



Erdészettudományi Közlemények

13. évfolyam 1-2. szám 2023

A Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézetének
és Erdőmérnöki Karának tudományos lapja





Harkályodvas bükkök

Az erdőgazdálkodási beavatkozások során fontos felismerni és visszahagyni a harkályodvas bükkfákat. Néhány példa ezekre: álló holtfa törzsén magasan lévő költőodú és táplálkozási odvak (balra fent); félig elhalt nagyméretű habitat-fa harkály táplálkozási odvakkal a törzs alsó részén (jobbra fent); élő bükk vastag, száraz koronaágában lévő költőodú (balra lent); élő bükk törzsén, tükkörfoltba vésett odú a korona alatt (jobbra lent).

Fotó és szöveg: Frank Tamás (HUN-REN ÖK ÖBI)

Erdészettudományi Közlemények

13. évfolyam 1–2. szám



2023

Főszerkesztő:

Csóka György (SOE ERTI)

Helyettes főszerkesztő:

Lakatos Ferenc (SOE EMK)

Technikai szerkesztők:

Király Gergely (SOE EMK), Hirka Anikó (SOE ERTI),
Molnár Miklós (Fehér Rendszerház Informatikai Kft.)

A szerkesztőbizottság társelnökei:

Borovics Attila (SOE ERTI) és Heil Bálint (SOE EMK)

A szerkesztőbizottság tagjai:

Albert Levente (SOE EMK)
Duska József (MEGOSZ)
Führer Ernő (SOE ERTI)
Gribovszki Zoltán (SOE EMK)
Kolozs László (NFK EFO)
Kovács Gábor (SOE EMK)
Náhlik András (Sapientia EMTE)
Szabados Ildikó (AM)
Szepesi András (AM)

Kiadó:

Soproni Egyetem Kiadó

Felelős kiadó:

Prof. Dr. Fábrián Attila, a Soproni Egyetem rektora

Címlapterv:

Griffes Grafikai Stúdió
4027 Debrecen, Ibolya u. 8. III/10.
www.griffes.hu

Címlapkép:

Vénic szil (*Ulmus laevis*) – Az „Év Fája” 2023-ban (© Selyem József)

ISSN 2062-6711

Nyomdai munkák:

Inform Kiadó és Nyomda Kft.



INFORM
Kiadó & Nyomda

1149 Budapest, Angol u. 34.
www.informkiado.hu

1149 Budapest, Angol u. 34.
2024/06

TARTALOMJEGYZÉK

13. évfolyam 1. szám

- Eötvös Csaba Béla, Hirka Anikó, Gimesi László, Lövei Gábor, Gáspár Csaba és Csóka György*
A tavaszi hernyóbiomassza becslése lomberdőkben hosszú távú fénycsapda adatsorok alapján – mit fognak enni az énekesmadár-fiókák? 5–20
- Dredor Dominik és Szmátóna-Túri Tünde*
A hazai erdészeti mikorrhizakutatás és eredményei – szakirodalmi áttekintés 21–34
- Fodor Panni és Mertl Tamás*
A közönséges gyertyán (*Carpinus betulus* L.) jelenlegi helyzete és potenciálja az erdészetben és faiparban 35–53
- Szomorad Ferenc és Standovár Tibor*
Az erdei vadhatás és a természetes újulat térségi szintű vizsgálata az Északi-középhegységben 55–73

13. évfolyam 2. szám

- Kollár Tamás*
Csertölgy (*Quercus cerris*) állományok fatermési függvénye és táblája az ERTI tartamkísérleti hálózatának adatbázisa alapján 77–101
- Séllei Dániel, Tóth Viktória és Winkler Dániel*
Holtfa mikroélőhelyek ugróvillás-közösségeinek vizsgálata 103–122
- Horváth Dénes és Fehér Sándor*
Gyenge minőségű tölgy rönkökből készült lamellák kihozatali eredményei 123–129
- Eötvös Csaba Béla, Tóth Máté, Hirka Anikó, Fűrjes-Mikó Ágnes, Gáspár Csaba, Paulin Márton, Lakatos Ferenc és Csóka György*
A tölgy-csipkésposloska [*Corythucha arcuata* (Say, 1832)] rövid távú terjedését befolyásoló tényezők tölgyeseinkben 131–144
- Az Acta Silvatica & Lignaria Hungarica 18. és 19. évfolyamában (1–2. szám) megjelent tanulmányok címei és kivonatai** 145–154

CONTENTS

Vol. 13 Nr. 1

<i>Csaba Béla Eötvös, Anikó Hirka, László Gimesi, Gábor Lövei, Csaba Gáspár and György Csóka</i> Estimation of spring caterpillar biomass in Hungarian deciduous forests from long-term light trap data – What will the insectivorous bird nestlings eat?	5–20
<i>Dominik Dredor and Tünde Szmatona-Túri</i> A literature review of the Hungarian mycorrhiza research and its results	21–34
<i>Panni Fodor and Tamás Merti</i> The current state and potential of the common hornbeam (<i>Carpinus betulus</i> L.) in forestry and in wood industry	35–53
<i>Ferenc Szmorad and Tibor Standovár</i> Regional analysis of wild game effects on natural regeneration in the North Hungarian Mountains	55–73

Vol. 13 Nr. 2

<i>Tamás Kollár</i> Forest yield function and table of Turkey oak (<i>Quercus cerris</i>) stands by the FRI's long duration research network database	77–101
<i>Dániel Séllei, Viktória Tóth and Dániel Winkler</i> Study on springtail communities of dead wood microhabitats	103–122
<i>Dénes Horváth and Sándor Fehér</i> Amount of lamellae derived from low-quality oak logs	123–129
<i>Csaba Béla Eötvös, Máté Tóth, Anikó Hirka, Ágnes Fürjes-Mikó, Csaba Gáspár, Márton Paulin, Ferenc Lakatos and György Csóka</i> Factors influencing the short-distance spread of oak lace bug [<i>Corythucha arcuata</i> (Say, 1832)] in Hungarian oak forests	131–144
Titles and abstracts of papers published in the 18th and 19th volume (Nr. 1–2.) of the Acta Silvatica & Lignaria Hungarica	145–154

A TAVASZI HERNYÓBIOMASSZA BECSLÉSE LOMBERDŐKBEN HOSSZÚ TÁVÚ FÉNYCSAPDA ADATSOROK ALAPJÁN – MIT FOGNAK ENNI AZ ÉNEKESMADÁR-FIÓKÁK?

Eötvös Csaba Béla¹, Hirka Anikó¹, Gimesi László², Lövei Gábor^{3,4,5}, Gáspár Csaba¹
és Csóka György¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály, 3232 Mátrafüred, Hegyalja utca 18.

²Pécsi Tudományegyetem, Matematikai és Informatikai Intézet, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.

³Flakkebjerg Research Centre, Department of Agroecology, Aarhus University, 4200 Slagelse, Dánia

⁴ELKH-DE Antropocén Ökológiai Kutatócsoport, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

⁵MATE Állattani és Ökológia Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Kivonat

Számos, nemrégiben megjelent tanulmány változatos élőhelyek izeltlábú diverzitásának, biomasszájának és egyed-számának ijesztő mértékű csökkenéséről számolt be. Ennek az ökológiai vonatkozása jelentős lehet, hiszen ezen szervezetek más élőlényeknek fontos táplálékául szolgálnak. Az Erdészeti Fénycsapda Hálózat adatait használtuk annak megállapítására, hogy a tavaszi hernyó biomassza hosszútávú (23–58 év) változása mutat-e csökkenő trendet tölgy dominálta erdeinkben. 6 helyszínen 43 nagylepke fajára (hernyóik a madarak számára megfelelő táplálékok) vonatkozó adatait használtuk az elérhető hernyó biomassza becsléséhez. Az idősorok elemzése erős fluktuációt mutat évről évre, és összességében inkább növekvő, mint csökkenő trendet találtunk. Erdőegészségügyi vonatkozásokat figyelembe véve ez a biomassza növekedés fokozott lombfogyasztással jár, így negatív hatása lehet. Elmondhatjuk, hogy azok a nagylepke fajok, melyek hernyói tavasszal fejlődnek, az elmúlt évtizedekben nem fogyatkoztak meg. Egyes fajok hernyóinak becsült biomassza-növekedése az erdőegészségre negatívan, azonban a madarak fészkelési sikerességére pozitívan hathat.

A cikk az Eötvös et al. 2021 (No Long-Term Decrease in Caterpillar Availability for Invertivorous Birds in Deciduous Forests in Hungary) eredeti közlés részben módosított fordítása.

Kulcsszavak: lombhullató erdő; izeltlábú egyedszám; tömegesség; rovarvő; hosszú távú trend; fénycsapda



ESTIMATION OF SPRING CATERPILLAR BIOMASS IN HUNGARIAN DECIDUOUS FORESTS FROM LONG-TERM LIGHT TRAP DATA – WHAT WILL THE INSECTIVOROUS BIRD NESTLINGS EAT?

Abstract

Numerous recent studies report an alarming decrease in diversity, biomass, or abundance of arthropods in various habitats. Given that they are important food for other organisms, the ecological consequences of such a decline could be severe. We used data from the Hungarian Forestry Light Trap Network to examine whether the spring caterpillar biomass showed any long term (23–58 years) declining trend in oak-dominated forests. Light trap data for 43 selected macrolepidopteran species (suitable bird food in the larval stage) from six different locations were used for the estimation of the total available caterpillar biomass. Time series analyses showed strong year-to-year fluctuations, and over all locations and time windows there was an increasing rather than decreasing trend. The increase found at some locations may suggest increasing herbivore pressure and negative impacts on forest health. We conclude that foliage-feeding macrolepidopteran species with spring-developing larvae did not show a drastic decrease in recent decades. The estimated biomass increase of the caterpillars of some species may have a negative effect on forest health, but a positive effect on the nesting success of birds.

This article is based on the original publication by Eötvös et al. 2021 (No Long-Term Decrease in Caterpillar Availability for Insectivorous Birds in Deciduous Forests in Hungary).

Keywords: broadleaved forest; arthropod abundance; biomass; insectivore; long term trends; light trap

BEVEZETÉS

Az elmúlt években számos európai publikáció jelezte a rovarok diverzitásának és biomasszájának drámai csökkenését (Hallmann et al. 2017, 2020, Valtonen et al. 2017). A repülő rovarok biomasszájában Németország 63 természetvédelmi területén 27 év alatt komoly csökkenésről számoltak be (Hallmann et al. 2017). A szerzők ezt a csökkenést élőhely típustól függetlenül észlelték, ezért ezt az általános mintázatot az időjárás, a földhasználat vagy az élőhely jellemzőinek változásai nem magyarázzák. Hasonló csökkenést tapasztaltak Hollandiában (Hallmann et al. 2020). Magyarországon is kimutatták a lepkéközösségek hosszú távú fajfogyatkozását és homogenizálódását (Valtonen et al. 2017).

Az entomofauna világméretű csökkenésének fő okai a következők: (i) élőhelyek elvesztése, intenzív mezőgazdaság és urbanizáció, (ii) szennyezés, (iii) biotikus tényezők, beleértve a kórokozókat és a behurcolt kártevőket és (iv) az éghajlatváltozást (Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019).

A megfelelő hosszú távú adatsorok ritkasága miatt ennek bizonyítékai nem kellően megerősítettek, így a meglévő hosszú távú adatsorok rendkívül értékesek és informatívak (Leather 2018). Ezen adatsorok némelyike a gazdasági jelentőségű fajok megfigyeléséből jött létre, amelyek közül sok vonzódik a fényhez. A kellően hosszú ideig ugyanazon a helyen működő szabványosított fénycsapdák kiváló potenciális eszközök az ilyen rovarfajok populációingadozásainak és hosszú távú abundancia-trendjeinek követésére (Szontagh 1962, 1975, Tallós 1966, Hirka et al. 2011, Csóka et al. 2018).

A rovarok megfogyatkozásnak ökológiai következményei mélyrehatóak, mivel számos fontos és pótolhatatlan szerepet játszanak az ökoszisztéma működésében (Schowalter 2016, Schowalter et al. 2018, Dangles & Casas 2019). Egyik legfontosabb szerepük, hogy a rovarrevő szervezetek számára táplálékforrást biztosítanak. Például a legtöbb madárfaj élete legalább egy részében ízeltlábúakkal táplálkozik (Losey & Vaughan 2006, Şekercioğlu 2006); 60%-uk függ rovar tápláléktól (Morse 2017). A világ erdeiben élő rovarrevő madarak – különösen a költési időszakban, amikor a fiókáknak fehérjében gazdag táplálékra van szükségük – becslések szerint évente 300 millió tonna ízeltlábú zsákmányt fogyasztanak el, és ennek egyharmadát mérsékelt és boreális erdőkben (Nyffeler et al. 2018). A mérsékelt égövi erdőkben és mezőgazdasági élőhelyeken a leggyakrabban fogyasztott zsákmányok a lepkehernyók (Lepidoptera) és a bogarak (Coleoptera) (Holmes et al. 1979, Gilroy et al. 2009, Pagani-Núñez et al. 2017). A lepkehernyók a könnyű emészthetőségük és magas fehérjetartalmuk miatt különösen értékes fiókatáplálékot képeznek (Tremblay et al. 2005). A hernyók tavaszi biomassa-csúcsa átfedésben van a legtöbb rovarrevő madár fészkelési idejével. A mérsékelt égövi élőhelyeken, a költési időszakban a fiókák táplálékának 20–90%-a kártevőként jegyzett fajok hernyója (Gibb & Betts 1963, Török & Tóth 1999, Pagani-Núñez et al. 2017, Seress et al. 2020). A hernyók elérhetősége nagyban befolyásolja mind a széncinegék (*Parus major* L., 1758), mind a kékcinegék (*Cyanistes caeruleus* L., 1758) szaporodási sikerét (Tremblay et al. 2005, Perrins 2008).

Következésképpen ezen fontos táplálékforrás mennyiségében bekövetkező bármilyen hosszú távú negatív trend jelentős hatással lehet a rovarrevő madarak költési sikerére (Seress et al. 2018). Vizsgálatainkban arra kerestünk választ, hogy a tölgy dominálta hazai erdőkben kimutatható-e a már több európai előhelyen dokumentált ízeltlábú biomassa-csökkenés, pontosabban csökkent-e a tavaszi időszakban a madarak számára rendelkezésre álló rovar táplálék mennyisége? Egy kétlépéses, közvetett becslési módszert használtunk annak kimutatására, hogy a fénycsapdák által fogott lepkék hernyóinak biomasszája hogyan változott a vizsgált magyarországi erdőkben. E célból kidolgoztunk egy módszert a kiválasztott fajok hernyóbiomassza értékének becslésére, majd az Erdészeti Fénycsapda Hálózat által gyűjtött, hosszú távú (23–58 éves) adatsorok segítségével elemeztük ezen fajok hernyóinak biomassa-fluktuációját. Az európai trendek ismeretében a hernyóbiomassza csökkenését vártuk, ami a tavasszal költő erdei madarak táplálékbázisának csökkenését eredményezné.

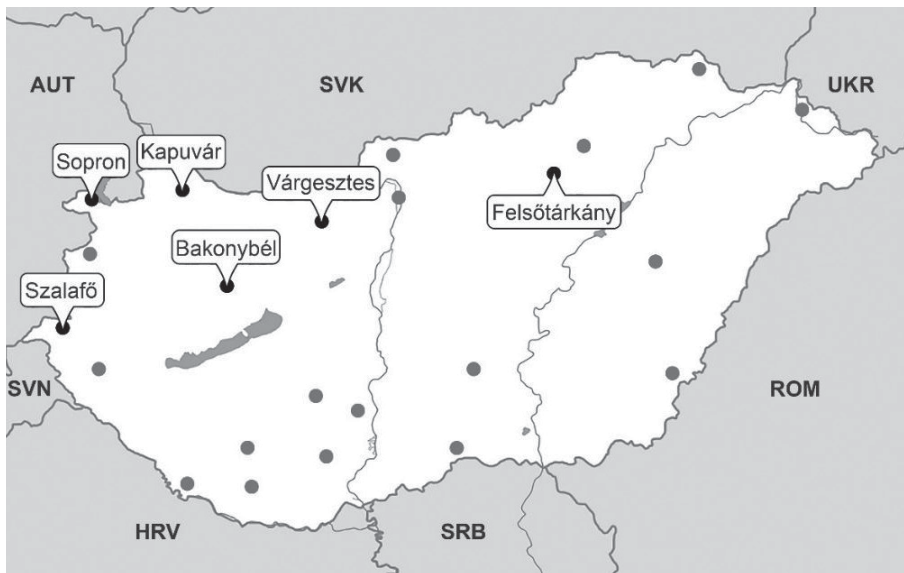
ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati helyszínek és a vizsgálandó fajok kiválasztása

Az ERTI által az 1960-as évek elejétől működtetett Erdészeti Fénycsapda Hálózat fogási adatait használtuk fel. A hálózat 64 helyszínen (rövidebb-hosszabb időszakban) működtetett fénycsapdákat, ebből 23 jelenleg is működik. A hálózat csapdái egységes kialakításúak, nagynyomású higanygőz lámpákkal (Tungsram, HgLi 125W, termékkód: 505506, Budapest, Magyarország) működnek, és március 1-től december végéig folyamatosan üzemelnek (napnyugtától – napkeltéig, évente kb. 300 napon). A csapdákat a kezelők naponta ürítik, a fogott nagylepkéfajokat a SOE ERTI Erdővédelmi Osztályának munkatársai határozzák meg (Hirka et al. 2011). A csapdák közül azokat választottuk ki, amelyek megfeleltek a következő feltételeknek:

1. A csapda lombos (főleg tölgyes) állományban vagy annak közelében található.
2. Legalább 20 éve működött.
3. Folyamatosan, max. egy év kihagyással üzemelt.
4. Az idősor utolsó évének 2019-nek kellett lennie.

Ezeket a feltételeket hat csapda teljesítette (1. ábra, 1. táblázat).



1. ábra: A vizsgálatba vont fénycsapdák elhelyezkedése. A fekete pontok az elemzésben szereplő, míg a szürke pontok az elemzésünkben nem szereplő, de jelenleg is működő fénycsapdák helyeit mutatják
 Figure 1: The locations of the light traps included in our analysis. Black dots represent the light traps included in our study, while grey dots denotes the locations of working light traps not included in our current analysis

Ezekből a csapdákból 43 gyakori és nagy mennyiségben előforduló nagylepke fajra (3 Drepanidae, 18 Geometridae, 2 Lasiocampidae, 18 Noctuidae, 2 Notodontidae) vonatkozó fogási adatokat vettünk fel.

A kiválasztott fajok a következő jellemzők mindegyikével bírtak:

1. A faj egynemzedékes.
2. Hernyói fásszárú növények lombjával táplálkoznak.
3. Hernyói tavasszal vagy nyár elején (áprilistól júniusig) fejlődnek, átfedésben a rovarévó madarak költési időszakával.
4. A hernyók nem sűrűn szőrösek és nem tartalmaznak mérgező anyagokat.
5. A faj pete-, hernyó- vagy bábállapotban telel.
6. A fajt a csapdák a legtöbb évben és helyen fogták.

A kiválasztott fajok többsége vagy tölgy-monofág volt vagy polifág/oligofág a lomblevelű fásszárú tápnövényeken. Két kivétel volt: a *Ptilophora plumigera* (Notodontidae), monofág az *Acer* fajokon és az *Achlya flavicornis* (Drepanidae), ami a *Betula* fajok specialistája. Két fajt (*Bena bicolorana* (Fuessly, 1775) (Nolidae) és *Pseudoips prasinana* (L., 1758) (Nolidae)) korábbi taxonómiai/nevezéktani keveredés miatt kizártunk az elemzésből.

A peteként áttelelő fajok esetében (pl. *Operophtera brumata* és *Erannis defoliaria*) az éves fogást tekintettük a tavaszi hernyóbiomassza mutatójának. A bábként áttelelő fajok esetében (pl. *Orthosia gothica*, *Alsophila aescularia*) a következő év fogási adatait használtuk az adott év tavaszának indikátoraként. Más szóval, ezeknél a fajoknál egy év késleltetést alkalmaztunk az elemzés során.

1. táblázat: Az elemzésbe bevont fénycsapdák helyinformációi, a fogás időtartama és a vizsgált lepkék egyedszámai

Table 1: Location information, time periods and numbers of moths included in the analysis

Csapda-helyszín	Koordináták	Tszf (m)	Erdőállomány	Időszak (év)	Hossz (évek)	Fogott egyedszám
Felsőtárkány	47°58'51" N 20°26'03" E	238	<i>Quercus petraea</i> és <i>Carpinus betulus</i> dominálta elegyes erdő	1962–2019	58	108 224
Várgesztes	47°28'18" N 18°23'54" E	286	<i>Quercus cerris</i> és <i>C. betulus</i> dominálta elegyes erdő	1963–2019	57	138 589
Bakonybél	47°15'04" N 17°45'41" E	390	<i>Quercus robur</i> és <i>C. betulus</i> dominálta elegyes erdő	1992–2019	28	59 051
Kapuvár	47°41'16" N 17°00'30" E	120	<i>Q. robur</i> és <i>Q. cerris</i> dominálta elegyes erdő	1993–2019	27	83 179
Sopron	47°39'51" N 16°33'14" E	375	<i>Q. petraea</i> és <i>Fagus sylvatica</i> dominálta elegyes erdő	1997–2019	23	41 036
Szalafő	46°51'19" N 16°22'33" E	264	<i>Q. robur</i> és <i>C. betulus</i> dominálta elegyes erdő	1986–2019	34	40 403

A hernyók testtömegének becslése

A teljesen kifejlett hernyó átlagos hosszát (L , mm) szakirodalmi források alapján állapítottuk meg (Csóka 1996, Porter 1997). A hernyók átmérőjét teljesen kifejlett hernyók fényképeiről mértük le. A lárvát henger alakúnak tekintettük, és térfogatát (V , mm^3) a hossza és átmérője alapján becsültük. A kapott értéket megszoroztuk a víz fajlagos sűrűségével ($0,001 \text{ g/mm}^3$), és a hernyók testtömeg becsléseként használtuk (2. táblázat).



2. táblázat: A vizsgálatba bevont fajok szezonális jelenléte, lárvamérete és tápnövényei
Table 2: The list of species included in our analysis, their seasonal presence, larval size and host plant

Család/Faj	Az előfordulás ideje		Telelő stádium	Eltolás (év)	A hernyó becsült			Tápnövény (genus)
	Hernyó	Lepke			Hossza (mm)	Átmérője (mm)	Test-tömege (mg)	
Drepanidae								
<i>Achlya flavicornis</i> (L., 1758)	04-06	03-04	Báb	1	31	4	390	Betula
<i>Cymatophorina diluta</i> (ID. & Schiff.] 1775)	05-06	08-10	Pete	0	26	4	327	Quercus
<i>Polyploca ridens</i> (F., 1787)	05-06	03-04	Báb	1	33	5	648	Quercus
Geometridae								
<i>Agriopis aurantiaria</i> (Hübner, 1799)	05-06	10-12	Pete	0	29	3	205	Quercus, Carpinus, Acer
<i>Agriopis bajaria</i> (ID. & Schiff.] 1775)	04-06	10-11	Pete	0	33	3	233	Prunus, Malus, Crataegus
<i>Agriopis leucophaearia</i> (ID. & Schiff.] 1775)	04-06	02-04	Báb	1	25	3	177	Quercus, Populus
<i>Agriopis marginaria</i> (Borkhausen, 1777)	05-06	02-04	Pete	1	29	3	205	Quercus, Fagus, Populus
<i>Alcis repandata</i> (L., 1758)	07-T-05	05-08	Hernyó	0	37	3	262	Quercus, Carpinus, Prunus
<i>Alsophila aceraria</i> (ID. & Schiff.] 1775)	05-07	10-12	Pete	0	26	3	184	Quercus, Fagus, Acer
<i>Alsophila aescularia</i> (ID. & Schiff.] 1775)	04-06	02-04	Báb	1	26	3	184	Quercus, Corylus, Crataegus
<i>Apocheima hispidaria</i> (ID. & Schiff.] 1775)	04-06	02-04	Báb	1	39	4	490	Quercus, Carpinus, Alnus
<i>Biston strataria</i> (Hufnagel, 1766)	05-07	02-04	Báb	1	54	5	1060	Quercus, Acer, Tilia
<i>Colotois pennaria</i> (L., 1761)	05-07	09-11	Pete	0	55	5	1080	Quercus, Carpinus, Tilia
<i>Comibaena bajularia</i> (ID. & Schiff.] 1775)	07-T-05	05-07	Hernyó	0	19	4	239	Quercus
<i>Ennomos autumnaria</i> (Werneburg, 1859)	05-06	08-10	Pete	0	50	3	353	Quercus, Tilia, Alnus
<i>Epirrita christyi</i> (Allen, 1906)	05-06	09-11	Pete	0	21	4	264	Quercus, Acer, Fraxinus
<i>Epirrita dilutata</i> (ID. & Schiff.] 1775)	05-06	09-11	Pete	0	21	4	264	Quercus, Carpinus, Crataegus
<i>Erannis defoliaria</i> (Clerck, 1759)	05-06	10-12	Pete	0	30	4	377	Quercus, Carpinus, Tilia
<i>Lycia hirtaria</i> (Clerck, 1759)	05-07	03-05	Báb	1	54	5	1060	Quercus, Tilia, Prunus
<i>Operophtera brumata</i> (L., 1758)	04-06	10-12	Pete	0	19	3	134	Quercus, Carpinus, Malus
<i>Phigalia pilosaria</i> (ID. & Schiff.] 1775)	04-06	02-04	Báb	1	40	4	503	Quercus, Carpinus, Acer

Család/Faj	Az előfordulás ideje		Telelő stádium	Eltolás (év)	A hernyó becslőt			Tápnövény (genus)
	Hernyó	Lepke			Hossza (mm)	Átmérője (mm)	Test-tömege (mg)	
Lasiocampidae								
<i>Malacosoma neustria</i> (L., 1758)	05-06	06-08	Pete	0	53	5	1041	<i>Quercus, Prunus, Malus</i>
<i>Poecilocampa populi</i> (L., 1758)	05-07	10-12	Pete	0	45	5	884	<i>Quercus, Prunus, Populus</i>
Noctuidae								
<i>Agrochola helvola</i> (L., 1758)	04-06	08-10	Pete	0	43	5	844	<i>Quercus, Prunus, Salix</i>
<i>Amphipyra berbera</i> (Rungs, 1949)	04-06	07-10	Pete	0	40	8	2011	<i>Quercus, Carpinus, Tilia</i>
<i>Amphipyra pyramidea</i> (L., 1758)	04-06	07-10	Pete	0	40	8	2011	<i>Quercus, Carpinus, Tilia</i>
<i>Anorthoa munda</i> (ID. & Schiff.] 1775)	05-06	03-05	Báb	1	38	5	746	<i>Quercus, Carpinus, Tilia</i>
<i>Asteroscopus sphinx</i> (Hufnagel, 1766)	05-06	09-10	Pete	0	46	9	2926	<i>Quercus, Carpinus, Fagus</i>
<i>Catocala nymphagoga</i> (L., 1787)	05-06	06-08	Pete	0	43	4	540	<i>Quercus</i>
<i>Catocala promissa</i> (ID. & Schiff.] 1775)	05-06	06-08	Pete	0	50	7	1924	<i>Quercus</i>
<i>Catocala sponsa</i> (L., 1767)	05-06	07-08	Pete	0	55	8	2765	<i>Quercus</i>
<i>Cosmia trapezina</i> (L., 1758)	05-06	06-09	Pete	0	30	4	377	<i>Quercus, Prunus, Corylus</i>
<i>Dichonia convergens</i> (ID. & Schiff.] 1775)	05-06	09-10	Pete	0	48	8	2413	<i>Quercus</i>
<i>Dicycla oo</i> (L., 1758)	05-06	06-07	Pete	0	36	5	707	<i>Quercus</i>
<i>Dryobotodes eremita</i> (F., 1775)	04-06	09-10	Pete	0	38	7	1462	<i>Quercus</i>
<i>Griposia aprilina</i> (L., 1758)	05-06	09-10	Pete	0	48	8	2413	<i>Quercus</i>
<i>Orthosia cerasi</i> (F., 1775)	05-06	03-05	Báb	1	38	7	1462	<i>Quercus, Salix, Ulmus</i>
<i>Orthosia cruda</i> (ID. & Schiff.] 1775)	05-06	03-05	Báb	1	30	5	589	<i>Quercus, Betula, Acer</i>
<i>Orthosia gothica</i> (L., 1758)	05-06	03-05	Báb	1	45	7	1732	<i>Quercus, Tilia, Prunus</i>
<i>Orthosia incerta</i> (Hufnagel, 1766)	05-06	03-05	Báb	1	40	6	1131	<i>Quercus, Prunus, Populus</i>
<i>Orthosia miniosa</i> (ID. & Schiff.] 1775)	05-06	03-05	Báb	1	36	5	707	<i>Quercus, Betula, Acer</i>
Notodontidae								
<i>Peridea anceps</i> (Goeze 1781)	05-07	04-06	Báb	1	43	7	1655	<i>Quercus</i>
<i>Ptilophora plumigera</i> (ID. & Schiff.] 1775)	05-07	10-12	Pete	0	35	5	687	<i>Acer</i>



A hernyóbiomassza-index számítása

A kiválasztott fajok egyes csapdák által fogott éves egyedszámát megszoroztuk az adott faj hernyójának becsülttesttömegével, hogy megkapjuk a hernyóbiomassza-indexét (HBI, g). A fajspecifikus HBI-k összessége az adott csapdahelyre és évre vonatkozóan a minimálisan rendelkezésre álló hernyóbiomassza közvetett becslését adta.

Bár a fénycsapda fogási adatai csupán közvetett becsléseket adhatnak a tavaszi hernyók biomasszájáról, a fénycsapda fogása és a hernyók kártétele (mely szoros összefüggésben áll egyedszámukkal) között jelentős pozitív összefüggés van. Ezt számos fontos tölgyfogyasztó lepke, köztük a *Lymantria dispar* (L., 1758) (Lymantriidae) (Leskó et al. 1994), az *Euproctis chryorrhoea* (L., 1758) (Erebidae) (Leskó et al. 1995), a *Malacosoma neustria* (L., 1758) (Lasiocampidae) (Leskó et al. 1997), az *O. brumata* (Leskó et al. 1999) és más tavaszi táplálkozású araszolók (Leskó et al. 1998) esetében bizonyították. Ezért megalapozott feltételezésnek tartjuk, hogy a fénycsapdafogások jó közvetett becslést adhatnak a tavaszi hernyók egyedszámáról, azaz a lepke-abundancia hosszú távú trendjeiből következtethetünk a hernyóbiomassza változásaira is.

Statisztikai elemzés

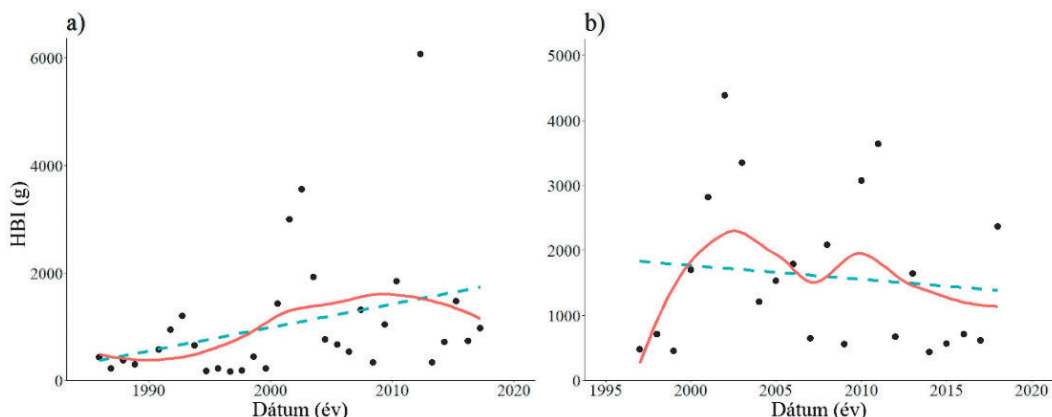
Az egyes helyszínek idősorait külön elemeztük, mivel a fénycsapda fogások eltérő környezetük és működési periódusuk miatt közvetlenül nem összehasonlíthatóak. Az R 3.5.1-es verziójában egy egyváltozós lineáris regressziós modellt használtunk, amely a legkisebb négyzetek módszerén alapul (R Core Team 2019). A függő változó a HBI, míg a magyarázó változó az év volt. A trendek további elemzéséhez helyi súlyozású regressziót (LOESS) alkalmaztunk, $\alpha = 0,8$ értékkel (Cleveland 1979). Ezzel a módszerrel egy helyen (Várgesztesen) tudtunk váltási pontot kimutatni a hernyóbiomassza relatív változásaiban. A váltási pontnak azt neveztük, amikor egy trend egy időponttól kezdve legalább 20 éven keresztül folyamatosan az előző időszakhoz képest ellentétes irányba mutatott. A szignifikancia szintet $p < 0,05$ értéken határoztuk meg. A fent említett egy éves elcsúszás miatt az utolsó évet (2019-et) ki kellett hagynunk a trendelemzésből.

EREDMÉNYEK

Összességében a tavaszi HBI hosszú távú csökkenésére nem találtunk meggyőző bizonyítékot. A hat hely közül négyen nem szignifikáns lineáris trendeket találtunk; a többi csapdahelyen a HBI szignifikánsan növekvő trendet mutatott.

Nem szignifikáns trendek

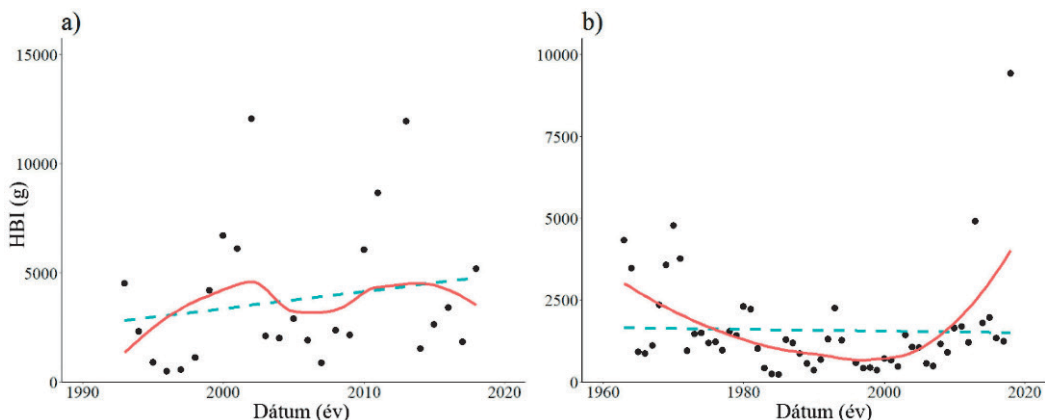
Nem szignifikáns trendeket találtunk: Szalafőn, Sopronban, Kapuváron és Várgesztesen. Szalafőn a lineáris trend enyhén emelkedő volt. A LOESS eredményei szerint további elemzést nem tudtunk alkalmazni (3. táblázat, 2a. ábra). Sopronban nem találtunk szignifikáns trendet, a HBI enyhe csökkenést mutatott (3. táblázat, 2b. ábra).



2. ábra: A becsült hernyóbiomassza éves értékei és hosszútávú trendjei Szalafőn (a), és Sopronban (b) (HBI – Hernyóbiomassza-index; kék szaggatott vonal – lineáris regresszió; piros vonal – helyi súlyozású regresszió $\alpha = 0.8$ értékkel)

Figure 2: Yearly values and long term trends of the estimated spring caterpillar biomass at Szalafő (a), and Sopron (b) (HBI, Caterpillar Biomass Index; blue dashed line, linear regression; red line, locally weighted regression with $\alpha = 0.8$)

Kapuváron nem szignifikáns növekvő trendet tapasztaltunk, de a LOESS görbe a HBI ciklikus változását mutatta (3. táblázat, 3a. ábra). Várgesztesen összességében nem szignifikáns csökkenő trendet tapasztaltunk, de a LOESS görbe először meredek csökkenést, majd az 1997-es váltópont után erőteljes növekedést mutatott. Az elmúlt 23 év (1997–2018) időszakára vonatkozó részleges lineáris regresszió szignifikáns növekedést mutat ($p = 0,0056$) (3. táblázat, 3b. ábra).



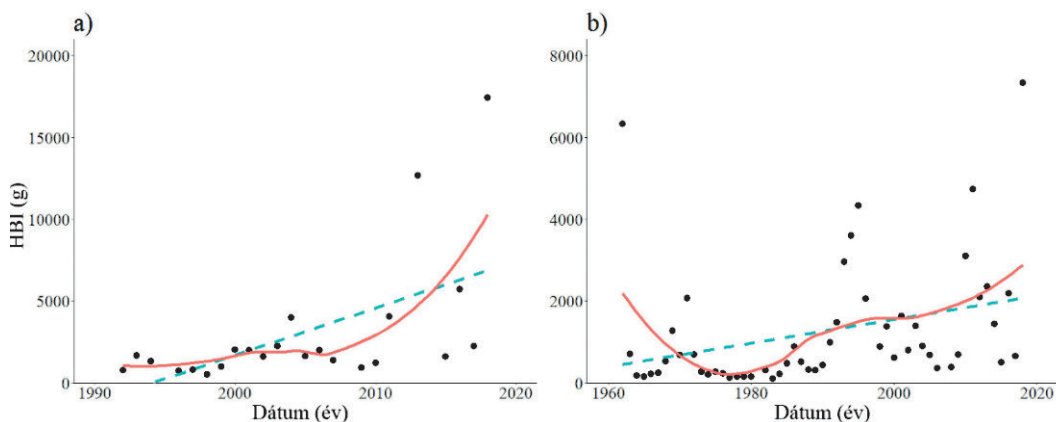
3. ábra: A becsült hernyóbiomassza éves értékei és hosszútávú trendjei Kapuváron (a), és Várgesztesen (b) (HBI – Hernyóbiomassza-index; kék szaggatott vonal – lineáris regresszió; piros vonal – helyi súlyozású regresszió $\alpha = 0.8$ értékkel)

Figure 3: Yearly values and long term trends of the estimated spring caterpillar biomass at Kapuvár (a), and Várgesztes (b) (HBI, Caterpillar Biomass Index; blue dashed line, linear regression; red line, locally weighted regression with $\alpha = 0.8$)

Szignifikáns trendek

Szignifikáns trendeket találtunk Bakonybélben és Felsőtárkányban.

Bakonybélben a teljes időszakra szignifikáns és mérsékelt növekvő lineáris trendet kaptunk ($p = 0,0049$). A LOESS görbe meglehetősen jól illeszkedett a lineáris trendhez (3. táblázat, 4a. ábra).



4. ábra: A becsült hernyóbiomassza éves értékei és hosszútávú trendjei Bakonybélben (a), és Felsőtárkányban (b). (HBI – Hernyóbiomassza-index; kék szaggatott vonal – lineáris regresszió; piros vonal – helyi súlyozású regresszió $\alpha = 0.8$ értékkel)

Figure 4: Yearly values and long term trends of the estimated spring caterpillar biomass at Bakonybél (a), and Felsőtárkány (b). (HBI, Caterpillar Biomass Index; blue dashed line, linear regression; red line, locally weighted regression with $\alpha = 0.8$)

3. táblázat: Hat csapdahelyre vonatkozó trendelemzés és Várgesztes esetében a különböző időablakok elemzésének eredményei. A szignifikáns trendek félkövérrel vannak szedve

Table 3: Results of the trend analyses for six trap locations and analysis for different time windows in case of Várgesztes. Significant trends are given in bold

Csapdahelyszín	Elemzett időszak	Egyenlet	R^2	F-statisztika	DF	p-érték
Szalafő	1986–2018	$Y = 42.6X - 84280.4$	0.1102	3.591	29	0.0681
Sopron	1997–2018	$Y = -21.1X + 44024.5$	0.0131	0.266	20	0.6117
Kapuvár	1993–2018	$Y = 78.1X - 152889.2$	0.0342	0.814	23	0.3764
Várgesztes	1963–2018	$Y = -2.6X + 2565.4$	0.0001	0.042	53	0.8398
Várgesztes	1997–2018	$Y = 175.4X - 350478.0$	0.3257	9.659	20	0.0056
Bakonybél	1992–2018	$Y = 288.0X - 574272.9$	0.3199	9.877	21	0.0049
Felsőtárkány	1962–2018	$Y = 29.0X - 56333.8$	0.0994	5.738	52	0.0202

Enyhén növekvő szignifikáns lineáris trendet tapasztaltunk a felsőtárkányi csapdahelyszínen a teljes időtartományban ($p = 0,0202$). A LOESS görbe a HBI meredek csökkenésével indult, de 1977-es váltóponttól a görbe folyamatosan nőtt (3. táblázat, 4b. ábra).

Ezen a két helyen a HBI növekedéséért elsősorban négy faj volt felelős: *Orthosia cerasi*, *O. gothica*, *O. incerta* és *O. cruda*.

MEGVITATÁS

A számított tavaszi HBI értékek, hasonlóan a nagy-britanniai lepkék biomasszájának évek közti változékonyságához (Macgregor et al. 2019), erős éves ingadozást mutattak, különösen az elmúlt 2–3 évtizedben. Ez a tény meglehetősen bonyolulttá teszi a szignifikáns trendek kimutatását. Elemzéseink a hat csapdahelyen nem mutattak ki egységes trendet. Négy helyszín mutatott növekvő (kettő szignifikáns és kettő nem szignifikáns), kettő pedig negatív trendet (egyik sem szignifikáns). Ezen adatsorok egyike sem támasztotta alá előzetes hipotézisünket a tavaszi hernyók egyedszámának hosszú távú csökkenésével kapcsolatban. Az összes helyszínt és időablakot együtt tekintve az általános trend is inkább növekvő volt, mint csökkenő. Ez ellentétben áll azokkal az eredményekkel (Thomas & Abery 1995, Conrad et al. 2004, 2006, Thomas 2004, Hallmann et al. 2017, Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019), amelyek a rovarok diverzitásának és/vagy biomasszájának csökkenését állapították meg. Eredményeink jobban egyeznek Macgregor et al. (2019) következtetéseivel, amelyek azt mutatják, hogy előfordulhattak csökkenő vagy növekvő időszakok, általános trend nélkül.

Eredményeink azonban nem feltétlenül jelentik azt, hogy egyes fajok (akár jelentős számú) egyedszámai nem csökkennek, mivel csak egy speciális csoport (tavasszal táplálkozó hernyók) hosszú távú abundancia trendjeit elemeztük.

