint nem vagy természetes okok miatt hiányzik, a cserjeszint eltávolításának nincs nyoma; a cserjeszint maximális és minimális borításának különbsége 41–100%, borításának átlaga 6–40%; a borítás mintázata kisfoltos vagy szórványos.

Gyepszint-összetétel: A gyom- és/vagy nitrofil fajok borításának aránya <10%; a kísérfajok nagyszámban vannak jelen.

Gyepszint-szerkezet: A gyepszint maximális és minimális borításának különbsége 51–100%, borításának átlaga 11–80%; a mintázata kisfoltos, nagyfoltos vagy szórványos; a mohaszint borításának átlaga 1–30%.

Újulat-összetétel: Idegenhonos és agresszívan terjedő fafaj nincs az újulatban.

Újulat-szerkezet: Az újulat maximális és minimális borításának különbsége 41–100%, az őshonos újulat borításának átlaga 41–100%; a többéves, életképes újulat aránya 61–100%.

Holtfa-ellátottság: A lábon álló holtfák, facsonkok ($\varnothing > 5$ cm) egyedszám aránya >20%; az álló vastag holtfa, facsonk mennyisége >2 db/ha; a földön fekvő holtfa ($\varnothing > 5$ cm) borítása > 5%; a holtfa-korhadsága egyenletes; a földön fekvő vastag holtfa mennyisége >2 db/ha.

Vadhatás: Hántáskár nincs; a cserjeszint és a gyepszint nincs megrágva; az alomszint nincs károsítva; a vad hatása miatt nem hiányoznak állományszintek.

Termőhelyi jellemzők: Másodlagos erózió nincs; a humuszforma mull; talajtömörödés, talajréteg-keveredés, talajfelszín-sebzés nincs; a területen nagyszámú mikroélőhely található.

A teljes projekt 3000 erdőrészlet célirányos felméréseivel és a terepen felmért eredmények utólagos értékelésével valósult meg. A végeredmény szerint a 100-as skálán az országos átlag 48,6, ebből a természetes (őshonos és termőhelyhonos) fafajú erdőállományok természetességének átlaga 57,6 volt. Bükkös állományt (bükkös potenciális természetes erdőtársulás mellett) 392 erdőrészletben mértünk föl. Az ezekből számított országos átlagok a 8.1.-1. táblázatban láthatóak, összehasonlításképpen valamennyi természetes fafajú erdő és az összes felmért erdő átlagával együtt. Itt is jól látható az az általános helyzet, hogy a faállományt vizsgálva összetételi szempontból sokkal jobbnak ítéltetők az erdők (így a bükkösök is), mint a szerkezet szempontjából. Ez utóbbi tekintetben ráadásul a bükkösök a valamennyi természetes fafajú erdő alapján számolt átlag alatt maradnak valamivel, ami általánosságban a homogenizáló vágásos gazdálkodás erős hatását mutatja. Az összetétel kedvezőbb megítélésében nyilvánvalóan a magasabb, zömmel hegyvidéki (középhegységi) elhelyezkedés miatt a tájidegen, főképp az inváziós fafajok kisebb fokú jelenléte tükröződik.

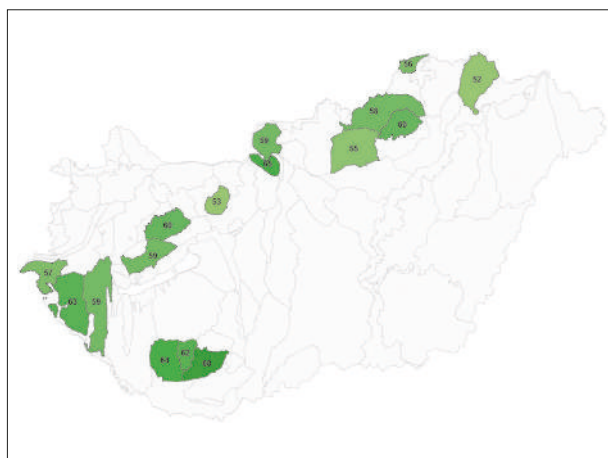
8.1.-1. táblázat. A bükkösök faállományra vonatkozó és összesített természetességi átlagértékei, valamint az országos összesítésből a természetes fafajú erdők és az összes erdő hasonló értékei

	Faállomány- összetétel	Faállomány- szerkezet	Összesített természetesség
Bükkös	68,6	37,5	58,9
Természetes fafajú erdők	64,2	37,9	57,6
Országos összes	42,8	37,0	48,6

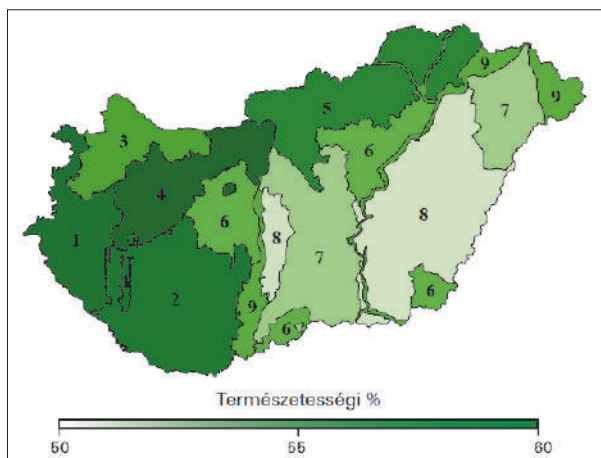
Az alábbiakban az egyes erdészeti tájrészletek átlagértékeit is bemutatjuk a TERMERD-felmérés alapján. A térképeken csak azokat a tájrészleteket tüntettük föl, amelyekben kellő számú felmért erdőrészlet alapján lehetett átlagot számolni (8.1.-1. ábra). Emiatt viszonylag jelentős bükkös aránnyal rendelkező tájrészletek kimaradtak (pl. Karancs–Medves-vidék, Budai-hegység, Soproni-hegység, Kőszegi-hegység).

Összehasonlításképpen a 8.1.-2. ábra az összes természetes fafajú erdő természetességét mutatja nagytáj bontásban (Bartha & Gálhidy 2007). Mint látható, az egyes nagytájakon belül elég nagy változatosság tapasztalható a bükkösök természetességét illetően, továbbá a bükkösök – főleg negatív irányban – alaposan „kilóghatnak” a természetes fafajú erdők átlagából (pl. Zempléni-hegység).

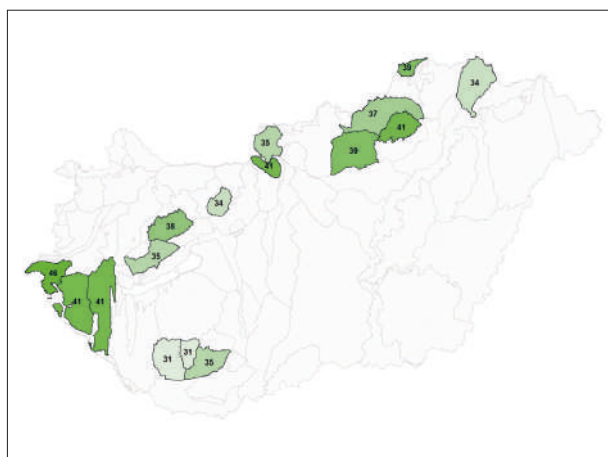
A bükkösök faállomány-szerkezetének (8.1.-3. ábra) és a faállomány-összetételének (8.1.-4. ábra) természetességét hasonló módon vizsgálva általánosságban megállapítható, a jobbnak mondható tájak mindkét szempontból magasabb értéket mutatnak. Szerkezet szerint a szélső értékek nagyobb országos különbségeket mutatnak, mint az összetétel szerint ugyanezt értékelve. Érdekeség, hogy a minden szempontot összeítő természetesség szerint legjobb Mecsek erdőgazdasági táj mindkét faállomány-indikátorcsoport szerint közepes értékű. A második legjobb Visegrádi-hegység ugyanakkor összetétel szerint kiugróan a legtermészetesebb az országban.



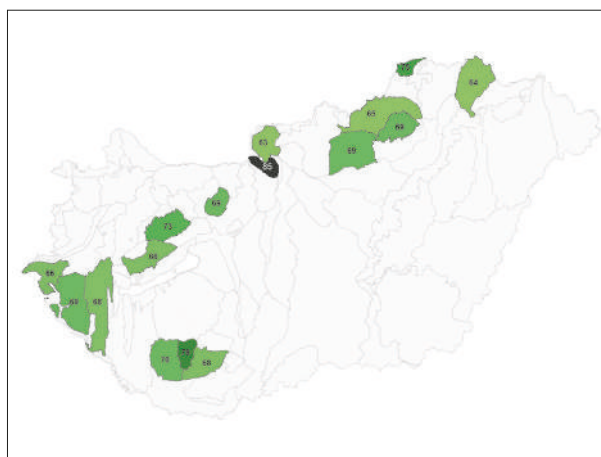
8.1.-1. ábra. A bükkösök összesített természetessége a TERMERD-felmérés alapján. A számok az egyes tájrészekletek átlagértékeit mutatják



8.1.-2. ábra. A természetes fafajú erdők összesített természetessége erdészeti nagytájanként. A számok az erdészeti nagytájakat jelölik (Bartha & Gálhidy 2007)



8.1.-3. ábra. A bükkösök faállomány szerkezetének természetessége a TERMERD-felmérés alapján. A számok az egyes tájak átlagértékeit mutatják



8.1.-4. ábra. A bükkösök faállomány összetételének természetessége a TERMERD-felmérés alapján. A számok az egyes tájrészekletek átlagértékeit mutatják

Magyarország Élőhelyeinek Térképi Adatbázisa (MÉTA-projekt)

A szintén az ezredforduló után zajló MÉTA-projekt általános célkitűzése az volt, hogy egy országos térképezéssel megismerjék és leírják Magyarország növényzeti örökségének, természetközeli növényzetének mai állapotát. A térképezés során az ország teljes területéről, aktuális terepi felmérés alapján készült dokumentáció. A MÉTA-adatbázis és -térkép lefedi a mai ország területét, így minden táj, minden egyes község határának növényzeti értékei reprezentálva vannak. A térképezésnek három térbeli egysége van: a MÉTA kvadrát (2 834 db), a 35 hektáros szabályos MÉTA-hatszög (267 813 db) és a hatszögon belül az élőhelytípusok állományai (térben nem elkülönítve, a típusok egyben jellemezve). A 2 834 MÉTA kvadrátból 133-ban nem volt sikeres a felmérés, így ezekből nem rendelkezünk adatokkal. Összesen 10 400 hatszögből származik bükkös adat, ami mintegy százezer hektár ilyen élőhelyet reprezentál. A bükkös állományokat a felmérés során 3 élőhelyi kategóriában lehetett rögzíteni: szubmontán és montán bükkösök (K5, az összes felmért bükkös 97%-a), mészkerülő bükkösök (K7a, az összes felmért bükkös 2%-a) és sziklai bükkösök, vagyis bükkös sziklaerdők (LY3, az összes felmért bükkös 1%-a).

A terepen rögzített számos ismérv között megadták hatszög-szinten az élőhelytípusok természetességét is egy 5-fokozatú skála szerint. Itt a korábban is sokat használt Németh–Seregélyes-féle növényzetértékelési rendszerre alapozva az 1-es érték a teljesen jellegtelen, természetközeli vegetáció nélküli területet jelenti (értelemszerűen bükkösre ilyen nem lehetett megadni), míg 5-ös értéket kaptak a legértékesebb „szentély-jellegű” élőhelyek. Az értékelést részletes útmutató segítette, de a természetesség az adott felmérő helyi becslésének eredményeképp állt elő. A változatosabb, egy-egy élőhelytípusból több állományt is tartalmazó hatszögek esetére kétértékű természetességet is meg lehetett adni (pl. 5r 4 = nagyrészt 4-es, legfeljebb 10%-ban 5-ös természetességű élőhely) (Molnár et al. 2007).

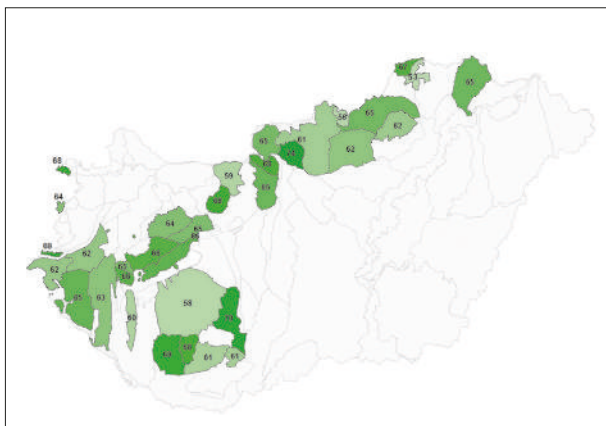
A szubmontán és montán bükkösök (K5) két szélsőértéke Bölöni és munkatársai (2010) alapján az alábbiak szerint jellemezhető. A valóságban a 2-es természetességű állomány már csak igen korlátozottan értelmezhető természetes (esetünkben bükkös) élőhelyként, így jelen elemzésből ezeket az adatokat (amik az összesből 2%-ot sem tettek ki) kihagytuk.

5-ös természetesség: Azok az állományok, amelyek a természetes erdők fontos szerkezeti elemei közül (150–200 évnél idősebb, nagyméretű élő fák; nagy méretű, 30 cm-nél vastagabb átmérőjű álló és fekvő holtfa, korhadó faanyag; változatos átmérelaszás; mozaikos záródású lombuszint, lékek jelenléte; a bükk mellett legalább öt elegyfaj előfordulása, valamint a fenyők összesített elegyaránya kisebb 5%-nál (a Délnyugat-Dunántúlon, ahol egyes fenyőfajok őshonossága valószínű, ez 10–15%-ig mehet fel), egyéb idegenhonos fajok nem fordul elő.

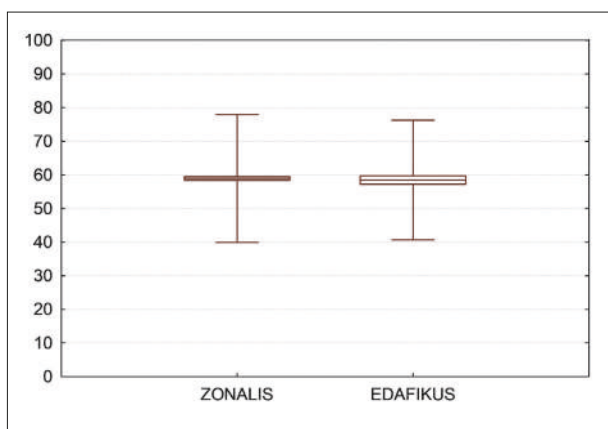
2-es természetesség: Olyan bükkösök, amelyek inváziós fajokkal – akáccal (esetleg bálványfával) – erősen elegyestek (20–50%), ezek gyepszintjét is többnyire zavarástűrő fajok uralják.

Az egyes hatszögekre jellemző értékeket területi alapon összevonni Cúc és munkatársai (2011) természeti tőke indexének számításával lehet. A bükkösök vonatkozásában így mindhárom bükkös élőhelyet egyesítve, és az egész országra átlagot képezve a 100-as skálán 64,9-es természetességi érték számítható. Az erdészeti tájrészletek szerinti ugyanilyen átlagok országos eloszlását a 8.1.-5. ábra mutatja. Mint látható, a nagyobb kiterjedésű (elvéleg az egész országot lefedő) felmérés eredményeképp így jóval több tájrészlet értékelhető, mint a TERMERD-projekt esetében. Az igen jelentős módszertani különbségek miatt a számszerű eredmények nem hasonlíthatók össze, de az jól látszik, hogy a mindkét módszerrel felmért tájak sok esetben eltérő pozícióban helyezkednek el a skálán. Feltűnő például a Mecsek gyengébb értékelése a MÉTA-projekt esetében. Itt persze a jóval nagyobb számú felmérő is szerepet játszhat abban, hogy a szélső értékek is nagyobb országos különbséget mutatnak.

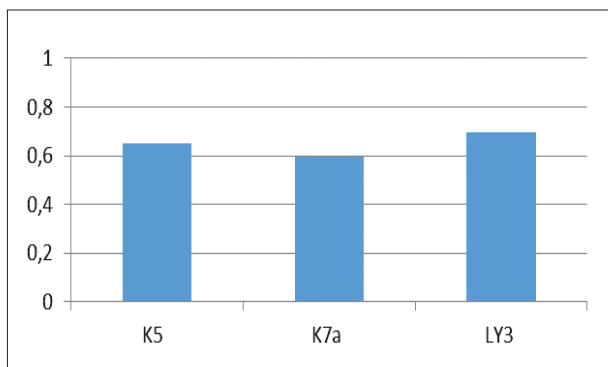
Az alábbiakban a TERMERD- és a MÉTA-adatokra támaszkodva mutatunk be néhány összehasonlítást a hazai bükkösök természetességére vonatkozóan:



8.1.-5. ábra. A bükkösök összesített természetessége a MÉTA felmérés alapján. A számok az egyes tájrészletek átlagértékeit mutatják



8.1.-6. ábra. A TERMERD-adatak alapján számított összesített természetesség a zonális és az edafikus bükkösökben (átlag, szórás és abszolút szélső értékek megadásával)



8.1.-7. ábra. Az egyes bükkös élőhelyek természeti tőke indexből számított átlagos természetessége a MÉTA-adatak alapján (K5: szubmontán és montán bükkösök, K7a: mészkőrűlő bükkösök, LY3: sziklai bükkösök)

A) Zonális (enyhe lejtőkön álló, mezofil jellegű, gazdálkodásnak jellemzően kitett) és edafikus (meredek, sziklás-köves termőhelyeken, inkább véderdő jellegű) bükkösök összehasonlítása

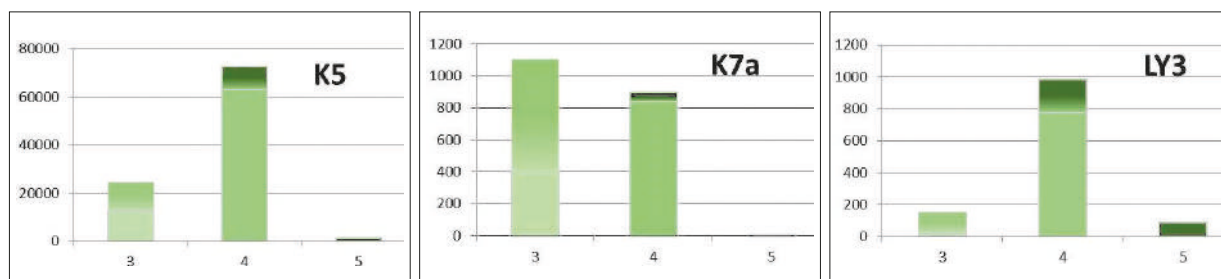
Az adott erdőrészlet termőhelyi jellemzői alapján zonálisnak és edafikusnak minősíthető bükkösöket összehasonlítva a TERMERD-felmérés szerint semmilyen számottevő különbség nem mutatható ki, sem a faállomány-szerkezet szerinti, sem az összetétel szerinti, sem az összesített természetesség (8.1.-6. ábra) tekintetében.

A MÉTA felmérés során már magának az élőhelynek a kategorizálása is jó alapot teremt erre az összehasonlításra: a szubmontán és montán bükkösök (K5) tipikus formájukban a zonális, míg a jellemzően meredek lejtők sekélyebb, gyengébb talajain kialakuló mészkőrűlő bükkösök (K7a), és főképp a definíció szerint nem zonális sziklai bükkösök (LY3) az edafikus csoportba sorolhatók (8.1.-7. ábra).

Érdeklősebben, a valós viszonyokat jobban jellemzi az eredeti, terepen felvett (Németh-Seregélyes-féle) természetességi értékek eloszlásának vizsgálata (8.1.-8. ábra). Az egyes oszlopok felső részén a sötétebb szín a részben jobb (4r3, illetve 5r4) állományokat reprezentálja. Mindkét összehasonlítás azt mutatja, hogy a fajszegényebb, részben a korábbi gazdálkodás nyomán másodlagosan kialakult mészkőrűlő bükkösök (lásd részletesebben a 3.2. fejezetet) kissé alacsonyabb természetességűek, míg az egyértelműen véderdő kategóriát képviselő, az utóbbi évtizedekben gazdálkodással jellemzően nem érintett sziklai bükkösök egyértelműen jobb állományok.

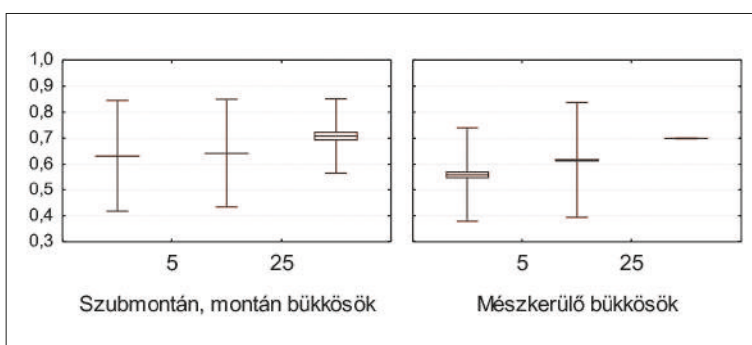
Érdemben differenciálja a képet, ha a vonatkozó MÉTA-hatszög meredeksége szerint is összehasonlítjuk a bükkösöket. Három kategóriába (5 fok alatt, 5–25 fok között, 25 fok fölött) osztva az adatokat jól látszik, hogy a legmeredekebb állományok természetessége az általában gyengébb két élőhelyi csoportban is jelentősen magasabb (8.1.-9. ábra). A sziklai bükkösökön belül nem volt értelmezhető különbség (ezt nem is ábrázoltuk).

B) Síksági (egyértelműen a klímazonájukon kívüli, extrazonális helyzetű), dombvidéki (részben extrazonális, részben zonális) és hegyvidéki (jórészt zonális) bükkösök összehasonlítása



8.1.-8. ábra. A szubmontán és montán bükkösök (K5), a mészkerülő bükkösök (K7a) és a sziklai bükkösök (LY3) természetességi eloszlása a MÉTA-adatok alapján (az Y tengelyen a felmért hatszögek száma szerepel)

Az erdőtörvény végrehajtási rendeletében meghatározott tengerszint feletti magasság kategorizálást használva (síkvidék: 250 m alatt, hegyvidék: 450 m fölött) számottevő különbség nem mutatható ki sem a MÉTA-adatok alapján, sem a TERMERD adatait használva. Ez utóbbi szerint egyébként a síkvidéki állományok mutatkoztak a legjobbnak. Ebben az eredményben viszont nyilvánvalóan az is közrejátszik, hogy a síkvidéki helyzetű, különlegesen mondható bükkösök száma jóval kisebb, és ezek viszonylag nagyobb része régóta kiemelt védelem alatt áll.



8.1.-9. ábra. A szubmontán és montán bükkösök (K5) és a mészkerülő bükkösök (K7a) természetessége meredekség szerint, a MÉTA-adatok alapján (átlag, szórás és abszolút szélső értékek megadásával)

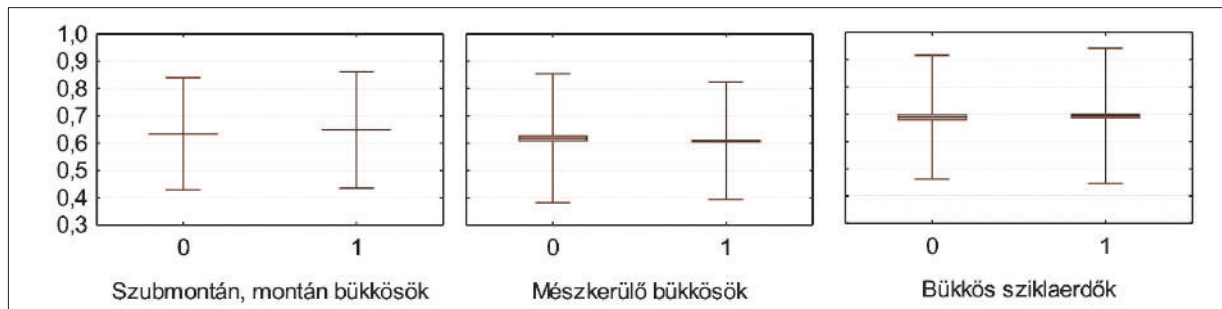
C) A bükkösök védettség szerinti összehasonlítása

A (nemzeti szintű) természetvédelmi oltalom alatt álló bükkösök mindkét felmérés szerint igen kis mértékben mondhatók természetesebbnek, mint a nem védettek. A védettség szintjét is figyelembe véve a TERMERD-adatok szerinti átlagok a következők: fokozottan védett: 60,5, védett: 59,3, nem védett: 58,3. Figyelemre méltó, hogy a faállomány-szerkezet természetességében nagyobb különbség mutatkozik (védett: 38,4, nem védett: 36,7), mint a faállomány-összetétel szerint (védett: 69,3, nem védett: 67,9). Ennek vélhető és remélhető oka a gazdálkodással nem érintett erdőrészteléken és kíméleti területeken beindult természeti folyamatok szerkezetet gazdagító eredménye. Ezt erősíti a holtfa (mint a gazdálkodás felhagyása nyomán leggyorsabban és legáltalánosabban megjelenő szerkezeti elem, illetve mikroélelőhely) természetességének jelentős különbsége (védett: 24,5, nem védett: 16,7).

Védett és nem védett bükkösök természetessége között gyakorlatilag nincs különbség a MÉTA adatbázis szerint sem. Itt tanulságos az egyes élőhelyek külön elemzése: a kis különbségek között a legnagyobb talán a gazdálkodásnak legjobban kitett K5 élőhely esetében van (8.1.-10. ábra). A témával egyébként a TERMERD-adatokat felhasználva Kenderes és munkatársai (2007) cikke foglalkozott részletesebben.

Itt jegyezzük meg, hogy az Erdővédelmi Mérő- és Megfigyelő Rendszer részeként működő Nemzeti Szisztematikus Erdőleltár az ország egész területét lefedő hálózat csaknem 11 000 pontjáról gyűjt egyedszintű és állomány szintű információt (Nagy 2021). A mintegy 740 darab bükkös potenciális természetes erdő-társulás-csoporthoz sorolható monitoring pontról származó, nagy mennyiségű adat célirányos kiértékelése szintén kiváló alapot jelent a bükkösök természetességének értékelésére. Az erdőleltározási módszer legna-

gyobb előnye a szigorú felmérési protokoll mellett a rendszeres visszatérés, ami időbeli változások nyomon követését is lehetővé teszi a jövőben. A természetességi értékelés módszertana elkészült, az első eredmények a közeljövőben látnak napvilágot.



8.1.-10. ábra. A szubmontán és montán bükkösök (K5), a mézkerülő bükkösök (K7a) és a sziklai bükkösök (LY3) természetessége védettség szerint (0: nem védett, 1: védett), a MÉTA-adatok alapján (átlag, szórás és abszolút szélső értékek megadásával)

Nemzeti ökoszisztéma szolgáltatás-térképezés és értékelés (NÖSZTÉP-projekt)

Az ezredforduló elején vált hazánkban ismertté az ökoszisztéma-szolgáltatások keretrendszere, amely új szemléletet hozott a gazdálkodás és a védelem területén. Ökoszisztéma-szolgáltatásnak azokat a kézzel fogható és kézzel nem fogható javakat nevezzük, amelyeket az ökológiai rendszerek nyújtanak az emberek számára, így növelve az emberi társadalom és tagjainak jóllétét (Kelemen & Paraki 2014). Az ökoszisztéma-szolgáltatások 2016 és 2021 között lezajlott országos értékelése és térképezése (Kovács-Hostyánszki et al. 2022) során első körben elkészült az ország teljes területének ökoszisztéma-típus térképe (Agrárminisztérium 2019; Tanács et al. 2022). Következő feladat volt az ökoszisztémák állapotának értékelése, melyet erdőkre vonatkozóan az Országos Erdőállomány Adattár adataira alapozva dolgoztak ki (Tanács & Standovár 2021). Az értékelés két természetességi kritériumra terjedt ki. A faállomány-összetételt 5, a faállomány-szerkezetet (cserjeszinttel együtt) 7 indikátor pontozásával adták meg (8.1.-2. táblázat). A projektben használt 2015. évi lezárt adatok alapján az összes hazai erdőrészlet értékelése elkészült. A felső szinttel rendelkező erdőrészletek közül kivéve a pusztavágásokat és a felújítás alatt álló erdőrészleteket összesen 464 340 erdőrészlet pontozása történt meg.

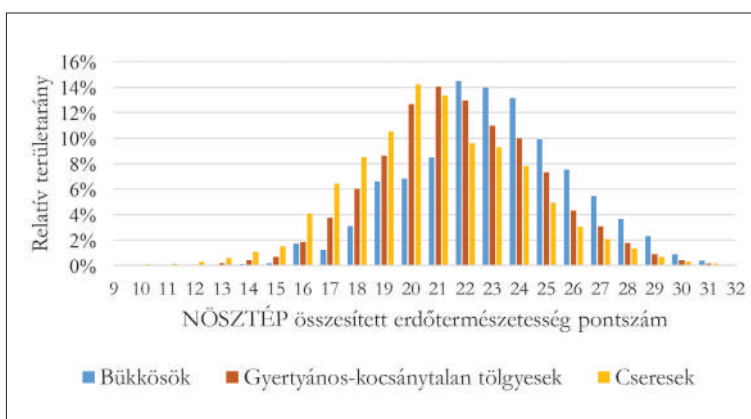
8.1.-2. táblázat. Az összesített állapotminősítés kialakításában résztvevő indikátorok listája a NÖSZTÉP-projektben

	Nem ültetvényyszerű erdők	Ültetvények
Fafaj-összetétel (maximum 13 pont, ültetvéynél maximum 9 pont)	Őshonos elegyfajok fajszáma (teljes) [1, 3]	Őshonos fajok fajszáma [1, 3]
	Idegenhonos fajok össz-elegyaránya [1, 3]	Őshonos fajok össz-elegyaránya [1, 3]
	Agresszívan terjedő (inváziós) fajok össz-elegyaránya [1, 3]	Agresszívan terjedő (inváziós) fajok össz-elegyaránya [1, 3]
	Főfajok elegyaránya az összesített alsó és felső szintben eléri-e a megadott határt [0, 1]	
	Őshonos elegyfajok aránya az elvárthoz képest [1, 3]	

8.1.-2. táblázat folytatása

	Nem ültetvényeszerű erdők	Ültetvények
Szerkezet (maximum 13 pont)	Korcsoportok száma (5 év különbséggel) [1, 3]	
	A minimum és maximum kor távolsága eléri-e a 30 évet az „anyaállományban” (alsó és felső szint) [0, 1]	
	A maximális kor meghaladja-e a 100 évet [0, 1]	
	Átmérőosztályok száma [1, 3]	
	Átmérőosztály-diverzitás (csak ahol több átmérőosztály van) [0, 1]	
	Méretes fa (legalább 50 cm átmérő) jelenléte [0, 1]	
	Cserjeszint [1, 3]	

Az összesített pontérték számításkor a fajösszetételei mutató másfélszeres súllyal szerepelt, mint a szerkezeti. Az így elérhető pontszámok 6 és 32,5 közé eshetnek. A 8.1.-11. ábra a bükkösök összesített pontszámainak eloszlását mutatja két másik jelentős zonális erdőtársulás-csoporttal (gyertyános-kocsánytalan tölgyesek, cseresek) összehasonlítva.



8.1.-11. ábra. A főbb klímazonális erdőtársulás-csoportok NÖSZTÉP erdőtermészetességi pontszámainak megoszlása

Erdei életközösségek védelmét megalapozó többcélú állapotértékelés a magyar Kárpátokban (SH-projekt)

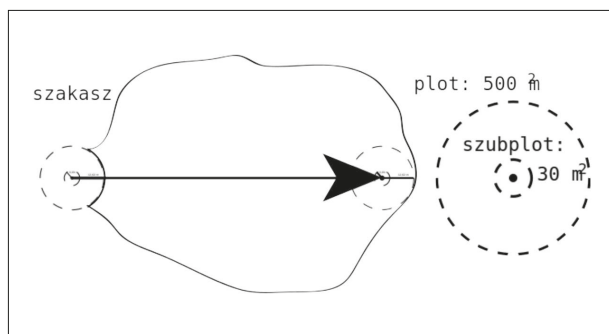
A Svájci–Magyar Együttműködési Program keretében támogatott „Erdei életközösségek védelmét megalapozó többcélú állapotértékelés a magyar Kárpátokban” című kutatási pályázat keretében az ELTE kutatócsoportja kidolgozott egy új erdőállapot-leíró módszert (Standovár et al. 2016; Standovár et al. 2017a). A cél egy olyan módszertan fejlesztése volt, amely lehetővé teszi a felmért területek erdeinek sokszempontú, finom térleptékű leírását és értékelését. Az erdőleírás számos olyan változóra is kiterjed, melyet korábbi adatgyűjtések nem jellemeztek, ezzel biztosítva a sokoldalú, biológiai szempontból is releváns értékelés lehetőségeit. A projekt céljának megfelelően e módszertant alkalmazva elkészült az Északi-középhegység 3 tájegységében (Börzsöny, Mátra, Aggteleki-karszt) a Natura 2000 területekre eső, jellemzően természetközeli állapotú erdők részletes állapotleírása, ezzel szolgálva az erdészeti és/vagy természetvédelmi tervezési és ellenőrzési feladatok elvégzését.

A mintavételezés alap gondolata, hogy terepi foltterképezés helyett egy sűrű, szisztematikus pontháló mentén kihelyezett mintaterületeken végrehajtott, sok változóra kiterjedő adatgyűjtéssel teremti meg a későbbi, sok szempontot és igényt kielégítő adatelemzés, értékelés lehetőségét. Az alkalmazott szisztematikus háló pontjai a teljes vizsgálati területet lefedik, s a felbontás alapesetben hektáronként 1 mintapont (100×100 méteres háló). A kiemelt érdeklődésre számot tartó részterületeken (pl. korábban jelentősebb bolygatással érintett tömbök, nem vágásos üzemmódokban kezelt erdők, egyes fokozottan védett területek,

erdőrezervátumok stb.) a mintavételi háló sűrítésével (2 vagy 4 pont/ha) a térbeli változatosság pontosabb megragadása érhető el. A hálópontokon elhelyezett 500 m²-es mintavételi terület (plot) a faállomány (élő és holt fák minőségi és mennyiségi viszonyai), a gyepszint, a termőhely és a kiemelt biológiai jelentőséggel bíró mikroélőhelyek leírásának helyszíne. A mintavételi pont közepén koncentrikusan elhelyezkedő 30 m² nagyságú részmintaterületen a cserjék és a fatermetű fásszárúak újulatának felvételezése történik. Két szomszédos mintavételi pont közötti útvonal környezete jelentette a mintavételi szakaszt, ahol többek között termőhelyi vonatkozású mikrohabitatok, friss természetes bolygatások, valamint agresszíven terjedő idegenhonos fajok jelenlétét lehet rögzíteni (8.1.-3. táblázat, 8.1.-12. ábra).

8.1.-3. táblázat. Az „Erdei életközösségek védelmét megalapozó többcélú állapotértékelés a magyar Kárpátokban” című kutatási pályázat keretében felmért változók köre

	Változócsoport	Leírás
Szakasz	Termőhelyi mikrohabitatok	Pl. sziklakibúvás, forrás, szivárgó
	Friss faállomány-bolygatások	Friss biotikus vagy abiotikus bolygatások
	Idegenhonos fajok	Bármilyen formában jelenlét
Plot (500 m ²)	Faállomány	Átmérő-osztályokban fajonként tömegességi értékek
	Álló holtfa és facsonk	Átmérő-osztályonkénti darabszám, fajok és korhadtság
	Fekvő és egyéb holtfa	Komplex mennyiség és vastagság skála, korhadtság, fajok
	Lágyszárúak	Összborítás, domináns fajok, élőhelyjelzők, adventív fajok, őshonos bolygatásjelzők
	Mikrohabitatok és bolygatások	Faállományhoz kötődő mikrohabitatok, talajbolygatás, kövesség, adventív fásszárúak (cserje, újulat)
Szubplot (30 m ²)	Cserjék	Cserjefajok borítása, domináns és élőhelyjelző cserjék
	Újulat	Borítás két magassági osztályban, domináns és egyéb fajok, rágottság, tuskósarjak
	Dokumentáció	Átlagolt GPS koordináta, fényképek

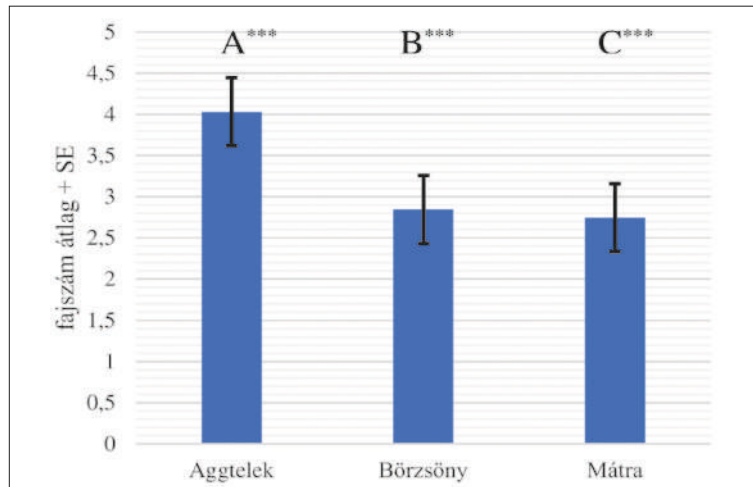


8.1.-12. ábra. Az „Erdei életközösségek védelmét megalapozó többcélú állapotértékelés a magyar Kárpátokban” című kutatási pályázat módszertana szerint alkalmazott mintavételi egységek (Standovár et al. 2017a)

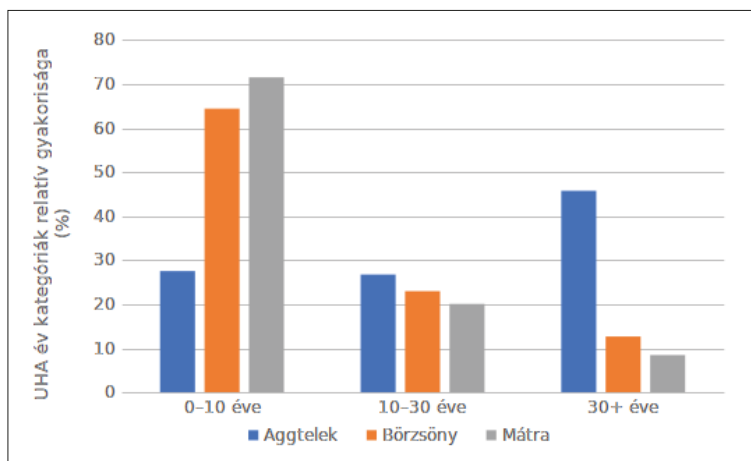
A mintavételt minden pontban 6 dokumentumfotó egészíti ki. A módszertani fejezet (Standovár et al. 2017a) részletesen bemutatja a digitális terepi adatrögzítés, az adatkezelés, az adatminőség-ellenőrzés és az adatelemzés kereteit biztosító rendszert is.

A projekt során a 3 tájegységben felvett 59 616 mintavételi pont közül 18 157 pont esett olyan erdőrészletbe, melynek faállománytípusa bükkös volt. Az eredmények több részletét a 8.3. fejezetben mutatjuk be. Az Aggteleki-karszt bükkösök által uralt erdei bizonyultak a legmagasabb természetességi szintűnek a legtöbb vizsgált mutató tekintetében. A fajok száma és a szerkezeti diverzitás valamennyi mutatója valamivel magasabb volt

az Aggteleki-karszton, mint a másik két helyszínen. A vastag (dbh > 20 cm) álló holt fák gyakoriságában, valamint a fekvő holtfa (CWD) mennyiségében és méreteloszlásában csak csekély különbségek adódtak. E helyütt ízelítőként csak egyetlen szempontot, a fafajokban való gazdagság szerinti összehasonlítást mutatjuk be (8.1.-13. ábra). A megfigyelt különbségek több tényezőre vezethetők vissza. Az Aggteleki-karszt mészkő alapkőzetű és változatos karsztmorfológiát mutató vidék, míg a másik két helyszín (Börzsöny, Mátra) vulkanikus eredetű, morfológiailag szegényesebb hegység. Az Aggteleki-karszt nagyobb változatossága azonban részben azzal magyarázható, hogy a mintaterületek nagy hányadán (> 43%) hosszabb ideje (> 30 év) nem volt erdészeti beavatkozás, míg a másik két helyszínen a mintaterületek 60–65%-án a mintavételt megelőző 10 éven belül valamilyen (jellemzően gazdálkodási célú) beavatkozás történt (8.1.-14. ábra).



8.1.-13. ábra. Az „Erdei életközösségek védelmét megalapozó többcélú állapotértékelés a magyar Kárpátokban” című kutatási pályázat keretében felmért bükkösök átlagos fafajszáma (db/500 m²) a vizsgált 3 tájegységben (Standovár et al. 2018). Összehasonlítás Kruskal-Wallis, majd Dunn post-hoc tesztekkel; az átlag ± standard hibájával együtt ábrázolva. A statisztikai különbségeket betűk, a szignifikancia szintjét *-ok jelölik az egyes oszlopok felett (*: p<0.05; **: p<0.01; ***: p<0.001)



8.1.-14. ábra. Az utolsó használat időpontjának gyakoriság-eloszlása az „Erdei életközösségek védelmét megalapozó többcélú állapotértékelés a magyar Kárpátokban” című kutatási pályázat keretében felmért bükkösökben, a vizsgált 3 tájegységben (Standovár et al. 2018)

Irodalom

- Agrárminisztérium 2019: Ökoszisztéma alaptérkép és adatmodell kialakítása. – Agrárminisztérium, Budapest.
- Bartha D., Bölöni J., Ódor P., Standovár T., Szmorad F. & Tímár G. 2003: A magyarországi erdők természetességének vizsgálata. – Erdészeti Lapok 138(3): 73–75.
- Bartha D. & Gálhidy L. (szerk.) 2007: A magyarországi erdők természetessége. – WWF füzetek XXVII., 44 pp.
- Bölöni J., Bartha D., Standovár T., Ódor P., Kenderes K., Aszalós R., Bodoncz L., Szmorad F. & Tímár G. 2005: A magyarországi erdők természetességének vizsgálata I. Kutatási előzmények és mintavételezés. – Erdészeti Lapok 140(5): 152–154.
- Bölöni J., Molnár Zs. & Kun A. (szerk.) 2010: Magyarország élőhelyei. – MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót, 345 pp.
- Czucz B., Molnár Zs., Horváth F. & Botta-Dukát Z. 2011: Vegetation-based natural capital index: an easy to understand, policy relevant ecosystem state indicator. In: Nagy G. & Kiss V. (eds.): Borrowing services from nature. – CEEweb for Biodiversity, Budapest, pp. 44–51.
- Kelemen E. & Pataki Gy. 2014: Az ökoszisztéma szolgáltatások értékelésének elméleti megalapozása. In: Kelemen E. & Pataki Gy. (szerk.): Ökoszisztéma szolgáltatások: A természet- és társadalomtudományok metszéspontjában. – Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Environmental Social Science Research Group (ESSRG), pp. 35–55.
- Kenderes K., Tímár G., Ódor P., Bartha D., Standovár T., Bodoncz L., Bölöni J. & Szmorad F. 2007: A természetvédelem hatása középhegységi erdeinkre. – Természetvédelmi Közlemények 13: 69–80.
- Kovács-Hostyánszki A., Kisné Fodor L., Zsembery Z. & Tanács E. (szerk.) 2022: Hazai ökoszisztéma-szolgáltatások térképezése és értékelése. – Agrárminisztérium, Budapest, 379 pp.
- Molnár Zs., Bartha S., Seregélyes T., Illyés E., Tímár G., Horváth F., Révész A., Kun A., Botta-Dukát Z., Bölöni J., Biró M., Bodoncz L., Deák J.Á., Fogarasi P., Horváth A., Isépy I., Karas L., Kecskés F., Molnár Cs., Ortmann-né Ajkai A. & Rév Sz. 2007: A grid-based, satellite-image supported, multi-attributed vegetation mapping method (MÉTA). – Folia Geobotanica 42: 225–247.
- Nagy K. (szerk.) 2021: Nemzeti Szisztematikus Erdőleltár 2010–2019. – Nemzeti Földügyi Központ, Erdészeti Főosztály, Budapest, 72 pp.
- Standovár T., Szmorad F., Kovács B., Kelemen K., Plattner M., Roth T. & Pataki Zs. 2016: A novel forest state assessment methodology to support conservation and forest management planning. – Community Ecology 17(2): 167–177.
- Standovár T., Kelemen K., Szmorad F., Kovács B., Kenderes K. & Pataki Zs. 2017a: Az erdőállapot-felmérés módszertana. In: Standovár T., Bán M. & Kézdy P. (szerk.): Erdőállapot-értékelés középhegységi erdeinkben. (Rosalia 9.) – Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 109–187.
- Standovár T., Szmorad F., Kelemen K. & Kenderes K. 2017b: Az erdőállapot-felmérés eredményei. In: Standovár T., Bán M. & Kézdy P. (szerk.): Erdőállapot-értékelés középhegységi erdeinkben. (Rosalia 9.) – Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 189–439.
- Standovár T., Kelemen K., Szmorad F., Kenderes K. & Zoltán L. 2018: Assessing the naturalness status of beech-dominated forests in three protected areas in Hungary. In: 11th International Beech Symposium „Natural and Managed Beech Forests as Reference Ecosystems for the Sustainable Management of Forest Resources and the Conservation of Biodiversity” September 18th – 21st 2018 Viterbo (Italy), p. 87.
- Tanács E. & Standovár T. 2021: Erdők. In: Tanács E. & Kisné Fodor L. (szerk.): A hazai ökoszisztémák állapota: Az általános ökoszisztémaállapot-indikátorok országos térképezésének módszertana és eredményei. – Agrárminisztérium, Budapest.
- Tanács E., Belényesi M., Lehoczki R., Pataki R., Petrik O., Standovár T., Pásztor L., Laborcz A., Szatmári G., Molnár Z., Bede-Fazekas Á., Somodi I., Kristóf D., Kovács-Hostyánszki A., Török K., Kisné Fodor L., Zsembery Z., Friedl Z. & Maucha G. 2022: Compiling a high-resolution country-level ecosystem map to support environmental policy: methodological challenges and solutions from Hungary. – Geocarto International 37(25): 8746–8769.

8.2. Bükkös erdőrezervátumok Magyarországon

Horváth Ferenc, Szegleti Zsófia és Bölöni János

Magyarország bükkös erdőrezervátumai és hosszú távú kutatásuk

Európa mérsékelt övi őserdeit az évszázados tájhasználat gyökeresen átalakította. A még fennmaradt töredékállományok rendkívül ritkák, gyakran kis területűek és veszélyeztetettek (Sabatini et al. 2018). Pedig már csak az ősi erdők maradványaiban és a gazdálkodás alól régen kivont területeken található gazdag élővilág és a populációs folyamatok szabad érvényesülését biztosító erdei ökoszisztémák. Megismerésük és megértésük alapvető fontosságú a fenntartható erdő- és vadgazdálkodás fejlesztése, a hatékonyabb természetvédelmi kezelések kialakítása és a kedvezőtlen környezeti hatások mérséklése érdekében.

Az őserdők megőrzése és védelme Európában az 1820-as években kezdődött, Magyarországon azonban csak jóval később (Kaán 1932; Czajlik 1989; Agócs 1990; Mátyás 1993; Temesi 1993; 1996. évi LIII. törvény).

Az erdőrezervátumok fokozottan védett magterületből és védett besorolású védőzónából állnak. A magterületeken minden közvetlen emberi tevékenységet – elsősorban az erdőgazdálkodást – beszüntettek, hogy az erdő természetes folyamatai zavartalanul és hosszú távon érvényre juthassanak, és azok tanulmányozhatóvá váljanak. A védőzónában a fő cél a folyamatos erdőborítás fenntartása, ahol természetközeli gazdálkodás, természetvédelmi célú vagy összehasonlító erdőkísérleti kezelés folytatható (Horváth & Borhidi 2002).

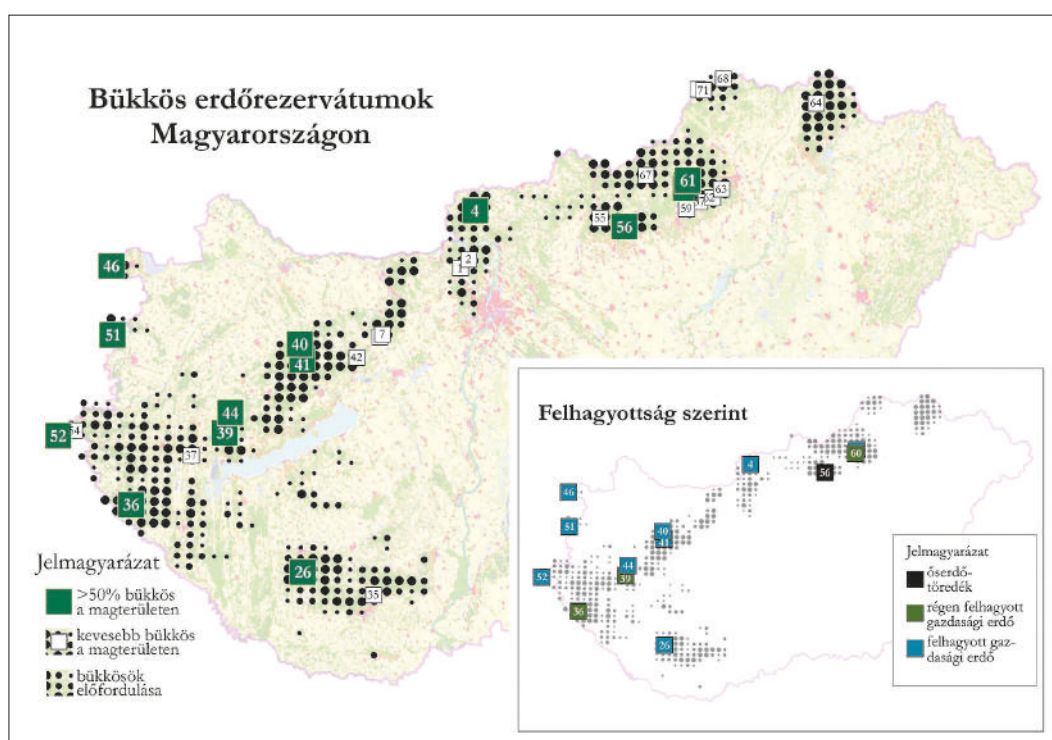
Magyarország 63 erdőrezervátumából (URL1) azok tekinthetők „bükkös erdőrezervátum”-nak, amelyek magterületén a bükkös erdők részaránya eléri vagy meghaladja az 50%-ot. Erre a listára 13 terület került fel (8.2.-1. táblázat, 8.2.-1. ábra). A 13 bükkös erdőrezervátum összes magterülete 724 ha, amelyből mintegy 540 ha tekinthető bükkösnek (75%). Ez európai viszonylatban igen kevés, azonban Magyarország adottságai erősen korlátozottak, hiszen az ország nagy része a bükkös klímazónán kívül esik. További 18 erdőrezervátum (Alsó-hegy, Burok-völgy, Csókás-völgy, Csörgő-völgy, Haragistya – Lófej, Hór-völgy, Juhdöglő-völgy, Kőszegi-forrás, Meszes-völgy, Nagy-oldal, Nagy-Sertéshegy, Pap-erdő, Paphárs – Kecskvár, Pataj, Pilis-oldal, Prédikálószék, Remetekert, Vár-hegy) magterületén is előfordulnak bükkösök, azonban ezek részaránya összességében csak mintegy 20%. Magyarország bükkös élőhelyeinek összes kiterjedése mintegy 110 000 ha (Bölöni et al. 2011), amelyhez képest a 13 magterületen előforduló bükkösök részaránya 0,49%. Az 1. ábra áttekintő térképe szerint a Zempléni-hegység, Mecsek és a Zalai-dombság állományai alulreprezentáltak, összességében azonban a bükkösök az országos hálózatban messze nagyobb részarányt képviselnek a többi erdőtársuláshoz képest (Bartha & Esztó 2002).

Az európai őserdők térinformatikai adatbázisának elkészítéséhez (Sabatini et al. 2018) az igen változatos angolszász elnevezések és fogalmak sokaságában, egy szakértői csoport hierarchikus kritériumrendszerét használták fel azok természetességének, ill. felhagyottságának egységes osztályozására (Buchwald 2005). A rendszer alkalmazása alapján a hazai erdőrezervátumok legtöbbször „felhagyott gazdasági erdő” (newly untouched forest), egy része „régén felhagyott gazdasági erdő” (long untouched forest), mint a bükki Őserdő, a Tátika vagy a Vétyemi Ősbükkös (8.2.-1. ábra). Ezek mindegyike korábbi vágásos erdők érintetlenül megőrzött öregebb állománya. Az állományszerkezeti következmények még fél évszázad múltán is jól kimutathatók (Vandekerckhove et al. 2009; Horváth et al. 2012). Viszont a Kékes Erdőrezervátum magterületének nagy része valódi őserdő, pontosabban őserdőtöredék (Czajlik 2009; Standovár et al. 2017), amely ebben a rendszerben „old-growth forest” kategóriába esik, mivel kiterjedése nem éri el az igazi őserdő vadonok (primeval ~, virgin ~, frontier forest) léptékét.

A hazai erdőrezervátum-kutatás szakmai előkészítése során (Horváth & Borhidi 2002) egy munkacsoport kialakította a hosszú távú vizsgálatssorozatok (HTV) országosan egységes módszertani csomagját, amelyet terepen állandósított mintavételi pontok hálózatában alkalmaznak a lokális erdőállomány állapotá-

A 8.2.-1. táblázat folytatása

Név, táj, sorszám	Terület (ha)	Magterület (ha)	Bükkös (%)	Fő jellegzetességek	Felhagyottság	Alapfelmérés (HTV modulok)
Szabó-völgy, Őrség (Alsó-Őrség) (ER-52)	66,0	26,9	100	fenyőelegyes bükkös, jelentős mértékben ültetett luccal, erdefenyővel	felhagyott gazdasági erdő	2022 – SOE EMK (F/Ú/N/T)
Tátika, Keszthelyi-hg. (ER-39)	259,2	87,5	60	plató helyzetű, természetes lékdinamikát mutató nagyon öreg erdő	régen felhagyott gazdasági erdő	2023 – SOE EMK (F/Ú/N/T)
Tóth-árok, Magas-Bakony (ER-40)	438,8	57,9	70	a bükkösök homogének, a gerinceken rendkívül fajgazdag tölgyesek	felhagyott gazdasági erdő	2022 – SOE EMK (F/Ú/N/T)
Vétyem, Göcsej (Göcseji dombság) (ER-36)	183,3	31,0	100	változatos szerkezetű, több korosztályos, lékesedő, közel 200 éves, extrazonális bükkös	régen felhagyott gazdasági erdő	2013 – ÖBI (F/Ú/N/...)



8.2.-1. ábra. Bükkös erdőrezervátumok hálózata a bükk részaránya és felhagyottság szerint. Őserdőtörödékek a Kékes (56), régen felhagyott erdők a bükki Őserdő (60), a Tátika (39) és a Vétyemi Ősbükkös (26). Nem régen felhagyott gazdasági erdők: a Pogány-Rózsás (04), Ropolyi-erdő (26), Tóth-árok (40), Somhegy (41), Fehérszklák (44), Hidegvíz-völgy (46), Hosszú-völgy (51), Szabó-völgy (52) és a Leány-völgy (61). Háttérben a bükkös erdők elterjedési térképe (Bölöni et al. 2011), továbbá a nagyfelbontású CORINE Felszínborítás adatbázis látható (Büttner et al. 2004)

A bükkös erdőrezervátumok áttekintő táblázata mutatja a hosszú távú kutatások egységes módszertani felmérési moduljainak készülségét, az alapfelmérések megkezdésének évét és a kutató intézményt (8.2.-1. táblázat). Az erdőrezervátum-kutatás 2022-ben kapott nagyobb lendületet az Agrárminisztérium Erdőkért Felelős Államtitkársága támogatásával az alapfelmérések befejezése érdekében. Korábban négy bükkös erdőrezervátum egységes alapfelmérése készült el (Hidegvíz-völgy, Kékes, bükki Őserdő, Vétyem), 2022 óta pedig további hét alapfelmérés (Hosszú-völgy, Szabó-völgy, Tátika, Tóth-árok, Fehér-sziklák, Ropolyi-erdő és a Som-hegy), továbbá a Kékes újrafelmérése.