Hazai tölgyeseinkben két tényező is a tavaszi hernyóbiomassza további növekedését prognosztizálja. Először is széleskörű egyetértés van abban, hogy a klímaváltozás közvetett hatásaként megnő a lombfogyasztó rovarok egyedszáma (Csóka 1997, Jactel et al. 2012, Wainhouse & Inward 2016, Csóka et al. 2018, Klapwijk et al. 2018). A másik ok a gyapjaslepke „státuszának” várható változása. Ez a faj a kelet-közép-európai lombhullató erdők egyik fő lombfogyasztója (McManus & Csóka 2007, Hlásny et al. 2016, Zúbrík et al. 2016). Domináns lombfogyasztóként azonban erős kompetitív nyomást gyakorol a tölgyeken élő többi tavaszi lombfogyasztóra (Klapwijk et al. 2018), így korlátozhatja az olyan tavaszi hernyók tömegességét, amelyek a rovarevő madarak táplálékát alkotják. Lárvai sűrűn szőrösek, a madarak általában nem fogyasztják (ezért ez a faj nem is szerepelt elemzésünkben). Az ellene való biológiai védekezés céljából erősen gazdaspecifikus kórokozóját, az *Entomophaga maimaiga*-t Humber, Shimazu & R.S.Soper (Entomophthoraceae) (Hajek et al. 1995, 1996, Zúbrík et al. 2018) 1999-ben Bulgáriába telepítették be (Pilarska et al. 2000). Innen sok más kelet-közép-európai országba is átterjedt, és jelentős mortalitást okozott a gyapjaslepke populációkban (Hrašovec et al. 2013, Csóka et al. 2014, Zúbrík et al. 2014, 2016). Az előrejelzések szerint a kórokozó további terjedése várható, aminek következtében a gyapjaslepke gradációk Közép-Európában kevésbé lesznek gyakoriak és intenzívek, illetve a károsított területek nagysága is csökkenhet (McManus & Csóka 2007, Georgiev et al. 2013, Zúbrík et al. 2016). Egy másik biológiai védekezési ágens, a *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *Kurstaki* szintén kedvező hatást gyakorolhat a többi lombfogyasztó lepkére azáltal, hogy csökkenti a gyapjaslepke által kifejtett kompetitív nyomást (Manderino et al. 2014). Hosszú távon az egyéb lombfogyasztó fajok (Tortricidae, Geometridae, Noctuidae, sőt levéldarazsak) hernyóinak növekvő mennyisége is további táplálékázist eredményezhet a rovarevő madarak számára.

A változó mintavételi módszerek vagy mintavételi ráfordítások miatt számos hosszú távú adatsor alkalmatlan a trendek becslésére (Welti et al. 2021). Az Erdészeti Fénycsapda Hálózat összetett múltra tekint vissza, sok helyen helyváltztatás vagy csapdafelszámolás miatt nem lehet hosszú



távú monitorozást végezni, de a mintavételi módszerek az elmúlt 60 évben változatlanok maradtak. A mintavételi helyek változó környezete egy másik fontos korlátozó tényező. Mind a hat csapda idősebb erdős területeken működött (vagy az erdő belsejében vagy az erdőszélen). Drámai környezeti változások (nagyarányú fakitermelés, urbanizáció stb.) sem helyben, sem pedig környezetükben nem történtek. Ezek az erdők változatos és bőséges élőhelyet biztosíthatnak a lombfogyasztó lepkefajoknak. A nagyüzemi vegyszeres rovarirtás ezekben az erdőkben nagyon ritka. Következésképpen azok a tények, amelyek jellemzően felelősek az intenzíven kezelt mezőgazdasági környezetben előforduló rovarok fogyását, itt nem érvényesek.

Eredményeink értelmezését az is korlátozza, hogy a fénycsapdák csak a fényhez vonzó fajokat fogják, és ezek közül csak a nagylepke fajok kerülnek határozásra. Ez azt jelenti, hogy néhány fontos faj vagy fajcsoport nem szerepelhetett elemzéseinkben. Például, ezért nem vonhattuk be a vizsgálatba a sodrómoly (*Tortricidae*) imágókat, bár lárváik és bábjaik fontos táplálékot jelentenek az erdőben élő rovarevő madarak számára (Török 1986, 1990, Kirstin & Patocka 1997, Bereczki et al. 2014).

A hernyóbiomassza csúcsa a magyarországi tölgyes erdőkben április-májusban van (Bereczki et al. 2014). A tavaszi hernyók biomasszájának a költési időszakban előre jelzett növekedése több táplálékot biztosíthat a madarak számára, ugyanakkor a megnövekedett lombfogyasztó nyomás negatív hatással lehet az erdők egészségére. Ez a fő oka annak, hogy a madarak, mint a hernyók tömeges fogyasztói által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások egyre fontosabb kérdéssé váltak az erdők egészségében (Nyffeler et al. 2018). Megemlítendő azonban, hogy ezekben az erdőkben nagyon kevés a fészkelésre alkalmas odú (Standovár et al. 2017). Az odvak hiánya pedig korlátozhatja az erdőegészséggel összefüggő, madarak által nyújtható ökoszisztéma-szolgáltatásokat. Gyors és széles körben elfogadott paradigmaváltás szükséges ahhoz, hogy elegendő fészkelési lehetőséget biztosítsunk az erdei rovarevő madaraink számára.

ÖSSZEFOGLALÁS

A 23–58 éves, 43 lepkefajt magában foglaló idősorok elemzése a hernyók becsült biomasszájának nagy fluktuációját mutatta, de összességében a más európai helyszínekhez hasonló drasztikus csökkenést nem találtunk. Úgy tűnik, hogy a hazai, tölgyes dominálta erdőkben az elérhető hernyóbiomassza inkább még nőtt is. A lepkeközösségek átrendeződése miatt növekvő lombfogyasztás kapcsán azonban erdőegészségi problémák merülhetnek fel. Ennek fényében fontos átgondolni, hogy az erdeinkben költő madarak által nyújtott biokontroll szolgáltatás hogyan tartható fenn, illetve hogyan erősíthető az erdőgazdálkodás keretein belül.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal OTKA 128008 számú kutatási pályázatának (*Erdővédelmi jelentőségű ökoszisztéma szolgáltatások számszerűsítése magyarországi tölgyesekben*), valamint a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásá-

val készült. Az Erdészeti Fénycsapda Hálózat működését hosszú évtizedek óta támogatja a Agrárminisztérium. Köszönjük a csapdákat kezelő számos személy lelkiismeretes munkáját és Graham Stone-nak (University of Edinburgh) a kézírathoz fűzött értékes megjegyzéseit.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bereczki K., Ódor P., Csóka Gy., Mag Z. & Báldi A. 2014: Effects of forest heterogeneity on the efficiency of caterpillar control service provided by birds in temperate oak forests. *Forest Ecology and Management* 327: 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.001>
- Cleveland W.S. 1979: Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots. *Journal of the American Statistical Association* 74(368): 829. <https://doi.org/10.2307/2286407>
- Conrad K.F., Warren M.S., Fox R., Parsons M.S. & Woiwod I.P. 2006: Rapid declines of common, widespread British moths provide evidence of an insect biodiversity crisis. *Biological Conservation* 132(3): 279–291. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.04.020>
- Conrad K.F., Woiwod I.P. Parsons M. Fox R. & Warren M.S. 2004: Long-term population trends in widespread British moths. *Journal of Insect Conservation* 8(2/3): 119–136. <https://doi.org/10.1023/B:JICO.0000045810.36433.c6>
- Csóka Gy. 1996: Lepkehernyók. Budapest, HU: Agroinform: p. 152.
- Csóka Gy. 1997: Increased insect damage in Hungarian forests under drought impact. *Biologia* 52(1–14): 159–162.
- Csóka Gy., Hirka A., Szöcs L. & Hajek A.E. 2014: A rovarpatogén *Entomophaga maimaiga* Humber, Shimazu & Soper, 1988 (Entomophthorales: Entomophthoraceae) gomba megjelenése magyarországi gyapjaslepke (*Lymantria dispar*) populációkban. *Növényvédelem* 50(6): 257–262.
- Csóka Gy., Hirka A. Szöcs L. Móczár N. Rasztovíts E. & Podor Z. 2018: Weather-dependent fluctuations in the abundance of the oak processionary moth, *Thaumetopoea processionea* (Lepidoptera: Notodontidae). *European Journal of Entomology* 115: 249–255. <https://doi.org/10.14411/eje.2018.024>
- Dangles O. & Casas J. 2019: Ecosystem services provided by insects for achieving sustainable development goals. *Ecosystem Services* 35: 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.12.002>
- Eötös Cs.B., Hirka A., Gimesi L., Lövei G.L., Gáspár Cs. & Csóka Gy. 2021. No Long-Term Decrease in Caterpillar Availability for Invertivorous Birds in Deciduous Forests in Hungary, *Forests* 12(8): 1070. <https://doi.org/10.3390/f12081070>.
- Georgiev G., Mirchev P., Rossnev B. Petkov P. Georgieva M. Pilarska D. et al. 2013: Potential of *Entomophaga maimaiga* Humber, Shimazu and Soper (entomophthorales) for suppressing *Lymantria dispar* (linnaeus) outbreaks in Bulgaria. *Comptes Rendus de L'Academie Bulgare Des Sciences* 66(7): 1025–1032. <https://doi.org/10.7546/CR-2013-66-7-13101331-14>
- Gibb J.A. & Betts M.M. 1963: Food and Food Supply of Nestling Tits (Paridae) in Breckland Pine. *The Journal of Animal Ecology* 32(3): 489. <https://doi.org/10.2307/2605>
- Gilroy J.J., Anderson G.Q.A., Grice P.V., Vickery J.A., Watts P.N. & Sutherland W.J. 2009: Foraging habitat selection, diet and nestling condition in Yellow Wagtails *Motacilla flava* breeding on arable farmland. *Bird Study* 56(2): 221–232. <https://doi.org/10.1080/00063650902792080>
- Hajek A.E., Butler L., Walsh S.R.A., Silver J.C., Hain F.P., Hastings F.L. et al. 1996: Host Range of the Gypsy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae) Pathogen *Entomophaga maimaiga* (Zygomycetes: Entomophthorales) in the Field Versus Laboratory. *Environmental Entomology* 25(4): 709–721. <https://doi.org/10.1093/ee/25.4.709>
- Hajek A.E., Butler L. & Wheeler M.M. 1995: Laboratory Bioassays Testing the Host Range of the Gypsy Moth Fungal Pathogen *Entomophaga maimaiga*. *Biological Control* 5(4): 530–544. <https://doi.org/10.1006/bcon.1995.1063>
- Hallmann C.A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., Schwan H. et al. 2017: More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE* 12(10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Hallmann C.A., Zeegers T., Klink R., Vermeulen R., Wielink P., Spijkers H. et al. 2020: Declining abundance of beetles, moths and caddisflies in the Netherlands. *Insect Conservation and Diversity* 13(2): 127–139. <https://doi.org/10.1111/icad.12377>



- Hirka A., Szabóky Cs., Szócs L. & Csóka Gy. 2011: 50 éves az Erdészeti Fénycsapda Hálózat. *Növényvédelem* 47(11): 474–479.
- Hlásny T., Trombik J., Holuša J., Lukášová K., Grendár M., Turčáni M. et al. 2016: Multi-decade patterns of gypsy moth fluctuations in the Carpathian Mountains and options for outbreak forecasting. *Journal of Pest Science* 89(2): 413–425. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0694-7>
- Holmes R.T., Schultz J.C. & Nothnagle P. 1979: Bird Predation on Forest Insects: An Enclosure Experiment. *Science* 206(4417): 462–463. <https://doi.org/10.1126/science.206.4417.462>
- Hrašovec B., Pernek M., Lukić I., Milotić M., Diminić D., Franjević M. et al. 2013: First record of the pathogenic fungus *Entomophaga maimaiga* Humber, Shimazu, and Soper (Entomophthorales: Entomophthoraceae) within an outbreak populations of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Erebidae) in Croatia. *Periodicum Biologorum* 115: 379–383.
- Jactel H., Petit J., Desprez-Loustau M.-L., Delzon S., Piou D., Battisti A. et al. 2012: Drought effects on damage by forest insects and pathogens: a meta-analysis. *Global Change Biology* 18(1): 267–276. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02512.x>
- Kirstin A. & Patocka J. 1997: Birds as predators of Lepidoptera: Selected examples. *Biologia*, 52: 319–326.
- Klapwijk M.J., Walter J.A., Hirka A., Csóka Gy. Björkman C. & Liebhold A.M. 2018: Transient synchrony among populations of five foliage-feeding Lepidoptera. *Journal of Animal Ecology* 87(4): 1058–1068. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12823>
- Leather S.R. 2018: “Ecological Armageddon” – more evidence for the drastic decline in insect numbers. *Annals of Applied Biology* 172(1): 1–3. <https://doi.org/10.1111/aab.12410>
- Leskó K., Szentkirályi F. & Kádár F. 1994: Gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) populációk fluktuációs mintázatai 1963–1993 közötti időszakban Magyarországon. *Erdészeti Kutatások* 84: 163–176.
- Leskó K., Szentkirályi F. & Kádár F. 1995: Aranyfarú szövőlepké (*Euproctis chrysosrhoea* L.) magyarországi populációinak hosszú távú fluktuációs mintázatai. *Erdészeti Kutatások* 85: 169–185.
- Leskó K., Szentkirályi F. & Kádár F. 1997: A gyűrűsszövő (*Melacosoma neustria* L.) hosszú távú (1962–1996) populációingadozásai Magyarországon. *Erdészeti Kutatások* 86–87: 171–200.
- Leskó K., Szentkirályi F. & Kádár F. 1998: Araszoló lepkefajok fluktuáció-mintázatának elemzése hosszú távú (1961–1997) magyarországi fénycsapdázási és kártételi idősorokban. *Erdészeti Kutatások* 88: 319–333.
- Leskó K., Szentkirályi F. & Kádár F. 1999: A kis téli araszoló hosszú távú (1962–1997) populáció-fluktuációinak jellemzése az erdészeti fénycsapda-hálózat mintavételei alapján. *Erdészeti Kutatások* 89: 169–182.
- Losey J.E. & Vaughan M. 2006: The Economic Value of Ecological Services Provided by Insects. *BioScience* 56(4): 311–323. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[311:TEVOES\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[311:TEVOES]2.0.CO;2)
- Macgregor C.J., Williams J.H., Bell J.R. & Thomas C.D. 2019: Moth biomass has fluctuated over 50 years in Britain but lacks a clear trend. *Nature Ecology & Evolution* 3(12): 1645–1649. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1028-6>
- Manderino R., Crist T.O. & Haynes K.J. 2014: Lepidoptera-specific insecticide used to suppress gypsy moth outbreaks may benefit non-target forest Lepidoptera. *Agricultural and Forest Entomology* 16(4): 359–368. <https://doi.org/10.1111/afe.12066>
- McManus M. & Csóka Gy. 2007: History and Impact of Gypsy Moth in North America and Comparison to the Recent Outbreaks in Europe. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica* 3: 47–64.
- Morse D.H. 2017: The Insectivorous Bird as an Adaptive Strategy. *Annual Review of Ecology and Systematics*. *Annual Reviews* 2: 177–200. <https://doi.org/10.2307/2096927>
- Nyffeler M., Şekercioğlu Ç.H., & Whelan C.J. 2018: Insectivorous birds consume an estimated 400–500 million tons of prey annually. *The Science of Nature* 105(7–8): 47. <https://doi.org/10.1007/s00114-018-1571-z>
- Pagani-Núñez E., Renom M., Mateos-Gonzalez F., Cotín J. & Senar J.C. 2017: The diet of great tit nestlings: Comparing observation records and stable isotope analyses. *Basic and Applied Ecology* 18: 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2016.11.004>
- Perrins C.M. 2008: Tits and their caterpillar food supply. *Ibis* 133: 49–54. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1991.tb07668.x>

- Pilarska D., McManus M., Hajek A.E., Herard F., Vega F.E., Pilarski P. et al. 2000: Introduction of the entomopathogenic fungus *Entomophaga maimaiga* Hum. Shim. and Sop. (Zygomycetes: Entomophthorales) to a *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) population in Bulgaria. *Anzeiger Fur Schadlingskunde* 73(5): 125–126. <https://doi.org/10.1007/BF02956444>
- Porter J. 1997: *Colour Identification Guide to Caterpillars of the British Isles. Macrolepidoptera*. London, UK: Viking: p. 276.
- R Core Team. 2019: R: A Language and Environment for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Sánchez-Bayo F. & Wyckhuys K.A.G. 2019: Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation* 232: 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Schowalter T.D. 2016: Insects as Regulators of Ecosystem Processes. In: *Insect Ecology*. pp. 511–537. Elsevier.
- Schowalter T.D. Noriega J.A. & Tschamtko T. 2018: Insect effects on ecosystem services—Introduction. *Basic and Applied Ecology* 26: 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.09.011>
- Şekercioğlu Ç.H. 2006: Ecological significance of bird populations. In: J. del Hoyo, A. Elliott, & D. A. Christie (eds.): *Handbook of the birds of the world*. 11: 15–51. Lynx Edicions, Barcelona, Spain: and BirdLife International, Cambridge, UK.
- Seress G., Hammer T., Bókony V., Vincze E., Preiszner B., Pipoly I. et al. 2018: Impact of urbanization on abundance and phenology of caterpillars and consequences for breeding in an insectivorous bird. *Ecological Applications* 28(5): 1143–1156. <https://doi.org/10.1002/eap.1730>
- Seress G., Sándor K., Evans K.L. & Liker A. 2020: Food availability limits avian reproduction in the city: An experimental study on great tits *Parus major*. *Journal of Animal Ecology* 89(7): 1570–1580. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13211>
- Standovár T., Bán M. & Kézdi P. (eds.). 2017: Erdőállapot-értékelés középhegységi erdeinkben – ROSALIA A Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság tanulmánykötetei 9. Budapest, Hungary: Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság: p. 612
- Szontagh P. 1962: A gyűrűslepke (*Malacosoma neustria* L.) tömegszaporodása és károsítása tölgyeseinkben, Erdészeti Kutatások 58(1–3): 125–142.
- Szontagh P. 1975: A fénycsapda hálózat szerepe az erdészeti kártevők prognózisában. *Növényvédelem* 11(2): 54–57.
- Tallós P. 1966: A fénycsapdák erdővédelmi jelentősége. *Az Erdő* 15(3): 134–136.
- Thomas C.D. & Abery J.C.G. 1995: Estimating rates of butterfly decline from distribution maps: The effect of scale. *Biological Conservation* 73(1): 59–65. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(95\)90065-9](https://doi.org/10.1016/0006-3207(95)90065-9)
- Thomas J.A. 2004: Comparative Losses of British Butterflies, Birds, and Plants and the Global Extinction Crisis. *Science* 303(5665): 1879–1881. <https://doi.org/10.1126/science.1095046>
- Török J. 1986: Food segregation in three hole-nesting bird species during the breeding season. *Ardea* 74: 129–136.
- Török J. 1990: Resource partitioning among three woodpecker species *Dendrocopos* spp. during the breeding season. *Ecography* 13(4): 257–264. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1990.tb00617.x>
- Török J. & Tóth L. 1999: Asymmetric competition between two tit species: a reciprocal removal experiment. *Journal of Animal Ecology* 68(2): 338–345. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.1999.00283.x>
- Tremblay I., Thomas D., Blondel J., Perret P. & Lambrechts M.M. 2005: The effect of habitat quality on foraging patterns, provisioning rate and nestling growth in Corsican Blue Tits *Parus caeruleus*. *Ibis* 147(1): 17–24. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919x.2004.00312>
- Valtonen A., Hirka A., Szócs L., Ayres M.P., Roininen H. & Csóka Gy. 2017: Long-term species loss and homogenization of moth communities in Central Europe. *Journal of Animal Ecology* 86(4): 730–738. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12687>
- Wainhouse D. & Inward D.J.G. 2016: The influence of climate change on forest insect pests in Britain. *FCRN021*: 1–10.
- Welti E.A.R., Joern A., Ellison A.M., Lightfoot D.C., Record S., Rodenhouse N. et al. 2021: Studies of insect temporal trends must account for the complex sampling histories inherent to many long-term monitoring efforts. *Nature Ecology & Evolution* 5(5): 589–591. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01424-0>



- Zúbrik M., Barta M., Pilarska D., Goertz D., Úradník M., Galko J. et al. 2014: First record of *Entomophaga maimaiga* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) in Slovakia. *Biocontrol Science and Technology* 24(6): 710–714. <https://doi.org/10.1080/09583157.2014.883362>
- Zúbrik M., Hajek A., Pilarska D., Špilda I., Georgiev G., Hrašovec B. et al. 2016: The potential for *Entomophaga maimaiga* to regulate gypsy moth *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Erebidae) in Europe. *Journal of Applied Entomology* 140(8): 565–579. <https://doi.org/10.1111/jen.12295>
- Zúbrik M., Špilda I., Pilarska D., Hajek A.E., Takov D., Nikolov C. et al. 2018: Distribution of the entomopathogenic fungus *Entomophaga maimaiga* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) at the northern edge of its range in Europe. *Annals of Applied Biology* 173(1): 35–41. <https://doi.org/10.1111/aab.12431>

Érkezett: 2023. február 01.
Közlésre elfogadva: 2023. június 07.

A HAZAI ERDÉSZETI MIKORRHIZAKUTATÁS ÉS EREDMÉNYEI – SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Dredor Dominik^{1,2} és Szmátóna-Túri Tünde¹

¹ÉASZC Mátra Erdészeti Technikum, Szakképző Iskola és Kollégium, 3232 Mátrafüred, Erdész u. 11.

²Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztály, 3232 Mátrafüred, Hegyalja u. 18.

Kivonat

A mikorrhiza a gombák és növények gyökere közötti szimbiózis, mely során kölcsönös tápanyagátadás valósul meg. Hét típusa közül erdészeti szempontból az ektomikorrhiza a legjelentősebb, ilyen gyökérkapcsolatban él a legtöbb állományalkotó fafajunk. Dolgozatunkban az erdészeti jelentőségű mikorrhizakutatás magyar szakirodalmát tekintjük át a XIX. századtól napjainkig. Több kutató foglalkozott a gombák fákra történő mesterséges oltásával, és szinte minden esetben pozitív eredményeket értek el. Összességében elmondható, hogy a mesterséges mikorrhizálás nagyban segítheti a fák tápanyagfelvételét, így ellenállóképességét és növekedését. Hasznos lehet új erdősítések során, azonban a nagy pontosságot igénylő, szakszerű és drága munkavégzés miatt hazánkban a jó eredmények ellenére sem terjedt el még a gyakorlatban. Jelenleg egyedül a szarvasgomba-termesztésben alkalmazzák. A mikorrhizálásnak a jövőben a klímaváltozás elleni küzdelemben és a nagyobb ellenállóképességű erdők telepítése érdekében lehet létjogosultsága.

Kulcsszavak: gomba, csemetetermesztés, szimbiózis, mesterséges oltás, mikorrhizálás, tápanyagfelvétel

A LITERATURE REVIEW OF THE HUNGARIAN MYCORRHIZA RESEARCH AND ITS RESULTS

Abstract

Mycorrhiza is a symbiosis between the roots of plants and fungi, in which mutual nutrient transfer occurs. In forestry aspect, ectomycorrhiza is the most significant of its seven types of mycorrhiza, because the most of forest trees live in such root connections. In our work we review the Hungarian literature of mycorrhizal research of forest importance from the 19th century to the present. Several researchers have been examined the artificial grafting of fungi on trees and have positive results in almost all cases. Overall, artificial mycorrhization can greatly help the nutrient uptake and so the resistance and growth of trees. However, due to demand the high precision, professional and expensive work, it has not yet become widespread in Hungary despite the good results. Due to the effects of climate change, forest mycorrhization may be important in the future, currently it is used only in truffle cultivation. In the future, mycorrhization may have a importance in the fight against climate change and in order to creat more resistance forests.

Keywords: fungus, seedling production, symbiosis, artificial vaccination, mycorrhization, nutrition uptake



BEVEZETÉS

A mikorrhiza, a gombák és növények közötti szimbiózis már igen régóta ismert. Az első említést Theophrastos tette róla tölgyekről, i.e. 300-ban (Kelley 2018). Gibelli 1883-ban, Frank 1885-ben említi, ezzel bevezetve a mikorrhiza (gomba-gyökér) megnevezést is (Gibelli 1883, Frank 1885, Trappe 2005). A mikorrhizának hét típusa közül a vezikuláris-arbuszkuláris a leggyakoribb. Erdészeti, ökológiai szempontból viszont az ektomikorrhiza a legjelentősebb, mert a célállományt alkotó fajaink nagy többsége ilyen szimbiózisban él gombákkal (Ubrizsy 1981, Jakucs & Vajna 2003).

Az ektomikorrhiza a hifák és a gyökérkortex-sejtek olyan együttélése, ahol a gombafonalak nem hatolnak a sejtbe, kizárólag az intercelluláris terekben található, ez a Hartig-háló. Ez mellett a kapcsolat része a gyökér csúcsának felszínén megjelenő köpeny, mely sokszor határozóbélyege a mikorrhizát alkotó fajnak (Jakucs & Vajna 2003), valamint a köpenyről kiágazó hifák, melyek a tápanyagok felvételét végzik a talajból (Jakucs & Vajna 2003). A gomba a talajban lévő vizet és a benne oldott ásványi anyagokat a növény gyökerének átadja, segítve ezzel a növekedését, többletvízhez jutását. (Jakucs 2016). A gomba a növénytől a fotoszintézis során a háncon keresztül (Melin & Nilsson 1957) megtermelt szerves anyagokat, a növekedését elősegítő anyagokat és vitaminokat kap (Jakucs 2016). A gyökérkapcsoltság mindkét fél számára hasznos, mert a gombák a gyökérszőrök általi felvételre nem alkalmas ionokat is képesek feloldani és a növénynek adni, továbbá a gombák micéliuma sem képes mikorrhizakapcsolat kialakítása nélkül termőtest kialakítására (Jakucs 2016), ezáltal ivaros szaporodásra sem. Az ektomikorrhizát képző gombafajok számát 7–8 ezerre becsülik, míg a növényvilág fajainak mintegy 3%-a él ilyen szimbiózisban (Jakucs & Vajna 2003). Ez a 3% viszont a legnagyobb fatömeggel megjelenő, erdészeti szempontból fontos nemzetségeket jelenti, mint az *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Fagus*, *Picea*, *Pinus*, *Quercus*. A nyitvatermők közül valamennyi fás szárú faj ektomikorrhizát alkot (Jakucs & Vajna 2003). Jelentőségük miatt a hazai erdészeti mikorrhiza-kutatások az ektomikorrhiza vizsgálatára összpontosultak (Szántó 1990). Készült már hasonló áttekintő közlemény, mely az 1943–1990-ig tartó időszokról ír (Szántó 1990). Munkánk célja a hazai erdészeti ektomikorrhiza-vizsgálatok szakirodalmi áttekintése a teljesség igénye nélkül, de minden jelentősebb közlemény eredményeinek számbavétele és értékelése az első kutatási eredményektől napjainkig. Kéziratunk fő témája a mikorrhizás gombákkal történő csemeteoltás, annak érdekében, hogy irányt mutasson azon kutatóknak és gyakorlati szakembereknek, akik mikorrhizált csemeték ültetésével szeretnének foglalkozni.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Áttekintő cikkünkhöz felhasznált magyar irodalmi forrásokat 1885–2000-ig a Csóka et al. (2002): Az erdővédelem magyarországi szakirodalmi CD segítségével gyűjtöttük ki. A fajok latin neveit a ma érvényes megnevezésével közöljük az egyértelműség érdekében, ugyanis a régi cikkekben sokszor régi latin név szerepel, például a lucfenyő (*Picea abies* (L.) H. Karst, 1881) esetében *P. excelsa*. A fajok mellett a gombafajok neveinek aktualizálását is megtesszük.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A kezdetek – 1885–1906

A legelső magyar mikorrhizával kapcsolatos feljegyzés ismeretlen szerzőtől származik 1885-ből. A szerző ismerteti a mikorrhizakapcsolat felfedezésének körülményeit, mely szerint Krebs 1880-ban figyelt fel a közönséges álszarvasgomba (*Elaphomyces granulatus* Fr., 1829) és erdeifenyő (*Pinus sylvestris* L., 1753) közötti kapcsolatra, és abból kiindulva Frank (1885) részletesebben elkezdte tanulmányozni a jelenséget, aminek kapcsán arra jutott, hogy a tölgyek (*Quercus* spp.), szelídgesztenye (*Castanea sativa* Mill., 1768), bükk (*Fagus sylvatica* L., 1753), gyertyán (*Carpinus betulus* L., 1753), mogyorók (*Corylus* spp.), tiszafa (*Taxus baccata* L., 1753), borókák (*Juniperus* spp.), vörösfenyő (*Larix* spp.) és egyes fenyőfajok (*Pinus* spp.) szintén valamilyen gomba-gyökér kapcsolatban élnek.

Az ezt követő nemzetközi irodalmak mind a mikorrhiza pozitív hatásairól írnak (Frank 1885, Téglás 1892), azonban Téglás (1892) azt feltételezte, hogy a csemetekerti megfigyelések alapján a lucfenyő (*P. abies*) esetében a mikorrhiza akár káros is lehet, mert a legtöbb csemete, köztük a legerősebbek sem mutatták a szimbiózis meglétét (Téglás 1892). Ezen elméletet cáfolja Fekete 1894-ben megjelent írása, melyben Frank 1890-től 1893-ig tartó kísérletét írja le, amelyben cserpekbe erdeifenyvesből származó talajt rakott. Ezek egy részét sterilizálta, másik részét nem kezelte, így benne maradtak a talajban található gombafonalak. A talajmintákba erdeifenyő magot vett. Vizsgálata egyértelműen igazolta a mikorrhizakapcsolat pozitív mivoltát, ugyanis a sterilizált talajban kikelt magvakból rossz növekedésű, átlagosan 7 centiméter magas, halvány sárgászöld levelű egyedek, míg a hifákban gazdag talajba vetett magvakból jó növekedésű, átlagosan 20 centiméter magas, egészséges levelű csemeték fejlődtek. Később gyökérvizsgálattal megerősítette a csemeték mikorrhizált voltát. Szintén Fekete 1894-es cikkében olvashatunk Frank (in Fekete 1894) bükkcsemete-vizsgálatáról, melyben kiemelte a tápanyagdús, humuszos erdőtalaj fontosságát. Erdőtalajban növekedett, mikorrhizálódott bükkcsemetét tápanyagszegény homokba helyezett, ahol a mikorrhiza idővel visszafejlődött, és újra megjelentek a gyökérszőrök. Ezzel igazolta, hogy egyes fajoknál a gyökérkapcsoltság csak tápanyagdús közegben tud életképes maradni. Fekete (1894) ezek alapján a mikorrhizaképző gombákat a fehér akáccal (*Robinia pseudoacacia* L., 1753) szimbiózist alkotó *Rhizobium* baktériumokhoz hasonlította. Schliberszky Károly (1904) az Erdészeti Lapokban foglalta össze az addig ismert mikorrhizaképző növény-nemzetségek mikorrhizatípusait. „Sejtbeli micéliumot”, azaz endomikorrhizát alkot a cédrus (*Cedrus*), tiszafa (*Taxus*), szil (*Ulmus*) és juhar (*Acer*) nemzetség. A *Taxus* genus esetében ez egy ellentmondás Frank megfigyelésével, aki ektomikorrhizásként írta le. Schliberszky ismerteti még a mikorrhizát nem képező erdészeti jelentős növény-nemzetségeket is, melyek a kőris (*Fraxinus*), vadgesztenye (*Aesculus*) és bodza (*Sambucus*) nemzetségek. Hollós (1906) monográfiát jelentetett meg Magyarország földalatti gombáiról, melyben az akkor ismert összes hazai föld alatt termőtestet képező gombafajt ismertetett. Munkája irányt adott a későbbi szarvasgomba-kutatásokhoz, jelenleg is hasznos irodalom a földalatti gomba-termesztés kutatóinak.

1943–1959 közötti időszak kutatásai



1. ábra: Bokor Rezső (1898–1959), a magyar mikorrhizakutatás kiemelkedő személyisége

Forrás: Soproni Egyetem Központi Levéltár

Figure 1: Rezső Bokor (1898–1959)

Prominent scientist of the Hungarian mycorrhiza research

Source: University of Sopron Central Archive

Hollós (1906) monográfiája után 36 éves szünet következett a hazai mikorrhizakutatások terén. 1943-ban jelent meg Bokor Rezső (1. ábra) talajbiológus első mikorrhizával kapcsolatos közleménye, mely az alföldi erdősítésekkel egy időszakra tehető (Szántó 1990). Bokor 1943-ban megjelent „A mykorrhiza-kérdés erdőgazdasági vonatkozása” című kétrészes cikkében összefoglalja az addig ismert ektomikorrhizát alkotó gombafajokat és a mikorrhizapartner fafajokat (Bokor 1943a).

Bokor (1943b) tanulmányának második, befejező részében fontos erdőművelési iránymutatókat, elveket fogalmaz meg. Ezek szerint a mikorrhizakapcsolat megőrzésének és egyes esetekben kialakításának megsegítése érdekében a csemetekerti és az erdősíntendő terület talajának kémhatása megegyező kell legyen. Beszámol arról, hogy az eltűnőben lévő „vándor”, azaz ideiglenes csemetekertekben nevelt csemeték nagyobb arányban maradtak meg, mint az állandó csemetekertben nevelt egyedek. Bokor (1943b) megfigyelései szerint a savanyú talajon nagyobb eséllyel alakul ki mikorrhiza. Ezért a diverz gombavilág megőrzése érdekében szorgalmazta az erősen savanyú talajok átalakítását 5–6 pH értékű talajjává, valamint a savanyú tőzeglápok esetében a gombával történő talajoltás bevezetését. Fontosnak tartotta az erdősíntés előtti talajvizsgálatot és a szakszerű munkavégzést is, valamint az elegyes erdők kialakítását. Kezdeti gombavédelmi intézkedéseket javasolt, ami az ismeretterjesztésre, a lakosságban történő bölcs gombagyűjtés iránti igény kialakítására irányult. Ide tartozik még a micéliumok megóvása érdekében az alomgyűjtés felszámolására

és az erdei legeltetés visszaszorítására mutató javaslat is. Fontos megjegyezni, hogy már II. Miksa 1565-ben kiadott rendelkezése is tiltotta a kecskék erdei legeltetését (Malatinszky 2017), de a magyar szakirodalomban először Bokor (1943b) hozta összefüggésbe a gombavédelemmel.

Oroszországban Viszockij (in Bokor 1954) foglalkozott azzal, hogy olyan területen, ahol eddig nem volt erdő, a mikorrhizakapcsolat nehezen tud létrejönni, ezért a csemeték gombával történő mesterséges oltása hozhatja a megoldást (Bokor 1954). Szintén 1902-ben Müller létrehozta az első gombával oltott csemetét (Bokor 1954). Baranyev (1940) pedig kimutatta, hogy a mikorrhizált tölgy-csemeték 2–3-szor nagyobb növekedést érnek el, mint a mikorrhiza nélküliek.

A nemzetközi tapasztalatokhoz hasonlóan Bokor (1954) is megfigyelte a mikorrhizált csemeték jobb alkalmazhatóságát, melyet főképp -az alföldfásítás miatt- erdeifenyőn (*P. sylvestris*) és feketefenyőn (*Pinus nigra* J.F. Arnold, 1785) vizsgálta. Új oltási eljárást dolgozott ki, melynek során figyelembe vette, hogy a csemetének a neki legmegfelelőbb „valódi” mikorrhizás gombafajával kell társulnia. Ez az eljárás pedig a talajoltás agrotechnikai eljárásának kidolgozása volt, melyet csemetekertben lehet alkalmazni (Bokor 1954). A megfelelő gombafonalakban gazdag csemetekerti talajt úgy lehet készíteni, ha a mikorrhizás gombából tenyészetet készítünk, majd azt steril talajra oltjuk, és ezt a talajt juttatjuk ki a csemetekert talajába. A tenyészet készítéséhez univerzális táptalajt dolgozott ki, majd ebben spórátzatással szaporította a gombafajokat. A növény olyan gombafaj micéliumával is találkozhat, ami azt megbetegítheti, ezért a pontos fajmegválasztás, és az abból szakszerű munkával készült tiszta tenyészet kifejezetten fontos, ugyanakkor kiemelte, hogy a célfajon kívül a hasznos mikrobák talajba bevitele is fontos (Vanyin 1949, Bokor 1954). A csemetekerti talaj beoltása megoldható lett volna idősebb állományok faegyedeinek gyökeréről levágott mikorrhizadarabokkal, de Bokor (1954) belátta, hogy ez a magyar agrotechnikában nem gazdaságos, és a nyílt sebek erdővédelmi problémákat is okozhatnak, mert fertőzések megjelenésének adnak lehetőséget. A micéliumot tartalmazó steril talajt fészekszerűen juttatta ki a csemetekerti talajba, mert ha bekapálják, akkor a gombafonalak sérülhetnek, fragmentálódhatnak. Ajánlásokat tett a talaj minősége függvényében az erdei- és feketefenyő lehetséges mikorrhiza gombájára.

Bokor (1954) kutatásában megállapította még a mikorrhiza jótékony hatását a talaj vízgazdálkodására, ami a gombák lebontó tevékenységének köszönhető. Kimutatta, hogy a mikorrhizakapcsolat erdei- és feketefenyő-csemetéken (magvetés esetén) akkor jön létre, amikor az első sziklevelek megjelennek. Ezek mellett lejegyezte, hogy a ma már nem ültetett banksfenyő (*Pinus banksiana* Lamb, 1803) ektomikorrhizát alkot a *Lactarius quietus* (Fr.) Fr., 1838, *Amanita pantherina* (DC.) Krombh., 1846 és *Amanita rubescens* Pers., 1797 gombafajokkal.

Az alföldfásítás kihívása volt az olyan területekre való fenyőtelepítés, ahol korábban erdő nem állt. Bokor későbbi kutatásait meghatározta ez is, hogy olyan oltóanyagot készítsen, mellyel a csemeték az erdei gombafajokkal tudnak mikorrhizát képezni, ezzel javítva növekedésüket, fatermésüket. Már korábban is feltételezték azt, hogy bizonyos gombafajok antibiotikumokat termelnek (Bokor 1956). Ezen antibiotikumok erdei- és feketefenyő magjaira gyakorolt hatását vizsgálta Bokor (1956). Vizsgálatai alapján kimutatta, hogy a csírázásgátló anyagok termelésének mértéke arányosan növekszik a micélium méretével, illetve zárt állományokban a talajban a „gombaflóra” lesz az uralkodó. Ekkor a csírázásgátló anyagok nagy mennyiségben termelődnek, ezért is van az ilyen erdőkben kevés csemete, és ha van, akkor is gyakran más fafaj (Bokor 1956). Ennek oka, hogy ezen anyagok a fajspecifikusak, annak a fafajnak a magjára hatnak a legerősebben, aminek az antibiotikumot termelő gombafaj a „valódi”, azaz a vélhetően neki legmegfelelőbb mikorrhizapartnere (Bokor 1956).



A csírázásgátló anyagok csak nagy koncentrációban fejtenek ki hatást a magvakra. Ezek vízzel kimoshatók a talajból, ezért is szükséges magvetés előtt a magágy megöntözése. Aszályos időben, csapadék híján könnyen felhalmozódhatnak a talajban a csírázásgátló anyagok, ami problémákat okozhat (Bokor 1956). A talajban lévő penészgombák jelenléte csökkentheti csírázásgátló anyagok hatását, de ugyanakkor képesek a mikorrhizas gombákat is meggyengíteni, melyeket ezek nagy része könnyen legyőz. Bokor (1956) szerint az erdeifenyő érzékenyebb a csírázásgátló anyagokra, mint a feketefenyő, illetve az erdeifenyő esetében a pH mértéke nincs jelentős hatással a magok csírázására. Fontos azonban, hogy a savanyú talajok az optimálisak számára, és a talajt is erősen savanyítja (Gencsi & Vancsura 1992, Nagy 2009).

Bokor (1959a) addigi eredményei alapján tovább vizsgálta a gyakorlatban alkalmazható oltóanyagokat, és azok még hatékonyabb előállításának lehetőségeit erdei- és feketefenyőn. Bazídiospórákból haploid micéliumú tiszta tenyészeteket készített, majd több tenyészetet helyezett egymás mellé, hogy azokból diploid micéliumok fejlődjenek. Ezzel biztosította a genetikai diverzitást, a jobb ellenállóképességet. Továbbra is talajra oltotta az agaros táptalajon kifejlődött micéliumokat. Kiszáritott földes kultúrával bizonyította, hogy a mikorrhizapartner nélküli gomba aszályos időben is akár évekig képes a talajban túlélni. Következő vizsgálataihoz tőzeget talajt használt, mert szerkezete miatt annak egészét könnyen átszövik a hifák. Azt feltételezte, hogy jobb eredményeket érhet el azzal, hogy több gombafajt tartalmazó, oltóanyag-komplexet készít, ezért ennek megfelelően 20 féle komplex oltóanyagot hozott létre, melyek közül vizsgálatai alapján a legjobb a következő gombafajokat tartalmazó volt: *Boletus granulatus* = *Suillus granulatus* (L.) Roussel, 1806, *Xerocomus subtomentosus* (L.) Quél., 1887, *A. pantherina*, *Russula cyanoxantha* (Schaeff.) Fr., 1863, *Scleroderma vulgare* = *Scleroderma citrinum* Pers., 1801, *Hebeloma crustuliniforme* (Bull.) Quél., 1872. Mivel csemetekertben, „félüzemi” körülmények között pozitív eredményeket kapott, ezért alföldi homoktalajra és dombvidéki agyagtalajra kiültetett csemetékkel a gyakorlatban is vizsgálta oltóanyaga sikerességét, melynek eredményeként a mikorrhizált csemeték magassága kétszeres, légszáraz súlya pedig három-ötszöröse lett szemben a kontroll csemetékkel.

Bokor Rezső utolsó publikációját 1959-ben adták ki „*A mykorrhiza-gombák növekedése és a tápláló közeg reakciója közötti kölcsönhatások vizsgálata*” címmel. E munkát előzetes közleménynek szánta, de sajnos halála miatt nem tudta befejezni. A leírt kísérletéből megállapítható, hogy a vizsgált mikorrhizas gombafajok laboratóriumi körülmények között nem érzékenyek a talaj kémhatására, hasonló növekedést mutattak a tenyészetek savanyú (pH = 6,8) és lúgos (pH = 8,3) táptalajon is (Bokor 1959b). A *Pluteus cervinus* (Schaeff.) P. Kumm., 1871 gombafajt mikorrhizaképzőként tünteti fel, azonban azóta már a faj bizonyítottan fán élő szaprotrófként van számontartva (Kalmár & Makara 1972, Ewald et al. 2017).

1960–2000 közötti időszak kutatásai

Bokor Rezső halála után Kiss László mikológus folytatta tovább a mikorrhizakutatásokat. Első közleményében (Bencze & Kiss 1960) összefoglalta az erdészeti mikorrhizálás eddigi főbb eredményeit, majd később figyelme a növényvédőszeres gyökérkapcsolt gombákra gyakorolt hatására irányult. Kiss (1965) kéttűs fenyőkkel mikorrhizas gombákat, a *S. granulatus* és a *Boletus luteus* = *Suillus luteus* (L.) Roussel, 1821 fajt tenyésztette ki agaron, majd több, ma már betiltott vagy

nem alkalmazott, többek között diklór-difenil-triklórétán (DDT), hexaklór-ciklohexán (HCH) tartalmú rovarölőszert juttatott a táptalajokba. Megállapította, hogy az egyes növényvédőszeres különbözőképpen hatnak a gombákra, melyek tavasszal nagyobb dózist viselnek el, mint ősszel. A kontroll micéliumhoz képest serkentő hatás ritkán, gátló hatás viszont igen gyakran jelentkezett. Ezen hatások kimutathatóak voltak a micéliumok növényvédőszermentes táptalajra való átoltása után is, ami igazolja, hogy a gombák képesek a szubsztrátumból felvenni és akkumulálni különböző anyagokat (Jakucs & Vajna 2003). A DDT-t az általa okozott ökológiai károk miatt számos helyen, közülük a világon először Magyarországon, betiltották (Malatinszky 2017). Kiss (1967a, 1967b) további kutatásaiban laboratóriumban vizsgálta más vegyszerek hatását is *Suillus flavus* (Quél.) Singer, 1945, *S. granulatus*, *S. luteus*, *H. crustuliniforme*, *Lactarius deliciosus* (L.) Gray, 1821 és *X. subtomentosus* fajokkal kapcsolatban.

Ezek a vizsgálatok megerősítették korábbi nézeteit, miszerint a növényvédőszeres használat különbözőképpen, de mindenképpen negatívan hat a mikorrhizaképző gombákra, ugyanis egy teljes talajfertőtlenítés eltüntethet és visszaszoríthat olyan gombafajokat, amelyek nélkülözhetetlenek az erdei fák számára.

Ennek okán szorgalmazta a peszticidek használatának mielőbbi felülvizsgálatát. A későbbiekben kimutatták, hogy a rovarölőszereken kívül a légszennyező anyagok is (főleg iparterületek környékén) károsak a mikorrhizára, ami jóval kisebb mértékben jelenik meg szennyezett területeken és legyengült, beteg *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., 1784 egyedeken (Holes 1988). Felmerülhet a kérdés, hogy – amennyiben szükséges – ezek tükrében milyen megoldás lehet a megfelelő talajfertőtlenítési eljárás. Barna (2000) szerint a csemetekertben a mikorrhizás csemeték ültetését és fungicid szerek együttes használatát, az integrált módszert érdemes alkalmazni a gyökéropatógen gombák ellen. Nem tisztázott azonban, hogy milyen fungicideket és hogyan kell alkalmazni, hogy elkerülhető legyen a mikorrhizára gyakorolt negatív hatás, egyedül a *Paxillus involutus* (Batsch) Fr., 1838 gombafaj oltása és minimális mennyiségű benomyl gombaölőszer kombinálása mutatott pozitív eredményeket (Barna 2000).

Gyurkó Pál erdőmérnök (1924–2008), talajbiológus is foglalkozott a mikorrhiza kutatásával. A témában megjelent fontos cikke a mikorrhizás gombák élettanával kapcsolatos. Gyurkó (1978) az *Amanita*, *Boletus*, *Leccinum*, *Suillus* és a *Xerocomus* nemzetség fajaiból többféle kémhatású tenyészeteket készített, melyek 3,0–6,8 pH között mutattak növekedést. Megfigyelte, hogy a szubmerz (merült) és légmicélium megjelenése a táptalaj kémhatásától függ. A laboratóriumi körülmények között a légmicélium a mikorrhizás gomba talajban lévő részének, a merült micélium pedig a gyökérszövetek közötti részének feleltethető meg. Kísérletei azt mutatták, hogy 4,9–5,0 pH alatt légmicélium jelenik meg. Ennek az erdészeti mikorrhizálás szempontjából komoly gyakorlati jelentősége lehet, mert az előbbieken alapján a talajoltást a gomba légmicéliumos alakjával célszerű megtenni, így oltóanyaggyártásnál kémhatás tekintetében a légmicélium preferenciáját célszerű figyelembe venni (Gyurkó 1978).

1990-től az ERTI Erdővédelmi Osztályának kutatója, Szántó Mária (1953–2014) foglalkozott mikorrhizakutatással. Érdeklődése elődeihez hasonlóan a kéttűs fenyőkre irányult. Első jelentősebb kísérletének célja a foszfortartalom alapján megfigyelni a mikorrhizakapcsolat növényekre gyakorolt hatását (Szántó 1992). Egy és 2 éves erdei- és fekete fenyő csemetéket oltott *Hebeloma radicans* = *Hebeloma radicosum* (Bull.) Ricken, 1915, *A. pantherina*, *Tricholoma terreum* (Schaeff.) P. Kumm., 1871 és *R. cyanoxantha* diploid micéliumból készült oltóanyaggal. Bokor (1954) és Kiss (1966)



módszereitől eltérően, Szántó (1992) steril búzacsírát szövetett át a micéliumokkal, majd ezt keverte tőzeggel, és így végezte az oltást. A foszfortartalom meghatározását plazmagerjesztéses fotometriával (ICP) végezte, és azt az eredményt kapta, hogy bár az oltott csemetéknél a foszfor mennyisége nagyobb volt, de szignifikáns eltérést nem mutatott ki, és ezért további megfigyeléseket tartott indokoltnak. Kandidátusi értekezésében mikorrhizált és kontroll erdei- és feketefenyő összehasonlító vizsgálatát végezte. Eredményeiből megállapítható, hogy a mikorrhizált egyedek össznövekedése számottevően javult, a tömegük 50%-kal nőtt. A tömegnövekedés az erdeifenyő esetében volt jelentősebb (Szántó 1995a). Megfigyelései szerint a két éves csemeték voltak az érzékenyebbek a gombával történő kezelésre (Szántó 1995a), véleményünk szerint ezt Bokor (1954) megfigyelése támasztja alá, mely szerint a mikorrhiza természetes körülmények között már a sziklevelek megjelenésekor létre jön. Az oltott csemeték rost (ADF)-, lignin-, cellulóz-, összes oldható cukor és nitrogénszintje is magasabb volt a kontroll fákkal szemben. Szántó (1995a) eredményeivel megerősítette a mikorrhizakapcsolat előnyeit, és javasolta a gombával történő oltás rutinszerűvé tételét az erdőszetben. Az évezred utolsó jelentős erdőszeti kutatása egy témát, a mikorrhizált erdei- és feketefenyő összehasonlító vizsgálatát érinti, melyet Szántó négy publikációban közöl. *H. radicosum*, *H. crustuliniforme*, *L. quietus*, *R. cyanoxantha*, *Rhizopogon luteolus* Fr. & Nordholm, 1817 és *S. luteus* fajokból tenyésztet, majd abból oltóanyag-szuszpenziót készített Szántó (1995b). Ő alkalmazta először a hazai irodalmak alapján a szuszpenzióba áztatásos mikorrhizálást (Szántó 1995b). A kezelt csemeték összességében jelentős növekedést mutattak a kontrollal szemben, de nem minden gombafaj esetében voltak egyformán meggyőzőek. Ennek magyarázata Szántó (1995b) szerint az lehet, hogy egyes gombafajok a csemeték korai, míg mások késői életszakaszában segítik jelentősen a növekedést (Stenstorm 1990). A legnagyobb gyökértömeget a *L. quietus* fajjal oltott 3 éves erdeifenyő érte el, és elmondható, hogy a feketefenyő a legtöbb esetben alulteljesített az erdeifenyővel szemben (Szántó 1995c). Ezt a feketefenyő nagyobb gyantatartalmával (Bondor 1987), szárazságtűrésével (Gencsi & Vancsura 1992) és a gyökérgatogén gombákkal szemben mutatott nagyobb ellenállóképességével (Pagony 1987) magyarázza. Szántó (1996) vizsgálta ültetvénye fájának kémiai összetevőit is, mely során kimutatta, hogy a hamu-, rost (ADF)-, cellulóz-, lignin-, oldható össz cukortartalom jóval magasabb volt a kezelt csemetékben, illetve a fiatal feketefenyők kivételével a nitrogén terén is ezt tapasztalta. A legjobb eredményeket a gombák közül a *L. quietus* és *Suillus variegatus* (Sw.) Kuntze, 1898, a fák közül pedig a 3 éves erdeifenyő-csemetékkel érte el (Szántó 1996). Hiánypótló volt Szántó (1997) ásványianyagtartalom-meghatározásra irányuló vizsgálata, mert addig kevés ilyen végeztek nemzetközi szinten is. ICP analízissel határozta meg az ásványi anyagokat, és kimutatta, hogy számos elemnél jelentős növekedés tudható be a mikorrhizálás hatásának. Különösen a kálium, foszfor és nitrogén tartalom növekedése volt jelentős a mikorrhizált csemetékben. Az ásványianyag-tartalom terén is a *L. quietus* gombafaj produkálta a legjobb eredményeket (Szántó 1997).

Elengedhetetlen még Jakucs Erzsébet és Bratek Zoltán munkásságát megemlíteni, mert közleményeik irányt mutattak a 2000-es évek „modern” mikorrhizakutatásaihoz. Bratek et al. (1992) több földalatti gomba talajigényét mutatta ki. Megállapította, hogy a *Tuber aestivum* (Wulfen) Spreng., 1827, *Tuber brumale* Vittad., 1831, *Tuber excavatum* Vittad., 1831, *Hydnobolites cerebriformis* Tul. & C. Tul., 1843 fajok a lúgos talajokat, a *Tuber borchii* Vittad., 1831 és a *Terfezia terfezoides* = *Mattiolomyces terfezoides* (Mattir.) E. Fisch., 1938 a gyengén savanyú talajokat kedveli. Ezzel ellentétben az *Elaphomyces muricatus* Fr., 1829 álszarvasgombafaj a talaj kémhatása

íránt közömbös. Jakucs (1996) összefoglalta az ektomikorrhizák morfológiai határozásához lehetséges módszereit, továbbá kiadta magyar nyelven az ismert tölgy-mikorrhizák határozókulcsát is (Jakucs 1997).

Az új évezred hazai kutatásai

A mikorrhizakutatások a XXI. században is folytatódtak. Számos olyan munka jelent meg neves kutatóktól az évszázadban, mely kötődik a mikorrhizás gombákhoz. A fejezetben az erdészethez kötődő főbb publikációkat tekintjük át. Szántó (2001) igazolni próbálta azon feltevést, miszerint a mikorrhizakapcsolat az erdő egészségére pozitív hatással van. Ehhez erdeifenyő- és bükkállományok erdőegészségi állapotát vette figyelembe Pagony (1993) módszerével, valamint a gombatermőtestek jelenlétének mértékét vizsgálta. Kevés felvétellel is jól tudta bizonyítani a pozitív hatást mindkét fafaj esetében (Szántó 2001), de megjegyezte, hogy a téma további vizsgálatokat igényel. Ilyen kutatások jelenleg is folynak (Dredor & Szmatona-Túri 2023a). Barna et al. (2001) szintén az erdők vitalitásának fokozása céljából foglalkoztak mesterséges mikorrhizálással. Steril és nem fertőtlenített természetközegben fehér nyár (*Populus alba* L., 1753), közönséges mogyoró (*Corylus avellana* L., 1753), kislevelű hárs (*Tilia cordata* Mill., 1768), ezüst hárs (*Tilia tomentosa* Moench, 1785), bibircses nyír (*Betula pendula* Roth, 1788) és török mogyoró (*Corylus colurna* L., 1753) csemetéket ültettek, melyeket több gombafajjal oltottak, de eredményeikben csak a *T. cordata* és *B. pendula* spontán, más gombafajjal való mikorrhizálódottsága igazolódott, a mesterséges oltások közül csak a *Rhizopogon vulgare* = *Rhizopogon vulgaris* (Vittad.) M. Lange, 1956 megtelepedése volt észlelhető fekete-fenyő gyökérzetén (Barna et al 2001). Zöld et al. (2002) igazolták a *B. pubescens*, *P. sylvestris*, *Quercus* sp. és *Salix aurita* Host, 1828 magasfokú mikorrhiza-kolonizációját az Őrségi Fekete-tó Úszólápnál. A *M. terfezoides* és a *R. pseudoacacia* közötti kapcsolat ektomikorrhizás volta mai napig egy tisztázatlan kérdés. Kovács (2002) doktori téziseiben megkérdőjelezte a mikorrhizakapcsolat meglétét, Szegő et al. (2007) viszont vizsgálataikkal kimutatták a kapcsolatot. Jakucs (2003) és Jakucs et al. (2006) javasolták a mikorrhizált csemeték erdészeten történő alkalmazását. Jakucs (2003) ismertette a mikorrhizálás esetleges veszélyeit is, mely szerint problémát okozhat a szakszerűség hiánya, a nem megfelelő gomba- és fafajmegválasztás és a tájidegen fajok oltóanyagként történő felhasználása. A hazai gombaminták használata Jakucs (2003) szerint a származási területen belül veszélytelen. Ez a módszer az erdészeti szaporítóanyag-kereskedelemben jól működik, ennek céljából az ország származási körzetekre van osztva (Kristó 2008). Ezen csemetéket nagy hatékonysággal lehetne alkalmazni a mezőgazdasági művelésre alkalmatlan, kivett területek erdősítésére (Jakucs 2008a). Jakucs (2008b, 2010) akadémiai doktori értekezésében leírja, hogy alföldi vizsgálatai alapján, az előbb említett területekre fehér nyárral (*P. alba*) történő erdőtelepítés céljából a *Tuber rapaeodorum* Tul. & C. Tul., 1843, *Xerocomus armeniacus* (Quél.) Quél., 1888, *Scleroderma bovista* Fr., 1829 és *Hebeloma ammophilum* Bohus, 1978 gombafajokból készült oltóanyagot javasolja (Jakucs 2008b, Jakucs 2010). Ektomikorrhiza-oltóanyag előállítás kísérletek szintén voltak a században és jelenleg is vannak. Kollár (2007) folyékony táptalajban, folyamatos rázógépen tartással *R. cyanoxantha* micéliumot tenyésztett, melyből turmixolással és vízzel való hígítással inokulumot készített, mellyel sikeresen tudta beoltani a kocsányos tölgyet. Nem tudott viszont oltóanyagot készíteni friss ter-



mőtestből, ez igazolja, hogy a táptalajon történő micéliumtenyésztés az ektomikorrhiza-oltóanyag készítésének megkerülhetetlen lépése (Kollár 2007). Gyökérvizsgálattal kimutatásra került a Kiskunsági Nemzeti Park törzsterületéhez tartozó fülöpházi homokgyepről és feketefenyvesből a helyszínre nézve két tájidegen gombafaj, a *Rhizopogon* sp. és a *S. variegatus*, melynek oka a fenyőtelepítéssel történő behurcolás (Seress 2009, Seress & Kovács 2010). Ezen tájidegen gombafajok Seress (2015) szerint ökológiai problémát okozhatnak az őshonos gombák kiszorításával. Véleményünk szerint ennek kiküszöbölése érdekében is jelentős lehet Jakucs (2003) által említett származási területen belüli, nem tájidegen gombából készült inokulummal történő oltás.

A különböző szarvasgombák (*Tuber* spp.) ültetvényes termesztése is az erdészetet érinti, ugyanis ezen ültetvények nagyrésze a földalattigomba-termelő rendeltetésű erdő kategóriába sorolandó (Erdőtörvény 2009). A legátfogóbb kutatást Csorbainé (2011) végezte a *T. aestivum* és *Tuber macrosporium* Vittad., 1831 termesztésével kapcsolatban. Egyrészt kimutatta, hogy szarvasgombával való mikorrhizálásra kiválóan alkalmas a *Q. robur*, *Quercus cerris* L. 1753, *C. avellana* és a *Tilia platyphyllos* Scop. 1771 is, valamint egy csemetevizsgáló- és minősítő eljárást is kidolgozott (Csorbainé 2011). Bagi & Fekete (2007) monográfiát jelentetett meg a triflagyújtés gyakorlatát bemutatva. Bratek et al. (2010) igazolták a lőcslábú gombabogárka (*Leiodes cinnamomea* Panzer, 1793) részvételét a *Tuber*-fajok spórájának terjesztésében. A Jászság legnagyobb részének erdőgazdálkodója, a NEFAG Zrt. területén számos meszes talajú kocsányos tölgyes állomány található, melyek különböző szarvasgombafajokban igen gazdagok. Jászivány község határában található az a földalattigomba-termelő erdő, ahol az ország eddigi legnagyobb nyári szarvasgomba (*T. aestivum*) triffa előkerült (NEFAG 2020). Az erdőgazdálkodási vállalatnak külön ágazata épült ki a szarvasgombára. A NEFAG Zrt. hazánkban elsőként vezette be az arcképes igazolvánnyal lehetséges triflagyújtést, továbbá szarvasgomba-feldolgozó üzemükben a gyűjtőtől felvásárlást végeznek és sajátmárkás élelmiszereket gyártanak (NEFAG 2020), azonban a hazánkban begyűjtött triffák nagyrésze exportra megy (Bratek 2021). A kiemelkedő adottságú területek vélhetően Közép-Európa legjobb szarvasgomba-termőhelyének számítanak, ezért tudományos kutatásoknak is teret ad: a területen vizsgálják az öntözéses szarvasgomba-termesztést, továbbá a természetes mikorrhizálás lehetőségeit is (Nagy 2010). A Bratek Zoltán által 2002-ben franciaországi szaporítóanyagból a Jászságban telepített ültetvényről már begyűjtésre került az első hazai termesztett francia szarvasgomba (*Tuber melanosporum* Vittad., 1831) (Bratek 2021). Jelenleg *T. aestivum* és *Neoboletus xanthopus* (Klofac & A.Urb.) Klofac & A.Urb. 2014 gombafajokkal oltott *Q. petraea*, *Q. cerris*, *T. cordata* és *C. betulus* fajfajokkal végzünk vizsgálatokat Mátrafüreden, az ÉASZC Mátra Erdészeti Technikum területén, ahol az ültetvény a tudományos kutatás mellett egyben oktatási-bemutatói jelentőséggel is bír (Dredor & Szmátóna-Túri 2022). Munkánk céljai közé tartozik az ültetvényen megjelent növényi károsítók és kórokozók felmérése is. Vizsgálataink során még gyökérvizsgálattal nem bizonyítottuk a mikorrhizakapcsolat kialakulását, mivel ilyen korai fázisban nem célszerű a csemeték bolygatása, azok meglétére a fafajok ellenállóképességéből és növekedési erélyéből tudunk csak következtetni. A kislevelű hársaknál azt figyeltük meg, hogy a mikorrhizált egyedek kártevőktől mentesek, egészségesek és jó növekedési eréllyel rendelkeztek. Ez további gyökér- és növedékvizsgálatokat indokol a mikorrhizált kislevelű hárs gyakorlati erdészeti alkalmazhatóságának céljából (Dredor & Szmátóna-Túri 2023b).

Elengedhetetlen szót ejteni a klímaváltozás és a mikorrhizálás kapcsolatáról. Az időjárás egyre szélsőségesebbé válik, és az előrejelzések alapján hosszú távon arra kell az agráriumnak beren-

dezkedni, hogy a nyaraink szárazabbá válnak, a csapadék jelentős része télen és tavasszal fog lehullni (Bartholy & Pongrácz 2017). Az előrejelzések szerint azzal is mindenképp számolni kell, hogy a jövőben számottevően növekedhet hazánkban az erdősztyepp és sztyepp klímájú területek nagysága (Gálos & Führer 2018). Valószínűsíthető, hogy ha olyan csemetét ültetünk ki, melyet a számára legmegfelelőbb gombával kezelünk, akkor az már fiatal korban jobb vízfelvételt, ezáltal jobb ellenállóképeséget és nagyobb növedéket eredményezhet, és nagyobb eséllyel maradhatnak meg őshonos fajaink. A kalapos gombákkal történő mikorrhizálást hazánkban erdőgazdasági körülmények között nem alkalmazzák, viszont szarvasgomba-mikorrhizás csemetéket több cég is értékesít, sokszor a mikorrhizálatlanok százszoros árán. Ilyen árkülönség esetén érthető, hogy nem bevett gyakorlat a mikorrhizás csemeték ültetése, viszont egy szélesebb körű támogatási rendszer esetén elterjedne a módszer, továbbá megfelelő termőhely esetén számolni lehet a gazdálkodónak a faanyagon túl a gomba értékesítéséből járó bevétellel is. Földalatti gombák termesztésére jelenleg is vannak pályázatok, de érdemes lenne elgondolkodni az egyéb, kalapos gombákkal történő mikorrhizáláson is.

ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánk során a hazai erdészeti mikorrhizakapcsolatok kutatásainak irodalmait tekintettük át 1885-től napjainkig. A legelső munkát Frank (1885) végezte, aki bebizonyította a mikorrhiza létezését. Utána Bokor Rezső végzett jelentős kutatásokat, melynek során számos növény- és gombafaj közötti szimbiózist írt le, és mesterséges oltásra vonatkozó agrotechnikai eljárást dolgozott ki. A Bokor halálát követő évtizedben Kiss László kutatásai voltak a legjelentősebbek, aki főleg a növényvédőszer hatását vizsgálta mikorrhizás gombákra. Szántó Mária munkássága szintén meghatározó volt, aki elsősorban az erdei- és feketefenyő mikorrhizakapcsolatait és élettani folyamatait vizsgálta. A XXI. században Jakucs Erzsébettől származik több mikorrhizás munka, leginkább az erdők mikorrhizáltságának mértéke és az ektomikorrhizák morfológiai vizsgálatának témaköréből. Napjainkban a mikorrhizakutatások leginkább a szarvasgomba-termesztésre összpontosulnak, ahol a Csorbainé Gógán Andrea, Bratek Zoltán és a NEFAG Zrt. tevékenysége számít kiemelkedőnek. Ezek mellett több erdészeti mikorrhizával kapcsolatos kutatás zajlik Magyarországon. Összességében elmondható, hogy a korábbi számos pozitív tapasztalat alapján a mikorrhizás gombákkal való oltást érdemes lehet bevinni a csemetékerti gyakorlatba, ezzel is növelve fiatal erdeink klímához való alkalmazkodását.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki Jakucs Erzsébetnek, Hirka Anikónak, Bratek Zoltánnak és Csóka Györgynek a rendelkezésre álló irodalom biztosításáért és a hasznos tanácsaiért. Jelen publikáció a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében az Innovációs és Technológiai Minisztérium (jogutód: Kulturális és Innovációs Minisztérium) Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.



FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bagi I. & Fekete A. O. 2007: A szarvasgombász mesterség. Trajan Könyvesműhely, 190.
- Banyajev A. V. 1940: A mykorrhizás gombáknak a talajban való megtelepítése céljából végzett kísérletek. „Lesznoje Hozajszto” 10.
- Barna T. 2000: A mikorrhizák szerepe a csemetekertnövényvédelemben, a talajlakó kórokozókkal szemben. In: Kutatói nap 2000 Tudományos eredmények a gyakorlatban, Szeged, 27.
- Barna T., Jakucs E., Bratek Z. & Szántó M. 2001: Az erdősítések eredményességét fokozó közös mikorrhiza kutatások. In: Mátyás Cs., Fűhrer E. & Tóth J. (eds.): Gondolatok az erdővédelemről az ezredfordulón. Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai 15: 169–178.
- Bartholy J. & Pongrácz R. 2017: A közelmúlt és a jövő országos éghajlati trendjei. (A klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás kihívásai II.) Erdészeti Lapok 152(5): 134–136.
- Bencze L. & Kiss L. 1960: A mykorrhiza-oltásban rejlő lehetőségek. Az Erdő 9(7): 274–280.
- Bokor R. 1943a: A mykorrhiza-kérdés erdőgazdasági vonatkozása. Erdészeti Lapok 82(8): 355–360.
- Bokor R. 1943b: A mykorrhiza-kérdés erdőgazdasági vonatkozása. Erdészeti Lapok 82(9): 399–406.
- Bokor R. 1954: A Mykorrhiza-gombákkal történő talajoltások új agrotechnikai eljárása. Erdészeti Kutatások 4: 27–45.
- Bokor R. 1956: A Mykorrhiza-gombák által termelt antibiotikumok hatása egyes fenyőfélék magjának csírázására. Erdészeti Kutatások 1: 67–79.
- Bokor R. 1959a: Vizsgálatok az erdei- és feketefenyő csemeték mesterséges mykorrhizálása terén többgombás (komplex) tiszta tenyészetekkel. Erdészeti Kutatások 12: 355–388.
- Bokor R. 1959b: A Mykorrhiza-gombák növekedése és a tápláló közeg reakciója közötti kölcsönhatások vizsgálata. Erdészeti Kutatások 6(1-2): 389–394.
- Bondor A. 1987: Feketefenyő. In: Bondor A. (ed.): A fenyő termesztése és hasznosítása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 21.
- Bratek Z., Király I., Láng F. 1992: R-spectra of some hypogeous mushrooms. Micologia e Vegetazione Mediterranea 7(1): 95-102.
- Bratek Z, Merényi Zs., Illyés Z., László P., Anton A., Papp L., Merkl O., Garay J., Vikor J., Brandt S. 2010: Studies on the ecophysiology of *Tuber aestivum* populations in the Carpatho-pannon region. Austrian Journal of Mycology 19: 221-226.
- Bratek Z. 2021: L'essor de la truffe et sa culture en Hongrie. Le Trufficulteur 114: 26.
- Csóka Gy., Hirka A. & Csiky Zs. 2002: Az erdővédelem magyarországi szakirodalma CD. Agroinform Kiadó, Budapest.
- Csorbainé G. A. 2011: A nyári szarvasgomba (*Tuber aestivum* Vittad.) és a nagyspórás szarvasgomba (*Tuber macrosporum* Vittad.) magyarországi természetességének vizsgálata. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő. 120–123.
- Dredor D. & Szmatona-Túri T. 2022: Mikorrhizálás erdészeti alkalmazhatósága hazai viszonyok között a fák növekedésének, tápanyag- és vízellátásának javítása, fokozása érdekében. In: Haltrich A. & Varga Á. (eds.): 68. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2022. február 22., 58.
- Dredor D. & Szmatona-Túri T. 2023a: Mikorrhizás kísérleti ültetvény növénykórtani vizsgálata. In: Haltrich A. & Varga Á. (eds.): 69. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2023. 02. 21., 73.
- Dredor D., Szmatona-Túri T. 2023a: Mikorrhizás kísérleti ültetvény növénykórtani vizsgálata. In: Haltrich Attila (szerk.) 69. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, Magyarország: Magyar Növényvédelmi Társaság, 73.
- Erdőtörvény 2009: 2009. évi XXXVII. törvény az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról. 26§.
- Ewald G, Vasas G. & Locsmándi Cs. 2017: Gombások kézikönyve. Cser Kiadó, Budapest, 57.
- Frank A. B. 1894 (in Fekete): A mykorrhiza gombák befolyása az erdei fák táplálkozására. Erdészeti Lapok 33(5): 403–407.
- Frank A.B. 1885: Über die auf Wurzelsymbiose beninde Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 3: 128–145.
- Gálos B. & Fűhrer E. 2018: A klíma erdészeti célú előrevetítése. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 43–55. DOI: 10.17164/EK.2018.003

- Gencsi L. & Vancsura R. 1992: Dendrológia. Agroinform Kiadó, Budapest, 147–151.
- Gibelli G. 1883: Nuovi studii sulla malattia del castagno detta dell'inchostro Memorie della Reale Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna 4: 287–314.
- Gyurkó P. 1978: Mikorriza gombák életteni vizsgálata laboratóriumi körülmények között. Mikológiai Közlemények 17(1-2): 29–34.
- Holes L. 1988: Mikorriza és vékonygyökér vizsgálatok beteg és egészséges *Quercus petraea* fákon. In: Bartha S. (ed.): I. Magyar Ökológus Kongresszus. Budapest 1988 04. 27. – 1988. 04. 29. MTA 70.
- Hollós L. 1911: Magyarország földalatti gombái, szarvasgombaféléi. K. M. Természettudományi Társulat, Budapest, 248.
- Ismeretlen szerző 1885: A gombák és fák közötti életteni összefüggés. Erdészeti Lapok 24: 737–738.
- Jakucs E. 1997: Az eddig ismert magyarországi tölgymikorrhizák határozó kulcsa. Mikológiai Közlemények 36(2-3): 35–38.
- Jakucs E. & Vajna L. 2003: Mikológia. Agroinform Kiadó, Budapest, 291–304.
- Jakucs E. 2003: A mikorrhizák erdészeti alkalmazásának perspektívái és veszélyei. Erdészeti Lapok 138(5) 136–137.
- Jakucs E. 2008a: A mikorrhizák szerepe a növények szárazságtűrésében. A Magyar Biológiai Társaság XXVII. Vándorgyűlése, 2008. szeptember 25-26., előadások összefoglalói. 61–65.
- Jakucs E. 2008b: Egyes magyarországi erdők ektomikorrhizái. MTA doktori értekezés tézisei, Eötvös Loránd Tudományegyetem Biológiai Intézet Növény szervezettani Tanszék, 1–15.
- Jakucs E. 2010: Egyes magyarországi erdők ektomikorrhizái. Mikológiai Közlemények, Clusiana 46(1-2): 167–175.
- Jakucs E. (ed.) 2016: Gombaszakértői praktikum. Flaccus Kiadó, Budapest, 247.
- Kalmár Z. & Makara Gy. 1973: Ehető és mérges gombák. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 172–173.
- Kelley P. A. 2018: The Concept of Mycorrhiza. Mycologia 147–151. DOI: <https://doi.org/10.1080/00275514.1931.12017032>
- Kiss L. 1965: Rovarölőszer hatása mikorriza gombákra. Az Erdő 14(4): 153–157.
- Kiss L. 1966: Mikorriza szabadföldi oltások eredményei. Erdészeti Kutatások 62(1-3): 285–292.
- Kiss L. 1967a: Rovarölőszer hatásának vizsgálata az erdei- és feketefenyő fontosabb mikorriza-gombáin laboratóriumi körülmények között. Erdészeti Kutatások 63(1-3): 241–247.
- Kiss L. 1967b: Gyomirtószer hatásának vizsgálata mikorriza-gombákon laboratóriumi körülmények között. Erdészeti Kutatások 63(1–3): 249–258
- Kollár T. 2007: Ektomikorriza oltóanyag előállítási kísérletek. TDK dolgozat, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet, Sopron, 1–23.
- Kovács M. G. 2002: Mikorriza vizsgálatok alföldi területeken. Ph.D. értekezés tézisei, Szegedi Tudományegyetem, Növénytan Tanszék, Szeged, 1–10.
- Kristó L. 2008: Erdészeti szaporítóanyag-termelés. Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft, Budapest, 45–89.
- Malatinszky Á. 2017: Bevezetés a természetvédelembe. Egyetemi jegyzet, Szent István Egyetem, Gödöllő, 10–14.
- Melin E. & Nilsson H. 1957: Transport of 14e-labelled photosynthate to the fungal associate of pine mycorrhiza. Svensk Botanisk Tidskrift. 51: 166–86.
- Nagy Cs. 2009: Erdészeti növénytan. Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet, Budapest, 4.
- Nagy Zs. 2010: Szarvasgomba, mint erdei melléktermék az Alföldön. In: Szulcsán G.: Kutatói Nap – Tudományos eredmények a gyakorlatban. Alföldi Erdőkért Egyesület, 50–53.
- NEFAG 2020: Szarvasgomba – NEFAG Zrt. <https://szarvasgomba.nefag.hu>. Letöltés: 2023. 04. 08.
- Pagony H. (ed) 1993: Erdei károsítók. Képes határozó. Erdőrendezési Szolgálat, Budapest, 24–27.
- Pagony H. 1987: A gyökérrontó tapló (*Fomes annosus*). Erdőgazdaság és faipar 12: 18–19.
- Schilberszky K. 1904: Az erdei fák gyökérgombáiról (mykorrhiza). Erdészeti Lapok 43(4): 336–337.
- Seress D. & Kovács M. G. 2010: Tájidegen ektomikorriza-képző gombák a fülöpházi homokpusztagyepben. Mikológiai Közlemények, Clusiana 49 (1-2): 129–137.
- Seress D. 2009: Fenyő ektomikorriza-képző gombáinak vizsgálata a fülöpházi homokterületen. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológus TDK Konferencia, 1–20.



- Seress D. 2015: Ektomikorhizák morfológiai és diverzitásvizsgálata. Doktori értekezés, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológiai Intézet, Növényismereti Tanszék, Budapest, 100.
- Stenström E. & Unestam T. 1990: Variation in field response of *Pinus silvestris* to nursery inoculation with four different ectomycorrhizal fungi. *Canadian Journal of Forest Research*. 20:1796–1803.
- Szántó M. 1990: A hazai mikorrhiza kutatás története. *Mikológiai Közlemények* 29(1-3): 89–102.
- Szántó M. 1992: Adatok a mikorrhizált fenyőcseméték P-tartalmáról. *Mikológiai Közlemények* 31(1-2): 27–34.
- Szántó M. 1995a: Az erdei- és feketefenyő (*Pinus silvestris* L.; *Pinus nigra* Arn.) mikorrhiza kapcsolatai, a mikorrhizált növények összehasonlító vizsgálata. *Erdészeti Lapok* 130(10): 306–307.
- Szántó M. 1995b: Az erdei- és feketefenyő (*Pinus silvestris* L.; *Pinus nigra* Arn.) mikorrhiza kapcsolatai, a mikorrhizált növények összehasonlító vizsgálata. 1. Növedékvizsgálat, a magasság alakulása, hossznövekedés. *Mikológiai Közlemények* 34(1): 64–74.
- Szántó M. 1995c: Az erdei- és feketefenyő (*Pinus silvestris* L.; *Pinus nigra* Arn.) mikorrhiza kapcsolatai, a mikorrhizált növények összehasonlító vizsgálata. 2. A növények tömegviszonyai. *Mikológiai Közlemények* 34(2-3): 42–47.
- Szántó M. 1996: Az erdei- és feketefenyő (*Pinus silvestris* L.; *Pinus nigra* Arn.) mikorrhiza kapcsolatai, a mikorrhizált növények összehasonlító vizsgálata. 3. A kémiai összetevők vizsgálata. *Mikológiai Közlemények* 35(1-2): 85–91.
- Szántó M. 1997: Az erdei- és feketefenyő (*Pinus silvestris* L.; *Pinus nigra* Arn.) mikorrhiza kapcsolatai, a mikorrhizált növények összehasonlító vizsgálata. 4. A vizsgált növények ásványianyag tartalma. *Mikológiai Közlemények* 36(1): 39–46.
- Szántó M. 2001: A mikorrhiza kapcsolatok szerepe az erdők egészségi állapotában. In: Mátyás Cs., Führer E. & Tóth J. (eds.): *Gondolatok az erdővédelemről az ezredfordulón*. Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai 15: 154–158.
- Szegő D., Rudnóczy Sz., Zöld-Balogh Á. & Bratek Z. 2007: Homoki szarvasgombával beoltott akáccseméték mikorrhizáinak és gyökérszociált gombáinak morfológiai és molekuláris vizsgálata. *Mikológiai Közlemények, Clusiana* 46(2): 269–279.
- Téglás K. 1892: Ártalmas-e a fiatal fenyőcseméteknek a mycorrhiza képződésre vezető szimbiózis? *Erdészeti Lapok* 31(12): 903.
- Trappe M. J. 2005: A.B. Frank and mycorrhizae: the challenge to evolutionary and ecologic theory. *Mycorrhiza* 15: 277–281. DOI: 10.1007/s00572-004-0330-5
- Ubrizsy A. 1981: A mikorrhiza jelentősége a fák betegség elleni védekezésében. *Az Erdő* 30(8): 358–359.
- Vanyin Sz. I. 1949: A mycorrhiza jelentősége a sztyeppek erdősítésekor. „*Príroda*” 8.
- Zöld-Balogh Á., Parádi I. & Bratek Z. 2002: Az őrségi Fekete-tó úszóláp növényeinek mikorrhiza-kapcsolatai. *Kanitzia* 10: 217–224.

Érkezett: 2023. január 31.

Közlésre elfogadva: 2023. július 12.

A KÖZÖNSÉGES GYERTYÁN (*CARPINUS BETULUS* L.) JELENLEGI HELYZETE ÉS POTENCIÁLJA AZ ERDÉSZETBEN ÉS FAIPARBAN

Fodor Fanni¹ és Mertl Tamás²

¹Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Faipari és Műszaki Intézet

²Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet

Kivonat

Jelen kutatásban irodalmi feldolgozást nyújtottunk a közönséges gyertyánról, mely egy őshonos, számos kedvező tulajdonsággal is rendelkező, nem elhanyagolható fakitermelési lehetőséget nyújtó, de iparban kevésbé hasznosított fafaj. Megállapítottuk, hogy habár a faanyaga természetes formájában nem tartós, ugyanakkor az egyik leg-sűrűbb, legkeményebb, és legkopásállóbb fafaj Európában. Kedvezőtlen tulajdonságai miatt többnyire tűzifaként hasznosul. Beltéri felhasználási területeit új használati eszközökkel, burkolati elemekkel, és dekorációs elemekkel lehetne bővíteni, emellett különböző, környezetbarát famodifikációs eljárásokkal egy sokkal tartósabb és ellenállóbb faanyag kapható, melynek színét a kezelési beállítások variálásával alakíthatjuk a felhasználó igényeire. Ez az anyag felhasználható kültéri fatermékekhez, de akár építészeti célú alkalmazásra is. A gyertyán hazánkban közép-távon stabilan rendelkezésre áll, és lehetőséget nyújthat tartós fatermékek előállítására, amennyiben meglenne rá a feldolgozó és a fizetőképes kereslet a hatékony szállítási távolságon belül. A kutatás végén a megállapításokat Gyengeségek-Erősségek-Lehetőségek-Veszélyek elemzéssel összegeztük.

Kulcsszavak: gyertyán, *Carpinus betulus*, hozam prognózis, faanyagvizsgálatok, famódosítás

THE CURRENT STATE AND POTENTIAL OF THE COMMON HORNBEAM (*CARPINUS BETULUS* L.) IN FORESTRY AND IN WOOD INDUSTRY

Abstract

In present paper, an overview of common hornbeam was provided, which is a native wood species with many favorable characteristics and significant logging opportunities, however it is less utilized in the wood industry. Although its wood is not durable in natural form, it is one of the densest, hardest and most wear-resistant wood species in Europe. Due to its unfavorable properties, it is mostly used as firewood. Its areas of use indoors can be expanded with new utensils, interior panelling, and decorative elements. In addition, with various environmentally-friendly wood modification processes, a more durable and resistant wood material can be obtained, the color of which can be adjusted to the user's needs by varying the process parameters. This material can be used for outdoor wood products, but also for architectural applications. Hornbeam is stably available in Hungary in medium-term and can provide op-



portunity for the production of durable wood products, if there is a manufacturer and effective demand for it within the effective transportation distance. At the end of this article, the findings were summarized with a Strength-Weakness-Opportunity-Threat Analysis.

Keywords: hornbeam, *Carpinus betulus*, yield forecast, wood science, wood modification

BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedekben egyre fontosabb célkitűzés a környezetünk védelme, a fenntarthatóbb gazdálkodás és életmód folytatása, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése. Ezek minél hatékonyabb eléréséhez minden szektorban javítani vagy változtatni kell az alkalmazott módszereken, de a lehetőségek az egyes területeken egészen eltérők lehetnek.

Az erdőgazdálkodásban és faiparban a fenti célok elérését a természetközeli, tartamos gazdálkodással, a helyi fafajok minél magasabb szintű feldolgozásával és a megtermelt faanyag életciklusának a növelésével lehet elősegíteni. Több mint 8000 fafaj vált sebezhetővé vagy veszélyeztetetté az élőhelyek pusztulása vagy degradációja, az erdőirtások, valamint az illegális fakitermelés miatt. Ennek a mérséklésében, valamint az alapanyag ökológiai lábnyomának csökkentésében is segít a helyi, megbízható forrásból származó faanyag használata, a messziről, bizonytalan forrásból származó alapanyag helyett. A fa és faalapú termékek építőiparban történő felhasználása elősegíti az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) és az Európai Unió (EU) fenntartható fejlődési irányelveinek megvalósítását. Manapság a rétegelt ragasztott fatermékek (RR) és a keresztirányban ragasztott fatermékek (CLT) már bevált mérnöki/szerkezeti faipari termékek (Engineered Wood Product, EWP), melyek elengedhetetlenek a modern faépítészetben. Habár főként fenyőkből gyártják, zöld innovációként lombosokból is készülhetnek. A lombosfa hatékony, fenntartható nyersanyaga lehet a rétegelt lemez, furnér, és forgács alapú LVL (rétegelt furnér lap tartó), LSL (rétegelt szálforgács tartó) és I-tartók számára is (van Acker 2021).

Mivel a faanyagra szükség van energetikai szempontból is, elkerülhetetlenül versenyhelyzet fog kialakulni a faanyagért, és kritikus nyersanyaghiányhoz vezethet. A fatermesztés és minőségi fatermékek gyártása strukturáltabb megközelítést igényel, ahol az életciklus végén zöld energia alapú fa biomassa jön létre. A fatermékek építőipari felhasználásának növelése érdekében szükség van a lombosfa alapú ipari fatermékek használatára is, melyek építőiparban használt fafajokhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek (pl. nyárfa). Ily módon fenntartható stratégiákat lehet kidolgozni a zöld építkezéshez az elkövetkező évtizedekben. A nyersanyag könnyen származhat gyorsan növő lombosfa ültetvényekből is (van Acker 2021).

Az EU fakitermelését a fenyők uralják. Az erdőgazdálkodás során figyelembe kell venni a jövőben a klímaváltozás kapcsán várható hőmérséklet növekedést, az aszályt és az egyre gyakoribb szélsőséges időjárást. Az ökoszisztéma fenntartása érdekében célszerű növelni az elegyes lombos állományok arányát a jelenleg fenyők által dominált régiókban, ennek következtében érdemes felkészülni hosszútávon a fenyő faanyag lombos faanyaggal történő helyettesítésére minél szélesebb körben (van Acker 2021). A lombos erdők Európa egyik legnagyobb figyelmen kívül hagyott megújuló erőforrásai. Ma főként energiatermelésre használják őket, sokszor alacsony hatékonysággal.