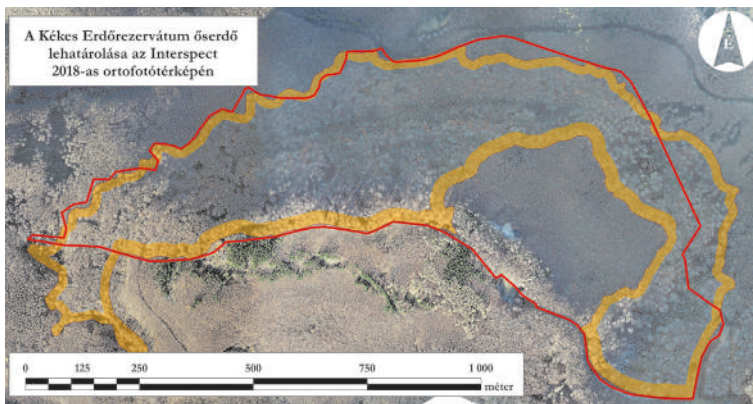
Számos további célzott kutatásról vannak eredmények, amelyeket – mint pl. a nagyfelbontású sztereó légifelméréseket – a 8.2.-1. táblázat kibővített on-line változata sorolja fel (URL3). Kiemelkedően kutatott a Kékes és a bükki Őserdő Czájlik Péter, Standovár Tibor és tanítványai munkássága következtében. Az Erdőrezervátum Programmal kapcsolatos publikációkat és dokumentumokat az Erdőrezervátum Archívum és Katalógus tartja nyilván (URL4).

Egy háborítatlan bükkös, a Kékes őserdő állományának szerkezete

Az előzőekben bemutatott bükkös erdőrezervátumok közül különleges szerepet tölt be a Kékes Erdőrezervátum. Egyrészt azért, mert itt található az egyetlen (ismert) hazai őserdőmaradvány. Paleobotanikai bizonyítékok vannak arra, hogy itt a bükk legalább 3 100 éve dominánssá válva, bükkös őserdőt alakított ki (Pató et al. 2020), továbbá bizonyított, hogy a Kékes-gerinc északi letörésén a történeti időkben soha nem volt fahasználat (Czájlik 2009; Czájlik & Horváth 2021). Másrészt azért, mert a 2005-ös alapfelmérés (Bidló et al. 2005) után 16 évvel elkészült az első újrafelmérés (Horváth et al. 2024), amely a változások értékelését is lehetővé teszi.

A Kékes Erdőrezervátumban megőrzött őserdőmaradvány pontos lehatárolását egy 2018. decemberi, 5 cm terepi felbontású, torzításoktól mentes ortofotó-térkép tette lehetővé (Horváth et al. 2021), amelyen a nagykoronájú ősi bükkös határa világosan elkülöníthető az 1950/60-as években levágott, ma középkorú állományoktól. A magterület határa ettől helyenként jelentősen eltér (8.2.-2. ábra). Mivel a körülötte levágott területek szárító hatása még évtizedekig kedvezőtlenül érintette az őserdő maradványát – különösen a délen húzódó Sombokor-hegy gerince felől – ennek figyelembe vételére egy 20, ill. 30 m szélességű szegélyzónát határoztunk meg a zavartalan belső mag lehatárolására, ez tekinthető a háborítatlan őserdő állományának (Horváth et al. 2021). Az alapfelmérés (Bidló et al. 2005) mintavételi pontjainak jelentős része ezen kívülre vagy a zavart szegélyzónába esett, amelyek ezért nem tekinthetők reprezentatívnak az őserdő ősi állapotára nézve. Az újrafelmérés során újabb mintavételi pontokat is létesíteni kellett, hogy ne maradjanak üres területek (Horváth et al. 2024). Ez az állomány-dinamikai és erdőökológiai megfigyelő hálózat nem szabályos, mert a magterület szélsőséges domborzata – elsősorban a Sor-kövek lépcsőzetes sziklasorai – ezt nem tették lehetővé.

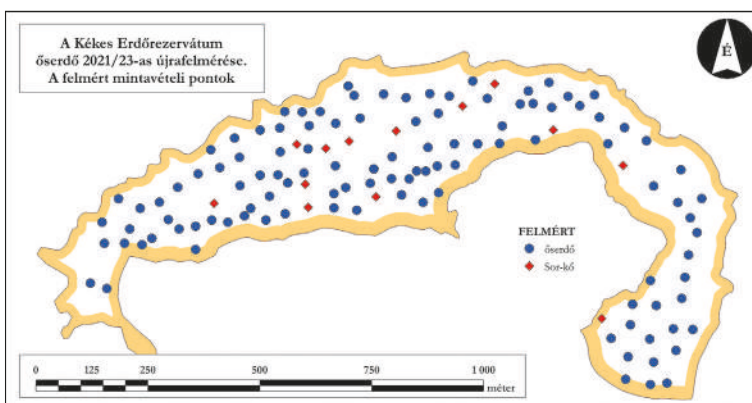
A felmérési adatokból csak az őserdőmaghoz tartozókat értékeltük ki, kihagyva a Sor-kövekre eső, különleges élőhelyszerkezetű sziklafal mintavételi pontokat (MVP). Így a háborítatlan bükkös őserdőre nézve reprezentatív mintavételi pontok száma 112, az összes mintaszám 125 MVP. Az őserdőmag területe



8.2.-2. ábra. A Kékes Erdőrezervátum őserdőterülete (Horváth et al. 2021 alapján). Az ortofotótérképet az Interspect Kft. készítette. Jelmagyarázat: piros vonal – a magterület határa; vékony barna vonal – az őserdőállomány határa; okkersárga sáv – zavart szegélyzóna

35,3 ha, ennek megfelelően a felmérés intenzitása 3,2 ill. 3,5 MVP/ha (8.2.-3. ábra). A lokális faállományokat jellemző mintákba átlagosan 22 élő, álló vagy fekvő holtfa került felmérésre 2021/23-ban, összesen mintegy 2430 fával, amely a teljes faállomány mintegy 27%-át jelenti.

A főbb változások érzékeltetése érdekében mindkét felmérésre kiszámítottuk az erdő- és faállomány-szerkezeti tulajdonságokat (8.2.-2. táblázat). A továbbfejlesztett felmérési módszerrel (Szegeti 2023) a fekvő holtfák sűrűségére részletesebb eredményeket is be tudunk mutatni az újrafelmérés adataiból.



8.2.-3. ábra. A háborítatlan őserdőterületet reprezentáló 125 mintavételi pont (MVP) hálózata a Kékes Erdőrezervátum alapfelmérése (Bidló et al. 2005) és újrafelmérése (Horváth et al. 2024) során. 13 MVP a sziklafalas Sor-kövekre vagy azok közvetlen közelébe esik, amelyeket a bükkös őserdő szerkezetének értékeléséből kihagytunk

8.2.-2. táblázat. Erdő- és faállomány-szerkezeti tulajdonságok a Kékes, bükkös őserdőmaradvány 2005. évi alapfelmérése és a 2021/23. évi újrafelmérése alapján. A mintavételi pontok száma 112; a felmért törzsek vastagságának alsó határa 5 cm; az álló fák fakészletbecslése a Kolozs & Veperdi (2012) egyváltozós fatérfogatfüggvénnyel történt; a fekvő holtfakészlet becslését van Wagner (1968) eljárásával végeztük el.

Erdő- és faállomány-szerkezeti tulajdonságok	2005. évi alapfelmérés	2021/2023. évi újrafelmérés
Záródás	84%	79%
Nagyobb természetes lécek aránya	30%	50%
Állománymagasság	n.a.	32,4 m
Legvastagabb bükk mintavételenként ($D_{130_{max, \hat{a}tl}}$)	90 cm	94 cm
Legvastagabb (normális törzsű) bükk mérete ($D_{130_{max}}$)	116 cm	122 cm
Sűrűség (N – hektáronkénti törzsszám, $D_{130_{min}} = 5$ cm)	310 tő/ha	255 tő/ha
vastag fák ($D_{130} > 50$ cm) sűrűsége ($N_{>50cm}$)	71 tő/ha	67 tő/ha
vastagabb fák ($D_{130} > 60$ cm) sűrűsége ($N_{>60cm}$)	42 tő/ha	42 tő/ha
nagyon vastag fák ($D_{130} > 80$ cm) sűrűsége ($N_{>80cm}$)	8 tő/ha	10 tő/ha
Körlapösszeg (G – hektáronkénti körlapösszeg)	35,7 m ² /ha	32,6 m ² /ha
Élőfakészlet (V_{SZILV} – hektáronkénti élőfakészlet)	649 m ³ /ha	599 m ³ /ha
Álló holtfák és törött törzscsonkok sűrűsége (N_{HCS})	12,5 tő/ha	23,7 tő/ha
vastag álló holtfák és csonkok sűrűsége ($N_{>50cm, HCS}$)	1,6 tő/ha	4,4 tő/ha
vastagabb álló holtfák és csonkok sűrűsége ($N_{>60cm, HCS}$)	0,9 tő/ha	2,4 tő/ha
nagyon vastag álló holtfák és csonkok sűrűsége ($N_{>80cm, HCS}$)	0,2 tő/ha	0,7 tő/ha
Fekvő holtfák sűrűsége (N_{FH})	n.a.	31,9 tő/ha
vastag fekvő holtfák sűrűsége ($N_{>50cm, FH}$)	n.a.	5,0 tő/ha
vastagabb fekvő holtfák sűrűsége ($N_{>60cm, FH}$)	n.a.	2,0 tő/ha
nagyon vastag fekvő holtfák sűrűsége ($N_{>80cm, FH}$)	n.a.	0,6 tő/ha

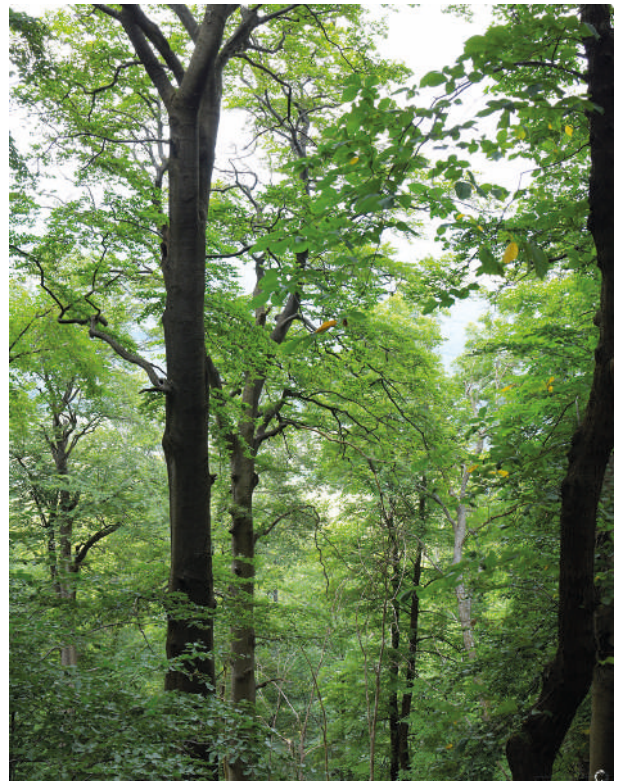
A 8.2.-2. táblázat folytatása

Erdő- és faállományszerkezeti tulajdonságok	2005. évi alapfelmérés	2021/2023. évi újrafelmérés
Álló holtfák és törött csonkok körlapösszege (G_{HCS})	1,0 m ² /ha	2,5 m ² /ha
Fekvő holtfák körlapösszege (G_{FH})	n.a.	4,7 m ² /ha
Álló holtfakészlet ($V_{SZILVHCS}$ – hektáronkénti álló holtfakészlet)	12,1 m ³ /ha	13,2 m ³ /ha
Fekvő holtfakészlet (V_{FH} – hektáronkénti fekvő holtfakészlet)	66,4 m ³ /ha	109,6 m ³ /ha
Összes holtfakészlet (V_H – hektáronkénti összes holtfakészlet)	78,5 m ³ /ha	122,8 m ³ /ha
Teljes fakészlet (V_{EH} – föld feletti élő és holtfakészlet)	727,5 m ³ /ha	721,8 m ³ /ha
Az összes holtfakészlet aránya a teljes fakészlethez viszonyítva	10,8%	17,0%
Elegyarányok (körlapösszeg alapján)		
bükk	84,1%	84,2%
hársak (elsősorban nagylevelű hárs)	5,4%	5,6%
korai juhar	3,6%	3,5%
hegyi juhar	3,4%	3,3%
hegyi szil	1,1%	1,0%
kocsánytalan tölgy	0,9%	0,8%
magas kőris	0,8%	0,8%
egyéb fafajok (főként gyertyán és mezei juhar)	0,7%	0,7%

Megj.: n.a. jelentése: nincs adat

Az őserdő többé-kevésbé zárt, sok lékkel. Minden második (korábban harmadik) mintavételi pontban előfordultak nagyobb természetes lékek (legalább 2-3 vagy több uralkodó fakoronányi lék a mintavételi pont kb. 30 m-es körzetében). Kiterjedtebb lék, összeroppanási folt inkább csak a terület keleti részén található (8.2.-2. ábra), de a meredek és sziklasorokkal tagolt oldalon a lombkorona-szerkezet egyébként is igen változatos – a fák egymás fölé tornyosulnak (8.2.-4. ábra). Az állomány magassága átlagosan 32 m, azonban egyes bükkfák a 40 m-t is meghaladják (az újrafelmérés során 44 m volt a legmagasabb bükk). A legnagyobb normális törzsű (nem villás, nem rendellenes) bükk átmérője 116, ill. 122 cm volt, a mintavételi pontonkénti legvastagabb bükkök átlaga pedig 90, ill. 94 cm.

A hektáronkénti törzsszám átlagosan elég alacsony: 255 (korábban 310) tő/ha, amely MVP-onként nagy szélsőségek (79 és 788 tő/ha) között változik. A vastag és vastagabb fák sűrűsége kiemelkedő ($N > 50$ cm 67–71, $N > 60$ cm 42 tő/ha), de a nagyon vastag bükkök száma is jelentős, azonban 1 m-t meghaladó átmérőjű bükkök már csak elvétve



8.2.-4. ábra. A meredek hegyoldal óriás bükkfái egymás fölé magasodnak (Fotó: Mányoki Gergely)

fordulnak elő. Az átlagos körlapösszeg (32,6–35,7 m²/ha) magas, de nem rendkívüli, ugyanez elmondható az élőfakészletről is (599–649 m³/ha).

Az álló holtfák és törött törzscsonkok, valamint a fekvő holtfák sűrűsége jelentős (N_{HCS} 13, 24 és N_{FH} 32 tő/ha), ezek kisebb hányada nagyon vastag. A holtfakészletek magasak, különösen a fekvő holtfáké (66–110 m³/ha), annak ellenére, hogy a törzsek korhadása, lebomlása ebben a hűvös, nedves környezetben elég gyors.

A Kékesen tapasztalt faállomány-szerkezeti tulajdonságok jól illeszkednek a kelet-közép-európai bükkös őserdők jellemzőinek körébe (Standovár & Kenderes 2003). A holtfaviszonyok is hasonlóak az európai bükkös erdőrezervátumokhoz képest (Christensen et al. 2005). A bükkök mérete ugyanakkor elmarad az egyik legjobb atlantikus termőhelyű, 240 éves korú európai állomány (Joseph Zwaenepoel rezervátum, Soignes-i erdő, Belgium, 100–120 m tszf.) mutatóitól, ahol például a nagyon vastag fák sűrűsége meghaladja a 34 tő/ha értéket (Vandekerckhove et al. 2018).

A 84%-ban uralkodó bükk mellett csak a nagylevelű hárs, a korai juhar, a hegyi juhar és a hegyi szil ér el 1%-ot meghaladó elegyarányt (8.2.-2. táblázat). A többi fafaj előfordulása szórványos és leginkább a sziklakibukkanásos, kőfolyásos termőhelyekhez kapcsolódik. A Sor-köveken jóval nagyobb részarányú a hársak és juharok előfordulása. Kocsánytalan tölgy szinte csak a nyugatias kitétséggű, jobban benapozott (de a turistaforgalom miatt elég zavart) csücskében fordul elő a területnek. A Sor-kövek alatti kiterjedt és mozgó törmelékletjű törzsek lebomlása, a humuszképződés, a talajfejlődés és a természetes erózió szinte kézzel tapintható folyamatként zajlik – évezredek óta.

A Kékes őserdő változásának főbb vonásai

Az eredményekből a közben eltelt 16 év nagyobb léptékű változásai is kiolvashatók (8.2.-3. táblázat). A fák sűrűsége jelentősen csökkent (310-ról 255 tő/ha-ra), az élőfakészlet és a körlapösszeg kisebb mértékben, mivel a faóriások egy részének fokozottabb pusztulása következett be. Ugyanakkor az őserdőterület teljes fakészlete lényegében nem változott, csak nagyobb lett a holtfakészlet aránya, mert az élőfakészlet csökkenését a fekvő holtfakészlet növekedése kísérte (a kidőlt fák átkerültek a holtfa frakcióba). Ezt jelzi az összes holtfakészlet arányának 11%-ról 17%-ra való növekedése. A nagy fák magasabb arányú pusztulását más mutatók is jelzik: a nagyobb természetes lécek jelentős növekedése, továbbá az álló holtfák és törött törzscsonkok sűrűségének és körlapösszegének növekedése. Mindezen eredő változások még nem vezettek a teljes állomány elöregedéséhez, összeroppanásához, hiszen a záródás még legutóbb is majdnem 80%-os volt és az élőfakészlet is közel 600 m³/ha átlagosan. Finomabb léptékben ugyanakkor az erdő- és faállomány-szerkezet igen változatos.

8.2.-3. táblázat. Az őserdőmaradvány léptékű faállomány-szerkezeti változások áttekintése 2005 és 2021/23 között

A változások iránya	Szerkezeti jellemzők	Megjegyzések
Változatlan vagy alig változó tulajdonságok	Elegyarányok	Szinte változatlan
	Teljes fakészlet	Az élőfakészlet csökkenését a fekvő holtfakészlet növekedése kompenzálta
	Álló holtfakészlet	Csak kis mértékben növekedett
Kisebb mértékben csökkent	Záródás	84%-ról 79%-ra csökkent
	Körlapösszeg	36 m ² /ha-ról 8,3%-kal csökkent
	Élőfakészlet	649 m ³ /ha-ról 7,7%-kal csökkent
Nagy mértékben csökkent	Sűrűség	310 tő/ha-ról 17,7%-kal csökkent

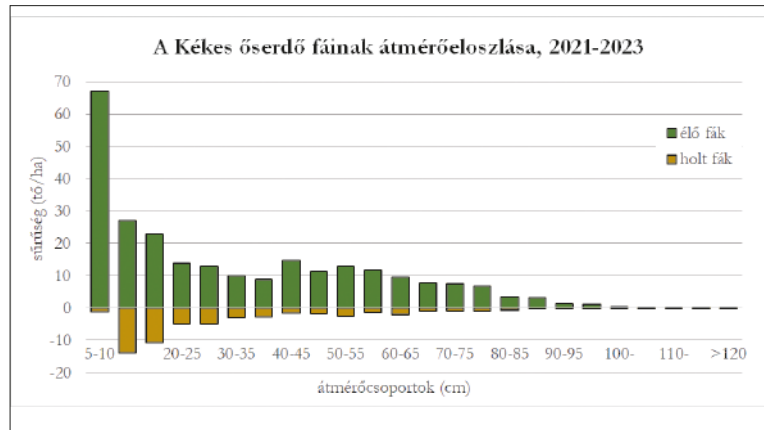
8.2.-3. táblázat folytatása

A változások iránya	Szerkezeti jellemzők	Megjegyzések
Kis mértékben növekedett	Legnagyobb bükkök vastagsága MVP-onként	Átlagosan 90 cm-ről 94 cm-re vastagodtak
	Legvastagabb bükk	116 cm-ről 122 cm-re nőtt
Nagy mértékben növekedett	Nagyobb természetes lékek	MVP-onként 30%-ról 50%-ra
	Álló holtfák és törött törzscsonkok sűrűsége és körlapösszege	13 tó/ha-ról majdnem megduplázódott; a körlap eközben a 2,5-szeresére nőtt
	Fekvő holtfakészlet	66 m ³ /ha-ról 110 m ³ /ha-ra nőtt
	Összes holtfakészlet	79 m ³ /ha-ról 123 m ³ /ha-ra nőtt
	Az összes holtfakészlet aránya	11%-ról 17%-ra nőtt

A faállomány-szerkezet finomabb léptékű változatossága

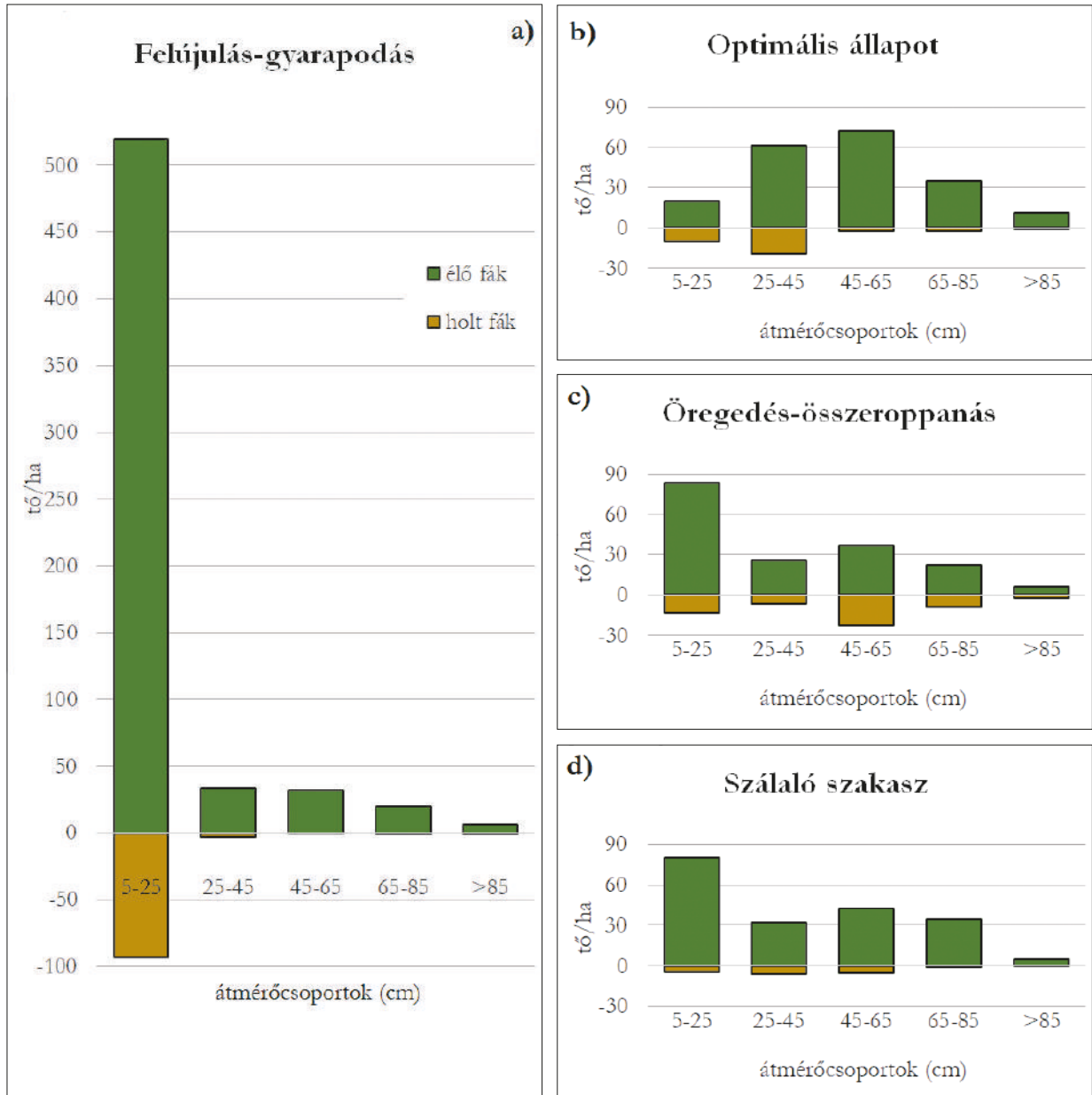
A teljes őserdőterületre jellemző átlagértékek mögött valójában nagyfokú lokális változatosság tapasztalható, amelyet a fák átmérőeloszlása jól tükröz (8.2.-5. ábra). Az összesített átmérőeloszlás lefutása nem a negatív exponenciális modell szerinti folytonosan csökkenő fordított „J”-alakot mutatja – amely a délkelet-európai bükkös őserdők egy részére jellemző (Westphal et al. 2006). Sokkal inkább az ún. „elforgatott szigmoid” alakra hasonlít, mert 20–65 cm között van egy széles, lapos része (és egy lokális maximuma) is, mint a vizsgált őserdők többségében. Ez jellemző az eltérő fejlődési-növekedési fázisban lévő állományfoltok összességének eredő eloszláskompozíciójára, amelynek háttérben kis léptékű, lokális eloszlások egymásra rakódó sokfélesége húzódik meg.

Leibundgut (1959) koncepciója alapján a bükkösökre nézve számos erdőfejlődési modellváltozatot írtak már le az adott őserdők jellegzetességeinek figyelembe vételével, amelyeknél a fák méreteloszlása, valamint a záródás, az élőfakészlet és a fekvő holtfakészlet döntő jelentőséggel bírnak a megkülönböztetett fázisok felismerésében és az erdőciklus folyamatainak értelmezésében (pl. Korpel' 1995; Emborg et al. 2000; Czajlik 2002; Král et al. 2010). Az erdőciklust és a lokális erdőszerkezeti állapotokat változatos átmenetek sokfélesége jellemzi (Christensen et al. 2007). A Kékes őserdő aktuális állapotát reprezentáló mintákból Czajlik (2002), valamint Král és munkatársai (2010) leírásai alapján olyan jellemző eseteket mutatunk be, amelyek négy kontrasztos erdőfejlődési szakaszt jól reprezentálnak (8.2.-6.a-d. ábra, 8.2.-4. táblázat). A felújulási, gyarapodási szakasz (8.2.-6.a. ábra) jellemzője az erőteljes felújulást és növekedést biztosító fiatal fák nagy sűrűsége. Optimális szakaszban (8.2.-6.b. ábra) már a középvastag, vastagabb fák uralják az



8.2.-5. ábra. A Kékes őserdő faállományának összesített átmérőeloszlása a 2021/23-as újrafelmérés alapján (a MVP-ok száma 112). A holtfák sűrűségébe az álló holtfákat, a törzstörött csonkokat és a fekvő holtfákat is beszámítottuk

állományt, növekedésük intenzív, az eloszlás harang-görbét mutat. Az öregedési, összeroppanási szakaszra (8.2.-6.c. ábra) a nagy lékek, a záródásihiány és a kiemelkedően sok holtfa jellemző. A kis erdőciklus szálaló, egyensúlyi szakaszát (8.2.-6.d ábra) hasonló eloszlás jellemzi, mint a teljes területre kapott eredő eloszlás (8.2.-5. ábra), amely azonban kis térbeli léptékben is gyakran előfordul. A záródást, a tősűrűséget, a hektáronkénti körlepősszeget és a fekvő holtfakészletet a 8.2.-3. táblázat mutatja.



8.2.-6. ábra. A négy fő erdőfejlődési szakaszt reprezentáló átmérőeloszlási diagram a Kékes őserdő 2021/23-as újrafelmérés adatsorából választott jellemző csoportokra

8.2.-4. táblázat. Jellemző erdőfejlődési szakaszok legfontosabb szerkezeti mutatói a Kékes őserdő 2021/23-as újrafelmérési adatai alapján. Jelmagyarázat: N – tőrsűrűség, G – hektáronkénti körlopósszeg, V_{FH} – fekvő holtfakészlet

Erdőfejlődési szakasz (esetszám)	Záródás (%)	N (tő/ha)	G (m ² /ha)	V_{FH} (m ³ /ha)
Felújulási-gyarapodási szakasz (9)	86	612	29,3	50
Optimális állapot (12)	83	199	46,1	42
Öregedési-összeroppanási szakasz (12)	65	174	25,9	409
Szállaló szakasz (17)	83	194	32,1	50

Az öreg faóriások pusztulása, bedőlése és a lékdinamika révén működő kis erdőciklus folyamatát Czajlik Péter mátrai megfigyelései alapján ismertetjük (Czajlik 2002). „Felújulási szakasz: az erősen kiritkult felső koronaszint alatt, annak magvetéséből csoportokban megjelennek a fiatalos foltok. E foltok kialakulásától a teljes záródásig 20–40 év is eltelhet, mivel a lassú összeomlás következtében a már kialakult fiatalosokba egy-egy újabb famatuzsálem lezuhanásával másodlagos, harmadlagos lékek keletkeznek ... A felújulási szakasz második felében, a gyarapodási korban a már zárult állomány folyamatos szelekciós gyűrűléssel érkezik el ... az optimális szakaszhoz” (8.2.-6.a és 6.b ábra). „Optimális szakasz: 100–160 éves zárt állományrész, kevésbé változatos struktúra, nagy fatömeg. A felújulási folyamatok még nem kezdődtek meg. Az egyes egyedek elhalásával kisebb-nagyobb lékek keletkeznek ugyan, és ezekben meg is jelenik az újulat, de többnyire még nem életképes, mivel a felső szintben még szűkek a fák koronái, és nagy a növekedési erély. Általában 10–15 év alatt azonban a felső koronaszint bezár és az újulat elpusztul. E folyamat következtében az uralkodó szintben a fák koronái folyamatosan nőnek” majd „... az összeroppanás kezdete, amikor az idős állomány záródása még több mint 50%. Az idős állomány 160–190 éves, egyes állományrészek részben többszintesek, a fák koronái megnőnek, a nagy koronájú fák kidőlésekor keletkezett lékek már nem mindig képesek bezáródni ... a lékek lassan állandósulnak. A lékekre jellemző a fekvő és a lábön maradt koronatorított törzsek” (8.2.-6.d ábra). „A 180–200 éves bükkök által uralt összeroppanási szakaszban jelentős mennyiségben találhatóak öreg, odvas fák, törzstörött matuzsálemek, és a kidőlt fák helyben maradványok maradnak el. Ezek együttesen különleges élőhelyeket kínálnak az állatvilág legkülönbözőbb fajainak” (8.2.-7. ábra). A 8.2.-6.d ábrán bemutatott szállaló állapot eloszlásának grafikonja megegyezik a teljes őserdőterületre kapott összesített átmérőeloszlás lefutásával (8.2.-5. ábra), amely arra utal, hogy a felújulás, a növekedés és öngyűrűlés, valamint az öregedés, elhalás egyszerre kis léptékben is megvalósul. Ez a legváltozatosabb erdőszerkezet, amelynek a kis erdőcikluson belül minden más fejlődési szakasszal is közvetlen átalakulási lehetősége áll fenn.

A bemutatott eredmények a gazdálkodás alatt álló vagy felhagyott hazai bükkösök állomány-szerkezetének értékeléséhez hiteles referenciaként szolgálnak, amelyek az őserdő két, kis-



8.2.-7. ábra. Összeroppanásban lévő folt. A lékben már a felújulás is előrehaladott, de még egy újabb óriás bükk bedőlése tágítja a léket (Fotó: Horváth Ferenc)

mértékben eltérő állapotáról tanúskodnak. Az őserdőmaradvány léptékű változásokban látszanak tendenciák, ugyanakkor a finom léptékű erdőfejlődési állapotok változatossága a természetes foltdinamika (Watt 1947; van der Maarel 1996) mintázatát mutatja. Az öregedési-összeroppanási fejlődési fázisban lévő foltok mellett például nagy számban található felújulási-gyarapodási vagy optimális állapotot mutató foltok is. Feltételezzük, hogy hosszabb távon, az erdőrezervátum léptékében ezek a foltdinamikai mozgások egymást részben és időszakosan kiegyenlítik. Mivel ez egy viszonylag kis terület, várható, hogy az időszakos át-, majd visszarendeződések eredője a fejlődési fázisok arányának további hullámzása lesz.

Az eddigi és a további hosszú távú vizsgálatok felmérési adatainak részletesebb elemzése pontosabb betekintést nyújt majd a bükkösök természetes dinamikájába, valamint a bükk populációs viselkedésébe.

Irodalom

1996. évi LIII. törvény A természet védelméről. – Magyar Közlöny, 1996/53: 3305–3325.
- Agócs J. 1990: Természetes ökoszisztémák hálózatának kialakítása Magyarországon. – A Helyzet 2(3): 10–13.
- Bartha D. & Esztó P. 2002: Az erdőrezervátumok bemutatása az országos erdőállomány-adattár alapján. In: Horváth & Borhidi (szerk.): A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. – TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, pp. 60–82.
- Bidló A., Kovács G. & Forró E. 2002: Termőhelyi vizsgálatok. In: Horváth F. & Borhidi A. (szerk.): A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. – TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, pp. 157–174.
- Bidló A., Heil B. & Kovács G. 2005: Állományfelvételi lapok Kékes-Észak erdőrezervátum (ER-56) területére. I–III. kötet (1–208. pontig). – Kézirat, ER Archívum, Sopron–Vácrátót.
- Bölöni J., Molnár Zs. & Kun A. (szerk.) 2011: Magyarország élőhelyei. Vegetációtípusok leírása és határozoja – ÁNÉR 2011. – MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót.
- Buchwald E. 2005: A hierarchical terminology for more or less natural forests in relation to sustainable management and biodiversity conservation. In: Third Expert Meeting on Harmonizing Forest-related Definitions, Rome, pp. 11–19.
- Büttner Gy., Maucha G., Bíró M., Kosztra B., Pataki R. & Petri O. 2004: National Land Cover database at scale 1:50.000 in Hungary. – EARSeL eProceedings 3: 323–330.
- Christensen M., Emborg J. & Nielsen A. B. 2007: The forest cycle of Suserup Skov – revisited and revised. – Ecological Bulletin 52: 33–42.
- Christensen M., Hahn K., Mountford E.P., Ódor P., Standovář T., Rozenberger D., Diaci J., Wijdeven S., Meyer P., Winter S. & Vrska T. 2005: Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. – Forest Ecology and Management 210: 267–282.
- Czajlik P. & Horváth F. 2021: Egy őserdőfragmentum fennmaradása. – Erdészeti Lapok 156(1): 3–5.
- Czajlik P. 2002: Főbb faállomány-szerkezeti típusok. In: Horváth F. & Borhidi A. (szerk.): A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. – TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, pp. 126–132.
- Czajlik P. 2009: Kékes-Észak erdőrezervátum és térségének története: egy őserdőfragmentum fennmaradása. – ER 3: 7–94.
- Czajlik P. 1989: Vándortábortól az „őserdő” rezervátumig. – Soproni Egyetem 36(1): 36–39.
- Horváth F. & Borhidi A. (szerk.) 2002: A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. – TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, 289 pp.
- Horváth F. 2011: Az újulati és cserjeszint felmérésének ajánlott módszere az ERDŐ+h+á+l+ó mintavételi pontjaiban (MVP ÚJCS). – Kézirat, MTA ÖK ÖBI, Vácrátót.
- Horváth F. 2012: Módszertani fejlesztések az erdőrezervátumok hosszú távú faállomány-szerkezeti kutatásához. – Doktori értekezés, Sopron, pp. 48–60.
- Horváth F., Bidló A., Heil B., Király G., Kovács G., Mányoki G., Mázsa K., Tanács E., Veperdi G. & Bölöni J. 2012: Abandonment status and long-term monitoring of strict forest reserves in the Pannonian biogeographical region. – Plant Biosystems 146: 189–200.
- Horváth F., Demeter L. & Mázsa K. 2020: Az erdőrezervátum-eszme története. – Erdészeti Lapok 155(10): 304–306.
- Horváth F., Mányoki G., Szegleti Zs., Vig T., Bíró A. & Bakó G. 2021: Kékes Erdőrezervátum, képek az őserdőről. – ER Füzetek 4., Ökológiai Kutatóközpont, Budapest, 16 pp.
- Horváth F., Bakó G., Bidló A., Bíró A., Csicsék G., Kovács G., Mányoki G., Molnár Cs., Papp M., Szegleti Zs., Vig Á., Vig T. & Bölöni J. 2024: A Kékes Erdőrezervátum őserdő-maradványának 2021/2023-as újrafelmérésének eredményei. – Kutatási jelentés. HUN-REN ÖK Ökológiai és Botanikai Intézet, Vácrátót.

- Kaán K. 1932: Természetvédelem és a természeti emlékek. – Királyi Magyar Természettudományi Társulat, Budapest, 314 pp.
- Kolozs L. & Veperdi G. 2012: Élőfakészlet- és növedékmeghatározás a szálaló, illetve átalakító üzemmódú erdőkben egyváltozós fatérfogatfüggvény alkalmazásával. – Erdészettudományi Közlemények 2(1): 21–34.
- Korpeľ, Š. 1995: Die Urwälder der Westkarpaten. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart–Jena–New York, 310 pp.
- Kovács G., Heil B., Illés G. & Bidló A. 2007: Soproni Hidegvíz-völgy Erdőrezervátum talajviszonyai és ökológiai jellemzése. – Talajvédelem (különszám): 216–223.
- Král, K., Vrska T., Hort L., Adam D. & Samonil P. 2010: Developmental phases in a temperate natural spruce-fir-beech forest: determination by supervised classification method. – European Journal of Forest Researches 129: 339–351.
- Leibundgut H. 1959: Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. – Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 110: 111–124.
- Mátyás Cs. 1993: Erdőrezervátum: új koncepció tör utat. – Erdészeti Lapok 128(1): 13.
- Ódor P., Bölöni J. & Standovár T. 2009: Felvételezési protokoll az aljnövényzet mintavételére az erdőrezervátum hosszú távú vizsgálatsorozat (HTV) keretében. – Kézirat, Vácrátót, ER Archívum.
- Pató Zs. A., Standovár T., Gaľka M., Jakab G., Molnár M., Szmorad F. & Magyari E. 2020: Exposure matters: forest dynamics reveal an early Holocene conifer refugium on a north facing slope in Central Europe. – The Holocene 30: 1833–1848.
- Sabatini F.M., Burrascano S., Keeton W.S. et al. 2018: Where are Europe's last primary forests? – Diversity and Distributions 24(10): 1426–1439.
- Standovár T., Horváth S. & Aszalós R. 2017a: Temporal changes in vegetation of a virgin beech woodland remnant: stand-scale stability with intensive fine-scale dynamics governed by stand dynamic events. – Nature Conservation 17: 35–56.
- Standovár T., Szmorad F., Kelemen K. & Kenderes K. 2017b: Az erdőállapot-felmérés eredményei. – Rosalia 9: 189–440.
- Standovár T. & Kenderes K. 2003: A review on natural stand dynamics in beechwoods of East Central Europe. – Applied Ecology and Environmental Research 1(1–2): 19–46.
- Szegleti Zs. 2023: Természetes öreg erdők erdődinamikai értékelése a klimatikus kitettség szempontjából. – Doktori értekezés, MATE Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő, 113 pp.
- Temesi G. 1993: Erdőrezervátumok kijelölése és fenntartása (a KTM Természetvédelmi Hivatalának kutatási programja). – Erdészeti Lapok 128(5): 146.
- van der Maarel E. 1996: Pattern and Process in the Plant Community: Fifty Years after A.S. Watt. – Journal of Vegetation Science 7(1): 19–28.
- van Wagner C. E. 1968: The line intersect method in forest fuel sampling. – Forest Science 14: 20–26.
- Vandekerkhove K., Keersmaecker L.D., Menke N., Meyer P. & Verschelde P. 2009: When nature takes over from man: Dead wood accumulation in previously managed oak and beech woodlands in North-western and Central Europe. – Forest Ecology and Management 258(4): 425–435.
- Vandekerkhove K. et al. 2018: Very large trees in a lowland old-growth beech (*Fagus sylvatica* L.) forest: Density, size, growth and spatial patterns in comparison to reference sites in Europe. – Forest Ecology and Management 417: 1–17.
- Watt A. S. 1947: Pattern and process in the plant community. – Journal of Ecology 35: 1–22.
- Westphal C., Tremer N., Oheimb G. von, Hansen J., Gadow K. von & Härdtle W. 2006: Is the reverse J-shaped diameter distribution universally applicable in European virgin beech forests? – Forest Ecology and Management 223:75–83.

URL1: erdorezervatum.hu/erdorezervatumok

URL2: erdorezervatum.hu/ER_HTV_modszertan

URL3: erdorezervatum.hu/Bukkosok_kutatottsaga_reszletesen

URL4: erdorezervatum.hu/ER_Archivum

8.3. A hazai bükkösök természetessége és a természetvédelmi oltalom összefüggései

Standovár Tibor

A természetvédelmi tevékenységet meghatározó ökológiai tudás, az életközösségek működéséről alkotott kép az elmúlt mintegy száz évben sokat változott (Standovár & Primack 2001). Napjainkra általánosan elfogadott megközelítés, hogy a természetes működés, mint minta alkalmazása a természetmegőrzés egyik legcélravezetőbb eszköze. E megközelítés azon az előfeltevésen alapul, hogy minél jobban hasonlít az erdőgazdálkodás a természetes mintákhoz és folyamatokhoz, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy a biológiai sokféleség megmarad. A modern természetvédelmi tevékenység is hasonló elveken alapul. Ez azért van így, mert a biológiai sokféleség a helyi körülmények, a természetes bolygatások és a rendelkezésre álló fajkészlet „összjátékának” az eredménye. A természetes bolygatás paradigmáját az egy-egy kiemelt védett fajra koncentráló védelmi megközelítés gyengéseire válaszul fejlesztették ki. A hipotézis szerint a fajok alkalmazkodnak a bolygatási rendszerekhez, és feltételezhetjük, hogy minél jobban utánozzuk a helyi természetes bolygatás mintákat, az eredeti fajkészlet, és az egyes fajok állományai annál nagyobb valószínűséggel maradnak fenn. A bolygatás térbeli kiterjedése határozza meg a keletkezett lécek vagy foltok méretét, a bolygatás intenzitása pedig a fennmaradó struktúrákat. A nagy kiterjedésű egykorú állományok kialakulásának az intenzív nagy területet érintő bolygatások (pl. extrém szélvihar, intenzív tűz) kedveznek, míg a vegyes korú állományok a lék- és folt-típusú zavarásokból származnak. Az egyes tájakra tartósan jellemző tulajdonságok (pl. éghajlat, geológia, domborzat, talaj) döntő fontosságúak egy terület uralkodó bolygatás típusának és mintázatának meghatározásában. Mindez a gyakorlatban azt jelenti, hogy „az erdei ökoszisztémák manipulációjának a tájra a kiterjedt emberi beavatkozást megelőzően jellemző természetes bolygatási minták által meghatározott határokon belül kell működnie” (Hunter 1999).

A természetes bolygatás paradigmája mögött álló fő feltételezés az, hogy az őshonos fajok a természetes bolygatás körülményei között fejlődtek ki és maradtak fenn. Ezért a kellően hasonló feltételek fenntartása a legjobb mód az adott ökoszisztémák fajainak megőrzésére.

Közép-Európa bükköseinek természetes bolygatási rendszeréről, s az általa kialakított erdőképről a »8.4. Az erdei biodiverzitás-megőrzés gyakorlati lehetőségei bükkösökben« fejezet ad további tájékoztatást.

A sikeres természetvédelmi tevékenység elengedhetetlen eleme a kezelések hatásának biológiai szempontú értékelése, más szóval a természetvédelmi tevékenység hatékonyságának monitorozása. Hazai bükköseink vonatkozásában ilyen célzott elemzés még nem készült. Ezért az alábbiakban az erdőtermészetesség »8.1. A hazai bükkösök természetességi állapota« fejezetben ismertetett vizsgálati módszerei közül többet felhasználva azt elemezzük, hogy az eltérő védettségi státusszal rendelkező bükkösök eltérnek-e természetességi állapotukat illetően. Azt is megvizsgáljuk, hogy mely természetességi kritériumokban és/vagy indikátorokban mutatkoznak meg e különbségek. Másképp fogalmazva a természetvédelmi oltalom hatékonyságát vesszük górcső alá.

Az elsődleges rendeltetés és a természetesség összefüggései a TERMERD-projekt adatai alapján

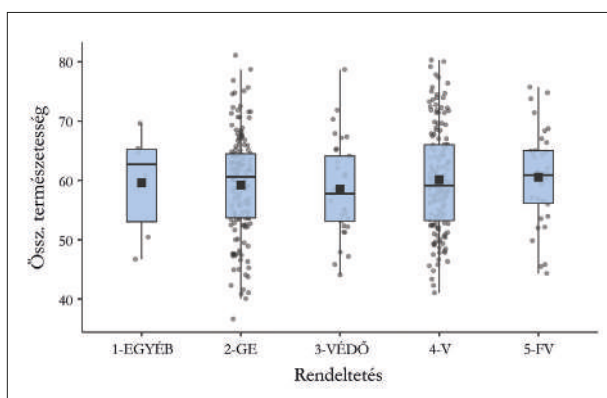
A TERMERD-projekt (A magyarországi erdők természetességének vizsgálata) adatai közül az alábbi elemzésekhez a felső szinttel rendelkező természetes és átmeneti bükkösök (összesen 378 erdőrészlet) adatait használtuk fel. A természetvédelmi oltalom szintjének meghatározásához az Országos Erdőállomány Adattárból (OEA) vett elsődleges rendeltetés adatot használtuk. Az átlagos összesített természetesség értékekben alig van különbség a rendeltetés szerint, az országos átlag $\pm 1\%$ tartományon belül van az összes érték (8.3.-1. táblázat).

8.3.-1. táblázat. A bükkösök faállományra vonatkozó és összesített természetességi átlagértékei elsődleges rendeltetés szerinti bontásban

Elsődleges rendeltetés	Faállomány összetétel	Faállomány szerkezet	Összesített természetesség
Faanyagtermelő (157 db)	69,1	37,8	59,2
Védő erdők (33 db)	74,0	36,7	58,6
Természetvédelmi: védett (148 db)	71,9	38,8	60,1
Természetvédelmi: fokozottan védett (34 db)	72,2	41,8	60,5
Egyéb (6 db)	76,1	35,2	59,6
Országos összes (378 db)	71,0	38,4	59,6

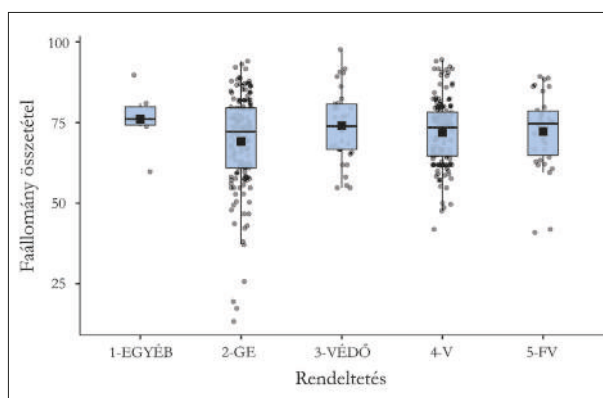
A rendkívül halványan kirajzolódó trend (misperint a faanyagtermelő – védett – fokozottan védett irányban növekszik az összesített természetesség) szignifikanciáját Kruskal-Wallis teszttel és páronkénti Dwass-Steel-Crichtlow-Fligner (DSCF) posthoc teszttel vizsgáltuk. Az elemzéseket Jamovi program segítségével végeztük (Jamovi 2024). Az eredmények szerint nincs szignifikáns kapcsolat az elsődleges rendeltetés és az összesített természetességi érték között ($\chi^2=4,57$; $p=0,335$; 8.3.-1. ábra), egyetlen páronkénti összehasonlítás sem adott szignifikáns eredményt.

Az országosan jellemző képhez hasonlóan a vizsgált bükkösökre is igaz, hogy a faállomány összetétel természetessége meghaladta a faállomány szerkezetét. Az ezekre a természetességi kritériumokra elvégzett statisztikai elemzések eredményei szerint sem a faállomány összetétel ($\chi^2=6,23$; $p=0,183$; 8.3.-2. ábra), sem a faállomány szerkezet ($\chi^2=6,23$; $p=0,183$; 8.3.-3. ábra) természetessége nem mutat szignifikáns különbséget az egyes rendeltetések között, s ezekben az esetekben sem adott szignifikáns eredményt egyetlen páronkénti összehasonlítás sem.



8.3.-1. ábra. Bükkösök összesített természetessége rendeltetésenként a TERMERD felmérés alapján. A boxplot a mediánt: —, az átlagot ■, a felső és alsó kvartilist (kék téglalap), tartományt |, valamint a pontfelhőt mutatja.

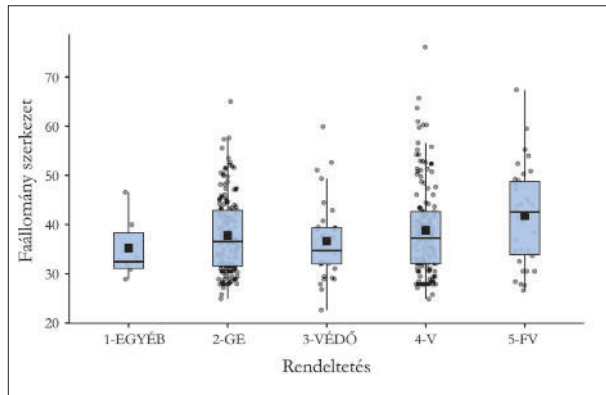
(Rendeltetések: 1 - Egyéb; 2 - GE (faanyagtermelést szolgáló gazdasági erdő); 3 - Védő erdők; 4 - Védett; 5 - Fokozottan védett)



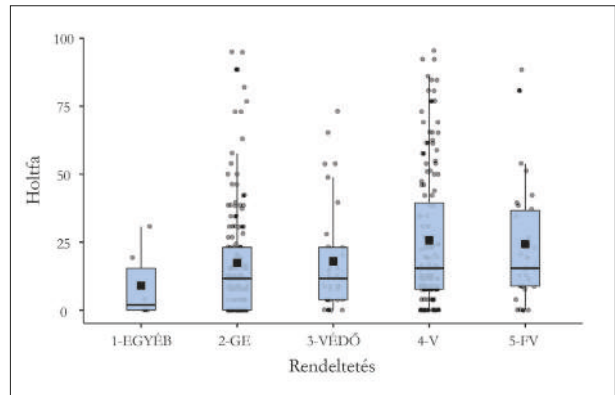
8.3.-2. ábra. Bükkösök faállomány összetételének természetessége rendeltetésenként a TERMERD felmérés alapján. A boxplot a mediánt: —, az átlagot ■, a felső és alsó kvartilist (kék téglalap), tartományt |, valamint a pontfelhőt mutatja.

(Rendeltetések: 1 - Egyéb; 2 - GE (faanyagtermelést szolgáló gazdasági erdő); 3 - Védő erdők; 4 - Védett; 5 - Fokozottan védett)

Ha viszont elemzésünket a biológiai értékek megőrzése szempontjából (is) kiemelt jelentőségű holtfa ellátottság kritériumra fókuszáljuk, azt tapasztaljuk, hogy szignifikáns hatása van a rendeltetésnek ($\chi^2=16,9$; $p=0,002$; 8.3.-4. ábra).



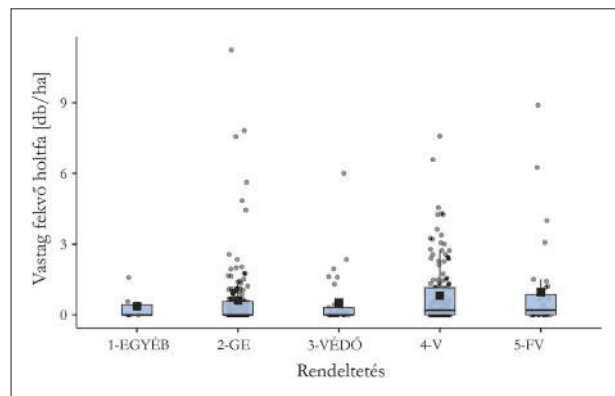
8.3.-3. ábra. Bükkösök faállomány szerkezetének természetessége rendeltetésenként a TERMERD felmérés alapján. A boxplot a mediánt: —, az átlagot ■, a felső és alsó kvartilist (kék téglalap), tartományt |, valamint a pontfelhőt mutatja.
(Rendeltetések: 1 - Egyéb; 2 - GE (faanyagtermelést szolgáló gazdasági erdő); 3 - Védő erdők; 4 - Védett; 5 - Fokozottan védett)



8.3.-4. ábra. Bükkösök holtfa ellátottság alapján számolt természetessége rendeltetésenként a TERMERD felmérés alapján. A boxplot a mediánt: —, az átlagot ■, a felső és alsó kvartilist (kék téglalap), tartományt |, valamint a pontfelhőt mutatja.
(Rendeltetések: 1 - Egyéb; 2 - GE (faanyagtermelést szolgáló gazdasági erdő); 3 - Védő erdők; 4 - Védett; 5 - Fokozottan védett)

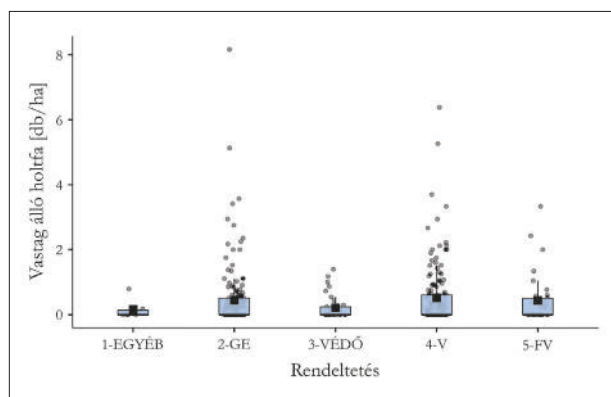
A páronkénti összehasonlítások alapján szignifikáns különbséget ($W=5,0045$; $p=0,004$) a faanyagtermelő és a védett erdők között mutattunk ki, a védett erdőkben az átlagos természetességi érték 25,6, míg a faanyagtermelő erdőkben 17,3 volt. A különbség ellenére fontos hangsúlyozni, hogy mindkét érték rendkívül alacsony (0–100 tartományból).

A TERMERD alapú értékelés nagy előnye, hogy az összesített természetesség, illetve a kiemelt 11 természetességi kritérium elemzésén felül lehetőség van egyes indikátorok szintjén is vizsgálni. Ezt illusztrálандó nézzük meg részletesen, hogy a holtfa ellátottság természetességi kritériumon belül tapasztalt különbségeket mi is okozta. Biológiai szempontból kiemelt jelentősége van a vastag álló- és fekvő holtfa jelenlétének, mennyiségének. A TERMERD felmérés külön indikátorral jellemezte e fontos szerkezeti elemeket. A földön fekvő vastag (átmérő > 30 cm), legalább 1 m hosszúságú fekvő holt fatörzsek hektáronkénti száma alapján összességében nem mutatkozik különbség az egyes rendeltetések között ($\chi^2=4,43$; $p=0,351$; 8.3.-5. ábra), s hasonlóképp egyetlen szignifikáns páronkénti különbséget se találtunk. Hasonló eredményt kaptunk a vastag (átmérő > 30 cm) álló holtfák hektáronkénti darabszámát elemezve is ($\chi^2=3,78$; $p=0,437$; 8.3.-6. ábra). Mindez arra utal, hogy ugyan a védett erdők a holtfában való ellátottsága alapján számolt természetesség szempontjából kicsit kedvezőbb helyzetben vannak a



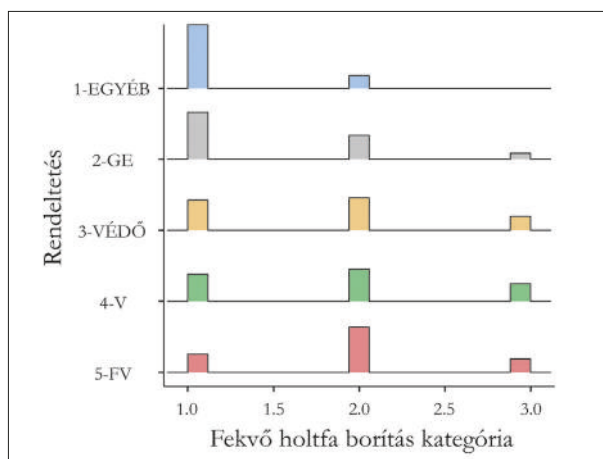
8.3.-5. ábra. Bükkösök vastag fekvő holtfa ellátottsága (db/ha) rendeltetésenként a TERMERD felmérés alapján. A boxplot a mediánt: —, az átlagot ■, a felső és alsó kvartilist (kék téglalap), tartományt |, valamint a pontfelhőt mutatja.
(Rendeltetések: 1 - Egyéb; 2 - GE (faanyagtermelést szolgáló gazdasági erdő); 3 - Védő erdők; 4 - Védett; 5 - Fokozottan védett)

faanyagtermelést szolgáló erdőkhöz képest, de a különbséget alapvetően nem a kiemelt szerepű szerkezeti elemekben való nagyobb gazdagság okozta. A természetvédelmi oltalom alatt álló erdők a földön fekvő holt faanyag borítása alapján voltak jobb természetességűek. Ennek az indikátornak az elemzése szignifikáns különbséget talált ($\chi^2=34,4$; $p<0,001$; 8.3.-7. ábra), amit alapvetően a faanyagtermelő és a védett erdők ($W=7,007$; $p<0,001$), illetve a faanyagtermelő és fokozottan védett erdők között talált páronkénti különbségek ($W=5,611$; $p<0,001$) okoztak.