Elengedhetetlen az erdészeti vonal összekapcsolása a feldolgozóiparral és a végső fogyasztókkal, mindig az aktuális igényeknek megfelelően. A lombos fafajok komoly lehetőséget jelentenek egy feltörekvő, körforgásos erdő- és fagazdálkodás hosszútávú fejlődési stratégiájának megalapozásához, és segítenek választ adni fontos, globális társadalmi és környezeti kihívásokra (von Lengefeld and Kies 2018). A faipar számára számos innovatív elképzelés létezik a fenti kihívásokra lehetséges válaszként:

- fenyő helyettesítése bükkal, nyírral, gyorsan növő nemesnyárral, fűzfával (van Acker 2021);
- lombos faanyagból CLT-t előállítani, pl. bükkből, nyárfából, nyírfából (Wang et al. 2018; Brunetti et al. 2020; Dubois et al. 2020);
- kőrisből, nyírfából, tölgyből, bükkből, nyárból rétegelt ragasztott tartót készíteni (Luedtke et al. 2015);
- LVL bükkből, nyárfából (Knorz and van de Kuilen 2012; Wei et al. 2019);
- kombinált rétegelt ragasztott tartó gyártása – külső réteg lombosfából, belső réteg fenyőből (Balász et al. 2020);
- módosított faanyag használata rétegelt ragasztott tartók, rétegelt lemez, OSB (irányított szálforgács lap), LSL, LVL gyártásához a tartósság és a méretstabilitás növelése érdekében (Mirzaei et al. 2017; Barnes et al. 2018);
- ragasztómentes technológiák használata (van Acker 2021).

A mérnöki fatermékek hozzájárulnak a fával történő építés fő előnyeire: gyors (rövid építési idő), könnyű (nagyon jó szilárdság/merevség arány), zöld (fenntartható, bioenergia). A lombosfa fokozottabb felhasználása az építőiparban segíti az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését, és a faanyag életciklusának növelésével hozzájárul a körforgásos gazdaság megvalósításához (van Acker 2021).

Hazánkban a fent leírtak csak részben igazak, hiszen hazánkban a fenyők aránya most is csak 10% körüli, a fakitermelésben is körülbelül 15%-os arányt tesz ki (NFK 2022) és az állományok minősége miatt a szerkezeti faanyag termelés nem jelentős ma sem amellet, hogy a jelentősége tovább fog csökkenni. A fenyők mellett más klímára igényes és komoly jelentőségű fafajaink területe is várhatóan csökkenni fog, mint a bükké, vagy a kocsánytalan tölgyé. Részben természetvédelmi, részben termőhelyi okok miatt csökken a nemesnyárasok területe is. Ezzel szemben jelentősen növekszik néhány iparban kevéssé hasznosított fafaj (pl. csertölgy vagy hazai nyárok) területe (Gálos & Führer 2018). A fent vázolt jelenség közép és hosszútávon már megoldandó feladat lesz a hazai faipar számára. Emellett vannak olyan fafajcsoportjaink, melyek hozamlehetőségei a közeljövőben bővülni fognak, faanyaguk műszaki tulajdonságai kedvezőek, de a hozamok kihasználtsága vagy iparifa kihozataluk jelenleg alacsony.

Ez utóbbi csoportba sorolható többek között a gyertyán is, mely a legalacsonyabb rönk kihozattal (1%) és a cser után a második legalacsonyabb iparifa kihozattal (12%) rendelkezik (OSAP 2021a). Műszaki tulajdonságai kedvezőek, és bár hosszú távon hazánkban visszaszorulása várható, középtávon még a jelenlegi kitermeléshez képest növekvő hozamaival számolhatunk. Európa más részein a klímaváltozás hatására elterjedési területe és jelentősége várhatóan növekedni fog.

Jelen munka célja, hogy áttekintést nyújtson erről az őshonos, számos kedvező tulajdonsággal is rendelkező, nem elhanyagolható fakitermelési lehetőséget nyújtó, de iparban kevésbé hasznosított fafajról, bemutassa állományainak jelenlegi helyzetét, középtávon várható hozamait, és megfogalmazzon potenciális felhasználási lehetőségeket. A kutatás végén a megállapításokat egy Gyengeségek-Erősségek-Lehetőségek-Veszélyek (GYELV) elemzéssel összegezzük.



A KÖZÖNSÉGES GYERTYÁN HELYZETE A MAGYAR ERDŐKBEN, AZ ORSZÁGOS ERDŐÁLLOMÁNY ADATTÁR ALAPJÁN

A gyertyán az erdőgazdálkodás kettős megítélés alá eső fajtája. Ha van a közelben magászóró fa az erdősítésekben általában spontán megjelenik, telepíteni ritkán szokták fontos ökológiai szerepe ellenére. Gazdasági szempontból soha nem volt jelentős szerepe, felújításokban sokszor szükséges korlátozni növekedését a főfafaj érdekében (Solymos 1993, Szalacsi et al. 2015). Hibás erdőművelés miatt helyenként kialakultak elegyetlen állományai, melyek növekedése és értéke elmarad a gyertyános-tölgyes és bükkös állományokétól, így ezek visszaalakítása kívánatos (Béky 1970). Őshonos fajtáink között egyik legjobb árnyéktűrő-képességgel rendelkezik, a talajt jól árnyalja és a talajerőt magas tápanyag tartalmú lombjával növeli (Sikkema et al 2016). Ideális esetben az alsó szintben foglal helyet, fő szerepe a főfafaj törzsének árnyalása segítve ezzel az értékesebb választékok termelését, komoly többletértéket teremtve, de a termőhelyi potenciál jobb kihasználását is segíti (Béky 1970, Solymos 1993).

Tápanyagban szegényebb, vagy erősen savanyú talajokon növekedése gyenge (Béky 1970), de fizikai féleségben és genetikai talajtípusban kevésbé válogat. A forró száraz időszakokat és a csapadékhiányt rosszul viseli, a kemény téli fagyokat és kései fagyokat jól tolerálja (Sikkema et al 2016).

A gyertyán kimondottan klímaigényes faj, a gyertyános tölgyes erdészeti klíma jelölőfaja. Korábban azt a területet tekintették potenciális elterjedési területének, ahol a levegő páratartalma júliusban 14 órákor meghaladja az 53%-ot, Führer et al. (2011) szerint a gyertyános-tölgyes klíma azokat a területeket fedi le, ahol az erdészeti ariditási index (FAI) értéke 4,75 és 6 között változik. Ezek alapján a gyertyán hazánkban jellemzően a középhegységek és dombvidékek fajtája, de kedvező csapadékviszonyok mellett megtalálható síkvidéki erdőkben is. A számára megfelelő klimatikus adottságokkal bíró terület hazánkban még kedvező klímaszcenáriók esetén is csökkenni fog. Az 1960–1990 közötti és 1980–2010 közötti meteorológiai adatok alapján 28,9%-ról 21,0%-ra csökkent ez a terület (Führer 2018). Gálos & Führer (2018) munkája alapján 2020–2050 időszakban várhatóan 16%-ra, 2040–2070 között 4%-ra csökkenhet a területi aránya.

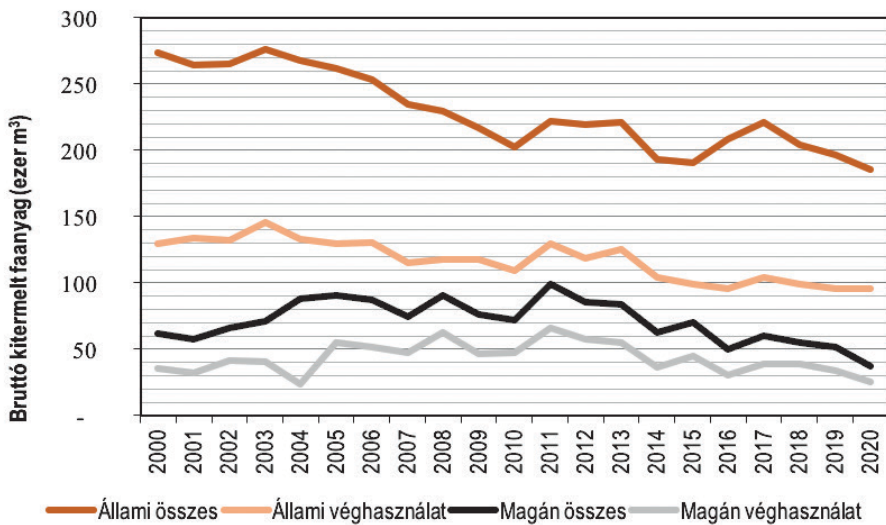
A síkvidékről teljesen eltűnhet, hosszú távon a középhegységeink magasabb régióiban, északi oldalakon és az ország nyugati peremén maradhat fenn. Élőfakészlete és hozamai hosszú távon csökkenni fognak.

Hazánkon kívül megtalálható egész Európában a mediterrán területeken kívül, és a Közel-Keleten is. Legnagyobb állományai Iránban, Franciaországban, és Romániában találhatók. Nagyobb állományai vannak még Szlovákiában, Ukrajnában, Németországban, Lengyelországban, Horvátországban, Bulgáriában, Szerbiában, Szlovéniában és Ausztriában (FAO 2020). Jelenlegi elterjedési területe várhatóan északabbra, illetve magasabbra fog tolni, ahol azt a termőhelyi viszonyok lehetővé teszik, és a gazdálkodók hagyják (Varol et al 2022).

A továbbiakban bemutatott adatok és elemzések alapadatai az Országos Erdőállomány Adattárból (továbbiakban Adattár) illetve az erdészeti hatóság által, az Országos Statisztikai Adatfelvételi program (OSAP) keretében készített Mérlegbeszámolókból (2001–2021) származnak, amelyek bizonyos szintű bizonytalansággal terheltek, a bemutatott információk értékelésekor ezt figyelembe kell venni.

A gyertyán által elfoglalt terület hazánkban nem mutatott jelentősebb változást az elmúlt 20 év során, területe a hazai erdőkben az Adattár alapján 96,5 ezer hektár körül alakult. A fakitermelés a vizsgált időszakban csökkenő trendet mutatott (1. ábra), amellyel párhuzamosan a gyertyánállomá-

nyok élőfakészlete a 2000-es években enyhén csökkent, majd növekedést mutatott. A folyónövedék enyhén csökkent, míg az átlagos éves erdőtervi fahasználati lehetőség enyhe növekedést mutatott (1. táblázat).



1. ábra: A kitermelt gyertyán bruttó fatérfogatának (br m³) megoszlása az állami és magánszektor között (adatok forrása: Mérlegbeszámolók 2000–2020)

Figure 1: The change of the harvested volume of hornbeam (cubic meter) in the public and private sector (source of data: Reports on harvesting and afforestation 2000–2020)

1. táblázat: A gyertyán fafajsorterületének, élőfakészletének és folyónövedékének változása (adatok forrása: Adattár)

Table 1: The change of the area, growing stock, and annual increment of hornbeam stands in Hungary (source of data: National Forest Database)

Év	Terület (ha)	Élőfakészlet (m ³)	Folyónövedék (m ³ /év)	Átlagos üzemtéri fahasználati lehetőség (br m ³ /év)
2000	97 464	17 879 540	356 475	719 116
2011	95 608	17 273 122	334 288	703 352
2021	96 730	18 080 343	339 356	831 570

20 év alatt a felújítások nyomán a mag eredetű állományok aránya 51%-ról 62%-ra nőtt, ami pozitívan hathat a törzsmínőségre is a jövőben. Az elegyedés módját tekintve az állományok legnagyobb része szórt elegyként fordul elő (54%), a második leggyakoribb forma a főfafajként való előfordulás, melynek aránya az utóbbi 20 évben 5%-kal nőtt, ami egyébként nem lenne szakmai cél. Az állományok körülbelül kétharmada található állami tulajdonú erdőkben, míg egyharmada magánerdőkben.

A gyertyán 76–77%-ban olyan területeken fordul elő, amelyek az Adattár szerint gyertyános tölgyes klímában vannak, 18–19%-ban bükkös klímában, míg a többi klímaosztályban elvétve jelenik meg. Ugyanakkor a klímameghatározás az Adattárban naprakész, feltételezhető, hogy már több mint 5%-a található gyertyános tölgyesénél kedvezőtlenebb klímában.



A kitermelt faanyag mennyiségének megoszlása a magán és állami szektor között nagyjából megegyezik a két szektorban elfoglalt területének arányával, de az egyes években jelentős eltérés lehet. Az utóbbi 20 évben 25–30%-kal csökkent az évente kitermelt gyertyán faanyag mennyisége, 330–350 ezerről 250 ezer bruttó köbméterre. A csökkenést főként az állami erdőkben történő gyertyánkitermelés csökkenése okozta (1. ábra). A faanyag körülbelül 53%-a véghasználat során került kitermelésre, a magánszektorban ez az érték 61%. Ez alacsonyabb, mint az összes kitermelt faanyag esetében tapasztalható 68%-os véghasználati arány, hiszen a gyertyán elegyfajként gyakran az előhasználatok során kerül kitermelésre.

A kitermelt faanyag megoszlására az egyes választékok között az Agrárminisztérium honlapján közzétett táblázatokból lehet következtetni (OSAP 2021a). A kimutatások alapján a gyertyánként nyilvántartott választékok 87%-a volt tűzifa 2017 óta. A választékok becsült nettó térfogata az egyes években a kitermelt bruttóhoz képest gyertyán esetében jellemzően legalább 30%-kal kevesebb. Ezt a különbséget nem indokolja az apadék mértéke. Mivel az adatgyűjtés önkéntes bevallásra épül, feltételezhető, hogy több megkérdezett gazdálkodó többek között a gyertyán tűzifa egy részét egyéb keménylombos tűzifaként tartja nyilván.

Erre utal, hogy az egyéb keménylombos esetében több a kimutatott tűzifa, mint a bruttó kitermelt fatérfogat adott évben. Ez a gyertyának a kimutatottnál valamivel magasabb tűzifa arányára enged következtetni. Fűrészipari alapanyag körülbelül évi 2000 köbméter keletkezik gyertyánból, ami a kimutatott választékok térfogatának 1;1,5 %-a. Az összes ipari fa kihozatal is mindössze 10% volt 2017–2020 között, ami a fent említett okok miatt ennél a valóságban még kevesebb lehet. Ezzel a gyertyán iparifa és fűrészáru kihozatal tekintetében az egyik leggyengébb statisztikával bíró fafajunk az utóbbi évek során. Ezek az értékek korábbi adatfelvételek során magasabbak voltak, de ez lehetett a mintavétel módjának változtatása miatt is (OSAP 2021b). Ez a faanyag műszaki tulajdonságait tekintve alulhasznosításra enged következtetni, de a gyertyának jellemzően rossz a törzsalakja, tehát tölgyekhez hasonló arányú fűrészáru kihozatal elképzelhetetlen. Arról nem áll rendelkezésre adat, hogy mi lenne a kitermelt gyertyán potenciális, maximális életciklust és hozzáadott értéket adó választék összetétele, de a mainál feltehetően több iparifa nyerhető belőle. Béky (1970) 50% körüli iparifa arányról írt, és ennek növekedését prognosztizálta, bár ennek jelentős része, mint papírfa került felhasználásra. Kéregapadéka relatíve alacsony a többi fafajhoz képest, de összes apadék tekintetében is a nagyobb átmérő csoportokban már átlag alatti a teljes apadék a gyertyán esetében. 2000-ben még a kitermelt faanyag majd 40%-a iparifa volt, amiből 8% körüli volt a fűrészrönk kihozatala, további 6% a fagyártmányfa. 2011-ben az erdőgazdaságok által kitermelt gyertyán faanyagnak már csak 20%-a volt iparifa (Horváth 2019).

A gyertyán állományok 83%-a vágásos üzemmódban van, de 25%-ot érint részleges, 3,5%-ot teljes korlátozás. 5% fokozottan védett, 30% védett, a nem védett területek 42%, a Natura 2000 hálózat része, ami a faanyag mobilizálást nehezítheti, különösen, hogy fülldékeny fafajról van szó, így a termelés időpontja is fontos. Az állományok 10%-a van faanyagtermelést nem szolgáló vagy örökzöld üzemmódban.

Állományainak kevesebb, mint fele elsődlegesen fatermesztési rendeltetésű. Nagyjából ugyanennyi az elsődlegesen természetvédelmi vagy Natura 2000 rendeltetésű állományok aránya az adattári adatok alapján. A 10 évnél fiatalabb korcsoportot leszámítva a gyertyán területe többé-kevésbé egyenletesen oszlik meg a korcsoportok között (2. táblázat). A hektáronkénti fatérfogata 60–70 éves korig mutat jelentősebb növekedést az Adattári adatok alapján.

2. táblázat: A gyertyán területe, élőfakészlete és hektáronkénti fatérfogata korcsoportonként
 (adatok forrása: Adattár)

Table 2: The distribution of the area, growing stock and average growing stock volume per hectare of hornbeam stand based on age groups (source of data: National Forest Database)

Fafajkor (év)	Terület (ha)	Élőfakészlet (m ³)	Hektáronkénti fatérfogat (m ³ /ha)
0–10	2 015	46 983	23
10–20	8 070	341 566	42
20–30	7 823	807 360	103
30–40	11 148	1 664 735	149
40–50	10 451	1 853 305	177
50–60	7 766	1 518 312	196
60–70	8 330	1 873 840	225
70–80	13 457	3 027 794	225
80–90	11 521	2 746 842	238
90–100	7 815	1 880 648	241
100 év felett	8 682	2 064 061	238

Vágáskor tekintetében a legjellemzőbb a 80–100 év, ide tartozik a gyertyán területének 38%-a. Az állományok 77%-ának 70 és 120 év közötti a vágáskora, 9%-hoz nem tartozik vágáskor. A gyertyán általában elegyfaj, a vágáskorát a főfafaj vágáskorához (általában tölgy) igazítják, jellemzően a főfafajénál alacsonyabb.

Az Adattári adatok alapján jelenleg 13 800 hektáron 2,9 millió bruttó köbméter gyertyán faanyagot lehetne kitermelni, mint vágásérett állományrészeket. Ezt az utóbbi évtizedekben nem használták ki. A következő 10 évben várhatóan évi körülbelül 1000 hektáron, utána valamivel nagyobb területen lehetne gyertyán faállományokat kitermelni a vágásérettségi korok alapján.

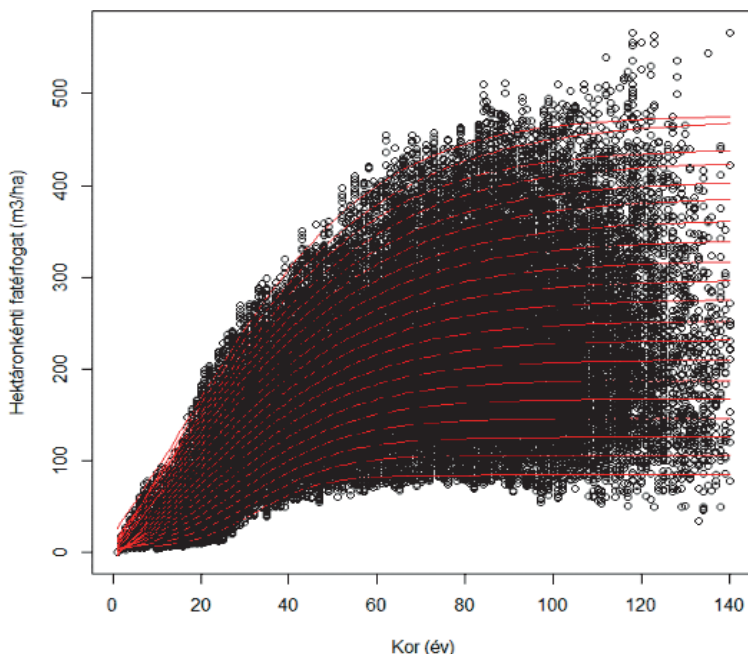
Az adattári adatok lehetőséget adnak a jövőbeli hozamok becslésére is. Amennyiben a korábbihoz hasonló növekedést feltételezünk a következő 30 évre, az addig vágásérett állományokból kitermelhető véghasználati fatömeget két módszerrel is becsülhetjük.

Egyik módszer a folyónövedék és redukált növekedési idő szorzatának alkalmazása. A Király László féle nomogrammban található egyes fafajokhoz, korcsoportokhoz és vágásérettségi csoportokhoz tartozó redukált növekedési időszak az a szám, amivel a pillanatnyi folyónövedéket megszorozva becsülhetjük a vágáskori élőfakészletet. Ez 30 éves prognózisra ad lehetőséget, feltételezve, hogy az állomány növekedési viszonyai nem változnak.

A másik hozambecslés úgy készült, hogy az alsó és felső 2% (kiugró értékek) eltávolítása után a fél hektárnál nagyobb területű és legalább 30% elegyarányú gyertyán fafajcsoportok kor és hektáronkénti fatérfogat értékei alapján az állományokat 20 növekedési csoportra osztottuk fel. Mindegyik csoporthoz R szoftverben (verzió 4.2.0.) regresszió (nls) függvény segítségével elkészítettünk egy szigmoid jellegű kor-fatérfogat görbét, amelyek segítségével egy 140 évig futó 20 soros kor-fatérfogat táblát alakítottunk ki (2. ábra). Ennek segítségével a jelenlegi állományok besorolásra kerültek a 20 fatermési csoport valamelyikébe és így a vágásérettségi mutató segítségével a táblából becsültük az állományok vágáskori élőfakészletét. Értelmszerűen a hosszabb időtávra való becslés esetén a bizonytalanság nő.

A két módszer eredményeinek összehasonlítása során az volt a tapasztalat, hogy a szigmoid görbékkel való becslés jellemzően 1–10%-kal kisebb véghasználati előfakészletet becsült, mint a redukált növekedési időszak alkalmazása. Emellett a kiugróan magas folyónövedéssel rendelkező fafajsortok esetében konzolidáltabb eredményeket szolgáltatott. A használt módszerek eredményei tájékoztató jellegűek. Részben, mert pontosabb eredményhez célszerű lehetne külön kezelni a felső és az alsó szintben található gyertyán állományokat, azok potenciálisan eltérő növekedése miatt (Kollár 2022).

Azt is nehéz megítélni, hogy az előhasználatok hogyan alakulnak a jövőben, a fiatalabb erdőkben hogyan alakítják a gyertyán elegyarányát, illetve hogy az Adattári vágáskorban valóban kitermelik-e az állományokat.



2. ábra: A kor-élőfakészlet ponthalmaz és a 20 növekedési csoportot leíró görbék

Figure 2: Age and growing stock volume, and the sigmoid curves of 20 groups based on growth rate

A prognosztizált értékek a 3. táblázatban kerülnek bemutatásra. A már fent bemutatott hozami területekből is látni lehet, hogy a hozami lehetőségek nagyjából kiegyenlítetten jelentkeznek majd. Ezt jelzi előre a növedékesített kitermelhető fakészlet becslés is. Középtávon a kitermelhető éves gyertyán mennyiség véghasználatból bruttó 300 ezer m^3 körül fog alakulni. Ha elfogadjuk, hogy az előhasználatok aránya körülbelül állandó marad, akkor ehhez még körülbelül 250 ezer m^3 előhasználati, főként növedékfokozó gyéritesből kikerülő, illetve törzskiválasztó gyéritesből kikerülő faanyag adódhat, melyben szintén lehet iparifának alkalmas törzs. A nem vágásos, de faanyagtermelést szolgáló kb. 9000 hektár állomány kitermelhető éves fatérfogata nem lehet több 10–20 ezer köbméternél még magas elegyarány esetén sem, így ennek a jelentősége a becslés szempontjából nem nagy, 2020-ban mindössze 10 ezer köbméter gyertyán került ki ilyen fahasználatok során (NFK 2021).

3. táblázat: A gyertyánosok várható hozamai a következő 30 évben.

Table 3: The estimated potential volume of hornbeam from final harvests for the next 30 years

Vágásérettségi csoport	Módszer	
	Redukált növekedési idő	Növekedési csoportos becslés
2021-ben túltartott	1 293 016	1 293 016
2023-ig vágásérett	353 385	344 390
2033-ig vágásérett	2 817 430	2 696 014
2043-ig vágásérett	3 721 673	3 483 956
2053-ig vágásérett	2 964 135	2 734 234
Összesen	11 149 639	10 551 610

Az, hogy a jövőben a gyertyán tartós termékekben való felhasználása bővíthet-e, jelentős mértékben függ a kitermelés előtt álló állományok törzsmínőségétől. A gyertyán törzsalakja igen változatos lehet. Törzse gyakran bordás, terpeszes, görbe, csavaros, de vannak egyenes, hengeres populációk is (3. ábra, 4 ábra). Hogy ebben mekkora az erdőművelési beavatkozások, a termőhely, a fajösszetétel vagy genetikai adottságok hatása az nem tisztázott, de akárhogy is van, a közép-távon vágásérett állományok törzsmínőségét már jelentősen befolyásolni nem lehet, hosszabb távra pedig a klímaváltozás miatt nehéz tervezni e fajjal hazánkban.



3. ábra: Bordás növéssű (bal) és hengeres gyertyán (jobb) korongok

Figure 3: Disks made from fluted (left) and cylindrical (right) hornbeam logs

A jelenlegi adottságok mellett termelői oldalról közelítve a kérdést az a fontos, hogy mi kellene ahhoz, hogy az erdőgazdálkodónak megérje az egyébként egyszerre általában nem túl nagy volumenben jelentkező, fűrészárúnak felhasználható gyertyánnal külön foglalkozni. Mivel a gyertyán kiváló tűzifa, így ez elsősorban a tűzifa árától is függ. Emellett az is fontos szempont, hogy mennyibe kerülnek a piacon azok a termékek, amelyeket a gyertyánból készült termékek helyettesíthetnek, és hogy ezzel a két értékkel behatárolható árrés ad e lehetőséget az ipar számára a gazdaságos feldolgozásra. Amennyiben a vevőnek nem éri meg jelentősen magasabb árat fizetni a gyertyán fűrészipari választékért, mint a tűzifa ára, akkor a gazdálkodó nem lesz érdekelt az iparifa választékolásban.

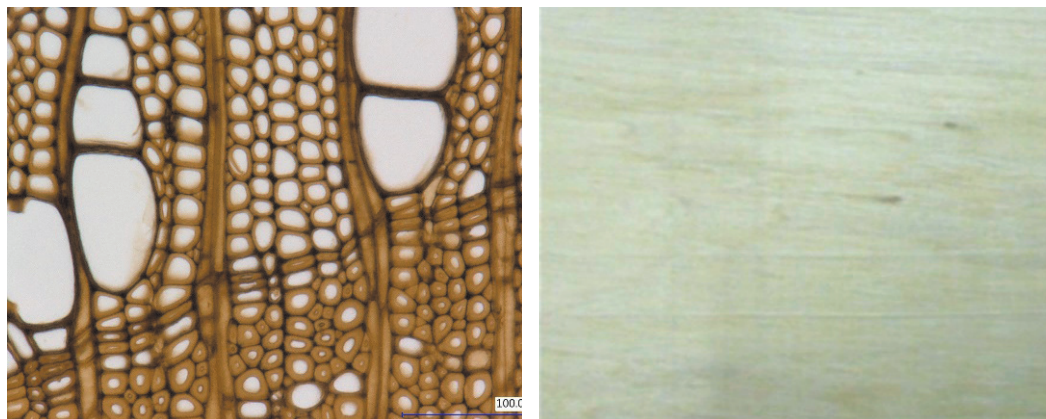


4 ábra: Gyertyán fűrészrönkök a Mátrában (fent) és a Pilisben (lent)
Figure 4: Hornbeam sawlogs in Mátra (up) and Pilis Mountains (bottom)

A KÖZÖNSÉGES GYERTYÁN FAANYAGÁRÓL

A közönséges gyertyán faanyagán az évgűrűhatárok könnyen elkülöníthetőek és rendkívül hullámosak. A hullámosság a bordás növésnek köszönhető (Wagenführ 2007). A gesztje fehér vagy szürke, szíjácsának színe megegyezik a geszt színével, úgynevezett szíjácsfa (5. ábra). Ha színét CIELAB színkoordináta rendszerben határozzuk meg, átlagosan a következő színkoordináták jellemzik: $L^*=82.20$ (világosság), $a^*=3.99$ (vörös színezet), and $b^*=18.20$ (sárga színezet) (Tolvaj et al. 2013). Levegőn a faanyag színe koszos sárga árnyalatú lesz, míg a bél be barnul a nagyobb korú példányokban (Molnár & Bariska 2002, Richter & Dallwitz 2019).

A közönséges gyertyán mikroszkópos metszetét az 5. ábra mutatja. Keskeny, 1–2 sejtsor széles bélsugarai vannak, amik nem láthatók szabad szemmel. Vannak 3–4 sejtsor széles, halmazott bélsugarai is, amik a sugármetszeten sötétszürke csikokként, húrmetszeten pedig sötétszürke bélsugár tükrökként jelennek meg. Belfoltok is gyakran előfordulnak, melyek a húrmetszeten jelennek meg feltűnő, sötét foltokként (Molnár & Bariska 2002, Richter & Dallwitz 2019).



5. ábra: Közönséges gyertyán mikroszkópos keresztmetszete (bal) és színe, sugárirányú metszete (jobb)
 Figure 5: Microscopical cross section (left) and surface color, radial section (right) of common hornbeam wood

Edényei aprók (átlagosan 52–68–88 μm átmérőjűek), szórt elrendezésűek, és alig láthatók. Radiális sorokat alkotnak, és átmérőjük folyamatosan csökken a korai pászttától a késői pászttáig (5. ábra). Átlagosan 20–50 edény található négyzetmilliméterenként, mennyiségük 10%. Szerkezete erősen tömött, sima, egyenletes textúrájú. A tracheákat teljes edényáttörés jellemzi. Az udvaros gödörkék váltakoznak, átlagos átmérőjük 9–11 μm . Spirális sejtfalvastagodás figyelhető meg, de csak a keskeny edények esetében (a késői pászttában). Vékonyfalú tilliszek előfordulhatnak (Molnár & Bariska 2002; Wagenführ 2007; Richter & Dallwitz 2019).

Farostjai (libriform rostjai) közepes falvastagságúak, átlagos hosszuk 880–1800 μm . A fatestben nagy mennyiségben fordulnak elő (66%), ennek köszönheti a gyertyán kiváló keménységét és szilárdságát. Hosszparenchimái elszórtan (apotracheálisan) helyezkednek el, mennyiségük csak 2%. Az axiális parenchimák szálakként jelennek meg, melyek átlagosan 4–8 sejtet tartalmaznak. Húrirányú metszeten átlagosan 14–18 bélsugarat tartalmaz milliméterenként. Ezek keskeny, 1–2 sejt sor szélesek vagy 3–4 sejt sor széles, halmozott bélsugarak (5. ábra). A nagyobb bélsugarak nagysága 500 μm , vagy halmozottaknál akár 1000 μm is lehet. A bélsugarak mintegy 22%-át teszik ki a keresztmetszetnek (Molnár & Bariska 2002; Wagenführ 2007; Richter & Dallwitz 2019).

A gyertyán faanyag cellulóztartalma 43%, hemicellulóztartalma 32,0–34,5%, illetve lignintartalma 19,3–22,5%. A gyertyán gesztje, vizes kivonata és etanolos kivonata nem fluoreszkáló. Vizes kivonatanak színe sárga, etanolos kivonatanak színe színtelentől barnáig terjed. A gyertyán forgácsa teljes hamuvá ég, amely színe fehértől szürkésig terjed, körülbelül 0,5%-ot tesz ki. A gyertyán kis mennyiségben (2,4%) tartalmaz járulékos (extrakt) anyagokat, mint például gyanták, lipidek, viaszok stb. Kémhatása, pH-értéke átlagosan 5,2 (Molnár & Bariska 2002; Wagenführ 2007; Richter & Dallwitz 2019). Hasonló eredményeket kaptak Pettersen (1984), Fengel & Wegener (2003), és Sierant & Szadkowska (2022).

Magyarországon a legnagyobb sűrűségű az ipari fafajok között. A húrirányú és sugárirányú zsugorodás aránya 1,69, ami mérsékelt vetemedésre való hajlamot jelez. Nedvességfelvétele közepesen gyors. Dimenzióstabilitása közepes. Rosttelítettségi határa nagyon magas. Fizikai-mechanikai tulajdonságai alapján a gyertyán nagyon sűrű, kemény, és kopásálló faanyag (4. táblázat) (Molnár & Bariska 2002; Wagenführ 2007; Richter & Dallwitz 2019).



4. táblázat: Közönséges gyertyán faanyag fizikai és mechanikai tulajdonságai légszáraz állapotban (Molnár & Bariska 2002)

Table 4: Physical and mechanical (air-dry) properties of hornbeam wood (Molnár & Bariska 2002)

Sűrűség	– abszolút száraz (0%-os nedvességtartalom): 500–790–820 kg/m ³ – légszáraz (12%-os nedvességtartalom): 540–830–860 kg/m ³ – élőnedves: 660–970–1.200 kg/m ³
Pórustérfogat	48%
Zsugorodás	– hűrirányú: 11,5% – sugárirányú: 5,2–6,8% – rostirányú: 0,5% – térfogati: 18,8%
Rosttelítettségi határ	32–35%
Fűtőérték	14.467 kJ/kg; 12.008 MJ/m ³ (15%-os nedvességtartalomnál)
Nyomószilárdság	54–82–99 MPa (rosttal párhuzamos)
Húzószilárdság	47–135–200 MPa (rosttal párhuzamos)
Nyírószilárdság	8,5–16,0 MPa
Hajlítószilárdság	58–160–200 MPa
Ütő-hajlító szilárdság	8,0–12,0 J/cm ²
Hasítószilárdság	– sugárirányban: 0,62 MPa – hűrirányban: 1,50 MPa
Brinell keménység	– bütükeménység: 71 MPa – oldalkeménység: 29–32–36 MPa
Hajlító rugalmassági modulusz	7.000–16.200–17.700 MPa

A gyertyántörzseken gyakran előfordulnak rákos sebek (*Neonectria ditissima* élősködő tömlős gomba). Fájának megfelelő tárolása és időben való feldolgozása javasolt, mivel a frissen kivágott fák a tavaszi és kora nyári időszakban füledésre hajlamosak. A gyertyán az 5-ös tartóssági osztályba tartozik (nem tartós) az EN 350: 2016 alapján. Kültérben talajban 2–3 évig, talajjal érintkezés nélkül 35 évig, víz alatt kb. 500 évig, beltérben, száraz helyiségben pedig kb. 800 évig kitart. Napfény hatására beszűrkül. Nagyon ellenálló a savakkal és lúgokkal szemben. A beépített fát számos gomba (*Serpula*, *Coniophora*, *Trametes*) és rovarfajok (*Anobium*, *Cerambyx*, *Callidium*, *Plagionotus*, *Anisandrus*, *Xyloterus*, stb.) megtámadhatják (Molnár & Bariska 2002; Wagenführ 2007; Richter & Dallwitz 2019).

Könnyen ragasztható. Bár meglehetősen kemény, a fűrészelés, gyalulás, marás és esztergálás nem jelent problémát. Könnyen csiszolható, habár szálkiszakadás és szálfelhúzóadás előfordulhat az egyenetlen növeése, rostiránya miatt. A szögek és csavarok rögzítése előtt előfűrés szükséges. Általában jól és könnyen szárad, azonban hajlamos arra, hogy vetemedjen, deformálódjon és hasadjon. Enyehe szárítási menetrendet igényel, pl. az E menetrendet Boone et al (1988) nyomán. A természetes szárítás 5–6 hónapig, konvekciós szárítás mérettől és cél nedvességtartalomtól függően 3–6 hetet vesz igénybe. A felületkezelés problémamentes, általában átlátszó lakkokkal vagy viaszokkal végzik, mivel csak beltérben alkalmazzák. Fája jól áteresztí a vizet. Vassal való érintkezéskor nem korrodálódik. Hidrotermikus kezelés után hajlítható. Finom fűrészpora bőrirritációt okozhat (Molnár & Bariska 2002; Wagenführ 2007; Richter & Dallwitz 2019).

Mint korábban írtuk, a kitermelt faanyag nagy része tűzifaként hasznosul az országban, melyből exportra is termelnek. Fatérfogatra vetítve magas fűtőértékkel bír. Mivel kémiaiilag inaktív, és hosszú rostjai vannak, értékes papírfá és rostfa. A rönkök kedvezőtlen alakja, fahibái miatt a kihozatal nem haladja meg a 61%-ot. A fűrészárut szakszerűen hézaglécezni kell és a máglyákat letakarni a minőség megtartása érdekében. Furfurol gyártásban is használják. Pácolással más kívánt fafajok színét is el lehet érni (Molnár & Bariska 2002).

A gyertyán faanyaga alkalmas beltéri használatra, viszont nem használható szerkezeti célokra a kis keresztmetszet és alacsony tartósság miatt. Különösen alkalmas nagy kopásállóságot igénylő parketta, padlóburkolat, lépcső, illetve zongorabilentyűk és dobverő gyártásához. Egyéb felhasználási területei közé tartoznak a képkeretek, dekoratív, faragott elemek és dísz tárgyak, asztallapok, sakkfigurák és egyéb fajtékók, tányérok, tálak, hentes vágódeszkák, kaptafák, gombok, valamint kisebb műszaki alkatrészek, például csigák, kalapácsok, tokmányok, orsók, kefe- és szerszámnyelvek, öntőformák, gyaluk, csipeszek, munkapad alkatrészek, gépalkatrészek stb (Wagenführ 2007; Molnár & Bariska 2002).

Manapság nehéz forgalmazót találni Magyarországon fűrészipari minőségű gyertyán pallók beszerzéséhez. Kutatási célokra érdemes inkább erdészetekkel és fűrészüzemekkel felvenni a kapcsolatot.

GYERTYÁN FAANYAG KUTATÁSOK

A gyertyán bordás növése, és ezáltal szabálytalan évgyűrűi inhomogén szerkezetet, alacsony kihozatalt, és fizikai-mechanikai tulajdonságainak nagy szórását eredményezik. Kiaei (2012)⁴⁵ normal hornbeam trees from three different sites (Mazandaran, Guilan and Golestan) azt állapította meg, hogy a gyertyán sűrűségére és térfogati zsugorodására szignifikáns hatással van az erdőterület és a tengerszint fölötti magasság (Iránban). A magasság növekedésével a sűrűség és a térfogati zsugorodás is növekedett. Ugyanakkor a felületi érdesség alacsonyabb volt nagyobb magasságoknál (800–1200m), mint kisebb magasságnál (400m) (Kiaei and Paloj 2018). Ashrafi et al (2022) hasonló eredményekről számolt be három különböző, észak-iráni származású gyertyán faanyag esetében. Az Iránból származó gyertyánnak alacsonyabbak voltak a sűrűség és zsugorodás értékei, mint a Törökországból, illetve Magyarországról származónak.

Kiaei & Abadian (2018) megállapította, hogy nem volt szignifikáns különbség a felső (domináns faj) és alsó lombkoronaszintből (kísérő faj) származó gyertyán fizikai tulajdonságai között, ugyanakkor a hajlítószilárdsága és rugalmassági modulusza magasabb volt kísérőfajként (Iránban). Domináns fajként a rosttal párhuzamos, illetve a rosttal merőleges nyomószilárdsága, és a keménysége volt magasabb.

MÓDOSÍTOTT GYERTYÁN FAANYAG KUTATÁSOK

A közönséges gyertyán faanyag termikus módosítása számos kutatási beszámoló tárgyát képezte Törökországban (Gunduz et al. 2009, Gunduz & Aydemir 2009), Iránban (Ghalehno & Nazerian 2011), Ukrajnában (Pinchevska et al. 2019), és Horvátországban (Župčić et al. 2009; Sinković et al. 2011; Sedlar et al. 2019). A különböző kezelési hőmérsékletek (130–220 °C) és kezelési időtartamok (1–20 óra) alapján értékelték a fizikai és mechanikai tulajdonságok változását. Egyhangúan megál-



lapították, hogy a termikus modifikáció hatására csökkentek a fizikai és mechanikai tulajdonságok, a tömeg, és sötétedett a szín. A változás mértéke nagyobb volt a magasabb kezelési hőmérséklet és a hosszabb kezelési idő esetében. A tulajdonságok változását kémiai vizsgálatokkal is alátámasztották (Tumen et al. 2010).

Magyar kutatók is vizsgálták a termikus módosítás hatását gyertyánon. Megállapították, hogy az egyensúlyi fanedvesség 11,40%-ról 4,5–8,5%-ra csökkent, a zsugorodás mértéke 18,54%-ról 7,5–17,77%-ra csökkent, és a maximális zsugorodás 114%-ról 87%-ra csökkent. Ebből arra következtettek, hogy nagyobb dimenzióstabilitással rendelkezik a termikusan módosított gyertyán. A szín sötétebb lett, kiemelve a faanyag textúráját ($L^* < 60$, $a^* > 8$, $b^* > 25$). Ugyanakkor az ultraibolya sugárzásnak nem áll ellen, hat hónap kültéri kitétettség után ugyanúgy beszürkült, mint a kezeletlen gyertyán, ezért felületkezelni szükséges.

A faanyag keményebb, ugyanakkor ridegebb lett, hajlamosabb a hasadásra. Sűrűsége 7,66%-kal csökkent, és hajlítórugalmasági modulusza is alacsonyabb lett. Nyomószilárdsága és hajlítószilárdsága megnövekedett a termikus kezelés hatására. Krippel-Pallay keménysége 37–49%-kal magasabb lett, és a kopásállósági vizsgálatok is nagyobb értékeket mutattak a kezeletlenhez képest. Laboratóriumi gombaállósági vizsgálatok kimutatták, hogy 86%-kal kisebb tömegcsökkenés jellemezte a natúrhoz képest, illetve 0–1-es tartóssági osztályba sorolták talajjal való érintkezés esetén az EN 252 szerint. Ennek megfelelően a termikus módosítás szignifikánsan növelte az egyébként 5. tartóssági osztályú gyertyán gombákkal és rovarokkal szembeni ellenállóképességét. Ezek a jónak ígérkező eredmények azonban jelentősen függenek a kezelési hőmérséklettől (140–180 °C) és a kezelés időtartamától (2–6 óra) (Puskás 2006, Molnár et al. 2010, Bak et al. 2012, Aranyos 2014, Németh et al. 2014, Csizmadia 2015).

Mania et al. (2022) a gyertyán ammónia kezelésével és tömörítésével 40%-kal magasabb sűrűséget, 49–80%-kal nagyobb Brinell keménységet, és 71%-kal jobb nyomószilárdságot ért el. Ugyanakkor a dagadása 80%-ról 153%-ra növekedett vízben való áztatás esetében, ezért a dimenzióstabilitását nem növelte ez a kezelés.

Acetilezéssel, vagyis ecetsavanhidrides kezeléssel szintén kedvező tulajdonságokat értek el. Ipari eljárással módosított (Accoya®) gyertyának 13,6–16,5%-kal növekedett a tömege a reagensfelvétel miatt. Ennek köszönhetően a dimenzióstabilitása 81–88%-kal növekedett, egyensúlyi nedvességtartalma 70%-kal csökkent, sűrűsége 8%-kal növekedett. Mechanikai tulajdonságai is rendkívüli módon javultak, a nyomószilárdság 43%-kal, a hajlítószilárdság 20%-kal, ütéshajlítószilárdság 88%-kal, és a keménység 49–68%-kal. A kisebb nedvességfelvétel azt is eredményezte, hogy amikor nedves állapotban vizsgálták a próbatestek mechanikai tulajdonságait, azok kisebb mértékben romlottak, mint a kezeletlen esetében. Színe sötétebb lett ($L^* = 58.31$, $a^* = 5.38$, $b^* = 15.94$). Ugyanakkor nem áll ellen az ultraibolya sugárzásnak, a kezeletlen gyertyán 3 hónap, az acetilezett gyertyán 5 hónap után beszürkült. Sötét vastaglazúrokkal jó eredményeket értek el, legalább 2 évig ellenálltak az időjárásnak szemmel látható minőségváltozás nélkül. Laboratóriumi gombaállósági vizsgálatok kimutatták, hogy kevesebb, mint 1%-ot csökkent a tömege, tehát az 1-es tartóssági osztályba sorolható. Kültéri kitétetési vizsgálatok során legalább 6 évet ellenállt a talajban található mikroorganizmusoknak, fakárosítóknak. Ragasztási tulajdonságai nem romlottak az acetilezés következtében, jó ragasztási szilárdságokat mértek PVAc és PUR ragasztókkal (Fodor et al. 2017, 2018, 2022a, b).

Bari et al. (2019) is megnövekedett tartósságról és dimenzióstabilitásról számolt be ecetsavval és formalinnal acetilezett gyertyán esetében, laboratóriumi körülmények között.

GYELV ELEMZÉS

Agyertyán faanyag hasznosításával kapcsolatos megállapításokat egy Gyengeségek-Erősségek-Lehetőségek-Veszélyek (GYELV) elemzésben összegeztük, melyet a 5. táblázat tartalmaz.

Összefoglalva a famodifikációs technológiák utat nyithatnak bizonyos alulhasznosított fafajok újszerű környezetbarát felhasználásának, ezzel elősegítve a faanyag tartós beépítését. Ez kis mértékben növelheti az erdőgazdálkodás és ráépülő gazdaság szerepét a környezetvédelemben. Nehézséget jelent, hogy szemléletváltásra van szükség ahhoz, hogy az ilyen változások végbe mehessenek. A termelési lánc szereplőinek nagyobb logisztikai feladat az ilyen szétszórt erőforrások hatékony hasznosítása, amely önmagában árnövelő hatású lehet, de a felhasználóknak is el kell fogadni, hogy a jobb minőségű, tartósabb termékért magasabb árat kell fizetni. Ez a folyamat már több szektorban tetten érhető Európában.

5. táblázat: Közönséges gyertyán hasznosításának GYELV elemzése
Table 5: SWOT analysis of utilizing common hornbeam wood

Erősségek	Gyengeségek
<ul style="list-style-type: none"> – jó újulási, árnövekedési képesség – tölgyeknél gyorsabb fiatalkori növekedés – alacsonyabb árkategória más keménylombos fafajokhoz képest – nagy sűrűség, nyomó-, és hajlítószilárdság, keménység, kopásállóság – őshonos, lombos fafaj alkalmazása, kisebb ökológiai lábnyom – szén-dioxidot tárol sok éven át (nem tűzifa) 	<ul style="list-style-type: none"> – mivel sosem volt elsődleges cél a jó gyertyántörzsek nevelése ezért jellemzően nem áll rendelkezésre koncentráltan nagy mennyiségben ipari célokra megfelelő anyag – körütekintést igényel a tárolása, szárítása, hajlamos vetemedésre, nagyobb selejtarány fűrészelésnél – nem tartós, nem használható kültéren, vagy vizes helyeken – kedvezőtlen megítélés, többnyire tűzifaként tekintenek rá
Lehetőségek	Veszélyek
<ul style="list-style-type: none"> – Állományok elegységének és ellenállóképességének növelése – vásárlók preferenciája, import faanyagok, illetve nem környezetbarát anyagok helyettesítésére nagy kopásállóságot igénylő termékekben – növelni a gyertyán felhasználási területeit – jó ár-érték arányú termékek gyártása – modifikációval igen jó tulajdonságú anyag állítható elő – magasabb hozzáadott érték feldolgozás esetén 	<ul style="list-style-type: none"> – gyertyán faanyag kedvezőtlen elérhetősége és ára – kedvezőtlen hozzáállás fakitermelői, feldolgozó, döntéshozói, vásárlói oldalról – olcsóbb és/vagy jobb tulajdonságú, konkurens faanyagok a piacon – kedvezőtlen klímaszenáriók – gazdasági válság

ÖSSZEFOGLALÁS ÉS KITEKINTÉS

A közönséges gyertyán faanyaga természetes formájában nem tartós, ugyanakkor rendkívül sűrű, kemény és kopásálló. A nedvességgel, gombákkal és rovarokkal szembeni ellenállóképessége beszűkíti a felhasználási területeit, és jellemzően a törzsalakja is kedvezőtlen, ezért többnyire tűzifaként hasznosul. Felhasználási területeit beltérben új használati eszközökkel, burkolati elemekkel, és dekorációs elemekkel lehetne bővíteni, ahol a kisebb és/vagy hibás farészek nem hátrányt, hanem előnyt élveznek. Emellett különböző, környezetbarát famodifikációs eljárásokkal egy sokkal tartó-



sabb és ellenállóbb faanyag kapható, melynek színét a kezelési beállítások variálásával alakíthatjuk a felhasználó igényére. Ez az anyag a továbbiakban felhasználható teraszburkolatokhoz, kerti bútorokhoz, kerítéshez, vasúti talpfához, játszótéri elemekhez, de akár faalapú lemezek, termékek is gyárthatók belőle építészeti felhasználáshoz, kompozitokhoz. A faanyag hazánkban középtávon stabilan rendelkezésre áll, és lehetőséget nyújthat tartós fatermékek előállítására amennyiben meglenne rá a feldolgozó kapacitás és a fizetőképes kereslet a hatékony szállítási távolságon belül. Jelen publikáció további kutatást és akciót igényelne, melyek elősegíthetik a gyertyán életciklusának hosszabbítását, ezáltal támogathatjuk a fenntartható gazdaságot:

- erdőgazdaságok felkeresése, felmérés arról, hogy hogyan használják a gyertyánt és miért, mi a gyakorlat, mi lehet a potenciális választékszerkezet;
- kérdőív készítése erdész és faipari szakembereknek, kutatóknak, felhasználóknak a gyertyán termesztésével és felhasználásával kapcsolatban, problémák összegzése, kategorizálása, megoldási lehetőségek összegyűjtése;
- felmérés a gyertyán erdőfoglalásáról és kitermeléséről nemzetközi viszonylatban, nemzetközi hozzáállás, tapasztalatok vizsgálata, összevetés a magyarral;
- felhasználói igények felmérése, mik azok a tulajdonságok, amiknek részben vagy egészben megfelel a gyertyán;
- projektek indítványozása és megvalósítása, együttműködés gyárakkal és tervezőkkel, ahol gyertyánból gyártanak termékeket, szobrokat stb.;
- és terméktípusok definiálása magas (pl. burkolat) és alacsony minőségű (pl. design bútorok) választékokhoz.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

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

FELHASZNÁLT IRODALOM

- van Acker J. 2021: Opportunities and challenges for hardwood based engineered wood products. In: Németh R., Rademacher P., Hansmann C., Bak M. & Báder M. (eds.): Proceedings of the 9th Hardwood Conference Pt. II. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, 5–14.
- Aranyos B. 2014: Magasnyomású vizsugár fafelszint degradáló hatásának vizsgálata hőkezelt gyertyán faanyagokon. Szakdolgozat. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.
- Ashrafi M.N., Far M.G., Kiani A.M., Dehghan M., Gholizadeh H. & Jelodari A. 2022: Investigating the physical properties of *Carpinus* species in three different regions of Iran. *European Journal of Wood and Wood Products* 80(1): 259–261. <https://doi.org/10.1007/s00107-021-01759-2>
- Bak M., Németh R. & Horváth N. 2012: Wood modification at the University of West Hungary. In: Németh R. & Teischinger A. (eds.): The 5th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 135–143.
- Balász I., Pešek O. & Bukovská P. 2020: Hardwood – Softwood Combination in Glued Laminated Timber Cross-Section. *Transactions of VSB – Technical University of Ostrava Civil Engineering Series Section Building Structures & Structural Mechanics* 20(1): 5–12. <https://doi.org/10.35181/tces-2020-0002>

- Bari E., Jamali A., Nazarnezhad N., Nicholas D.D., Humar M. & Najafian M. 2019: An innovative method for the chemical modification of *Carpinus betulus* wood: a methodology and approach study. *Holzforschung*. 73(9): 839–846. <https://doi.org/10.1515/hf-2018-0242>
- Barnes H.M., Aro M.D. & Rowlen A. 2018: Decay of Thermally Modified Engineered Wood Products. *Forest Products Journal* 68(2):99–104. <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-17-00060>
- Béky A. 1970: A gyertyán helye erdőművelésünkben. *Az erdő* 19(2): 82–88
- Boone R.S., Kozlik C.J., Bois P.J. & Wengert E.M. 1988: Dry kiln schedules for commercial woods: temperate and tropical. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Report No.: FPL-GTR-57. <http://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/9635> (letöltés időpontja: 2023.01.23.)
- Brunetti M., Nocetti M., Pizzo B., Aminti G., Cremonini C., Negro F., Zanuttini R., Romagnoli M. & Scarascia Mugnozza G. 2020: Structural products made of beech wood: quality assessment of the raw material. *European Journal of Wood and Wood Products* 78(5):961–970. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01542-9>
- Csizmadia P. 2015: Hőkezelt és kezeletlen faanyagok kültéri kitettségi vizsgálatai. Szakdolgozat. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.
- Dubois H., Verkasalo E. & Claessens H. 2020: Potential of Birch (*Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh.) for Forestry and Forest-Based Industry Sector within the Changing Climatic and Socio-Economic Context of Western Europe. *Forests* 11(3):336. <https://doi.org/10.3390/f11030336>
- FAO. 2020: Food and Agriculture Organization of the United Nations – Country Reports 2020. <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/fra-2020/country-reports/en/>.
- Fodor F., Ábrahám J. & Németh R. 2018: Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). *Pro Ligno*. 14(4): 31–38.
- Fodor F., Bak M., Bidló A., Bolodár-Varga B. & Németh R. 2022a: Biological Durability of Acetylated Hornbeam Wood with Soil Contact in Hungary. *Forests* 13(7): 1003. <https://doi.org/10.3390/f13071003>
- Fodor F., Bak M. & Németh R. 2022b: Photostability of Oil-Coated and Stain-Coated Acetylated Hornbeam Wood against Natural Weather and Artificial Aging. *Coatings* 12(6): 817. <https://doi.org/10.3390/coatings12060817>
- Fodor F., Lankveld C. & Németh R. 2017: Testing common hornbeam (*Carpinus betulus* L.) acetylated with the Accoya method under industrial conditions. *iForest – Biogeosciences and Forestry* 10(6): 948. <https://doi.org/10.3832/ifor2359-010>
- Führer E. 2018: A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. *Erdészettudományi Közlemények* 8(1): 27–42. <https://doi.org/10.17164/EK.2018.002>
- Führer E., Horváth L., Jagodics A., Machon A. & Szabados I. 2011: Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás* 115(3): 205–116.
- Gálos B. & Führer E. 2018: A klíma erdészeti célú előrevetítése. *Erdészettudományi Közlemények* 8(1): 43–55. <https://doi.org/10.17164/EK.2018.003>
- Ghalehno M.D. & Nazerian M. 2011: Changes in the physical and mechanical properties of Iranian hornbeam wood (*Carpinus betulus*) with heat treatment. *European Journal of Scientific Research* 51(4): 490–498.
- Gunduz G. & Aydemir D. 2009: Some Physical Properties of Heat-Treated Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) Wood. *Drying Technology* 27(5): 714–720. <https://doi.org/10.1080/07373930902827700>
- Gunduz G., Korkut S., Aydemir D. & Bekar I. 2009: The density, compression strength and surface hardness of heat treated hornbeam (*Carpinus betulus* L.) wood. *Maderas Ciencia y tecnología* 11(1): 61–70. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2009000100005>
- Horváth A.L. 2019: Erdei választékok, faárak. Egyetemi előadás. Soproni Egyetem, Sopron. http://emki.nyme.plugin.hu/images/TK%20jegyz%20Okt%20seg%20Vizsk%C3%A9rd/Haszn%20l.%20Erdei%20v%C3%A1laszt%C3%A9kok%20fa%C3%A1rak%20SoE.pdf?fbclid=IwAR0Jz-bHx1q2Zty11J564cBNsLo_cndc9y10-MQdT4pAL9bHoAcNGGCILY (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)
- Kiaei M. 2012: Effect of site and elevation on wood density and shrinkage and their relationships in *Carpinus betulus*. *Forestry Studies in China* 14(3): 229–234. <https://doi.org/10.1007/s11632-012-0310-3>
- Kiaei M. & Abadian Z. 2018: Physical and Mechanical Properties of Hornbeam Wood from Dominant and Suppressed Trees. *Drvna industrija* 69(1): 63–69. <https://doi.org/10.5552/drind.2018.1705>
- Kiaei M. & Paloj R.M. 2018: Surface roughness in relation to altitude of hornbeam wood. *Madera y Bosques* 24(1): e241964. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.241964>



- Knorz M. & van de Kuilen J.W.G. 2012: Development of a high-capacity engineered wood product LVL made of European Beech (*Fagus sylvatica* L.). In: WCTE 2012: World Conference on Timber Engineering. Auckland, New Zealand.
- Kollár T. 2022: Új adatok a magyarországi gyertyánosok (*Carpinus betulus*) faterméséről. In: Czimmer K. (ed.): Erdészeti Tudományos Konferencia kivonatok kötete. Soproni Egyetem, Sopron, 20.
- von Lengefeld A.K. & Kies U. 2018: Teaming-up for the European Hardwoods Innovation Alliance (EHIA): Take your action! In: 8th Hardwood conference proceedings. Sopron: University of Sopron Press. p. 15–16.
- Luedtke J., Amen C., van Ofen A. & Lehninger C. 2015: 1C-PUR-bonded hardwoods for engineered wood products: influence of selected processing parameters. *European Journal of Wood and Wood Products*. 73(2):167–178. <https://doi.org/10.1007/s00107-014-0875-8>
- Mirzaei G., Mohebbi B. & Ebrahimi G. 2017: Glulam beam made from hydrothermally treated poplar wood with reduced moisture induced stresses. *Construction and Building Materials*. 135:386–393. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.178>
- Mérlegbeszámoló (2001–2021): Beszámoló az erdősítésekről és a fakitermelésekről, OSAP adatgyűjtés. Állami Erdészeti Szolgálat 2001–2006, MGSZH Központ Erdészeti Igazgatóság 2007–2011, NÉBIH Erdészeti Igazgatóság 2012–2018, NFK Erdészeti Osztály 2019–2021, Budapest.
- Molnár S., Ábrahám J., Csupor K., Horváth N., Komán S., Németh R. & Tolvaj L. 2010: Thermal modification of Hungarian hardwood material to improve the durability and the dimensional stability. *Kutatási jelentés*. OTKA 49314.
- Molnár S. & Bariska M. 2002: Magyarország ipari fái. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest.
- Németh R., Ábrahám J. & Báder M. 2014: Effect of high temperature treatment on selected properties of beech, hornbeam and turkey oak wood. In: Sandberg D. & Vasiri M. (eds.): *Book of Abstracts of Final Cost Action FP0904 Conference: "Recent Advances in the Field of TH and THM Wood Treatment"*. Luleå University of Technology, Skellefteå, 52–53.
- NFK. 2021: Erdeink egészségi állapota 2021-ben. Jelentés a 16x16 km-es EVH hálózat alapján. https://nfk.gov.hu/download.php?id_file=43393 (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)
- NFK. 2022: Fafaj(csoport) statisztikák (éves és idősoros adatok 2005-től) https://nfk.gov.hu/Magyarország_erdeivel_kapcsolatos_adatok_news_513 (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)
- OSAP 2021a: Nettó fakitermelés (OSAP 1257) mintavételezésből országos szintre becsült adatok. https://agrarstatisztika.kormany.hu/download/a/6b/f2000/Nett%C3%B3_fakitermel%C3%A9s_orsz%C3%A1gos_2021.xlsx (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)
- OSAP.2021b: Nettó fakitermelés (OSAP 1257) minőségjelentés 2021. https://agrarstatisztika.kormany.hu/akadalymentes/download/c/84/f2000/OSAP_1257_min%C5%91s%C3%A9gjelent%C3%A9s_2021.docx (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)
- Pinchevska O., Horbachova O., Spirochkin A., Sedláčik J. & Rohovsky I. 2019: Properties of Hornbeam (*Carpinus betulus*) wood thermally treated under different conditions. *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen* 61(2): 25–39. <https://doi.org/10.17423/afx.2019.61.2.03>
- Puskás T. 2006: A hőkezelés (száraz termikus kezelés) hatása a bükk, a cser és a gyertyán faanyagának fizikai jellemzőire. Szakdolgozat. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.
- Richter H.G. & Dallwitz M.J. 2019: Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. <https://www.delta-intkey.com/wood/en/www/betcabet.htm> (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)
- Sedlar T., Sinković T., Perić I., Jarc A., Stojnić S. & Šefc B. 2019: Hardness of thermally modified beech wood and hornbeam wood. *Šumarski list* 143(9–10): 425–433. <https://doi.org/10.31298/sl.143.9-10.4>
- Sikkema R., Caudullo G. & de Rigo D. 2016: *Carpinus betulus* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz J., de Rigo D., Caudullo G., Houston Durrant T. & Mauri A. (eds.): *European Atlas of Forest Tree Species*. Publications Office of the European Union, Luxemburg, 74–75. https://ies-ows.jrc.ec.europa.eu/efdac/download/Atlas/pdf/Carpinus_betulus.pdf (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)
- Sinković T., Govorčin S. & Sedlar T. 2011: Comparison of Physical Properties of Untreated and Heat Treated Beech and Hornbeam. *Drvna industrija* 62(4): 283–290. <https://doi.org/10.5552/drind.2011.1118>

- Solymos R. 1993: Improvement and silviculture of oaks in Hungary. *Annales des sciences forestières*. 50(6): 607–614. <https://doi.org/ffhal-00882871>
- Szalacsi Á., Veres S. & Király G. 2015: Adatok a síkvidéki gyertyános-tölgyesek erdőműveléséhez: lékes felújítógás alkalmazásának gyakorlati tapasztalatai és növényzeti hatásai a Szatmár-beregi síkon. *Erdészettudományi Közlemények* 5(1): 85–99. <https://doi.org/10.17164/EK.2015.006>
- Tolvaj L., Persze L. & Láng E. 2013: Correlation between hue angle and lightness of wood species grown in Hungary. *Wood research* 58(1): 141–146.
- Tumen I., Aydemir D., Gunduz G., Uner B. & Cetin H. 2010: Changes in the chemical structure of thermally treated wood. *BioResources* 5(3): 1936–1944. <https://doi.org/10.15376/BIORES.5.3.1936-1944>
- Varol T., Cetin M., Ozel H.B., Sevik H. & Zeren Cetin I. 2022: The Effects of Climate Change Scenarios on *Carpinus betulus* and *Carpinus orientalis* in Europe. *Water, Air, & Soil Pollution* 233(2): 45. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05516-w>
- Wagenführ R. 2007: *Holzatlas*. Fachbuchverlag, Leipzig.
- Wang Z., Dong W., Zhou J. & Gong M. 2018: Effect of macro characteristics on rolling shear properties of fast-growing poplar wood laminations. *Wood Research* 63(2):227–238.
- Wei Y., Rao F., Yu Y., Huang Y. & Yu W. 2019: Fabrication and performance evaluation of a novel laminated veneer lumber (LVL) made from hybrid poplar. *European Journal of Wood and Wood Products* 77(3):381–391. <https://doi.org/10.1007/s00107-019-01394-y>
- Župčić I., Mihulja G., Govorčin S., Bogner A. & Grbac I. 2009: Welding of thermally modified hornbeam. *Drvna industrija* 60(3): 161–166.

Érkezett: 2023. január 24.

Közlésre elfogadva: 2023. április 21.



Botoló füzes

A folyó menti füzesekben, különösen azok gáttal szomszédos részein egykor széltében elterjedt kezelési eljárás volt a fejesfa-üzemmód vagy botolás. Az így létrejött botoló füzesek mikroéőhelyekben igen gazdagok, így ökológiai szempontból fontos elemei voltak a hullámtéri élőhelykomplexnek. Mindemellett kultúrtörténeti szempontból is értéket képviselnek. Mára sajnos drasztikusan visszaszorultak, állományaik jelentős részét lecserélték, a maradék többsége esetén csak kezeletlen torzók maradtak, de néhány üdítő kivétellel is lehet találkozni.

Fotó és szöveg: Korda Márton (SOE EMK)

AZ ERDEI VADHATÁS ÉS A TERMÉSZETES ÚJULAT TÉRSÉGI SZINTŰ VIZSGÁLATA AZ ÉSZAKI-KÖZÉPHEGYSÉGBEN

Szomorad Ferenc és Standovár Tibor

*Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK, Biológiai Intézet,
Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék*

Kivonat

Jelen tanulmány az erdei vadhatás és az újulat-jellemzők összefüggéseit vizsgálja az Északi-középhegység három tájegységében (Börzsöny, Mátra, Aggteleki-karszt), mintegy 50 000 hektáron. A közel 60 000 mintapont felmérése alapján végzett elemzések aktív gazdálkodással nem érintett erdőterületekre is kiterjednek, s az erdészeti gyakorlatban használt alapvető mutatókon (borítás, rágottság) túl az újulathiány mértékének és okának témakörét is érintik. Az eredmények mindhárom tájegységben a csülkösvad fajok erős, az újulat életképességét és mennyiségi reprezentáltságát jelentősen csökkentő hatását mutatják. Erős újulat-rágottságot a minták 58,17–76,23%-ánál tapasztaltunk, ezzel párhuzamosan az alacsony (0–0,5 m) újulatnál 46,59–54,23%, míg a magas (0,5–2,5 m) újulatnál 61,31–83,91% volt azon minták aránya, ahol a borítás az 1%-ot sem érte el. Nem paraméteres korreláció elemzéssel negatív, szignifikáns kapcsolatot találtunk a nagyvad által okozott talajbolygatás mértéke és az újulatborítás között. A vadhatás csökkentése a vágásos erdők sikeres felújítása mellett a folyamatos erdőborítást biztosító gazdálkodás elterjedése és a faanyagtermeléssel nem érintett erdők hosszú távú fenntartása szempontjából is elengedhetetlen

Kulcsszavak: erdei vadhatás, csülkösvad, középhegységi erdők, újulat rágottság, újulat mennyiség

REGIONAL ANALYSIS OF WILD GAME EFFECTS ON NATURAL REGENERATION IN THE NORTH HUNGARIAN MOUNTAINS

Abstract

This study investigates the relationship between wild ungulates impact and regeneration characteristics in three landscape units of the North Hungarian Mountains (Börzsöny, Mátra, Aggtelek Karst), covering an area of about 50 000 ha. The analyses, based on forest condition surveys of nearly 60 000 points, also cover forest areas not under active management and, in addition to the basic indicators used in forestry practice (cover, browsing), also address the extent of and causes for lack of regeneration. The results show the strong impact of ungulate species in all three landscape units, significantly reducing the viability and amount of regeneration. Heavy browsing was observed in 58.17–76.23% of the samples, while the proportion of samples with less than 1% cover was 46.59–54.23% in the low (0–0.5 m) and 61.31–83.91% in the high (0.5–2.5 m) regeneration. Nonparametric correlation analysis revealed a negative significant relationship between the amount of soil disturbance caused by wild game and regeneration cover. The reduction of wild ungulates impact is essential not only for successful regeneration in age-class forestry, but also for the expansion of continuous cover forestry and the long-term survival of forests not affected by timber production.

Keywords: wild game effects, ungulates, submontane forests, browsing, regeneration amount



BEVEZETÉS

A mérsékelt égövi erdőkben élő nagy testű csülkösvad fajok az erdei életközösségek meghatározó komponensei. Elsősorban biomassza-fogyasztók, így táplálkozásuk révén az erdők talajszintjét, illetve gyep-, cserje- és újulati szintjét egyaránt befolyásolják, alakítják. Táplálkozásuk és egyéb élőhelyhasználati aktivitásuk során kifejtett hatásait együttesen vadhatásnak nevezi a szakirodalom (vö. Velamazán et al. 2018, Ramirez et al. 2019, Nopp-Mayr et al. 2020). Az élőhelyek szempontjából a vadhatást általában negatív előjellel (fékező, akadályozó, destruktív vonatkozásban) értelmezzük, de kisebb számban kedvező ökológiai hatásokra – így például magterjesztésben betöltött pozitív szerepre (Schmidt et al. 2004, Mráz et al. 2016) – is találunk példát. Amennyiben az erdőgazdálkodás alatt álló területeken a negatívan értelmezett vadhatás egy bizonyos mértéket meghalad, és a gazdálkodás szempontjából mennyiségi és/vagy minőségi vonatkozásban egyértelmű gazdálkodási korlátként jelentkeznek, vadkárrol beszélünk (vö. Reimoser et al. 1999, Caudullo et al. 2003, Katona et al. 2011, Felton et al. 2022).

A vadvédelmi intézkedések, a vadászati tevékenység szabályozása, valamint a tudatos vadgazdálkodási tevékenység erősödése miatt a II. világháborút követő időszakról kezdve Európában a csülkösvad fajok populációmérete szinte mindenhol látványos növekedésnek indult (Reimoser & Putman 2011, Beguin et al. 2016, Carpio et al. 2020). Mindez együtt járt az egyes vadfajok elterjedési területének növekedésével, s ezt a jelenséget egyes nem őshonos fajok (pl. Közép-Európában a dám és a muflon) újabb helyszínekre történő mesterséges betelepítése, illetve azok spontán terjeszkedése még tovább erősítette.

A csülkösvad fajok populációnövekedése alól nem kivétel Magyarország sem. Az itt előforduló 5 jelentősebb csülkösvad faj a gímszarvas (*Cervus elaphus*), a dám (*Dama dama*), az őz (*Capreolus capreolus*), a muflon (*Ovis aries musimon*) és a vaddisznó (*Sus scrofa*). Az állománybecslési adatok alapján az 1960-as évektől kezdve mindegyik faj állománya drasztikusan emelkedett (OVA 1960–2020). A növekedés gímszarvas esetében 8× (14,0 edb vs. 119,1 edb), dám esetében 45× (!) (0,9 edb vs. 40,9 edb), őz esetében 5× (68,8 edb vs. 375,5 edb), muflon esetében 9× (1,4 edb vs. 12,8 edb), míg vaddisznó esetében 10× (8,3 edb vs. 83,0 edb). A vaddisznó létszámadat kapcsán megjegyzendő, hogy a 2010 és 2015 közötti időszakban a becsült országos állománylétszám 105 edb felett is volt, de az Észak-Magyarországon 2018-tól fellángolt (Olasz et al. 2019) afrikai sertéspestis-járvány (ASP) miatt jelentős (több mint 20%-os) visszaesés következett be.

A becsült populációméretre vonatkozó adatok mellett a lelővések adatai is látványosan növekedtek (OVA 1960–2020). Gímszarvas esetében 17× (!) (3,8 edb vs. 65,6 edb), dám esetében (1970 és 2020 között) 24× (!) (0,7 edb vs. 16,9 edb), őz esetében 29× (!) (3,7 edb vs. 108,7 edb), muflon esetében (1970 és 2020 között) 18× (!) (0,2 edb vs. 3,6 edb), vaddisznó esetében pedig 27× (!) (3,9 edb vs. 181,1 edb) annyi egyedre lőttek, mint 6 (dám és muflon esetében 5) évvel korábban!

A fenti adatok teljes körű országos statisztikákból származnak, így kiegészítésképpen ezekhez hozzá kell fűznünk, hogy azok a szabad területen és zárt területen (vadaskertekben) élő állományokra együttesen vonatkoznak. A vadaskertben élő populációk aránya a 2020. évi adatok alapján (OVA 2020) gímszarvasnál 4,0%-ot, dámnál 18,2%-ot, muflonnál 31,5%-ot, vaddisznónál pedig 10,2%-ot tett ki. Utóbbi arányoktól függetlenül a szabad területi állományok magas denzitása vitathatatlan, így Magyarországon a természetközeli állapotú élőhelyekre (köztük az erdőkre) láthatóan nagyon intenzív "vadnyomás" nehezedik.

Az említett csülkös vad fajok elsősorban taposás (valamennyi faj), trágyázás (valamennyi faj), túsás (vaddisznó), makkfelszedés (vaddisznó, gímszarvas, dám, muflon), dörzsölés (gímszarvas, dám, őz), hántás (gímszarvas, dám) és hajtásrágás (gímszarvas, dám, őz, muflon, ritkábban vaddisznó) útján fejtik ki (jellemzően negatív) hatásukat az erdei életközösségre (Reimoser 2003, Pellerin et al. 2010, Ramirez et al. 2018). Ezen felül utalhatunk még a lokálisan jelentkező dagonyázásra, amely azonban csak a gímszarvas és a vaddisznó vonatkozásában releváns.

A vadhatás különböző formái az erdei életközösségek fajösszetételét, vertikális és horizontális szerkezetét, valamint dinamikáját egyaránt markánsan alakíthatják. Különösen meghatározó a természetes újulatra kifejtett hatás, hiszen az újulata az erdők hosszú távú önmegújításának „eszköze”, mind a természetes erdődinamika, mind az erdőgazdálkodás aspektusából. A csülkös vad fajok populációi ugyanakkor (különösen nagy denzitás esetén) az újulata megtelepedését, fajösszetételét, növekedését, egészségi állapotát jelentős mértékben befolyásolhatják (Ramirez et al. 2018, 2019). Szélsőséges esetben az újulata vadhatás (főleg hajtásrágás) miatti tartós károsodása, illetve elpusztulása is jelentkezik, ahogyan az is előfordulhat, hogy az újulata a drasztikus vadhatás (főleg makkfelszedés és taposás) miatt nem, vagy csak korlátozottan, mérsékelt mennyiségi reprezentáltsággal tud megjelenni (Côté et al. 2004, Katona et al. 2015, Nagy 2020).

A növekvő vadlétszám és az újulata kiemelt erdőgazdálkodási jelentősége miatt Magyarországon az erdőgazdálkodás szempontjából releváns vadkár mennyiségi és minőségi mutatóinak vizsgálata (részben gazdálkodási-finanszírozási, részben erdészeti hatósági okok miatt) több évtizedes múltra tekint vissza (korai publikációk: Bencze 1952, 1960, Holdampf 1962). Az erdészeti ágazat ugyanakkor ezzel a kérdéssel szinte kizárólag az aktív gazdálkodással érintett erdőterületekre, azon belül is főként a természetes erdőfelújítással érintett idős erdőkre, azok természetes újulataira, valamint az erdősítések (erdőtelepítések és mesterséges erdőfelújítások) fiatal állományaira koncentrálnak (lásd például Kovács et al. 2009). A jelenleg érvényben levő „Erdei vadkárfelvételi és értékelési útmutató” is elsősorban az erdőfelújításokat, erdősítéseket ért károk feldolgozásához ad támpontokat, míg az egyéb kártípusokat (makkfelszedés, talajtaposás, törzshántás) jóval kisebb súllyal, speciális esetenként kezeli (Nagy 2020).

A középkorú állományokra és az aktív gazdálkodás hatókörén kívül eső területekre (pl. védődökre, rezervátumokra) a vadhatás-vadkár kérdéskör nyomon követése tehát csak kivételes esetekben (pl. drasztikus hántáskár esetén) terjed ki, ezeken a területeken leginkább csak tudományos érdeklődés vagy természetvédelmi kutatások okán fordulnak elő részletesebb vizsgálatok. Magyarországon az erdei vadkarral kapcsolatos felmérések tehát alapvetően gazdálkodáshoz kötöttek, újulata-központúak, s szinte minden esetben csak a meglévő újulata attribútumait (borítás, magasság, fajfajok, elegyarányok, rágottság, minőségi jellemzők stb.) rögzítik. Ennek megfelelően természetes felújítás/felújulás során (a makkfelszedés kérdését leszámítva) általában nem nyomozzák az újulata megtelepedésének/megmaradásának lehetőségeit, az újulata-borítás megfelelőségét.

Utóbbi helyzetre kivételként csak a hosszú-távú, vadkizárásos kísérletek említhetők, ahol egy kerített és egy kerítetlen kontroll-parcella adatait hasonlítják össze. Erre számos nemzetközi példát is találhatunk (vö. Cutini et al. 2014, Ramirez et al. 2019, Petersson et al. 2020), de egészen korán, az 1990-es évek elején indítottak ilyen kutatásokat Magyarországon is, a Bükk-hegységben (Less 1991). Emellett ezzel a koncepcióval rövid ideig (2002–2008), közel 300 helyszínen egy országos monitoring-hálózat (vadállomány okozta élőhely-változás monitoring; VÉV) is létezett (Simon 2009).



A vadkizárásos kísérletek országosan csekély területi reprezentáltságuk ellenére összességében látványos eredményeket produkáltak, s ráirányították a figyelmet a magas nagyvadlétszám melletti újulathiány (és aljnövényzet-hiány) jelentős (akár térségi szintű) problémakörére.

Az újulat megfelelőségével, illetve az esetleges újulathiány témakörével kapcsolatos, nagy területeket érintő, tájegységi szintű összefüggéseket firtató vadhatás-vizsgálatok ugyanakkor mindeddig nem folytak Magyarországon, s ilyen léptékű kutatásokról Európa más területéről sem találtunk érdemi adatot. E felismerés vezetett bennünket arra, hogy egy közel 50 000 ha területet érintő, Magyarországon három középhegységi tájegységet lefedő, térben intenzív, nagy minta elemszámmal dolgozó, tematikusan sokoldalú erdőállapot-felmérés (Standovár et al. 2016, 2017a) adatain keresztül megpróbáljuk megvizsgálni a vadhatás és az erdők kapcsolatrendszerét.

A vizsgálható részletkérdések közül ebben a munkában a természetes újulat rágottságának, illetve az újulat mennyiségi (borítási) viszonyainak alakulására fókuszálunk, függetlenül attól, hogy az egyes területek gazdálkodás, erdőfelújítás szempontjából mennyire állnak középpontban. Egyúttal kiemelt hangsúlyt helyezünk annak nyomozására, hogy a csülkösvad fajok által okozott vadhatás az újulatborítás csökkenését, illetve az újulathiány kialakulását milyen mértékben okozhatja.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati területek

A vadhatás-elemzésekhez használt terepi adatok felvételezése Magyarország északkeleti részének három tájegységében történt. A vizsgált területek (Börzsöny, Mátra, Aggteleki-karszt) középhegységi jellegű, magas erdőszültségű, zárt erdőtömbök, természetföldrajzi, faállomány- és gazdálkodási jellemzőket tekintve kisebb-nagyobb mértékű különbségekkel (Standovár et al. 2017b, OEA 2016).

A Börzsöny zömmel vulkanikus kőzetekből felépülő, 150–939 m tszf. magasságú, tömbös hegység, erősen tagolt felszínnel, markáns sziklaalakzatokkal. A meghatározó faállománytípus-főcsoportok közül a bükkösök 25,64%, a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek 20,70%, a kocsánytalan tölgyesek 20,08%, míg a cseresek 16,99% részesedést mutatnak. A fiatal (40 év alatti) erdők 25,90%, az idős és öreg (80 év feletti) erdők 38,59% részarányal rendelkeznek. A domináns vágásos üzemmód mellett relatíve magas az átmeneti és örökerdő üzemmódba sorolt erdők aránya (együtt 19,99%), a faanyagtermelést nem szolgáló erdők részesedése 10,14%. Az elmúlt 2–3 évtizedben az erdőtakarót több alkalommal (legutóbb 2014-ben) érintették erőteljes, kiterjedt természetes bolygatások (széldöntések, jégtörések). A terület jelentős része 1978 óta tájvédelmi körzet, majd 1997-től nemzeti park, az itt folyó erdőgazdálkodási tevékenység ennek ellenére viszonylag intenzív (a gazdálkodással 30 évnél régebb óta nem érintett erdők aránya 16,08%). A tájegységben szinte a teljes hegységterület (29 101,06 ha) felmérésre került.

A Mátra 150–1014 m tszf. magasságú vonulata geológiai felépítés és geomorfológiai jellemzők tekintetében a Börzsönyhöz rendkívül hasonló képet mutat. A hegység felmért részén meghatározó faállománytípus-csoportok közül a bükkösök 40,92%, a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek 21,77%, a kocsánytalan tölgyesek 18,08%, míg a cseresek 7,84% részesedést mutatnak (a Börzsönyhöz képest nagyobb mértékben a bükkösök és cseresek aránya különbözik). A fiatal (40 év alatti) erdők 19,00%, az idős és öreg (80 év feletti) erdők 44,26% részarányal rendelkeznek. A domináns

vágásos üzem mód mellett az átmeneti és örök erdő üzem módba sorolt erdők aránya relatív alacsony (együtt 11,89%), a faanyagtermelést nem szolgáló erdők részesedése a Börzsönyhöz hasonló (12,16%). Az elmúlt évtizedekben a tájegységben csak közepes volumenű, kisebb foltokat érintő természetes bolygatások történtek. A Magas-Mátra (két részterülettel) 1986 óta tájvédelmi körzet, az erdőgazdálkodás ennek ellenére itt is viszonylag intenzív (a gazdálkodással 30 évnél régebb óta nem érintett erdők aránya 15,64%). A hegységben csak a magasabb régiók (a tájvédelmi körzet) területén (11 190,94 ha) történt adatgyűjtés.

A három tájegységből leginkább egyedi karakterrel a 200–605 m tszf. magasságú Aggteleki-karszt rendelkezik. Itt az alapkőzetet különböző típusú mészkövek és dolomit alkotják, a felszíni morfológia pedig többrészes karsztfennsíkokkal, meredek lejtőkkel, helyenként szűk szurdokvölgyekkel jellemezhető. A felmért részterületen meghatározó faállománytípus-csoportok közül a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek 35,57%, a gyertyánosok 21,84%, a molyhostölgyesek 14,65%, a bükkösök pedig 13,26% részesedést mutatnak. A fiatal (40 év alatti) erdők mindössze 5,13%, az idős és öreg (80 év feletti) erdők ellenben 59,41% részarányal rendelkeznek. A domináns vágásos üzem mód mellett átmeneti és örök erdő üzem módba sorolt erdők gyakorlatilag nincsenek, a faanyagtermelést nem szolgáló erdők részesedése ugyanakkor kifejezetten magas (29,26%). Az elmúlt időszakban természetes bolygatások csak szórványosan, csekély kiterjedéssel jelentkeztek. A domborzati és termőhelyi adottságok, illetve az 1978-ban létrehozott tájvédelmi körzet (1985-től nemzeti park) miatt az erdőgazdálkodás intenzitása igen mérsékelt, extenzív jellegű (a gazdálkodással 30 évnél régebb óta nem érintett erdők aránya országos szinten is kiemelkedően magas érték: 51,68%). A részletesen felmért erdőtümb a karsztvidéknek csak kisebb részterülete (7 672,14 ha).

A vizsgálati területek nagyvadállománya sok tekintetben hasonló, vadlétszám és erdei élőhelyhasználat szempontjából mindhárom tájegységben a gímszarvas (*Cervus elaphus*), vaddisznó (*Sus scrofa*), illetve kisebb arányban a muflon (*Ovis aries musimon*) és az őz (*Capreolus capreolus*) a meghatározó vadfaj. Állományaik a 4–6 évtizeddel korábban becsült állománylétszámokhoz képest jelentősen megnövekedtek, az észak-magyarországi régióban (Pest, Nógrád, Heves és Borsod-Abaúj-Zemplén megyék területén) az 1960. évi létszámadatokhoz képest 2020-ban gímszarvas, vaddisznó és őz esetében hét-nyolcszoros, muflon esetében több mint tízszeres populációmérettel lehet számolni (OVA 1960–2020). Ennek megfelelően mindhárom tájegységben évtizedek óta igen erős vadhatás tapasztalható, a csülkösvad fajok a terepi tapasztalatok szerint jelentős mértékben befolyásolják az erdei életközösségek állapotát és dinamikáját, s ezeken keresztül az erdőgazdálkodás keretfeltételeit (főként a felújulási-felújítási lehetőségeket és az erdők egészségi állapotát). A vaddisznóállomány vonatkozásában megjegyzendő, hogy a jelen tanulmány alapjául szolgáló felmérések még az afrikai sertéspestis-járványt (ASP) megelőző időszakot érintik.

Az adatgyűjtés és adatfeldolgozás módszertana

Az elemzéshez használt adatokat az „Erdei életközösségek védelmét megalapozó többcélú állapotértékelés a magyar Kárpátokban” című, SH/4/13 azonosítójú, Svájci-Magyar Együttműködési Program által támogatott, 2014–2016 között lebonyolított projekt keretében gyűjtöttük. Az alkalmazott (a projekt során célirányosan kifejlesztett) erdőállapot-leíró módszer finom térleptékű (nagy mintaszámú, az erdőrézleten belüli változatosság kimutatására is alkalmas) és gazdag tematikájú (az



Országos Erdőállomány Adattárban szereplő adatokat kiegészítő, nagyszámú állapotleíró változóra kiterjedő) adatfelvételt tett lehetővé (Standovár et al. 2016, 2017a).

A mintavételezés szisztematikusan térbeli ponthálón alapult, ennek 100×100 m-es alaphálóját szükség szerint – változatosabb erdőtakarójú vagy kutatási-kezelési kérdések szempontjából exponált részterületeken – tovább sűrítettük (70,71×70,71 m; 50×50 m). A hálópontokhoz kötötten felvett állapotjellemzők térben explicit adatok, a felvételezett mintaterületek száma összesen 59 616 db (1. táblázat).

1. táblázat: A mintavételezés főbb adatai

Table 1: Main data of the sampling

Terület / Mintaszám	Börzsöny	Mátra	Aggteleki-karszt
Felmért terület (ha)	29 101,06	11 190,94	7 672,14
Plotok száma (db)	35 048	13 513	11 055

Az adatfelvételezés módszertanának (vö. Standovár et al. 2016, 2017a, Szmorad et al. 2021) részleteit ehelyütt nem ismertetjük, azok közül csak a jelen elemzés szempontjából releváns komponenseket mutatjuk be.