8.3.-6. ábra. Bükkösök álló vastag holtfa ellátottsága (db/ha) rendeltetésenként a TERMERD felmérés alapján. A boxplot a mediánt: —, az átlagot ■, a felső és alsó kvartilist (kék téglalap), tartományt |, valamint a pontfelhőt mutatja.

(Rendeltetések: 1 - Egyéb; 2 - GE (faanyagtermelést szolgáló gazdasági erdő); 3 - Védő erdők; 4 - Védett; 5 - Fokozottan védett)



8.3.-7. ábra. Fekvő holtfa borítás kategóriák (1: <1%; 2: 1–5%; 3: >5%) relatív gyakorisága rendeltetésenként a TERMERD felmérés alapján.

(Rendeltetések: 1 - Egyéb; 2 - GE (faanyagtermelést szolgáló gazdasági erdő); 3 - Védő erdők; 4 - Védett; 5 - Fokozottan védett)

A védettségi státusz és a természetesség összefüggései a NÖSZTÉP-projekt adatai alapján

Amint azt a »8.1. fejezetben« láthattuk, a TERMERD projekt konkrét terepi adatgyűjtésén, de viszonylag kis mintán alapuló elemzésre nyújt lehetőséget. Ezzel szemben az OEA adatain alapuló NÖSZTÉP (Nemzeti ökoszisztéma szolgáltatás-térképezés és értékelés) állapotelemzés (Tanács & Standovár 2021) teljes területi lefedést biztosít. Ennek természetesen „ára van”, vagyis az értékelés csak annyira lehet pontos és érzékeny az erdőtermészetességre, amennyire azt az adatok tematikai gazdagsága és felbontása lehetővé teszik. Az adatok a fontos erdőtermészetességi kritériumok közül csak néhány elemzését teszik lehetővé. A legrészletesebb adatok a faállomány összetételéről állnak rendelkezésre, de lehetőség volt a faállomány szerkezetének értékelésére is a fafajсорos adatok kor és átmérő adatainak felhasználásával. Előbbit 5, utóbbit (cserjeszinttel együtt) 7 indikátor segítségével jellemeztük (lásd a »8.1. fejezetben«). Az elérhető maximális pontszám a faállomány összetétel esetében 13, a faállomány szerkezet esetében is 13. Az összesített pontszám ($1,5 \cdot \text{összetétel} + \text{szerkezet}$) maximuma 32,5.

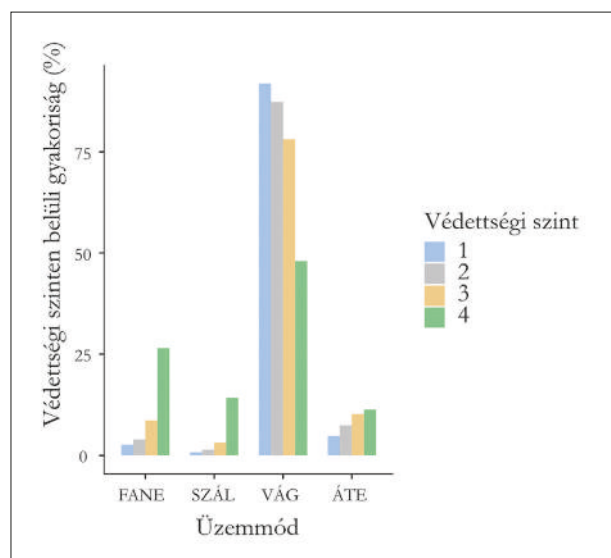
Az elemzés az OEA 2015-ös adatainak felhasználásával készült. Összesen 24 312 olyan erdőrészlet volt, aminek vagy az adattári faállomány főtípusa, vagy a NÖSZTÉP besorolása „bükkösök” kategóriába történt. Mindegyikhez hozzárendeltük a védettségi státuszt a 8.3-2. táblázatban bemutatott kategóriákat használva.

8.3.-2. táblázat. Az elemzésbe vont bükkösök megoszlása a védettségi kategóriák között

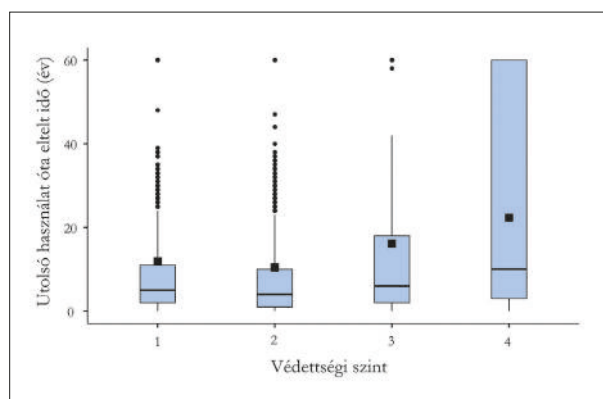
	Védettségi kategória	Erdőrészek száma (db)	Terület (ha)
1	nem védett, nem Natura 2000-es	5 085	32 264 ha
2	nem védett Natura 2000-es	5 385	36 925 ha
3	védett	11 557	69 002 ha
4	fokozottan védett	2 285	14 421 ha

A fent szereplő összesen 24 312 erdőrészlet között 786 olyan részlet van, ahol nincs felsőszint, ezekre nem készült NÖSZTÉP állapotértékelés. Mielőtt a védettségi státusz és a NÖSZTÉP állapotértékelés szerinti jószág összefüggéseit vizsgálnánk, röviden érdemes ránézni, hogy mennyiben különböznek az egyes védettségi kategóriák erdei az üzem módok, a korok, az utolsó használat ideje szempontjából.

Az elvégzett χ^2 -próba szerint az üzem módok megoszlása nem véletlenszerű a védettségi kategóriák között ($\chi^2=2849$; $p<0,001$). A véletlenszerű megoszlás esetén a várhoz képest a fokozottan védett kategóriában sokkal nagyobb a faanyagtermelést nem szolgáló (FANE) és szálaló/örökerdő (SZÁL) üzem módok aránya, míg a nem védett, nem Natura 2000-es 1-es típusban pont fordított arányok a jellemzőek. Az elvárt trendek ellenére érdemes azért hangsúlyozni, hogy a védett (3) és fokozottan védett (4) kategóriába sorolt erdőrészleteket 78,1% és 48,0%-át ekkor (2015) még vágásos üzem módban kezelték (8.3.-8. ábra).



8.3.-8. ábra. Üzem módok relatív gyakorisága védettségi szintenként a NÖSZTÉP elemzésben használt 24 321 bükkös erdőrészlet esetében. Védettségi szint: 1: nem védett nem Natura 2000; 2: csak Natura 2000 védettség; 3: védett; 4: fokozottan védett. Üzem mód: FANE: faanyagtermelést nem szolgáló; SZÁL: szálaló/örökerdő; VÁG: vágásos; ÁTE: átmeneti)



8.3.-9. ábra. Utolsó fahasználat évének megoszlása védettségi szintenként a NÖSZTÉP elemzésben használt 24 321 bükkös erdőrészlet esetében. A boxplot a mediánt: —, az átlagot ■, a felső és alsó kvartilist (kék téglalap), tartományt |, valamint a szélsőséges értékeket mutatja. Védettségi szint: 1: nem védett nem Natura 2000; 2: csak Natura 2000 védettség; 3: védett; 4: fokozottan védett

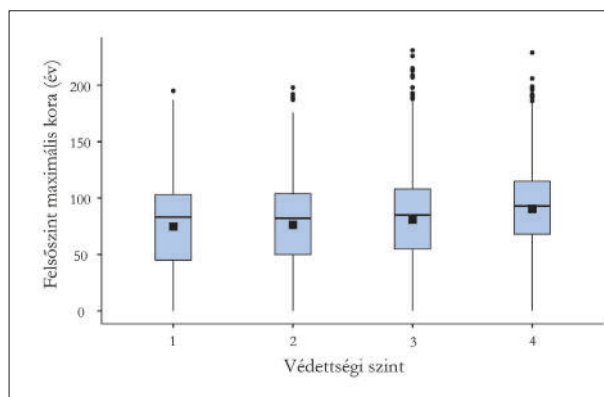
összefüggést mutatott ki (8.3-9. ábra). Az utolsó használat óta átlagosan eltelt idő a csak Natura 2000 védelemmel rendelkező erdők 10,4 évtől a fokozottan védettek 22,4 évéig terjed, de ez utóbbi érték is rendkívül alacsony a domináns fafajok élettartamához, valamint az erdőben zajló folyamatok időigényéhez képest.

Mivel a természetességi állapotot javító szerkezeti elemek megjelenése/mennyisége korfüggő, megvizsgáltuk az egyes védettségi kategóriába tartozó erdőrészletek felsőszintjének kormegoszlását is. A felsőszint

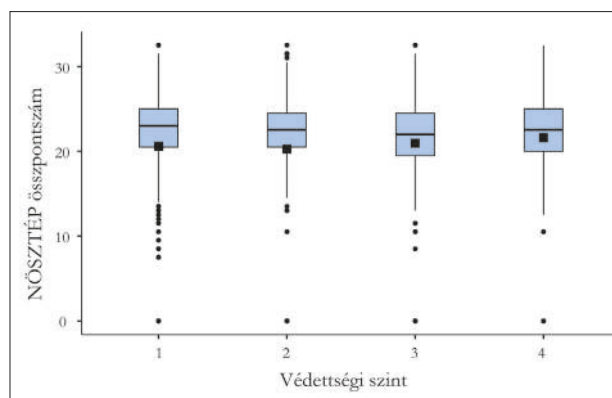
maximális kora és a védettségi kategóriák kapcsolatát vizsgáló Kruskal-Wallis teszt ($\chi^2=230$; $p<0,001$) és az összes páronkénti összehasonlítás is $p<0,001$ szignifikancia szinten összefüggést mutatott ki egyetlen kivétellel: a nem védett és a csak Natura 2000 védelemmel rendelkező erdők között ebből a szempontból nincs szignifikáns különbség, a többi típus esetén is az átlagos kor 74,6 és 90,4 év között változott (8.3.-10. ábra).

Ezek után nézzük a NÖSZTÉP természetességi értékelés eredményeit. Az összesített természetességi érték (maximum 32,5) és a védettségi kategóriák között szignifikáns összefüggést mutatott ki a Kruskal-Wallis teszt ($\chi^2=61,5$; $p<0,001$). A páronkénti összehasonlítás érdekes módon a nem védett és a fokozottan védett ($W=-0,813$; $p=0,94$), valamint a csak Natura 2000 védett és a sima védett erdők értékei között ($W=-1,723$; $p=0,615$) nem talált szignifikáns különbséget (8.3.-11. ábra). Az ábrán szereplő 0 értékeket a felsőszinttel nem rendelkező, valamint a „felújítás alatt” kategóriába sorolt, ezért nem értékelt erdőrésztetek kapták. Ilyen erdőrésztetek a nem védett és csak Natura 2000-es védettségű bükkösök között nagyobb arányban szerepelnek, mert a vágásos üzem mód nagyobb aránya miatt ezekben gyakoribb a pusztavágás, a csak felújulási szinttel rendelkező és a „felújítás alatt” minősítést kapott erdőrésztetek száma.

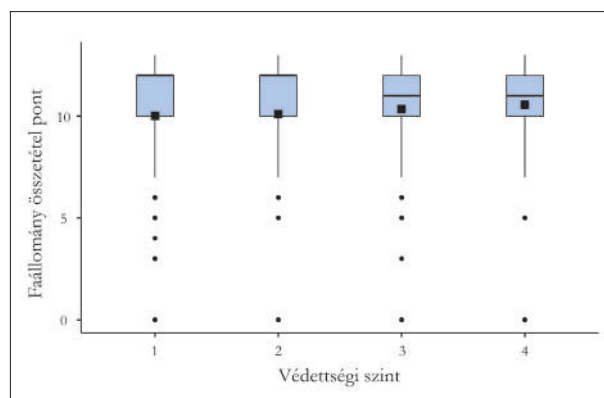
A faállomány összetétel természetessége alapján számított érték és a védettségi kategóriák között szignifikáns összefüggést mutatott ki a Kruskal-Wallis teszt ($\chi^2=56,2$; $p<0,001$; 8.3-12. ábra). A páronkénti összehasonlítás az összesített pontszámhoz hasonlóan a nem védett és a fokozottan védett értékei között nem talált szignifikáns különbséget ($W=-3,07$; $p=0,94$). Szintén nem különböznek szignifikánsan a nem védett és a csak Natura 2000-es védett ($W=-1,71$; $p=0,621$), valamint a sima védett és fokozottan védett erdők értékei között ($W=-2,03$; $p=0,476$).



8.3.-10. ábra. Felsőszint maximális korának megoszlása a NÖSZTÉP elemzésben használt 24 321 bükkös erdőrésztet esetében. A boxplot a mediánt: —, az átlagot ■, a felső és alsó kvartilist (kék téglalap), tartományt |, valamint a szélsőséges értékeket mutatja. Védettségi szint: 1: nem védett nem Natura 2000; 2: csak Natura 2000 védettség; 3: védett; 4: fokozottan védett



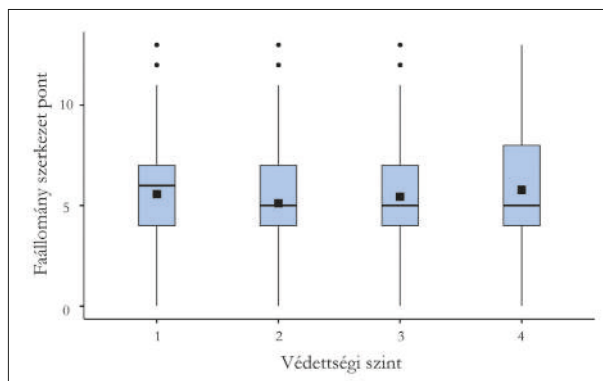
8.3.-11. ábra. Összesített természetességi érték megoszlása az egyes védettségi kategóriákban a NÖSZTÉP elemzésben használt 24 321 bükkös erdőrésztet esetében. A boxplot a mediánt: —, az átlagot ■, a felső és alsó kvartilist (kék téglalap), tartományt |, valamint a szélsőséges értékeket mutatja. Védettségi szint: 1: nem védett nem Natura 2000; 2: csak Natura 2000 védettség; 3: védett; 4: fokozottan védett



8.3.-12. ábra. Faállomány összetétel természetességi érték megoszlása az egyes védettségi kategóriákban a NÖSZTÉP elemzésben használt 24 321 bükkös erdőrésztet esetében. A boxplot a mediánt: —, az átlagot ■, a felső- és alsó kvartilist (kék téglalap), tartományt |, valamint a szélsőséges értékeket mutatja. Védettségi szint: 1: nem védett nem Natura 2000; 2: csak Natura 2000 védettség; 3: védett; 4: fokozottan védett

Az erdők biodiverzitásának megőrzésében kulcsszerepet játszó szerkezeti változatossággal összefüggő faállomány szerkezet alapján számolt természetességi érték és a védettségi státusz között erősebb összefüggést kaptunk, mint a faállomány összetétel alapján számolt értékek esetén ($\chi^2=104$; $p<0,001$; 8.3-13. ábra). Érdekes módon az egyetlen nem szignifikáns páronkénti összehasonlítást ezúttal is a nem védett és a fokozottan védett erdők között adódott ($W=1,34$; $p=0,78$). Kiemelendő, hogy a TERMERD elemzésben kapott eredményekhez hasonlóan ebben az elemzésben is a bükkösök faállomány-összetétel alapján számolt természetessége sokkal magasabb, mint a faállomány-szerkezet alapján számolt.

A NÖSZTÉP elemzésben közvetlen holtfa adatok nem állnak rendelkezésre, így – feltételezve, hogy az idős és/vagy vastag fák jelenléte növeli a fontos szerkezeti elemek kialakulásának esélyét – érdemes megvizsgálni e változók viselkedését a védettségi kategóriák között. Mind a 100 évnél idősebb, mind az 50 cm átmérőnél vastagabb fák felsőszintű jelenlétét bináris módon (0, 1) használta az értékelés, mint indikátort. Az 50 centiméternél vastagabb fák jelenléte szempontjából a védettségi kategóriák között szignifikáns különbség van a Kruskal-Wallis teszt eredménye szerint ($\chi^2=71,1$; $p<0,001$). A páronkénti összehasonlítás alapján nincs szignifikáns különbség a nem védett és a csak Natura 2000 védettségű ($W=-0,0813$; $p=1,00$), valamint a sima védett és a fokozottan védett erdők értékei között ($W=1,9161$; $p=0,52894$). A szignifikáns különbségek teszt statisztikája mindenhol negatív előjelű, vagyis a nem védett és a csak Natura 2000-es védettségű erdőkben kicsit gyakoribb a vastag fa jelenléte, mint a sima- és fokozottan védettekben, ami feltehetőleg annak tudható be, hogy a jobb termőhelyeken álló nagy élőfakészletű bükkösök között kevesebb a védett és fokozottan védett státuszú. A 100 évnél idősebb fák jelenléte szempontjából is szignifikáns eredményt adott a Kruskal-Wallis teszt ($\chi^2=107$; $p<0,001$). Ebben az esetben a nem védett és csak Natura 2000 védettségű páros ($W=2,01$ $p=0,487$) kivételével minden páronkénti összehasonlítás szignifikáns eredményt adott. Az erősebb természetvédelmi oltalmat biztosító kategóriákban nagyobb volt a 100 év feletti fákat tartalmazó erdőrészek aránya, a legmagasabb érték (fokozottan védett erdők) 0,43 volt, míg a nem védett erdők esetében 0,311.



8.3.-13. ábra. Faállomány szerkezet természetességi érték megoszlása az egyes védettségi kategóriákban a NÖSZTÉP elemzésben használt 24 321 bükkös erdőrészet esetében. A boxplot a mediánt: —, az átlagot ■, a felső- és alsó kvartilist (kék téglalap), tartományt |, valamint a szélsőséges értékeket mutatja. Védettségi szint: 1: nem védett nem Natura 2000; 2: csak Natura 2000 védettség; 3: védett; 4: fokozottan védett

Természetességi komponensek a védett területek bükköseiben az SH-projekt adatai alapján

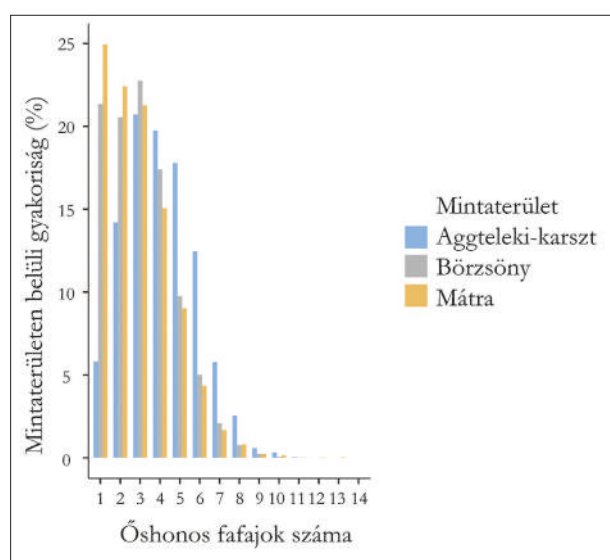
Amint a »8.1 fejezetben« bemutattuk, a Svájci–Magyar Együttműködési Program (SH- projekt) által támogatott „Erdei életközösségek védelmét megalapozó többcélú állapotértékelés a magyar Kárpátokban” című kutatási pályázat keretében összesen közel 60 000 mintavételi helyen vizsgáltuk 3 tájegység védett erdeinek természetességét. Az alkalmazott módszertan (Standovár et al. 2016, 2017a) számos, az erdők biodiverzitása szempontjából fontos, de pl. az OEA-ban nem szereplő változót rögzít. Ezért alkalmas arra, hogy egy-két ilyen változó felhasználásával megvizsgáljuk védett bükköseink jelenlegi állapotát. Részletes adatközlést, értékelést a projekt eredményeit közlő monográfiában lehet olvasni (Standovár et al. 2017b).

E helyütt csak néhány, a három vizsgált tájegység (Aggteleki-karszt, Börzsöny, Mátra) erdeinek természetességi állapotával összefüggő változó segítségével jellemezzük e bükkösöket.

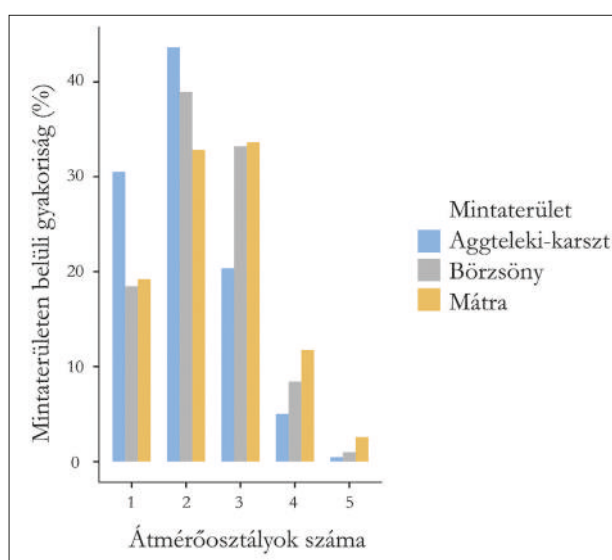
A vizsgálathoz 21 004 db, egyenként 500 m²-es mintavételi kör adatait használtuk. Az elemzésbe a faállomány összetétele alapján a NÖSZTÉP projekt ökoszisztéma típus besorolását (Kovács-Hostyánszki et al. 2022) követve „bükkösök” besorolást kapott mintakörök adatai szerepelnek. Először néhány, a NÖSZTÉP értékelésben is fontos összetétel- és szerkezetbeli, majd az ott nem szereplő, de biológiai szempontból fontos változó segítségével jellemezzük a vizsgált bükkösöket.

A faállomány-összetétel gazdagságának indikátorai közül az őshonos fajok számát jellemezzük. Amint a 8.3.-14. ábra mutatja, az Aggteleki-karszt bükkösei a leggazdagabbak, itt a legalacsonyabb az 1–2 fafajú állományok aránya, s a legmagasabb a 4 vagy több fafajt tartalmazó mintakörök aránya. A két vulkanikus alapkőzettel jellemezhető tájegység közül a Mátra bükkösei bizonyultak szegényebbnek, itt a mintakörök közel fele maximum 2 őshonos fafajt tartalmazott.

A faállomány szerkezeti gazdagságának jellemzésére e helyütt az átmérőosztályok számát használjuk. A felmérés során 5 átmérőosztályt alkalmaztunk: 0–8 cm; 9–20 cm; 21–35 cm; 36–50 cm; >50 cm. A 8.3.-15. ábrán jól látható, hogy e változó (méretosztályok átlagos száma 500 m²-enként) tekintetében a Börzsöny és főleg a Mátra bükkösei változatosabbak az Aggteleki-karszt bükköseinél.



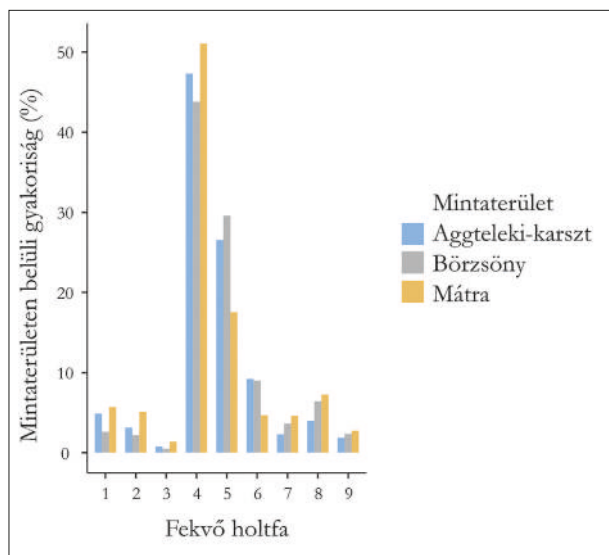
8.3.-14. ábra. Eltérő fafajszámú mintakörök relatív gyakorisága (%) az SH-projekt három tájegységének bükkösein 21 004 mintakör adatai alapján



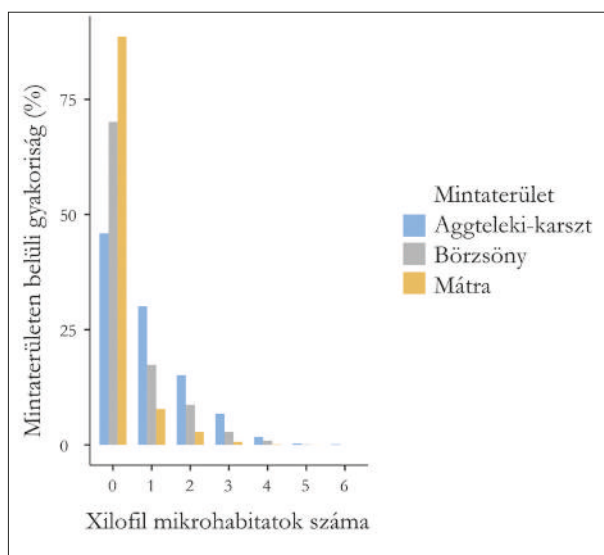
8.3.-15. ábra. Eltérő átmérőosztály gazdagságú mintakörök relatív gyakorisága (%) az SH-projekt három tájegységének bükkösein 21 004 mintakör adatai alapján

A fekvő holtfa kiemelt szerepe az erdők biodiverzitásának megőrzésében, tápanyag- és vízgazdálkodásában napjainkban már széles körben ismert és elismert (pl. Bobiec et al. 2005; Stokland et al. 2012; Ódor 2018). Gazdálkodás alatt álló erdeink holtfa ellátottsága érhető okokból messze elmarad a természetes erdőkben megfigyelttől (lásd még a »8.4. fejezetben«). Védett és fokozottan védett erdeinkben jóval nagyobb értékeket várhatunk el. A 8.3.-16. ábrán az SH-projekt keretében felmért bükkösökben becsült fekvő holtfa-jellemzők láthatók. Az 1–9 futó skála a holtfa mennyiségére és méreteloszlására is információt hordozó becslésen alapul a 8.3.-3. táblázat szerint.

A 8.3.-16. ábrán jól látszik, hogy a vizsgált védett és részben fokozottan védett bükkösökben a leggyakrabban becsült érték a 4-es volt, vagyis a vizsgált 21 004 mintakör közel felében igen kevés (8 m³/ha), valamennyi 8 cm feletti frakciót is tartalmazó fekvő holtfa van. Ugyanakkor a kiemelt fontosságú vastag holtfát tartalmazó plotok (7-8-9) együttes gyakorisága összességében 13,5% volt.



8.3-16. ábra. Eltérő fekvő holtfa ellátottságú mintakörök relatív gyakorisága (%) az SH-projekt három tájegységének bükköseiben 21 004 mintakör adatai alapján



8.3-17. ábra. Eltérő mikrohabitat gazdagságú mintakörök relatív gyakorisága (%) az SH-projekt három tájegységének bükköseiben 21 004 mintakör adatai alapján

8.3-3. táblázat. A fekvő holtfa vastagságát és mennyiségét együttesen leíró kategóriák (1–9)

Skála érték	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vastagság	≤ 8 cm			35 cm-ig			> 35 cm is		
Mennyiség (m ³ /ha)	1	3	6	3	8	15	8	20	50

A faállományhoz köthető mikrohabitatok mennyisége és változatossága kulcsszerepet játszik erdeink biodiverzitásában (lásd még a »8.4. fejezetben«). E kiemelt jelentőségű szerkezeti elemekről országos lefedésű adatokkal nem rendelkezünk. Az SH-projekt keretében 9 xilofil (holtfához kötődő élőlénycsoportok szempontjából kiemelkedő fontosságú) mikrohabitat jelenlétét mérték fel. Ezek a következők voltak: gyökértányér, üreges tő, hasadt törzs, tükör (tükörfolt), elváló kéreg, odú élőfán, odú holtfán, üreges törzs, holtfa élőfán. A 8.3-17. ábrán bemutatott eredmények szerint a felmérésben szereplő bükkösök kifejezetten szegények xilofil mikroélőhelyekben. Még a legkevésbé szegény aggteleki bükkös mintakörök 46%-án sem regisztráltak egyetlen xilofil mikrohabitatot sem. Három vagy több mikrohabitatot mindösszesen a felmért mintakörök 3,6%-a tartalmazott.

Kitekintés

A fenti adatforrások felhasználásával végzett elemzések egyértelműen azt mutatják, hogy a különböző szintű természetvédelmi oltalom alatt álló bükkösök természetességi állapota összességében nem különbözik érdemben az ilyen védettséget nem élvezőektől. E megállapítás interpretációja igen sokféle lehet, s e helyütt nem feladatunk részleteiben kifejteni a lehetséges értelmezéseket. Ehelyett annyit viszont érdemes hangsúlyozni, hogy jól azonosíthatók azok a természetességi – döntően szerkezeti – kritériumok, amelyek megfigyelt értékei nagyon alacsonyak. Ezek közül számos olyan van, amelyek szempontjából bükköseink természetességi állapota aktív, célzott beavatkozásokkal, illetve megőrzéssel viszonylag gyorsan javítható. E lehetőségekről a »8.4. fejezet« ad részletes ismertetést.

Másik fontos tanulság, hogy nagy szükség van olyan rendszeres adatgyűjtésre, ami lehetővé teszi az erdők természetességi állapotának az OEA-ban rögzített természetességi mutatónál érzékenyebb monitorozását. Az OEA adatokon alapuló NÖSZTÉP állapotértékelés ezt részben megteszi. Az SH-projekt sokkal gazdagabb tematikájú és térben finomabb felbontású adatainak felhasználásával elkészült a NÖSZTÉP állapotértékelés egyfajta validálása (Zoltán et al. 2023). E vizsgálat kimutatta, hogy a faállomány összetétellel kapcsolatos indikátorok esetében a NÖSZTÉP elemzés kellő pontossággal visszaadja a finomabb felbontású terepi adatokon alapuló elemzés eredményeit. Ugyanakkor a faállomány szerkezeti indikátorok esetében a két adatbázison alapuló pontozások jelentősen eltérő eredményre vezettek: az OEA adatokon alapuló NÖSZTÉP elemzés alábecsüli a részletesebb SH adatokon alapuló faállomány szerkezeti természetesség értékeit. Ennek hátterében elsősorban az SH-projekt adatgyűjtésének az a tulajdonsága áll, hogy az erdő-részlet léptéken belüli változatosság, s az éppen csak reprezentált vastagsági osztályok leírására is alkalmas. Ezen felül azt is kimutatta, hogy a NÖSZTÉP összesített pontérték szignifikáns pozitív kapcsolatban van több olyan biológiai szempontból releváns változóval, amit közvetlenül a NÖSZTÉP nem mérhet, mert az OEA nem tartalmaz erre vonatkozó adatot. Ilyen például az 50 cm átmérőt meghaladó holtfa jelenléte vagy a xilofil mikrohabitatok száma.

Míndezekből levonható az a következtetés, hogy az OEA és az adatszolgáltatást magas szinten és hosszú távon biztosító erdőtervezés fenntartása jó alapot ad(hat) a hazai erdők néhány természetességi kritérium szerinti állapotának monitorozására. Ugyanakkor az erdők természetvédelmi helyzetének, a természetmegőrzés érdekében tett intézkedések hatékonyságának monitorozásához szükséges a biodiverzitás megőrzése szempontjából releváns változókra is kiterjedő célzott monitoring üzemeltetése.

Irodalom

- Bobiec A., Gutowski J.M., Zub K., Pawlaczyk K. & Laudenslayer W.F. 2005: The afterlife of a tree. – WWF Poland, Warszawa, 252 pp.
- Hunter M.L. Jr. (ed.) 1999: Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems. – Cambridge University Press, Cambridge, 698 pp.
- Kovács-Hostyánszki A., Kisné Fodor L., Zsembery Z. & Tanács E. (szerk.) 2022: Hazai ökoszisztéma-szolgáltatások térképezése és értékelése. – Agrárminisztérium, Budapest, 379 pp.
- Ódor P. 2018: Az álló és fekvő holtfa. In: Szmorad F., Frank T. & Korda M. (szerk.): Erdőgazdálkodás és erdőkezelés Natura 2000 területeken. – Rosalia kézikönyvek 4., Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 137–155.
- Standovár T., Kelemen K., Szmorad F., Kovács B., Kenderes K. & Pataki Zs. 2017a: Az erdőállapot-felmérés módszertana. In: Standovár T., Bán M. & Kézdy P. (szerk.): Erdőállapot-értékelés középhegységi erdeinkben. – Rosalia 9., Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 109–187.
- Standovár T. & Primack R.B. 2001: A természetvédelmi biológia alapjai. – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 542 pp.
- Standovár T., Szmorad F., Kelemen K. & Kenderes K. 2017b: Az erdőállapot-felmérés eredményei. In: Standovár T., Bán M. & Kézdy P. (szerk.): Erdőállapot-értékelés középhegységi erdeinkben. – Rosalia 9., Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 189–439.
- Standovár T., Szmorad F., Kovács B., Kelemen K., Plattner M., Roth T. & Pataki Zs. 2016: A novel forest state assessment methodology to support conservation and forest management planning. – Community Ecology 17(2): 167–177.
- Stokland J.N., Siitonen J. & Jonsson B.G. 2012: Biodiversity in dead wood. – Cambridge University Press, Cambridge, 509 pp.
- Tanács E. & Standovár T. 2021: Erdők. In: Tanács E. & Kisné Fodor L. (szerk.): A hazai ökoszisztémák állapota: Az általános ökoszisztémaállapot-indikátorok országos térképezésének módszertana és eredményei. – Agrárminisztérium, Budapest, 121 pp.
- Zoltán L., Tanács E. & Standovár T. 2023: Validation and limitations of large-scale forest condition indicators – an example from Hungary. – Ecological Indicators 154: 110539.

Jamovi 2024: The jamovi project. *jamovi*. (Version 2.5) [Computer Software]. – <https://www.jamovi.org>.

8.4. Az erdei biodiverzitás-megőrzés gyakorlati lehetőségei kezelt bükkösökben

Frank Tamás és Aszalós Réka

A gazdálkodással érintett bükkösökben a biodiverzitás megőrzésnek legalapvetőbb, minimum elvárásaként fogalmazható meg az őshonos fafajkészlet, a jelenlegi szerkezeti változatosság és a meglévő élőhelyi elemek (a termőhely által meghatározott mikroélőhelyek, illetve a faállomány-szerkezethez és a faegyedekhez kapcsolódó mikroélőhelyek) megtartása. Ez azt jelenti, hogy még a homogénebb bükkösökben is – hasonlóan más erdőtípusokhoz – találhatunk olyan élőhelyi (pl. tőodvas bükkfa) és szerkezeti, vagy összetételi elemeket (pl. gyökértányérok, illetve elegyfajok egy-egy egyede), amelyek megtartása a biológiai sokféleség mutatóira kedvező hatást gyakorol (Szmorad & Frank 2014). Az élőhelyi, szerkezeti és kompozicionális elemeket megtartó szemléletű erdőgazdálkodás hazai gyakorlatával bükkösökben mindenekelőtt a védett természeti területeken található erdőkben, a faj- és élőhelyvédelmi, természetvédelmi hatósági előírások kapcsán találkozhatunk. Például ragadozómadár fészkes fa és környezetének visszahagyása, odvas fák, spontán kidőlt vastag fekvő holtfa vagy lábonszáradt fa meghagyása, hagyasfa csoportok visszahagyása, források környezetének érintetlenül hagyása (8.4.-1. ábra).

Az említett megközelítéshez képest továbblépés, amikor nemcsak megtartjuk az ökológiai szempontból értékes elemeket, hanem teszünk is azért, hogy azok megmaradjanak, fejlődjenek. Például nagy famatuzsálem koronájának kibontása a bükkös faállományban az abba belenőtt, illetve az azt árnyaló fiatal bükkfák (vagy más fafajok) gyűrűjéből, vagy hasonlóan a bükkök közé be- vagy alászorult, lokálisan ritkább elegyfa fejlődésének segítése koronájának kibontásával, illetve mikroélőhelyeket hordozó habitat-fa koronafejlődésének elősegítése a környezetében álló fák kivágásával – ezek már mind a fenntartást szolgálják. Ezen is túlmutat, amikor aktív beavatkozásokkal, leginkább biodiverzitás-megőrzési, természetvédelmi célból további, illetve hiányzó élőhelyi és szerkezeti elemeket (mint például a lék, a meggyűrűzött álló holtfa, vagy a földre döntött és visszahagyott fekvő holtfa magas csonkkal) hozunk létre, alakítunk ki. Továbbá – különböző holtfatípusok létrehozásával kialakított lékek segítségével – természetes erdődinamikai folyamatokat indítunk el, vagy az életközösség számára fontos, helyenként ritka és a jelenleg lokálisan hiányzó fafajok csoportjait (például a kecskefűz, közönséges nyír, madárcseresznye, hegyi szil) hozzuk vissza kisebb (150–300 m²), nagyobb (500–1000 m²) lékekbe.

Az ökológiai szemléletű, biodiverzitás-megőrzést támogató erdőkezelés hármaspillére a „Megtartás – Fenntartás – Aktív beavatkozás” egy beavatkozási skálán is értelmezhető. Ez a skála a minimumot jelentő, kedvező erdőszerkezeti, élőhelyi és kompozicionális adottságok passzív megtartásától, a meglévő élőhelyi objektumok, szerkezeti elemek és elegyfajok egyedei természetes fejlődésének segítségén át a maximumot kifejező, hiányzó élőhelyi és szerkezeti komponensek létrehozásáig terjedhet. Ennek megfelelően gazdálkodási motiváció esetén a biodiverzitás-megőrzés szempontjából alapvető élőhelyi jellemzők megtartása és/vagy fenntartása, esetleg létrehozása, a bükkös faállományok eltérő fejlődési fázisától és a kezelő céljától (a haszonvétel módjától) függően különböző megoldásokkal történhet (Szmorad & Frank 2014).



8.4.-1. ábra. Spontán kidőlt fák, gyökértányér, álló holtfa, facsonk, habitat-fák – pillanatkép egy mintegy 700–800 m²-es bükki állományfoltról, illusztrálva egy olyan természetes bolygatás utáni állapotot, amit, ha a „megtartás” szemléletével visszahagyunk, lokálisan sokat teszünk a biodiverzitás fenntartásáért (Fotó: Frank Tamás)

A „Megtartó” szemléletű erdőgazdálkodás folytatható mind a vágásos, mind a folyamatos erdőborítást fenntartó, például örökerdő gazdálkodás keretei között. Ezzel szemben a „Fenntartó” szemlélet maradéktalanul leginkább az örökerdő gazdálkodás során juttatható érvényre. Az „Aktív beavatkozás” szemléletű megközelítés pedig elsősorban a természetvédelmi erdőkezelés sajátja, de kisebb-nagyobb mértékben a gazdálkodási motiváció esetén, ezen belül is elsősorban a folyamatos erdőborítást fenntartó örökerdő gazdálkodás keretei között is alkalmazható (lásd lentebb, a „Természetvédelmi erdőkezelés lehetőségei bükkösökben” alfejezetben), például a kíméleti területeken belül, amit az örökerdő egységek 5–8%-án javasolt kialakítani, ami elsősorban a gazdálkodó döntésétől függ.

Mikroélőhelyek bükkösökben

A bükkösök hálás helyszínei a különböző, folyamatos erdőborítást fenntartó és természeti folyamatokra is építő erdőművelési eljárásoknak, vagy a természetvédelmi erdőkezelésnek. A bükk a viszonylag nagyobb növekedési erélyével, lombkoronája plaszticitásával, árnyéktűrő jellegével, jó versenyképességével, illetve a bükkös relatíve „gyorsabb” természetes dinamikájával rövidebb idő alatt reagál a változásokra, ezáltal a különböző erdőkezelési beavatkozások sikeresebbek és gyorsabban hozzák az általunk elvárt eredményt, mint más, lassabban növő, fényigényesebb lombos fafajaink (például a kocsánytalan tölgy) esetében.

A bükk kevésbé tartós faanyaga kifejezetten kedvez a különféle odvak, bekorhadt üregek kialakulásának. A bükkösök mikroélőhelyeire is igaz az az általános meghatározás, miszerint jellemzően foltszerű, kis kiterjedéssel jelenlévő, jól körülhatárolható, a környezetétől karakteresen eltérő, abiotikus és/vagy biotikus jellemzőkkel is bíró élőhelyek (8.4.-1. táblázat).

8.4.-1. táblázat. A bükkösök jellegzetes mikroélőhelyei

Jellegzetes, termőhely által meghatározott mikrohabitatok	Faállomány-szerkezethez kapcsolódó jelentősebb mikrohabitatok
sziklakibúvás (8.4.-2. ábra)	széldöntött facsoport (8.4.-4. ábra)
mészkerülő bükkös folt kisavanyodott ványkosmohás talajfelszíne (8.4.-3. ábra)	természetes lék (8.4.-5. ábra)
kőgörgöteg	nagyméretű fa, öreg famatuzsálem (8.4.-6. ábra)
forráskifolyó, erdei kisvízállás, tóka	gyökértányér (8.4.-7. ábra) és a hozzá kapcsolódó gyökérgödör
	álló és fekvő holtfa, facsonk



8.4.-2. ábra. Sziklakibúvás, a bükkösök alatt is előforduló, termőhelyi vonatkozású mikroélőhely a Zempléni-hegységben (Fotó: Frank Tamás)

Mindkét mikroélőhely-csoportban a felsorolt alaptípusok különböző változatai, kombinációi még tovább árnyalják a mikroélőhelyek sokféleségét. Azonban még ezen mikrohabitatoknál is nagyobb változatosságban fordulnak elő a többségben biotikus mikroélőhelyek csoportjába tartozó faegyedhez kapcsolódó (fán lévő) mikroélőhelyek (elterjedt angol rövidítéssel: TreMs; Larrieu et al. 2018). Jobb áttekinthetőségüket segíti a Kraus és munkatársai (2016) által összeállított, a Fák Mikrohabitatainak Katalógusa (letölthető magyar nyelven is a következő linkről: <https://informatum.eu/tree-microhabitats>).



8.4.-3. és 8.4.-4. ábra. Vánkosmohás állományfolt és széldöntött bükkcsoport a Zempléni-hegységben (Fotó: Frank Tamás)



8.4.-5. ábra. A természetes lékekben többletfény hatására megjelenhetnek a lágyszárúak, cserjék és a bükkújulat is – Mátra hegység (Fotó: Frank Tamás)



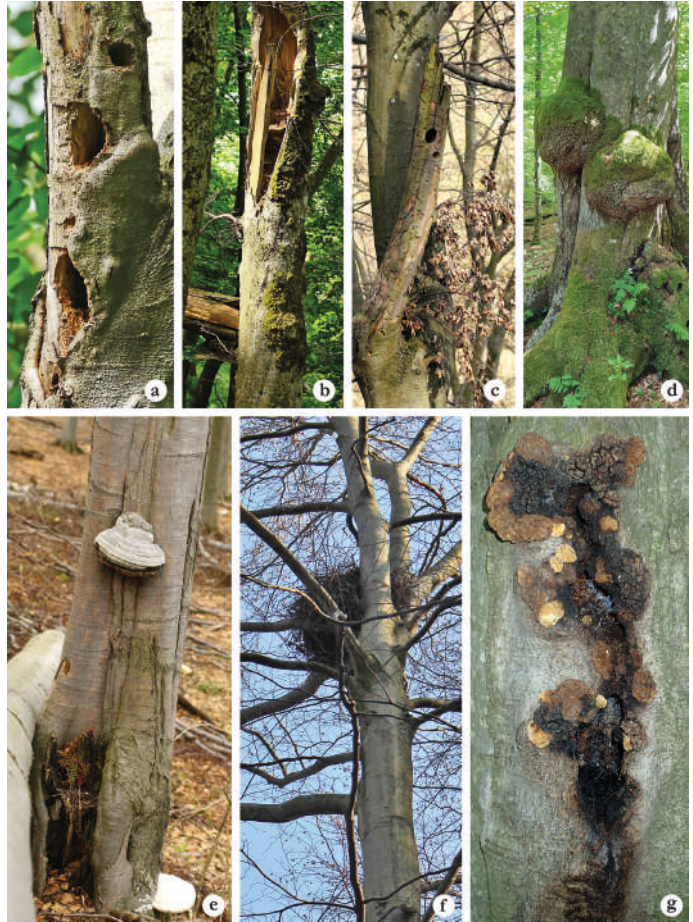
8.4.-6. ábra. A nagy méretű, matuzsálem bükkök csoportja megóvandó, különleges élőhelyi foltot képvisel – Zempléni-hegység (Fotó: Frank Tamás)



8.4.-7. ábra. Nemrég kifordult gyökértányér – Zempléni-hegység (Fotó: Frank Tamás)

A fán lévő (fához kapcsolódó) mikroélőhelyek egységes rendszerezhetősége érdekében 7 alapformát különböztettek meg (8.4.-8. ábra):

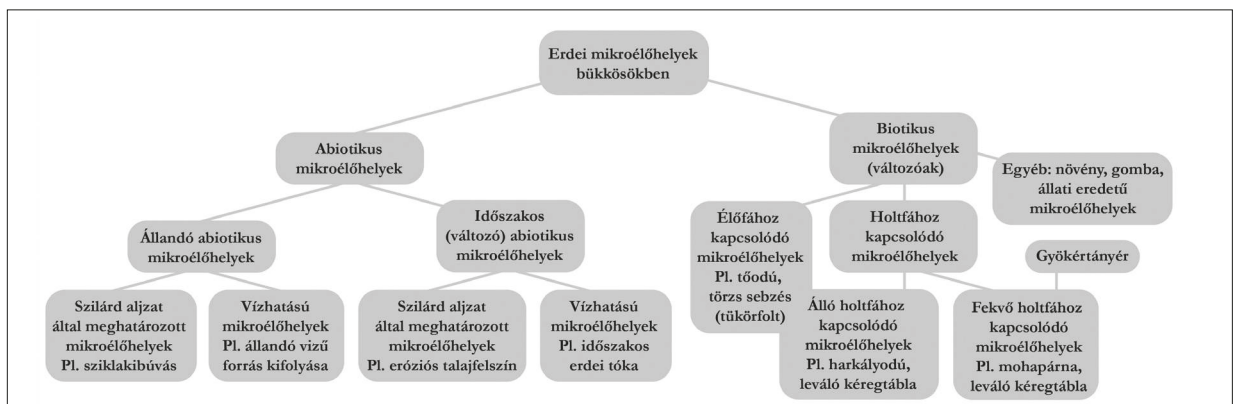
1. Odúk (pl. harkályodú, tőüreg)
2. Sérülések, törések (pl. leváló kéreg, törzstörés)
3. Holtfa a koronában (pl. elhalt vastag koronaág)
4. Kitüremkedések (pl. golyva a törzsön, boszorkányseprő)
5. Gomba termőtestek (pl. bükkapló, laskagomba)
6. Felületi elemek (pl. kiterjedt mohapárna a törzsön, ragadozómadár fészek)
7. Kifolyások (pl. törzsfolyás)



Továbbá ezen a 7 alapformán belül 15 csoportba tartozó 47 típust különítettek el (Kraus et al. 2016; Larrieu et al. 2018). A gazdálkodási gyakorlat során a megkímélendő fához kapcsolódó mikroélőhelyek felismerését a már említett „Fák Mikrohabitatjainak Katalógusa” segíti, aminek tudásanyagát az ökonómiai és ökológiai szempontból is szakszerű fakitermelési jelölés gyakorlásával együtt az e célból kialakított speciális, ún. marteloszkópos mintaterületeken sajátíthatják el erdőgazdálkodók, erdészek, természetvédelmi szakemberek és diákok egyaránt (Schuck et al. 2015).

Funkcionális csoportok kialakításával az erdei mikroélőhelyeket abiotikus és biotikus jellemzők szerint is rendszerezhetjük (8.4.-9. ábra).

8.4.-8. ábra: Mikroélőhelyek bükkön, a 7 alapforma jellegzetes képviselői: a. Odúk (pl. harkályodú, tőüreg), b. Sérülések, törések (pl. leváló kéreg, törzstörés), c. Holtfa a koronában (pl. elhalt vastag koronaág), d. Kitüremkedések (pl. golyva a törzsön, boszorkányseprő), e. Gomba termőtestek (pl. bükkapló, laskagomba), f. Felületi elemek (pl. kiterjedt mohapárna a törzsön, ragadozómadár fészek), g. Kifolyások (pl. törzsfolyás) (Fotók: Frank Tamás: a, b, c, e; Zoltán László: d; Szmorad Ferenc: f; Csóka György: g)



8.4.-9. ábra. A bükkösökben is előforduló mikroélőhelyek csoportosítása (Frank et al. 2023 alapján módosítva)

Nagyméretű, öreg fák, famatuzsálemek és holtfa

A nagyméretű, öreg fák a bükkösök habitat-fáinak egy különlegesen fontos csoportját képezik. A nagyméretű fák az erdőszerkezet meghatározó elemei, ezáltal számos erdőlakó faj, de különösen az erdei madárfajok és az erdőlakó denevérek fajdiverzitására vannak pozitív hatással (Paillet et al. 2018, Kebrle et al. 2021). A nagyméretű, idős fák, famatuzsálemek több, többféle típusú, és nagyobb kiterjedésű faegyedhez köthető mikroélőhelyet nyújtanak, mint a kisebb méretű társaik (pl. odvakat, nagy méretű üregeket, száraz vastag vázágakat, leváló kéregtáblákat, tükörfoltot a törzsön, vastag ág törése utáni fedetlen gesztet).

A faméret fontosságát a fák mikrohabitatjai kapcsán különböző elegyes bükkös faállománytípusokban jónéhány európai vizsgálatban is alátámasztották. Igazolták, hogy minél nagyobb méretű (nagyobb mellmagassági átmérőjű) egy bükkfa, annál több és többféle mikroélőhely található rajta, illetve a vastagabb átmérőosztályokban egyre több bükkfán fordul elő mikrohabitat (Larrieu & Cabanettes 2012; Larrieu et al. 2014; Paillet et al. 2019).

A nagyméretű fák (jelen írásban $d_{1,3} > 50$ cm) a természetes bükkösökben jelentősen nagyobb számban fordulnak elő, mint a vágásos erdőgazdálkodás által szerkezetében, élőhelyeiben és fajösszetételében elszegényített hazai bükkállományokban. Például a Kékes Erdőrezervátum őserdő állapotú bükkösében végzett faállomány-szerkezeti felmérés adatai szerint, ilyen nagyméretű élő fából átlagosan 66,5 db található hektáronként (Horváth & Bölöni 2024). Amíg Standovár és munkatársai (2017) az Északi-középhegység (Börzsöny, Mátra és Aggteleki-karszt), túlnyomó többségében jelenleg is erdőgazdálkodással érintett, Natura 2000 hálózatba eső erdőtömbjeiben végzett vizsgálatának eredményei az 50 cm-nél vastagabb fák vonatkozásában jelentősen kedvezőtlenebb állapotot mutatnak. Eredményeik szerint az erdőtermészetesség értékelése és az erdei biodiverzitás-megőrzés szempontjából kiemelt jelentőségű méretes, idős törzsek hiányoztak a közel 48 000 ha erdőt megmintázó, közel 60 000 db mintapont mintegy kétharmadából. Csak a bükkösöket vizsgálva, ez a gyakoriság érték (a nagyméretű fák hiánya) valamivel kedvezőbb alakult a többi faállománytípus-csoporthoz képest (gyertyánosok, gyertyános-kocsánytalan tölgyesek, kocsánytalan tölgyesek, cseresek), miután a bükkösbe eső mintapontoknak „már csak” hozzávetőlegesen a feléből hiányoztak a nagy fák. Az említett faállománytípus-csoportoknál az 50 cm-nél vastagabb törzsek 20%-nál nagyobb relatív borítása tekintetében a legmagasabb értékeket szintén a bükkösöknél, míg a legalacsonyabb értékeket általában a kocsánytalan tölgyeseknél és csereseknél találjuk (Standovár et al. 2017).

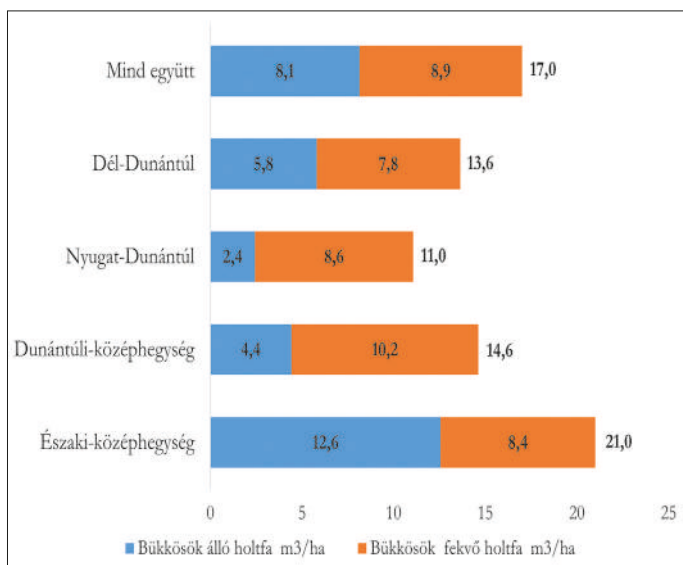
A faállományt alkotó faegyedek közül a több és más mikroélőhelyeket hordozó, nagyobb méretű, idősebb fák és famatuzsálemek egyedeit, vagy csoportját az erdőgazdálkodás során ajánlatos megtartani, mert számos erdőlakó élőlénycsoport számára biztosítanak olyan élőhelyet, ami csak hosszú idő után, vagy egyáltalán nem pótolható. A nagyméretű, idős habitat-fák megtartása nemcsak az állományszegélyekben és erdőszegélyekben fontos – annak ellenére, hogy itt vannak legkevésbé a gazdálkodás „útjában” –, hanem az állománybelsőben is.

Az élő, nagy fákhhoz hasonlóan a nagyméretű álló holtfáknak is jelentős szerepe van a mikrohabitatok változatosságának és mennyiségének a fenntartásában, sőt számos esetben még nagyobb arányban is hordozzák a különféle mikroélőhelyeket, mint az élő nagy fák (Paillet et al. 2019). Sajnos, a szintén nagy erdőszerkezeti elemnek tekinthető nagyméretű álló holtfát ($d_{1,3} > 50$ cm) alig, vagy egyáltalán nem találunk bükkösökben. Ezt a tényt Standovár és munkatársai (2017) vizsgálati eredményei is alátámasztják, miszerint az északi-középhegységi bükkösökben az 50 cm átmérő feletti álló holtfa átlagos darabszáma mindössze 0,5 db/ha körül alakult. Viszont a bükkösök még ezen szerkezeti jellemző alacsony értéke ellenére is kedvezőbb helyzetben vannak, mint a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek, kocsánytalan tölgyesek és cseresek, mert a vizsgálat további eredményei szerint ezekben a faállománytípus-csoportokban a nagy, álló holtfák átlagos darabszáma még a 0,2 db/ha-os sűrűséget sem érte el. Ezzel szemben a Kékes Erdőrezervátum őserdő állapotú, természetes bükkösében Horváth és Bölöni (2024) adatai szerint a nagy álló holtfák átlagos darabszáma 4,4 db/ha volt.

A holtfa a természetes erdők fontos szerkezeti és egyben élőhelyi alkotóeleme, számos faj és életközösség számára kulcsfontosságú élőhelyet nyújt. Az európai kezelt bükkerdőkben is jelentős biodiverzitás indikátornak tekinthető a holtfa, s egyben a fenntartható erdőgazdálkodás kilenc páneurópai kritériumának egyike (Christensen et al. 2005). A holtfa fajlagos mennyiségének eltérő alakulását az erdészeti tájcsoportok bükköseiben a Nemzeti Szisztematikus Erdőleltár (2024) adataiból származtatott, az álló és fekvő holtfa átlagos hektáronkénti fatérfogatával jól szemléltethetjük. Természetes referenciának tekinthetjük az őserdő jellegű bükkös erdőrezervátumokban felmért értékeket. A 8.4.-2. táblázatban példaként két hazai bükkös erdőrezervátum átlagos holtfamennyiségét vetjük össze az erdészeti tájcsoportok bükköseinek átlagos holtfamennyiségével.