Az állományjellemzők leírásának fő helyszíne a mintavételi háló pontjaira elhelyezett 500 m²-es, kör alakú (R=12,62 m) mintaterület (plot) volt. Az ezen mintavételi egységben rögzített adatok közül jelen elemzésben a faállomány záródását, az őshonos bolygatásjelző lágyszárú fajok arányát (5% összborítás felett), valamint a termőhelyi jellemzők közül a kövesség és a talajbolygatás durva borítás-kategóriákkal (<1%, 1–5%, 6–20%, 21–50%, 51% felett) leírt értékét használtuk fel.

A szubplot a mintavételi háló pontjaira elhelyezett 30 m²-es, kör alakú (R=3,09 m), a plottal koncentrikus helyzetű mintavételi egység, amely a cserjék és az újulat (a fatermetű fásszárúak 2,5 m magasság alatti egyedei) leírására szolgált. Az itt felvett adatok közül vizsgálataink szempontjából legnagyobb súllyal az újulatra vonatkozó változók rendelkeznek. Az újulat borítását alacsony újulat (0–0,5 m) és magas újulat (0,5–2,5 m) bontásban, ötfokozatú, durva skálával (<1%, 1–5%, 6–20%, 21–50%, 51% felett) becsültük. Felvettük az újulat fafajait, illetve legalább 5% össz-újulatborítás felett max. 3 domináns újulat fajtát is megjelöltünk. Ha az alacsony vagy a magas újulat borítása elérte az 1%-ot, az újulat egészére nézve egy ötfokozatú, részletesen definiált ordinális skála (ép, enyhén rágott, erősen rágott, bonsai, nem megállapítható) segítségével meghatároztuk a jellemző rágottsági kategóriát (2. táblázat). Ezen felül rögzítettük, ha az újulatban jelen levő hajtások több mint 20%-a tuskósarj eredetű volt.

Az alkalmazott erdőállapot-leírás módszertanának koncepciója, részletes leírása, az egyes változók és a leírásukra használt skálák pontos értelmezése külön tanulmányokban (Standovár et al. 2016, 2017a; Szmorad et al. 2021), az elemzések alapjául szolgáló adatbázis az Eötvös Loránd Tudományegyetem (Budapest) archívumában érhető el.

Az elemzésekhez alapesetben az erdőállapot-felmérési projekt adatait használtuk, de a mintaterületekhez esetenként a magyarországi erdők erdőrézlet szintű leíró adatait magába foglaló, Nemzeti Földügyi Központ (Budapest) által gondozott Országos Erdőállomány Adattár (OEA) faállománytípus (FATI) csoport és kor (jellemző állománykor: PLOT_KOR) adatait is hozzárendeltük. A természetes dinamikai folyamatokkal összefüggésbe hozható újulat-jelenlétet elsősorban magtermő

korú faegyedeket is tartalmazó állományokban vártunk, így vadhatás-vizsgálatainkat a középkorú-idős erdő főkategóriába tartozó minták halmazát adó 56 774 mintaterületen (Börzsöny: 33 120 plot; Mátra: 12 872 plot; Aggteleki-karszt: 10 782 plot) végeztük el.

2. táblázat: Az újulat rágottsági kategóriák értelmezése

Table 2: Definition of the browsing categories

Rágottsági kategória	Értelmezés / Definíció
(1) ép	Az elmúlt 2–3 évi csúcshajtások és oldalhajtások nem rágottak.
(2) enyhén rágott	Jellemzően csak a csúcshajtások rágottak, az oldalhajtások ± épek.
(3) erősen rágott	A csúcs- és oldalhajtások rendszeresen visszarágottak, de az újulat-egyedek hajtásrendszere még nem torzult.
(4) bonsai, életképtelen „csutak”	Az újulat durván visszarágott, az egyedek hajtásrendszere erősen torzult.
(5) nem megállapítható	Ez a kategória csak akkor adható, ha a rágottság mértékének megállapítását valamilyen objektív ok lehetetlenné teszi (pl. nemrégiben erdősisítés-ápolási munka folyt és a nem főfafajnak minősülő egyedek hajtásvégeit visszavágták, illetve a szubplot területén kizárólag vagy zömmel csak csírcsometék vannak).

Az újulatra vonatkozó erdőállapot-leíró adatok viselkedését tájegységi szintű és egyesített (teljes adatbázisra készített) gyakoriság-eloszlásokkal vizsgáltuk, míg az újulat rágottságának és mennyiségi viszonyainak (borításának) más változóktól való függését (az adatok normál eloszlástól eltérő viselkedése okán) nem parametrikus (rang) korrelációs számításokkal nyomoztuk. Egyetlen beosztású intervallumskálán/arányskálán felvett adataink értékeléséhez a Kendall's Tau B korrelációs együtthatót (τ_B) alkalmaztuk, szignifikancia szintnek pedig a 0,1%-ot választottuk ($p < 0,001$).

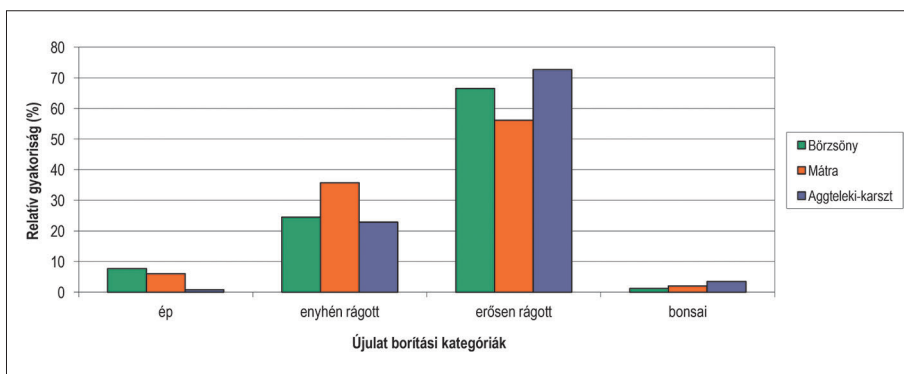
EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Az újulat rágottságának vizsgálata

Az újulat rágottságának előzetes vizsgálata kifejezetten erős vadhatás jelenlétét igazolta mindhárom tájegységben (1. ábra). A középkorú-idős erdők főkategóriába tartozó mintaterületek 55,02%-án (31 235 szubplot) vettünk fel vadrágásra vonatkozó adatot, s ezen részhalmazon belül a csúcs- és oldalhajtások erős rágottságát vagy bonsai jellegű torzulását (a 3–4. rágottsági kategória valamelyikének előfordulását) a minták 58,17–76,23%-ánál tapasztaltuk! A vizsgált tájegységek közül – bár a különbségek nem lényegesek – viszonylag kedvezőbb helyzetben van a Mátra, ahol a felvételezés csak a hegység központi, jórészt bükk dominanciájú részét érintette. Közbülső helyzetet foglal el a természetes bolygatásokkal nagyobb területen érintett Börzsöny, végül a legnagyobb mértékű újulat-rágottságot a kifejezetten kedvezőtlen termőhelyi viszonyokkal rendelkező, erdőgazdálkodás alól jórészt mentesülő Aggteleki-karszt területén állapíthatjuk meg.

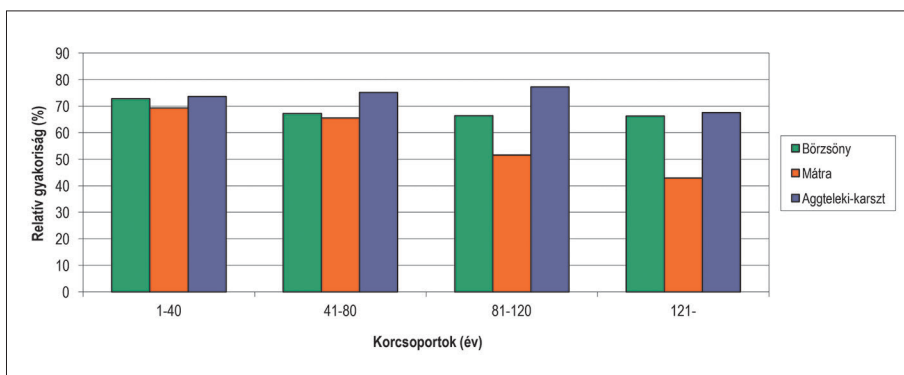
A csúcs- és oldalhajtások erős rágottságának, illetve bonsai jellegű torzulásának korosztályok szerinti vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy az erős vadhatás a fiatal (1–40 éves) és középkorú

(41–80 éves) állományok esetében is egyértelműen fennáll (2. ábra). A 3–4. rágottsági kategória a 80 évnél fiatalabb állományokkal leírt mintaterületek esetében 65,58–75,13%-os gyakorisággal (tájegységek szerint a fentebb már említett sorrend szerinti, kismértékű differenciáltsággal) fordul elő, ami azt jelenti, hogy a csülkösvad fajok által okozott hajtásrágás az idősebb, magtermő (esetleg már véghasználati) korú állományok mellett rendkívül magas hányadban sújtja a már újulattal rendelkező fiatal-középkorú erdőket is. Megjegyzendő, hogy a durván rágott mintaterületek korcsoportokon belüli aránya a 80 év feletti mátrai állományoknál látványosan mérséklődik, ami a tájegység fafajösszetételének sajátosságaira vezethető vissza (lásd később).



1. ábra: Az újulat rágottsági kategóriák gyakoriság-eloszlása a vizsgált tájegységek erdeiben (középkorú-idős erdők, minden korosztály, rágottsági adattal rendelkező minták, 31 235 szubplot)

Figure 1: Frequency distribution of browsing categories in the forests of the three study regions (mature stands, all ages, samples with browsing data, 31 235 subplots)



2. ábra: Az „erősen rágott” vagy „bonsai” rágottsági kategória korcsoportok szerinti gyakorisága a vizsgált tájegységek erdeiben (31 235 szubplot)

Figure 2: Relative frequency of „heavily browsed” + „bonsai-like” regeneration within age-classes in the forests of the three study regions (31 235 subplots)

A csülkösvad (a vizsgált területeken érintett vadfajok közül elsősorban a gímszarvas) hajtásrágás során tanúsított fafajpreferenciái a szakirodalomból és a gyakorlatból egyaránt ismertek (vö. Katona et al. 2009, 2013, Náhlik 2022), ennek ellenére megvizsgáltuk, hogy az egyes tájegységekben meghatározó faállománytípus-csoportok esetén hogyan alakul a rágottsági kategóriák megoszlása.

Az erősen rágott és bonsai jellegű újulattal rendelkező minták együttes számát a rágottsági adattal rendelkező minták összes számához viszonyítva (3. táblázat) azt kaptuk, hogy a tájegységek szerint meghatározó 4–4 FATI-főcsoport közül mindenhol a bükkösök rágottsága a leginkább mérsékelt. Az erősen rágott és bonsai jellegű újulattal rendelkező minták gyakorisága bükkösökben általában 10–30%-kal (egészen pontosan 9,16–38,10% közötti mértékben) alacsonyabb, mint az egyéb (zömmel tölgyes karakterű) állományokban. Mindez rámutat arra a szempontra, hogy a rágottsági adatok tájegységi szintű áttekintő (összehasonlító) értékelésénél a bükkös állományok arányát fokozottan figyelembe kell venni. Különösen igaz esetünkben ez azért is, mert a három vizsgált tájegység között jelentős különbségek adódnak: a Mátra esetében 40,92%, a Börzsönynél 25,64%, míg az Aggteleki-karszt esetében csak 13,26% a bükkösök részesedése a vizsgált területeken (Standovár et al. 2017b). Ez a szempont egyidejűleg mindjárt magyarázhatja is a Mátra esetében fentebb (az összes középkorú-idős erdőre, valamint azok 80 év feletti részalmazára) megfogalmazott, viszonylag kedvezőbb rágottsági mutatókat.

3. táblázat: Az „erősen rágott” vagy „bonsai” újulat-rágottsággal leírt mintaterületek relatív gyakorisága az egyes FATI-főcsoportokban

Table 3: Relative frequency of „heavily browsed” + „bonsai-like” regeneration within major stand types in the forests of the three study regions

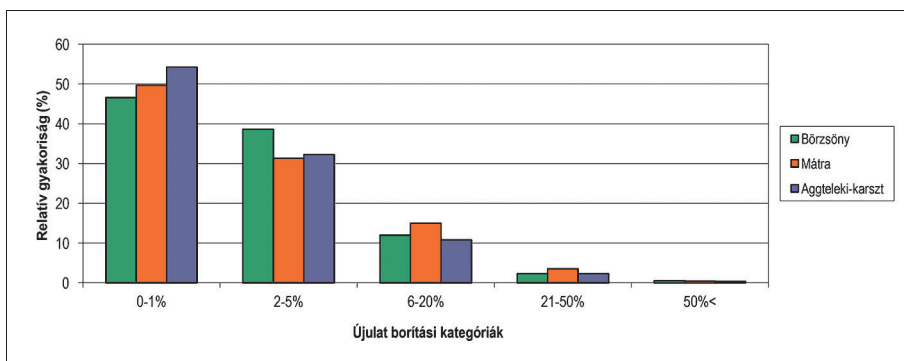
FATI-főcsoport	Börzsöny	Mátra	Aggteleki-karszt
Bükkösök	46,58%	42,73%	60,26%
Gyertyánosok	*n.v.	*n.v.	69,42%
Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek	74,38%	66,86%	81,05%
Kocsánytalan tölgyesek	77,39%	80,83%	*n.v.
Cseresek	78,09%	79,10%	*n.v.
Molyhos tölgyesek	*n.v.	*n.v.	83,55%

* A nem vizsgált (= n.v.) esetek az adott tájegységnél nem tartoznak a leggyakoribb faállománytípusok közé, így az alacsony mintaszámok miatt ezeknél nem közöljük a gyakoriság-értékeket.

A fentiek alapján az elsősorban gímszarvas és muflon által okozott erős vadragás összességében általános jelenségnek mondható a felvételezett középhegységi erdőtömbökben. Kijelenthető ez annak ellenére is, hogy a középkorú-idős erdők főkategóriába tartozó mintaterületek 44,98%-áról (25 539 szubplot) nincs rágottsági adatunk, mivel ezeken a helyszíneken az újulatborítás nem érte el az 1%-ot (41,75%), illetve mert a rágottság felvételezése 1% feletti újulatborítás esetén sem volt lehetséges (3,23%). Előbbi esetben az adathiányt a protokoll sajátosságai magyarázzák (rágottságot csak 1% újulatborítás felett kellett becsülni), utóbbi esetben pedig azévi csíracsemeték jelenléte vagy közvetlenül a felmérés előtt elvégzett erdősítés-ápolás miatt nem történt adatrögzítés. Az 1%-nál kisebb újulatborítás kifejezetten magas aránya itt külön figyelmet igényel, mert ezen mintaterületek esetében felmerülhet a gyanú, hogy a fokozott vadhatás már az újulat mennyiségi viszonyainak alakulását is befolyásolja!

Az újulatborítás vizsgálata

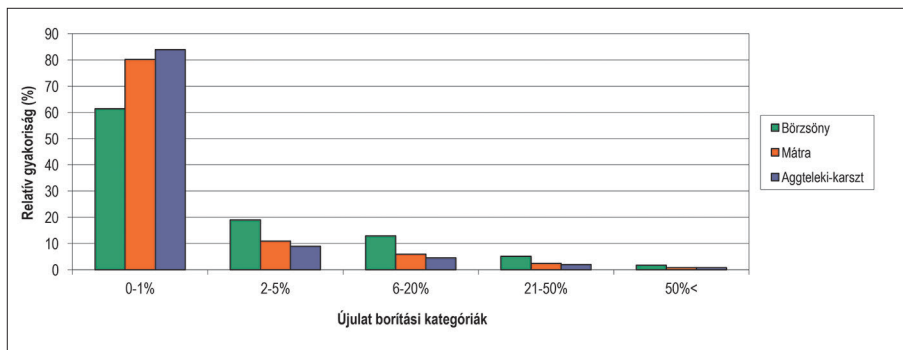
Az újulat-rágottság helyzetének alapszintű áttekintése után az újulat mennyiségi viszonyait (szubploton belüli borítási arányát) elemeztük. A különböző újulatborítás-kategóriák relatív gyakoriság értékei (3. ábra) itt jól mutatják, hogy a középkorú-idős erdők teljes halmazában (56 774 szubplot) az 1%-nál kisebb alacsony (0–0,5 m) újulat borítás (= „újulat alig”) gyakorisága meglehetősen magas (46,59–54,23%), míg az 5%-nál magasabb újulatborítás (= „újulat sok”) gyakorisága ezzel összefüggésben csak igen mérsékelt (13,51%–19,01%). Még inkább így van ez a magas (0,5–2,5 m) újulat esetében (4. ábra), hiszen az 1%-nál alacsonyabb borítás gyakorisága kiugró értékeket mutat (61,31–83,91% között változik), míg az 5%-nál magasabb borítás gyakorisága kifejezetten alacsony (csak 7,15–19,75% közötti). Az alacsony és magas újulat együttes elemzése további újszerű eredményt nem hoz, a borítási kategóriák gyakoriság-eloszlása az alacsony újulatnál látott képhez közelít. Megemlíthető viszont, hogy a tájegységek közül az összes újulat legkedvezőbb mutatói a Börzsölynél adódnak, ami szorosan összefügghet a korábbi évtizedekben (intenzíven legutóbb 2014-ben) bekövetkezett természetes bolygatásokkal, a sok záródáshiányos, felnyílt lomb-szintű állomány jelenlétével (Zoltán & Standovár 2018).



3. ábra: Az alacsony újulat borítási kategóriák gyakoriság-eloszlása (középkorú-idős erdők, minden korosztály, 56 774 szubplot)

Figure 3: Relative frequency of cover classes of low regeneration in the forests of the three study regions (mature stands, all ages, 56 774 subplots)

A középkorú-idős erdőknél az újulat borítási viszonyai nyilvánvaló összefüggésben lehetnek az állománykorral és a lokális záródással. Kor tekintetében itt alapelvárásként fogalmazható meg, hogy a magtermő kornál idősebb (bükk, kocsánytalan tölgy és cser esetében is 70–80 év feletti) állományokban jelenhet meg számottevő újulat, illetve elvileg minél idősebb az erdő, annál nagyobb eséllyel fordulhat elő nagyobb borítású újulat. Ezt az elvárást a vizsgált halmaz egésze teljesíti, hiszen (4. táblázat) a mintaterülethez rendelt állománykor (PLOT_KOR) mérsékelt, de szignifikáns ($p < 0,001$) összefüggést mutat az alacsony és a magas újulattal is. Az összefüggések iránya ugyanakkor nem egységes. Míg az alacsony újulat esetében az elvárt pozitív összefüggést kaptuk ($\tau B = 0,050$), addig a magas újulatnál negatív összefüggés mutatkozott ($\tau B = -0,039$). Tájegységi vizsgálatok során a teljes halmazra végzett elemzéshez hasonló eredményeket kaptunk, azzal a kiegészítéssel, hogy a legerősebb összefüggések a Mátrában, míg a leggyengébbek az Aggteleki-karszton mutatkoztak.



4. ábra: A magas újulat borítási kategóriák gyakoriság-eloszlása (középkorú-idős erdők, minden korosztály, 56 774 szubplot)

Figure 4: Relative frequency of cover classes of high regeneration in the forests of the three study regions (mature stands, all ages, 56 774 subplots)

Ha az újulatborítás-állománykor összefüggéseket néhány fontosabb FATI-csoportra külön (de tájegységi bontás nélkül) is megnézzük (4. táblázat), a középkorú-idős erdők teljes halmazára, szignifikáns összefüggés ($p < 0,001$) mellett bükkösöknél (17 238 minta alapján) az előzetesen elvárt pozitív kapcsolat mutatkozik az alacsony és a magas újulat esetében is. A gyertyánosoknál és csereseknél (4 797, illetve 5 780 minta alapján) nem mindig szignifikáns kapcsolat mellett, de a teljes halmazhoz hasonló összefüggéseket kaptunk (a magas újulatnál negatív τ_B értékekkel). Ezzel szemben gyertyános-kocsánytalan tölgyeseknél (13 621 minta alapján) az alacsony és a magas újulatnál is negatív előjelű kapcsolatot tártunk fel, amely alacsony újulat esetében ráadásul szignifikáns is ($p < 0,001$). Vagyis ennél a FATI-csoportnál – úgy tűnik – minél idősebb egy állomány, annál kisebb gyakorisággal/valószínűséggel találunk benne bármiféle újulatot. Az el- lentmondást itt viszonylag nehéz interpretálni, még akkor is, ha a magas újulat „rendellenes” viselkedése a bükkösöket leszámítva mindenhol látható. A jelenségben (lényegében az alacsony újulat más FATI-csoportokhoz mérten is szerény borítási mutatóiban) ugyanakkor szerepe lehet az idős állományok zártságának, ami a kocsánytalan tölgy fényigényes újulata szempontjából hatványozottan számít.

Az újulatborítás másik elvárt összefüggése, hogy a nem teljesen zárt állományokban vélhetően nagyobb gyakorisággal, nagyobb valószínűséggel van jelen magasabb borítású újulat. Ennek az előfeltevésnek az ellenőrzése könnyen interpretálható eredményt hozott, hiszen a középkorú-idős erdők teljes halmazára és a főbb FATI-csoportokra egyaránt igaz, hogy az alacsony és a magas újulat is szignifikáns ($p < 0,001$), negatív összefüggést mutat a lokális lombkorona-záródással (4. táblázat). Tájegységi vizsgálatok során a teljes halmazra végzett elemzéshez hasonló eredményeket kaptunk, csekély különbségekkel, de az Aggteleki-karszt esetében legerősebb kapcsolattal. Ezek alapján az újulat mennyiségi reprezentáltsága és a záródásihiány között egyértelmű a kapcsolat, még akkor is, ha az újulat megtelepedése és fejlődése szempontjából kedvezőbb környezetet biztosító, gyérebb (max. 80%-os) záródású minták részhalmazánál (14 769 szubplot) közel azonos gyakoriság-eloszlások mutatkoznak, mint a középkorú-idős erdők teljes halmazánál.

4. táblázat: Az újulatborítás és állománykor (PLOT_KOR), valamint az újulatborítás-záródás összefüggései nem paraméteres korrelációs elemzés alapján

Table 4: Non-parametric correlations between stand age – regeneration cover and canopy closer – regeneration cover

Összes középkorú-idős erdő		PLOT_KOR	Záródás
Alacsony újulat	Kendall's Tau B	***0,050	***-0,106
	P-value	< 0,001	< 0,001
	N	56 774	56 774
Magas újulat	Kendall's Tau B	***-0,039	***-0,122
	P-value	< 0,001	< 0,001
	N	56 774	56 774
Bükkösök		PLOT_KOR	Záródás
Alacsony újulat	Kendall's Tau B	***0,132	***-0,147
	P-value	< 0,001	< 0,001
	N	17 238	17 238
Magas újulat	Kendall's Tau B	***0,056	***-0,137
	P-value	< 0,001	< 0,001
	N	17 238	17 238
Gyertyánosok		PLOT_KOR	Záródás
Alacsony újulat	Kendall's Tau B	***0,047	***-0,163
	P-value	< 0,001	< 0,001
	N	4 797	4 797
Magas újulat	Kendall's Tau B	***-0,088	***-0,183
	P-value	< 0,001	< 0,001
	N	4 797	4 797
Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek		PLOT_KOR	Záródás
Alacsony újulat	Kendall's Tau B	-0,007	***-0,101
	P-value	0,273	< 0,001
	N	13 621	13 621
Magas újulat	Kendall's Tau B	***-0,091	***-0,135
	P-value	< 0,001	< 0,001
	N	13 621	13 621
Cserések		PLOT_KOR	Záródás
Alacsony újulat	Kendall's Tau B	***0,048	***-0,148
	P-value	< 0,001	< 0,001
	N	5 780	5 780
Magas újulat	Kendall's Tau B	-0,010	***-0,109
	P-value	0,322	< 0,001
	N	5 780	5 780

Megjegyzés: * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

A nagyvad miatti újulathiány kérdésének vizsgálata

Az újulat durva rágottsága (a csúcs- és oldalhajtások erős rágottságának, illetve bonsai jellegű torzulásának magas gyakoriságértékei), az újulatborítás-kategóriák gyakoriság-eloszlása (az 1%-nál alacsonyabb újulatborítás magas gyakoriságértékei), valamint az állománykorral való összefüggés-nél mutatkozó ellentmondások (a magas újulat „rendellenes” viselkedése) alapján indokoltnak tűnt

megvizsgálni, hogy vajon az újulat sok esetben szerény mennyiségi reprezentáltsága (különösen a magas újulat látványos hiánya) nem vezethető-e le a nagyvad fajok élőhelyhasználatából? Másként fogalmazva: a viszonylagos újulathiány (az újulat csekély mennyisége vagy teljes hiánya) mögött indirekt módon kimutatható-e esetleg a nagyvad fajok hatása?

A kérdéskör vizsgálatához olyan, a projektben felvett egyéb változókat kerestünk, melyek viszonylag nagyszámú mintára állnak rendelkezésre, és amelyek közvetlenül, direkt adatként rögzítik (vagy rögzíthetik) a nagyvad hatását.

A változókkal szemben felállított kritériumoknak a plot területén (bináris adatként) felvett hántás/hántottság sajnos nem tett eleget, mert ezt az adatot egyrészt átmérőosztály-függően (csak a 20 cm-nél vékonyabb frakcióra) rögzítettük, másrészt a 2012 db hántással érintett mintaterület az összes középkorú-idős erdőnek csak 3,54%-át teszi ki, így az alacsony mintaszám miatt összefüggések nyomozására kevésbé alkalmas. Más okból (az újulatborításhoz kötött felvételezés miatt) ugyancsak kiesett a lehetséges változók közül az elemzéssel már érintett rágottsági kategória is.

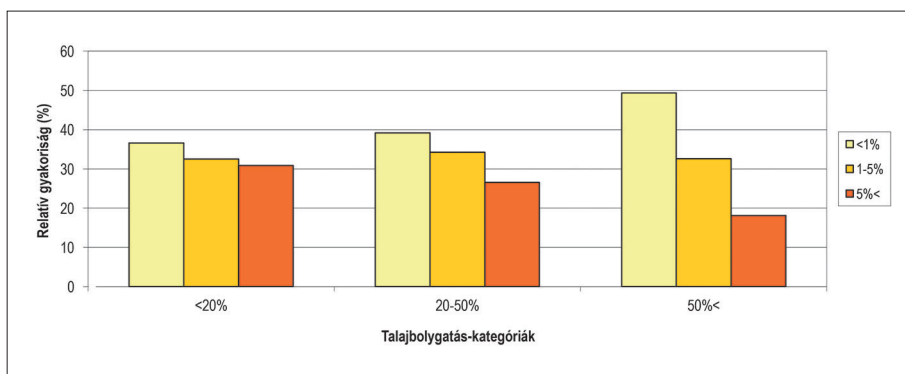
Lehetséges változóként felmerült viszont az összes (56 774 db) középkorú-idős erdő besorolású mintaterületre rendelkezésre álló talajbolygatás-arány, melyhez kiegészítő adatként (összesen 48 798 db mintaterület esetében) azt is felvettük, ha a talajbolygatás meghatározó tényezője a nagyvad taposása és túsása volt. Látókörünkbe került továbbá a nitrofil és bolygatásjelző növények aránya, amely az előzetes tapasztalatok szerint a nagyvad jelenlétére (taposás, talajbolygatás, trágyázás) határozottan reagál. Utóbbi változót ugyan csak 5% gyepszintborítás felett rögzítettük a projektben, a 33 538 mintára rendelkezésre álló adat felhasználása mégis indokoltnak tűnt. A talajbolygatás-arány és a nitrofil-arány adata együtt összesen 28 423 mintaterületre állt rendelkezésre, s a két változó között pozitív és szignifikáns kapcsolat ($\tau_B = 0,135$; $p < 0,001$) is mutatkozott.

Az egyszerűsített újulat borítási kategóriák (<1%, 1-5%, 5%<) összevont talajbolygatás-kategóriák (<20%, 20-50%, 50%<) szerinti gyakoriság-eloszlása a talajbolygatás mértéke és az összes újulat mennyiségi reprezentáltsága között (a középkorú-idős erdők teljes halmazára) mérsékelt erősségű, negatív összefüggést mutat (5. ábra). Az alacsony újulatra elkészített elemzésnél szinte teljesen azonos gyakoriság-eloszlásokat kapunk, de (nyilván eltérő gyakoriságértékek mellett) még a gyengén reprezentált magas újulatnál is megfigyelhető a negatív összefüggés. Az eredmények (alacsony, magas és összes újulatra) kis különbségekkel tájegységi bontásban is közel azonos képet mutatnak. Vagyis a nagyvad által okozott talajbolygatás mértékének növekedésével kisebb gyakorisággal, kisebb valószínűséggel van jelen magasabb borítású újulat a vizsgált területeken.

A nagyvad által okozott talajbolygatás és az újulatborítás közötti korreláció vizsgálata (48 798 mintára) a fentebb már felvázolt összefüggést a középkorú-idős erdő főkategóriájú minták teljes halmazára megerősítette. Az alacsony ($\tau_B = -0,111$) és a magas ($\tau_B = -0,077$) újulat esetében is szignifikáns ($p < 0,001$), negatív kapcsolatot sikerült kimutatni. A kapcsolat mindhárom tájegységnél, mindkét újulati kategóriára negatív előjelű és szignifikáns. A legerősebb összefüggéseket a Börzsöny esetében kaptuk, míg a Mátra és az Aggteleki-karszt értékei a teljes halmazhoz viszonyítva némileg gyengébbek.

Az egyszerűsített újulat borítási kategóriák (<1%, 1-5%, 5%<) nitrofil és bolygatásjelző arány kategóriák (<20%, 20-50%, 50%<) szerinti gyakoriság-eloszlása a fentebbi, talajbolygatás szerinti eloszláshoz (5. ábra) nagyon hasonló, de gyengébb összefüggést mutat (az ábrát külön nem közöljük). A nitrofil és bolygatásjelző növények gyepszinten belüli relatív borítási aránya és az újulatborítás mértéke közötti korreláció vizsgálata (33 538 mintára) során szintén gyenge összefüggést kaptunk,

de az alacsony ($\tau_B = -0,026$) és a magas ($\tau_B = -0,069$) újulat esetében is szignifikáns ($p < 0,001$), negatív kapcsolatot sikerült kimutatni. A kapcsolat a Mátra és az Aggteleki-karszt esetében mindkét újulati kategóriára negatív előjelű és szignifikáns. A Börzsönyben a kapcsolatok szintén negatív előjelűek, de az alacsony újulat esetében ez nem szignifikáns. A Mátra adatsorai a teljes halmazhoz képest jóval erősebb összefüggéseket mutatnak, míg az Aggteleki-karszt τ_B értékei a teljes halmaz adataival közel megegyezők. A leggyengébb összefüggéseket a Börzsöny esetében, ott is az alacsony újulatnál ($\tau_B = -0,005$) kaptuk. Utóbbi jelenség – vagyis hogy az alacsony újulat és a nitrofil és bolygatásjelző növények jelentősebb borítása sok helyütt együtt, egy helyszínen jelentkezik – valószínűleg a már említett természetes bolygatásokkal hozható összefüggésbe.



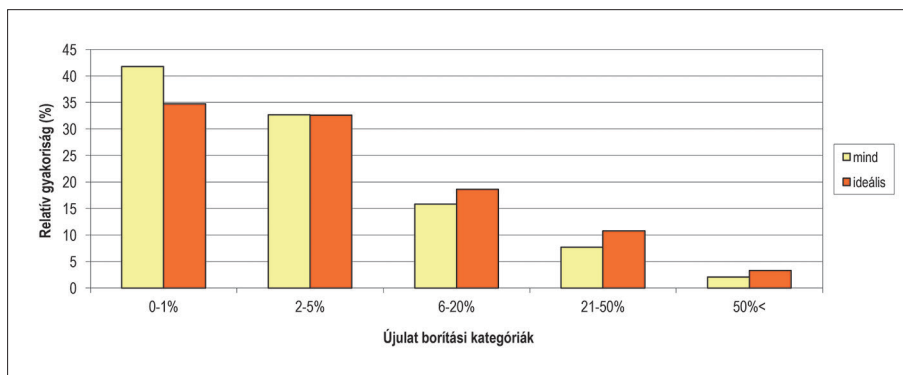
5. ábra: Az összes (alacsony+magas) újulat borítási kategóriák gyakorisága a talajbolygatás kategóriákon belül (középkorú-idős erdők, minden korosztály, vadtaposott területek, 48 798 plot)

Figure 5: Relationships between regeneration cover (low and high summed) and soil disturbance categories (mature stands, all ages, trampling by wild game, 48 798 plots)

Az állománykor (PLOT_KOR) szerinti elemzésnél kapott gyenge összefüggések rávilágítanak, hogy az újulat megtelepedése/jelenléte szempontjából legkedvezőbb helyzetet önmagában az állománykor még nem definiálja. Éppen ezért általános erdőkológiai ismeretek alapján, a projektadatokra és a rendelkezésre álló erdészeti adattári adatokra támaszkodva megkíséreltük megfogalmazni azt az állományszerkezeti szituációt, amely mellett az újulatot legnagyobb valószínűséggel várhatjuk.

Az újulat szempontjából ideálisnak vélt helyzetet a középkorú-idős erdők 80 év feletti, 20–90% záródással leírt, 50%-nál kisebb felszíni kövességgel és 50%-nál alacsonyabb cserjeborítással rendelkező állományaival definiáltuk. Ebben a megközelítésben az állománykor és a záródás szempontjainak figyelembevételén túl a szélsőséges termőhelyek és a jelentősebb cserje-konkurencia kizárása is megtörtént. Az így kapott halmaznál (13 201 minta) az alacsony újulat legalább szórványos (de 1% feletti borítást adó) jelenlétét már elvárhatónak ítéltük.

Előzetes várakozásunk ellenére „ideális” esetben az összes újulat gyakoriság-eloszlása a teljes mintához képest alig különbözik (6. ábra). Az idős (magtermő kor feletti), záródáshiányos, szélsőségektől mentes termőhelyen álló, mérsékelten cserjés állományokban nagyobb gyakorisággal/valószínűséggel lehet ugyan magasabb újulatborítás, de az eltérés nem jelentős. Az 5% feletti újulatborítás („újulat sok”) gyakorisága csak csekély mértékben emelkedett, az 5%-nál kevesebb újulattal rendelkező minták („újulat alig”) ugyanakkor még így is közel 70%-ot tesznek ki.



6. ábra: Az összes (alacsony+magas) újulat borítási kategóriák gyakorisága a középkorú-idős erdőkben és azok 80 év feletti ideális részhalmazában (minden korosztály, mind = 56 774 szubplot, „ideális” = 13 201 szubplot)

Figure 6: Relative frequency of regeneration cover classes (low and high summed) in all mature stands, all ages (56 774 subplots) and in the „ideal” subset (13 201 subplots)

A csülkös vad fajok hatása tehát az ideálisnak vélt esetben is érvényesül. Ha az újulatborítás vad általi talajbolygatástól való függőségét vizsgáljuk az „ideális” részhalmazon (a vadtaposás jelenléte utaló adat további szűkítő hatása miatt ez esetben csak 8 392 mintán), negatív, szignifikáns ($p < 0,001$) összefüggéseket kapunk. Mindez az alacsony ($\tau_B = -0,079$) és a magas újulatra ($\tau_B = -0,066$) is igaz, de fontos megjegyeznünk, hogy a kapcsolatok alig szorosabbak, mint a teljes halmaz esetében.

Az újulatborítás nitrofil aránytól való függősége az „ideális” részhalmaz (13 201 minta) esetében sem változott lényegesen a teljes halmazhoz képest. A nitrofil arány – a nagyvad által okozott talajbolygatás mértékét rögzítő változóval ellentétben – láthatóan kevésbé tűnik alkalmasnak az újulatborítás-viszonyok magyarázatára.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS KITEKINTÉS

A természetes újulatra felvett minőségi (rágottsági), méretbeni (alacsony és magas újulat arányra vonatkozó), valamint mennyiségi (borítást rögzítő) adatsorai a csülkös vad fajok és az újulat kapcsolatrendszerének számos aspektusára világitanak rá.

A vizsgált területeken egyértelműen magas rágottság jellemzi a középkorú-idős erdők újulatát, s a rágottság mértéke csak a bükkös állományokban (az ottani újulat bükk dominanciája miatt) csökken valamelyest. Természetesen a felújítás alatt álló erdőkben (tájegységenként változó gyakorisággal) jelen levő vadvédelmi kerítések is mérséklék a rágottságot, ezen létesítményeknek ugyanakkor láthatóan nincs érdemi hatásuk az összkép alakítására. A durva rágottság (a csúcs- és oldalhajítások erős rágottsága, illetve bonsai jellegű torzulása) magas gyakoriságértékei (65,58–75,13%) mindhárom tájban meghatározóak, s az ismert vadlétszám (becslés és lelövés) adatokkal együtt értékelve előrevetítik az újulat lassabb növekedését, a felcseperedő fagyedek részben hosszú távon is megmaradó alaki hibáit és potenciálisan kedvezőtlen egészségi állapotát.



Sarkalatos kérdés, hogy a nagyvad közvetlenül vizsgálható hatásain túl kimutatható-e, igazolható-e annak az újulat mennyiségi viszonyaira kifejtett hatása. Azt ugyan pontosan nem tudjuk, hogy a zömmel vágásos gazdálkodással kezelt, relatíve zárt és jellemzően középkorú-idős (tájegységenként 76,72–95,17%-ban 40 év feletti, illetve 34,42–56,07%-ban 80 év feletti) állományokat magukba foglaló erdőtömbökben mi lehet(ne) a reális újulatborítás-elvárás, de a durva rágottsági adatokból arra következtethetünk, hogy a nagyvadállomány miatt valamilyen mértékű újulatborítás-hiány biztosan van. Különösen szembetűnő az 1%-nál alacsonyabb összes újulat borítással rendelkező minták (= „újulat alig”) magas aránya (a középkorú-idős erdők teljes halmazán 41,75%, a Börzsönyben 37,61%, a Mátrában 46,01%, az Aggteleki-karszton pedig 49,38%), amely mögött joggal gyaníthatjuk a nagyvad hatását. Tehetjük ezt mindazért, mert az 1%-nál alacsonyabb újulatborítás gyakorisága még a legkedvezőbb faállományszerkezeti jellemzők mellett is jelentős. Az „ideális” esetben ugyanis a középkorú-idős erdők teljes halmazán 34,75%, a Börzsönyben 33,39%, a Mátrában 34,91%, az Aggteleki-karszton pedig 40,21% az „újulat alig” kategória gyakorisága.

Természetesen a már magtermő korú, középkorú-idős erdőkben az újulat szerény mennyiségi reprezentáltságának a nagyvad mellett számos egyéb oka is lehet. A tölgyfajok esetében a rapszodikus, csak 5–8 évente mutatózó erősebb makktermés, a különböző károsító és fogyasztó szervezetek és a kedvezőtlen időjárási körülmények (leginkább az aszályos periódusok) egyaránt akadályozhatják az újulat meglepedését, megmaradását. E tényezők nyilván jelen vannak (voltak) a vizsgálati területeken is, de a tájegységi szintű összkép kialakulásában (s ezt a magas mintaszám is megerősíti) csak másodlagos szerepük lehet. A magtermő korú erdők magas aránya mellett ezen hatásoknak ugyanis évtizedeken át, rendszeresen és szisztematikusan kellett volna érvényesülniük ahhoz, hogy a leírt helyzet kialakulhasson. Mivel az újulat meglepedéséhez időszakonként mindig adódnak kedvezőbb feltételek, a viszonylagos újulathiány jelensége mögött más tényezőt kell sejtelnünk, így a figyelem ismételten a nagyvadfajok felé fordul.

A magas újulat alacsony újulathoz képest erősen elmaradó borításértékei, illetve egyéb állapotleíró változókkal való „rendellenes” viselkedése szintén arra utal, hogy a magas újulat mennyiségét szintén valamilyen generális, a vizsgálati területek egészén érvényesülő tényező alakítja. Itt külön fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a magas újulat magassági definíciójának alsó határa (0,5 m) a csülkösvad fajok preferált „rágási magasságában” van. Vagyis ahol határozott, erős vadnyomás/vadrágás érvényesül, ott ez óhatatlanul megjelenik a magas újulat borítási adataiban, mivel az alacsony újulat tartósan nem tud a 0,5 m-es magasság fölé nőni (ha ez évközben meg is történik, a csúcshajtást nagy eséllyel vissza fogja rágni a nagyvad az elkövetkező téli időszakban).

A nagyvad újulatborításra kifejtett negatív hatását legmarkánsabban a vadtaposott-bolygatott talajú állományok és az újulat mennyiségi viszonyainak kimutatott összefüggései támasztják alá. Az elemzések során mindhárom tájegységnél és mindkét újulati kategóriára negatív előjelű és szignifikáns kapcsolatot tártunk fel. Vagyis ahol nagyobb mértékű vadjárást regisztráltunk, ott nagyobb valószínűséggel találunk szerény, „újulat alig” kategóriába sorolható újulatborítást. Közvetve szintén igazolta a nagyvad újulatborításra kifejtett hatását a gyepszint nitrofil részeseződésének értékelése. Itt az elemzések (mindhárom tájegységre, mindkét újulati kategóriára) szintén negatív, szignifikáns kapcsolatot tártak fel, ez azonban némileg gyengébb volt, mint a vadtaposott-bolygatott talajú állományok viszonylatában. A gyengébb kapcsolat oka a nitrofil elemek vadhatáson túlmutató, egyéb okok (természetes bolygatások, gazdálkodás okozta bolygatások, humán hatások, akác gyomosító hatása stb.) miatti megjelenése lehet.

A fenti, jórészt közvetett érv alapján a viszonylagos újulathiány és a nagyvadállomány közötti kapcsolatot igazolnak látjuk. Vagyis azt állítjuk, hogy a vizsgált középhegységi tájakban jelentősen alacsonyabb vadlétszám mellett a természetes újulat borítási viszonyai kedvezőbben alakulnának. Jóval alacsonyabb lenne az 1%-nál kevesebb újulattal rendelkező állományok („újulat alig”) gyakorisága, illetve jóval magasabb lenne az 5%-nál több újulattal rendelkező állományok („újulat sok”) gyakorisága. Ezen felül a legkedvezőbb („ideális”) faállományszerkezeti jellemzők mellett az újulatborítás (azon belül a magas újulat borítás) jelentős növekedéséhez is adottak lennének a feltételek.

Az újulatborítás-kategóriák alacsonyabb vadlétszám/vadhatás melletti eloszlására vonatkozóan pontos predikció természetesen nem tehető. Az újulatborítás kérdésével kapcsolatban a teljes igazságot (a tájegységi jellemzők függvényében) ugyanis csak nagyobb területeket érintő vadkizárásos kísérletekkel lehetne feltárni. Ebben az esetben persze a nagyvad felújulásra kifejtett egyéb hatásai (így például a magbeforgatás) is „kiesnének” a rendszerből, viszont az így kapott eredmények alapján vélhetően közelebb jutnánk az erdei életközösséggel harmonizáló vadlétszám melletti újulatjellemzők (fajösszetétel, borítás, mintázat, vertikális tagoltság stb.) megismeréséhez.

Végezetül egyfajta kitekintésként meg kell említenünk, hogy a természetes újulat erős rágottsága és középkorú-idős erdőkben is szerény mennyiségi reprezentáltsága a vizsgált középhegységi erdőkben folytatott gazdálkodás, illetve az erdők egyéb szempontok szerinti fenntartása szempontjából is alapvető szakmai kérdéseket vet fel, melyek közül három hangsúlyosabb témakört külön is kiemelünk:

1. Az erős vadhatás következtében a vágásos üzemmódban kezelt, őshonos fafajú erdők az esetek nagy többségében igen gyenge újulat-ellátottsággal „érkeznek meg” a véghasználati kor határára. Az erdőfelújítást szolgáló beavatkozások (felújítóvágás, szálalóvágás) az újulat megtelepedési feltételeit a záródásviszonyok átalakításán keresztül természetesen (*ab ovo*) javítják, de a magtermő kor elérése óta eltelt 3–5 évtized az újulat szempontjából részben elvesztegetett időszak. Megjegyzendő még, hogy a felújítási célú beavatkozások önmagukban az újulat megmaradását csak kis részben (a tömegességi viszonyok megváltoztatása okán) segítik, az esetek jelentős hányadában (leginkább a Mátra déli, tölgyes régiójában és az Aggteleki-karszton) vadvédelmi kerítés építésére van szükség ahhoz, hogy a felújítási folyamat sikeres legyen. Mindez kiváltható lenne, illetve egy átlagos erdőfelújítás sikeresebb lehetne a vadhatás mérséklésével, az újulat megtelepedésének és megmaradásának magtermő kortól való biztosításával.

2. Fontos kérdés, hogy erős vadhatás mellett milyen eséllyel lehet (vadvédelmi kerítés nélkül) a folyamatos erdőborítást biztosító erdőgazdálkodás felé elmozdulni. A vizsgált középhegységi tájak közül folyamatos erdőborítás melletti (örökerdő és átmeneti üzemmódban folytatott) gazdálkodás a Börzsöny (20% körüli részesedés) és a Mátra (10% körüli részesedés) területén zajlik. A folyamatos erdőborítást célozva már kezelésbe vont erdőknél, illetve a közeljövőben így kezelendő állományoknál egyaránt nagy előny lenne, ha a felújulás folyamata minél természetesebb keretek között történne, vagyis a nagyvad hatásától jórészt függetlenül kialakult újulati szinten alapulna. Ehhez szintén a nagyvadfajok hatásának markáns csökkentésére lenne szükség.

3. Az aktív erdőgazdálkodás hatósugarán kívül eső, legfeljebb erdőfenntartási munkákkal érintendő, faanyagtermelést nem szolgáló üzemmódba sorolt erdők (védőerdők, egyes fokozottan védett erdőterületek, erdőrezervátum-magterületek, természeti övezetbe sorolt erdők) legtöbbször komoly újulathiánnyal küzd. A természetes dinamikai folyamatok közül a felső szintű dinamika (mortalitás,



holtfa képződés) mindenhol működik, azonban a felújulás a nagyvad hatása miatt sok helyütt erősen kontrollált. Márpedig újulat nélkül ezen erdők hosszú távú fennmaradása nem biztosítható. Ennek megfelelően nagyon fontos erdőfenntartási teendő lenne a növényevő nagyvad hatásának csökkentése a faanyagtermelést nem szolgáló üzemmódba sorolt állományokban (is).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az alapadatok felvételezése a Svájci-Magyar Együttműködési Program (SH/4/13) keretében folyt, míg az adatfeldolgozáshoz és az itt közölt eredmények kidolgozásához a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alap (K135252) biztosított keretet. Köszönet illeti a terepi felmérésben és adatelőkészítésben közreműködő összes felmérőt, kollégát!

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Beguín J., Tremblay J.-P., Thiffault N., Pothier D. & Côté S. D. 2016: Management of forest regeneration in boreal and temperate deer-forest systems: challenges, guidelines, and research gaps. *Ecosphere* 7(10): e01488 <https://doi.org/10.1002/ecs2.1488>
- Bence L. 1952: Vadállományunk és vadkár. *Erdőgazdaság* 6(16): 13., 6(17): 12.
- Bence L. 1960: Erdőgazdasági vadkárok és a vadkárelhárítás helyzete. *Az Erdő* 9(5): 161–165.
- Carpio A. J., Apollonio M. & Acevedo P. 2020: Wild ungulate overabundance in Europe: contexts, causes, monitoring and management recommendations. *Mammal Review* 51(1) <https://doi.org/10.1111/mam.12221>
- Caudullo G., De Battisti R., Colpi C., Vazzola C. & Da Ronch F. 2003: Ungulate damage and silviculture in the Cansiglio Forest (Veneto Prealps, NE Italy). *Journal of Nature Conservation* 10(4): 233–241. <https://doi.org/10.1078/1617-1381-00023>
- Côté S., Rooney T. P., Tremblay J.-P., Dussault C. & Waller D. M. 2004: Ecological impacts of deer overabundance. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 35: 113–147. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105725>
- Cutini A., Chianucci F. & Apollonio M. 2014: Wild ungulates and forests in Europe: Insights from long term studies in Central Italy. In: *Proceedings of the Second International Congress of Silviculture, Florence, Italy, November 26th–29th*, 509–517.
- Felton A. M., Hedwall P., Felton A., Widemo F., Wallgren M., Holmström E., Löfmarck E., Malmsten J. & Wam H. K. 2022: Forage availability, supplementary feed and ungulate density: Associations with ungulate damage in pine production forests. *Forest Ecology and Management* 513: 120187 <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120187>
- Holdampf Gy. 1962: A vadkárokról. *Az Erdő* 11(6): 267–272.
- Katona K., Fehér Á., Bleier N., Hejler P. & Szemethy L. 2015: Patások erdei élőhelyeken tapasztalható hatásainak felmérése: a vadhatás monitoring. *Vadbiológia* 17: 1–7.
- Katona K., Hajdu M., Farkas A. & Szemethy L. 2013: Hazai bükkösök konzervációja: szálaló üzemmód és szelektív vadragás. *Tájökológiai Lapok* 11(2): 223–228.
- Katona K., Szemethy L. & Csányi S. 2011: Forest management practices and forest sensitivity to game damage in Hungary. *Hungarian Agricultural Research* 20(1): 12–16.
- Katona K., Szemethy L., Hajdu M. & Csépanyi P. 2009: A folyamatos erdőborítás és a vadállomány harmonikus kapcsolata a Pilis-tető bükköseiben. *Erdészeti Lapok* 144(7–8): 240–242.
- Kovács K., Ferenc J. & Kondor I. 2009: Vadállomány által okozott károsítás. *Erdészeti Lapok* 144(2): 43–44.
- Less N. 1991: A természetvédelem és a vadkár kapcsolatáról. *Erdészeti Lapok* 126(3): 88.
- Mráz B., Penksza K. & Katona K. 2016: A vaddisznó (*Sus scrofa*) magterjesztő szerepének ökológiai értékelése. *Vadbiológia* 18: 44–50.
- Nagy I. (ed.) 2020: Erdei vadkárfeleltételezési és értékelési útmutató. *Földművelésügyi Értesítő* 70(13): 434–511.
- Náhlík A. 2022: Az erdő és nagyvad kapcsolatának hazai kutatásai az elmúlt fél évszázadban. *Erdészeti Lapok* 157(11): 387–393.

- Nopp-Mayr U., Reimoser S., Reimoser F., Sachser F., Obermair L. & Gratzner G. 2020: Analyzing long-term impacts of ungulate herbivory on forest-recruitment dynamics at community and species level contrasting tree densities versus maximum heights. *Scientific Reports* 10: 20274 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76843-3>
- Olasz F., Mészáros I., Tamás V., Bálint Á., Bruczyńska, M., Wozniakowski, G. & Zádori Z. 2019: Az afrikai sertéspestis járványtana és a védekezés lehetőségei. *Magyar Állatorvosok Lapja* 141(2): 101–115.
- Pellerin M., Said S., Richard E., Hamann J. L., Dubois-Coli C. & Hum P. 2010: Impact of deer on temperate forest vegetation and woody debris as protection of forest regeneration against browsing. *Forest Ecology and Management* 260(4): 429–437. <https://doi.org/10.1016/j>
- Petersson L. K., Dey D. C., Felton A. M., Gardiner E. S. & Löf M. 2020: Influence of canopy openness, ungulate exclosure, and low-intensity fire for improved oak regeneration in temperate Europe. *Ecology and Evolution* 10: 2626–2637. <https://doi.org/10.1002/ece3.6092>
- Ramirez J. I., Jansen P. A., Ouden J., Goudzwaard L. & Poorter L. 2019: Long-term effects of wild ungulates on the structure, composition and succession of temperate forests. *Forest Ecology and Management* 432: 478–488. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.049>
- Ramirez J. I., Jansen P. A. & Poorter L. 2018: Effects of wild ungulates on the regeneration, structure and functioning of temperate forests: A semi-quantitative review. *Forest Ecology and Management* 424: 406–419. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.016>
- Reimoser F. 2003: Steering the impacts of ungulates on temperate forests. *Journal of Nature Conservation* 10: 243–252. <https://doi.org/10.1078/1617-1381-00024>
- Reimoser F., Armstrong H. & Suchant R. 1999: Measuring forest damage of ungulates: what should be considered. *Forest Ecology and Management* 120(1–3): 47–58. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00542-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00542-8)
- Reimoser F. & Putman R. 2011: Impacts of wild ungulates on vegetation: costs and benefits. In: Putman R., Apollonio M. & Andersen R. (eds.): *Ungulate Management in Europe: Problems and Practices*. Cambridge University Press, Cambridge, 144–191.
- Schmidt M., Sommer K., Kriebitzsch U.-W., Ellenberg H. & Oheimb von G. 2004: Dispersal of vascular plants by game in northern Germany. Part I: Roe deer (*Capreolus capreolus*) and wild boar (*Sus scrofa*). *European Journal of Forest Research* 123: 167–176. <https://doi.org/10.1007/s10342-004-0029-3>
- Simon T. 2009: Vadállomány által okozott élőhely változás. In: Kolozs L. (szerk.): *Erdővédelmi Mérő- és Megfigyelő Rendszer (1988–2008)*. MGSZH Központ Erdészeti Igazgatóság, Budapest, 92–107.
- 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. <https://doi.org/10.1556/168.2016.17.2.5>
- 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, 109–187.*
- Standovár T., Szmorad F., Kelemen K. & Kenderes K. 2017b: Az erdőállapot-felmérés eredményei. In: Standovár T., Bán M. & Kézdy P. (eds.): *Erdőállapot-értékelés középhegységi erdeinkben. (Rosalia 9.) Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 189–439.*
- Szmorad F., Kelemen K., Kenderes K. & Standovár T. 2021: Északi-középhegységi erdők összetételének, szerkezetének és holtfa-viszonyainak összehasonlító elemzése. *Erdészettudományi Közlemények* 11(1–2): 5–25.
- Velamazán M., San Miguel A., Escribano R. & Perea R. 2018: Compatibility of regeneration silviculture and wild ungulates in a Mediterranean pine forest: implications for tree recruitment and woody plant diversity. *Annals of Forest Science* 75(35) <https://doi.org/10.1007/s13595-018-0715-9>
- Zoltán L. & Standovár T. 2018: A 2014-es jégtörés tulajdonságai és az azt követő erdészeti fakitermelés hatásai a Börzsöny erdeiben. *Természetvédelmi Közlemények* 24: 208–216.

Országos Erdőállomány Adattár (2016. január 1-i állapotleíró adatok)

Országos Vadgazdálkodási Adattár (1960–2020. évek adatai) / <http://www.ova.info.hu>

Érkezett: 2023. július 24.

Közlésre elfogadva: 2023. augusztus 28.



Nagycenki hársfasor

A nagycenki hársfasort 1754 és 1760 között ültették, így kora megközelíti a 270 évet. Az 1942 óta természetvédelmi oltalom alatt álló, közel 2,3 km hosszúságú fasor – eredetileg mintegy 600 kislevelű hárs (*Tilia cordata*) egyedből állt. Ennek közel fele ma is nagy valószínűséggel az eredeti állományból származik. A fák ültetési távolsága 7,58 m, a két fasor közötti távolság 22,75 m. A kettős fasor jellegzetes példája az ún. „allée vert”-nek, melynek közepén zöld gyepfelület húzódik. A fasor elsősorban kultúrtörténeti és természeti emlék, de az idős, gyakran korhadó, odvas fák jelentős szerepet töltenek be a biodiverzitás fenntartásában. (Forrás: FHNP honlap).

Fotó és szöveg: Ábri Tamás (SOE ERTI)

TARTALOMJEGYZÉK

13. ÉVFOLYAM 2. SZÁM

<i>Kollár Tamás</i>	
Csertölgy (<i>Quercus cerris</i>) állományok fatermési függvénye és táblája az ERTI tartamkísérleti hálózatának adatbázisa alapján	77–101
<i>Séllei Dániel, Tóth Viktória és Winkler Dániel</i>	
Holtfa mikroéőhelyek ugróvillás-közösségeinek vizsgálata	103–122
<i>Horváth Dénes és Fehér Sándor</i>	
Gyenge minőségű tölgy rönkökből készült lamellák kihozatali eredményei	123–129
<i>Eötvös Csaba Béla, Tóth Máté, Hirka Anikó, Fűrjes-Mikó Ágnes, Gáspár Csaba, Paulin Márton, Lakatos Ferenc és Csóka György</i>	
A tölgy-csipkésposloska [<i>Corythucha arcuata</i> (Say, 1832)] rövid távú terjedését befolyásoló tényezők tölgyeseinkben	131–144
Az Acta Silvatica & Lignaria Hungarica 18. és 19. évfolyamában (1–2. szám) megjelent tanulmányok címei és kivonatai	145–154

CONTENTS

VOL. 13 Nr. 2

<i>Tamás Kollár</i>	
Forest yield function and table of Turkey oak (<i>Quercus cerris</i>) stands by the FRI's long duration research network database	77–101
<i>Dániel Séllei, Viktória Tóth and Dániel Winkler</i>	
Study on springtail communities of dead wood microhabitats	103–122
<i>Dénes Horváth and Sándor Fehér</i>	
Amount of lamellae derived from low-quality oak logs	123–129
<i>Csaba Béla Eötvös, Máté Tóth, Anikó Hirka, Ágnes Fűrjes-Mikó, Csaba Gáspár, Márton Paulin, Ferenc Lakatos and György Csóka</i>	
Factors influencing the short-distance spread of oak lace bug [<i>Corythucha arcuata</i> (Say, 1832)] in Hungarian oak forests	131–144
Titles and abstracts of papers published in the 18th and 19th volume (Nr. 1–2.) of the Acta Silvatica & Lignaria Hungarica	145–154



Elemi kérdés

A SOE Erdészeti Tudományos Intézetének sárvári ökológiai laboratóriumában modern analitikai műszerek támogatják a talaj-, növény- és vízminták elemzésére épülő erdészeti ökológiai kutatásokat. Segítségükkel lehetőség nyílik szén-, nitrogén- és kén-tartalom meghatározására, valamint fémanalitikai mérések nagy pontosságú elvégzésére, elősegítve ezáltal az erdőállományok elemkörforgásáról, tápanyaghasznosításáról rendelkezésre álló ismereteink bővítését.

Fotó: Benke Attila, szöveg: Berczki Katalin (SOE ERTI)

CSERTÖLGY (*QUERCUS CERRIS*) ÁLLOMÁNYOK FATERMÉSI FÜGGVÉNYE ÉS TÁBLÁJA AZ ERTI TARTAMKÍSÉRLETI HÁLÓZATÁNAK ADATBÁZISA ALAPJÁN

Kollár Tamás

*Soproni Egyetem – Erdészeti Tudományos Intézet
Ökológiai és Erdőművelési Osztály*

Kivonat

Csertölggy fatermési táblát a magyarországi tartamkísérleti hálózat adatai alapján 1974-ben Hajdú Gábor, majd pedig 1983-ban Kovács Ferenc publikáltak. Azóta jelentős adattömeg halmozódott fel a Soproni Egyetem – Erdészeti Tudományos Intézetének (SOE – ERTI) hosszúlejáratú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának újrafelvételezéseiével. Ezen adatbázis alapján fatermési függvény és fatermési tábla készült a csertölggy fatermésének pontosabb becslése érdekében. 343 db parcella 958 digitalizált jegyzőkönyvét dolgoztuk fel, mely alapján jelentős különbségeket tapasztaltunk a korábbi táblákhoz képest. A hagyományos fatermési tábla elkészítése mellett részletesen megadjuk a számítások módját, mely alapján kiszámítható egy állomány egyedi növekedési trendje. A táblák 100%-os csertölggy elegyarányt, záródást és sűrűséget feltételezve készültek.

Kulcsszavak: csertölggy, fatermési tábla, növedék, tartamkísérleti hálózat, adatbázis

FOREST YIELD FUNCTION AND TABLE OF TURKEY OAK (*QUERCUS CERRIS*) STANDS BY THE FRI'S LONG DURATION RESEARCH NETWORK DATABASE

Abstract

Yield table of Turkey oak by the Forest Research Institute's long duration research network was publicised in 1974 by Gábor Hajdú, and later in 1983 by Ferenc Kovács. Since then, a great amount of data was accumulated from the University of Sopron – Forest Research Institute's (UOS – FRI) long duration forest yield and silvicultural research network by continuous recordings. From that database new yield functions and yield tables were made in favour of more accurate estimation of Turkey oak yield. 958 digitalised records from 343 parcels were processed, from that great differences were noticed compared to the previous tables. Besides making the traditional yield table, the methods of calculations were given in detail, from which a forest stand's individual growth trends can be calculated. The tables were made assuming a 100% Turkey oak mixture ratio, closure and density.

Keywords: Turkey oak, yield table, increment, long duration research network, database



BEVEZETÉS

A csertölgy 213 ezer ha területet borít Magyarországon, élőfakészletét 49 millió m³-re becsli az Országos Erdőállomány adattár (NFK-EF 2020). Éves növedéke 1 millió m³, éves fahasználata 0,8 millió m³ a becslések szerint. Területaránya az országos erdőterület 11%-a, míg fatömege valamivel többet, 13%-ot teszi ki. Fája kevésbé értékes, főként tűzifaként hasznosítják, azonban gazdasági jelentősége így is jelentős, fatermésének vizsgálata ezért nagy fontosságú.

Erdőrendezési adatok alapján készült 1974-ben Sopp László cseres fatermési táblája (Sopp et al. 1974). A csertölgyre vonatkozó hazai fatermési táblát a tartamkísérletek adataira alapozva először Hajdú jelentetett meg (Hajdú 1974), majd Kovács adta ki újabb tábláját (Kovács 1983).

A fatermési táblákat a tartamkísérletek eredményei alapján időszakosan felül kell vizsgálni (Somogyi 1989). Az az óta eltelt több mint három évtized felvételi adatai és az informatikai technológia fejlődése célszerűvé teszi új fatermési tábla létrehozását és korszerű függvényesített publikálását. Ennek egyik oka, hogy a különböző korszerű biológiai modellek (pl. szén körforgalom, klímaváltozás hatásai, országos erdőleltár növedékesítése stb.) bemenő adata lehet egy fatermési függvény.

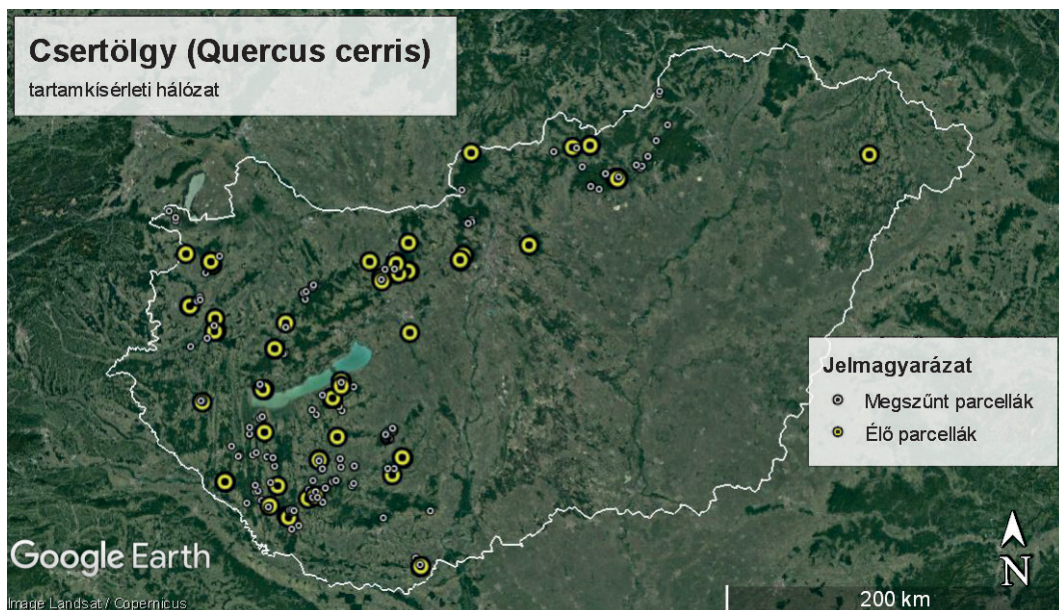
Az ERTI első új generációs fatermési táblája a bükk fafajra készült el (Kollár 2023), amely módszertana alapján folytatjuk az új fatermési táblák kiadását a csertölgygel.

AZ ADATGYŰJTÉS HELYE, MÓDSZERE

A SOE – ERTI hosszúlejáratú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózata

A fatermési táblák szerkesztésének kiinduló adatait a Soproni Egyetem – Erdészeti Tudományos Intézetének (SOE – ERTI) hosszúlejáratú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának (Birck et al. 1962, Béky et al. 1993,) cser főfafajú parcellái adják (1. ábra), melyek az 1960-as évektől állnak rendelkezésünkre. A kísérleti parcellák kitűzésének, felvételének és fenntartásának módszertanát, illetve az erdészeti tartamkísérleti adatrendszer felépítését Kollár & Borovics (2021) cikke tartalmazza részletesen.

Jelen fatermési tábla szerkesztéséhez az erdészeti tartamkísérleti adatrendszer digitálisan hozzáférhető csertölgy főfafajú parcelláinak adatait használtuk fel a 2021-es évig. Ezek a parcellák felölelik a magyarországi hegy- és dombvidékek változatos termőhelyi és koreloszlású csereszeit a legjobb fatermőképességtől a leggyengébb állományokig. Ez 343 db parcella 958 digitalizált jegyzőkönyvét jelenti, mely a regiszterekben szereplő cser főfafajú adattömeg 94%-a. Ez átlagosan 3 visszatérési felvételt jelent. Egyes parcellákban csak egy felvétel készült, míg maximális esetben 11 felvétel is készült 5 évtized alatt. Az átlagos visszatérési idő 9 év. A regiszterekben található egyéb parcellák és jegyzőkönyvek nem voltak feldolgozhatóak különböző adathiányok miatt (pl. terület, kor, magasság hiánya, eltérő felvételi módszertan stb.), vagy eredeti jegyzőkönyveik nem voltak fellelhetőek. A parcellák között találhatóak a fatermési célú parcellák, de szintén felhasználásra kerültek az erdőnevelési sorok parcelláinak adatai is, mivel fiatal korban indították ezeket a kísérleteket.



1. ábra: A magyarországi tartamkísérleti hálózat csertölgy (*Quercus cerris*) főfafajú parcelláinak elhelyezkedése
 Figure 1: The Hungarian long duration research network's parcels for Turkey oak (*Quercus cerris*) main species

Az adatbázis rendszerezése, elő feldolgozása

A parcellák felvételei alapján két állományrészt különítettünk el. Az egyik a teljes élőfakészletet adó élőállomány, mely a fő- és elméleti mellékállomány összege, más néven egészállomány. A másik állományrész a két felvételi periódus között eltűnt (kitermelt, lábon száradt vagy kidőlt), száradékként nyilvántartott valós **mellékállomány**, mely a kitermelt faanyagot jellemzi. A valós mellékállomány fa-térfogatót az utolsó ismert adat alapján számoltuk. Az eltűnt faegyedek fakitermelésig vagy elhalásig megtermelt növedéke nem ismert, mivel a kitermelések, illetve az egyes fák elhalásának időpontja pontosan nem meghatározható, kizárólag a felvételek dátumai. A készített fatermési tábla valós mellékállománya emiatt a valósághoz képest alábecsült.

A táblák alapjául szolgáló állományok csak kivételes esetekben teljesen elegyetlenek. Az állományok tőszámát, körlapját és fatérfogatót a körlap szerinti elegyaránnyal osztottuk, ezáltal 100%-os elegyarányra vonatkoztatott adatokat kaptunk. Az idősebb állományok esetében a záródás gyakran visszaesett a felújító vágások miatt. Ezekben az esetekben a záródás értékkel is korrigálni kellett az adatokat 100%-os záródásra. A táblaszerkesztés első lépésekor az állományok sűrűsége nem meghatározható, ahhoz az elkészült fatermési tábla szükséges, majd pedig a fatermési táblát alapul véve lehetséges az adatokat sűrűség függvényében 100% sűrűsége átszámítani.

A tartamkísérleti adatbázisból az alábbi csertölgy főfafajú adatokat használtuk fel a fatermési tábla szerkesztésére (Kollár & Borovics 2021):

A parcella Kora (év), Záródásiánya (%) körlap szerinti elegyaránya (%).

Az élőállomány (egészállomány) Felsőmagassága ($H_{f\acute{e}}$) (m), Átlagmagassága ($H_{g\acute{e}}$) (m), Átlagát-mérője ($D_{g\acute{e}}$) (cm), Törzsszáma ($N_{\acute{e}}$) (db/ha), Körlapja ($G_{\acute{e}}$) (m^2/ha), Fatérfogata ($V_{\acute{e}}$) (m^3/ha).



A valós mellékállomány (száradék) Átlagmagassága (H_{gm}) (m), Átlagátmérője (D_{gm}) (cm), Törzszám (N_m) (db/ha), Körlap (G_m) (m^2/ha), Fatérfogata (V_m) (m^3/ha).

A Folyónövedék (I_f) ($m^3/ha/év$) felvételi időszakonként lett kiszámítva a már 100%-os elegyarányra és záródásra korrigált adatokból.

A görbék simításához egy 5 éves fiatalkori és egy 200 éves időskori fiktív adatsort használtunk.

A FATERMÉSI TÁBLA SZERKESZTÉSÉNEK MÓDSZERE ÉS SZÁMÍTOTT PARAMÉTEREI

A fatermési tábla szerkesztésének alapjául az erdőmérnöki karon oktatott faterméstan tantárgy keretein belül kiadott oktatási segédlet szolgált (Veperdi 2005). A tábla adatainak számításához Microsoft 365 Excel (Microsoft 2023) és Statistica 14 (TIBCO 2020) programokat használtunk. Az élőállományt és a mellékállományt azonos módszerrel számoltuk ki, két elkülönülő állományrész-ként vizsgálva. A fatermési tábla szerkesztésekor törekedtünk a korábban publikált táblák szerkezetének megőrzésére, azonban a táblák nem teljesen egyeznek. A korábbi gyérintetlen állományokra vonatkozó főállomány és mellékállomány felosztást, a kezelt erdőkre vonatkozó élőállomány és valós mellékállomány felosztásra változtattuk. Ennek oka, hogy az elméleti mellékállomány elkülönítése a jegyzőkönyvekben nem egyértelmű, mivel a visszatérések nem gyérintési periódusonként, hanem meghatározott időszakonként történtek. Emellett az erdőrendezésben használt erdőrészlet leíró lapok se használják ezt a fajta elkülönítést, kizárólag az élő állományra vonatkozó adatokat, és a várható fakitermelés százalékos arányát adják meg, ezért célszerűnek tartottuk a módszertan egyszerűsítését.

A fatermési tábla a hagyományokhoz híven 6, azonos relatív magassági növekedési menetű, egyenlő sáv szélességű fatermési osztályra bontva tartalmazza a szokásos állomány szerkezeti adatokat 5 éves korszakonkénti bontásban.

Az élőállomány faállomány-szerkezeti jellemzőinek kiszámítása

Az élőállomány átlagmagasságának vezérgörbéjét aszimptotikus függvénnyel számoltuk:

$$H_{gé\ aszimpt} = 30,18492 \cdot (1 - e^{-0,02342 \cdot Kor})^{1,06469}$$

Az élőállomány körlappal súlyozott átlagmagassága:

$$H_{gé} = H_{gé\ ref} \cdot 1,19424 \cdot (1 - e^{-0,02342 \cdot Kor})^{1,06469}$$

Az élőállomány referencia magassága ($H_{gé\ ref}$) 80 éves korban 3 méteres osztásközökkel lett felosztva: I. fto.: 32 m, II. fto.: 29 m, III. fto.: 26 m, IV. fto.: 23 m, V. fto.: 20 m, VI. fto.: 17 m.

Az élőállomány felsőmagassága:

$$H_{fé} = -0,0012 \cdot H_{gé}^2 + 0,9686 \cdot H_{gé} + 3,0162$$

Az élőállomány körlappal súlyozott átlagos mellmagassági átmérője:

$$D_{gé} = (0,65823 + 0,00672 \cdot Kor) \cdot H_{gé}$$

Az élőállomány törzsszáma:

$$N_{\acute{e}} = 105,012255 - 1,620305 \cdot \log D_{g\acute{e}} + 0,09864 \cdot \log D_{g\acute{e}}^2 - 0,0520395 \cdot \log D_{g\acute{e}}^3$$

Az élőállomány körlapösszege:

$$G_{\acute{e}} = \frac{D_{g\acute{e}}^2}{200} \cdot \pi \cdot N_{\acute{e}}$$

Az élőállomány fatérfogata:

$$V_{\acute{e}} = (0,52438 \cdot H_{g\acute{e}}) \cdot G_{\acute{e}}$$

A mellékállomány faállomány-szerkezeti jellemzőinek kiszámítása

A mellékállomány átlagmagasságának vezérgörbéjét aszimptotikus függvénnyel számoltuk:

$$H_{gm \text{ aszmp}} = 29,58071 \cdot (1 - e^{-0,01864 \cdot Kor})^{1,366}$$

A mellékállomány körlappal súlyozott átlagmagassága:

$$H_{gm} = H_{gm \text{ ref}} \cdot 1,41695 \cdot (1 - e^{-0,01864 \cdot Kor})^{1,366}$$

A mellékállomány referencia magassága ($H_{gm \text{ ref}}$) 80 éves korban 3 méteres osztásközökkel lett felosztva, az élőállomány referencia magasságához képest 5 méterrel alacsonyabban: I. fto.: 27 m, II. fto.: 24 m, III. fto.: 21 m, IV. fto.: 18 m, V. fto.: 15 m, VI. fto.: 12 m.

A mellékállomány körlappal súlyozott átlagos mellmagassági átmérője:

$$D_{gm} = (0,56012 + 0,005362 \cdot Kor) \cdot H_{gm}$$

A mellékállomány törzsszáma:

$$N_m = A \text{ főállomány törzsszámcsökkenéséből számítva}$$

A mellékállomány körlapösszege:

$$G_m = \frac{D_{gm}^2}{200} \cdot \pi \cdot N_m$$

A mellékállomány fatérfogata:

$$V_m = (0,53209 \cdot H_{gm}) \cdot G_m$$

Az összes fatermés jellemzőinek kiszámítása

Az összes előhasználat fatömege:

$$V_{\acute{o}eh} = a \text{ mellékállomány fatömegének összegzése}$$

Az összes fatermés fatérfogata:

$$V_{\acute{o}f} = V_{\acute{e}} + V_{\acute{o}eh}$$

Előhasználati részarány:

$$Ehr = \frac{V_{\text{öeh}}}{V_{\text{öf}}} \cdot 100$$

Az összes fatermés átlagnövedéke:

$$I_a = \frac{V_{\text{öf}}}{Kor}$$

Az összes fatermés folyónövedéke:

$$I_f = \text{az összes fatermés 1 évi növekménye}$$

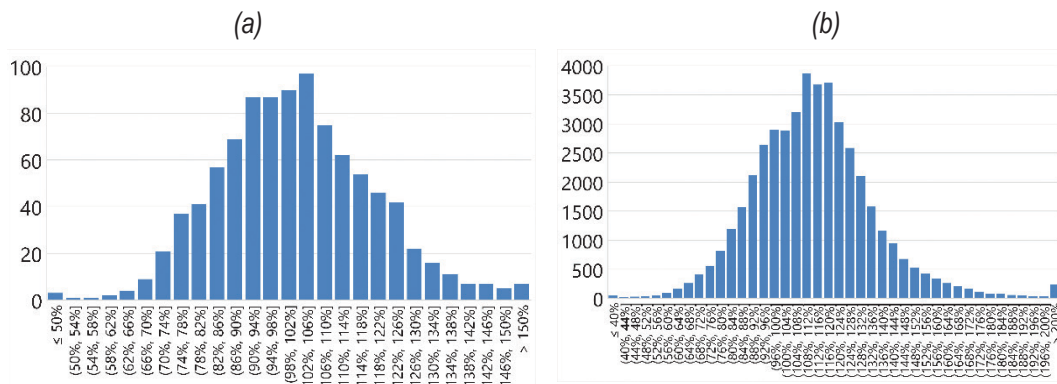
A sűrűség meghatározása

A korábbi táblák szerkesztésekor az ERTI parcellákat 100% sűrűségűnek vették, azonban az adatok alapján ez nem igazolható. A mintaterületek sűrűsége az országos állományokéhoz hasonlóan jelentős szórással rendelkezik.

A fatermési tábla kiszámítása során az állományok mintapontjai jelentős szórást mutatnak a Törzsszám, Körlap és Fatérfogat esetében. Az adatpontok nem rendeződtek osztályonként. Ahhoz, hogy adataink osztályonként értelmezhetőek legyenek, a kész táblaparaméterek alapján meg kell határozni minden parcellára a sűrűséget.

$$S\% = \frac{G_{\text{é}}}{G_{\text{tábla}}}$$

Az így kapott sűrűség értékkel módosítjuk a Törzsszám, Körlap és Fatérfogat adatokat 100% sűrűsége. Ezáltal ezen adatok is felveszik az osztályonkénti eloszlást. A sűrűség értékeket kiszámítottuk az Országos Erdőállomány Adattár csertölgy fafajсорaira is. Az állományok sűrűsége a kísérleti parcellák adatai alapján középpontosak, azonban az Országos Erdőállomány Adattár sűrűség adatai felfelé 15%-kal eltolódnak (2. ábra), mely különbségnek a feltárása további vizsgálatokat igényel. A sűrűséggel módosított adatok alapján újra elvégezzük a fatermési tábla paramétereinek kiszámítását.



2. ábra: A magyarországi tartamkísérleti hálózat csertölgy (*Quercus cerris*) főfafajú parcelláinak (a) és az Országos Erdőállomány Adattár csertölgy fafajсорainak (b) sűrűségi histogramjai

Figure 2: The density histograms of the Hungarian long duration research network's parcels for Turkey oak (*Quercus cerris*) main species (a) and the Turkey oak species lines of National Forestry Database (b)

FATERMÉSI TÁBLÁK

Az új csertölgy fatermési tábla 100%-os elegyarányt, záródást és sűrűséget feltételezve készült. 6, azonos relatív magassági növekedési menetű, egyenlő sávszélességű fatermési osztállyal, 5 éves időszakokra bontva, 160 éves korig tartalmazza a faállomány-szerkezeti jellemzőket.

A számítások eredményeképpen kapott csertölgy fatermési tábla (1-6. táblázat) jelentősen eltér a korábban publikáltaktól. Természetesen ez az eltérés faállomány-szerkezeti jellemzőkként, korszak-ként és fatermési osztályonként is jelentősen különbözik. Jellemzően a törzsszám alig változott, míg az átlagos magasság és átmérő növekedett, ezáltal a fatérfogat és növedék is megnövekedett a korábbi táblához képest. A vizuális összehasonlíthatóság miatt a tábla szerkesztéséhez felhasznált adatokat, az 1974-es (Sopp et al. 1974), 1983-as cser fatermési tábla (Kovács 1983) és az újonnan elkészített fatermési tábla fatermési osztályonkénti vezérgörbéit diagramokon ábráztuk (3-11. ábrák). Eredményeink ellenőrzésére a diagramokon feltüntettük az Országos Erdőállomány Adattár 2012 évi cser főfafajú vagy csoportos, illetve tömbös elegyben található adatokat, melyeket ez esetben is 100%-os elegyarányra, záródásra és sűrűségre módosítottuk.

A fatermési táblát lehetséges hagyományos módon, a táblázatokból kiolvasott számok használatával is alkalmazni, illetve a függvények használatával is kiszámíthatóak a kívánt paraméterek. Ehhez szükséges ismerni a kívánt erdőállomány korát, a cser fafaj elegyarányát, záródását és sűrűségének kiszámításához annak körlapját.