8.4.-2. táblázat. Két hazai, őserdő jellegű bükkös erdőrezervátum és az erdészeti tájcsoportok bükköseinek átlagos holtfa mennyisége (Bölöni & Ódor 2014, NFK Erdőleltár NFI II. ciklus, 2015–2019, valamint Horváth & Bölöni 2024 adatai alapján)

Bükkösök	Álló holtfa m ³ /ha	Fekvő holtfa* m ³ /ha	Összes holtfa m ³ /ha	Élőfakészlet m ³ /ha
Kékes Erdőrezervátum (Mátra)	13,2	109,6	122,8	599
Őserdő Erdőrezervátum (Bükk hg.)	23,0	152,0	175,0	765
Északi-középhegység erdészeti tájcsoport	12,6	10,9	23,5	454
Dunántúli-középhegység erdészeti tájcsoport	4,4	13,0	17,4	451
Nyugat-Dunántúl erdészeti tájcsoport	2,4	12,3	14,7	404
Dél-Dunántúl erdészeti tájcsoport	5,8	10,1	15,9	441
Erdészeti tájcsoportok bükköseinek átlaga	8,1	11,6	19,8	444



8.4.-10. ábra. Az álló és a fekvő holtfa fajlagos mennyiségének alakulása az erdészeti tájcsoportok bükköseiben (NFK Erdőleltár NFI II. ciklus (2015–2019) adatai alapján)

többi (többé-kevésbé) őshonos, lombos faállománytípus-csoporthoz képest a második helyen állnak az átlagos, álló és fekvő holtfa együttes, fajlagos hektáronkénti fatömegükkel (17,0 m³/ha), egyedül a fűzesekben található több álló és fekvő holtfa, a bükkössel is rendelkező tájcsoportok átlagában hektáronként 17,9 m³/ha.

Az erdészeti tájcsoportok összevetéséből kitűnik az Északi-középhegység bükköseinek kedvezőbb holtfa-ellátottsága, itt több mint ötször annyi álló holtfa van átlagosan hektáronként, mint a Nyugat-Dunántúlon, vagy majdnem háromszor annyi, mint a Dunántúli-középhegységben (8.4.-2. táblázat és 8.4.-10. ábra). Ez utóbbi két erdészeti tájcsoportban a bükkösök rendkívül alacsony fajlagos álló holtfa előfordulása szembetűnő, ami valamiféle alapos és szisztematikus, de ilyen mértékig nem feltétlenül helyes száradék-kitermelési gyakorlatra utalhat. Az Északi-középhegység viszonylag magas fajlagos álló és fekvő holtfa mennyisége más szemléletű erdőművelési megközelítéssel és a bükkösök jelentősebb részének védettségével (nemzeti parkok, tájvédelmi körzetek) hozható összefüggésbe.

A hazai erdészeti nagytájak bükkösei a

A természetes erdőkben a holtfa mennyiségét alapvetően a lebomlás ideje és a keletkezés sebessége határozza meg. A bükk holtfa gyorsabban korhad el, mint egy tölgy. Egy vastag (kb. 50 cm átmérőjű) holtfára vonatkoztatva a bükk és az elegyfajok lebomlási ideje megközelítőleg 50 év, a tölgyké és a lucfenyőé hozzávetőlegesen 80 év, míg az erdefenyő lebomlásához csaknem 120 év szükséges (Frank et al. 2022).

Bükkösök természetes dinamikája

Bár a megmaradt idős, érintetlen erdők aránya Európában nagyon alacsony, csupán az erdősültség 0,7%-a (Sabatini et al. 2018), a bükkösök természetes dinamikájáról mégis viszonylag sokat tudunk. Ennek oka az, hogy a megmaradt őserdő jellegű területek között a bükkösök túlreprezentáltak – főként a montán bükkös és bükk-jegenyefenyő övből származó állományok. Ebből az erdőtípusból számos idős állomány található az európai hegységekben, főként a Kárpátokban és a Dinári-hegységben. Többségük viszonylag kis méretű, 10–1 000 hektáros elszigetelt erdőfolt, amelyek lehetővé teszik az állományszintű folyamatok megfigyelését. Néhány nagyobb, 1 000–10 000 hektár nagyságú erdő tájszintű vizsgálatokra is lehetőséget biztosít.

Az idős erdőterületek állományszerkezeti vizsgálatai szerint a bükkösök meghatározó természetes bolygatása a finom léptékű lékdinamika, amely a különböző fejlődési fázisok mozaikját hozza létre (Schuck et al. 1994; Standovár & Kenderes 2003; Kral et al. 2014). Az idős fák egyes egyedeinek vagy kis csoportjainak előregedése, illetve mérsékelt viharok okozta kidőlése esetén a legtöbb lombkoronában megjelenő lék kis vagy közepes méretű (< 200–300 m²) marad (Mountford 2001; Drössler & von Lüpke 2005; Standovár & Kenderes 2003). Az ukrajnai Uholka–Sirokij Luh erdőrezervátum, Európa legnagyobb ősbükköse szintén a kisméretű lékek finom mozaikját mutatja, az erdő szerkezetét itt is az ilyen alacsony intenzitású folyamatok alakítják (Hobi 2015) (8.4.-11. ábra).



8.4.-11. ábra. Kisebb bolygatás utáni lék az ukrajnai Uholka-Sirokij Luh bükkös őserdejében (Fotó: Frank Tamás)

A dendrokronológiai kutatások segítenek az erdődinamikai történéseket több száz évre visszamenőleg rekonstruálni. Az ilyen kutatások szerint a finom állománymozaikot eredményező lékdinamika mellett a bükkösök szerkezetét ritkábban bekövetkező, de a lékdinamikánál nagyobb intenzitású, és jellemzően nagyobb területet érintő bolygatások is alakítják (Nagel et al. 2014, 2017; Splechna 2005). Az ilyen történések fő ágensei közepes intenzitású szélviharok és jégtörések (Nagel et al. 2017), amelyek jellemzően 200–300 m² és 100 hektár közötti területet érintenek, erősen megbontják a koronát (jellemzően 25–75% között), de nem tarolják le teljesen az erdőt (Aszalós et al. 2022). A Dinári-hegység idős bükkös erdeiben végzett dendrokronológiai vizsgálat becslése alapján ezek a bolygatások 90 évenként 20%-os, 150 évenként 30%-os és 460 évenként 50%-os koronavesztést okoznak (Nagel et al. 2014). Mivel az ilyen bolygatási események bekövetkezési gyakorisága hasonló a domináns fák élettartamához (Piovesan et al. 2005; Nagel et al. 2014), ezért egy fa élete alatt a folyamatos finomléptékű lékdinamika mellett néhány közepes intenzitású bolygatás is előfordul.

Összességében tehát az európai természetes bükkös állományokat a folyamatosan jelen lévő, alacsony intenzitású lékdinamika, és a száz és néhány száz év közötti gyakorisággal fellépő erősebb viharok okozta közepes intenzitású bolygatások jellemzik (Standovár & Kenderes 2003; Aszalós et al. 2022).

Természetes bolygatás-alapú erdőgazdálkodás

A bükkösökben folytatott folyamatos erdőborítást fenntartó erdőgazdálkodásnak több megközelítése és számos, kisebb-nagyobb eltérésekkel alkalmazott gyakorlata létezik Európában és Magyarországon is. Ezek közül az egyik legátfogóbb ökoszisztéma-alapú keretet az erdőgazdálkodás számára egy sajátos szemléletű megközelítés, a természetes bolygatás-alapú erdőgazdálkodás (natural disturbance-based forest management) nyújtja. Ez a megközelítés már több évtizedes múltra tekint vissza Észak-Amerikában (Michell et al. 2003; North & Keeton 2008) és Európában is (Bengtsson et al. 2000; Kuuluvainen et al. 2021). Bár a viharok, erdőtüzek és erdei patogének gyakran nagy károkat okozhatnak az erdőgazdálkodóknak, több erdészeti gyakorlat lehetőséget is lát a bolygatási ágensek által kiváltott folyamatok utánzásában. Az ilyen típusú erdőgazdálkodást ugyanis a faanyag-termelés mellett az erdő ökológiai integrálásának megőrzése és az erdei biodiverzitás védelme motiválja (Bengtsson et al. 2000; Michell et al. 2002). A természetes bolygatás-alapú erdőgazdálkodás által létrehozott mintázatok térben és időben sokkal változatosabb erdőképet tudnak létrehozni, mint a hagyományos gazdálkodási módok (Mitchell et al. 2003; Aszalós et al. 2022). A folyamatos erdőborítást fenntartó erdőgazdálkodásban ennek a megközelítésnek egy-egy elemével már korábban találkozhattunk. Például a természetes folyamatokra épít a Pro Silva szemléletű erdőkezelés, ahol a kisebb területű és különböző alakú, típusú lécek kialakításának fontos szerepe van, és ezek az örökerdőben is alkalmazásra kerülnek (8.4.-12. ábra).



8.4.-12. ábra. A folyamatos erdőborítást fenntartó erdőgazdálkodásra történő átállás kezdeti lépéseinél a Pro Silva megközelítése szerint a csoportos szerkezet kialakítása jelentős szerepet kapott – Bakony hegység (Fotó: Frank Tamás)

Különféle, jó erdőgazdálkodási gyakorlati megoldások

A vágásos erdőgazdálkodáshoz képest a folyamatos erdőborítást fenntartó erdőművelési eljárások azok, amelyek faállományszinten a bükkösök biológiai sokféleségének a megőrzését hatékonyabban biztosíthatják. Azonban vélhetően csak az elég sok öreg és idősödő fát, illetve habitat-fát megtartó szálaló-, vagy örökerdőként kezelt bükkösök közelíthetik meg a természetes öreg bükkerdők biológiai sokféleségét. A hagyományos felújítóvágásos gazdálkodással kezelt bükkösök számos erdei fajcsoport megőrzése szempontjából ezzel szemben viszonylag alacsony értéket képviselnek (Brunet et al. 2010).

Eltérő eredménnyel jár, ha különböző erdőkezelési motivációval alkalmazzuk azokat a kezelési javaslatokat, iránymutatásokat és gyakorlati példákat, amiket a biológiai sokféleség megtartása és növelése érdekében a Rosalia kézikönyvek 2. kötetében Frank és Szmorad (2014) foglaltak össze. Ez alapján a bükkösökre fókuszálva a két eltérő erdőkezelési motiváció strukturális és kompozicionális elemek tekintetében megmutatkozó néhány lényegi különbségét a 8.4.-3. táblázat mutatja be.

Ma már számos hazai kiadvány foglalkozik részletesen az erdei életközösségek és fajok sokféleségének megőrzését biztosító, erdőgazdálkodásban is alkalmazható gyakorlati megoldásokkal. Ilyen gyakorlati javaslatokat ad közre a Rosalia kézikönyvek 4. kötete (Szmorad et al. 2018), amiben többek között a bükkösök közösségi jelentőségű növény- és állatfajainak a fennmaradását biztosító konkrét, gyakorlati kezelési ajánlásokat fogalmazza meg Korda és Bartha (2018), vagy a közösségi jelentőségű bükkös élőhelytípusok kedvező természetvédelmi helyzetének megőrzését biztosító üzemmódokat és kezelési módokat foglalja össze Bartha

és Korda (2018). Az egyre több tudás és gyakorlati ajánlás ellenére azonban még igen csekély a jó gyakorlatok száma. A hazai erdőgazdálkodásban ezek a javaslatok, ajánlások még alig, vagy egyáltalán nem köszönnek vissza. Számos oka lehet ennek, ebből az egyik bizonyára az, hogy még nem elfogadott szélesebb szakmai körben az az összefüggés, amit Mergner (2021) világított meg „A lépőkő-elmélet” című könyvében: „Egyes erdőtulajdonosok, vagy erdészek még mindig egyszerűen csak úgy gondolják, hogy a természetközeli, vagy természetyszerű erdőgazdálkodás elegendő ahhoz, hogy az erdők sokféleségét megőrizzük. Ám ez nem igaz. Sokkal inkább célzott megfontolások és jól átgondolt döntések szükségesek ahhoz, hogy a természet és a fajok védelmét beépíthessük a természetközeli erdőgazdálkodásba.”

8.4.-3. táblázat. Strukturális és kompozicionális komponensek tekintetében megmutatózó néhány markáns különbség bükkösök kezelése esetén, természetvédelmi erdőkezelési és erdőgazdálkodási motiváció esetén (Frank & Szmorad 2014 alapján, módosítva)

Motiváció: Természetvédelmi erdőkezelés	Motiváció: Folyamatos erdőborítást biztosító erdőgazdálkodás (örökterdő gazdálkodás)
Az erdőkezelés során kivágott faanyag	
Alapvetően nem kerül ki az erdőből, teljes egészében visszamarad holtfának. Az élőhelyi jellemzők, mikroélethelyek gazdagítása és nem a faanyagtermelés a kezelés elsődleges célja. (Nem kizárt, hogy speciális esetekben a kisebb része kikerülhet az erdőből a helyi közösség, pl. kis falvak tűzifa ellátása érdekében.)	Az erdőgazdálkodási tevékenység célja, legnagyobb része kikerül az erdőből és értékesítésre kerül.
Nagyméretű faegyedek vagy fák csoportjának jelenléte, amik növelik a szerkezeti változatosságot	
Nélkülözhetetlenek, és kevésbé érdekes, hogy mageredetűek, vagy tuskósarjak, illetve böhöncök, vagy jó törzsalkatúak (pl. a terebélyes ágrendszerű fák kedvezőbb lehetőséget nyújtanak a ragadozómadarak, vagy a fekete gólya fészkepítéséhez). Lényegesebb szempont, hogy ezek a nagy fák rendelkezzenek fákhoz kapcsolódó mikroélethelyekkel.	Fontosak, de lényeges szempont, hogy mageredetű, lehetőleg értékes, minőségi faanyagot adó, vitális faegyedek (javafák) legyenek. Kevésbé előnyös a csoportos visszahagyásuk. A böhöncös jellegű és/vagy sérült, gombás, odvasodó egyedek a gazdaságilag értékesebb fák fejlődésének biztosítása érdekében általában kikerülnek a faállományból, de egyes egyedeik megkímélése (biotópfa/habitat-fa), a gazdálkodó szemléletétől függően nem kizárt.
Tuskósarj eredetű egyedek szórt, vagy csoportos jelenléte jellemzően mageredetű bükkösben	
Fontos, mert ezek az egyedek az egyébként egykorú, homogén szerkezetű erdőben gyorsabban fejlődnek mageredetű társaiknál, és általában nagyobb méretükkel növelik a szerkezeti változatosságot. Továbbá sarjeredetűk és nagyobb méreteik miatt hamarabb kialakulhatnak rajtuk mikrohabitatok (pl. tőodú, vastag, száraz koronaág, ághely odú), megtartandó habitat-fák, vagy potenciális habitat-fák.	Nemkívánatosak, mert a gazdaságilag értékesebb faegyedeket elnyomhatják. Általában nevelővágás korban már kikerülnek a faállományból. A gazdálkodó szemléletétől függően azonban potenciális habitat-faként (biotópfa) olyan egyedeik visszahagyhatók, amelyek számottevően nem akadályozzák javafák fejlődését.
Pionír jellegű, lágylombos elegyfajok (kecskefűz, rezgő nyár, bibircses nyír) szerepe és jelenléte	
Különösen fontosak a szerkezet és biodiverzitás szempontjából, mert ezeknek a fafajoknak az egyedei az erdőszegélyben, vagy a faállományban elfoglalt helyzetük, gyors növekedésük, rövidebb életkoruk, gyorsabban korhadó faanyaguk miatt hamarabb képesek odút, illetve holt faanyagot biztosítani. Másrészt nélkülözhetetlenek számos specialista, herbivor rovarfaj számára.	A vágásos gazdálkodás során általában nem kívánatos gyomfajfajként az állománynevelési munkák során eltávolításra kerülnek a faállományból. A bükkös örökterdőben, miután elegyarányuk rendszerint rendkívül alacsony, megtartásuk, akár javafának történő kiválasztásuk az elegyesség érdekében fontos. Eltávolításuk a gazdasági erdőben is rossz gyakorlatnak tekinthető. Egyedeik, illetve állományfoltjaik habitat-fa, és kíméleti terület formájában is meghagyhatók, mind az erdőbelsőben, mind a szegélyekben.

Szükségszerű tehát a biodiverzitás védelmét szolgáló erdőkezelési beavatkozások, teendők tudatos tervezése és célirányos végrehajtása az erdőgazdálkodás során, még a folyamatos erdőborítást fenntartó örökerdő üzemmódban is. Erre reflektáló kiváló gyakorlati példa a bajorországi Steigerwald-ban az Ebrach-i Erdészet területén folytatott erdőgazdálkodásba integrált, több szempontot is szem előtt tartó erdei biodiverzitás-védelem.

Itt az extenzíven művelt fenyő- és lombegyes bükkösökben a gazdálkodást a helyben kidolgozott „lépőkő-elméletre” építve folytatják, ami az erdei biodiverzitás megőrzésnek az erdőgazdálkodási gyakorlatba beépített, következetesen és tervszerűen alkalmazott alapját képezi. A lépőkő-elmélet négy eleme: 1. Habitat-fa (biotópfa), 2. Holtfa, 3. Erdei lépőkő, 4. Erdőrezervátum. Az elmélet lényege, hogy a még ökológiai szempontból értékes, természetes erdőmaradványokat, erdőrezervátum területeket lépőkővel kötik össze, ezáltal erdőtömb szintjén és táji léptékben is lehetővé teszik a különböző erdei fajok terjedését, migrációját. Az erdei lépőkő-területek olyan, legalább 0,3 ha és legfeljebb 20,0 ha kiterjedésű állományfoltok, állományrészek, vagy vonalas megjelenésű élőhelyek, amelyek fái sok mikroélőhelyet (élőhelystruktúrát) tartanak fenn. Az erdészet 16 500 ha-os teljes erdőterületének mintegy 7%-a érintetlenül visszahagyott, ami 6 db erdőrezervátumot (2,5%) és az azokat összekötő lépőkő-területeket (kíméleti területek: 4,5%) jelenti. Ezen területek között 10 db/ha gyakorisággal véglegesen visszahagyott habitat-fák biztosítják a további élőhelyi összeköttetést



8.4-13. ábra. Steigerwaldi bükkös változatos erdőszerkezettel, visszahagyott vastagabb holtfával és egy méretes, javafának jelölt bükkfával – Bajorország, Ebrachi Erdészet (Fotó: Ódor Péter)

(8.4.-13. ábra). A kezeletlen területek és a habitat-fák között szabálytalan csoportos felújítógáccsal, illetve csoportos és törzsenkénti szálalással kezelik a faállományt, a fakitermelések során pedig a lombos fák teljes koronájának visszahagyásával (az értékes törzsrésznek az első koronaelágazásnál történő leválasztásával) folyamatosan biztosítják a vastag fekvő holtfa mennyiségét, ezáltal az összes holtfa mennyiség 23 m³/ha körül alakul a területen (Mergner & Kraus 2020; Mergner 2021). Hasonló módszerrel történő vastag fekvő holtfa visszahagyásra láthatunk példát a Pilisszentkereszti Erdészet pilis-tetői örökerdő tömbjében.

A különböző gyakorlati megoldások egy másik példája kisebb léptékben a Zempléni-hegységben működő Nagyhutai Erdőbirtokossági Társulat mintegy 240 ha-os nagyhutai erdőterülete. Ennek a magánerdőnek mintegy 58%-a valamely lombegyes- és elegyetlen bükkös, 33%-a bükkkel elegyes gyertyános-kocsánytalan tölgyes faállománytípusba tartozik. Az itt folytatott, évenkénti haszonvételt biztosító, extenzív erdőgazdálkodás során mindenkor visszahagyásra kerülnek a faállományokban már jelenlévő szerkezeti és élőhelyi elemek (pl. habitat-fák, a szórva-nyosan jelenlévő álló és fekvő holtfa) (8.4.-14. ábra). Emel-



8.4-14. ábra. Visszahagyott odvas facsonk habitat-fa a zempléni Nagyhutai EBT. területén (Fotó: Frank Tamás)

lett elegyes bükkös és bükkal elegyes tölgyes faállománytípusokban 1–2 db/ha mennyiségben, általában az átlagfánál nagyobb méretű bükk törzseket meggyűrűznek, hogy ezzel álló holtfát állítsanak elő (8.4.-15. és 8.4.-16. ábra). Bizonyos állomány-szerkezeti szituációkban szükséges ennek a gazdálkodás és a biológiai sokféleség megőrzése szempontjából is előnyös megoldásnak az alkalmazása. Főként (de nem kizárólag) olyan helyzetekben történik meg egy-egy bükkfa egyed meggyűrűzése, amikor műszaki szempontból értékes bükk, vagy kocsánytalan tölgy egyedek fejlődésének megsegítését a sérülésük nélkül (döntési kár lehetőségének kizárásával) csak így lehet megoldani. Más esetekben akkor történik bükkfagyűrűzés álló holtfának, amikor szintén gazdálkodási motivációval végzett jelölés során kitermelésre kellene jelölni egy-egy olyan egyedet (műszaki szempontból értékesebb faegyedek megsegítése érdekében), amelynek élőhelyként való megtartása álló holtfaként (sőt, álló holtfaként még inkább) biodiverzitás-védelmi szempontból nagyobb jelentőséggel bír, viszont gazdasági értéke csekély.



8.4.-15. és 8.4.-16. ábra. Bükk álló „holtfa-előállítás” gyűrűzéssel a Nagyhutai EBT. területén. A gyűrűzés helyénél egy-egy bükk törzs 3–4 év után eltérhet, így egy csonk és egy fekvő holtfa is keletkezik (Fotó: Frank Tamás)

Természetvédelmi erdőkezelés lehetőségei bükkösökben

A védett természeti területeken (elsősorban tájvédelmi körzetekben és nemzeti parkokban) található bükkösök túlnyomó része szerkezetében és fajösszetételében is elszegényedett a rendszeres emberi használat, elsősorban a hagyományos vágásos erdőgazdálkodás következtében. Emiatt ezekben a bükkös faállományokban az erdei biodiverzitás megőrzése, és legalább részleges helyreállítása érdekében a természetes erdőkre jellemző erdőszerkezeti és élőhelyi elemeket szükséges lenne újra kialakítani. A természetvédelmi elsődleges rendeltetésű bükkösökben – a kevés, maradvány jellegű, jó természetességű állományaik érintetlenül hagyásán túl – ez leghatékonyabban természetvédelmi kezelés keretében valósítható meg.

Ez a kizárólag természetvédelmi motivációjú erdőkezelési megközelítés magába foglal minden olyan erdei életközösséggel (ökoszisztémával) kapcsolatos beavatkozást, mely kizárólag az erdők biológiai sokféleségének megőrzését és növelését, ezáltal állapotának javítását szolgálja. Tervezett természetvédelmi erdőkezelés nagy területen elsőként – a hazai közösségi illetve kiemelt közösségi jelentőségű erdei élőhelytípusok közül – tölgyesekben kezdődött el a LIFE 4 Oak Forests projekt (2017–2026) keretében (Frank et al. 2020).

A természetvédelmi erdőkezelés során a kismintázatú természetes bolygatásokat vesszük alapul, azt másoljuk, például a kisebb-nagyobb lékek kialakításakor, mintha egy facsoport dőlne ki vagy pusztulna el. További lehetőség, hogy az elszórtan megjelenő, spontán lábonszáradt, kidőlt fákat, facsonkokat, vagy a valamilyen mechanikai ok miatti sebzést, sérülést (pl. leguruló kő miatt tősérült, vagy kidőlt fa miatt levert kergű faegyed), tehát az élő fához kötődő mikroélethelyek keletkezését reprodukáljuk. Referenciának alapvetően az idős, természetes bükkösöket (bükkös őserdő maradványok) tekinthetjük, amelyek faállományhoz köthető indikátor jellemzői az alábbiak (Vandekerckhove et al. 2022):

1. A nagy és öreg fák jelenléte.
2. A különböző korhadtsági állapotú, nagyméretű, nagyobb mennyiségű fekvő és álló holtfa jelenléte.
3. A faállomány szerkezeti diverzitása.
4. A fafajösszetétel változatossága.
5. Talaj mikroszerkezet (mikrodomborzat).
6. Mikroélőhelyeket hordozó fák (habitat-fák) jelenléte.
7. A matuzsálemkorú fákkal, nagyméretű holtfával jellemezhető hosszan tartó késői fejlődési fázis [lásd öregedési fázis – Markovics & Varga (2013)] indikátor fajainak a jelenléte (gombák, zuzmók, rovarok, madarak).

A fentiek alapján a természetvédelmi erdőkezelés során öt főbb cél határozhatja meg egy bükkös erdő-részletben a beavatkozások helyét, jellegét és erélyét:

1. A nagyobb méretű, idősebb, vagy öreg fák nagyobb növekedésének biztosítása.
2. Erdőszerkezeti változatosság növelése.
3. Fajösszetétel javítása (fafajok, cserjék és erdei lágyszárúak).
4. Fán lévő mikroélőhelyek kialakítása, a már meglévők fenntartása.
5. Egyéb mikroélőhelyek megőrzése, fejlesztése és kialakítása.

A fő célok eléréséhez alkalmazott eszközök egyben közvetett célok is, melyek a fő cél elérése érdekében történő alkalmazásuk során jutnak érvényre:

- A holtfa mennyiségének és átlagos méretének a növelése: az erdőszerkezeti változatosság növelése, a lékek kialakítása és a mikroélőhelyek készítése révén valósul meg,
- az idegenhonos, elsősorban az inváziós fafajok (pl. akác, bálványfa) visszaszorítása: a fafajösszetétel javításának egy módja a szórtan és/vagy csoportosan elegyben jelenlévő idegenhonos fafajok eltávolítása,
- cserjefajok megjelenésének elősegítése: a kompozicionális sokszínűség egyik eszköze,
- a túltartott nagyvadállomány károsító hatásának mérséklése, illetve kizárása érzékeny és természetvédelmi szempontból értékes területekről: a fafaj- és cserjefaj-összetétel javítását, és a lékekben a természetes dinamika működését is jelentősen támogatja,
- külső és belső erdőszegélyek helyreállítása: az erdőszerkezeti változatosság fokozásának egyik eszköze.

Külön megjegyzendő a holtfával kapcsolatban, ami a referenciának tekintett természetes öreg erdő indikátorok sorában az elsők között szerepel, hogy a természetvédelmi kezelésnél azért „csak” a közvetett célok és az eszközök sorában jelenik meg, mert a fő erdőkezelési célok eléréséhez a beavatkozások során a holtfa különböző típusai a kezelés következményeként jönnek létre, miután minden kezelt bükkfa, vagy más őshonos fafaj egyedének faanyaga holtfának visszahagyásra kerül a területen. Tehát a fő kezelési célok bármelyikét, vagy akár összességét akarjuk megvalósítani az adott erdő-részletben, mindenképpen, a kezelés erélyétől függő mértékben és mintázatban (elszórtan vagy aggregáltan) különböző holtfaformákat hozunk létre.

Korábbi ismeretekre és elvégzett természetvédelmi erdőkezelési beavatkozások tapasztalataira építve a fentebb említett Life 4 Oak Forests projektben egy olyan természetvédelmi erdőkezelési útmutató került összeállításra, amely őshonos faállománytípustól függetlenül alkalmazható. Az ebben összefoglalt kezelési megoldások bükkösökben is hatékonyan alkalmazhatók az alábbiak szerint.

Az öt fő célcsoportot (lásd az előzőekben) lefedően bükkösökben mintegy 15 természetvédelmi erdőkezelési beavatkozás ajánlható. Az egyes beavatkozások hatásukban az esetek egy részében átfedhetnek egymással, nem különülnek el teljesen még akkor sem, ha más részcélok mentén kerülnek megvalósításra. Más esetben jellegükben lehetnek hasonlóak, még abban az esetben is, ha más részcélt valósítanak meg. Egy-egy beavatkozás hatása komplexen jelentkezhethet, és több fő célkitűzés elérését is szolgálhatja (8.4.-4. táblázat). Jelentős különbség közöttük leginkább abban nyilvánul meg, hogy az adott faállományban mely szerkezeti és élőhelyi hiányokat szükséges leginkább, vagy melyeket lehetséges egyáltalán pótolni. Ez az, ami meghatározza az alkalmazandó beavatkozás jellegét.

8.4.-4.táblázat. Bükkösökben ajánlott, kisebb-nagyobb mennyiségben (elszórta vagy aggregáltan) különböző holtfatípusok létrehozásával járó természetvédelmi kezelési beavatkozások, összefüggésben a megvalósított fő célkitűzésekkel

Fő célok: 1. Nagyobb méretű, idősebb, vagy öreg fák nagyobb növénytérnek biztosítása, 2. Erdőszerkezeti változatosság növelése, 3. Fajösszetétel javítása (fafajok, cserjék és erdei lágyszárúak), 4. Fán lévő mikroélőhelyek kialakítása, a már meglévők fenntartása, 5. Egyéb mikroélőhelyek megőrzése, fejlesztése és kialakítása)

A természetvédelmi erdőkezelési beavatkozás megnevezése	Beavatkozás tartalma	A beavatkozással elérhető fő célok				
		1	2	3	4	5
1. Változatos fafajösszetétel kialakítása	A jellemző fafajösszetétel fenntartása, és a ritka, vagy hiányzó őshonos fafajok vissztelepítése (a jelenlévő elegyfák fejlődésének segítése, elegyfák ültetése lékbe).		X	X		
2. Erdei lágyszárúsínt helyreállítása	A termőhelyi viszonyoknak megfelelő lágyszárú fajkészlet (generalisták és élőhely-specifikus fajok) fenntartása (50–70%-os záródás kialakítása foltokban-csoportokban, a talajszintre eső fény mennyiség növelése a lágyszárúak megmaradása, megtelepedése érdekében).		X	X		
3. Idegenhonos fászsárúak arányának csökkentése	A nem őshonos cserjék és fafajok eltávolítása, vagy visszaszorítása. Az előforduló nem inváziós vörösfenyő, lucfenyő, erdeifenyő esetében az élőhely változatosságához hozzájáruló egyedek, csoportok meghagyhatók.		X	X		
4. Kocsánytalan tölgy természetes megjelenésének elősegítése	Kocsánytalan tölgy spontán regeneráció segítése szajkótető-tálcákkal (közeli tölgyek hiányában ajánlott, különösen, ha vannak lékek a bükkösben).		X	X		
5. Változatos átmérőeloszlás kialakítása	A faállomány méretbeli differenciáltságának kialakítása; az átmérőeloszlás változatosságának növelése, a természetes erdőkre jellemző Rotated Sigmoid, vagy a fordított J eloszlás közelítése (Leak 2002; Alessandrini et al. 2011).	X	X			
6. Nagyméretű fák, famatuzsálemek és természetes úton kialakult habitat-fák fenntartása	A nagyméretű fák, famatuzsálemek és habitat-fák koronájának kibontása az ezeket elnyomó faegyedek eltávolításával, a korona regenerációjának elősegítése, az asszimiláló felületének növelése.	X	X	X	X	
7. Változatos korösszetétel kialakítása	A faállomány korbelti differenciáltságát elősegítő természetes dinamikai folyamatok támogatása, félárnyékos, naponta csak rövid ideig napsütötte, kisebb lékekkel (ajánlott lékméret $\leq 400 \text{ m}^2$).		X	X		
8. Erdőbelsőben lévő, kisebb nyílt élőhelyek jelenlétének biztosítása	Kisebb-nagyobb méretű (néhány száz négyzetméteres), lassabban visszazáródó (ezért semmiképp sem kerítendő), napsütötte lékek, kis belső tisztások fenntartása, kialakítása ($500 \text{ m}^2 < \text{ajánlott nagyobb lékméret} < 1000 \text{ m}^2$).		X	X		X
9. Több koronaszint kialakulásának elősegítése	A vertikális struktúra fejlesztése, az erdő színteztettségének és a vertikális záródás változatos előfordulásának biztosítása.		X	X		
10. Változatos lombkoronazáródás kialakítása	Nyitottabb és zártabb állományfoltok, állományrészek váltakozó előfordulásának kialakítása.		X	X		
11. Erdőszegélyek fenntartása, helyreállítása	A természetes külső és belső erdőszegélyek fenntartása, helyreállítása.		X	X		X

A 8.4.-4. táblázat folytatása

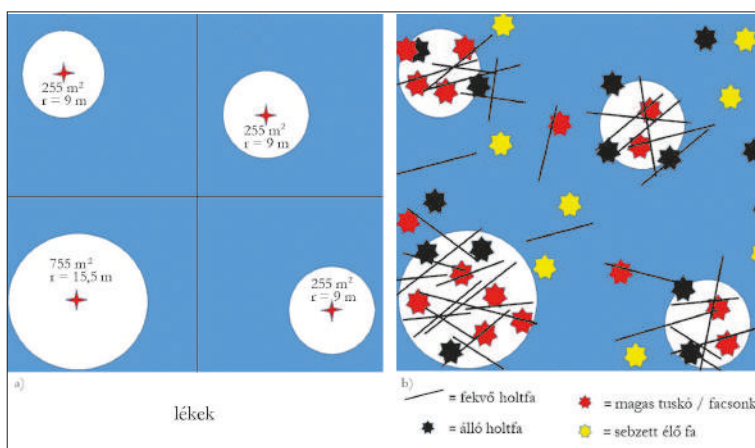
A természetvédelmi erdőkezelési beavatkozás megnevezése	Beavatkozás tartalma	A beavatkozással elérhető fő célok				
		1	2	3	4	5
12. Vékonyabb holtfából speciális élőhely kialakítása	Holtfa rakások kialakítása ajánlott $d_{1,3} < 16$ cm holtfa törzsek esetén. Az egyes beavatkozások során képződött vékonyabb fekvő holtfát 1–2 m hosszúra darabolva rakásokba kell rakni, mert így kedvezőbb és más élőhelyi feltételeket tudunk kialakítani, mintha a vékony holtfa egymástól elkülönülve az erdőtalajon fekédné.					X
13. Nagyméretű, idős fákból álló, összeomlási fázisban lévő, kiritkult állományrészek vadelleni védelme	Ideiglenes erdővédő kerítéssel a kisebb idős, felújulni nem képes, de már záródáshiányos állományfoltokat, állományrészeket ajánlott bekeríteni a természetes dinamikai folyamatok támogatása érdekében.		X	X		
14. Erdei vizes élőhelyek fenntartása, helyreállítása és kialakítása	Források, forráslápok, kisvízállások, erdei tavacskákat, erek, patakok fenntartása, helyreállítása és kisvízállások létesítése mesterségesen kialakított (szükség szerint a dagonyázó nagyvadat kizáró kerítéssel védett) kis medencékkel, mélyedésekkel, vagy a víz útjába természetes anyagokból emelt kisebb gáttal, vagy vízben fekvő holtfa létrehozásával (a kisvízfolyásba döntött fa hordalékfogó és vízvisszatartó hatású, lassítja a lefolyást).					X
15. Különböző erdei élőhelyi elemek változatos térbeli előfordulásának biztosítása	Meglévő élőhelyi elemek megóvása műszaki megoldással, pl. hangyaboly-védelem, forrás kifolyó bekerítés; fán lévő mikroélőhelyek mesterséges kialakítása, pl. tükörfolt, kéregseb és „fejesfa” kezelés; mesterséges élő- és szaporodóhelyek kialakítása, pl. odútelepek létrehozása.				X	X

A különböző beavatkozások során az egyes fákat a következőképpen kezelhetjük:

- álló holtfát hozunk létre, ha a törzset mellmagasságban meggyűrűzzük (a kérget körben, kb. 20–30 cm szélességben lehántjuk a szijácsig); ajánlott eszközök: kisbalta, motorfűrész vagy kéregzőadapter (motorfűrészre szerelhető),
- fekvő holtfát és magas tuskót / facsonkot hozunk létre, amennyiben 1,0–1,3 m magasságban választjuk el a törzset; ajánlott eszközök: motorfűrész és döntőék,
- a törzsön kéregsebzés, tükörfolt kialakítása, amivel élő fán mikroélőhely keletkezését reprodukáljuk (a kéreg eltávolítása részlegesen a törészen vagy magasabban – a talajról elérhető magasságig –, a törzs kerületének 20–30%-át érintően, ezen a felületen minimum négy tenyérnyi kiterjedésben vagy teljesen); ajánlott eszközök: kisbalta, motorfűrész vagy kéregzőadapter (motorfűrészre szerelhető),
- különböző méretű odú, üreg nyitása a törzsbe mellmagasságban (25x15 cm-es, a törzs közepéig befűrészelt faüreg készülhet láncfűrészszel, lásd Mergner 2021); ajánlott eszközök: motorfűrész, kéregzőadapter, marófej,
- fekvő holtfát hozhatunk létre hagyományos módon tőtől való elválasztással, földre döntéssel; ajánlott eszközök: motorfűrész és döntőék.

Gazdálkodással érintett bükkösökben (vágásos üzemmódban is, de kifejezetten örökerdő üzemmódban) a fentebb leírtak megvalósítására egy egyszerűen tipizálható, természetvédelmi erdőkezelési blokk alkalmazása ajánlható. Egybefüggően legalább 0,64 ha (80x80 m) területet szükséges lehatárolni (ez a természetvédelmi kezelési blokk), ahol az átlagnál erőteljesebben, legalább az élőfakészlet 25–40%-os mértékéig

hajtunk végre beavatkozást. Ezen a területen belül 4 db, a visszamaradó fák koronapalástja által lehatárolt területtel értelmezendő kisebb léket kell nyitni. Ezek a lékek a blokk négy térszögében legyenek elosztva a területen belül, a szélük egymáshoz ne legyen 25 méternél közelebb. Így 3 db mintegy 255 m²-es (R = 9,0 m) és 1 db közel 755 m²-es (R = 15,5 m) lék kerül kialakításra (8.4.-17. ábra). A léknyitás különböző holtfatípusok (álló, fekvő holtfa, facsonk) létrehozásával történjen, illetve a lékek között még kb. 10 db faegyedet álló holtfának, vagy fekvő holtfának, illetve facsonknak alakítsunk ki, és további 10 db faegyeden mikroélelőhelyet (tükörfolt, odú, üreg) készítsünk. Az esetleges későbbi inváziós kontrollon kívül más erdőkezelés a továbbiakban itt nem történik. Feltétlenül figyeljünk a kezelési blokk lehatárolásakor és a beavatkozások kijelölésekor a meglévő élőhelyi elemekre pl. spontán kis lék, habitat-fák. A blokk helyének kiválasztásakor lehet egy szempont ezeknek a jelenlétéhez igazodni, de a beavatkozásokkal destruktív módon ne érintsük ezeket. Ez a természetvédelmi erdőkezeléssel intenzíven érintett területblokk értelemszerűen kialakítható a gazdálkodással érintett erdőtümbben (pl. az örökzöld tőmbjében) kijelölt kíméleti területfoltokon belül is. Különösen ajánlott ilyen kezelési blokkok kialakítása (bár nem kizárólagosan) homogén, középkorú bükkösök gazdálkodással nem érintett kíméleti területein belül, mert az ilyen fejlődési fázisú faállományokban rendkívül lassan indul meg magától a szerkezeti változatosság kialakulása.



8.4.-17. ábra. Természetvédelmi kezelési blokk:
 a) Lékek elhelyezkedése, b) Példa a kezelési beavatkozásokra
 (Aszalós et al. 2019 alapján módosítva)

Irodalom

- Alessandrini A., Biondi F., Di Filippo A., Ziacco E. & Piovesan G. 2011: Tree size distribution at increasing spatial scales converges to the rotated sigmoid curve in two old-growth beech stands of the Italian Apennines. – *Forest Ecology and Management* 262(11): 1950–1962.
- Aszalós R., Bölöni J. & Frank T. (szerk.) 2019: Beavatkozás-orientált monitoring protokoll. Module 2. – Kézirat, Life 4 Oak Forests projekt, Vácraót, 11 pp.
- Aszalós R., Thom D., Aakala T., Angelstam P., Brümelis G., Gálhidy L., Gratzer G., Hlásny T., Katzensteiner K., Kovács B., Knoke T., ... & Keeton W. 2022: Natural disturbance regimes as a guide for sustainable forest management in Europe. – *Ecological Applications* 32: e2596.
- Bartha D. & Korda M. 2018: Javasolt üzemmódok és kezelési módok. In: Szmorad F., Frank T. & Korda M. (szerk.): Erdőgazdálkodás és erdőkezelés Natura 2000 területeken. – Rosalia kézikönyvek 4. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 214–216.
- Bengtsson J., Nilsson S. G., Franc A., & Menozzi P. 2000: Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. – *Forest Ecology and Management* 132: 39–50.
- Bölöni J. & Ódor P. 2014: A holtfa mennyisége a mérsékelt övi erdőkben. In: Csóka Gy. & Lakatos F. (szerk.): A holtfa. – *Silva naturalis – A folyamatos erdőborítás elméleti alapjainak és gyakorlati megvalósításának sorozata*, Vol. 5. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 203–217.
- Brunet J., Fritz Ö. & Richnau G. 2010: Biodiversity in European beech forests – a review with recommendations for sustainable forest management. – *Ecological Bulletins* 53: 77–94.
- Christensen M., Hahn K., Mountford E. P., Ódor P., Standovár T., Rozenberger D., Diaci J., Wijdeven S., Meyer P., Winter S. & Vrska T. 2005: Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. – *Forest Ecology and Management* 210: 267–282.

- Drössler, L. & von Lüpke, B., 2005: Canopy gaps in two virgin beech forest reserves in Slovakia. – *Journal of Forest Science* 51(10): 446–457.
- Frank T., Fidlóczky J. & Koncz P. 2020: Védett Natura 2000 tölgyesek természetvédelmi kezelése. – *Erdészeti Lapok* 155(10): 307–308.
- Frank T., Ódor P. & Csóka Gy. 2022: Habitat-fák és holtfa az erdőkben. OEE Szaktudás füzetek 1. – Országos Erdészeti Egyesület, Budapest, 40 pp.
- Frank T., Petroncini S., Koncz P., Vers J., Kovács Á., Aszalós R., Veres K., Komlós M., Németh Cs., Kovács B., Ódor P., Fidlóczky J. & Bölöni J. 2023: Erdei mikroélethelyek kialakítása: védett Natura 2000 tölgyesek természetvédelmi kezelése IV. – *Erdészeti Lapok* 158(11): 453–458.
- Frank T. & Szmorad F. 2014: Védett erdők természetességi állapotának fenntartása és fejlesztése. – *Rosalia kézikönyvek* 2. – Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 160 pp.
- Hobi M. L., Ginzler C., Commarmot B. & Bugmann H. 2015: Gap pattern of the largest primeval beech forest of Europe revealed by remote sensing. – *Ecosphere* 6: 1–15.
- Kebrle D., Zasadil P., Hošek J., Barták V. & Štátný K. 2021: Large trees as a key factor for bird diversity in spruce-dominated production forests: Implications for conservation management. – *Forest Ecology and Management* 496: 119460.
- Korda M. & Bartha D. 2018: Az erdei élőhelytípusokhoz kötődő közösségi jelentőségű növény- és állatfajok védelmének lehetőségei. In: Szmorad F., Frank T. & Korda M. (szerk.): Erdőgazdálkodás és erdőkezelés Natura 2000 területeken. *Rosalia kézikönyvek* 4. – Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 175–201.
- Kral K., McMahon S. M., Janik D., Adam D. & Vrska, T. 2014: Patch mosaic of developmental stages in central European natural forests along vegetation gradient. – *Forest Ecology and Management* 330: 17–28.
- Kraus D., Büttler 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 pp.
- Kuuluvainen T., Angelstam P., Frelich L., Jögiste K., Kivelä M., Kubota Y., Lafleur B. & Macdonald E. 2021: Natural Disturbance-Based Forest Management: Moving Beyond Retention and Continuous-Cover Forestry. – *Frontiers in Forests and Global Change* 4: 24.
- Larrieu L. & Cabanettes A. 2012: Species, live status, and diameter are important tree features for diversity and abundance of tree microhabitats in subnatural montane beech-fir forests. – *Canadian Journal of Forest Research* 42: 1433–1445.
- Larrieu L., Cabanettes A., Brin A., Bouget C. & Deconchat M. 2014: Tree microhabitats at the stand scale in the montane beech-fir forests: practical information for taxa conservation in forestry. – *European Journal of Forest Research* 133: 355–367.
- Larrieu L., Paillet Y., Winter S., Büttler R., Kraus D., Krumm F., Lachat T., Michel A. K., Regnery B. & Vandekerckhove K. 2018: Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. – *Ecological Indicators* 84: 194–207.
- Leak W.B. 2002: Origin of Sigmoid Diameter Distributions. – *Research Papers NE-718*, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, Newtown Square, PA, 10 pp.
- Markovics T. & Varga B. 2013: Természetes erdődinamikai folyamatok – különös tekintettel az erdőgazdálkodás/kezelés során használható elemekre. In: Bartha D. & Puskás L. (szerk.): *Silva naturalis. A folyamatos erdőborítás elméleti alapjainak és gyakorlati megvalósításának sorozata.* – Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 86–98.
- Mergner U. 2021: A lépőkő-elmélet. A természetvédelemmel integrált erdőgazdálkodás védi az erdei fajok sokféleségét. – *Pro Silva Hungaria*, Budapest, 142 pp.
- Mergner U. & Kraus D. 2020: Learning from nature: Integrative forest management in Ebrach, Germany. – In: Krumm F., Schuck A. & Rigling A. (eds.): *How to balance forestry and biodiversity conservation? A view across Europe.* Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), Birmensdorf, pp. 204–217.
- Mitchell R.J., Franklin J.F., Palik B.J., Kirkman L.K., Smith L.L., Engstrom R. T. & Hunter Jr. M.L. 2003: Natural disturbance-based silviculture for restoration and maintenance of biological diversity. – Final report to the National Commission of Science for Sustainable Forestry, (120).
- Mountford E.P. 2001: Natural gap canopy characteristics in European beech forests. *Forest & Landscape Denmark.* – NAT-MAN Working Report No. 2.
- Nagel T.A., Svoboda M & Kobal M. 2014: Disturbance, life history traits, and dynamics in an old-growth forest landscape of southeastern Europe. – *Ecological Applications* 24: 663–679.
- Nagel T.A., Mikac S., Dolinar M., Klopčič M., Keren S., Svoboda M., Diaci J., Boncina A. & Paulić V. 2017: The natural disturbance regime in forests of the Dinaric Mountains: A synthesis of evidence. – *Forest Ecology and Management* 388: 29–42.

- North M.P. & Keeton W.S. 2008: Emulating natural disturbance regimes: an emerging approach for sustainable forest management. In: Laforteza R., Chen J., Sanesi G. & Crow T. (eds.): Landscape ecology: Sustainable management of forest landscapes. – Patterns and processes in forest landscapes. Springer, Dordrecht, pp. 341–372.
- NFK Erdőleltár 2024: <https://erdoleltar.nfk.gov.hu/adatak>
- Paillet Y., Archaux F., du Puy S., Bouget C., Boulanger V., Debaive N., Gilg O., Gosselin F. & Guilbert E. 2018: The indicator side of tree microhabitats: A multi-taxon approach based on bats, birds and saproxylic beetles. – *Journal of Applied Ecology* 55: 2147–2159.
- Paillet Y., Debaive N., Archaux F., Cateau E., Gilg O. & Guilbert E. 2019: Nothing else matters? Tree diameter and living status have more effects than biogeoclimatic context on microhabitat number and occurrence: An analysis in French forest reserves. – *PLoS ONE* 14(5): e0216500
- Piovesan, G., Di Filippo A., Alessandrini A., Biondi F. & Schirone B. 2005: Structure, dynamics and dendroecology of an old-growth *Fagus* forest in the Apennines. – *Journal of Vegetation Science* 16: 22–61.
- Sabatini F.M., Burrascano S., Keeton W S., Levers C., Lindner M., ... & Kuemmerle, T. 2018: Where are Europe's last primary forests? – *Diversity and Distributions* 24: 1426–1439.
- Schuck A., Parviainen J. & Bücking, W. 1994: A review of approaches to forestry research on structure, succession and biodiversity of undisturbed and semi-natural forests and woodlands in Europe. – European Forest Institute, Joensuu, 62 pp.
- Schuck A., Krumm F. & Kraus D. 2015: Integrate+ Marteloscopes – Description of parameters and assessment procedures. – Integrate+ Technical Paper No. 18., 16 pp.
- Splechna B.E., Gratzner G. & Black B. A. 2005: Disturbance history of a European old-growth mixed-species forest-A spatial dendro-ecological analysis. – *Journal of Vegetation Science* 16: 511–522.
- Standovár T. & Kenderes K. 2003: A review on natural stand dynamics in beechwoods of East Central Europe. – *Applied Ecology and Environmental Research* 1: 19–46.
- Standovár T., Szmorad F., Kelemen K. & Kenderes K. 2017: Az erdőállapot-felmérés eredményei. In: Standovár T., Bán M. & Kézdy P. (szerk.): Erdőállapot-értékelés középhegységi erdeinkben. Tanulmánygyűjtemény. – Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 189–439.
- Szmorad F. & Frank T. 2014: Az erdők kezelésének gyakorlata. In: Frank T. & Szmorad F. (szerk.): Védett erdők természetességi állapotának fenntartása és fejlesztése. Rosalia kézikönyvek 2. – Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 105–124.
- Szmorad F., Frank T. & Korda M. 2018: Erdőgazdálkodás és erdőkezelés Natura 2000 területeken. Rosalia kézikönyvek 4. – Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 287 pp.
- Vandekerckhove K., Meyer P., Kirchmeir H., Piovesan G., Hirschmugl M., Larrieu L., Kozák D., Mikoláš M., Nagel T., Schmitt C. & Blumröder J. 2022: Old-growth criteria and indicators for beech forests (Fageta). – LIFE-Prognoses – Work Package 1.11



8.4.-18. és 8.4.-19. ábra. A bükk odvainak korhadéka nemcsak izeltlábúaknak, hanem lágyszárú növényeknek is megfelelő életfeltételeket biztosíthat. A képen balra egy odúból kinövő ibolya faj, jobbra pedig egy veronika faj látható. A magok valószínűleg hangyák közreműködésével kerülhettek az odúkba (Fotók: Csóka György)

8.5. A hazai bükkösök közjóléti-társadalmi-ökológiai szolgáltatási szerepe

Tanács Eszter

Az ökoszisztéma-szolgáltatásokról általánosságban

Már hosszú ideje felismerték, hogy az erdők jelentősége messze nem merül ki a faanyag-termelésben játszott szerepükben. Az 1879-es és 1935-ös erdőtörvények a véderdő fogalmának bevezetésével és fenntartásával hozzájárultak az erdőnek testi, lelki és társadalmi jólétünkben betöltött szerepének érvényesítéséhez. Az 1961. évi törvény pedig tovább folytatta ezen az úton, felismerve az erdő nem anyagi, hanem immateriális értékeit is. Az 1972. évi VII. Erdészeti Világkongresszuson, Buenos Aires-ben, magyar javaslatra fogadták el az erdők hármass (gazdasági, védelmi és közjóléti) funkciójáról szóló felvetést (Madas 1997), amely a hazai szabályozásban is megjelent az erdők rendeltetés szerinti besorolásával. Az ezredforduló után az ökoszisztéma-szolgáltatás keretrendszer kialakulásával ez a szemlélet új erőre kapott. Ökoszisztéma-szolgáltatásnak azokat a kézzelfogható és kézzel nem fogható javakat nevezzük, amelyeket az ökológiai rendszerek nyújtanak az emberek számára, így növelve az emberi társadalom és tagjainak jóllétét (Kelemen 2013). Három nagy csoportjukat szokás elkülöníteni: az ellátó, a szabályozó és fenntartó, valamint a kulturális szolgáltatásokat. Az ellátó szolgáltatások közvetlenül nyújtanak javakat az emberiség számára, míg a másik két csoport közvetett módon (Kovács et al. 2015; Kovács-Hostyánszki et al. 2022).

Az ökoszisztéma-szolgáltatás keretrendszer egyik legnagyobb előnye, hogy lehetőséget ad egy adott terület által biztosított szolgáltatások teljességének figyelembe vételére a területi tervezés során. Ez különösen fontos azoknak a szolgáltatásoknak az esetében, melyek haszna térben vagy időben az azokat „megtermelő” ökoszisztémától távolabb jelentkezik – ilyen például az árvízi kockázat csökkentése vagy a klíma szabályozásához történő hozzájárulás. Ezek pénzben kifejezve jelentős értéket képviselhetnek, ugyanakkor a hasznából nem(csak) közvetlenül az adott terület tulajdonosa vagy kezelője, hanem közvetve a teljes társadalom részesül. Jellegükénél fogva ezeknek a szolgáltatásoknak a megóvása a mindennapi, helyi tervezési döntések szintjén elsikkadhat a közvetlen, helyben realizálódó haszonnal szemben, amelyet az ellátó szolgáltatások (pl. erdők esetében a faanyag-termelés) biztosítanak.

A hazai bükkösök még az egyéb őshonos fafajú, természet szerű erdeinkhez képest is kiemelkednek az általuk nyújtott szolgáltatások tekintetében. Jelen tanulmány célja, hogy felhívja a figyelmet e szolgáltatások sokrétűségére és fontosságára. Teljes körű értékelésre terjedelmi okokból nincs mód, így részletesebben csak néhány (főként szabályozó és kulturális) szolgáltatásra térünk ki.

Az értékeléshez az alábbi adatokat, illetve adatbázisokat használtuk fel:

- A Nemzeti Szisztematikus Erdőleltár (Nagy 2021) 2015–2019 közötti nyilvános összefoglaló adatai.
- A Nemzeti Földügyi Központ honlapján közzétett, az Országos Erdőállomány Adattár alapján 2022 évre számolt országos statisztikák.
- A bükkösök rendeltetésére és üzemmódjára vonatkozó információk az Országos Erdőállomány Adattárból származnak (2015-ös év).
- Az Ökoszisztéma-alaptérképet (Agrárminisztérium 2019) az erdőtípusok elkülönítéséhez használtuk, ahol más információ nem állt rendelkezésre. A térkép kategóriarendszere megfelelő országos adatok híján nem társulás vagy élőhely-alapú, az erdőket az egyes fafajok Adattárban szereplő elegyaránya alapján, meghatározott szabályok szerint sorolták be (Agrárminisztérium 2019).
- A rekreációs potenciál (Csákvári et al. 2021) és a multifunkcionalitás mutatók (Tanács et al. 2023) országos térképei az ökoszisztéma-szolgáltatások 2016 és 2021 között lezajlott országos értékelése és térképezése (Kovács-Hostyánszki et al. 2022) során készültek. A számításmódszertan pontos részletei a hivatkozott irodalomban találhatóak meg.

- A mikroklíma adatok az Aggteleki-karszton, a Haragistya-fennsíkon 2012. július 1-én Lascar EL-USB-1 hőmérsékleti adatgyűjtőkkel 1,5 m talajszint feletti magasságban végzett mérésből származnak.
- A vizsgált túraútvonalak vektoros állományai a <https://turistautak.openstreetmap.hu/> weboldalról származnak.

A hazai bükkösök ökoszisztéma-szolgáltatásai

Ellátó szolgáltatások

Az ellátó szolgáltatások az emberiség számára közvetlen hasznot nyújtó, a természetből származó „termékek”, javak (Kovács-Hostyánszki et al. 2022). Az erdők által biztosított faanyag – a felhasználástól függően – többféle ellátó szolgáltatáshoz is kapcsolódhat. Szerepe van egyrészt az energiatermelésben (tűzifa), másrészt számos egyéb célra is felhasználható (ipari fa, bútór- és hangszergyártás stb.). Szigorúan véve ide tartoznak még az erdőben vadon termő, illetve szaporodó, emberi vagy állati fogyasztásra alkalmas különféle növények, állatok és gombák, továbbá például a méz is. Ezek jelentősége azonban napjainkban nem annyira az ételmezésben rejlik, sok esetben a megszerzésükhöz kapcsolódó élménynek, a hagyományok őrzésének nagyobb jelentősége van (ld. kulturális szolgáltatások). Itt csak a bükkösök faanyagtermelésben játszott szerepére térünk ki nagyon röviden.

A minőségi faanyagtermelésben a bükk az egyik legfontosabb hazai fafaj, sokoldalúan hasznosítják, elsősorban a fűrészes és lemeziparban. Az Erdőleltár 2015–2019-es időszakra vonatkozó adatai szerint az élőfakészlet a hazai bükkösökben ~51,5 millió m³. Ezzel részesedésük országosan 10,7%, miközben területarányuk mindössze 5,2%. A bükk, mint fafaj élőfakészlete 2022-ben 41,8 millió m³ volt.

Szabályozó szolgáltatások

A szabályozó és fenntartó szolgáltatások közé sorolhatóak mindazon felszíni vagy felszín alatti folyamatok, amelyek biztosítják az ökoszisztémák működésének dinamikus egyensúlyát, a földi élet alapját képező körfolyamatok fenntartását (Kovács-Hostyánszki et al. 2022). Ide tartoznak többek között az erózió és az árvíz elleni védelem, a vízvisszatartás, a víz- és levegőminőség biztosítása (pl. a szennyezők szűrése és megkötése által), a finom és nagyleptékű klíma-szabályozás, valamint a beporzás (Kovács et al. 2015). Az alábbiakban a hazai bükkösök, illetve a bükk, mint fafaj klímaszabályozásban betöltött szerepével foglalkozunk kicsit bővebben.

Globális klíma-szabályozás: szénmegkötés és tárolás

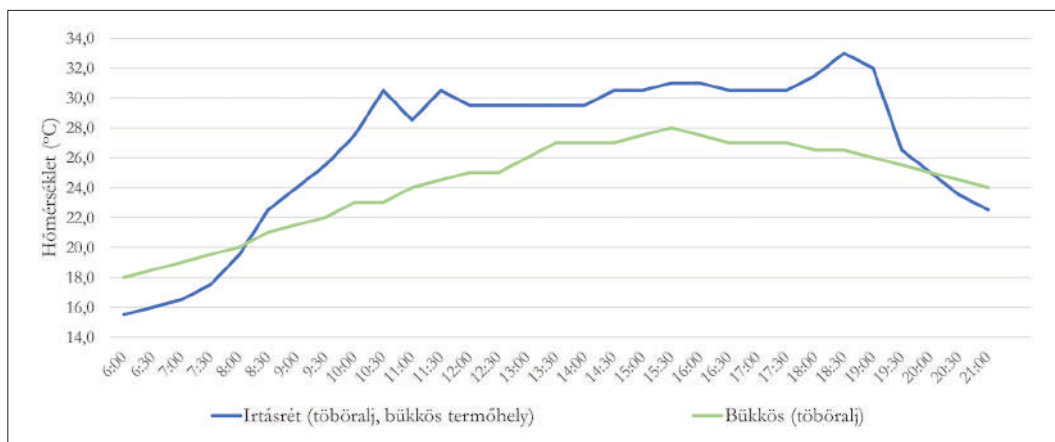
A globális klíma szabályozásához az ökoszisztémák az üvegházhatású gázok megkötésével, illetve tárolásával járulnak hozzá (Somogyi et al. 2023), és ebben a hazai bükkösök fontos szerepet játszanak. Ami a megkötést illeti, a bükk éves növedéke jelenlegi becslések szerint országosan mintegy 0,9 millió m³ (Kollár 2022), tehát 0,59 t/m³ sűrűséggel számolva (Somogyi et al. 2023) a fafaj által megkötött szén mennyisége éves szinten kb. félmillió tonnára tehető. Bár vannak gyorsabban növekedő fafajok, a szénmérleg szempontjából nemcsak a megkötés számít, hanem az is, hogy a megkötött szén mennyi időre kerül ki a körforgásból. Az ellátó szolgáltatásoknál ismertetett élőfakészlet adatok alapján a bükkösök területarányukhoz képest kiemelkedő mennyiségű szenet tárolnak az élő fák föld feletti biomasszájában. Ez azonban a teljes erdei szénkészletnek csak egy részét adja, jelentős az egyéb tározókban, például a gyökérzetben, valamint a holtfában és a talajban tárolt szén mennyisége is (Somogyi et al. 2023). Fühner és Jagodics (2009) bakonyi mérései szerint egy kedvező termőhelyen álló, 70 éves, gazdasági céllal kezelt bükkösben a fák törzsében az összes széntartalom 45%-a, ágaiban 13%-a, gyökérzetében 12%-a található meg. A talaj- és avarszint pedig összesen kb. 30%

szenet tartalmaz. Egy őserdőnek tekintett bükkös erdőrezervátumban (Mátra: Kékes-Észak) végzett mérések alapján a talaj széntartalma 214 t/ha (Juhász et al. 2008), míg az említett bakonyi gazdasági erdőben 114 t/ha (Führer & Jagodics 2009). Összehasonlító mérések alapján a bükkösök talajában tárolt szénmennyiség a tölgyesekhez képest jelentősen magasabb lehet (Kasper et al. 2022). A holtfa jellemző mennyiségére nézve az Erdőleltár ad támpontot. A 2015–2019 közötti időszakból származó adatok alapján a hazai bükkösökben található álló holtfa mennyiségét összesen 944 000 m³-re becsüli (ez az adatbázisban szereplő társulások között a negyedik legmagasabb érték, 7,5%-os részesedéssel). A fekvő holtfa esetében pedig ez az érték kb. egymillió m³ (a második legmagasabb, az összes 11%-a).

A szén hosszú távú tárolása szempontjából kedvező, hogy a bükk esetében jellemzően magas (100–120 év, vagy még magasabb) vágásérettségi kort alkalmaznak. A fakitermelés során ugyanis nemcsak az élő biomasszát távolítják el, hanem a talajban és a holtfában tárolt szén nagy része is felszabadul (Somogyi 2016). További fontos tározót jelentenek a különféle, fából készült termékek. Míg a tűzifaként hasznosított faanyagban tárolódó szén szinte azonnal visszakerül a légkörbe, a fából előállított egyéb termékek életciklusuk alatt még tárolják a megkötött szenet (Király & Kottek 2014). A kitermelt bükk jelentős hányadát (az NFK 2022. évi adatai alapján kb. 37%-át) nem tűzifaként hasznosítják (tölgyeknél ez az érték 2022-ben 26,7%, gyertyánál 5,6% volt), tehát ez a fafaj a fatermékekben hosszabb távon tárolódó szén tekintetében is viszonylag kedvező. Sajnos ez az arány csökkenő tendenciát mutat, a 2010-es évek elején a bükk esetében még 50% körül mozgott. A fentiek alapján a hazai bükkösök fontos szerepet játszanak mind a szén-dioxid megkötésében, mind tárolásában, és ezen keresztül a nagyléptékű klímaszabályozásban.

Lokális klímaszabályozás – mikroklíma-módosító hatás

Az erdőkben kiegyenlített hőmérséklet és magasabb páratartalom jellemző, mint a környező nyílt területeken. A mikroklíma-módosító hatás illusztrációjaként az 8.5.-1. ábra egy töbőraljban található irtásrét és egy közeli, hasonló termőhelyen álló zárt bükkös állomány napi hőmérsékleti görbéjét ábrázolja (1,5 m magasságban) egy száraz, meleg nyári napon. A görbék lefutásán látható a bükkös kiegyenlítő hatása az irtásréthez képest, és az is, hogy ez a nap nagy részében jelentősen, akár 3–4 °C-kal alacsonyabb (tehát a nyári melegben kedvezőbb) hőmérsékletet jelent a zárt erdőben. A különböző ökoszisztémák eltérő mértékben járulnak hozzá a mikroklíma-szabályozáshoz (Koncz et al. 2021). Leuschner et al. (2023) eredményei szerint például ez a mikroklíma-módosító hatás bükkösökben jelentősebb, mint tölgyesekben. A sűrű lombzatú, erősen árnyaló fafajok nagy melegben több fokkal csökkenthetik a hőmérsékletet a nyílt területekhez képest, az emberi hőérzetet pedig még ennél is jelentősebb mértékben javíthatják. Így képesek lehetnek a hőstressz csökkentésével lokálisan enyhíteni a klímaváltozással egyre gyakoribb hőhullámok hatását (Gillerot et al. 2022).



8.5.-1. ábra. Irtásrét és egy közeli, hasonló termőhelyen álló zárt bükkös napi léghőmérsékleti görbéje egy száraz, meleg nyári napon (2012. 07. 01., Aggteleki-karszt)

Kulturális szolgáltatások

A kulturális szolgáltatások a természetből merített nem materiális javak (Kovács-Hostyánszki et al. 2022), melyek az erdők közjóléti funkciójához kötődnek. Számos típusuk létezik (a természetjárástól az oktatáson át a művészi ihletig – Kovács et al. 2015), ám ezek nagy része jellegéből adódóan nehezen megfogható, térképezhető. A hazai országos értékelésben összesen két kulturális szolgáltatás vizsgálatára volt mód, ezek a gyalogos természetjárás és a gombászás, mint kulturális örökségünk egy példája (Csákvári et al. 2021). Itt a bükkösök és a természetjárás kapcsolatával foglalkozunk részletesebben.

Az erdők szerepe fokozatosan felértékelődik a hazai turizmuson belül, a leglátogatottabb belföldi turisztikai célpontnak számítanak (Lomniczi 2018). Királyi (1987) korabeli számításokra hivatkozva a hazai erdők által szolgáltatott „erdei üdülés” értékét éves szinten az állami erdők termelési értékének 10%-ára tette. Széchy és Szerényi (2022) becslése szerint Magyarországon 2020-ban az erdei rekreációs szolgáltatások értéke önmagában már a fakitermelés pénzbeli értékének mintegy 20%-át tehető ki. Megjegyzik továbbá, hogy ez az arány jelentősen magasabb lehet a népszerű turisztikai célpontok esetében. Ennek fényében némileg meglepő módon a közjóléti elsődleges rendeltetésű erdők aránya országosan nagyon alacsony, 2022-ben mindössze 1%. 2015 végén összesen 660 bükkös erdőrészlet esetében nevesítettek parkerdő rendeltetést; a bükkösök az összes ilyen rendeltetésű terület 10%-át tették ki. Ebből 165 erdőrészlet az, ahol a parkerdő az elsődleges rendeltetés, tehát kifejezetten a közjóléti funkció van fókuszban. Azonban a kirándulók természetesen messze nem csak a közjóléti rendeltetésű erdőket látogatják.

Az erdőbe látogatók erdőtársulás-preferenciájára vonatkoztatott publikált hazai adatot nem találtunk. A faállomány fajösszetétele valószínűleg a szerkezeti jellemzőkkel együtt befolyásol (Jensen 1999). Puskás (2008) hazai vizsgálatai szerint leginkább azok az erdők felelnek meg a lakossági elvárásoknak, amelyek változatosságuk miatt természetvédelmi szempontból is jelentős szereppel bírnak. Havel et al. (2022) borsónyi kérdőívvezetésének eredményében a „vadregényes” erdők szerepeltek, mint jelentős vonzerő (a társulás megnevezése nélkül). Egy, a Müritzs Nemzeti Parkban (Németország) a látogatók és helyiek körében végzett kérdőíves felmérésben viszont a válaszadók konkrétan a természetes szerkezetű, idős bükkösöket emelték ki, mint különösen vonzó területeket (Lupp & Konold 2008).

Az ökoszisztéma-szolgáltatások országos felmérése során meghatározott rekreációs potenciál egy ordinális (tehát sorrenden alapuló) változó, amely 1 és 44 közötti értéket vehet fel. A magasabb értékek a természetjárás szempontjából vonzóbb területeket jelölik. A pontozás (szakértők által megállapított) szempontja volt többek között a domborzat változatossága, a védettség mértéke, illetve a különféle közjóléti létesítmények, vonzerők jelenléte (tanösvények, kilátók, barlangok) (Csákvári et al. 2021). Összevetve az alaptérkép erdőtípusainak jellemző értékeit, országosan a bükkösök és a keményfás ártéri erdők medián értéke a legmagasabb (25 pont a 44-ből), tehát ezek a típusok rendelkeznek a természetjárás szempontjából a legmagasabb potenciállal.

A bükkösök turisztikai jelentőségének további felmérése céljából megvizsgáltuk két népszerű túraútvonal környezetét. Az Országos Kéktúra hazánk leghosszabb egybefüggő jelzett túraútvonala, és egyben a legismertebb is. Nyomvonala a környező erdőgazdasági tájakra jellemző területi arányuknál jóval nagyobb mértékben érint bükkösöket – 9%-a halad bükkösökön át, miközben ezek az érintett erdészeti tájak összterületének csak 4,4%-át adják. Ha csak az erdőket vesszük figyelembe, akkor a különbség csökken, de még mindig jelentős (az útvonal által érintett erdők 14,6%-a bükkös, miközben a bükkösök az érintett tájak erdőinek 10,7%-át teszik ki). Hasonlóak az arányok a Rockenbauer Pál Dél-Dunántúli Kéktúra esetében is, amely később került kialakításra, de szintén része az országos Kékkörnek (8.5.-1. táblázat). A kialakított útvonalak természetesen nem az őket használó kirándulók közvetlen preferenciáit tükrözik, hiszen a kijelölésnek számos (gyakorlati) szempontja van. Azonban a Kéktúra tervezésekor a sok tájegységben már korábban is létező, a kirándulók körében helyben népszerű szakaszokat kötötték össze egymással, így az eredmény mégis informatívnak tekinthető.

8.5.-1. táblázat. A bükkösök területi aránya az országos Kékkör hegy- és dombvidéki szakaszainak nyomvonalán, illetve az ezek által érintett erdészeti tájegységekben. A bal oldali oszlopban az arányokat minden élőhely-típus (tehát gyepek, szántók is) figyelembe vételével számítottuk, a jobb oldaliban csak az erdőket vettük figyelembe

	Bükkösök területaránya (minden alaptérkép típust figyelembe véve) (%)	Bükkösök területaránya (csak az erdőket figyelembe véve) (%)
Országos Kéktúra közvetlen nyomvonala	8,95	14,55
Országos Kéktúra által érintett erdészeti tájak teljes területe	4,41	10,72
Rockenbauer Pál Kéktúra közvetlen nyomvonala	6,41	12,49
Rockenbauer Pál Kéktúra által érintett erdészeti tájak teljes területe	2,66	6,68

Az ökoszisztéma-szolgáltatások összessége

A tizenkét ökoszisztéma-szolgáltatás kapcsán végzett országos összesítő vizsgálatok eredményei (Tanács et al. 2023) felhívták a figyelmet a hazai természetközeli erdők jelentőségére. A multifunkcionalitás mérésére számított mutató az adott terület által kiemelkedő mértékben nyújtott szolgáltatások számát adja meg. (Kiemelkedőnek az adott szolgáltatásra országosan számolt mediánt meghaladó érték számított.) A hazai erdők közül a bükkösökre jellemző a legmagasabb átlagos multifunkcionalitás érték (10,2 – a sorrendben második gyertyános-tölgyesek átlaga 9,9), ami jelzi, hogy egyidejűleg számos szolgáltatást képesek magas szinten nyújtani. Azonban a fák kitermelésével, azaz a faanyaghoz kapcsolódó ellátó szolgáltatások tényleges igénybevétele esetén konfliktusba kerülhetnek a különböző szolgáltatásokra igényt tartó csoportok (pl. a kirándulók vagy gombászok az erdőgazdálkodóval) (Bonsu et al. 2019). A fák eltávolítását követően ugyanis valamennyi szolgáltatás igénybevételének lehetősége hosszú időre lecsökken. A megkötött szén nagy részének elvesztésén túl egy időre megszűnik vagy lecsökken többek között az állomány mikroklima-módosító hatása, vízvisszatartó-képessége, de még az általa nyújtott esztétikai élmény is. A szolgáltatások potenciálja időben nem lineárisan áll helyre, ráadásul a folyamat nagyon hosszú időt vehet igénybe, különösen, ha egy idős, természetszerű erdőt termeltek ki (Sutherland et al. 2016; Mális et al. 2023). A csökkenés mértéke az üzemmódtól, illetve a fahasználat módjától is függ (Eyvindson et al. 2018). A folyamatos erdőborítás megtartása esetén a többi szolgáltatás potenciálja kevésbé csökken (Lafond et al. 2017; Kovács et al. 2019), míg gazdasági szempontból hosszabb távon nem kedvezőtlenebb, mint a vágásos gazdálkodás (Schiberna et al. 2012; Csépanyi 2013). Ehhez képest az Országos Erdőállomány Adattár 2015-ös adatai szerint országosan a bükkösök 77,9%-át vágásos üzemmódban kezelték, és ez az arány még a parkerdő elsődleges rendeltetéssel rendelkező (tehát elvben fontos közjóléti funkciót betöltő) bükkösök esetében is 75%.

A hazai bükkösök jelentősége tehát számos ökoszisztéma-szolgáltatás tekintetében messze túlmutat a területi arányukon. Ezért a természetjáróktól a gazdálkodókig minden érintett, és összességében a társadalom közös érdeke, hogy kezelésük során minél inkább érvényesülni tudjanak a fatermesztésen túlmutató szempontok is.

Irodalom

- Agrárminisztérium 2019: Ökoszisztéma alaptérkép és adatmodell kialakítása. – Agrárminisztérium, Budapest, 377 pp.
- Bonsu N.O., Dhuhháin Á.N. & O'Connor D. 2019: Understanding Forest Resource Conflicts in Ireland: A Case Study Approach. – Land Use Policy 80: 287–297.
- Csákvári E., Fabók V., Babai D., Dósa H., Kisné Fodor L., Jombach S., Kelemen E., Tormáné Kovács E., Könczey R., Mártonné Máthé K., Michalkó G., Remenyik B., Tanács E., Valánszki I. & Zölei A. 2021: A gyalogos természetjárás és gombászás mint kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások értékelése – Az ökoszisztéma-állapottól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékelésig. – Agrárminisztérium, Budapest, 119 pp.
- Csepányi P. 2013: Az örökzöld elvek szerinti és a hagyományos bükkgazdálkodás ökonómiai elemzése és összehasonlítása. – Erdészettudományi Közlemények 3(1): 111–124.
- Eyvindson K., Repo A. & Mönkkönen M. 2018: Mitigating Forest Biodiversity and Ecosystem Service Losses in the Era of Bio-Based Economy. – Forest Policy and Economics 92: 119–127.
- Gillerot L., Landuyt D., Oh R., Chow W., Haluza D., Ponette Q., Jactel H., Bruelheide H., Jaroszewicz B., Scherer-Lorenzen M. & De Frenne P. 2022: Forest structure and composition alleviate human thermal stress. – Global Change Biology 28: 7340–7352.
- Havel A., Saláta D., Halász G., Orosz Gy. & Tormáné Kovács E. 2022: A kirándulás mint kulturális ökoszisztéma-szolgáltatás a Börzsönybe látogatók körében végzett kérdőíves felmérés alapján. – Természetvédelmi Közlemények 28: 48–73.
- Jensen F.S. 1999: Forest recreation in Denmark from the 1970s to the 1990s. – The Research Series, Vol. 26. – Danish Forest and Landscape Research Institute, Hørsholm, 166 pp.
- Juhász P., Bidló A., Heil B., Kovács G. & Patocskai Z. 2008: Bükkös állományok szénmegkötési potenciálja a Mátrában. In: Proceedings of the Hungarian conference on soil science. – Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza, pp. 409–416.
- Kasper J., Weigel R., Walentowski H., Gröning A., Petritan A.M. & Leuschner C. 2021: Climate warming-induced replacement of mesic beech by thermophilic oak forests will reduce the carbon storage potential in aboveground biomass and soil. – Annals of Forest Science 78: 89, 29 pp.
- Kelemen E. 2013: Az ökoszisztéma szolgáltatások közösségi részvételen alapuló, ökológiai közgazdaságtani értékelése. – Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő. 190 pp.
- Kelemen E. & Pataki Gy. 2014: Az ökoszisztéma szolgáltatások értékelésének elméleti megalapozása. In: Kelemen E. & Pataki Gy. (szerk.): Ökoszisztéma szolgáltatások: A természet- és társadalomtudományok metszéspontjában. – Szent István Egyetem, Környezet és Tájgazdálkodási Intézet, Environmental Social Science Research Group (ESSRG), Gödöllő, pp. 35–55.
- Király É. & Kottek P. 2014: A hazai faipari termékekben tárolt szén mennyiségének és készletváltozásának becslése a 2013 IPCC Supplementary Guidance módszertana alapján. – Erdészettudományi Közlemények 4(1): 95–110.
- Királyi E. 1987: Az erdő a társadalmi jólét szolgálatában. – Az Erdő 36(7): 289–293.
- Kollár T. 2022: Bükk (*Fagus sylvatica*) állományok fatermesi függvénye és táblája az ERTI tartamkísérleti hálózatának adatbázisa alapján. – Erdészettudományi Közlemények 12(1): 5–29.
- Koncz P., Horváth L., Somogyi Z., Kottek P., Weidinger T., Ács F., Kröel-Dulay Gy., Fogarasi J., Molnár A., Pásztor L. & Popp J. 2021: A tűzifatermelés, az éghajlat- és a mikroklíma-szabályozás, mint ökoszisztéma szolgáltatás értékelése – Az ökoszisztéma állapotól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékelésig. – Agrárminisztérium, Budapest, 191 pp.
- Kovács B., Tinya F., Németh Cs. & Ódor P. 2020: Unfolding the effects of different forestry treatments on microclimate in oak forests: results of a 4-yr experiment. – Ecological Applications 30(2): e02043.
- Kovács E., Harangozó G., Marjainé Szerényi Zs. & Csepányi P. 2015: Az erdők által nyújtott ökoszisztéma szolgáltatások és értékelésük alapjai. – Erdészeti Lapok 150(6): 164–166.
- Kovács-Hostyánszki A, Kisné Fodor L., Zsembery Z. & Tanács E. (szerk.) 2022: Hazai ökoszisztéma-szolgáltatások térképezése és értékelése. – Agrárminisztérium, Budapest, 379 pp.
- Lafond V., Cordonnier T., Mao Z. & Courbaud B. 2017: Trade-offs and synergies between ecosystem services in uneven-aged mountain forests: evidences using Pareto fronts. – European Journal of Forest Research 136: 997–1012.
- Lomnici G. 2018: Országos lakossági „erdőkép” IV. Erdőlátogatási szokások. – Erdészeti Lapok 153(3): 78–81.
- Lupp G. & Konold W. 2008: Landscape preferences and perception of both residents and tourists: a case study in Müritzer National Park (Germany). In: Siegrist D., Clivaz C., Hunziker M. & Iten S. (eds.): Visitor Management in Nature-based Tourism. Strategies and Success Factors for Recreational and Protected Areas. – Series of the Institute for Landscape and Open Space. – HSR University of Applied Sciences Rapperswil 2, Rapperswil, pp. 47–59.

- Madas A. 1997: Az erdészeti világtudományok jelentősége 1997. – Erdészettörténelmi Közlemények 30: 160–181
- Nagy K. 2021: Nemzeti Szisztematikus Erdőleltár. – Nemzeti Földügyi Központ, Erdészeti Főosztály, Budapest, 69 pp.
- Puskás L. 2008: Az erdők rekreációs érték meghatározásának módszertana és az erdei turizmus jellemzése. – Doktori értekezés. – Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Doktori Iskola, Sopron, 122 pp.
- Schiberna E., Lett B. & Juhász I. 2012: A folyamatos erdőborítás ökonómiai értékelésének elvi kérdései. – Erdészettudományi Közlemények 2(1): 7–19.
- Somogyi Z. 2016. Fűben-fában karbon. – <http://www.scientia.hu/fubenfabankarbon>.
- Somogyi Z., Tobisch T. & Király É. 2023: Land-Use, Land-Use Change And Forestry. In: Kis-Kovács G. (ed.): National Inventory Report for Hungary 1985–2021. – Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, pp. 336–453.
- Sutherland I.J., Bennett E.M. & Gergel S.E. 2016: Recovery trends for multiple ecosystem services reveal non-linear responses and long-term tradeoffs from temperate forest harvesting. – Forest Ecology and Management 374: 61–70.
- Széchy A. & Szerényi Zs. 2023: Valuing the Recreational Services Provided by Hungary's Forest Ecosystems. – Sustainability 15: 3924.
- Tanács E., Vári Á., Bede-Fazekas Á., Báldi A., Csákvári E., Endrédi A., Fabók V., Kisné Fodor L., Kiss M., Koncz P., Kovács-Hostyánszki A., Mészáros J., Pásztor L., Rezneki R., Standovár T., Zsembery Z. & Török K. 2023: Finding the Green Grass in the Haystack? Integrated National Assessment of Ecosystem Services and Condition in Hungary, in Support of Conservation and Planning. – Sustainability 15: 8489.



8.5.-2. ábra. Tarra vágott idős bükkös a Bükk hegységben (2021 május). Jogilag így is erdő, de még hosszú évtizedekig nem képes a korábbi szolgáltatásait nyújtani (Fotó: Tanács Eszter)

8.6. Kultúrtörténeti vonatkozások

Tuba Katalin és Kelemen Géza

A bükk a mai Magyarország erdeiben alacsony területfoglalású, ám hírneve és jelentősége mind a szakmai körökben, mind a civil társadalomban sokkal nagyobb. Ebben bizonyára szerepe van a fa méltóságteljes megjelenésének, idős korra robusztus termetének, oszlopszerű, sima, kékesszürke kérgű törzsének; a bükkösök, más honos erdeinkhez képest csendes, ám méltóságot sugárzó környezetének, természetességi állapotának, gyakran cserje- és gyeppmentes talajának is.

A bükk emberi szempontú felhasználása az utóbbi néhány száz évben erősen hullámzott. Eleinte faanyagát a legegyszerűbb módon, azaz tűzifának használták, hiszen nagyon magas a fűtőértéke, illetve néhány házi eszköz fa alkatrészét készítették el belőle. A bükk faanyagának elsődleges, más fejezetekben bemutatott felhasználási módja már nagyon régóta ismert. A másodlagos felhasználásban, egyfajta feldolgozott terméként, úgy, mint a faszén, a hamuzsír, az üveggyártás, valamint más fafajokkal együtt a mészégetés terén történő alkalmazása az elsődleges felhasználásokat követően, rövid időn belül jelentőssé vált. A 17. század második felétől a 19. század közepéig, az ipari forradalom fejlődést serkentő társadalmi-gazdasági hatásai (a gépek hatékonyabb termelésbe vonása, a jólét emelkedése, a nagy háborúk vége) miatt óriási kereslet mutatkozott a bükk faanyagának másodlagos termékei iránt, aminek mértéktelen kihasználása, szó szerint elfüstölése lett az eredménye. Erre vonatkozóan tette Hegyi (1978) szomorúan azt a megjegyzést, hogy „Ilyen, az erdőre halált hozó iparágak voltak a hamuzsír, a salétrom, a faszén és a mész készítése céljából végzett faégetés”. Az ipar az 1850-es évekre más technológiákkal már hatékonyabban tudta előállítani ezeket a kelendő termékeket, ekkor a bükk felhasználása a korábbi szintre esett vissza. A bükk faanyagának újabb felemelkedésére bő száz évet kellett várni, amikor a különböző, újszerű kezeléseknek (pl. gőzölés) köszönhetően ismét növekvő kereslet mutatkozott iránta. Ezzel szinte egyidejűleg már nem csupán a bükk faanyaga, hanem az ökológiai szerepe is hangsúlyosabbá vált, és mára már a bükkről bátran elmondhatjuk, hogy újabb reneszánszát éli, hiszen az előbbieket mellett a fa leveleit is, sőt egyfajta vélt spirituális hatásait is előszeretettel „újrafogyasztjuk”. Reméljük, ez nem csak rövid életű fellángolás lesz a bükk iránt, de nem is a hatványdalát kell tudomásul vennünk az utóbbi időkben lezajló élőhelyváltozásai miatt.

A bükk név eredete és előfordulása földrajzi nevekben

A bükk szó a nyelvészetben

Bikkmakk alakban, átvitt értelemben, tréfás szövegekörnyezetben a semmit sem érő, haszontalan, hitvány dolog jellemzésére használják. Tréfás szólásunkban: „azt se mondja: bikkmakk”. Jelentése: egy szót sem szól, meg sem mukkan (Tótfalusi 2001). A magyar nyelv értelmező szótára szerint a bikkfanyelv: nehézkes, üres frázisokkal élő, szürke, illetve értelmetlenségbe menően hivataloskodó szakmai nyelvezet, stílus, például jogi bikkfanyelv.

A német és az angol „könyv” szó (das Buch, book) eredete is a bükkfára utal. A rómaiak a pergamen mellett mindennapi feljegyzésekhez viasztáblát használtak, melyek vékony, 30–40 cm széles deszkalapok voltak, viasszal befuttatva. Később ezeket a deszkalapokat bükkfából készült táblákkal helyettesítették. Németül a betű szó (der Buchstabe) szó szerint bükkpálcát jelent. A bükkfapálcákra vésett rúnákat egykor jóslásra használták. A betű szónak is köze van a közönséges bükkhöz.

A bükkhöz kapcsolódó földrajzi nevek

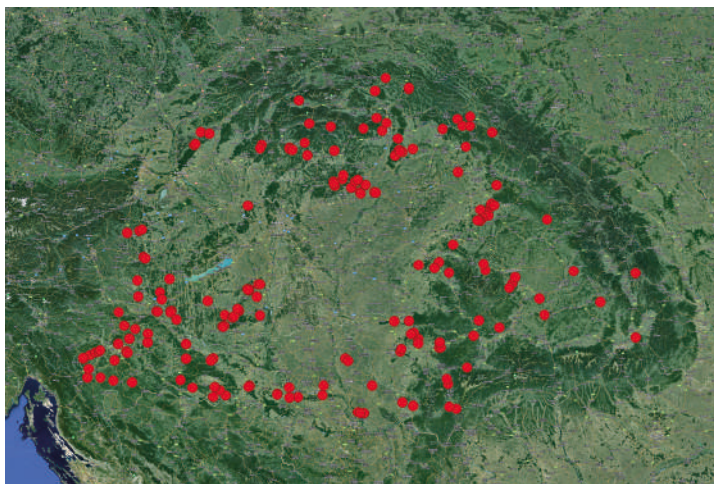
A történelmi Magyarország területén körülbelül 250 településnévben fordul elő a bükk (*bik, buk, Buch*) szó, illetve a bükkhöz kapcsolódó fogalmak (huta, hamuzsír stb.) (8.6.-1. ábra). Ahogy a térképen is látszik, e települések súlypontja a bükk számára kedvezőbb élőhelyekhez köthető. A településneveken túl a külterületi részek, hegyek, völgyek számtalan bükk-előtagú nevet őriznek. Néhány szómagyarázat ehhez kapcsolódóan. Bikal: a falu nevének jelentése bükk-al, vagyis „bükkös erdő alja” (Ódor 2002). Magyarbükkös (románul Bichiș, németül Buchendorf) község Maros megyében. Magyarbüks vagy Magyarbükkös (németül Ungarisch Bieling) Vas vármegyei elnéptelenedett község. Bükkösd község, valamint Bükkös, mely Jágónak része Baranya vármegyében. Sepsibükkszád (Bixad) település Erdélyben, Háromszéken. Helytörténeti érdekesség, hogy Sugásfürdő (Sepsiszentgyörgy) nevét a bükkerdők sűgő-susogó hangjáról kapta.

Szintén számos patak, de még utcanév is található bükk előtaggal: Bükkös-patak mentén, Bükkös Erdélyben, Bükkös-patak Szentendrén. Bükkös út Budapesten, vagy maga Bukovina a lengyel Tátrában és Bukovi a Galíciában található település is a bükköt őrző nevében.

A bükkhöz köthető fogalmak közül például a huta, amely a hamuzsír, valamint az üveg készítésénél használt berendezés megjelölése, szintén számos földrajzi nevében megjelenik. A mai Magyarországon területén, illetve Szlovákiában, Romániában legalább 15–20 – huta – tagú településnevet gyűjtött össze a wikipédia megfelelő oldala. A magyarországiak közül néhányat megemlítünk: Ötház-huta (ma Mátraszentimre), Fiskalitáshuta (ma Mátraszentlászló), Felsőhuta (ma Mátraszentistván), Répáshuta, Háromhuta (Újhuta, Középhuta és Óhuta), Huta vagy Hutaszentlélek (Pilisszentlélek köznyelvi neve, Esztergom része), Parád-Óhuta (Parád része, Heves vármegye), vagy Szokolya-huta (Szokolya-Királyrét egykori neve, Pest vármegye), Vágáshuta a Zempléni-hegységben, Hutahelyi-patak a Mátrában. Romániában Almaszeghuta (Bihar megye), Huta (Kolozs megye), Huta (Csákyújfalu román elnevezése, Szilágy megye), Huta-hágó (hágó az Avas-hegységben, Szatmár és Máramaros megye között). Szlovákiában Divényhuta (1899-ig Ó-Huta, szlovákul Stará Huta, Besztercebányai kerület), Esztebnekhuta (szlovákul Stebnícka Huta, németül Glashütte, Eperjesi kerület, Bártfai járás), Huta (Pozsonymás településrésze, Pozsonyi kerület, Malackai járás), Hutás (szlovákul Hutka, németül Glashütte, Eperjesi kerület), Livóhuta (szlovákul Livovská Huta, Eperjesi kerület), Murányhuta (Besztercebányai kerület), Szomolnokhuta (szlovákul Smolnícka Huta, németül Schmölnitze Hütte, Kassai kerület, Gölnicbányai járás).

Hamuház megjelölésű területekkel is több helyen találkozhatunk, a Vértesben, a Börzsönyben, a Bakonyban, Somogyban, Vasban (Hamuház dűlő Csipkerekén), de van például a Balaton-felvidéken és Baranyában is e fogalomhoz köthető településnév. Érdekes, hogy Potácsháza, illetve Potács-völgy neve is közvetlenül a bükkhöz köthető. Az előbbi az egykori hamuzsír-főzés építményei helyén álló turistaház, az utóbbi zempléni völgyben pedig hamuzsír főzése folyt (Potács = Pottasche, ami németül a hamuzsír megnevezése).

Német nyelvterületen a Holzkohle (faszén), illetve Aschenhütte (hamuház) mint helynév nagyon gyakran előfordul, egykori lakosainak foglalkozására utalva. A bükk szó a német nyelvterület helységeiben 1 500 alkalommal fordul elő.



8.6.-1. ábra. Települések a Kárpát-medencében, melyek neve a bükkhöz köthető. (A térképi pontok adatait Kollányi László bocsátotta rendelkezésre. A térkép Péter Judit segítségével készült)

A bükk nevéből származó személynevek

Bükk (7), Bükk-Molnar (1), Bükkerdő (4), Bükkerti (7), Bukkes (1), Bükkfa (1), Bükkfai (1), Bükkfalvi (5), Bükkhegyi (1), Bükkhely (4), Bükkhelyi (1), Bukki (3), Bükki (19), Bukkna (2), Bükkony (1), Bukkos (7), Bükkös (1), Bükkös (1), Bükkösd (1), Bukkosdi (2), Bükkösdi (1), Bukkosi (7), Bükkösi (10), Bükkösy (3), Bükky (RadixIndex 2023) ... és még számos származtatott név: Büky, Büki, Bulovi és például a Baksa és a Szénégető magyar családnév is.

Német nyelvterületen Köhler, mint foglalkozásnévből kialakult személynév (a.m. Faszénító), csakúgy, mint a magyarországi sváb felmenőkkel büszkélkedő Aschenbrenner családnév (a.m. Hamuégető) is közvetlen a bükkhöz köthető név.

A bükk régies francia neve a „Fayard” vagy „Foyard” a latin „Fagus” szóból származik (a ma elterjedt neve „le hêtre” a német Heister szóból ered) (Ride 2022). A francia Faix [fɛ] főként Közép-Franciaországban előforduló képzőtlen lakóhelyi név, amely a hasonló hangalakú, ’bükk, bükkös’ jelentésű külterületi helyről, tanyáról való származást, ottani lakóhelyet jelöl. Hasonló jelentésűek, azonban előjáróval és eltérő írásmóddal, nyelvjárási formával alakultak ki a következő francia nevek: Deffaix, Defais, Defait, Deffais, Defois, Defoix, Deffois, Deffoix.

A bükkhöz, bükkösökhöz köthető állatok és növények nevében is gyakran megjelenik a bükk szó, például: bükk gubacsszúnyog, beech gall midge, die Buchengallmücke, la cécidomyie du hêtre (*Mikiola fagi*); bóbítás bükkszú, kleiner Buchenborkenkäfer, beech bark beetle (*Taphrorychus bicolor*); bükk-bolhaormányos, der Buchenspringrüssler, beech leaf-miner beetle, le charançon du hêtre (*Orchestes fagi*). Ritkább az az eset, amikor csak egy-egy nyelv köt egy fajt a bükkhöz, így a németben der Buchfink (*Fringilla coelebs*), vagy a magyarban bükksás (bükkös sás, szőrös sás) (*Carex pilosa*).

A bükk népi felhasználása

A bükk faanyagát, annak gyenge tartóssága miatt, a korábbi korokban minőségi fatermékekhez, úgy, mint épületfának vagy bútór alapanyagának, ritkán használták. Tüzelésre azonban annál inkább, hiszen tűzifának vagy faszénnek, valamint élelmiszerek füstölésére kiváló a fája, amellet, hogy magas a fűtőértéke, a füstje illatos. Tűzifája előnyére válik jó hasíthatósága is.

Az elégetése során keletkező hamu felhasználási módjai már a középkortól ismertek. Az újkorban hamuját sokrétűen és széles körben alkalmazták. Hazánk hegyvidéki területein, de a trianoni döntés előtti Magyarország erdőszelvényesein is kiterjedten használták a korabeli háziipari termelés alapanyagaként. Úgy, mint a ma már ipartörténeti, illetve néprajzi érdekességnek számító, szakoktatási intézményeinkben a „melléktermékek” címszó alatt tanított faszénégetésnél, a hamuzsír főzésnél, a mészégetésnél, illetve az ipari jellegű kohászatnál, az üvegyártásnál és a lőporgyártásnál is. Ezek a tevékenységek a legújabb korban már olyan méretűre nőttek ki magukat, hogy alapanyagigényük kielégítése miatt hatalmas területeken megfogyatkoztak a bükkösök.

A bükk felhasználása a faszén, a hamuzsír és az üvegyártás tekintetében a Kárpát-medencében, sőt egész Európa bükkös öveiben alig mutat különbségeket, így ezen felhasználások mikéntjét Magyarországra és Európára vonatkozóan együttesen tárgyaljuk.

Faszén

A faszénre nagyon régóta, tulajdonképpen a rézkor óta, a kovács- és a lakatosmestereknek volt szüksége, de egy virágzó kovácsműhely számára egy kisebb boksában készült faszén mennyisége 5-6 évig is elegendő volt. Az iparszerűvé váló vaskohászat is nagy mennyiségben igényelte a bükkösök faanyagát, természetesen más fafajok mellett (Veres 2022). A mai erdőben, a hagyományos módon történő faszénégetés már jóformán csak folklorisztikus jelentőségű tevékenységként fordul elő, bár néhány erdőgazdaság kisebb mennyi-

ségben állít elő kereskedelmi célból faszenet, a hagyományos eljárással. A bükkfából kiváló minőségű faszén készíthető.

Most röviden ismertetjük az ún. boksaszenítés folyamatát Ortutay (1977) és Paládi-Kovács (2002) nyomán. A szénégető helyet Erdélyben „baksa- vagy vátrahelynek” (román vatra = tűzhely), a Bakonyban boksa-helynek is nevezik. A leendő boksának száraz helyet választanak, amit elegyengetnek, simítanak, vagy enyhe rézsűjű kúp formájában képeznek ki. A kisebb, 80 ürméter fa kiégetésére alkalmas boksának legalább 8 m átmérőjű hely kell, de ismert 250 ürméteres boksa is, ahol legalább 12 m-es átmérő az elvárt. Ahol lejtős területre kerül a boksa, ott bizony ekkora teraszt kell kialakítani. A boksabéltől a boksa széléig, annak alján mintegy 15 cm széles rést, úgynevezett gyújtólikat képeznek ki, majd ezen keresztül gyújtják be a boksát. Az összerakott boksát lehullott falevéllal, szalmával, száraz növényekkel takarják, majd legalább 10 cm, de inkább 20–25 cm vastagon befedik földdel. A boksa tetején szellőzőnyílás marad, hogy könnyebben meggyulladjon.

A fa elszenesedését az mutatja, hogy a boksa oldala összeesik, megroggyan (8.6.-2. ábra). Egy nagyobb, 150 m³ fából rakott boksa nyáron 14–16, télen 10–12 nap alatt ég ki, bár télen ritkán égetnek boksát. Égetés után a szénrakásról gereblyével lehúzzák a földet, majd port lapátolnak rá, vagy vizet locsolnak rá, hogy a még izzó faszén lefojtva hűljön ki. A lehűlés legalább egy napot vesz igénybe. Ezután a faszenet tisztítják, portalanítják és halomba gyűjtik. A jól kiégett szén lapátoláskor csengő hangot ad, és nem hagy fekete nyomot a fehér tárgyakon. 1 m³ száraz bükkfából rendszerint 5 hektó (kb. 110–120 kg) faszén készül (Hegyi (1978) tanulmányában egy ürméterből), azaz a faanyag térfogatra nézve a felére, súllyra negyedére csökken. A nagyarányú szíjácscsal rendelkező, fiatal fából lesz a legjobb minőségű szén, míg az öreg gesztfa könnyen pattanó, merev szenet ad. Fontos, hogy a fa egészséges legyen, mert korhadt fa kevés szenet és sok gázt ad (Lukács 1951).



8.6.-2. ábra. Szénégető boksa (Fotó: Csóka György)

Egy boksánál általában két szénégető dolgozott. Égetés közben nem volt szabad elhagyniuk a boksát, a begyűjtés után csak felváltva pihenhettek, hiszen a boksa égését nem lehetett leállítani éjszakára vagy hétvégére. Ez nehéz és veszélyes munka volt, ráadásul az időjárás viszontagságainak kitéve kellett dolgozni (Kinda & Peti 2004). Mi történik a boksában? A boksa belsejét légmentesen nem tudjuk lezárni. A földtakarással azt érjük el, hogy a boksa belsejébe kevés levegő jusson és lassan égjen. A boksa égése során hőt termelve a faanyag egy része elég, de elég közben a termelődő fagáz és a faszesz is, a felszabaduló vízgőz pedig a levegő egy részét kiszorítja a boksából.

Magyarországon a XIII. században már égettek kereskedelmi célból faszenet. IV. László 1276-os oklevelében megemlíti, hogy „... a szénégetők és favágók az erdőkben vagy Gölnitz város más munkásai ... a város határain belül szabadon minden akadályoztatás nélkül működhetnek”. Kiemelt szerepüket igazolja, hogy a felső-magyarországi bányavárosokban a szénégetők, csakúgy, mint a bányászok és a favágók, II. József uralkodásáig adómentességet élveztek, nem kellett a robotmunkában és a katonai szolgálatban sem részt venniük (Viga 1990). A kevés megművelhető földterülettel rendelkező hegy- és dombvidéki területeken egész falvak folytattak szénégetést. Ilyen település volt a Bükk hegységi Mályinka, a mátrai szlovák falvak, így Mátraszentimre, Mátraszentistván és Mátraszentlászló, vagy az erdélyi Farkaslaka is. A török korban viszont a harcok miatt a jobbágyok kötelezettségeként előírták a lőpor előállításához szükséges faszén beszolgáltatását (Kokas 2013).

A faszén alkalmazása a 19. század végén újabb lendületet kapott, ugyanis a textilipar fejlődésével a korábbiaknál sokkal jobb minőségű gyári vásznakat készítettek. Ezeket már nem mángorlóval, hanem faszenes vasalóval tették a mosás után egyenletesebbé. Ekkor a faszén a kohászok és a kovácsok műhelyeiből kilépett és elterjedt a városi és falusi háztartásokban is (Viga 1990). A réz- és vasgyártás során a mai napig használják a faszenet („edzőszén”), de ismert termék az aktív szén, a szűrők és szagtalanító berendezések (pl. a gázalarc szelence) részeként is. Mivel könnyen meggyújtható, majd szinte láng nélkül ég, kiválóan alkalmas grillezésre. A faszén ipari méretekben történő előállítás manapság szénégető üzemekben történik, ahol 16–20 óra alatt, nagy mennyiségben tudnak faszenet előállítani. Újabban már lehet barkácsáruházakban, kertészeti boltokban házi felhasználásra készült faszénégető retortát is kapni.

A bükkfa elégetésének másik, ősidők óta fontos felhasználási területe, elsősorban a húsfélék tartósítása, a füstölés. A bükkfát a legjobb füstölő fák között tartják számon, mert tömény a füstje. Újabban a sonka és kolbász mellett az élelmiszerboltok polcain található bükkfán füstölt sajtot, szalonnát, sonkát, egyéb húsipari termékeket. Fürjtojást csak bükkfával füstölnek. A sörfőzésnél az angoloknál (smoked old ale) és németeknél népszerű „Rauchbier” típusok készítésénél a malátát a mai napig bükkfán füstölik.

A faszénégetés során szilárd terméket (faszén), gázt (fagáz) és folyadékot (faecet, faszesz, kátrány) is nyerünk. A faszénport a dísznövény termesztők, zöldségtermelők talajfertőtlenítésre és a kémhatás semlegesítésére használják. A fagáz energiatermelésre használható, de összetételéből adódóan hatásfoka alacsonyabb. A folyékony termékek közül a faszesz ipari alapanyag, a kátrány pedig egyes fasebkezelő anyagok alkotórésze (a fentiekről bőseges leírást találunk Szécsi (1884) munkájában).

Hamuzsír

Szintén a bükkfa elégetése az alapja egy másik, már a középkorban is ismert, de igazán az újkorban kiteljesedett háziipari, illetve vegyipari eljárásnak, a hamuzsír főzésnek, avagy a hamulúg nyerésének. A kálium-karbonát (vagy más néven hamuzsír, régi nevén kétszénsavas hamany) egy fehér, könnyen málló, szilárd só. Vízben jól oldódik, vizes oldata erősen bázikus. Összetétele 50–80% kálium-karbonát (K_2CO_3), 5–20% kálium-szulfát (K_2SO_4), valamint néhány százalék szóda (Na_2CO_3) és kálium-klorid (KCl). A hamulúg a szappankészítés és egyes tisztítószer elkészítésének alapja, de szükség van rá az üvegyártás folyamatában, továbbá laboratóriumokban vízmegkötő és szárító hatása miatt alkalmazzák. Hazánkban (és Kínában is) felhasználják a konyhában és az élelmiszeriparban savanyúságot szabályozó anyagként, E501 néven. Korábban elengedhetetlen kelléke volt az üvegyártásnak, a vászonfehérítésnek, a bőrcserzésnek és a salétromfőzésnek is (utóbbiban a faszénnel együtt) (Paládi-Kovács 2002).

Hazai fafajaink közül a bükk a legalkalmasabb a hamuzsír előállítására. Meg kell említeni, hogy egy mázsa hamuzsírhoz mintegy fél hektár fát kellett kivágni. Egykori vélemények szerint a legjobb hamuzsír a kissé már korhadt, karvastagságú bükkfaágak hamujából készült (Hegyi 1978). A folyamat a bükkfa elégetésével kezdődik. Fontos, hogy minél tisztább hamut kapjanak. A bükk faanyagának hamuja 15–20%-ban tartalmaz K_2O -t, ami különösen alkalmassá teszi a hamuzsír kinyerésére (Molnár et al. 2016). A faanyag elégetése után mintegy 0,2–2%-nyi hamu maradt vissza, melynek csupán 1/6–1/10 részéből lesz hamuzsír. Elképzeltető, micsoda mennyiségű faanyagot füstöltek el eleink a hamuzsír nyeréséhez!

Eleinte álló fák alá gyújtottak be, majd méretes vermek fölött égették el a bükkfát, amíg a verem meg nem telt. Az elégetés után visszamaradt hamut további feldolgozásra a hamuházba (szalajkaházba) szállították. Később hamuhutákat építettek, ahol a dolgozókat hamuégetőknek nevezték (Hegyi 1978). A hamuzsír főző hutákban végezték a kilúgást, melynek folyamán a hamut tartalmazó hordót vagy kádat felöntötték vízzel, majd egy napi állás után a hamuból a lúgot kioldó vizet leeresztették. A folyamatot többször megismételték. A következő hordó hamut már az előző lúgos vízzel töltötték fel (Paládi-Kovács 2002). Ezután a lúgos folyadékot lepárolták (főzték), majd az összesűrűsödött, zsíros tapintású, kenődő anyagot a hamuzsír készítés utolsó fázisaként kalcinálták, azaz finomították (Szécsi 1884). Ennek során az ekkor még sötét színű masszából, a sötét színt adó szerves anyagokat hevítéssel távolították el. Magyarországon ez fedett helyen, boltíves

kemencékben történt. Végül a végtermék egy teljesen tiszta, fehér, kristályos szerkezetű por lett. A hamuzsír kálium-szulfátot, kálium-kloridot és szódát tartalmaz, erősen nedvszívó, lúgos hatású, ezért jól záródó hordókban vagy szurkozott ládáknak kellett tartani.

A 19. század közepéig Magyarország világvezető hamuzsír termelő volt, nem csupán a mennyiség, hanem a minőség miatt is. A magyar hamuzsír főként Angliában volt keresett áru, ugyanis az akkori vélemények szerint az angol üvegnek a magyar hamuzsír adta meg a nagy tisztaságát. Az üvegyártás mellett a vászon-fehérítők is nagyra tartották a magyar hamuzsírt. A 18. században a hamuzsírtermelés súlypontja a Dunántúlon volt. Fő központként a Bakonyt és a Soproni-hegységet említhetjük. A magyarországi erdők kimerülése után a hamuzsírtermelés súlypontja Erdélybe tolódott át, ahol a 19. század első felében az avasi, szilágyási, bihari, majd később a brassói-szebeni erdővidékek hutái gyártották a legtöbb hamuzsírt. A növekvő értékesítési nehézségek, a nyersanyag számottevő megdrágulása, az oroszországi hamuzsír megjelenése, a strassfurti (Németország, Szász-Anhalt tartomány) kálisótelepek felfedezése (1856), továbbá a mesterséges szódagyártás következtében a növényi, ezen belül főleg a bükkfából nyert kálisók termelésének bealkonyult (Paládi-Kovács 2002). Napjainkban a hamuzsír ipari előállításához már nem kell fahamu.

Itt említjük meg, hogy a hamuzsír latin eredetű neve a sal alcali, magyarul alkáli só. A Szalajka-patak elnevezése a hamuzsír, mint az egyik alkáli só megnevezéséből ered, de a szalalkáli, mint sütési alapanyag, szintén egy alkáli só. A név tehát a közös eredetre, az alkáli sókra utal (amúgy a sziksó is alkáli só, de a bükkel már nehezen hozható kapcsolatba). A szalalkáli (régi magyar neve szalagáré, szalagória, szalatka, vagy szarvasagancssó, szarvsó, agancssó, mert régebben nitrogénben gazdag szerves anyagokból (szarv, köröm, haj) állították elő, de más felhasználás során repülősnak is nevezik) ammónium-karbonát $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ és ammónium-hidrogén-karbonát $[(\text{NH}_4\text{HCO}_3)]$ keveréke (Wayda 2019). Az élelmiszeriparban E503ii a jele.

Hogy ne legyen olyan egyszerű, a hamuzsír is használatos volt sütés során! A mézes tészták lazítására egykor különböző kémiai lazítószereket használtak, mint például a hamuzsírt, vagy a szalalkálit. Mindkét adalék hasonló hatásokat fejt ki a sütőben, de eltérő tulajdonságaik is fontosak. A sütemény tésztájába adagolt hamuzsír a sav hatására lebomlik, miközben széndioxid szabadul fel. A felszabaduló CO_2 -gáz elősegíti a nagy méztartalmú tészta fellazítását (Wayda 2019). A lazító anyagok mennyiségének és arányának terméktől függő helyes megválasztása nagy szaktudást igényel. A hamuzsír az átmérőt, a szalalkáli a magasságot növeli. A hamuzsírtól jobban pirul, a szalalkálitól világosabbra sül a tészta (FVM 2003). A mai élelmiszeriparban már nem a faanyag elégetéséből származó hamuzsírt alkalmazzák, hanem az ipari úton előállított változatát és az előbb említettekén túl felhasználják savszabályozóként és stabilizátorként is az üdítőitalok gyártásánál.

Napjainkban a folyékony mosószereknek is a hamuzsír az egyik összetevője, valamint CO_2 forrás a tűzoltó készítményekben. A kálium-karbonátokat felhasználják még a mezőgazdaságban műtrágyaként; az üvegyártásban optikai üveg, illetve kristály gyártásához; az építőiparban, habarcs adalékanyagaként a fagyáspont csökkentésére; a fotózásban, mint a fényképek előhívásának egyik reagensét.

Üvegyártás

A hamuzsírhoz szorosan kapcsolódik az üvegyártás története is. Az üveg már az ókorban is ismert anyag volt, sőt, a természetben is előfordul, az obszidián nevű ásványként. Előállításuk sokáig meglehetősen nehézkes és drága volt, emiatt jóformán csak az uralkodók engedhették meg maguknak az üvegtárgyak birtoklását. Európában a rómaiak honosították meg az üvegyártást. A középkorban már többen hozzájuthattak, de a még mindig eléggé költséges előállítás miatt széles körben nem terjedt el. A korai középkorban, Európában a Mediterráneumon kívül csak egy-két nagyobb városban működött üveghuta. A költséges szódát aztán elkezdték helyben honos fák – elsősorban bükk – hamujából készített hamuzsírral (kálium-karbonát) helyettesíteni, valamikor a X–XI. században. Az üveget, mint anyagot egyébként a magyarság még a honfoglalás előtt megismerte. Az üveg szavunk valószínűleg iráni eredetű (Ortutay 1977).

A magyarországi üvegyártás a középkorban kezdődött. Az első, biztosan ismert üveghuták a bányavárosok közelében működtek kamarai üzemekként. A bányavidékeken igencsak fontos feladatot láttak el a kezdetleges üvegedények, ugyanis a nemesfém gyártásnál szükséges erős savakat, a választóvizet és a királyvizet tartották üvegekben. A bányavárosok után a XVI. század végétől magánföldesúri uradalmak erdőségeiben is alakultak üveghuták. Az üvegtárgyak szélesebb elterjedésére azonban még sokat kellett várni, megint csak a nagy háborúk utáni időkre, a 17. század közepére. Ettől kezdve vált széles körűvé a paraszti üvegfelhasználás is. A magyarországi üveghutákban kalcium-kálium üveget állítottak elő. Az üveget a helyszínen található homokból vagy kellően előkészített kavicsból (békasóból), kőből, mész és hamuzsír hozzáadásával hevítéssel állították elő, speciális olvasztó kemencékben. Az üveghuták ebben a békésebb időszakban már ki tudtak települni az erdőkbe, a hamuzsír készítéshez és a kemencék fűtéséhez nélkülözhetetlen alapanyag közelébe. Így született a jellegzetes „erdei üveg” (Waldglas), vagy parasztüveg, amely a felhasznált alapanyagokban található szennyeződések miatt általában zöldes, esetenként barnás vagy sárgás színű volt (Csiffáry 2006). Európában széleskörű, jelentős üvegyártás Hessenben volt, az alapanyagok bősége miatt, később aztán a Feketeerdőben is elszaporodtak az üveghuta települések, amelyek nevükben ma is emlékeztetnek a Feketeerdőüvegre, mint fogalomra (Buck 2022).

A 17–19. századi magyar üveghutákban többnyire ablaküveget (síküveget) és egyszerű, köznépi használatra az olcsóbb használati öblösüveget állítottak elő. A hutákban készített üvegedények a fúvott stílus jegeit mutatták, tehát megjelenésükben az üvegfúvó által kölcsönzött forma dominált. Az esetleges további díszítés általában az üveg felületére helyezett üvegfonalakra, vagy belekarcolt mintákra és üvegfestésre szorítkozott. A szabadon fúvás mellett alkalmazták a samott-, fém- vagy faformába történő üvegfúvás technikáját is (Veres 2006).

Újkori, erdővidéki hutáinkban úgynevezett káliüveget készítettek. Az üveggé olvasztható szilikátot – leggyakrabban homokot vagy kvarckavics (népies nevén „békasó”) zúzalékát – hamuzsírral és mésszel keverték. Teljesen áttetsző („fehér”, illetve „kristály”) üveget csak gondosan válogatott, csillogóan tiszta békasóból vagy finom, fehér kvarchomokból lehetett előállítani, megfelelő tisztítóanyagok hozzáadásával. Az elgondolkodtató nevű békasó a hegyi patakokban görgetett kvarckavicsok neve. A népi hiedelem szerint a kavicsokat a békák nyalják simára, amikor a téli álom idejére egy-egy kavicsot a szájukba vesznek, hogy abból táplálkozzanak (Tótfalusi 2001).

A hamuzsírra azért volt szükség, mert a szilikátos anyag olvadáspontját csökkentette 2000 fokról kb. 1450 fokra, tehát ugyanaz volt a szerepe, mint a velencei nátronüvegben a növényi vagy ásványi szódanak. A keleti kereskedelem kora középkori összeomlása után a levantei partvidékről és Egyiptomból származó nátront helyben előállított hamuzsírral kellett helyettesíteni. A legjobb hamuzsír, mint ahogy már említettük, a kissé már korhadt, karvastagságú bükkfaágak hamujából készült, de közönséges („zöld”) üveg készítéséhez az egyszerű házihamu is megtette. A fahamuhoz gyakran lágyszárú növények (pl. fű, haraszt) hamuját is hozzákeverték. Az üveget a nyersanyag fénoxidjai is festhették. A mangán lilára, a kobalt kékre, a vas sárgára és zöldre fest az olvadékban.

A parasztság az üvegarukat nagyrészt folyadéktároló edényként használta, úgy, mint butéliák, butykosok, kancsók, tányérok, tejesedények (vajköpülő is), virágcserepek, poharak, korsók.

A 19. század folyamán azonban hazánkban is a német és cseh üvegmesterek által a 17. században kifejlesztett, Cseh- és Morvaországban, valamint Sziléziában már általánosan alkalmazott, kifinomult kristálystílus terjedt el. Az egyszerű fúvás helyett a kidolgozott, csiszolt, metszett munkák kerültek előtérbe, és az előállítás a kézműiparról a gyári termelésre tevődött át. A 18. században kifejlesztették a szóda kémiai előállítását (nátriumsó: Na_2CO_3), így a 19. századra az erdei vándorhutáinknak bealkonyult, egyidejűleg nálunk is kialakult és tért nyert a modern üvegyártás (Csiffáry 2006). Egyes fafűtéses huták azonban még a 20. század elején is termeltek, mint a II. Rákóczi Ferenc alapította háromhutai üveghuta (Borsod–Abaúj–Zemplén vármegyében, ahol 1919-ben állt le az üvegyártás) (Járasi 2008). Ipartörténeti emlék a Keleti-Mecsekben található Hosszúhetény egyik erdei közjóléti nevezetessége a 18. században működött, napjainkban helyreállított üveghuta (Gallina & Gulyás 2022).

Taplászat

A taplászat is kapcsolódik a hamuzsírhoz, hiszen ez az egyik olyan anyag, amit a tapló kikészítése során fel kell használni. A taplász szó értelemszerűen a tapló szóból származik, amely a taplász szakmában mindenekelőtt a leggyakoribb taplófajunk, a mindenütt, különösen az erdélyi nagy kiterjedésű erdőségeken megtalálható bükkfa-tapló (*Fomes fomentarius*) felhasználására épül. Itt kell megemlítenünk, hogy entomológia szempontból a taplászok egy rovarcsoport neve is, egyik képviselőjük a feketehasú taplász (*Mycetochara humeralis*).

A taplászatot Radványi (1912) tanulmánya alapján ismertetjük. A taplófeldolgozás Erdélyben, azon belül Korondon és környékén még ma is jelentős népi mesterségnek számít. Még az utóbbi időben is 50–60 családnak biztosított megélhetést, ugyan manapság nem annyira használati, inkább csak dísz tárgyakat (8.6.-3. ábra) készítenek a taplókból. A „taplászat” kifejezés alatt Erdélyben, a Székelyföldön mindazokat a tevékenységeket értik, amelyeket a taplógomba szedésétől a feldolgozásáig a gomba gyűjtője és a késztermék előállítója, azaz a „taplász” végez. A taplók begyűjtése egész évben folyik, de a tavasztól júniusig leszedett, fiatal, puha taplógomba a legalkalmasabb a feldolgozásra. A később gyűjtött termőtestek nagyon fásak. A taplószedő általában otthagyja a gomba tövét (a növekedési gumót), amiről nagy eséllyel már októberben ismét szedhet taplót. Ez lesz a második termés. A taplógombát a taplász egy megélesített sarlóval megtisztítja a kemény, fás „héjától”, a taplókéregtől. Az így megfaragott gombát még nedves állapotában a félgömb alakú, kupakszerű formára, a „csutakra” húzza, majd ezen a fából készült, bunkó alakú „sulyokkal” kikalapálja, miközben a gomba szétterül, puhul és lemezformát, illetve a csutak kúpos alakjától sapkaformát vesz fel. Az így elkészült termék neve a sapka félgyártmánya. Más vidékeken a nyers gombát meghámozva, csöves részétől megtisztítva, korongokra vágják, szapuló sajtárba teszik, ahol salétromhoz sziksót és hamuzsírt adnak és ebben az „abárló lúgban” áztadják (pácolják), szárítják, majd fakalapáccsal puhára verik. A sapkalemezre belül keménypapírt ragasztanak, köré pedig ellenzót készítenek ugyanilyen anyagokból. Ezután, fehér nyírfataplóból (*Fomitopsis betulina*) kiszabott, festett falevelet vagy gyümölcsdísz formálnak és a sapkára erősítik.

A legendák szerint a taplászat egy véletlenből alakult ki: a hajdani székely góbé nagy esőben egy nagy puha taplógombát szétgyúrt, majd ezt az eső ellen a fejére húzta.

Bükk aprófaáru és egyéb házi felhasználása

A bükk faanyag hagyományos felhasználásának sorából nem hagyhatjuk ki a faanyaga népi aprófaáru célú hasznosítását sem. Finom, rövid szemcséssége megkönnyíti a megmunkálását, különösen a kis ács munkákban. Könnyen hajlítható. A székektől az evezőig vagy a lépcsőktől a parkettáig mindenféle termék gyártására alkalmas lehet (Moreau 2019). Keménysége, világos színe és jó megmunkálhatósága miatt faanyagát évszázadok óta szerszámok nyeleként használják. Lukács (1965) részletes munkájából tudjuk, hogy a bükk faanyaga jó faragott lapátnyel megnevezésű terméknek. A kocsikiakasztórúd és a vasúti feszítőfa szintén



8.6.-3. ábra. Bükkfa taplóból készült táskák és terítők (Fotó: Tuba Katalin)

bükkből a legjobb, de vasúti fékeződorongnak, vagy éppen kazalozólétrának ne használjuk. Nagyon jó azonban egy és kétkacsos kaszanyél, fagereblye feje és nyele előállítására (fogának azonban nem).

A bükk ma is kedvelt alapanyag a háztartási faárúk gyártásánál, így a fakanál, galuskadeszka (ez a vágódeszka egyik típusa), a liszteslapát és az uborkafogó is belőle készül. A suszterek szívesen használták a faanyagot a bükkfa talpú cipő, bükkfa cipókanál, bükkfa sámfa, bükkfa talpú klumpa készítéséhez. Bükkfakéreg vagy talpkéreg volt a megnevezése a vékony bükkfalemeznek, amelyet a lábbeli-készítők vaktalpnak használtak (Pallas Nagy Lexikona 1893). Ezekre a termékekre még 60–70 éve Magyar Szabványok is léteztek.

Kisebb térfogatú hordók és más folyadéktároló edények, például sajtárok, csobolyók dongájának készítéséhez – a hordógyártásra hagyományosan használt fafajok hiányában – hegyvidékeinken a bükköt is felhasználták. Ennek a kádármunkának a nyomai figyelhetők meg a Bükk-hegységben álló Őserdő nevű erdő-rész egyes törzsein, a mintegy fél-egy méter magasságban látható úgynevezett „ablakok” formájában, ahol a kádár – jókora mechanikai sérülést ejtve a fán – „kóstolta” a fát, az egyenes, párhuzamos rostlefutást keresve.

A bükk néprajzi-történelmi felhasználásának itt nagyjából a végére értünk. Természetesen a mai korban is keresett a bükk faanyaga, valamint ökológiai szerepe is fontos, de ezek a funkciók már másik fejezetek részeit képezik. A bükknek nem csak a faanyagát, hanem természetesen más részét is fel lehet használni különböző célokra. A lehullott levelét (az avarját) korábban háziállatok almozására használták, de Franciaországban a bükklevellel matracot is töltöttek. Használatának az volt az előnye, hogy egészséges anyag, felszívja a nedvességet és jól szigetel a hideg ellen. Ezen kívül a bükk levelei nem gyűrődnek könnyen, és csak akkor válnak törékennyé, ha nagyon kiszáradnak.

A bükk, mint ehető növény

A bükk mind emberi, mind állati táplálékként való felhasználásának régi hagyományai vannak (Ride 2022). A bükk makkja a mogyoróra, a levele a sóska ízére emlékeztető. A leveleket közvetlenül a fakadást követően áprilisban kell gyűjteni. Salátákba lehet keverni, vagy párolva kell tálalni, de akár nyersen is fogyasztható. Főzelékként, vagy együtt más zöldségekkel is el lehet készíteni. Tojásételekhez is adható, különösen az omlatthoz vagy a rántottához illik. Alkalmas szósok és zöldséglevések készítésére, vagy akár savanyítva is elkészíthető. Finomra vágva fűszervajat, fűszeres sajtot és túrót is készíthetünk belőle. Öntetek vagy pesztó készítéséhez is felhasználhatjuk. Alkalmas limonádék, borok és likőrök ízesítésére. Régebben a júliusban gyűjtött bükkleveleket megszárazították és a dohányhoz keverték (Fleischhauer et al. 2022). Az erdő-kóstoló blog zsenge bükklevelet ajánl salátának, pityanggal, tojással, retekekkel és köményes öntettel (erdokostolo.blogspot). Az biztos, hogy ez az étel elég vitamindús. A németek a bükk leveleiből bükklikört készítenek, amint ezt egy konyhaművészeti oldalról megtudhatjuk (Liköre selber machen 2023).

A márciusi, áprilisi bükk csíranövényeket fűszerezve előételként kenyérré kenve fogyasztják, vagy finomra vágva és sóban eltéve salátákat fűszereznek vele.

Ínséges időkben a tél folyamán a rügyeket felőrölve lisztpótlékként használták.

A bükknek leginkább a makkja alkalmas étkezésre, a *Fagus* név is az ehető magjára utal a görög eredetiben (lásd részletesebben az 1.2. fejezet »A közönséges bükk (*Fagus sylvatica*) nomenklaturája és taxonómiája« alfejezetét). Makkja ugyan kicsi, de a rengeteget termő bükk esetén szeptemberben jóformán csak fel kell söpörni a földről, a kemény, háromszögletű héját megroppantani, majd a mogyoróra emlékeztető ízű magot sóval pörköltve vagy főzve lehet fogyasztani. Régen a maghéj nélküli magot kemencében szárították meg. Hő hatására a csípős ízét elveszítette, majd kézimalmon megőrölték, és kenyérhez adták vagy kenyéret sütöttek belőle. Ez inkább csak ínséges időkben történt így, máskor az állatokkal etették fel. A feletetés, a „bükkölés” kezdetén a sertések a bükkmakk élvezetétől tántorognak, de csakhamar megszokják azt és gyorsan híznak (Pallas Nagy Lexikona 1893).

A bükkfa makkjából olajat sajtoltak, amit főzésre és világításra is használtak. Tűzhelyen megpörkölt kávépótlót készítettek belőle, de főzve zöldséges ételekhez, darálva salátákhoz adták. Pesztók, sütemények, kekszek ízesítésére, vagy akár pálinka aromaként is kiváló. Puhára főzve a magokat, a kapribogyóhoz hason-

lóan lehet vele ízesíteni az ételeket (Fleischhauer et al. 2022; Ride 2022). A nyers magok nagy mennyiségben (40% körül) olajat, valamivel kevesebb (35–40%) keményítőt, fehérjét (20–25%), B6- és C-vitamint tartalmaznak. Azt azonban érdemes tudni, hogy a nyers bükkmakk az oxálsavak és a szaponin miatt emészthetetlen. Gyomor- és bélpanaszokat okozhat az arra érzékenyeknél. Mivel ez a két anyag vízoldható, főzve vagy forrázva eltávolíthatók a magokból. Ezen kívül alkaloidákat és fagint is tartalmaz. Ezek az anyagok az érzékeny személyeknél fej- és gyomorpanaszokat okozhatnak, azonban hőre bomlanak, így főzéssel ezek is közömbösíthetők. Az olaja veszélytelen (Fleischhauer et al. 2022).

Európa nagy részén évszázadokon át ismert ínségeledel volt a bükkfa kérge is. Erre a célra márciustól ápriliséig a kidöntött bükkfák kérgének legbelső puha részét használták. Csíkokba lehasogatták, egymásra helyezték és úgynevezett „Knackebrot”-ként (ropogós kenyér) fogyasztották, vagy megszáritva és porítva liszthez adták. A friss faforgácsot fűstaromaként vagy ecet fűszerezéséhez ma is használják (Fleischhauer et al. 2022).

A bükk, mint gyógynövény

A természetgyógyászatban a bükk kérgéből és leveléből lázcsillapító teát készítenek. Légúti megbetegedések enyhítésére is használják, antiszeptikus hatással is bír, megakadályozza a baktériumok és vírusok fejlődését (Fleischhauer et al. 2022; Ride 2022). A bükkfa kérgéből készített tea kiegyensúlyozza a sók arányát a testben. Erős antioxidáns hatású. A bükk kérgéből készült tea fokozza a vese működését. Ily módon meggátolja a kövek és homok képződését. A vizelet eltávolításával megakadályozza a hólyag betegségeit. Székelyföldön a megszáritott, megtört bükkfakérget teának főzve hasmenés, vérhas esetén itatták a beteggel. A kéregben és a levelekben található tanninok féreghajtó, fertőtlenítő és gyulladáscsökkentő tulajdonságokkal bírnak (Ride 2022).

A faanyagból, kéregből készült tea csillapítja a heves viszketést és bőrbetegségeknél gyulladáscsökkentő hatással bír (Fleischhauer et al. 2022), így főzetét ekcéma és pikkelysömör tüneteinek enyhítésére is használják (Ride 2022). A teáját fürdőnek felhígítva bőrgomba, var és rüh ellen is alkalmazzák. A bükkfahamuból főzött lúggal hajhullás ellen mosták a haját.

A faanyagból kreozotot (bükkfakátrány) desztillálnak, amely a homeopátiában belsőleg, gyulladással járó panaszok sokaságára nyújt gyógyírt. A bükkfából készült faszén különböző készítményekben emésztési panaszok, visszerek, szív- és keringési problémák enyhítésére szolgál. Állítólag a bükkfaanyag füstje fertőtlenítő hatású (Fleischhauer et al. 2022).

Bach-virágterápiaként hűvösséget és tisztaságot nyújt, felfrissít és kitisztítja a gondolatokat. A bükk különösen azoknak hasznos, akik sokat olvasnak, vagy szellemi munkát végeznek. Stabilizálja a szív és a fej együttműködését. A virágterápiája állítólag migrén és fejfájás, vibráló, fáradt szem, továbbá a torokfájás esetén is hasznos. A bükk segít a kritikus embereknek, hogy újra toleránsabbak és elnézőbbek legyenek – még önmagukkal szemben is.

A bükk kergét állatgyógyászatban is hasonlóan alkalmazták. A porrá tört, szárított bükkfakérget kukoricaliszttel szárazon megpirították vagy lósóskával, vérfüvel keverve itatták hasmenés, vérhas esetén az állatokkal. A kéreg hamujának lúgjával a sebes, varas tehenet, lovat, a gyapjú lenyírása után pedig a juhot mosták le (Pálfalvi 1998).

A bükk és fajtáinak kertészeti alkalmazása

Dísznövényként kedvelt fafaj, mivel nem szereti az erős metszést vagy a tömörödött talajokat, ezért elsősorban parkokba, jó szerkezetű talajra, napos vagy félárnyékos fekvésbe szoliterként érdemes ültetni. Az alapfaj az árnyékos fekvést is tűri, míg a legtöbb színes levelű változat ilyen körülmények között csak szenved. A mélyrétegű, tápdús, meszes talajt kedveli. Közepes vízigényű, de a páras körülményeket minden-

képpen igényli. Kezdeti növekedése közepes intenzitású. Viszonylag későn lombosodik és mély árnyékot ad. Az alapfaj lombja középkésőn aranyárgára színeződik (Nagy 1980; Retkes & Tóth 2000; Schmidt 2003).

Csak kis települések, peremvárosok nem forgalmas útjai mellé ajánlják sorfaként (Schmidt 2003). Így inkább csak az északi országokban, illetve az Alpokban fordul elő kisebb települések utcai sorfajaként. Ekként való alkalmazását tovább nehezíti, hogy gyökerei nem szeretik a levegőtlen talajt, ezzel összefüggésben a burkolatokat.

Ültetését kertekben méretei korlátozzák. Nagyobb kiterjedésű kastélyparkokban, városi közparkokban azonban előszeretettel alkalmazták. Különösen egyik díszváltozata, a vérbükk (*Fagus sylvatica* 'Atropurpurea') volt népszerű a 19. század tájkertjeiben, ahol többnyire szoliter példányait ültették, amelyek úgy méreteik és koronaformáikkal, mint sötétvörös levélszínükkel képeztek kompozíciós hangsúlyokat.

Metszési tulajdonságai ellenére sövénynövényként is számon tartják. Ilyen típusú alkalmazására ott nyílik lehetőség, ahol a termőhelyi viszonyok minden szempontból kedvezőek számára (Brookes 1996). A tájépítészetben extenzív termőhelyekre, esetleg véderdőkbe javasolják ültetését, inkább a hegyvidékeken (Schmidt 2003). Bonsai fának is előszeretettel alkalmazzák, de nem könnyű nevelni. Növényvédelmi szempontból közterületeken a problémamentesebb fafajok közé tartozik. Csak ritkábban szaporodnak el levelein az aknázómolyok (8.6.-4. ábra), ami a városi lét csökkent létszámú és diverzitású predátor és parazitoid közösségére vezethető vissza.



8.6.-4. ábra. *Phyllonorycter maestingella* aknái
(Fotó: Tuba Katalin)

Az alapfajt a kertészetben is ősszel magvetéssel szaporítják, a fajtákat azonban télen előnevelt magcsemetékre oltják fajtától függően gyökérnyakba, törzsbe vagy koronába (Nagy 1980; Schmidt & Tóth 2006). Az erős csúcsrüggyel rendelkező fajok közé tartozik, így még ültetés után sem ajánlott visszavágni, mert ha visszavágják hiányos lesz a koronája (Nagy 1980; Czák & Valló 1988). A törzsnevelésére külön figyelmet kell fordítani, hogy egyenes és kellő vastagságú törzset kapjunk.

Az eddig mintegy 150 előállított bükk fajtából a „List of Names of Woody Plants” honlap 100 olyan bükk (*F. sylvatica*) fajtát tart nyilván, mely Európában és az Egyesült Államokban a faiskolai kínálatban elérhető.

Napjainkban a holland faiskolák mintegy 46 bükk fajtát kínálnak. Magyarországon a kínálat maximum 16 fajtára korlátozódik (lásd részletesebben az 1.2. fejezet »Infraspecifikus változatossága« alfejezetét).

A bükk fajtákról a taxonómiánál már szó volt, de kertészeti szempontból hadd emeljünk itt ki három fajtát. Egyik a kígyószerűen tekeredő ágaival rendkívüli látványt nyújtó kísértet- vagy kígyóbükk (*F. sylvatica* f. *suentelensis* vagy 'Tortuosa'). Franciaországban Faux de Verzy bükkerdejében ma is 800 ilyen fa van. Kisebb mérete miatt, megfelelő páratartalom mellett nem csak parkokban, de kertekben is jól érzi magát. A másik a *F. sylvatica* 'Rohanii' fajta, melyet hasadt, kissé hullámos, vörös levelei, pirosas kupacsai, kerekded, sűrű koronája, közepes termete tökéletes parkfává tesz, még tetőkertekbe is ajánlják. A *F. sylvatica* 'Remillyensis' fajtát az 1820-as években Franciaországban szelektálták és termeténél fogva, amit az oltási magassággal is tudunk szabályozni, kisebb kertekbe és pátiókba is javasolják.

A bükk az agrárerdészetben

Domb- és hegyvidéki területeinken számos fás legelőben gyönyörködhetünk, ahol bükk matuzsálemek állnak, terebélyes koronával, gyakran száradó csúccsal. Ezeket az egykori gazdák árnyékot adó fának ültették, vagy esetleg hagyták meg. A fás legelők, legelő állatállomány hiányában beerdősödnek, így napjainkban csak haló poraikban találunk ilyeneket Zalában, a Bakonyban, vagy a Bükkben és más, magasabban fekvő területeinken. Az ilyen fának közös jellemzője, hogy nagyon alacsony a törzsük (2–2,5 m, ahol már nem éri el a szarvasmarha), igencsak széles, kiterjedt a koronájuk (gyakran a 15–20 m koronaátmérőt is elérik), hatalmas átmérőjűek (1–1,5 m), és a fényért való közdelem hiányában a famagasságuk viszonylag alacsony marad (20 m körüli, ahol a közeli erdőkben, ugyanolyan termőhelyen ennél jóval magasabb bükkök nőnek). A törzsükön a kéreg szokatlanul sebhelyes, durva.

A bükk megjelenése a művészetekben

A bükk a mitológiában

A görög mitológiában a bükkök az Olümposz szent hegyén nőttek, és Pallasz Athéné istennő bölcs baglyai éltek az odvaikban. A bükkfa már itt is a tudás és a bölcsesség szimbólumaként jelenik meg előttünk. A római mitológiában a bükköt a termékenység fájaként is ismerték. Rómában az istenek atyját, Jupitert „Jupiter fagutalis” néven tisztelték a bükkfa szentélyekben, míg a tuscumli (Róma) bükkligetet Dianának, az erdő istennőjének szentelték (Hunt 2016). Hasonló módon imádták a kelták a francia Pireneusokban Fagus istent, a bükkfát. Az aquitaniai régióban Fágust a kisdedeket és gyermekeket védő istenként tisztelték. Hozzá imádkoztak gyermekáldásért és a korai abortusz elleni védelemért. Úgy tartották, hogy a vörös hajúakat Fágus áldása kíséri. Papjai is gyakran vöröshajúak voltak (Jufer & Luginbühl 2001). A kelta mitológiában a fának különleges jelentősége van. E szerint a bükkfa jegyében születetteket mindig körülveszi valami titokzatosság. Jelenlétükben az idő kifürkészhetetlenné és végtelenné válik. Bámulatra méltó könnyedséggel, kedvező, megmagyarázhatatlan véletlenek segítségével valósítanak meg lehetetlennek tűnő dolgokat. Olyan eseményeket idéznek elő, amelyek pozitívan befolyásolják a körülöttük élők sorsát. Általában meglepő magyarázatuk van az érthetetlen helyzetekre. Intuitívan megragadják a felmerülő lehetőségeket, és határozottan és felelősségteljesen cselekszenek. Mély bizalmat sugároznak a körülöttük lévők felé. Inspiráltak és biztonságban érzi magát az ember, ha velük van. Bízna rejtejt erejükben, ami csak hosszú idő után válik nyilvánvalóvá (Findling 2023).

A bükköt Európában az élet és a bölcsesség fájának tartották, és mágikus erőt tulajdonítottak neki (Ride 2022). A keltáknál mint kívánságfa szerepelt. Sokáig fennmaradt az a szokás, hogy a bükkre Y-alakú bükkfa rudakat kötöztek az ezekre írt kívánságaikkal. A tündérek ezután összegyűjtötték a kívánságokat, és elvitték a tündérkirálynőnek. A Keleti-Kárpátokban a román pásztorok az állatokat a bükkfák alá hajtják, hogy azok termékenyebbek legyenek. Itt a bükkfa az anyaság és a biztonság szimbolikus kifejezésévé válik.

Közép-Európában az erdei törzsvésések régi kötési varázslatokhoz kapcsolódnak. A lányok bükkfa kérgebe faragták szeretteik nevét, hogy magukhoz kössék őket. A kívánságok beteljesülését is így kellett kérni. A bükkfából készült amulett állítólag szerencsét hoz és megvédi viselőjét. Vesztfáliában a 18. században azt hitték, hogy a babák egy üreges bükkfából kerülnek elő.

Angliában és Svédországban karácsonykor egy nagy bükkfa rönköt tesznek a tűzre. Ennek a Yule blokknak a hamvait újévkor szétszórják a mezőkön, hogy áldást hozzanak a földekre. Szintén elterjedt az a hiedelem, hogy a bükkfába nem csap bele a villám (Ride 2022).

A faölélok úgy tartják, hogy a közönséges bükk vigaszt, tanácsot, békét és együttérzést kínál. Válság idején jó a törzsére támaszkodni, átölelni, vagy leülni egy bükkfa tövéhez. Életenergiával, életkedvvel tölt fel. A bizalom és a derű kifejezője. Segít a félelmek, az aggodalmak, a fáradtság és a rosszkedv leküzdésében, visszaadja az életkedvet. Energiájával pozitív gondolatáramlást teremt, kitartóvá tesz, és állandó céltuda-

tosságra ösztönöz. Serkenti a koncentrációt és a szellemi munkát, kiegyensúlyozza az érzelmeket. A bükkfa a legerősebb energiával rendelkező fafaj, a törzsétől 10–15 km-re is „sugároz”. Jótékonyan hat a nyaki fájdalmakra és a fejfájásra.

A bükk a nemzeti szimbólumok között

A bükk számos kultúrában fontos helyet foglal el. Németország és Finnország nemzeti szimbóluma (Ride 2022).

A bükkös az erdők katedrálisa. Állítólag Goethe mondta ezt először, a strassburgi dómban járva. A gótikus katedrálisok oszlopsoros hajói az íves koronájú bükkösökre hasonlítanak. A hajók magas oszlopaikkal, elágazó csúcsívvel és tarka ólomüveg ablakaikkal olyanok, mint egy metaforikus, megkövesedett bükkerdő. A németek és az angolok a bükköt az erdő királynőjének nevezik, azzal az indokkal, hogy a neki megfelelő termőhelyen képes minden más fafajt elnyomni, kiszorítani. A magyar erdészek talán hasonló okok miatt nevezik a bükköt az erdő primadonnájának.

A bükk a heraldikában ritka címerkép. Eredetileg a szilárdság jelképe volt. Német nyelvterületen számos, Buchholz névhez tartozó címerben felismerhető motívum a bükk levele, vagy maga a fa. Bükkfa van a Kramer család 1687-es címerében. A provanszi Fauque de Jonquières család címerében is két aranybükk szerepel egy sólyommal. Franciaországban még az elégedettséget és a nagylelkű áldozatot kötik a bükkhöz. (Dupuis et al. 2023).

A bükk a festészetben

Magyar festők művei között nemigen találunk bükköt, de ahol több a bükkös, ott már inkább téma a festészetben is. Ilyen többek között John Berney Ladbrokee Beech Tree by a Rocky Stream című festménye, vagy William Teulon Blandford Fletcher The Old Beech Tree című képe. A legismertebbek közül való Gustav Klimt Buchenwald című festménye, vagy Ivan Siskin Svájci bükkös (1863) és A ligetben (1869) című festményei, ahol a fényképszerű ábrázoláson a kivágott bükk törzsekben az álgeszt is felismerhető.

Még egy érdekesség: a festők, különösen a 17. és 18. században – például Rembrandt, Lorrain, Cozens és Gainsborough – bükk kormot vízzel keverve készítettek átlátszó tintát/pigmentet, amelyet „korombaránának” neveztek. A kormot a bükkfa elégetése után egy kéményből szedték össze, vízzel elkeverték, majd vízzel hígították fel a kívánt hatás eléréséhez. Színe sötétszürke-barna volt, leheletnyi sárgával (Ward 2008).

A bükk a szépirodalomban

Ki ne ismerné a következő erdésznótákat: „Lehullott a bükkfaerdő levele, ...”, vagy „Bükkfák smaragdja sápadoz az őszi lombokon, ...” (8.6.-5. ábra). Több vers is megemlíthető a bükkhöz kapcsolódóan a magyar költészetben.

Csokonai Vitéz Mihály A magánossághoz című versében a bükköst, mint az örömteli magány lakhelyét mutatja be:

*„A lenge Hold halkal világosítja
A szőke bikkfák oldalát,
Estvéli hűs álommal elborítja
A csendes éjnek angyalát.”*

Ez nem egy szentimentalista tájleírás, ez a magyar táj. A „szőke bikkfa” azóta is a legszebb magyar lírai jelzős szerkezetek egyike. Nemes Nagy Ágnes költőnő nagyon szép elemzést írt erről a versről „Szőke bikkfák” címmel.

Berzsenyi Dániel Az est című verse tipikus klasszikus természeti líra alkotás, korai romantikus stílusjegyekkel. A versben a bükkös az éjszaka allegóriájává válik:

*„A setét bükk felett ragyog
A hold csendes fényében.”*

Faludi Ferenc Pásztori versek című művében is szerepelnek bükkök, egy népies nyelvezetű, dallamos strófába foglalva:

*„Tityre, ha tetszik, e hegyek aljában,
A kiterjedt bükkfák ernyős sátorában,
Legelőre hajtván csordánkat, nyájunkat,
Pásztori versekkel mulassuk magunkat.”*



8.6.-5. ábra. Stájer-házi bükkös smaragdba öltözve
(Fotó: Németh Máté)

Arany János Csaba királyfi-jának töredékeiben a bükk robusztus termetét megragadva a kapu pilléreit és lombozatával a kapu ívét személyesíti meg a bükkökkel:

*„Onnan pedig indul a kapun befelé.
Melynek két bálványa egymást úgy ölelé.
Mint, ha két hegyi bük lombos tetejével,
Össze lenne fonva bokrétás fejével.”*

Arany János Toldija kapcsán visszautalhatunk a bükk évszázados ház körüli felhasználására:

*„Bort ez csobolyóban, az kecsketömlőben,
Kenyeret hoz amaz bükkfa tekenőben...”*

Varsás Frigyes kortárs író Ősz a Bükkben című versében nemcsak a bükkfa, de még a szénégető boksa képe is felsejlik. Az időmértékes verselés gyönyörű példája, a rövid szótagok nagy száma miatt pergő érzetű. A rövid szótagok egyúttal vidámmá és könnyűvé is teszik a költeményt. A verset olvasva szinte halljuk az ütemes munkavégzést, kopácsolást. Egy örömteli októberi délután zenés képe:

*„Fenn a gerincen,
Boksa tövében
Vén öregember
Csendbe' pipáz,
Bükk aranyából,
Bükkfa parázstól
Készül a mész, s ő
Tűzre vigyáz.”*

Reményik Sándor is megemlékezik a bükkről, a Filemon és Baucis tölgyére és hárséra emlékeztető költeményben, az Örök szerelemben is.

*„Egy bükk és egy fenyő.
Úgy összeforrtak ők,
Ahogy csak lelkek forrnak össze néha,
Egymást halálig híven szeretők.*

*A bükk a nő,
A fenyő tán a férfi.
Ez áll szikáran, míg a bükk elomló,
Ölő karjaival átaléri.”*

Teljes egészében a bükkről szóló versek Batsányi János: Egy nevendék bükkfához és Sík Sándor: Búcsú a bükköstől, valamint szintén tőle a Bölcsődal a bükkfa alatt.

Prózában páratlanul szép sorokat írnak neves íróink a bükkről. Közülük is kiemelkedik Maderspach Viktor, aki a Páreng-Retyezát – Vadászataim a Déli-Kárpátokban című művében sok más bükkös leírása, és a bükkössel kapcsolatos vadászati megfigyelések mellett ezt írja:

„Az erdélyi hegyvidék déli lejtőin elterülő, szinte végtelen kiterjedésű bükkösöket télen rendkívül szerettem. Minden egyébtől eltekintve, ott volt a legideálisabb síhó. A márványszerű, sudár fatörzsek az embert a gótstílusú templom boltíveit alátámasztó oszlopokra emlékeztették. A letompított színek világos, nemes harmóniája bennem sohasem keltette azt a hangulatot, melynek titkos, rejtett borzalmait Böcklin akkor érezhette, amikor magános erdeit mindenféle fantasztikus, mesebeli szörnyeteggel népesítette be.”

Meg kell említeni Wass Albert: A funtineli boszorkány című trilógiáját, ahol a számtalan bükkös ábrázolás között ezeket is olvashatjuk:

„Bükkfaszálásban haladt a nyáj előre, nagy, hatalmas fák alatt, melyeknek törzsét három ember se foghatná körül.”

„Halkan zizegett a bükkök vörösréz kupolája, és néha percegve lehullt egy levél. Mélyen bent a patakban még tejfehéren ült a köd. És szerte az üverekben bögtek a bikák, nyögtek, hördültek, beleordították vágyaikat az őszbe.”

Legnagyobb tartott vadászírónk, Széchenyi Zsigmond elvétve nevezi meg az erdőtípust, amikor egyik- másik vadászatát ismerteti, de az Ünnepnepok című remekében a Keleti-Kárpátokban a bükkfa szálást azért megemlíti.

A bükk a főszereplője annak a francia mesének is, ahol favágó gyermekét csak akkor viheti el az öregasszony, ha a bükk összes levele lehullik, de ez nem történik meg, mert mire az utolsó levél leesik, addigra a bükk éppen elkezd fakadni, így hát a favágó örökre megtarthatja gyermekét (Connaître & Protéger la Nature 2022).

A bükkfa megjelenik, mint pálca alapanyag és mint a Fekete-tó partján álló fa a manapság nagy népszerűségnek örvendő Harry Potter könyvekben is.

Nevezetes bükkfák

Számos adatbázis, számos nevezetes bükkfát tart számon. Ezek a fák, már koruknál fogva is igen méretes példányok, többnyire valamilyen történelmi eseményhez köthetők, és sok esetben identitásképző szerepük is van. A nevezetes, illetve méretes fáinkat, köztük a bükköt is több szakirodalom és lista gyűjti össze, ismerteti. Ilyenek például a folyamatosan gyarapodó Pósfai György-féle Magyarország legnagyobb fái – Dendrománia (dendromania.hu) honlap, ahol 604 db, 4 m törzskerületnél nagyobb bükk tekinthető meg, vagy Bartha (1994) kataszterében 106 bükköt és további 5 vérbükköt ismerhetünk meg (oregfak.emk.nyme.hu), vagy Tóth és munkatársai (2001) is számos bükköt mutatnak be munkájukban. Ezek alapján Magyarország legnagyobb bükkfája a bakonyi Tés határában álló, 645 cm-es törzskörmérettel rendelkező fa.

A világ legnagyobb átmérőjű bükkje (*F. sylvatica*) a német Brandenburg tartománybeli Hoppenrade község parkjában áll, a mellmagasságban mért törzskerülete 8,70 m. A második legvastagabb bükk Olaszországban Rocchetta al Volturno településen, a Rómával egy szélességben lévő Molise tartományban található, ennek kerülete 8,60 m. A legvastagabb vérbükk (*F. sylvatica* 'Atropurpurea') szintén Németországban van, Großgoltern községben, Alsószászországban, 8,13 m törzskerülettel. A legmagasabb bükkal 49,20 m magassággal holtversenyben a németországi Hessen tartománybeli Gründau és a Franciaország délnyugati sarkában fekvő Pyrénées-Atlantiques tartománybeli Larrau település büszkélkedhet (Monumentaltrees adatbázis).

Itt ejtünk szót néhány egyedi nevű fáról is. Magyarországon talán a legismertebb bükkfa a Normafa, amelynek mint kirándulólhelynek, saját honlapja is van (<https://normafapark.hu/>). A honlap leírását érdekes szó szerint idézni: „A környék régi sváb lakosai csak Viharbükk néven emlegették, a Normafa elnevezést csak a 19. század közepétől használjuk. A környék mindig kedvelt kirándulólhely volt, többek között a Nemzeti Színház társulata is szívesen járt ide piknikezni. 1840-ben, egy ilyen kirándulás alkalmával a kor kedvelt színésznője, Schodelné Klein Róza fantáziáját megmozgatta a hatalmas, magányosan álló bükkfa, mely nagyon hasonlított Bellini Norma című operájának színházi díszletére, és elénekelte a fa alatt a Norma-áriát. Ettől kezdve kezdték el Normafának nevezni a bükkfát, mely elnevezés lassan átterjedt a fa körüli rétre is, ahonnan zavartalan kilátás nyílik a fővárosra. A Normafa emlékét ma emléktábla őrzi, melyet 1967-ben állítottak a neves fa emlékére.”

Szintén jelentős, immár kirándulólhelyként ismert elnevezés a Hétbükkfa a Soproni-hegységben, ami egykor jellegzetes tájékozódási pont volt az arra járóknak. Idővel az eredeti fák elpusztultak, de az erdőgazdaság hét bükköt ültetett a facsoport emlékére. Baranyában áll a Bükk-háti emlékbükk, amely egy körülbelül 200 éves bükk hagyásfa Páprádtól keletre. Az Apostolok fája a Kőszegi hegységben áll. Egykor – akár az apostolok létszáma – 12 példányból álló sarjcsokor volt, bár mára már csak 7 fa él közülük. Nevezetes fák voltak a Lajos-bükkök Káld településen, a Farkas-erdőben, amelyek egykori tulajdonosukról, Wittelsbach Lajos bajor hercegről kapták nevüket. Ezek a fák a farkas-erdei bükkösök maradványai voltak, de már elpusztultak, nevük és torzóik egy erdei pihenőhely részeként tovább emlékeztetnek az egykori urukra. Ismert fa az Ambrózy-bükk is a Jeli Arborétumban, amely az Arborétum alapítójáról, Ambrózy-Migazzi Istvánról kapta a nevét. Sajnos 2020-ban kidőlt. Széles körben ismert az Ördögigafa is (8.6.-6. ábra), Sümeg közelében. Neve mesélő, ugyanis ikertörzsként összeforrva igazszerű formát képez, amelyet a néplélek az ördögnek szánt. Sajnos ez a fa jelen kézirat készítése idején dőlt ki (8.6.-7. ábra). A vasi Csepreg erdejében áll az a közel 250 éves bükk, amely a helyi hagyományban Mesefa vagy Betyárfa néven szerepel. Törzsén olvasható az 1814-es évszám. Állítólag annak idején e fánál találtak évente a környék betyárjai, innen a Betyárfa elnevezés. Köztük volt az ismert betyár, Savanyú Jóska is (Gesztenyész kunyhó kirándulólhely 2015).

A káldi Lajos-bükkök történetéhez hasonló a németországi Kaiserbuche (Császárbükk) néven elhíresült fa is, amely hajdanán a németországi Hessen tartomány Kassel városának kastélyparkjában állt, ahová II. Vilmos német császár családjával gyakran ellátogatott piknikezni (Warneke 2023). Ausztriában, Salzburg közelében is állt egy Kaiserbuche, amelyet 1791-ben, II. József császár emlékére ültettek. A fa 2004-ben kidőlt, csak maradványai láthatók. Helyére 2005-ben Habsburg Ottó ültetett egy újabb bükköt (Stinglwagner et al. 2016). Szintén Németországban a tübingiai Altenstein mellett állt az úgynevezett Luther-bükk is. A fa Luther Márton életéhez és a 19. századi Luther-kultuszhoz is kapcsolódik. Luthert állítólag ennél a bükkfánál rabolták el 1521-ben. A fa ezután Luther-emlékhely lett, különösen a 19. században, miután 1841-ben vihar áldozatául esett, és a protestáns valláshoz méltatlanul a kidőlt fából Luther-emléktárgyakat faragtak a helybeliek és azokat ereklyékként adták el (Kammer 2004). Van más Luther-bükk is Németországban, például a Szász-Anhalt tartomány béli Stolbergben. Luther itteni, 1525-ös látogatásakor a környéken kirándult, és a városka később ennek emlékére ültette a fát (Knape 2007). Megemlítendő még a Goethe-bükk is (Goethe-Buche) Frankfurtban, amelynek prózaibb a története, mivel Goethe születésének évében ültették (Monumentaltrees adatbázis).



8.6.-6. ábra. Az ördög igája
(Fotó: Tuba Katalin)



8.6.-7. ábra. A széthasadt Ördögigafa
(Fotó: Tuba Katalin)

Az Egyesült Királyságban is számos nevezetes bükkfa áll. Egyik ilyen egy Észak-Írországban található út két oldalán álló, Dark Hedges nevű bükkfa allé, amelynek története szerint a fasort egy Szürke Hölgy nevű szellem látogatja meg, aki az úton haladva, fáról-fára repül végig. Ezen a helyen forgatták napjaink egyik legnépszerűbb fantasy filmsorozata, a Trónok harca egyes jeleneteit. Walesben áll a hatalmas, három ikertörzsből álló Plas Newydd bükk, Llanfairpwllgwyngyll településen (ancienttreeforum.org.uk).

A nevezetes bükkösök között utoljára hagytuk az UNESCO Világörökség nyilvántartásában szereplő talán legszebb európai bükkösöket. Ezeknek a nagyrészt bejárható bükk őserdőknek 18 európai ország 94 helyszíne ad otthont.

Látjuk, a bükk hazai kis területfoglalása ellenére is számtalan kultúrtörténeti kapcsolódással bír. A faanyagának felhasználása is szerteágazó, különféle erdei melléktermék nélkülözhetetlen alapanyaga. Egyedi tulajdonságai, illetve ahol előfordul, ott nagy hektáronkénti fatermése miatt megérte foglalkozni vele a szegényebb néprétegeknek is. A háziipari termelésnek is beillő faszenítés, üvegyártás könnyen kivitelezhető műveletek voltak a néhány száz évvel ezelőtti természet kiélési technikák között. Kérgé, rügye, levele, termése szintén felhasználható.

A felsoroltak nagy része ma már csak néprajzi-történelmi érdekesség, de az újabb alkalmazásai legalább ilyen kiterjedtek és ugyancsak jelentősek. Csak reméljük, hogy ez a paletta még bővül, dacára a csökkenő hazai térfoglalásának.

A bükk valóban az erdő aranypalástot öltő királynője, tiszteljük és gyönyörködünk benne!

Irodalom

- Bartha D. 1994: Magyarország faóriásai és famatuzsálemei. – Erdészettörténeti közlemények XV., Országos Erdészeti Egyesület Erdészettörténeti Szakosztály, Budapest–Sopron, 242 pp.
- Brookes J. 1996: Kerttervezés. – Park Könyvkiadó, Budapest, pp. 102., 172., 212.
- Buck T. M. 2022: Altglashütten zur Frühgeschichte einer Glasmachersiedlung im Hochschwarzwald (1634–1723). – Rombach Druck- und Verlagshaus, 220 pp.
- Connaître & Protéger la Nature 2022: Des contes sur les arbres. <https://www.fcnp.org/wp-content/uploads/2022/12/ficheCPN2022-recueil-de-contes-Arbres.pdf>

- Czáka S. & Valló L. 1988: A metszés ábécéje. – Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest, p. 96.
- Csiffáry G. 2006: Magyarország üvegipara 1920-ig. – Studia Agriensia 25, Heves Megyei Múzeumi Szervezet, Dobó István Vármúzeum, Eger, 378 pp.
- Findling D. 2023: Baumkreis.de. <https://www.baumkreis.de/der-keltische-baumkreis-orig/buche-baum-der-intuition-22-12/>
- Dupuis H., Chauchat-Étève C., Jérôme A. & Lhuissier-Lengellé C. 2023: Au blason et des armoiries. <http://www.blason-armoiries.org/heraldique/a/arbre.htm>
- Fleischhauer S.G., Guthmann J. & Spiegelberger R. 2022: Enzyklopädie Essbare Wildpflanzen. – AT Verlag, Aarau, pp. 274–275.
- FVM 2003: Hagymányok, Ízek, Régiók. Magyarország hagyományos és tájjellegű mezőgazdasági és élelmiszer-ipari termékeinek gyűjteménye. – Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, Budapest.
- Gallina Zs. & Gulyás Gy. 2022: Az utolsó mecseki üveghuta Hosszúhetény – Pusztabányán. Előzetes közlemény. – Janus Pannonius Múzeum Évkönyve 55., Pécs, pp. 127–158.
- Gesztenyés kunyhó kirándulólhely 2015: Évi ismertető a Szombathelyi Erdészeti Zrt. Összeállításában.
- Hegy I. 1978: A népi erdőkielés történeti formái. Az Északkeleti-Bakony erdőgazdálkodása az utolsó kétszáz évben. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 318 pp.
- Hunt A. 2016: Reviving Roman Religion. Sacred Trees in the Roman World. – Cambridge University Press, Cambridge, pp. 292–294.
- Járasi L. 2008: Háromhuta. – Háromhutáért Alapítvány, Háromhuta, 126 pp.
- Kammer O. 2004: Reformationsdenkmäler des 19. und 20. Jahrhunderts. Eine Bestandsaufnahme. – Evangelische Verlagsanstalt, Leipzig, p. 227.
- Kinda I. & Peti L. 2004: Szenesek. A tradicionális erdőkielés és a nyugati piacgazdaság között. Vállalkozói kultúrák Farkaslakán? – Erdélyi társadalom 2(2): 203–225.
- Jufer N. & Luginbühl T. 2001: Les dieux gaulois: répertoire des noms de divinités celtiques connus par l'épigraphie, les textes antiques et la toponymie. – Editions Errance, Paris, 132 pp.
- Knape W. 2007: Stolberg. Schmidt-Buch-Verlag, Wernigerode, 80 pp.
- Kokas A. 2013: Évszázadok fojtó füstje. – A Földgömb 30(10): 56–69.
- Liköre selber machen 2.0 http://likoere.bplaced.net/rezpte_b/Buchen-Likoer.html
- Lukács I. 1951: Erdei melléktermékek. – Mezőgazdasági Kiskönyvtár, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 92 pp.
- Lukács I. (szerk.) 1965: Erdei melléktermékek gyűjtése és felhasználása. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 183 pp.
- Molnár S., Börcsök Z., Zoltán Gy. & Farkas P. (szerk.) 2016: Földünk ipari fája. – ERFARET Nonprofit Kft., Sopron, 616 pp.
- Moreau B. 2019: Focus sur le hêtre. <https://ecotree.green/blog/focus-sur-le-hetre>
- Nagy B. (szerk.) 1980: Díszfák, díszcserjék termesztése és felhasználása. Kertészeti dendrológia. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 237., 291., 344.
- Normafa park <https://normafapark.hu/>
- Ódor I. 2002: Bikal. Száz magyar falu könyvesháza sorozat. – Száz Magyar Falu Könyvesháza Kht., Budapest.
- Ortutay Gy. (szerk.) 1977: Magyar Néprajzi Lexikon. IV. kötet. – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Paládi-Kovács A. (szerk.) 2002: Magyar Néprajz. III. kötet. – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Pallas Nagy Lexikona 1893. IV. kötet, Budapest.
- Pálfalvi P. (1998): Növények a csíkszentdomokosi ember- és állatgyógyászatban. – Acta, A Csíki Székely Múzeum és a Székely Nemzeti Múzeum Évkönyve, Csíkszereda, 1998/2: 1–22.
- Radványi A. 1912: A székelyföldi taplóipar. A „taplászat” monográfiája. – Erdészeti Lapok 51(17): 700–710.
- Retkes J. & Tóth I. 2000: Lombos fák, cserjék. – Botanika Kft., Budapest, 208 pp.
- Ride C. 2022: Les secrets du hêtre. <https://www.coachingformation.eu/hetre/>
- Schmidt G. (szerk.) 2003: Növények a kertépítészetben. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 363., 385., 422., 431., 456., 469.
- Szécsi Zs. 1884: Az erdőhasználatlan kézikönyve. – Országos Erdészeti Egyesület, Budapest, 374 pp.
- Tótfalusi I. 2001: Magyar etimológiai nagyszótár. – Arcanum Adatbázis, Budapest.
- Tóth J., Somkuthy F. & Czímber B. 2001: Vas megye idős és nevezetes fája. – Pro Natura könyvek, Szombathely, 103 pp.
- Veres G. 2022: A bükki faszénégetés a 20. század utolsó évtizedében. – Az Eszterházy Károly Katolikus Egyetem tudományos közleményei, Sectio Historiae 49: 235–247.
- Veres L. 2006: Üvegművességünk a XVI–19. században. – Hermann Ottó Múzeum, Miskolc, 261 pp.
- Viga Gy. 1990: Árucseré és migráció Észak-Magyarországon. – Kossuth Lajos Tudományegyetem Néprajzi Tanszéke és Herman Ottó Múzeum, Debrecen–Miskolc, pp. 57–58.

Ward G. W. R. (szerk.) 2008: The Grove Encyclopedia of Materials and Techniques in Art. – Oxford University Press, New York, p. 159.

Warneke T. 2023: Eco Pfad Kulturgeschichte Habichtswald. – Gemeinde Habichtswald, Habichtswald,

Wayda I. B-né (szerk.) 2019: Cukrászati ismeretek. – Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., Budapest, 356 pp.

Adatbázisok

Ancient tree forum: <https://www.ancienttreeforum.org.uk/>

Erdőkóstoló.blogspot: <http://erdokostolo.blogspot.com/>

Dendromania: <https://www.dendromania.hu/>

Magyarország faóriásai és famatuzsálemei: <https://www.oregfak.emk.nyme.hu>

Monumental trees: <https://www.monumentaltrees.com/>

RadixIndex: Adatbázisok családfa és helytörténet kutatóknak: <https://www.radixindex.com/>

UNESCO World Heritage „Ancient and Primeval Beech Forests of the Carpathians and Other Regions of Europe”:

<https://www.europeanbeechforests.org/world-heritage-beech-forests/our-beech-forest-family>



8.6.-8. ábra. Az üveggyártás egyik fontos kelléke a hegyi patakokban görgetett „békasó”
(Fotó: Kelemen Géza)



8.6.-9. ábra. A bükkmakk régen sokféle táplálék alapanyaga volt (Fotó: Kelemen Géza)

9. BÜKKÖSÖK A VÁLTOZÓ KLÍMÁBAN

9.1. Klimatikus változások kihívásai és a bükk (<i>Mátyás Csaba</i>)	478
9.2. A bükk fenotípusos és genetikai alkalmazkodása a környezeti feltételekhez (<i>Mátyás Csaba és Köbölkuti Zoltán</i>)	480
A bükk éves növedék-menetének megváltozása (<i>Führer Ernő</i>)	480
A bükk szárazság toleranciája (<i>Mátyás Csaba</i>)	481
A bükk szárazsági határa	482
A bükk fenotípusos alkalmazkodóképessége, más fafajokkal összehasonlítva	485
9.3. A bükk klímaterének és vitalitásának előrevetítése a 21. századra (<i>Mátyás Csaba</i>)	487
A növekedés előrevetítése származási kísérletek alapján	487
A hazai származások teljesítménye	489
Az európai származások plaszticitásának összehasonlítása a Kárpát-medencei kísérletekben	490
A származási kísérletek tapasztalatai	493
A bükk klímazóna eltolódás előrejelzése klímamodellek alapján	494
A klímaváltozás spontán és mesterséges migrációs követésének esélyei	495
Az elemzésekből levonható megállapítások	495

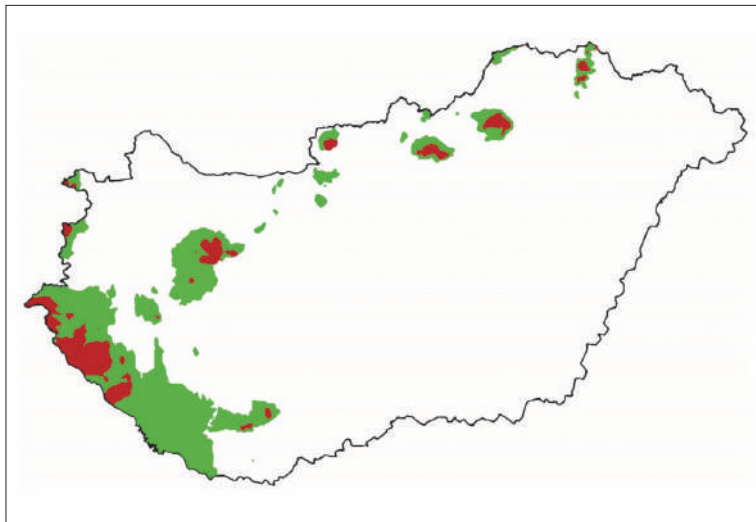
9.1. Klimatikus változások kihívásai és a bükk

Mátyás Csaba

A század végére előrevetített klímaváltozás sebessége hazai becslések szerint valószínűleg meghaladja fafajaink, de különösen a bükk természetes adaptációs képességét (Mátyás et al. 2009; Gálos et al. 2007; 2010; Gálos & Führer 2018). A hőmérsékleti átlagok emelkedése mellett az extrém időjárási jelenségek, főleg az aszályok gyakorisága és intenzitása is várhatóan növekedni fog, amely próbára teszi a bükk ökológiai tűrőképességét (Móricz et al. 2013; Gálos & Somogyi 2017). Az elmúlt évszázadokban nem tapasztalt gyorsaságú klímaváltozás a fajra jellemző szárazsági határ közelében tenyésző állományokat veszélyezteti elsősorban. Mivel a közönséges bükk előfordulása Magyarországon szinte teljes egészében a szárazsági határ közelében van, a tolerancia és az alkalmazkodóképesség vizsgálata és előrevetítése a bükk esetében különösen fontos.

A bükk elterjedésének nyugati, csapadékos felén egészen a századunk elejéig tartották magukat a vélemények a faj növekedésének gyorsulásáról, amely az éghajlat fokozatos melegedésével függ össze. Elemzések sokasága jelezte, hogy az európai erdők növekedése a múlt évszázad utolsó harmadában gyorsabb volt, mint az évszázad közepén, vagy azt megelőzően (Pretzsch 1992; Spiecker et al. 1996). Az okokat vizsgálva, a változást kapcsolatba hozták egyrészt a vegetációs periódus meghosszabbodásával (Hasenauer et al. 1999), a növekvő nitrogén ülepedéssel (Kahle et al. 2008) és a klímaváltozással összefüggő hőmérséklet-emelkedéssel, ami az intenzívebb fotoszintézis révén szintén fokozza a növekedést (Larcher 2001; Somogyi 2008).

Az área délkeleti, kontinentális pereméről érkező híreket a bükk romló egészségi állapotáról és gyengülő növedékéről (Mátyás et al. 2009, 2010) hitetlenkedve fogadták. Az ICP Forests hálózat adatai szerint még a 2000-es évek elején is jelentéktelen mértékű (0,6%) maradt az európai bükkösök átlagos évi mortalitása, bár az elhúzódozó aszályokat követően kimutatták pl. a bükk felújulásának gyengülését, az újulat növekedésének visszaesését Nyugat-Európában és Spanyolországban is (Czajkowski et al. 2005; Peñuelas et al. 2007). Mindez a szárazsági elterjedési határ visszahúzódnásával járhat, bár ilyen eseményről korábban csak kevesen számoltak be (Jump & Peñuelas 2005). Ennek oka egyrészt abban keresendő, hogy a hegyvidéki extenzív legeltetés felhagyásával a mesterségesen visszaszorított bükkösök Európában sokhelyütt (pl. Spanyolországban) visszafoglalják a felhagyott, klimatikailag alkalmas parlagokat.



9.1.-1. ábra. A bükk optimális klímaterének 20. századi zsugorodását érzékelteti a FAI aszály-index 4,0 értékének kiterjedése az 1901–1930 (zöld) és az 1975–2004 (piros) időszakokban (Berki et al. 2009, módosítva)

Viszont a 2015–2020-as aszályos évek nyomán, amely időszak Európában az elmúlt kétezer év legszélsőségebbi időszakává vált, szignifikáns egészségromlás és fapusztulás jelentkezett szélesebb körben még Nyugat- és Közép-Európában is, vagyis az elterjedés központi területén, messze az elterjedés határaitól, ami komoly riadalmat okozott az erdőművelők körében (Leuschner 2020). Az egészségromlásnak a Kárpát-medencéhez képest későbbi megjelenését a csapadékmennyiség térségi különbségei okozták – amíg bőséges volt a csapadékelátás, addig az a melegedés hatását kiegyenlítette, sőt még fokozta is a növekedést.

A 9.1.-1. ábra szemléletesen mutatja, hogy a 20. század végén hazánkban

már kimutatott bükk klímazóna eltolódás üteme a leggyorsabb a dunántúli sík- és dombvidéken, és kevésbé jelentős a hegyvidékeken. A jelenség oka a hegyvidéki magassági grádiens, és a síkvidéki, horizontális, földrajzi szélességi grádiens közötti jelentős különbség. Amíg ugyanis a magassági grádiens értéke a mérsékelt övben 5,0–6,5 °C/1000 m, ugyanakkor a földrajzi szélességi (D→É) grádiens mintegy 6,9 °C/1000 km – a különbség három nagyságrendnyi (Jump, Mátyás & Peñuelas 2009)! Emiatt a klímahatár sík- és dombvidéki eltolódása aránytalanul nagyobb területet érint.

A 9. főfejezet a bükk vitalitását érintő makroklimatikus hatásokkal és előrejelzésükkel foglalkozik. Az alkalmazkodás genetikai hátterét az »1.4. A bükk genetikai változatossága« fejezet, a részletesebb élet-tani hátterét pedig az 1.2. főfejezetben »A bükk fiziológiája« alfejezet részletezi, míg az alkalmazkodóképesség jellemzésére is alkalmas szerves kémiai indikátorokat az »1.5. A bükk kémiája« fejezet mutatja be.

Irodalom

- Czajkowski T., Kuhling M. & Bolte A. 2005: Einfluss der Sommertrockenheit im Jahre 2003 auf das Wachstum von Naturverjüngungen der Buche (*Fagus sylvatica* L.) im nordöstlichen Mitteleuropa. – Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 176: 133–143.
- Gálos B. & Führer E. 2018: A klíma erdészeti célú előrejelzése. – Erdészettudományi Közlemények 8(1): 43–55.
- Gálos B., Lorenz P.H. & Jacob D. 2007: Will dry events occur more often in Hungary in the future? – Environmental Research Letters 2: 034006.
- Gálos B., Mátyás Cs., Führer E., Berki I., Lakatos F., Csóka Gy., Drüsler Á., Móricz N., Rasztoivits E., Somogyi Z., Veperdi G. & Vig P. 2010: Erdők a szárazsági határon. – Klíma 21 Füzetek 61: 84–97.
- Gálos B. & Somogyi Z. 2017: Új klímaszcenáriók– fellélegezhetnek bükköseink? – Erdészettudományi Közlemények 7(2): 85–98.
- Hasenauer H., Nemani R.R., Schadauer K. & Running S.W. 1999: Forest growth response to changing climate between 1961 and 1990 in Austria. – Forest Ecology and Management 122(3): 209–219.
- Jump A.S. & Peñuelas J. 2005: Running to stand still: adaptation and the response of plants to rapid climate change. – Ecology Letters 8: 1010–1020.
- Jump A., Mátyás Cs. & Peñuelas J. 2009: The paradox of altitude for latitude comparisons in species range retractions. – Trends in Ecology and Evolution 24(12): 694–700.
- Kahle H.P., Karjalainen T., Schuck A., Ågren G.I., Kellomäki S., Mellert K., Prietzel J., Rehfuess K.E. & Spiecker H. (eds.) 2008: Causes and consequences of forest growth trends in Europe – Results of the Recognition Project. EFI Research Report 21. – Brill Academic Publisher, Leiden, Boston, Köln, 262 pp.
- Larcher W. 2001: Ökophysiologie der Pflanzen. 6. Auflage. – Ulmer, Stuttgart, 408 pp.
- Leuschner C. 2020: Drought response of European beech (*Fagus sylvatica* L.) – A review. – Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 47: 125576.
- Mátyás Cs., Berki I., Czúcz B., Gálos B., Móricz N. & Rasztoivits E. 2010: Future of Beech in Southeast Europe from the Perspective of Evolutionary Ecology. – Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 6: 91–110.
- Mátyás Cs., Bozic G., Gömöry D., Ivankovic M. & Rasztoivits E. 2009: Juvenile growth response of European beech (*Fagus sylvatica* L.) to sudden change of climatic environment in SE European trials. iForest – Journal of Biogeosciences & Forestry 2: 213–220.
- Móricz N., Rasztoivits E., Gálos B., Berki I., Eredics A. & Loibl W. 2013: Modeling the Potential Distribution of Three Climate Zonal Tree Species for Present and Future Climate in Hungary. – Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 9(1): 85–96.
- Peñuelas J., Ogaya R., Boada M. & Jump A.S. 2007: Migration, invasion and decline: changes in recruitment and forest structure in a warming-linked shift of European beech forest in Catalonia (NE Spain). – Ecography 30: 829–837.
- Prezsch H. 1992: Zunehmende Unstimmigkeit zwischen erwartetem und wirklichem Wachstum unserer Waldbestände. – Forstwissenschaftliches Centralblatt 111(1): 366–382.
- Somogyi Z. 2008: Recent trends of tree growth in relation to climate change in Hungary. – Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 4: 17–27.
- Spiecker H., Mieliäinen K., Köhl M. & Skovsgaard J.P. (eds.) 1996: Growth Trends in European Forests: Studies from 12 Countries. – European Forest Institute Research Report Nr. 5., Springer-Verlag, 372 pp.

9.2. A bükk fenotípusos és genetikai alkalmazkodása a környezeti feltételekhez

Mátyás Csaba és Köbölküti Zoltán

Az abiotikus környezeti feltételekhez és azok változásaihoz való alkalmazkodást (az akklimációt) az egyed számára a fizikai megjelenés, a fenotípus módosulása teszi lehetővé. A hosszú életkor miatt a környezeti változásoknak fokozottan kitett bükk számára elsődleges fontosságú a fenotípus plaszticitása, vagyis az egyed versenyképességének (fitnessének) megőrzése, tág határok között változó környezet mellett is. Az akklimáció a külső megjelenés (növekedés, morfológia) változása mellett a belső szövetfelépítés (pl. az edények mérete) és az élettani folyamatok változtatása révén valósul meg. A fenotípus megváltozása szárazsági stressz, illetve extrém termőhelyi viszonyok hatása mellett a legfeltűnőbb. A száraz környezetben visszaeső növekedés egyfajta alkalmazkodás is, amennyiben pl. a keskenyebb évgyűrűkben a szállító edények mérete csökken, a kisebb levelek párologtatása alacsonyabb, a dúsabb finomgyökérzet révén a vízfelvétel hatékonyabb, és ezzel az elérhető víz hasznosítása javul. A fenotípusos plaszticitás hosszú távú vizsgálatára legalkalmasabbak a származási (közös tenyészterti) kísérletek, amelyek genetikailag azonos populációk fenotípusának egybevetését teszik lehetővé, eltérő termőhelyi környezetekben (pl. Mátyás et al. 2009; Sáenz-Romero, Mátyás et al. 2019).

Az eddigiekben a fenotípusos alkalmazkodást genetikai változás és átörökítés nélküli jelenségnek tekintették, míg a populáció szintjén tapasztalható genetikai összetétel-változás jelenségei (szelekció, alapító hatás), nagyobb időtávban pedig a génáramlás formái minősültek az öröklődő alkalmazkodás lehetőségeinek (Mátyás 2002, 2006). Az utóbbi időben azonban a fenotípusos reakciók háttéréről egyre több részletet derít fel a genetika. Mai ismereteink szerint a környezeti jelek által kiváltott reakciók összetettek. A külső inger először minden esetben egy sejtfelszíni receptor érzékeli, amely ezután jelátviteli kaszkádot indít el, amely kiváltja a fenotípusos választ. A jelátviteli útvonalak fehérje összetevőinek szerkezetében történő változások kiváltásában kulcsfontosságú a gének metilációs állapotának megváltozása, továbbá a géneket körülvevő hisztonfehérjék változásai, a kromoszómán „ugráló” DNS elemek (transzpozonok) aktiválódása, valamint kis, nem kódoló RNS-ek szám- és szerkezetbeli módosulásai. A gének környezetének szerkezeti változásai a génkifejeződést (expressziót) szabályozzák, megerősítik vagy elhallgattatják. Ezáltal a genetikai háttér eltérő fenotípusos megnyilvánulását teszik lehetővé. Adott környezeti hatás mindössze néhány perc alatt már elindíthatja az említett változásokat. Fontos kiemelni azonban, hogy a környezeti inger időtartama és gyakorisága, valamint a növényi egyedfejlődés pillanatnyi állapota határozza meg, hogy ezek a sajátos szabályzási folyamatok molekuláris memóriaként fennmaradnak-e, sőt, esetleg továbbadódhatnak-e a következő generációknak.

A fentiek értelmében tehát a fenotípusos plaszticitást is genetikailag meghatározott tulajdonságnak tekintjük, függetlenül attól, hogy a válaszreakciókat közvetlen vagy közvetett genetikai hatások váltják ki. Időközben számos, jórészt fenyő fajokkal végzett molekuláris elemzés és üvegházi kísérlet is igazolja a klasszikus genetika alapelvét meghazudtoló epigenetika (örökölhető bevéződés) létezését. Az epigenetikai hatások valószínűleg a bükk esetében is hozzájárulnak a faj kísérletesen tapasztalható plaszticitásához. Az epigenetikai hatások („memory effects”) lehetőségét a bükknél elsőként Gömörly és Paule (2011) vetette fel. A faj speciális adottságai miatt az epigenetika szerepének feltárására a bükk esetében egyelőre még várni kell.

A bükk éves növedék-menetének megváltozása

Führer Ernő

A hazai bükkösökben a hőmérséklet emelkedése és különösen a nyári csapadék hiánya már ma is kimutatható hatással van a bükk éves növedékére és annak képződési menetére. Egy soproni, idős bükkös faállományban 22 éven át (1985–2007) végeztek hetenkénti kerület méréseket a körlap-növedék becslésére (Führer

et al. 2016). A mérési periódus alatt a klímában markáns változás állt be, ami a növedék mértékének és lefutásának megváltozásában is megmutatkozott (9.2.-1. ábra). A bázis időszak (1961–1990) átlagához képest 1999-től a rákövetkező 8 évben a csapadékátlag a kezdeti növekedési időszakaszban (áprilisban) 10%-kal, az intenzív növekedési időszakaszban (június – júliusban) pedig 14%-kal csökkent a kísérleti területen. Ugyanakkor a hőmérséklet trendszerűen emelkedett szinte valamennyi éven belüli növekedési időszakasz alatt. A bázis időszakhoz képest a melegedés a kezdeti növekedési periódusban $+0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, a fő növekedési időszakaszban (májustól – júliusig) pedig már $+1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt.

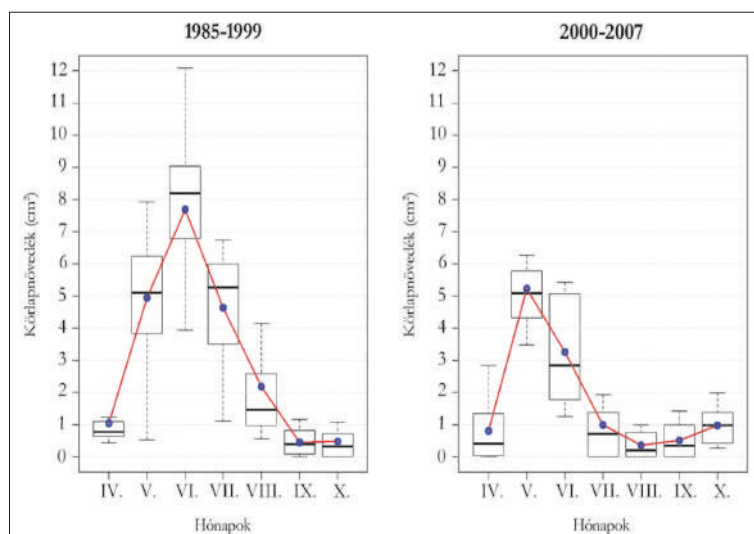
A mérések első időszakában (1985–1999) a fák egyenkénti, havi átlagos körlap-növedék maximuma júniusban volt ($7,69\text{ cm}^2$), ennél jóval kisebb májusban ($4,94\text{ cm}^2$) és júliusban ($4,64\text{ cm}^2$), majd októberig lecsökkent. A következő periódusban (2000–2007) a növedék maximuma már májusra esett ($5,23\text{ cm}^2$), ez 6%-os emelkedést jelent az előző periódus havi átlagához képest. Júniustól kezdve ($3,26\text{ cm}^2$), erőteljes csökkenés mutatkozott, amit az októberi ($0,98\text{ cm}^2$) növedék csak kis mértékben kompenzált. A bázis periódusban az átlagos éves körlap-növedék ($21,19\text{ cm}^2$) csaknem kétszerese a 2000–2007-es periódus átlagos éves növedékének ($12,15\text{ cm}^2$). A körlap növekedés drasztikus csökkenése nyilvánvalóan hasonló arányban megjelenik a teljes dendromassa növedékében is.

A bükk fenotípusos plaszticitása nyilvánul meg abban, hogy a klíma szárazodása és melegedése következtében a fő növekedési időszakban létrejött növedékvesztés mértékét a fafaj az egyébként jelentéktelen őszi asszimiláció felerősítésével próbálja pótolni, és ezzel a növedék-menet alakulása egyes mediterrán növedék függvényekhez kezd hasonlítani (9.2.-1. ábra). Ehhez a bükk kambialis aktivitásának fenntartása szükséges a tenyészidőszak végéig, ami pl. a tölgyekre nem jellemző (Mészáros et al. 2022).

A bükk szárazság toleranciája

Mátyás Csaba

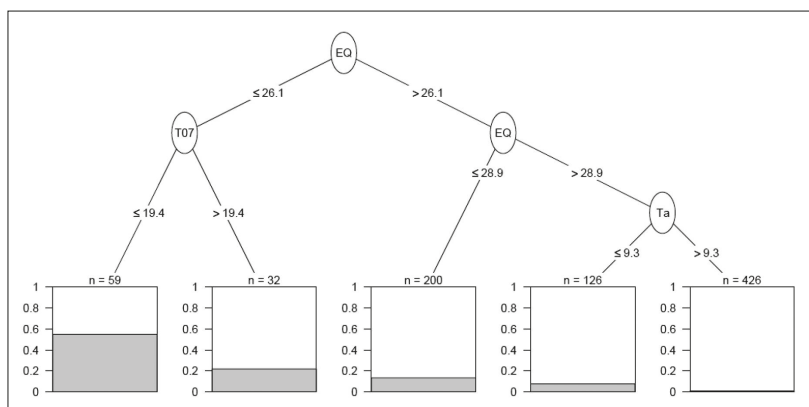
A bükk szárazsági tolerancia határa túllépésének első látható szimptomái a korai levélsárgulás, levélhullás, majd a vázágak, a koronacsúcs száradása (9.2.-2. ábra). A faj nedvességellátással kapcsolatos toleranciája gyakorlatilag lineáris függvénnyel jellemezhető (9.2.-4. ábra), ahol a szárazsági stressz fokozódásával a növedék csökken, a vitalitás és az ellenállóképesség gyengül. Ugyanakkor a mortalitás mértéke pedig fokozatosan növekszik, és a bükk elveszti versenyképességét a szárazságtűrőbb fajokkal szemben. A faji elterjedés „alsó” határát ez a szárazsági határ jelöli ki, amire a Mátyás és munkatársai (2009) által bevezetett „xeric limit” fogalmát nemzetközileg is elfogadták, mert az angol *trailing limit* („vontatott” határ) nem utal a szárazságra. Ez a határ a termőhelyi és társulási viszonyok változatossága miatt ritkán jelentkezik élesen. A bükk szárazsági határa egyben flóraválasztó is, kulcsfajként a hazai legüdebb erdőzeti klímazóna határát jelöli ki.



9.2.-1. ábra. Uralkodó helyzetű idős bükkök átlagos fánkénti havi körlapnövedéke az 1985–1999. és a 2000–2007. időszakok átlagában (Führer et al. 2016)



9.2.-2. ábra. Csúcsszáradt bükkös Hegyhátszentmárton határában (Őrségi Nemzeti Park), a 2000-es évek aszályai után, 2008 őszén. Pszeudoglejes talaja nem optimális termőhelye a bükknek (Fotó: Mátyás Csaba)



9.2.-3. ábra. A zonális bükkösök modellezése során kapott „döntési” modell, az Ellenberg-index (EQ), az éves, és a júliusi átlaghőmérséklet (T_a , T_{07}) alkalmazásával. A modell ágvégein látható mini-diagrammokon a szürke oszlop mutatja a fafaj előfordulás valószínűségi értékét és az elemszámot (n) (Czúcz et al. 2013)

A bükk szárazsági határa

A bükk hazai szárazsági határát meghatározó klimatikus tényezőket az erdőleltár adatokra alapozva, a zonális, azaz elsődlegesen a klímától függő erdőrészteket figyelembe véve azonosították (Czúcz et al. 2013). A bükk „jelenlétének” relatív gyakorisága meghatározásához a bükk 20% elegyarány feletti erdőrészteleire számított közel-múlt klíma (1961–1990) adatait, valamint az azokból meghatározott Ellenberg- és a FAI - (Führer 2010) indexeket vizsgálták (9.2.-3. ábra). Az elemzés szerint a klíma által meghatározott bükkösök előfordulását elsődlegesen az Ellenberg-index (EQ) határozza be, ami nem meglepő, mert a szerző ezt

az indexet a bükk előfordulása jellemzésére alakította ki (Ellenberg 1986). A 9.2.-3. ábra alapján a bükk elterjedésének szárazsági határát hazánkban elsősorban a $28,9\text{ °C mm}^{-1} EQ$ érték, és $9,3\text{ °C}$ évi középhőmérséklet határozza meg. Az éves csapadék, mint korlát, külön nem szerepel, mert ezt az EQ -érték figyelembe veszi. A vizsgálat szerint ugyanakkor a bükk jelenléte $26,1\text{ °C mm}^{-1} EQ$ és $19,4\text{ °C}$ júliusi középhőmérséklet alatt a legvalószínűbb. Ki kell emelni, hogy az EQ jelző szerepe csak a bükk esetében érvényesül ennyire. Ugyanakkor a FAI index a bükk esetében nem

bukkant fel a korlátozó klíma-változók között, mert a FAI nem a fafajok elterjedésének lehatárolására lett kifejlesztve, hanem elsősorban az erdőszetileg fontos szervesanyag-termelés és általában az erdőszeti klímazónák klimatikus jellemzéséhez nyújt támpontot, és valamennyi klímától függő fafaj jellemzésére alkalmas.

Amennyiben az aszályindexeket nem vonjuk be az elemzésbe, a bükk jelenlétének határértékére elsősorban a májusi középhőmérséklet ($T_{05} \leq 14\text{ °C}$), azon belül az éves középhőmérséklet ($T_a \leq 9,3\text{ °C}$) és az éves csapadék ($P_a \leq 682,5\text{ mm}$) a meghatározó. A bucsutai származási kísérlet adatai nagyon hasonló eredményt mutatnak. Az adatok jelzik, hogy a bükk szárazsági határát elsősorban a termőhely vegetációs időszaki ariditása határozza meg (9.2.-1. táblázat).

Salamon-Albert és munkatársai (2016) súlypontosan a Mecsek bükköseiben vizsgálták a szárazsági határt meghatározó éghajlati tényezőket. Az Ellenberg-index a határra $30,0\text{ °C mm}^{-1}$ értéket adott. Az értékek Führer (2010) adataival és a 9.2.-2. táblázatban megadottakkal majdnem azonosak, illetve összefüggnek.

9.2.-1. táblázat. 36 bükk populáció származási helyére meghatározott néhány klimatikus változó és a bucsutai kísérletben mért 15 éves kori átmérője közötti korreláció (Horváth & Mátyas 2014)

Klimatikus változók	Korrelációs együttható	Szignifikancia
Éves középhőmérséklet	0,345	0,190
A legmelegebb hónap max. hőmérséklete	0,582	0,018*
A leghidegebb hónap min. hőmérséklete	-0,014	0,960
Éves hóingás	0,430	0,096
Éves csapadékösszeg	-0,405	0,120
A legcsapadékosabb hónap csapadékösszege	-0,181	0,503
A legszárazabb hónap csapadékösszege	-0,436	0,092
Gorcziński kontinentalitási index	0,460	0,093
De Martonne ariditási index	-0,540	0,031*
Ellenberg-index (Ellenberg 1986)	0,642	0,009**
<i>FAI</i> -index (Führer 2010)	0,415	0,110

Megjegyzés: vastagítva a $p < 5\%$ (*) és $p < 1\%$ (**) szinten szignifikáns értékek; az indexek képletei Rasztovit's és munkatársai (2012) tanulmányában

9.2.-2. táblázat. A bükk szárazsági határára megállapított szakirodalmi adatok összehasonlítása. Az utolsó három sorban a hazai bükkösök átlaga, a bucsutai helyszín, valamint a kísérletben szereplő kontinentális szegélyelőfordulás adatai (A rövidítések magyarázata a szövegben)

Vizsgált bükk régió, adatforrás	Hőmérsékleti határ (°C)	Csapadék határ (mm)	<i>EQ</i> index határ (°C mm ⁻¹)
A <i>Fagus</i> nemzetség globális elterjedése; Fang és Lechowicz 2006	$T_a = 13,5$ $T_{07} = 23,0$	$P_a = 900$	29,0
ÉK-Európa, hűvös-száraz környezetben; Kölling 2007	$T_a = 9,5$	$P_a = 500$	-
D-Európa, meleg-csapadékos környezetben; Kölling 2007	$T_a = 13,5$	$P_a = 850$	-
Magyarország; Czúcz et al. 2013	$T_a = 9,3$	$P_a = 680$	28,9
A bükk zóna hazai elterjedése átlaga; Führer 2010	$T_a = 8,5-9,0$	$P_a = 750$	-
Bucsutai nemzetközi kísérlet klímája	($T_{07} = 20,8$)	($P_a = 707$)	(29,4)
Pidkamin, Ukrajna, DK-Európa kontinentális síkvidéke	($T_{07} = 18,1$)	($P_a = 612$)	(29,6)

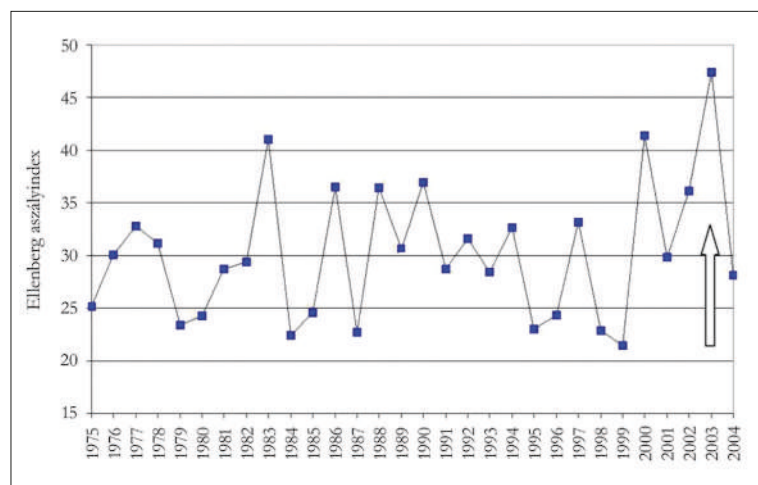
A viszonylag kis hazai területre vonatkozó szárazsági határértékek meglepő hasonlóságot mutatnak a szakirodalmi adatok kevésbé megszűrt eredményeivel (9.2.-2. táblázat). A déleurópai mediterrán határon több csapadékra van szükség a magasabb középhőmérséklet miatt, viszont hűvös klímában, ÉK-Európában 500 mm csapadék is elég (Kölling 2007). Fang és Lechowicz (2006) adatai a *Fagus* nemzetség mediterrán és szubtrópusi, ázsiai és amerikai fajaira vonatkoznak. A tolerancia határait Ellenberg indexével is elemezték. Ezek szerint az *EQ* kritikus (határ-) értéke a teljes *Fagus* nemzetség elterjedésére 29,0 °C mm⁻¹, ami azonos a hazai adattal. A bükk határa a kontinentális klímában évi középhőmérsékletre (T_a) maximum 9,5 °C körül alakul, viszont hazánkban az éves csapadék (P_a) minimuma 680 mm, ami a hűvösebb kelet-európai minimumot (612 mm) meghaladja.

Mindez megerősíti, hogy a bükk elterjedési határa a Kárpát-medence hazai részén valóban a klímatervezők függvénye, azaz zonális határ. Vagyis a bükk klímazonális jelleggel fordul elő alacsony tengerszint feletti magasságon is.

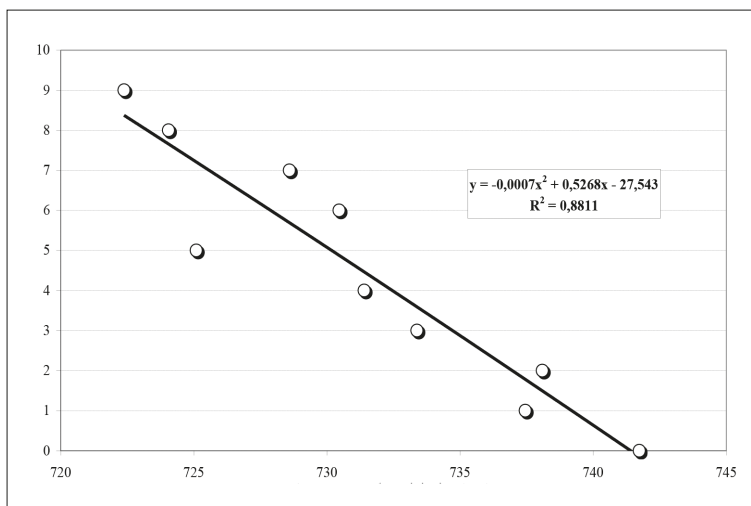
A 9.2.-4. ábra a hazai éghajlat-változás kezdeti időszakában mért tolerancia-romlást mutatja be az országos erdővédelmi hálózat (EVH) adatai alapján (Mátyás 2006). Az alkalmazkodást meghatározó, megelőző klímazakasz (1960–1990) évi csapadék-átlagait a mintavételi helyekre kivetítve kiderült, hogy míg az egészséges populációk helyszíneinek átlagos csapadéka 742 mm, a 90%-os károsodási osztály-átlagú mintahelyek csapadék-átlaga 722 mm. A korreláció magasan szignifikáns, és gyakorlatilag lineáris.

Az aránylag kis csapadék-különbség arra utal, hogy a mintázott bükk helyszínek nagy részére kedvezőtlen csapadékviszonyok jellemzők, és a súlyos károsodást mutató helyszínek már közel voltak a szárazsági határhoz az ezredforduló környékén, a korábbiakban ismertetett határérték ($P_a = 680$ mm) közelében (Lakatos & Molnár 2009).

Az aszály-stressz és a mortalitás fellépésének kapcsolatát Berki és munkatársai (2009) a szárazsági határ mentén, zonális (klímaterfüggő) bükk állományokban vizsgálták, a 2000–2005 közötti országos és regionális aszály következményeként. A szárazság okozta mortalitást nem a legszélsőséges év hatása, hanem több, egymást követő extrém nyár váltotta ki (9.2.-5. ábra). A fellépett mortalitás mértéke szorosan korrelált a helyszínen mért 4 aszályos év átlagával.



9.2.-5. ábra. Ellenberg aszályindexszel (EQ; y tengely) jellemzett aszálygyakoriság már a századforduló idején kiváltotta a bükk mortalitását Fiadon (Somogy vm.). A négy éven keresztül 30 feletti értéket meghaladó aszályesemények 2003-ban váltottak ki tömeges száradást (nyíllal jelezve) (Rasztovits et al. 2014)



9.2.-4. ábra. A bükkösök egészségi állapota a levélvesztés százalékában a hazai EVH mintakörökben 10%-os fokozatokba rendezett egészségi állapot adatok átlagai (y tengely; 0 %: nincs levélvesztés).

Az x tengely a pontok klímáját az 1961–1990. időszak csapadékátlagával jellemzi

(Szerkesztette: Veperdi Gábor in: Mátyás 2006)

A kitermelési adatok alapján az állományok vitalitásának romlása is megközelítőleg lineárisnak mutatkozott az aszályos időszakra számított átlag EQ értékek mentén. A legerősebb károk meghaladták a fakészlet 60%-át (Rasztovits et al. 2014). A legerősebb aszályt Balatonszárszón állapították meg, ezen a helyszínen a bükk állomány gyakorlatilag kipusztult.

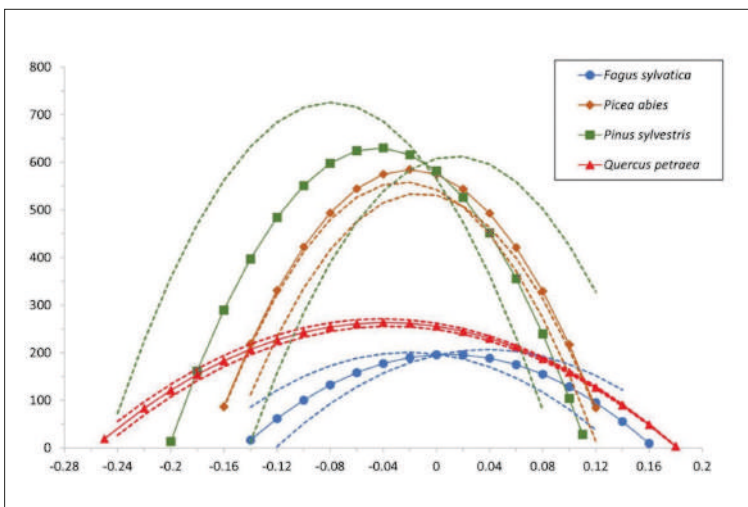
Összefoglalva megállapítható, hogy a bükk szárazság-érzékeny, a késő tavaszi és nyári vízellátás feltételei határozzák meg elsődlegesen a faj jelenlétét. Ezt az ökológiai kutatások is igazolják (Führer 2010). A pusztuláshoz vezető száradás hátterében elsősorban az edényekben felfelé áramló vízszlop meg-

szakadása (kavitáció), vagyis egyfajta embólia állhat, amely a bükk esetében a levélzet párologtatását korlátozó sztómazáródás fajra jellemző gyengébb hatékonysága válhat ki. A kiszáradáshoz, ill. a pusztuláshoz a szén-asszimiláció csökkenése miatt előállt „szén-éhség” is hozzájárulhat (Lemoine et al. 2002; Mészáros et al. 2002; Leuschner 2020, Leuschner et al. 2023; lásd még az 1.2. főfejezetben »A bükk fiziológiája – a változó klíma tükrében« alfejezetet).

Mindenesetre, a klimatikus szélsőségek, főleg az aszály szerepe a mortalitás kiváltásában általában az elsődleges tényező. Az egészségi állapot romlásával, a másodlagosan megjelenő rovarok és patogén gombák károsítása váltja ki a végleges pusztulást (Csóka & Hirka 2017). Az európai tölgy pusztulási statisztikákat elemezve Thomas és munkatársai (2002) hasonló összefüggéseket állapítottak meg (lásd a »7. A bükkösök erdővédelmi kérdései« főfejezetet).

A bükk fenotípusos alkalmazkodóképessége, más fajokkal összehasonlítva

A bükk alkalmazkodóképessége összehasonlítására más fajokkal eddig valószínűleg egyetlen, magyar vonatkozású kísérletes elemzés készült (Sáenz-Romero, Mátyás et al. 2019), ahol négy faj (bükk, kocsánytalan tölgy, luc- és erdeifenyő) közös tenyészkereti kísérleteit vetették egybe a szerzők (9.2.-6. ábra). A bükk esetében kilenc populáció adatait értékelték, hat nemzetközi kísérletben. Az értékelés az alkalmazkodott populációk áttelepítésével járó környezetváltozásra adott reakcióját vette figyelembe, a mért átlagos magasság alapján. Az áttelepítés okozta környezetváltozást az éves átlagos aszályindex-szel (*AAI*) jellemezték, ahol az „eredeti helyszín”-nek megfelelő feltételeket 0 érték jelzi. Az aszályindex pozitív értékei melegebb-szárazabb, a negatív pedig hűvösebb-nedvesebb környezetbe telepítést jelentenek. Az áttelepítési függvények által lefedett ökológiai szórás (plusz és mínusz irányban) jellemzi a faj alkalmazkodási készségét, a képviselt populációk tekintetében. Ki kell emelni, hogy az *x* tengelyen szereplő áttelepítési index értékek relatívak, tehát a klíma változásának mértékét mutatják. Az *y* tengely magassági adatait eltérő korokban mérték, és nincsenek relativizálva. Emiatt az áttelepítési egyenletek összehasonlításánál csak az *x* tengelyen lefedett ökológiai szélességi kiterjedést, illetve a maximumok helyét kell figyelembe venni.



9.2.-6. ábra. Négy faj áttelepítési egyenletei különböző korú származási kísérletek adataiból. A populációk modellezett magassági egyenlete (cm, *y* tengely) az *AAI* éves ariditási index-szel kifejezett klimatikai (áttelepítési) távolsággal (*x* tengely) korrelál. A folyamatos görbék a populációk átlagát, a szaggatottak pedig a legalacsonyabb és legmagasabb téli hőmérsékletéről származó populációk függvényét mutatják. A bükk esetében feltűnő az alkalmazkodás szűkebb terjedelme a tölgyhöz képest; az utóbbi faj a legszélesebb alkalmazkodási (plaszticitási) potenciált mutatja. Magyarázat a szövegben (Sáenz-Romero et al. 2019)

fenyőknél kedvezőbb alkalmazkodási potenciállal jellemezhető. Vagyis a bükk plaszticitása a klíma melegedése-szárazodása tekintetében, légnedvesség-érzékenysége miatt a tölgyektől elmarad, de a fenyőknél kedvezőbb (Sáenz-Romero, Mátyás et al. 2019). A faj számos morfológiai és élettani lehetőséggel rendelkezik a szárazsági stressz ellensúlyozására (lásd az 1.3. fejezetben »A társulásképeség ökofiziológiai háttere« alfejezetet is).

Irodalom

- Berki I., Rasztoivits E., Móricz N. & Mátyás Cs. 2009: Determination of the drought tolerance limit of beech forests and forecasting their future distribution in Hungary. – *Cereal Research Communications* 37: 613–616.
- Csóka Gy. & Hirka A. 2017: A változások jelei. A klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás kihívásai. I. – *Erdészeti Lapok* 152(4): 104–105.
- Czúcz B., Gálhidy L. & Mátyás Cs. 2013: A bükk és a kocsánytalan tölgy elterjedésének szárazsági határa. – *Erdészettudományi Közlemények* 3(1): 39–53.
- Ellenberg H. 1986: *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. 4. kiad. – Fischer, Stuttgart, 1095 pp.
- Fang J. & Lechovicz M.J. 2006: Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus L.*) species in the world. – *Journal of Biogeography* 33: 1804–1819.
- Führer E. 2010: A fák növekedése és a klíma. – „KLÍMA-21” Füzetek 61: 98–107.
- Führer E., Edelényi M., Jagodics A., Jereb L., Horváth L., Kern Z., Móring A., Szabados I. & Pödör Z. 2016: Az időjárás hatása egy időskorú bükkös évenkénti körlap-növekedésére. – *Erdészettudományi Közlemények* 6(1): 61–78.
- Gömöry D. & Paule L. 2011: Trade-off between height growth and spring flushing in common beech (*Fagus sylvatica L.*). – *Annals of Forest Science* 68, Suppl. 5: 975–984.
- Horváth A. & Mátyás Cs. 2014: Növekedéscsökkenés előrevetítése egy bükk származási kísérlet alapján. – *Erdészettudományi Közlemények* 4(2): 91–99.
- Kölling C. 2007: Klimahüllen von 27 Waldbaumarten. – *AFZ- der Wald* 23: 1242–1244.
- Lakatos F. & Molnár M. 2009: Mass Mortality of Beech (*Fagus sylvatica L.*) in South-West Hungary. – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 5: 75–82.
- Lemoine D., Jacquemin S. & Granier A. 2002: Beech (*Fagus sylvatica L.*) branches show acclimation of xylem anatomy and hydraulic properties to increased light after thinning. – *Annals of Forest Science* 59: 761–766.
- Leuschner C. 2020: Drought response of European beech (*Fagus sylvatica L.*) – A review. – *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 47: 125576.
- Leuschner C., Weithmann G., Bat-Enerel B. & Weigel R. 2023: The Future of European Beech in Northern Germany – Climate change vulnerability and adaptation potential. – *Forests* 14: 1448.
- Mátyás Cs. 2002: A bükk [genetikai jellemzése]. In: Mátyás Cs.: *Erdészeti–természetvédelmi genetika*. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 345–351.
- Mátyás Cs. 2006: Migratory, genetic and phenetic response potential of forest tree populations facing climate change. – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 2: 33–46.
- Mátyás C., Vendramin G.G. & Fady B. 2009: Forests at the limit: evolutionary-genetic consequences of environmental changes at the receding (xeric) edge of distribution. – *Annals of Forest Science* 66: 800–803.
- Mészáros I., Adorján B., Csóka G., Hirka A., Manninger M. & Oláh V. 2022: Effects of climatic and defoliation stresses on the growth and vitality of trees in mixed oak forests: dendroecological and ecophysiological approaches. – Final report of NKFI SNN 125652 project, Debrecen (kéziratban).
- Mészáros I., Veres S., Láposi R., Sárvári É., Lakatos G., Mile O. & Gáspár A. 2002: Physiological plasticity of beech (*Fagus sylvatica L.*) under contrasting light conditions. – *Acta Biologica Szegediensis* 46: 235–236.
- Rasztoivits E., Berki I., Mátyás Cs., Czímber K., Pötzelsberger E. & Móricz N. 2014: The incorporation of extreme drought events improves models for beech persistence at its distribution limit. – *Annals of Forest Science* 71(2): 201–210.
- Rasztoivits E., Móricz N., Berki I., Pötzelsberger E. & Mátyás Cs. 2012: Evaluating the performance of stochastic distribution models for European beech at low-elevation xeric limits. – *Időjárás* 116: 173–194.
- Sáenz-Romero C., Kremer A., Nagy L., Ujvári-Jármay É., Ducouso A., Kóczán-Horváth A., Hansen J.K. & Mátyás Cs. 2019: Common garden comparisons confirm inherited differences in sensitivity to climate change between forest tree species. – *Peer Journal* 7: e6213.
- Salamon-Albert É., Lőrincz P., Pauler G., Bartha D. & Horváth F. 2016: Drought Stress Distribution Responses of Continental Beech Forests at their Xeric Edge in Central Europe. – *Forests* 7: 298.
- Thomas F.M., Blank R. & Hartmann G. 2002: Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. – *Forest Pathology* 32: 277–307.

9.3. A bükk klímaterének és vitalitásának előrevetítése a 21. századra

Mátyás Csaba

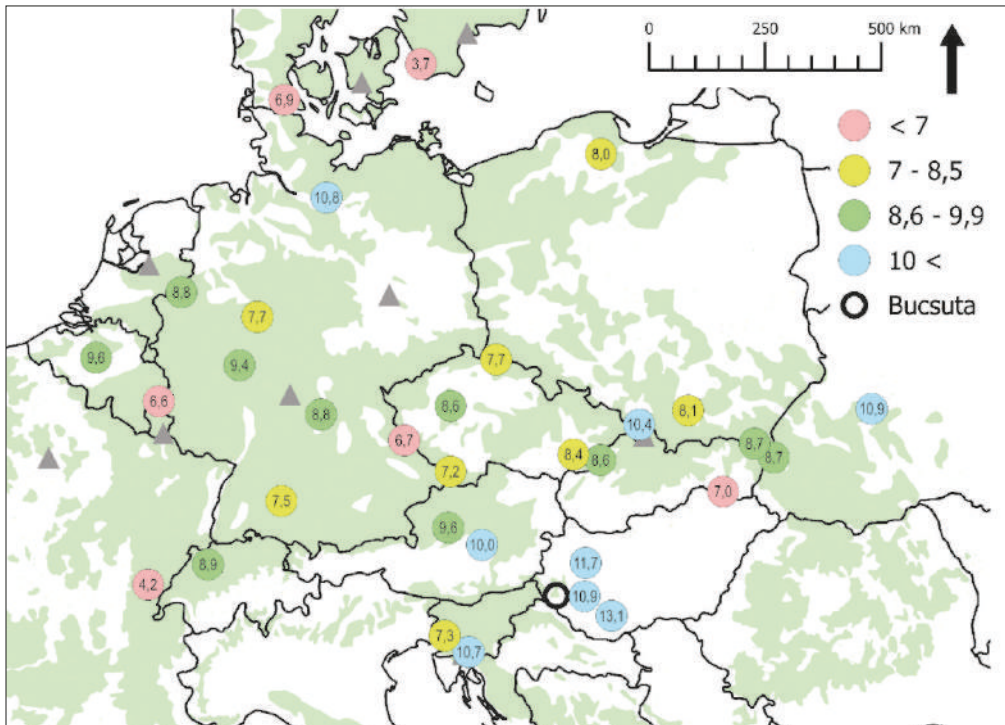
A növekedés előrevetítése származási kísérletek alapján

A különböző eredetű populációk összehasonlítása céljából létesült származási (közös tenyészkereti) kísérletek egyedülállóan alkalmasak a klímaterancia tesztelésére. A teszthelyszín és az áttelepített populációk származási helyének klimatikus differenciája ugyanis szimulált klímaváltozásként értelmezhető. A származások ökológiai (azaz áttelepítési) távolsága és növedéke összefüggéséből meghatározható, hogy a klímaváltozás következtében milyen mértékű növedékveszteség várható. A modellezéssel kapott adatokkal szemben ezek a kísérletek lehetőséget adnak a klímaváltozás által előidézett fenotípusos válaszreakció konkrét terepi feltételek közötti meghatározására, vagyis mérhetővé teszik a faj, illetve a populációk alkalmazkodó képességét (Mátyás & Yeatman 1987; Mátyás 1996).

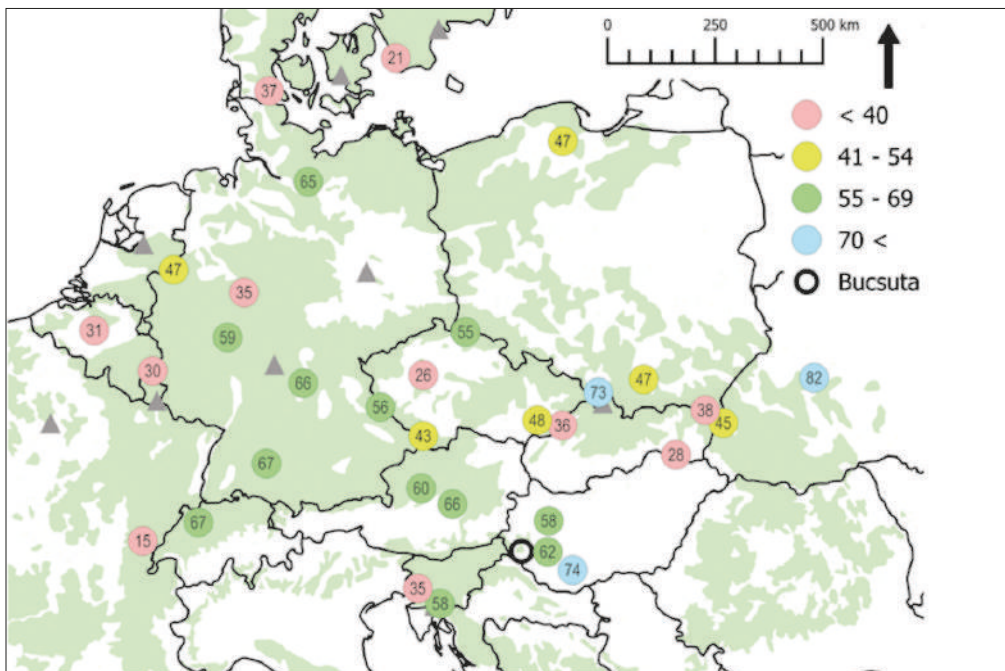
A hamburgi Erdészeti Genetikai Intézet szervezésében 1998-ban 28 bükk származási kísérletet telepítettek Európában (von Wühlisch & Alia 2011), amelyekből egy jutott Magyarországra. A nemzetközi helyszínek összesített eredményeit az 1.4. fejezet »A bükk fiatalkori növekedése nemzetközi származási kísérletekben« alfejezete ismerteti. A magyar kísérlet a Zalaerdő Zrt. területén, Bucsuta községhatárban, 36 származással létesült, melyből négy populáció hazai eredetű (Mátyás et al. 2009; Horváth & Mátyás 2014). A bükk szempontjából fontos klimatikus paraméterek szerint Bucsuta már a bükk szárazsági határán van (EQ értéke $29,4\text{ °C mm}^{-1}$; 9.2.-2. táblázat), vagyis szinte valamennyi származás itt szárazabb és melegebb klímába került. Ezzel gyakorlatilag az egyetlen kísérlet Európában, amely alkalmas a klímaváltozás bükkre gyakorolt negatív hatásainak előrejelzésére. A kísérleti hálózat egyetlen helyszíne került egyértelműen a bükk szárazsági határán kívülre, egy Nápoly környéki faiskolába (Potenzába), ahol azonban valamennyi származás elpusztult.

A szélsőséges hazai helyszín a nemzetközi értékeléstől eltérő képet mutat az átmérő-növekedés és a megmaradás adatai tekintetében is (Kóczán-Horváth 2016). A növekedést a továbbiakban a 15 éves kori átmérővel jellemezzük (cm). A kísérletben szereplő área-rész délkeleti, kontinentálisabb részén meglepő élességgel rajzolódik ki a Bucsután legjobb növekedést mutató populációk csoportja, Szlovéniától Magyarországon keresztül Ukrajnáig (9.3.-1. ábra). A legkiemelkedőbb növekedést Magyaregregy (52.; $D_{1,3}$: 13,1 cm) mutatta, a külföldiek közül az ukrán/galiciai Pidkamin (59.; $D_{1,3}$: 10,9 cm). A származások megnevezése után zárójelben szereplő kódszám alapján a származási helyszínek földrajzi beazonosítása az 1.4. fejezet 1.4.-6 térképes ábráján lehetséges. A legjobb csoporttól elsősorban ÉNy-i irányban található az átlagnál magasabb vitalitást mutató származások. Az área szegélye felé minden irányban, különösen észak felé, szaporodik a gyenge teljesítményűek száma. Kivétel a holsteini Farchau (26.; $D_{1,3}$: 10,8 cm) növekedése, amely megközelelti a hazai legjobbakat. A Kárpátok északi peremén tenyésző populációk közül ugyancsak kitűnik a lengyel Jaworze (39.; $D_{1,3}$: 10,4 cm), amely azért figyelemre méltó, mert a helyszíntől alig 20 km-re délre, a hegység gerince közelében fekszik Istebna, ahol az európai lucosok legjobb, legproduktívabb populációja található (Ujváriné Jármay et al. 2016).

Nem meglepő módon, az egyidejűleg végzett megmaradás-felvételezés eredménye – néhány kivételtől eltekintve – szorosan korrelál a növekedéssel. A megmaradás százalékos adatai az átmérőnél is egyértelműbben mutatják a hazai kísérletben átlag feletti teljesítményt mutató származások sorát, az osztrák Alpon keresztül Közép-Németországig (9.3.-2. ábra). A legjobb megmaradást itt is Pidkamin (82%), valamint Magyaregregy (74%) és Jaworze (73%) esetében mérték. Az atlanti származások gyenge megmaradása feltűnő, a legrosszabb eredményt a francia Plateau du Jura (6.) mutatta, 15%-kal. A Bucsután tesztelt származások megerősítik, hogy a bükk vitalitásának javítása szempontjából se nyugati, se északi populációk nem játszhatnak szerepet. Sajnos szaporítóanyag hiányában a keleti, kontinentálisabb környezetű származások közül csak az ukrán Pidkamin került a hazai kísérletbe, dél-balkáni egy sem.



9.3.-1. ábra. Közép-európai származások átlagos átmérője (cm) 15 éves korban, Bucsután.
 Szürke háromszögek jelzik a Bucsután nem szereplő populációk származási helyét.
 A szövegben említett származások helyszínei kódszámaikkal az 1.4.-6. ábrán szerepelnek



9.3.-2. ábra. Közép-európai származások megmaradása (%) 15 éves korban, Bucsután.
 Szürke háromszögek jelzik a Bucsután nem szereplő populációk származási helyét.
 A szövegben említett származások helyszínei kódszámaikkal az 1.4.-6. ábrán szerepelnek

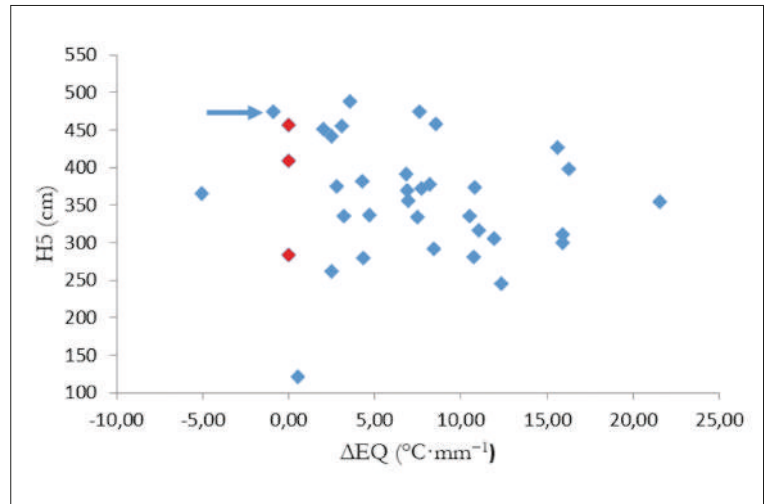
A hazai származások teljesítménye

A hazai származások klimatikus elhelyezkedését a zalai kísérlet nemzetközi mezőnyében a 9.3.-3. ábra mutatja. A származások parcellánként öt legmagasabb egyedének átlagmagassága 10 éves korban egyfajta előértékelés a felnőttkori állományt potenciálisan meghatározó egyedek teljesítményéről. Az európai kísérletsorozatban máshol is szereplő Magyaregregy (52.) Bucsután 4,97 m-es magasságával a 36 között a legjobb származás. Érdekeség, hogy magasabb júliusi átlaghőmérséklethez és alacsonyabb csapadékhoz alkalmazkodott származás a zalai helyszínen kissé hűvösebb, csapadékosabb környezetbe került, amit enyhén negatív ΔEQ értéke bizonyít. A további három származás csak a hazai kísérletben kapott helyet. Ezek közül a kísérlettel szomszédos Bánokszentgyörgy (H1;

4,57m) helyi származású populációnak számít. Hasonló a bakonyi Farkasgyepű átlagmagassága is (H2.; 4,10 m), bár villásodásra hajlamos (9.3.-6c. ábra). Viszont nincs magyarázat a zempléni Ördög völgy (H3.) származás feltűnően gyenge növekedésére (2,84 m). A hazaiak széles szórása figyelmeztet arra, hogy az egyes populációk várható teljesítményét nem egyedül a lokális klímához alkalmazkodás szempontjából kell értékelni. A tágabb értelemben vett két „közeli” származás (Magyaregregy és Bánokszentgyörgy) 10 éves kori teljesítménye mindenesetre megnyugtató. A nemzetközi mezőnyben még az élbolyban van a schleswig-holsteini Farchau (26.; 4,88 m), kiemelkedő törzsalakkal, és az ukrán/galíciai Pidkamin (59.; 4,75 m); az utóbbi EQ értéke szinte azonos Bucsutával, vagyis szinte „helyi”-nek tekinthető. Magyaregregy egy természetesen felújított és gondosan nevelt állomány utódnemzedéke. „*A mai Magyaregregy 60A bükkös erdőrészlet a Pécsi Püspöki Uradalom 1885-ös üzemterve alapján nagy valószínűséggel helyi szaporítóanyagból származó természetes újulat. Kijelenthető, hogy az állomány az elmúlt száz évben gondos erdészeti kezelést kapott*” (Ripszám 2023). Farchau plaszticitását megerősíti egy szomszédos származás kiemelkedő növekedése egy kontinentális német helyszínen (Liepe et al. 2024). Ugyanakkor Ördög völgy lemaradásának a csekély ΔEQ távolság mellett (0,26; 9.3.-3. ábra) nincs magyarázata.

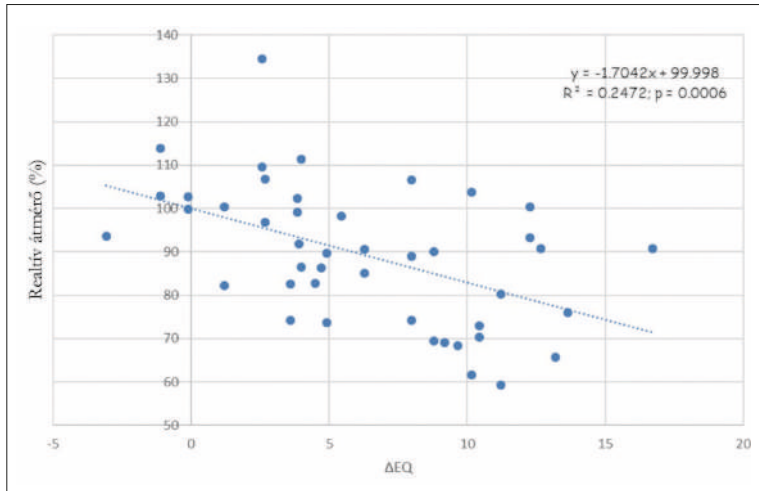
Délkelet-európai kísérletekben szerepel még a zalai bükkösöket képviselő valkonyai származás is. Ott kedvező fiatalkori növekedést és a legjobb megmaradást produkálta (Stojnić et al. 2015). Különböző termőhelyeken mért egyenletes teljesítménye a zalai származások megfelelő fenotípusos stabilitására, általános alkalmazkodóképességére utal.

Itt kell megemlíteni az OMMI szervezésében, hazai származásokkal alapított származási kísérletsorozatról, amelyből egyedül a telkibányaiban végeztek genetikai vizsgálatot (Bordács 2008). A bükk elterjedését jól képviselő hét populáció 11 izoenzim-génhelyén végzett elemzés alapján a hazai származások között különbségek mutathatók ki. Az Északi- és a Dunántúli-középhegység, valamint a Dél-Dunántúl populációi genetikailag elkülöníthető csoportokat képeznek. Az adatokból készült dendrogram (1.4.-10. ábra) összehasonlítása a bükkre kialakított hazai származási körzetekkel igazolja, hogy a körzetek határai jól illeszkednek a genetikai diverzitás megállapított mintázatához (Mátyás 2000; 1.4.-9. ábra).



9.3.-3. ábra. A bucstai kísérlet származásainak parcellánként öt legmagasabb egyede adatából számolt átlagmagassága 10 éves korban ($H5$), az ökológiai távolság (ΔEQ) függvényében. A nemzetközi kísérletsorozat részeként szereplő Magyaregregy nyíl jelzi. A pirossal jelzett származások csak a magyar kísérletben előforduló kontrollok (fentről lefelé: Bánokszentgyörgy, Farkasgyepű és Ördög völgy)

Az áttelepítéssel szimulált klíma változásából fakadó növedék-visszaesés számításához a származások 15 éves kori átlagos átmérőjét használta fel Kóczán-Horváth (2016). Az átmérőt a helyi éghajlati viszonyokhoz alkalmazkodott, 0 ΔEQ értékű kontroll populáció százalékában kifejezve, korrelációt számított az EQ index-szel jellemzett ökológiai/áttelepítési távolsággal (ΔEQ). A klíma változás hatását leíró *áttelepítési egyenlet (transfer equation)* egyáltalán nem az ökológiából ismert szimmetrikus haranggörbe, hanem a szárazodás irányában monoton csökkenő egyenes (Mátyás et al. 2011; Horváth & Mátyás 2014). Az összefüggés magasan szignifikáns, és a származások között tapasztalható variancia mintegy 25%-át magyarázza ($R^2=0,247$; 9.3.-4. ábra).



9.3.-4. ábra. A szimulált klímaváltozás, egyben az alkalmazkodottság gyengülése következtében mért átmérő-növekedés lassulása 15 éves bükk populációkban, a helyi származás százalékában, az ökológiai távolság (ΔEQ) függvényében, Bucsután (Kóczán-Horváth 2016)

Az egyenlet előrevetíti azt a növedékvesztésget, amely a klíma gyors változása miatt a populációkat *a jövőben, saját termőhelyükön* érheti. A származások a szimulált klímahatásra nemcsak növekedésükben, hanem más fenotípusos tulajdonságaikban, így a fenológia, koronaforma tekintetében is reagálnak (lásd az »1.4. A bükk genetikai változatossága« fejezetet is).

Figyelemre méltó, hogy az egyenlet lejtése csekélyebb a vártnál, és a nagymértékű szórás jelzi, hogy a populációk plaszticitása is változó. A lejtés enyhességét elsősorban a bükk plaszticitásával lehet magyarázni; szinte valamennyi származás, ha változó mértékben is, de a szárazsági stressz ellenére számottevő növedéket produkált. Az elemzés bizonyítja, hogy a bükk irodalomban gyakori utalás a bükk fenotípusos plaszticitására a faj evolúciós stratégiájának része. A legújabb kutatások is aláhúzzák a faj kiemelkedő fenotípusos plaszticitását és annak jelentőségét (Petrík et al. 2023). Például Bucsután még a legnagyobb ökológiai távolságot felmutató osztrák populáció (Hinterstoder 35.; tszfm.: 1250 m, EQ : 8,6; lásd a 9.3.-2. táblázatot) is túlélté a számára durva hőmérséklet- és csapadékcsökkenést Bucsután.

A 9.3.-4. ábra egyenletének mérsékelt lejtése jelzi: még az éghajlat erőteljes romlása sem vezet a bükk populációk gyors összeomlásához. Ez azonban csak a szárazsági határtól messze fekvő populációk számára érvényes. A magyar bükk állományok jövőjére vonatkozóan az egyenlet nem szolgáltat választ arra, hogy a szárazsági határhoz közeli populációk milyen fenotípusos plaszticitási tartalékkal rendelkeznek a fajra megállapított szárazsági határ elérésekor. Ehhez egyedi származások több kísérleti helyszínen mért adatai alapján számított, ún. reakciónormák szükségesek.

Az európai származások plaszticitásának összehasonlítása a Kárpát-medencei kísérletekben

A bükk nemzetközi származási kísérletsorozat nagy hiányossága, hogy a nagyszámú kísérlet adatbázisát eddig nem dolgozták fel az *egyedi* populációk több kísérletben meghatározott teljesítménye tekintetében, pedig ezek a reakciónormák szolgáltatnának pontosabb becslést az área különböző alkalmazkodottságú populációinak szélsőséges klímatis körülmények között megnyilvánuló plaszticitásáról. Ennek hiányában három Kárpát-medencei kísérlet válogatott adatait értékeltük.

Az 1998-as európai bükk származási kísérletsorozat öt kísérlete került a Kárpát-medence környezetébe, amelyek közül a zalai Bucсутa, a középhegységi szlovén Straža, és a legmagasabban fekvő szlovák Mlácik 12 közös származást tartalmaz. (A két további kísérlet, a horvátországi Kutinán, illetőleg az erdélyi, Bihar-hegy-

ségi Poiana Florilor/Flóra réten nem voltak alkalmasak az összevetésre.) A maradék három helyszín adatai csak közelítő eredményt szolgáltathatnak, emellett nem tartalmaznak közös magyar kontroll populációt. A kísérletek ökológiailag nagyon eltérő klímákat képviselnek; Bucsuta viszonylag szélsőséges kontinentális helyszín, Mlácik éghajlata montán-kontinentális, a szlovén Straža viszont a bükk számára optimális termőhely (9.3.-1. táblázat). A három kísérlet adatai lehetőséget adnak az európai bükk származások alkalmazkodó-képességének, vagyis fenotípusos plaszticitásának hozzávetőleges összehasonlítására. Két megközelítésben, áttelepítési egyenletek és egyedi reakciónormák lejtésének (regresszós koefficienseinek) összevetése alapján mutatjuk be a populációk válaszreakcióját, 8 éves átlag magassági adatokból (Mátyás et al. 2011; Horváth & Mátyás 2014).

Az *áttelepítési egyenletek* egy-egy kísérleti helyszínen elemzett *összes populáció* adatai alapján mutatják a helyszíni klíma hatását az adott kísérletben mért magassági növekedésre. Az áttelepítési regressziók független változója a ΔEQ , vagyis a populációk származási klímájának a távolsága a teszt klímájától. A helyszínek eltérő klímájának megfelelően a populációkra megállapított ökológiai távolságok értéke (ΔEQ) minden kísérletben más. Mindhárom kísérletre ugyanazon tíz származás magasságából számított lineáris „áttelepítési egyenletek” lejtése a 9.3.-1. táblázatban található. (A két 1000 m feletti, magasabb hegyvidékinek minősített származás, Hinterstoder (35.; AUT) és Postojna (53.; SLO) adata nem került ebbe a számításba, eltérő válaszreakciójuk miatt.)

9.3.-1. táblázat. Három Kárpát-medencei bükk származási kísérlet klíma adatai a közelmúltban (1960–1990), 8 éves kori átlag magasságai és lineáris áttelepítési egyenletei lejtése ($H = (f)\Delta EQ$)

Kísérlet	Tszf. magasság (m)	Átl. hőmérséklet, július (°C)	Átl. csapadék (mm)	Ellenberg-index (EQ)	8 éves átlag H (cm)	Lineáris regresszió lejtése
Straža SLO	545	19,3	1260	15,3	228,3	+0,628
Bucsuta HUN	200	19,7	747	26,3	218,9	-0,690
Mlácik SVK	850	16,8	779	21,5	185,2	-1,572

A szélsőséges klímájú Bucsután szinte minden populáció esetében a szimulált melegedés növekedés csökkenést váltott ki, a lejtés negatív előjelű, ugyanígy Mlácikon is. Viszont a Bucsutánál alig hűvösebb, viszont jóval csapadékosabb klímájú Stražában ugyanazon populációk növekedésében a kedvezőbb klímába telepítés növekedés javulást és pozitív összefüggést eredményezett (9.3.-1. táblázat). Vagyis Stražában a pozitív trendet mutató áttelepítési egyenlet *ezúttal kedvezőbb, csapadékosabb irányban változó feltételeket igazolt vissza*. Figyelemre méltó, hogy a Straža-ban kissé hűvösebb, csapadékosabb környezetbe került populációk közül a legjobb növekedést az eredetileg mintegy 8 ΔEQ értékkel szárazabb helyszínhez alkalmazkodott lengyel Tarnawa (40.) produkálta (9.3.-2. táblázat). Ez a jelenség a bükk esetében is igazolja, hogy az eredeti helyszíni klímához való alkalmazkodás korántsem jelent a populáció számára maximum teljesítményt; a feltételek javulása esetén a populáció növekedése lineáris javulást mutathat (Mátyás et al. 2023).

A *reakciónormák* egyes származásokra *több (itt: csak három) helyszín adatából* jellemzik a populáció válaszreakcióját a környezet klímájának változására, ahol a független változó ugyancsak a kísérleti helyszíneken mért ökológiai távolság (ΔEQ), és a függő változó a magassági növekedés átlaga. A válaszreakciót a regressziós egyenlet lejtése jellemzi. Mivel minden származásra mindössze három adat állt rendelkezésre, a regressziós (lejtés) koefficiensek csak tájékoztató jellegűek.

A 9.3.-2. táblázat a populációk alkalmazkodottságát az eredeti származási helyszín 20. század végi klímájával karakterizálja, és EQ értékük alapján hegyvidéki (A), kontinentális (C) és atlanti/maritim (M) csoportba sorolja. Feltűnő a három kísérlet adatából számolt átlagmagasságok aránylag csekély szórása, amely a három eltérő termőhelyen mért értékek átlagolásával magyarázható. A reakciónormák lejtése, az adatok

bizonytalansága ellenére, eltérő trendeket mutat. Az atlantiak (M) reakciónormája, a kontinentálisakkal (C) ellentétben, pozitív lejtést eredményezett, vagyis a melegedéssel növekedésük gyorsult. A kontinentális populációk eleve közelebb vannak a szárazsági határhoz, ezért (egy kivétellel) növekedésük a szimulált melegedés és szárazodás miatt lassult. Az atlantiak és a kontinentálisak eltérő alkalmazkodottsága azt sejteti, hogy környezeti stressztényezők nem azonos súlyúak, és a populációk a szárazsági stressz növekedésére eltérően reagálnak.

9.3.-2. táblázat. A három kísérletben közös 12 populáció származási klíma adatai a közelmúltra (1960–1990), a régiók és EQ értékeik sorrendjében, valamint a reakciónormák lejtése ($H = (f)\Delta EQ$)

Szár- mazás*		Szár- mazás neve, ország kódja	Tszf. magas- ság (m)	Átlag hőmérsék- let, július (°C)	Éves csapadék (mm)	Ellenberg- index (EQ)	Átlag magasság** (H , cm)	Reakció- norma lejtés
ré- gió	kód							
A	35	Hinterstoder AUT	1250	11,8	1380	8,6	216,4	+2,660
A	53	Postojna SLO	1000	17,0	1718	9,9	222,5	-1,432
C	51	Horní Planá CZE	990	13,4	1014	13,2	194,8	-3,313
C	6	Plateux FRA	600	17,5	1223	14,3	197,5	-4,239
C	48	Jablonec CZE	760	13,5	944	14,3	203,0	-1,014
C	31	Urach GER	760	16,4	887	18,5	211,7	+2,251
C	40	Tarnawa POL	540	17,6	762	23,1	228,1	-1,440
M	17	Westfield GBR	10	14,0	741	18,9	214,1	+2,746
M	21	Grasten DEN	45	16,3	810	20,1	189,3	+1,458
M	14	Aarnink NED	45	17,5	794	22,0	229,3	+1,258
M	13	Soignes BEL	110	17,9	796	22,5	214,4	+0,524
M	67	Bilowo POL	250	15,5	643	24,1	216,5	+1,740

*Az 1.4.-6. térképes ábrán az itt szereplő származások helyszínei a kódjaik alapján földrajzilag azonosíthatók

**8 éves kori adat, a három kísérlet átlagában

Jelentős mortalitás a bucsutai helyszínen egyedül két északi (a dán és a svéd) származás parcelláiban lépett fel (9.3.-6b. ábra). A három kísérletből egyedül a Mlácik-ban szereplő bolgár Gramatikovo (57.) mutatott teljes pusztulást (9.3.-5. ábra). Teljesítménye, plaszticitása más európai kísérletekben is gyenge (lásd az 1.4.-6. ábrán). Ez a származás a közönséges bükk áréáján kívüli *Fagus orientalis* legészakibb populációja, klimatikus távolsága (ΔEQ) Mlácik-ban $-6,30 \text{ °C mm}^{-1}$. A mortalitás oka valószínűleg nem egyedül az ökológiai/klimatikus távolság, hanem az eltérő fenológiai viselkedés hatása is (pl. kései vagy korai fagykárosítás). Az említett hiányosságok miatt a három kísérletből számolt reakciónormák nem szolgáltatnak biztos támpontot a tömeges mortalitás bekövetkezéséhez, de figyelmeztetnek arra is, hogy a támogatott áttelepítés nagy távolság esetén nemcsak növekedési, hanem fenológiai problémákat is felvetet.

Egy hasonló, kocsánytalan tölgyvel végzett elemzés (Mátyás 2021) szerint a szárazsághoz jobban alkalmazkodott populációk csapadékos klímában gyengébben szerepelnek, de száraz klímában nagyobb toleranciájuk miatt jobban növekednek, mint a csapadékosabb klímából származók. Ezt a feltételezett csereviszonyt (*trade-off*-ot) a csemetekerti vizsgálatok alapján már kimutatták bükkre is (Nguyen et al. 2017) és a nemzetközi származási kísérlet adatai is alátámasztják (lásd az 1.4. fejezetben), de a bucsutai kísérletünkben nem sikerült egyértelműen igazolni. A hűvös Svédországból áttelepített Torup (23.) származás Bucsután (és Mlácikon is) a várt reakciót, vagyis gyenge növekedést és gyenge megmaradást mutatott. Ugyanakkor



9.3.-5. ábra. A bulgáriai Gramatikovo (57.) üres parcellája a szlovákiai, Mlácik-i kísérletben, 2006-ban. A *Fagus orientalis* legészakibb balkáni populációjának kipusztulása figyelmeztet, hogy túl nagy ökológiai távolság esetén a támogatott áttelepítés nemcsak növekedési, hanem fenológiai problémákat is felvetethet (Fotó: Mátyás Csaba)

például a 36-ból egyik legjobban növő, és legjobb törzsalakú származás az észak-német Farchau (26.) lett, amely az atlanti és kontinentális zónák határáról került a szélsőséges helyszínre (Torup és Farchau habitusa, megmaradása a 9.3.-6. ábrákon látható).

A származási kísérletek tapasztalatai

Összefoglalva a bükk származási kísérletek eredményeit, bár azokat sokféle bizonytalanság terhelheti, mégis, adataik kikerülhetetlenek a klíma-alkalmazkodási stratégiák kidolgozásához. Ezek a kísérletek felhívják a figyelmet a bükk nem eléggé feltárt plaszticitására, valamint a génkészletet helyileg befolyásoló egyéb, *vegetáció- és állománytörténeti hatásokra*, ami más kísérletek esetében is megnehezítette az egyértelmű következtetések levonását a bükk kísérletekből („*beech is a bitch*” – Mátyás Cs.). A bükk populációk a klimatikus feltételek változására mutatott, sokszor szabálytalannak tűnő reakciója nagy valószínűséggel a faj kiemelkedő alkalmazkodóképességére utal – amelynek azonban határt szab a szárazságtűrés. Sajnos a potenciálisan nagyobb szárazságtűrést hordozó dél-balkáni populációk a bucsutai kísérletben nem kaptak helyet, ezért elbírálásuk hazai feltételek között csak áttelepítéssel lehetséges (Stojnić et al. 2015). Mindezek



a) Farchau, Schleswig-Holstein, Németország 501,5 cm, 68%



b) Torup, Svédország 249,2 cm, 30%



c) Farkasgyepű, Veszprém vm. 413,6 cm, 46%

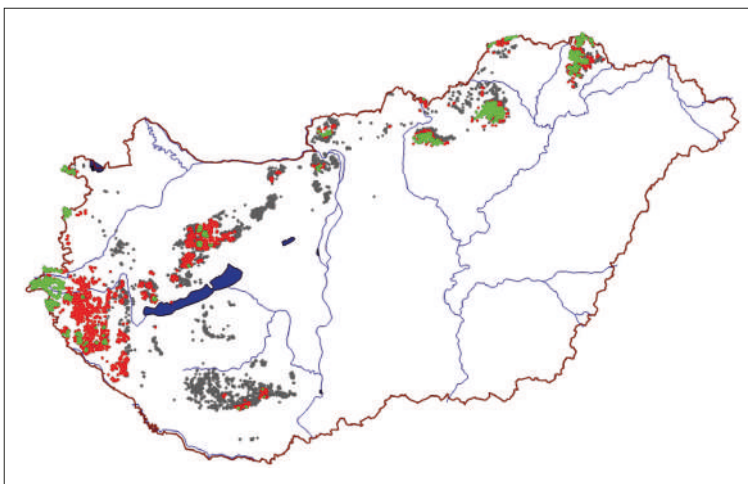
9.3.-6.a-c. ábra. A bucsutai nemzetközi bükk származási kísérlet három származása, átlagos magassága (cm) és átlagos megmaradása (%) 14 éves korban

miatt, csak általános ajánlás adható a magyarországi szárazsági határon siker reményében alkalmazható, fokozottabb klímaterenciával rendelkező idegenhonos populációk származására.

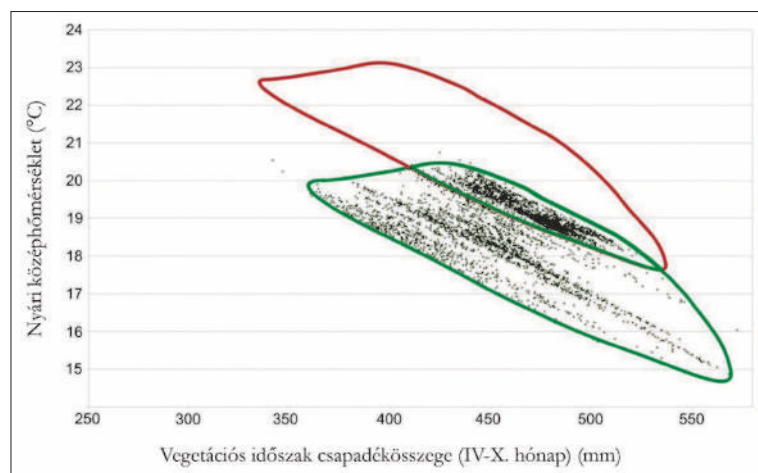
A bükk klímazóna eltolódás előrejelzése klímamodellek alapján

A hazai zonális (klímafüggő) helyzetű bükk állományok adatait felhasználva Czucz és munkatársai (2013) a jelenlegi bükkös klíma területi változását a 21. század végéig vetítették előre. Az előrejelzéshez az IPCC több kibocsátási szcenárióját és többféle légköri modellt alkalmaztak a társadalmi-gazdasági és az éghajlati bizonytalanságok figyelembevételére. A modellezés szerint a bükk klímazóna területe drasztikusan le fog csökkenni az évszázad végéig. A század eleji bükk klímájú termőhelyek 56–99%-a elveszhet az évszázad közepére, jelentős részük már most is kívül esik a bükkös klímazónán.

Führer és munkatársai (2011, 2017) más módszerekkel hasonló végkövetkeztetésre jutottak: a bükk klímazóna területe a 21. század közepére drasztikusan csökkenhet, az ország területének 2%-áról 1%-ra (9.3.-7. ábra). A klímajellemzők közül a májusi-koranyári hőmérséklet és az éves csapadék, illetve a tényezők kombinációja, az Ellenberg-index (EQ) játszottak döntő szerepet az előrejelzésben. Az Ellenberg-index kiemelkedő szerepe egyértelműen aláhúzza a bükk érzékenységét a nyári szárazságra; ezt a szárazsági határral kapcsolatos ökológiai és dendrometriai megfigyelések is megerősítették (Berki et al. 2009; Führer et al. 2017). Az Ellenberg-indexhez nagyon hasonló végeredmény-



9.3.-7. ábra. A bükkös klíma elterjedése eltérő időhorizontokon, az Erdészeti Adattár jelenkori erdőállomány adatai alapján. Zöld: hosszú távon bükkös klímában maradó állományok; piros: az évszázad első évtizedeiben még bükk klímában fekvő állományok; fekete: bükkösök már jelenleg is bükk klímán kívüli termőhelyeken (Führer et al. 2011)



9.3.-8. ábra. A bükk klímaterének Magyarországon 2000-ben (zöld), és 2050-ben (piros), a Prudence klímamodell szerint. Az ábrán az Erdőleltár jelenlegi bükkös állományai egy-egy ponttal szerepelnek (Szerkesztette: Rasztovits Ervin)

nyel szolgált a FAI-indexszel végzett elemzések (Führer et al. 2011). A fafaj hazai klímaterét vizsgálva (9.3-8. ábra) is megállapítható, hogy már a század közepére a bükk állományok nagy többsége az eddig elfoglalt klímaterén kívülre kerül. A két klíma-változó kontextusában a bükkös állományokat képviselő pontok „rétegződésének” oka a csapadék- és hőviszonyok eltérő viszonya a nagyobb tájegységekben (lásd a 1.3.-1. ábrát is).

Az előrejelzések természetesen nem a bükk várható áréájára, hanem a bükk klímazóna kiterjedésére vonatkoznak. Az eredményt többféle bizonytalanság terheli. A változók közül

a jövőbeni csapadék becslése a Kárpát-medence meteorológiai elhelyezkedése miatt, a jövőben csökkenő és a növekvő csapadékú zónák találkozásánál, különösen bizonytalan. Az elemzések emellett nem terjednek ki a fafaj biológiai adottságaira, így a hosszú élettartam alatt érvényesülő fenotípusos plaszticitás készségére; bár azt terepi kísérletek igazolják, de ezt többnyire figyelmen kívül hagyják a modellezések során (Mátyás et al. 2009). Figyelembe kell venni azt is, hogy az előrevetítés csak a kifejezetten klímfüggő termőhelyekre vonatkozik, a kedvezőbb feltételekkel rendelkező, nem zonális helyszínek (pl. szivárgó vizes vagy északi fekvésű lejtők) hosszabb ideig alkalmasak lehetnek a bükk számára. A bükkösök alkalmazkodását segítő erdőművelési beavatkozások is módosíthatják az előrevetítéseket.

A klímaváltozás spontán és mesterséges migrációs követésének esélyei

A bükk makkjának kis terjedési rádiusza és terjesztő vektor hiányában, magterjedés révén működő migrációja mérsékelt. A klimatikus változásokat hatékonyan követő migráció lehetőségét az área változást modellező előrevetítések mégis általában adottnak tekintik. Pedig a bükk esetében is szembeűnő a faj migrációjának lemaradása a klíma változási üteméhez képest. Észak-amerikai paleobotanikai vizsgálatok migrációs adatai szerint (Davis et al. 2006) míg a tölgyek posztglaciális vándorlási üteme 7,5–50 km/évszázad, a bükké 20–30 km/évszázad. Közép-Európára a minimum érték vehető alapul, a K-Ny irányú hegyláncok és az alföldek akadályozó hatása miatt. Ugyanakkor az izoterma-eltolódás horizontális (D→É) becsült eltolódása síkvidéken, mindössze 2 °C hőmérséklet-emelkedés esetén mintegy 290 km egy évszázad alatt (Jump, Mátyás & Peñuelas 2009). Amennyiben a bükk átlagos spontán vándorlási sebességét 20 km/évszázadnak feltételezzük, pl. a 2 °C hőmérséklet emelkedés „utoléréséhez” 1450 évre volna szükség, eltekintve a migrációt ellehetetlenítő emberi beavatkozásoktól és földrajzi akadályoktól (Mátyás et al. 2010; Mátyás 2017b). Tekintettel arra, hogy a századvégre várható hőmérséklet-emelkedés nagy valószínűséggel 2 °C-nál magasabb lesz, a populációk spontán követő vándorlása, mint alkalmazkodási lehetőség, kizárható még az elterjedés északi, termikus határán is.

Az alkalmazkodást segítheti a haploid pollen migrációja is. A bükk pollen repülést befolyásoló légköri trajektóriák irányait és a beérkező pollen feltételezett eredetét Belmonte és munkatársai (2008) több évtizeden keresztül vizsgálták a keleti Pireneusokban. Adataik szerint még a mintegy 1500 km-es távolságra fekvő pollenforrások (Vogézek, Schwarzwald) befolyása is valószínűsíthető volt, ami arra utal, hogy a más klimatikus viszonyokhoz alkalmazkodott génállomány beszűrődése játszhat némi szerepet az alkalmazkodás fenntartásában, amennyiben kedvező (déli) irányból érkezik.

Az elemzésekből levonható megállapítások

Bár egyik előrevetítési megközelítés sem mentes a bizonytalanságtól, az eredmények megerősítik, hogy a klimatikus szárazodás és a szélsőségek erősödése a szárazsági határon vitathatatlanul a bükk vitalitása csökkenését idézi elő, amely további területi veszteségek, betegségek és rovarkárosítások fellépését vetíti előre (Janik et al. 2016, 2020). A bükk alkalmazkodásának javítása elsősorban a meglévő állományok megőrzésére és szénkészletük megóvására kell épüljön (Somogyi 2017). Kiemelendő az adaptív erdőkezelés és a genetikai erőforrások megőrzésének, bölcs felhasználásának fontossága (Führer 2010; Mátyás 2002a, 2002b, 2017a; Mátyás et al. 2022). Az eddigi tapasztalatok szerint azonban, a szárazsági határ közelsége és a változások sebessége miatt, hazánkban sem a természetes állapot helyreállítása, sem az alkalmazkodó erdőkezelés különböző megoldásai a bükk állományok nagy részének tartamos fenntartására nem kínálnak végleges megoldást (9.3.-9. ábra).

A bükk mesterséges felújítása tekintetében a helyi vagy klimatikailag közeli származások szaporítóanyagának választását a kísérleti eredmények alapján is helyesnek ítéltetjük, de az állományok erdőművelési és spontán evolúciós „előlete” (negatív beavatkozások, vagy szélsőséges termőhelyek szelektív hatása esetén) az elvárt teljesítményt módosíthatja, amit a szaporítóanyag forrásának kiválasztásakor mérlegelni kívánatos.



9.3.-9. ábra. Bükkös spontán száradása a Kőszegi-hegységben, széldöntés után. Az állományklíma elvesztésének következményei emlékeztetnek, hogy adaptív erdőművelési megoldásokkal ellensúlyozni kell a klímaváltozás hatásait (Fotó: Borovics Attila)

A hazai származások (főleg DNy-Dunántúlról) bizonyították plaszticitásukat külföldi kísérletekben is. Külföldi és hazai eredetű szaporítóanyag *támogatott áttelepítése* szempontjából a következő tapasztalatok vonhatók le:

- a földrajzi lehatárolás helyett helyesebb ökológiai/klimatológiai alapon (a tszf. magasság figyelembe vételével!) meghatározni az áttelepítésre alkalmas populációk körét;
- a szárazsági határ közeléből származó (délkelet-európai, alacsony tszf. magasságról származó) populációk megőrzése és bevonása a támogatott migrációba külön figyelmet kíván. Aszály-toleranciájuk nagyobb, de számottevően hűvösebb klímába telepítve, kései fagyokra érzékenyek lehetnek (lásd Gramatikovo-t a 9.3.-5. ábrán).

Befejezésül ki kell emelni, hogy ebben a fejezetben a bükk érzékenységét és alkalmazkodását kizárólag a makroklíma változása, mint elsődleges hatás szempontjából tárgyaltuk. Minden szakember számára nyilvánvaló, hogy bükköseink egészségi állapotát, vitalitását vagy leromlását számos tényező együttesen határozza meg. A klíma változása mellett hasonló fontosságúak a további abiotikus termőhelyi tényezők, az antagonista („károsító”) fajok szerepe vagy az erdőművelési beavatkozások módozatai. Az utóbbi kérdésekkel a »7. A bükkösök erdővédelmi kérdései« főfejezet foglalkozik.

A klimatológiai problémák kiemelt tárgyalását az a körülmény indokolja, hogy az eddig stabilnak vélt klíma emberi tevékenység által kiváltott, robbanásszerű változása az erdészetet néhány évtizede ugyanúgy felkészületlenül érte, mint a gazdasági élet és a társadalom minden más szektorát is. Az erdőgazdálkodás 300 éves alapelve, a tartamosság bevezetése óta ez a kihívás bizonyosan a legnagyobb. Rákényszerít, hogy jobban megismerjük az erdei életközösséget és termőhelyét, fafajaink képességeit és tűréshatárait – és emellett az alkalmazkodó erdőművelés lehetőségeit. A tapasztalatok, kutatási eredmények minél gyorsabb, széles körű alkalmazását a gyorsan pergő idő sürgeti.

Irodalom

- Belmonte J., Alarcón M., Avila A. et al. 2008: Long-range transport of beech (*Fagus sylvatica* L.) pollen to Catalonia (North-eastern Spain). – International Journal of Biometeorology 52: 675–687.
- Berki I., Rasztovits E., Móricz N. & Mátyás Cs. 2009: Determination of the drought tolerance limit of beech forests and forecasting their future distribution in Hungary. – Cereal Research Communications 37: 613–616.
- Bordács S. 2008: Állományalkotó kemény lombos fajok szaporítóanyag-termelési erőforrásainak fejlesztése. – OTKA T46940, kutatási Zárójelentés, 22 pp.
- Czúcz B., Gálhidy L. & Mátyás Cs. 2013: A bükk és a kocsánytalan tölgy elterjedésének szárazsági határa. – Erdészettudományi Közlemények 3(1): 39–53.
- Davis M.E., Shaw R.G. & Erterson J.R. 2005: Evolutionary responses to climate change. – Ecology 86: 1704–1714.
- Führer E. 2010: A fák növekedése és a klíma. – „KLÍMA-21” Füzetek 61: 98–107.
- Führer E., Gálos B., Rasztovits E., Jagodics A. & Mátyás Cs. 2017: Erdészeti klímaosztályok területének várható változása. A klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás kihívásai. III. – Erdészeti Lapok 152(6): 174–177.
- Führer E., Mátyás Cs., Csóka Gy., Lakatos F., Bordács S., Nagy L. & Rasztovits E. 2011: Current status of European beech (*Fagus sylvatica* L.) genetic resources in Hungary. In: Frýdl J., Novotný P., Fennessy J. & von Wühlisch G. (eds.):

- Genetic resources of beech in Europe – current state. COST Action E 52. – Landbauforschung vTI, Sonderheft 350, pp. 152–163. [hasonmás kiadás: *Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae* 25: 152–163.]
- Horváth A. & Mátyás Cs. 2014: Növedécsökkenés előrevetítése egy bükk származási kísérlet alapján. – *Erdészettudományi Közlemények* 4(2): 91–99.
- Janik G., Hirka A., Koltay A., Juhász J. & Csóka Gy. 2016: 50 év biotikus kárai a magyar bükkösökben. – *Erdészettudományi Közlemények* 6(1): 45–60.
- Janik G., Pödör Z., Koltay A., Hirka A., Juhász J., Kovács Gy. & Csóka Gy. 2020: Effects of Meteorological and Site Parameters on the Health Status of Beech (*Fagus sylvatica* L.) Forests in Hungary. – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 16(2): 67–78.
- Jump A., Mátyás Cs. & Peñuelas J. 2009: The paradox of altitude for latitude comparisons in species range retractions. – *Trends in Ecology and Evolution* 24(12): 694–700.
- Kóczán-Horváth A. 2016: Beech adaptation to climate change according to provenance trials in Europe. – PhD értekezés, NyME Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola, Sopron, 75 pp.
- Liepe K., van der Maaten E., van der Maaten-Theunissen M., Kormann J., Wolf H. & Liesebach M. 2024: Ecotypic variation in multiple traits of European beech – selection of suitable provenances based on performance and stability. – *European Journal of Forest Research* 143: 831–845.
- Mátyás Cs. 1996: Climatic adaptation of trees: Rediscovering provenance tests. – *Euphytica* 92(1–2): 45–54.
- Mátyás Cs. 2002a: A bükk [genetikai jellemzése]. In: Mátyás Cs.: *Erdészeti–természetvédelmi genetika*. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 345–351.
- Mátyás Cs. 2002b: Származási körzetesítés. In: Mátyás Cs.: *Erdészeti–természetvédelmi genetika*. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 286–290.
- Mátyás Cs. 2017a: Alkalmazkodás a törvények, társadalmi elvárások és az ökológiai kihívások keresztműzében. A termőhelyi feltételek és a szárazsági határ eltolódása. – *Erdészeti Lapok* 152(4): 102–106.
- Mátyás Cs. 2017b: Az alkalmazkodóképesség modellezése származási kísérletekben. In: A célállomány-rendszer aktualizálása a döntéstámogató rendszerben. – *Erdészeti Lapok* 152(11): 349.
- Mátyás Cs. 2021: Adaptive pattern of phenotypic plasticity and inherent growth reveal the potential for assisted transfer in sessile oak (*Quercus petraea* L.). – *Forest Ecology and Management* 482: 118832.
- Mátyás Cs., Balázs P. & Nagy L. 2023: Climatic Stress Test of Scots Pine Provenances in Northeastern Europe Reveals High Phenotypic Plasticity and Quasi-Linear Response to Warming. – *Forests* 14: 1950.
- Mátyás Cs., Berki I., Czúcz B., Gálos B., Móricz N. & Rasztovits E. 2010: Future of Beech in Southeast Europe from the Perspective of Evolutionary Ecology. – *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 6: 91–110.
- Mátyás Cs., Bidló A., Czimmer K., Gálos B., Gribovszki Z., Führer E., Illés G. & Borovics A. 2022: A klímaváltozáshoz alkalmazkodás támogatása az erdészetben: Az Agrárklíma döntéstámogató rendszer. – *Léghő* 67(1): 4–11.
- Mátyás Cs., Bozic G., Gömöry D., Ivankovic M. & Rasztovits E. 2009: Juvenile growth response of European beech (*Fagus sylvatica* L.) to sudden change of climatic environment in SE European trials. *iForest – Journal of Biogeosciences & Forestry* 2: 213–220.
- Mátyás Cs., Božič G., Gömöry D., Ivanković M. & Rasztovits E. 2011: Response of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) to Sudden Change of Climatic Environment in SE European Provenance Trials. In: Wühlisch G. & Alia R. (eds.): *Genetic resources of European beech for sustainable forestry*. – Monografias INIA Madrid, Seria Forestal 22: 127–140.
- Mátyás Cs. & Yeatman C.W. 1987: A magassági növekedés adaptív változatosságának vizsgálata *P. banksiana* populációkban. *Az Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei* 1: 191–197.
- Nguyen Q.N., Polle A. & Pena R. 2017: Intraspecific variations in drought response and fitness traits of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings from three provenances differing in annual precipitation. – *Trees* 31: 1215–1225.
- Petrík P., Grote R., Gömöry D., Kurjak D., Petek-Petrík A., Lamarque, L.J., Sliacka-Konôpková A., Mukarram M., Debta H. & Fleischer P. Jr. 2023: The Role of Provenance for the Projected Growth of Juvenile European Beech under Climate Change. – *Forests* 14: 26.
- Rípszám I. 2023: Személyes közlés 2023. 12. 15-én (e-mail)
- Somogyi Z. 2017: Az elővigyázatosság elve és az éghajlatváltozás – Mire figyelmeztetnek az erdők? – *Magyar Tudomány* 6: 252–657.
- Stojnić S., Orlović S., Ballian D., Ivanković M., ...& von Wülisch G. 2015: Provenance by site interaction and stability analysis of European beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances grown in common garden experiments. – *Silvae Genetica* 64: 133–147.
- Ujváriné Jármay É., Nagy L. & Mátyás Cs. 2016: The IUFRO 1964/68 Inventory Provenance Trial of Norway Spruce in Nyírjes, Hungary – results and conclusions of five decades. – *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica* 12. (különszám) 178 pp.
- von Wühlisch G. & Alia R. (eds.): *Genetic resources of European beech for sustainable forestry*. Proc. COST E52 Meeting, Burgos, 4–6. May 2010 – Monografias INIA Madrid, Seria Forestal, 148 pp.



Fotó: Csóka György

10. ZÁRSZÓ

Borovics Attila, Illés Gábor, Fonyó Tamás, Kottek Péter és Mátyás Csaba

10.1. Mit tudhatunk?	500
10.2. Mit tehetünk?	501
10.3. Mit remélhetünk?	502



Fotó: Gergál-Gombási Mónika

10.1. Mit tudhatunk?

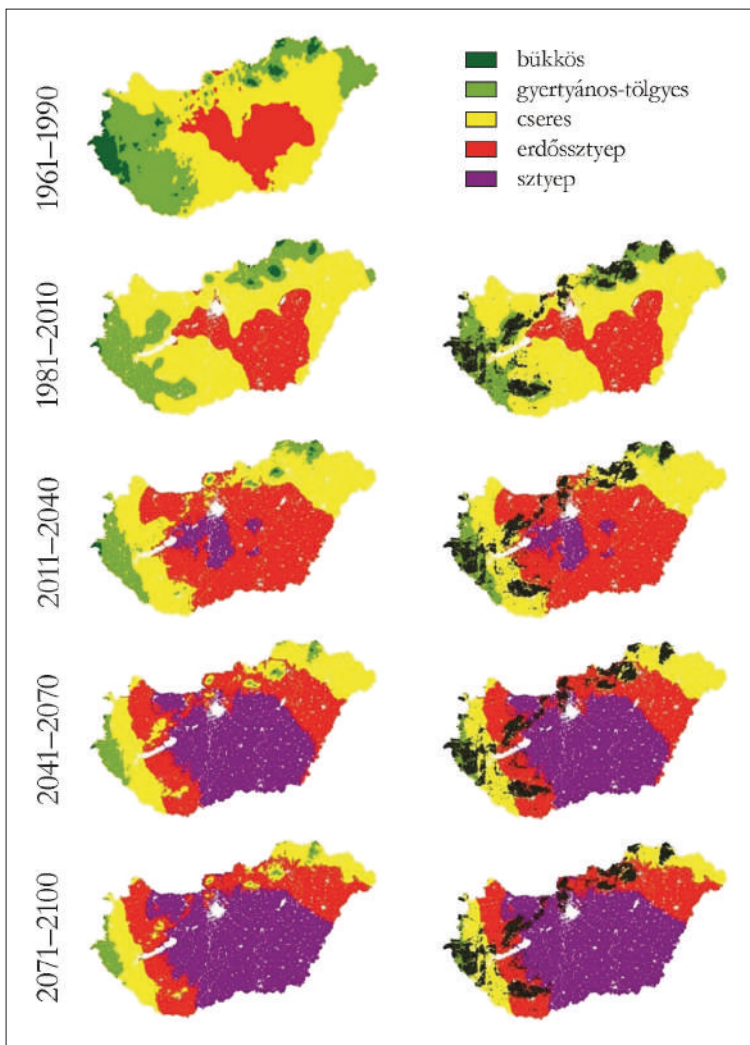
A bükk eddig nemzedékek sorának nyújtott megélhetést, de a környezeti feltételek globális romlása miatt most támogatásunkra szorul. Ez a feladat nemcsak szakmai, hanem egyben etikai tartalmat is hordoz. A teendőket és lehetőségeket a 300 éve született königsbergi morálfilozófus, Immanuel Kant (1724–1804) híres kérdéseire felelve foglaljuk össze.

A hazai bükkösökkel mintha minden rendben lenne az Országos Erdőállomány Adattár (OEA) 2010 és 2020 közötti időszak adatai szerint. A bükkösök összterülete például 2 835 hektárral növekedett a felújítások, illetve az elegyarány módosulások eredményeképpen. Az adatok alapján elsősorban lucfenyőt és erdei fenyőt cseréltek le bükkal, de kocsánytalan tölgyeseket, hársasokat és gyertyánosokat, sőt meglepő módon még csereseket is újítottak fel ezzel a fafajjal. A korosztályszerkezet esetében figyelmet keltő, hogy a 11–20 és a 21–30 korosztályú bükkösök területaránya lényegesen magasabb az elemzési időszak végén, ami utalhat

a 20–30 évvel ezelőtti nagyobb véghasználati területekre, emlékeztetve az új évezred első éveinek súlyos aszályait követően a 2003–2006 időszakban lezajlott jelentős bükkpusztulás következményére.

A bükkösök mintegy 80%-a valamilyen szintű védelemmel rendelkezik. Ez önmagában is kellően igazolja a fafaj iránti megkülönböztetett figyelmet. A védett bükkösök területe 1 755 hektárral, a fokozottan védetteké 904 hektárral, a Natura 2000-es területek pedig 41 hektárral növekedtek 10 év alatt. A nem-vágásos üzemmódban kezelt bükkösök területe is növekedett 15 373 hektárról 25 875 hektárra. Az OEA szerint a bükkös klímabesorolások 8,5–9,1% között változtak az egyes évek szerint, amíg az erdőterületek aránya, ahol a bükk volt a főfafaj, 5,9–6,4% között változott ebben az időszakban, ami alapján még akár arra is következtethetnénk, hogy nem használjuk ki kellőképpen a bükkösök számára klimatikusan rendelkezésre álló összes termőhelyet.

Az országos meteorológiai adatokból a Führer-féle erdészeti ariditási indexszel (*FAI*) levezetett elemzés szerint a távolabbi múltra vonatkozó 1961–1990 időszakra mindösszesen 5,24%-os, míg a 20 évvel későbbi közelmúltat jellemző 1981–2010 idő-



10.1.-1. ábra. Az 1961–1990, 1981–2010, 2011–2040, 2041–2070 és 2071–2100 időszakok klímazónáinak alakulása az RCP4.5-ös klímaforgatókönyv szerint (balra) és a bükk jelenlegi elterjedési területe és a klímazónák (jobbra)

szakra már csak 1,29%-nyi bükkös klímát találunk az ország teljes területére vonatkoztatva. Ha a jelent és közeli jövőt reprezentáló 2011–2040 időszakra tekintünk, akkor még a közepesen optimista *RCP4.5*-ös klímaforgatókönyv szerint levezetett adatok alapján is csak 0,57% bükkös klíma áll rendelkezésre az ország teljes területén, ami 2041–2070-re 0,13%-ra, majd a 2071–2100 időszakra 0,04%-ra csökken. Ehhez képest kell értelmeznünk az országosan 2%-os bükkös klímabesorolás melletti 1,4%-os országos területarányt és a fajok jövőjét. Ennek jobb megértéséhez közöljük az alábbi térképeket a múlt-jelen-jövő klímabesorolásának és a bükkösök jelenlegi elterjedésének összevetésével (10.1.-1. ábra). Az éghajlati adatok értelmezéséhez hozzátartozik az is, hogy a makroklimatikusan bükk klímába sorolt erdőn kívüli területek egy része ma már erdőtelepítésre alkalmatlan, „kivett”, urbanizált térség – nem árt tudni, hogy az utóbbi egyre növekvő területet köt le; statisztikai adatok szerint 2018 óta a „kivett” terület már nagyobb, mint hazánk teljes erdőterülete.

A bükkösök területi kiterjedéséről részletes adatokat tartalmaz táji szinten a 3.1. fejezet »A bükkösök területi előfordulása« alfejezet, továbbá a bükkös klímáról az 1.3. fejezetben a »Bükköseink klímája« alfejezet.

10.2. Mit tehetünk?

Az éghajlatváltozás az eddigi tapasztalatok szerint csökkenő produktív és megnövekedett mortalitást eredményez a hazai erdőkben, de valószínűsíthetünk további extrém biotikus, vagy abiotikus eseményeket is, amelyek gyakorisága és intenzitása növekedhet, ezáltal megzavarva az erdei ökoszisztémák eddig megszokott működését. Ennek jeleit a hazai bükkösök egyre több helyen mutatják. A fiziológiai stressz következtében csúcshárpadás, kisebb levélméret, valamint az egymást követő években ismétlődő tömeges makktermés léphet fel. A legyengült állapotba kerülő állomány az újabb generáció létrehozásával az evolúció által kialakult stratégiáját követve próbál alkalmazkodni. A kimagasló genetikai változatosságú természetes újulatban lehetnek olyan egyedek, amelyek a melegebb és szárazabb viszonyokat jobban tolerálni képesek. Ez a szemünk előtt zajló természetes szelekciós folyamat tette sikeressé a hosszú életciklusú fajokainkat az évezredek során. Tehát vélhetnénk azt is, hogy a természeti folyamatokra bízunk a megoldást, hiszen a múltban is változott az éghajlat, amihez a természet eddig sikeresen alkalmazkodott. Akár hátra is dőlhetnénk és megvárhatnánk a szelekció eredményét.

Azonban ma már tudjuk, hogy az éghajlatváltozás erdőkre leskálázott jelenlegi sebessége hazánkban sokszorosa lehet annak, mint amit fajokaink, esetünkben a bükk eddigi evolúciója során megtapasztalt és a természetes szelekció és a populációk vándorlása, géncserje révén alkalmazkodni képes. A bükk alkalmazkodási képességére a legutolsó jégkorszak utáni gyors felmelegedést (interglaciális) követő spontán faji migráció sebessége, és a jelenlegi hőmérsékleti eltolódások sebességének km/évszázad mértékegységben kifejezett különbségéből lehet következtetni. A bükkre a holocén során leülepedett fosszilis pollen adatokból és genetikai elemzésekből mintegy 20–30 km/évszázad maximális vándorlási sebességet vezettek le. Ezzel szemben akár 500 km/évszázadot is meghaladó dél → észak irányú izoterma eltolódást jeleznek előre erre az évszázadra a jelenlegi klímodellek, a hazánkra jellemző domborzati adottságokat alapul véve. A csapadék évi eloszlásában várható tendencia, mint például a kritikus júliusi átlagszapadék várható csökkenése, a bükk számára még kedvezőtlenebb irányba terelheti az alkalmazkodás sebességét. Kétséges, hogy a bükkösök száz éves időközökben megújuló generációi spontán módon képesek lesznek ehhez alkalmazkodni a jelenlegi elterjedési terület egy részén (lásd a 9.3. fejezetben »A klímaváltozás spontán és mesterséges migrációs következtetésének esélyei« alfejezetet).

Tegyünk meg tehát, amit a legújabb ismeretek alapján a legjobbnak tartunk, hozzunk előrelátó, felelős döntéseket, segítsük bükköseinket. Erre a legalkalmasabb időszak a felújulás, a felújítás időszaka. A felújító és állománynevelő beavatkozások során mindent meg kell tenni az állomány mikroklíma megőrzésére. Segíteni kell az alkalmazkodóképesebb utódállományok kialakulását, hiszen a természetes újulat kimagasló



10.2.-1. ábra. A bükkösök természetes újulatának kimagasló genetikai változatossága lehetővé teszi a gyorsabb alkalmazkodást, ami esélyt adhat a bükkösök következő generációinak (Pátrácsi bükkös, Vértes; Fotó: Borovics Attila)

genetikai változatossága adhat csak esélyt a bükkösök következő generációinak (10.2.-1. ábra). Emellett támogatni kell a klímateráns elegyfajok részvételét is az újulatban. Ha ezt a természetes folyamatot türelemmel, időben elnyújtva, több évjáratra alapozottan segítjük kialakulni, tovább növelhetjük a genetikai és faji változatosságot, végső soron az ökoszisztéma alkalmazkodóképességét. Az újulat foltokat kiegészíthetjük szárazságtűrőbb, és ezért a jövő klimatikus feltételeihez már előalkalmazkodott bükk populációk szaporítóanyagával. Ez olyan állományokból származzon, amelyek eddig is melegebb és szárazabb helyeken tenyésztek, így az évszázados szelekció következtében kedvezőbb az aszálytűrésük. Az előalkalmazkodott szapo-

ritóanyag szervezett áttelepítése bizonyos mértékig ellensúlyozhatja a spontán fajvándorlás és a klímaváltozás sebességkülönbségéből fakadó leküzdhetetlen evolúciós akadályt. A „klímarezisztens” szaporítóanyag felhasználása segítséget nyújthat a jövő kedvezőtlenebb viszonyai elviseléséhez. Nem az őshonos újulat lecserélése, hanem ezek mozaikszerű kiegészítése a megfelelő megoldás.

Sok esetben az adott helyszín makroklímája a bükkös klímaosztálynál már most is rosszabb, és a kedvezőtlen változások várhatóan a közeli jövőben be fognak következni. Ilyen körülmények között az adott erdőrészlet termőhelyét értékelni képes korszerű térinformatikai alapú döntéstámogatási eszköz ma már segítséget ad az őshonos fafajokkal történő elegyítéshez (tölgy, cser, hárs, juhar és így tovább). Az elegyítés esélyt adhat a bükk legalább egyes hosszabb távú fennmaradására. A több fafaj együttes jelenléte és ezek váratlan helyzetekhez történő alkalmazkodásban megnyilvánuló eltérő viselkedése csökkenti a kockázatot. Táj léptékben a következő lépés a különböző erdőművelési eljárások, felújítási módok, vágáskorok kombinálása és ezek mozaikjával létrehozott összetettebb erdőkép, amely növeli az erdőtömbök rugalmasságát, ellenállóképességét.

10.3. Mit remélhetünk?

Szerencsére a bükkösök előfordulását nem kizárólag a makroklíma határoolja le, hanem a mezo- és mikroklíma is kialakíthat olyan termőhelyi kombinációkat, amely segíthet az nyári aszályos időszakok átvészelésében. Az északi kitétségű hűvös völgyek, a szivárgó víz előfordulása, a faj számára kedvező, jó vízgazdálkodású, mély termőrétegű talajok jelenléte tágtják a faj számára rendelkezésre álló termőhelyek skáláját. Ha ez párosul az eddigieknél részletesebb, ökológiai és genetikai szempontból megalapozottabb, előrelátó döntésekkel, akkor reménykedhetünk abban, hogy a jövőben sem kell majd lemondanunk a bükkösök nyújtotta ökoszisztéma-szolgáltatásokról, és az idős bükkösök emocionális élményéről. Az eddigi terepi megfigyelések eredményei a bükk plasztikus alkalmazkodó képességéről tartogatnak további váratlan lehetőségeket is (lásd a 9.3. fejezet »A növekedés előrevetítése származási kísérletek alapján« alfejezetét, továbbá a »6.5. A bükkgazdálkodás gyakorlati vonatkozásai« fejezetet).

Bár a gondos erdőművelés tartogat valós lehetőségeket a bükkösök klíma-alkalmazkodásának javításához, de az igazi megoldást másképp is segíteni kell. A jövő feltételeinek előrevetítéséhez általában olyan éghajlati modellekből indulunk ki, amelyek az emberi civilizáció önszerves környezetpusztítását megval-

toztathatatlan tényként kezelik („business as usual”), és nem fűznek reményt az emberi társadalom környezetéhez való viszonyulása megváltozásához. Az élő és élettelen természeti kincsek nyakló nélküli kirablása, a fenntarthatatlan, kényelmi, gazdasági és hatalmi szempontokat hajszoló életvitelünk azonban nem törvényszerű. A *Homo sapiens* (bölcshember) névre keresztelt jövevény a globális ökoszisztémában fel kell nőjön kapott nevéhez és végre fel kell ismerje lehetséges szerepét az élet rendszerében. Ennek nyomai jelenlegi társadalmunkban alig érzékelhetők, pedig a haladéktalan életmód-váltásra, a valós összefüggések megértésére nagy szükség van. Kevés olyan szakterület van, amely ezt a társadalmi problémát jobban érzékelné és annak valódi súlyát jobban megmagyarázni tudná, mint az erdőszet. Ez a feladat rejti magában az igazi megoldást, a bükk és általában erdeink megmentésére is, a képmutatás és halogatás helyett.



10.3.-1. ábra. A bosznia-hercegovinai Bjelašnica hegy oldalában egyedül álló évszázados példány jól példázza a bükk reményt keltő ellenállóképességét (Fotó: Borovics Attila)

Nekünk, erdész szakembereknek pedig kötelességünk és felelősségünk is, hogy eddigi ismereteinket és gyakorlatunkat folyamatosan felülvizsgálva, legjobb tudásunkkal segítsük e kiemelkedően értékes, őshonos fafajunkat.



Fotó: Horváth Csaba

A kötet szerzői és lektorai

Szerzők

Albert Levente SOE, EMK, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
Andrési Dániel KEFAG Kiskunsági Erdészeti és Faipari Zrt.
Antal József Egererdő Erdészeti Zrt.
Aszalós Réka ÖK, ÖBKI, Erdőökológiai Kutatócsoport
Báder Mátyás SOE, FMK, Alkalmazott Tudományi Intézet
Bak Miklós SOE, FMK, Alkalmazott Tudományi Intézet
Bakó Csaba Szombathelyi Erdészeti Zrt.
Bali László SOE, EMK, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet
Bálint László SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt.
Bányai Péter Északerdő Erdőgazdasági Zrt.
Bartha Dénes SOE, EMK, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
Barton Zsolt Ipoly Erdő Zrt.
Benke Attila SOE, ERTI, Nemesítési Osztály
Berger Péter Bakonyerdő Erdészeti és Faipari Zrt.
Berty László egyéni vállalkozó
Bidló András SOE, EMK, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
Birinyi Mátyás Északerdő Erdőgazdasági Zrt.
Bordács Sándor MATE, Növénytermesztés-tudományi Intézet
Borovics Attila SOE, ERTI, Nemesítési Osztály
Böloni János ÖK, ÖBKI, Erdőökológiai Kutatócsoport
Cseke Klára SOE, ERTI, Nemesítési Osztály
Csepányi Péter Pilisi Parkerdő Zrt.
Csiha Csilla SOE, FMK, Alkalmazott Tudományi Intézet
Csiszár Ágnes SOE, EMK, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
Csóka György SOE, ERTI, Erdővédelmi Osztály
Dobrosi Dénes Jász-Nagykun-Szolnok Vármegyei Kormányhivatal
Fehér Sándor SOE, FMK, Alaptudományi Intézet
Fonyó Tamás SOE, ERTI, Ökológiai és Erdőművelési Osztály
Frank Norbert SOE, EMK, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet
Frank Tamás ÖK, ÖBKI, Erdőökológiai Kutatócsoport
Freller Mónika SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt.
Führer Ernő SOE, ERTI, Ökológiai és Erdőművelési Osztály
Gáspár Csaba SOE, ERTI, Erdővédelmi Osztály
Göndöcz Péter SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt.
Grédics Szilárd Egererdő Erdészeti Zrt.
Gribovszki Zoltán SOE, EMK, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet
Gulyás Gábor Vérteserdő Zrt.
Gyergyák Lajos Zalaerdő Erdészeti Zrt.
Harmos Krisztián Bükki Nemzeti Park Igazgatóság
Herceg András SOE, EMK, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet
Hillebrand Rudolf SOE, ERTI, Ökonómiai Osztály
Hirka Anikó SOE, ERTI, Erdővédelmi Osztály
Hofmann Tamás SOE, EMK, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
Horváth Ferenc ÖK, ÖBKI, Erdőökológiai Kutatócsoport
Horváth Norbert SOE, FMK, Alaptudományi Intézet
Horváth Soma Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság Élővilágvédelmi Osztály
Hulják Péter Északerdő Erdőgazdasági Zrt.
Illés Gábor SOE, ERTI, Ökológiai és Erdőművelési Osztály
Isó Lajos SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt.

Jagodics Anikó SOE, ERTI, Ökológiai és Erdőművelési Osztály
Kalicz Péter SOE, EMK, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet
Káldi Lajos SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt.
Kelemen Csaba VERGA Veszprémi Erdőgazdaság Zrt.
Kelemen Géza igazságügyi szakértő
Keszercze Jenő SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt.
Kollár Tamás SOE, ERTI, Ökológiai és Erdőművelési Osztály
Koltay András SOE, ERTI, Erdővédelmi Osztály
Komán Szabolcs SOE, FMK, Alaptudományi Intézet
Korda Márton SOE, EMK, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
Korn Ignác Bakonyerdő Erdészeti és Faipari Zrt.
Kottek Péter AM, Erdészeti Igazgatási Osztály
Kovács Tibor MTM, Mátra Múzeum
Kovács Zoltán SOE, ERTI, Ökonómiai Osztály
Köbölkuti Zoltán Attila SOE, ERTI, Nemesítési Osztály
Köveskuti Zoltán Tanulmányi Erdőgazdaság Zrt.
Laczkó Péter magánerdőgazdálkodó
Lados Botond Boldizsár SOE, ERTI, Nemesítési Osztály
Lakatos Ferenc SOE, EMK, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet
Limp Tibor Vérteserdő Zrt.
Mátyás Csaba SOE, EMK, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
Merczel István SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt.
Mertl Tamás SOE, ERTI, Ökonómiai Osztály
Mészáros Ilona DE, TTK, Biológiai és Ökológiai Intézet
Nagy Barnabás Északerdő Erdőgazdasági Zrt.
Nagy László SOE, ERTI, Nemesítési Osztály
Németh Róbert SOE, FMK, Alaptudományi Intézet
Ónodi Gábor HUN-REN BLKI, Víztudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium
Partos Kálmán Mecsekerdő Zrt.
Pataki Zsolt Ipoly Erdő Zrt.
Pintér István Vérteserdő Zrt.
Pintér Ottó ifj. SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt.
Rétfalvi Tamás SOE, EMK, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
Rosta Katalin Bakonyerdő Erdészeti és Faipari Zrt.
Sajgó Ferenc Mecsekerdő Zrt.
Sándor Zsolt Északerdő Erdőgazdasági Zrt.
Schiberna Endre SOE, ERTI, Ökonómiai Osztály
Siller Irén nyugalmazott mikológus
Standovár Tibor ELTE, TTK, Biológiai Intézet
Szakálosné Mátyás Katalin SOE, EMK, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet
Szegedi László Északerdő Erdőgazdasági Zrt.
Szegleti Zsófia ÖK, ÖBKI, Erdőökológiai Kutatócsoport
Szél Győző MTM, Állattár
Szinetár Csaba ELTE, TTK, Biológiai Intézet
Szmorad Ferenc ELTE, TTK, Biológiai Intézet
Tajnai Róbert Északerdő Erdőgazdasági Zrt.
Tanács Eszter ÖK, ÖBKI, Lendület Ökoszisztéma-szolgáltatás Kutatócsoport
Tímár Gábor AM, Közép-Magyarországi Erdőtervezési Osztály
Tolvaj László SOE, FMK, Alkalmazott Tudományi Intézet
Török András nyugalmazott erdőfelügyelő
Tuba Katalin SOE, EMK, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet
Urák István SEMTE, Sepsiszentgyörgyi Kar
Váradi József Bakonyerdő Erdészeti és Faipari Zrt.
Varga András MTM, Mátra Múzeum

Varga Zoltán Ipoly Erdő Zrt.
Vasas Ernő Északerdő Erdőgazdasági Zrt.
Vaski László Zalaerdő Erdészeti Zrt.
Veperdi Gábor SOE, EMK, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet
Vig Péter SOE, EMK, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
Visiné-Rajczi Eszter SOE, EMK, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
Winkler Dániel SOE, EMK, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet
Zagyvai Gergely SOE, EMK, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
Zagyvainé Kiss Katalin SOE, EMK, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

Az intézmények rövidítései: AM – Agrárminisztérium, BLKI – Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, DE – Debreceni Egyetem, ELTE – Eötvös Loránd Tudományegyetem, EMK – Erdőmérnöki Kar, ERTI – Erdészeti Tudományos Intézet, FMK – Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, MATE – Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, MTM – Magyar Természettudományi Múzeum, ÖBKI – Ökológiai és Botanikai Intézet és Nemzeti Botanikus Kert, ÖK – Ökológiai Kutatóközpont, SEMTE – Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, SOE – Soproni Egyetem, TTK – Természettudományi Kar, TTTK – Természettudományi és Technológiai Kar

Lektorok

Alpár Tibor	Folcz Ádám	Rácz István
Apostol Tamás	Frank Tamás	Rajkai Kálmán
Babics István	Gyergyák Lajos	Reményfy Rita
Bach István	Horváthné Petróczy Marietta	Rétfalvi Tamás
Bartha Dénes	Höhn Mária	Ripka Géza
Barton Zsolt	Hulják Péter	Ripszám István
Báder Mátyás	Kenderes Kata	Ruff János
Bak Miklós	Kevey Balázs	Selmeczi-Kovács Ádám
Bejó László	Kollányi László	Somogyi Zoltán
Bordács Sándor	Kolozs László	Stefanovitsné Bányai Éva
Burián Endre	Komán Szabolcs	Szeles Péter
Cseke Klára	Kottek Péter	Szmorad Ferenc
Csiky János	Magos Gábor	Tanács Eszter
Csóka György	Marosi György	Tolvaj László
Csókáné Szabados Ildikó	Mátyás Csaba	Tuba Katalin
Debreczy Zsolt	Mészáros Ilona	Urbán Pál
Dima Bálint	Nagy László	Varga Dénes
Divós Ferenc	Németh László	Vig Károly
Dudás Béla	Németh Róbert	Vaski László
Farkas Péter	Ódor Péter	Zanati László
Fehér Sándor	Partos Kálmán	
Fekete Albert	Páll-Gergely Barna	

A bükk – 2024-ben az „Év fája” – kiemelkedően értékes, őshonos fafajunk. Szerepe és megítélése hűen tükrözi a társadalmi megbecsülés és a gazdaság áramlatainak gyors változását az idők során. Az évszázadokon át lebecsült és többnyire sarjztatott, megtűrt bükk a 20. századi technológiai fejlődés révén értékes és keresett fafajjá lett, ma már szinte kizárólag természetes úton, magról újítyják fel. Napjainkban, a természetesség előtérbe kerülésével, az azt szolgáló üzemmódok leghálásabb fafajává vált.

Bár egykor hazai erdőségeink mintegy harmadát tette ki, mai területe – a trianoni elcsatolások következtében – mindössze 113 ezer hektárra zsugorodott, erdeink alig hat százalékára. A klímaváltozás súlyos árnyékot vet rá: sajnos ma az egyik leginkább veszélyeztetett őshonos fafajunk. Nemcsak a bükk, hanem a hozzá kötődő fajgazdag és sok esetben egyedi életközösségei is veszélyben vannak.

A bükkösök vitalitásának megőrzéséhez szükséges sokrétű tudnivalókat csak egy monográfia összegezheti a gyakran már feledésbe vezett elődök tudásától a legfrissebb kutatási eredményekig. E kötetben – amely kiemelten a hazánkban elért eredményekre és tapasztalatokra alapoz – igyekeztünk minden olyan ismeretanyagot feldolgozni és összegezni, ami a jelen és a jövő erdészeti gyakorlatában szerepet kaphat.

Ajánljuk e kötetet mindazoknak, akiket a bükk jelenlegi szerepe és jövőbeni kilátásai érdekelnek.

A szerkesztők

ISBN 978-963-334-527-6



9 789633 345276