1. táblázat: Csertölgy (*Quercus cerris*) fatermési tábla, I. fatermési osztály, Kollár 2023Table 1: Turkey oak (*Quercus cerris*) yield table, I. yield class, Kollár 2023

I. fto.	Élőállomány						Mellékállomány					V _{öeh}	Ehr	Összes fatermés		
	Kor	H _{fé}	H _{gé}	D _{gé}	N _é	G _é	V _é	H _{gm}	D _{gm}	N _m	G _m			V _m	V _{öf}	I _a
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		
5	7	4	3	23482	12	23	1	1					23	5	5	
10	10	7	5	7579	16	62	3	2	15903	5	10	10	14	71	7	10
15	13	10	8	3945	20	107	6	4	3634	4	11	21	16	128	9	11
20	16	13	11	2492	22	156	8	5	1453	3	13	33	18	189	9	12
25	18	16	13	1751	24	204	10	7	741	3	15	48	19	252	10	13
30	20	18	16	1316	26	252	12	9	435	3	16	64	20	316	11	13
35	22	21	18	1036	28	297	14	10	280	2	18	82	22	380	11	13
40	24	23	21	845	29	341	16	12	192	2	19	101	23	442	11	13
45	26	24	23	707	30	381	18	14	138	2	20	122	24	503	11	12
50	27	26	26	604	31	419	19	16	103	2	21	143	25	562	11	12
55	28	27	28	525	32	455	21	18	79	2	22	165	27	620	11	11
60	29	28	30	462	33	487	22	20	62	2	22	187	28	675	11	11
65	30	29	32	412	34	517	24	21	50	2	23	210	29	728	11	11
70	31	30	34	371	34	545	25	23	41	2	23	233	30	778	11	10
75	32	31	36	337	35	571	26	25	34	2	23	256	31	827	11	10
80	33	32	38	308	35	594	27	27	29	2	23	280	32	874	11	9
85	33	33	40	283	36	616	28	28	25	2	23	303	33	918	11	9
90	34	33	42	262	36	636	29	30	21	2	23	326	34	961	11	9
95	34	34	44	244	37	654	30	32	18	1	23	349	35	1002	11	8
100	35	34	46	228	37	670	30	33	16	1	23	371	36	1042	10	8
105	35	35	47	213	38	686	31	35	14	1	22	394	36	1080	10	8
110	36	35	49	201	38	700	32	36	13	1	22	416	37	1116	10	7
115	36	35	51	190	38	713	32	38	11	1	22	438	38	1151	10	7
120	36	36	52	179	39	725	33	39	10	1	22	460	39	1185	10	7
125	36	36	54	170	39	736	33	41	9	1	21	481	40	1217	10	7
130	37	36	56	162	39	747	34	42	8	1	21	502	40	1249	10	6
135	37	36	57	154	40	756	34	44	8	1	21	523	41	1279	9	6
140	37	37	59	147	40	765	34	45	7	1	21	544	42	1309	9	6
145	37	37	60	141	40	773	35	47	6	1	20	564	42	1337	9	6
150	37	37	62	135	40	781	35	48	6	1	20	584	43	1365	9	6
155	37	37	63	129	40	788	35	49	6	1	20	604	43	1392	9	5
160	37	37	65	124	41	794	36	51	5	1	19	623	44	1418	9	5

2. táblázat: Csertölgy (*Quercus cerris*) fatermési tábla, II. fatermési osztály, Kollár 2023

 Table 2: Turkey oak (*Quercus cerris*) yield table, II. yield class, Kollár 2023

II. fo.	Élőállomány						Mellékállomány					V _{öeh}	Ehr	Összes fatermés		
	Kor	H _{fé}	H _{gé}	D _{gé}	N _é	G _é	V _é	H _{gm}	D _{gm}	N _m	G _m			V _m	V _{of}	I _a
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	
5	6	3	2	27401	11	20	1	1						20	4	4
10	9	7	5	8836	16	53	3	2	18565	5	8	8	13	62	6	8
15	12	9	7	4603	19	93	5	3	4233	3	9	17	15	110	7	10
20	15	12	10	2912	21	135	7	5	1691	3	10	27	17	162	8	10
25	17	15	12	2048	23	178	9	6	863	3	12	39	18	217	9	11
30	19	17	14	1541	25	219	11	8	507	2	13	53	19	272	9	11
35	21	19	17	1215	27	260	12	9	326	2	15	67	21	327	9	11
40	22	20	19	991	28	298	14	11	224	2	16	83	22	381	10	11
45	24	22	21	831	29	334	16	13	161	2	17	100	23	433	10	11
50	25	23	23	710	30	367	17	14	120	2	17	117	24	484	10	10
55	26	25	25	618	31	398	19	16	93	2	18	135	25	533	10	10
60	27	26	27	545	32	427	20	17	73	2	18	154	26	581	10	9
65	28	27	29	486	32	454	21	19	59	2	19	172	28	626	10	9
70	29	28	31	438	33	479	22	21	48	2	19	191	29	670	10	9
75	29	28	33	398	34	501	23	22	40	2	19	210	30	712	9	8
80	30	29	35	364	34	522	24	24	34	1	19	229	31	752	9	8
85	31	30	36	335	35	542	25	25	29	1	19	249	31	790	9	8
90	31	30	38	310	35	559	26	27	25	1	19	268	32	827	9	7
95	32	31	40	289	36	576	26	28	22	1	19	286	33	862	9	7
100	32	31	41	270	36	591	27	30	19	1	19	305	34	896	9	7
105	32	31	43	253	37	605	28	31	17	1	19	324	35	928	9	6
110	33	32	44	238	37	618	28	32	15	1	18	342	36	960	9	6
115	33	32	46	225	37	629	29	34	13	1	18	360	36	990	9	6
120	33	32	47	213	38	640	29	35	12	1	18	378	37	1018	8	6
125	33	33	49	202	38	650	30	36	11	1	18	396	38	1046	8	6
130	34	33	50	192	38	660	30	38	10	1	17	413	39	1073	8	5
135	34	33	52	183	39	668	30	39	9	1	17	431	39	1099	8	5
140	34	33	53	175	39	676	31	40	8	1	17	448	40	1124	8	5
145	34	33	55	167	39	684	31	41	8	1	17	464	40	1148	8	5
150	34	34	56	160	39	691	31	43	7	1	17	481	41	1172	8	5
155	34	34	57	154	40	697	31	44	6	1	16	497	42	1195	8	5
160	34	34	59	148	40	704	32	45	6	1	16	513	42	1217	8	4

3. táblázat: Csertölgy (*Quercus cerris*) fatermési tábla, III. fatermési osztály, Kollár 2023Table 3: Turkey oak (*Quercus cerris*) yield table, III. yield class, Kollár 2023

III. fto.	Élőállomány						Mellékállomány						V _{öeh}	Ehr	Összes fatermés		
	Kor	H _{fé}	H _{gé}	D _{gé}	N _é	G _é	V _é	H _{gm}	D _{gm}	N _m	G _m	V _m			V _{öf}	I _á	I _f
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			
5	6	3	2	32531	11	17	1	1						17	3	3	
10	9	6	4	10475	15	46	3	2	22056	5	6	6	12	52	5	7	
15	11	9	6	5461	18	80	4	3	5014	3	7	13	14	93	6	8	
20	13	11	9	3458	20	116	6	4	2003	3	8	22	16	137	7	9	
25	15	13	11	2436	22	152	8	5	1022	2	9	31	17	183	7	9	
30	17	15	13	1835	24	188	9	7	601	2	11	42	18	230	8	9	
35	19	17	15	1448	25	223	11	8	386	2	12	53	19	276	8	9	
40	20	18	17	1183	27	256	12	10	265	2	13	66	20	322	8	9	
45	22	20	19	992	28	287	14	11	191	2	13	79	22	366	8	9	
50	23	21	21	849	29	316	15	12	143	2	14	93	23	409	8	9	
55	24	22	23	739	30	343	16	14	110	2	14	107	24	451	8	8	
60	25	23	24	652	31	369	17	15	87	2	15	122	25	491	8	8	
65	25	24	26	582	31	392	18	17	70	2	15	137	26	529	8	8	
70	26	25	28	525	32	414	19	18	57	1	15	152	27	566	8	7	
75	27	25	29	477	33	434	20	19	48	1	15	167	28	601	8	7	
80	27	26	31	437	33	452	21	21	40	1	15	183	29	635	8	7	
85	28	27	33	403	34	469	22	22	34	1	15	198	30	667	8	6	
90	28	27	34	373	34	485	22	23	30	1	15	213	31	698	8	6	
95	29	27	36	347	35	499	23	25	26	1	15	228	31	728	8	6	
100	29	28	37	325	35	513	24	26	23	1	15	243	32	756	8	6	
105	29	28	38	305	35	525	24	27	20	1	15	258	33	783	7	5	
110	30	29	40	287	36	537	25	28	18	1	15	273	34	809	7	5	
115	30	29	41	271	36	547	25	30	16	1	15	287	34	834	7	5	
120	30	29	43	257	37	557	25	31	14	1	14	302	35	858	7	5	
125	30	29	44	244	37	566	26	32	13	1	14	316	36	882	7	5	
130	31	29	45	232	37	574	26	33	12	1	14	330	36	904	7	4	
135	31	30	46	221	37	582	27	34	11	1	14	344	37	926	7	4	
140	31	30	48	211	38	589	27	35	10	1	14	357	38	947	7	4	
145	31	30	49	202	38	596	27	36	9	1	13	371	38	967	7	4	
150	31	30	50	194	38	602	27	37	8	1	13	384	39	986	7	4	
155	31	30	51	186	38	608	28	38	8	1	13	397	39	1005	6	4	
160	31	30	52	179	39	614	28	39	7	1	13	410	40	1024	6	4	

4. táblázat: Csertőlgy (*Quercus cerris*) fatermési tábla, IV. fatermési osztály, Kollár 2023

 Table 4: Turkey oak (*Quercus cerris*) yield table, IV. yield class, Kollár 2023

IV. ftó.	Élőállomány						Mellékállomány					V _{öb}	Ehr	Összes fatermés		
	Kor	H _{fé}	H _{gé}	D _{gé}	N _é	G _é	V _é	H _{gm}	D _{gm}	N _m	G _m			V _m	V _{öf}	I _á
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		
5	6	3	2	39467	10	14	1	1						14	3	3
10	8	5	4	12679	14	38	2	1	26788	4	5	5	11	43	4	6
15	10	8	6	6613	17	67	4	2	6067	3	5	10	13	77	5	7
20	12	10	8	4192	19	97	5	3	2421	2	6	16	15	114	6	7
25	14	12	10	2956	21	128	7	5	1236	2	7	24	16	152	6	8
30	16	13	11	2230	23	158	8	6	726	2	8	32	17	190	6	8
35	17	15	13	1762	24	188	9	7	468	2	9	41	18	228	7	8
40	18	16	15	1441	25	216	11	8	321	2	10	50	19	266	7	8
45	20	17	17	1210	27	242	12	9	231	2	10	60	20	303	7	7
50	21	19	18	1037	28	267	13	11	173	2	11	71	21	338	7	7
55	21	19	20	903	28	291	14	12	133	1	11	82	22	372	7	7
60	22	20	22	798	29	312	15	13	105	1	11	93	23	405	7	7
65	23	21	23	713	30	332	16	14	85	1	11	105	24	437	7	6
70	24	22	25	643	31	351	17	15	70	1	12	116	25	467	7	6
75	24	22	26	585	31	368	17	17	58	1	12	128	26	496	7	6
80	25	23	28	536	32	384	18	18	49	1	12	139	27	523	7	6
85	25	23	29	494	32	399	19	19	42	1	12	151	27	550	6	5
90	26	24	30	458	33	412	19	20	36	1	12	163	28	575	6	5
95	26	24	32	427	33	425	20	21	31	1	12	174	29	599	6	5
100	26	25	33	399	34	437	20	22	28	1	11	186	30	622	6	5
105	26	25	34	375	34	447	21	23	24	1	11	197	31	645	6	4
110	27	25	35	353	35	457	21	24	22	1	11	209	31	666	6	4
115	27	25	36	334	35	467	22	25	19	1	11	220	32	686	6	4
120	27	26	38	316	35	475	22	26	17	1	11	231	33	706	6	4
125	27	26	39	301	36	483	22	27	16	1	11	242	33	725	6	4
130	27	26	40	286	36	490	22	28	14	1	11	252	34	743	6	4
135	28	26	41	273	36	497	23	29	13	1	11	263	35	760	6	4
140	28	26	42	261	36	504	23	30	12	1	11	274	35	777	6	3
145	28	26	43	250	37	510	23	31	11	1	10	284	36	794	5	3
150	28	27	44	240	37	515	23	32	10	1	10	294	36	810	5	3
155	28	27	45	230	37	521	24	33	10	1	10	304	37	825	5	3
160	28	27	46	221	37	526	24	34	9	1	10	314	37	840	5	3

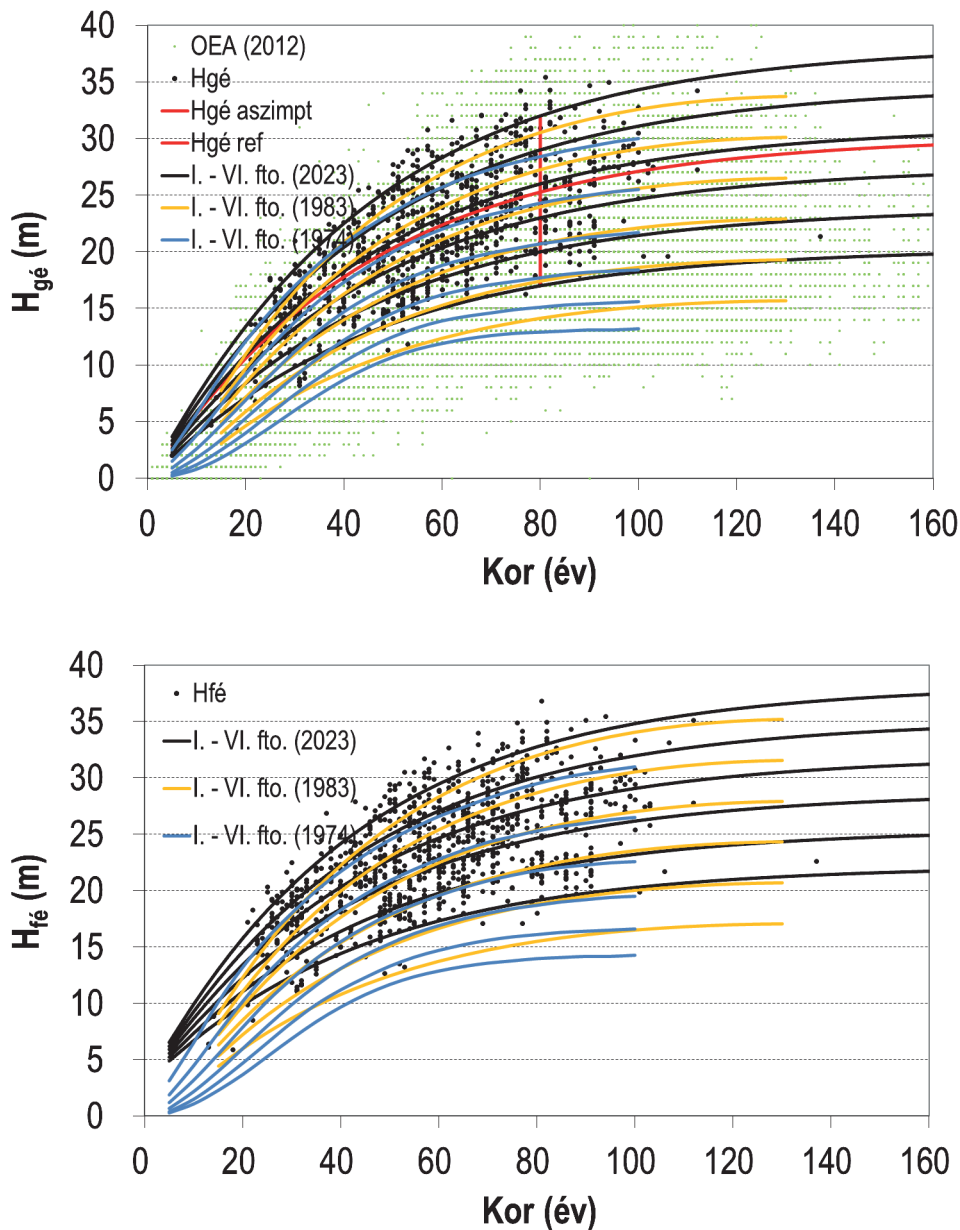


5. táblázat: Csertőlggy (*Quercus cerris*) fatermési tábla, V. fatermési osztály, Kollár 2023
Table 5: Turkey oak (*Quercus cerris*) yield table, V. yield class, Kollár 2023

V. ftó.	Élőállomány						Mellékállomány						V _{öeh}	Ehr	Összes fatermés		
	Kor	H _{fé}	H _{gé}	D _{gé}	N _é	G _é	V _é	H _{gm}	D _{gm}	N _m	G _m	V _m			V _{öf}	I _á	I _f
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			
5	5	2	2	49242	10	12	1	0						12	2	2	
10	7	5	3	15767	13	31	2	1	33475	4	4	4	10	35	3	5	
15	9	7	5	8223	16	55	3	2	7543	2	4	7	12	62	4	5	
20	11	8	7	5217	18	80	4	3	3006	2	4	12	13	91	5	6	
25	13	10	8	3683	20	105	6	4	1534	2	5	17	14	122	5	6	
30	14	12	10	2782	21	130	7	5	902	2	6	23	15	153	5	6	
35	15	13	11	2201	23	154	8	6	581	2	6	29	16	183	5	6	
40	16	14	13	1802	24	177	9	7	399	1	7	36	17	214	5	6	
45	17	15	15	1514	25	199	10	8	288	1	7	43	18	243	5	6	
50	18	16	16	1299	26	220	11	9	215	1	8	51	19	271	5	6	
55	19	17	17	1133	27	240	12	10	166	1	8	59	20	299	5	5	
60	20	18	19	1002	28	258	12	11	131	1	8	67	21	325	5	5	
65	20	18	20	896	28	275	13	12	106	1	8	75	22	350	5	5	
70	21	19	21	809	29	290	14	13	87	1	8	84	22	374	5	5	
75	21	20	23	736	30	305	14	14	72	1	8	92	23	397	5	5	
80	22	20	24	675	30	318	15	15	61	1	8	100	24	419	5	4	
85	22	20	25	623	31	331	16	16	52	1	8	109	25	439	5	4	
90	23	21	26	578	31	342	16	17	45	1	8	117	26	459	5	4	
95	23	21	27	539	32	353	16	18	39	1	8	126	26	478	5	4	
100	23	21	29	504	32	363	17	19	34	1	8	134	27	497	5	4	
105	23	22	30	474	33	372	17	19	30	1	8	142	28	514	5	3	
110	24	22	31	447	33	380	18	20	27	1	8	150	28	531	5	3	
115	24	22	32	423	33	388	18	21	24	1	8	159	29	547	5	3	
120	24	22	33	401	34	395	18	22	22	1	8	167	30	562	5	3	
125	24	23	34	381	34	402	18	23	20	1	8	174	30	577	5	3	
130	24	23	35	363	34	409	19	24	18	1	8	182	31	591	5	3	
135	24	23	36	346	35	415	19	24	16	1	8	190	31	605	4	3	
140	25	23	37	331	35	420	19	25	15	1	8	198	32	618	4	3	
145	25	23	38	317	35	425	19	26	14	1	8	205	33	631	4	3	
150	25	23	39	304	35	430	20	27	13	1	7	213	33	643	4	2	
155	25	23	39	292	36	435	20	27	12	1	7	220	34	655	4	2	
160	25	23	40	281	36	439	20	28	11	1	7	227	34	666	4	2	

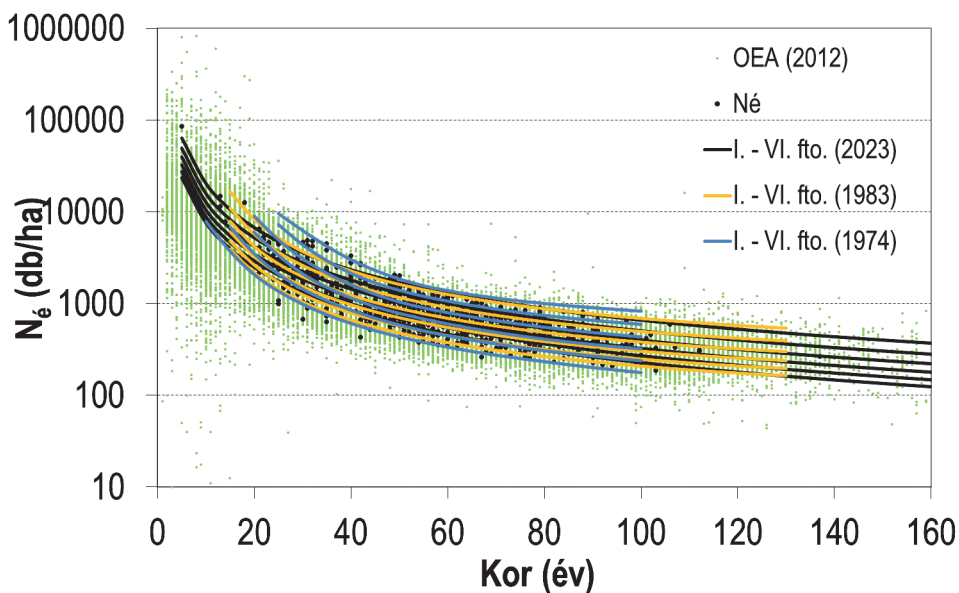
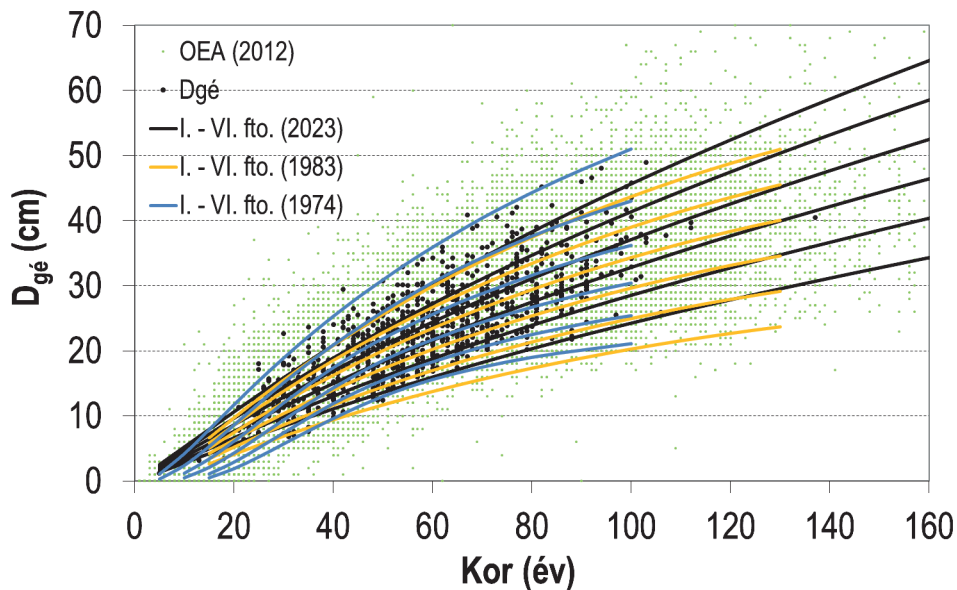
6. táblázat: Csertőlgy (*Quercus cerris*) fatermési tábla, VI. fatermési osztály, Kollár 2023
 Table 6: Turkey oak (*Quercus cerris*) yield table, VI. yield class, Kollár 2023

VI. fto.	Élőállomány						Mellékállomány						V _{öeh}	Ehr	Összes fatermés		
	Kor	H _{fé}	H _{gé}	D _{gé}	N _é	G _é	V _é	H _{gm}	D _{gm}	N _m	G _m	V _m			V _{öf}	I _a	I _f
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		
5	5	2	1	63784	9	9	1	0						9	2	2	
10	7	4	3	20322	12	25	2	1	43462	3	2	2	9	27	3	4	
15	8	6	4	10593	15	43	2	2	9729	2	3	5	10	48	3	4	
20	10	7	6	6725	17	63	3	2	3868	2	3	8	11	71	4	5	
25	11	9	7	4752	19	83	4	3	1973	1	3	11	12	94	4	5	
30	12	10	8	3593	20	103	5	4	1159	1	4	15	13	118	4	5	
35	13	11	10	2846	21	122	6	5	747	1	4	19	14	142	4	5	
40	14	12	11	2333	23	141	7	5	513	1	5	24	14	165	4	5	
45	15	13	12	1963	24	159	8	6	370	1	5	29	15	187	4	4	
50	16	14	14	1686	24	175	9	7	277	1	5	34	16	209	4	4	
55	17	14	15	1472	25	191	9	8	214	1	5	39	17	230	4	4	
60	17	15	16	1302	26	206	10	9	169	1	5	44	18	250	4	4	
65	18	16	17	1166	27	219	10	10	137	1	5	50	18	269	4	4	
70	18	16	18	1054	27	232	11	10	112	1	6	55	19	287	4	4	
75	19	17	19	960	28	244	12	11	94	1	6	61	20	305	4	3	
80	19	17	20	881	29	255	12	12	79	1	6	66	21	321	4	3	
85	19	17	21	814	29	265	12	13	67	1	6	72	21	337	4	3	
90	20	18	22	755	30	275	13	13	58	1	6	77	22	352	4	3	
95	20	18	23	705	30	283	13	14	51	1	6	83	23	366	4	3	
100	20	18	24	660	30	291	14	15	45	1	6	89	23	380	4	3	
105	20	18	25	621	31	299	14	16	39	1	5	94	24	393	4	3	
110	21	19	26	585	31	306	14	16	35	1	5	99	25	405	4	2	
115	21	19	27	554	32	313	14	17	32	1	5	105	25	417	4	2	
120	21	19	28	526	32	319	15	18	28	1	5	110	26	429	4	2	
125	21	19	29	500	32	324	15	18	26	1	5	115	26	440	4	2	
130	21	19	30	476	33	330	15	19	23	1	5	121	27	450	3	2	
135	21	19	30	455	33	335	15	19	21	1	5	126	27	460	3	2	
140	21	19	31	435	33	339	15	20	20	1	5	131	28	470	3	2	
145	22	20	32	417	33	344	15	21	18	1	5	136	28	479	3	2	
150	22	20	33	400	34	348	16	21	17	1	5	141	29	489	3	2	
155	22	20	34	385	34	352	16	22	16	1	5	146	29	497	3	2	
160	22	20	34	370	34	355	16	22	14	1	5	150	30	506	3	2	



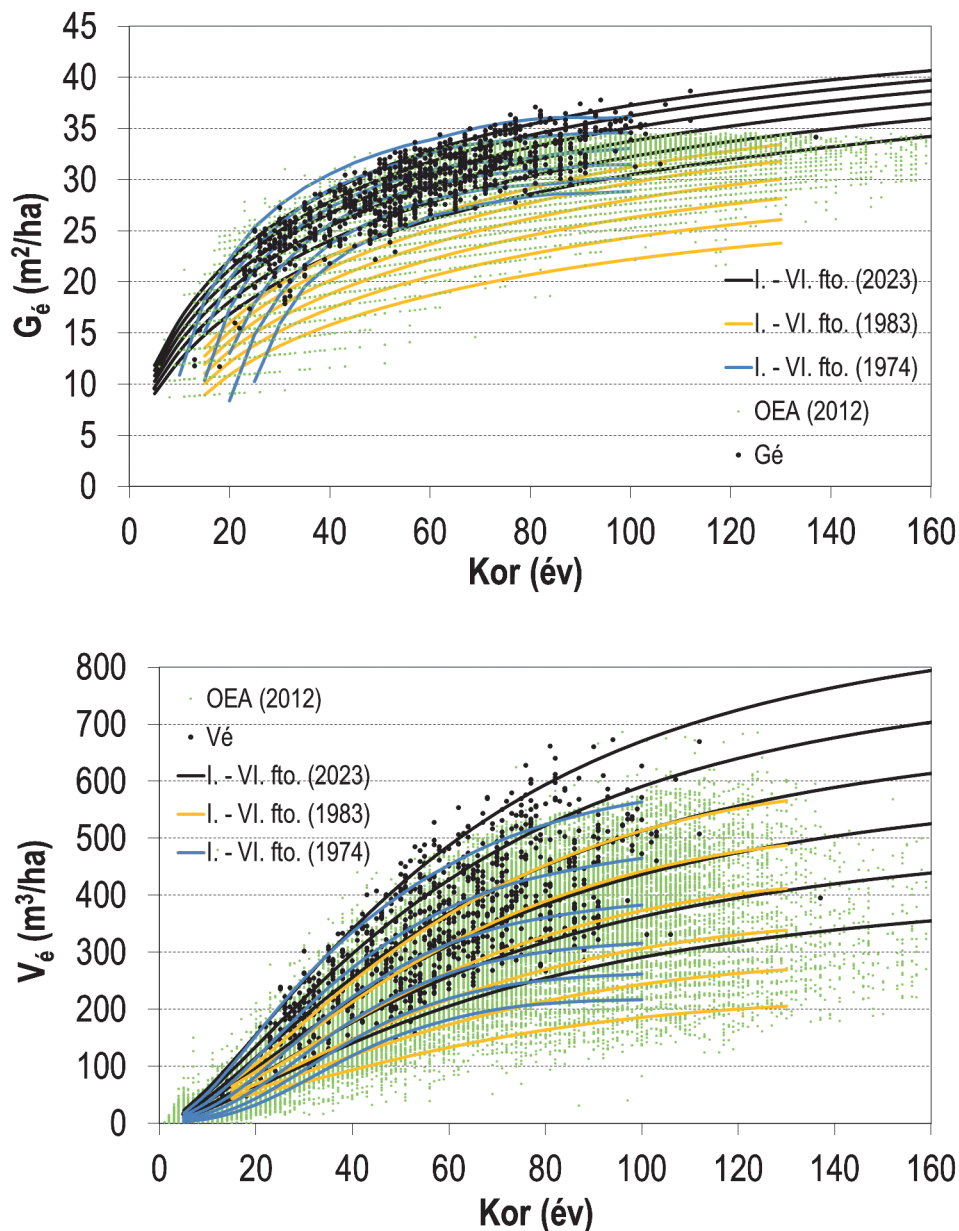
3. ábra: Az élőállomány átlagos és felső magassága a kor függvényében ($H_{gé}$, $H_{fé}$), összehasonlítva az 1974-es (kék görbék) és 1983-as fatermési tábla adataival (sárga görbék). $H_{gé}$ esetében az Országos Erdőállomány Adattár adatai (zöld pontok), az aszimptotikus vezérgörbe (piros görbe) és a 80 éves referenciakor magasság (piros függőleges vonal) is látható

Figure 3: The average and upper height for living stand depend on age ($H_{gé}$, $H_{fé}$), compare with the yield table data from 1974 (blue curves) and 1983 (yellow curves). In case of $H_{gé}$, the data of the National Forestry Database (green dots), the asymptotic lead curve (red curve) and the 80 year old reference height (red vertical line) also visible



4. ábra: Az élőállomány átlagos átmérője és törzsszáma a kor függvényében ($D_{gé}$, $N_{é}$), összehasonlítva az 1974-es (kék görbék) és 1983-as fatermési tábla (sárga görbék) adataival. Az Országos Erdőállomány Adattár adatait (zöld pontok) is megjelenítettük

Figure 4: The average diameter and stem number for living stand depend on age ($D_{gé}$, $N_{é}$), compare with the yield table data from 1974 (blue curves) and 1983 (yellow curves). The data of the National Forestry Database (green dots) are also visible



5. ábra: Az élőállomány körlopösszege és fatérfogata a kor függvényében (G_e , V_e), összehasonlítva az 1974-es (kék görbék) és 1983-as fatermési tábla (sárga görbék) adataival. Az Országos Erdőállomány Adattár adatait (zöld pontok) is megjelenítettük

Figure 5: The basal-area and timber volume for living stand depend on age (G_e , V_e), compare with the yield table data from 1974 (blue curves) and 1983 (yellow curves). The data of the National Forestry Database (green dots) are also visible

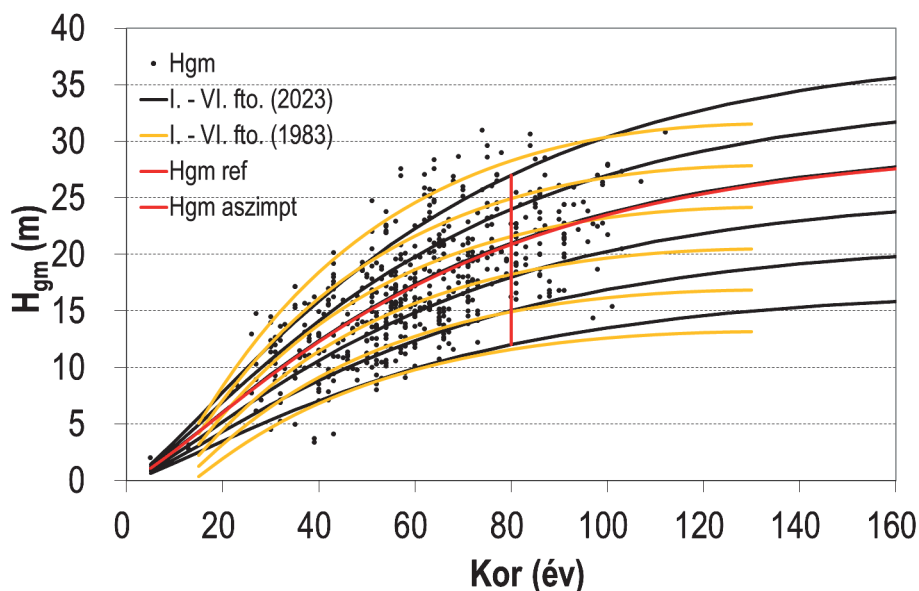
Az élőállomány átlagmagassága (H_{g_e}) és felsőmagassága (H_{f_e}) esetében (3. ábra) megfigyelhető, hogy a 1983-as tábla gyenge fatermési osztályai nem jelennek meg az adatokban, illetve mindkét korábbi tábla I. fatermési osztálya alul becsült, ezért gyakorlatilag el kell tolni a görbékét körülbelül egy fatermési osztállyal. Az Országos Erdőállomány Adattár adatai a tartamkísérleti adatokhoz képest gyenge termőhelyeken jelentősen szórnak. A Sopp tábla 100 éves, a Kovács tábla pedig csak 130 éves korig adta meg az adatokat, míg a mostani adatsorok 160 éves korig érvényesek, ami szükséges lehet a vágáskorok emelkedésének tendenciái miatt.

Az élőállomány átlag átmérője (D_{g_e}) esetében (4. ábra) az 1974-es tábla egy osztállyal nagyobb tartományt adott meg, míg az 1983-as táblához képest kb. egy fatermési osztálynyi felfelé való eltolódás látható. Az adattár az átlagos átmérőket valamivel feljebb méri, mint a tartamkísérletek, azonban az 1974-es tábla vonalaira jól illeszkedik. A törzsszámok (N_g) fiatal korban csekélyebb, míg közép és idős korban közel hasonló értéket mutatnak, mint a korábbi táblák. Az adattár a táblához hasonló törzsszámokat mutat.

Az élőállomány körlapösszege (G_g) összegzi a korábbiakat (5. ábra), miszerint az átlagátmérő növekedett, a törzsszám alig változott, ezáltal a körlap egy viszonylag szűkebb, de magasabb tartományt vesz fel. Az 1974-es tábla jobban közelíti az új adatokat, míg az 1983-as tábla itt a pontthalmaz jó részét nem fedi. A tartamkísérleti parcellák körlapösszegének eredeti szórása jelentős, mely a felvételek gyéritéshez való viszonyával magyarázható. Ahol gyérités utániak a felvételek, jellemzően kisebb körlapot mutatnak, míg ahol a gyéritések elmaradtak, vagy nem következtek be a felvételekig, ott jelentősebb körlapösszeget tapasztaltunk. Az adattári adatok hasonló szórást mutatnak, mint a tartamkísérletek adatai. Mindkét adat esetében a sűrűséggel korrigálva az adatpontok helyzete rendeződött. Az élőállomány fatérfogata (V_g) kétosztálynyi felfelé eltolódást mutat az 1983-as táblához képest, míg az 1974-es tábla mindkét irányban egy osztállyal szűkebb. Az adattár az 1974-es táblához hasonlóan becsüli az állományok fatérfogatát.

A mellékállományra vonatkozó átlagmagasság, átlagátmérő (H_{gm} , D_{gm}) adatok jól fedik mind az 1983-as, mind az újonnan megalkotott tábla adatait (6-7. ábra). Az újonnan készült tábla adatai enyhén meredekebb növekedést mutatnak idős korban, mint az 1983-as tábla. A törzsszám, körlap és fatérfogat adatok (N_m , G_m , V_m) diagramjain jelentős változások láthatóak (7-8. ábra). A mellékállományról az 1974-es tábla csak fatérfogat és számított törzsszám adatot tartalmaz.

Az adatbázis mellékállományra vonatkozó törzsszám, körlap és fatérfogat (N_m , G_m , V_m) adatpontokat nem jelenítettük meg a diagrammokon, melynek oka, hogy a pontok nem fedik a diagrammokat, szórásuk jelentős. Az adatpontok jelentős szórásának oka, hogy a táblaszerkesztés periódusideje eltér a mintavételezés és gyéritési beavatkozások időszakosságától is. A sűrűn egymást követő mintavételeket, alacsony időközi természetes mortalitást (alacsony értékek) és az idősebb korban ritkán végrehajtott erőteljesebb gyéritéseket mutatnák az adatpontok (kiemelkedő értékek). Az elkészített tábla 5 éves periódus idejű, míg alapadatai ugyan általában 5 éves visszatérésekkel dolgozik, de rövidebb (minimum 1 év) és hosszabb periódusok (maximum 26 év) is megtalálhatóak az adatokban (átlagosan 9 év). A mintapontok esetében egy-egy fa elszáradása, természetes mortalitása, kisebb és nagyobb arányú gyéritések felvételhez viszonyított időbeli távolsága is jelentős szórást generál. Egy-egy gyérités egymáshoz viszonyított ideje 5-23 év az erdőnevelési modellekben, eközben a tartamkísérletek esetében a visszatérési idő általában öt év, emiatt egy parcella idősorában, idősebb korban több kisebb öngyérülés után egy jelentősebb mesterséges gyérités következik be, majd hosszabb ideig újra magára lehet hagyva az állomány.



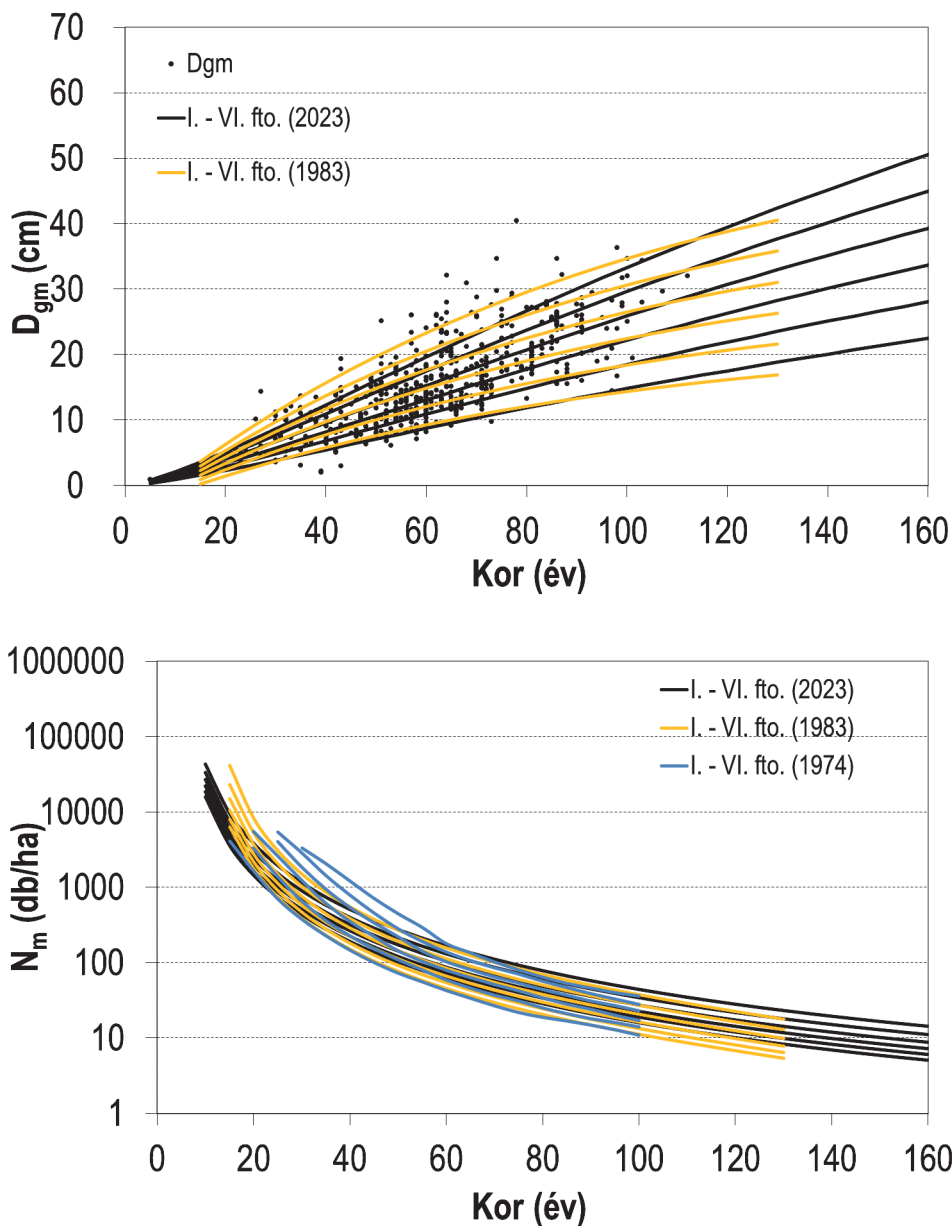
6. ábra: A mellékállomány átlagos magassága a kor függvényében (H_{gm}), összehasonlítva az 1983-as fatermési tábla adataival (sárga görbék). Az aszimptotikus vezérgörbe (piros görbe) és a 80 éves referenciakor magasság (piros függőleges vonal) is látható

Figure 6: The average height for secondary stand depends on age (H_{gm}), compare with the yield table data from 1983 (yellow curves). The asymptotic lead curve (red curve) and the 80 year old reference height (red vertical line) are also visible

Az összes fatermésre vonatkozó adatok szintén jelentős változásokat mutatnak. Az 1974-es táblában jelentősen felül becsültek az adatok. Az 1983-as táblához képest az összes előhasználat ($V_{\text{öeh}}$) nagyobb hasonlóságot mutat (9. ábra). Az előhasználati részarányok (Ehr) csökkennek (10. ábra). Az összes fatermés fatérfogata ($V_{\text{öf}}$) egy osztálynyi eltolódást mutat az 1983-as adatokhoz képest.

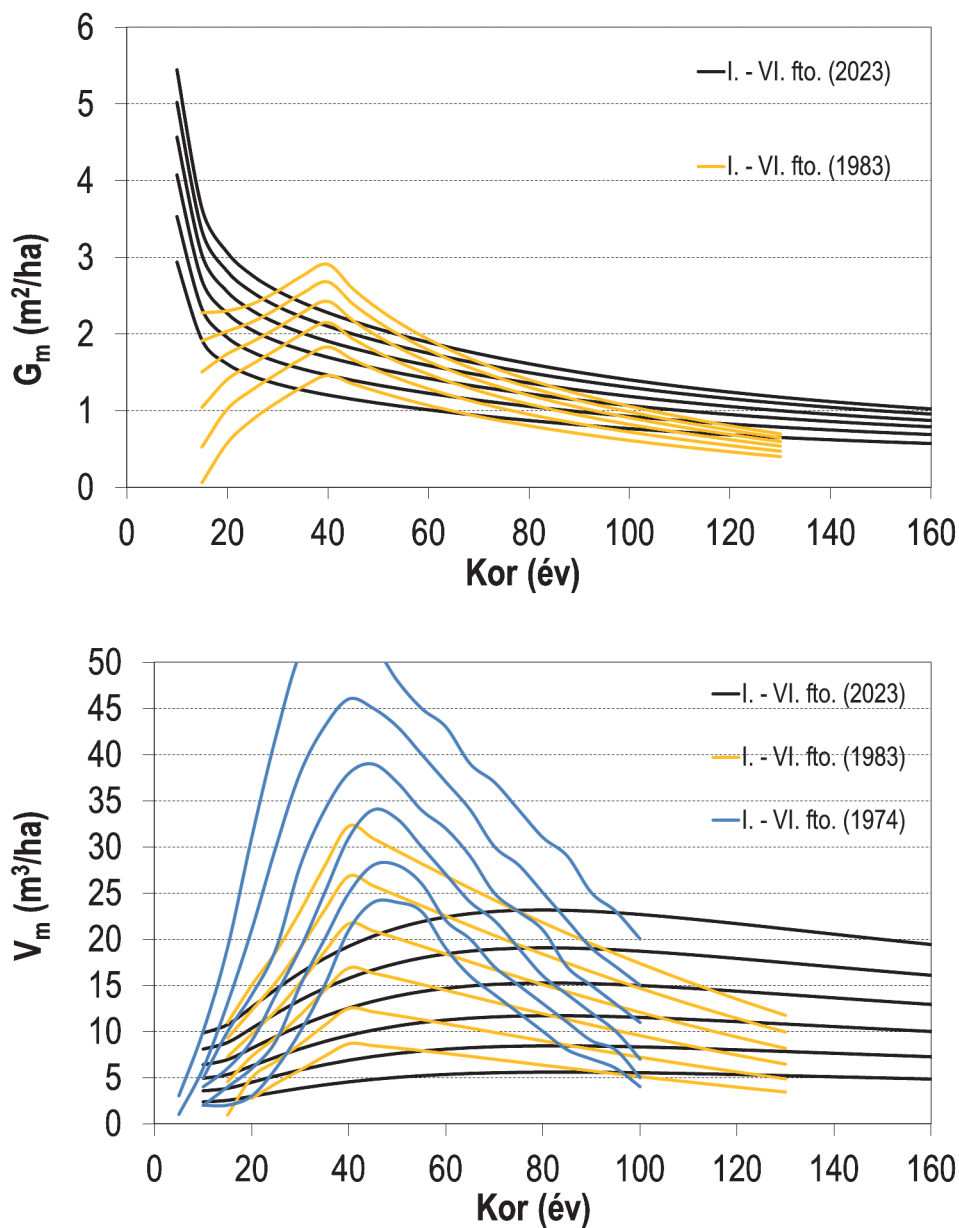
A cserések átlagnövedéke (I_a) összegzi a korábbiakat (11. ábra), miszerint az 1974-es tábla jelentősen felülbecsül, míg az 1983-as tábla enyhén alul becsüli a cserések növedékét.

A folyónövedék (I_f) esetében a fiatalkori folyónövedék gyorsabb emelkedése, illetve az időskori folyónövedék csekélyebb meredeksége szembeűnő. Emellett a gyenge fatermési osztályok növedéke is jelentősebb az 1983-as táblához viszonyítva. Az 1974-es tábla folyónövedék adatai fiatal korban irreálisan magasak és hirtelen csökkennek le. Megjegyzendő, hogy az erdőállomány adattár növedékesítésére használt adatpontok nem fedik sem az 1974-s, sem az 1983-as görbéket. Ennek oka lehet, hogy az erdőállomány adattár az 1971-72. években készített első generációs Király László féle nomogramok alapján növedékesít, tehát a rendszer frissítése erőteljesen javasolt. A használt algoritmusok a mérési pontok folyónövedéke alapján alul becsülik a cser állományok fatermését gyenge termőhelyeken, illetve felül becsülik idős korban.



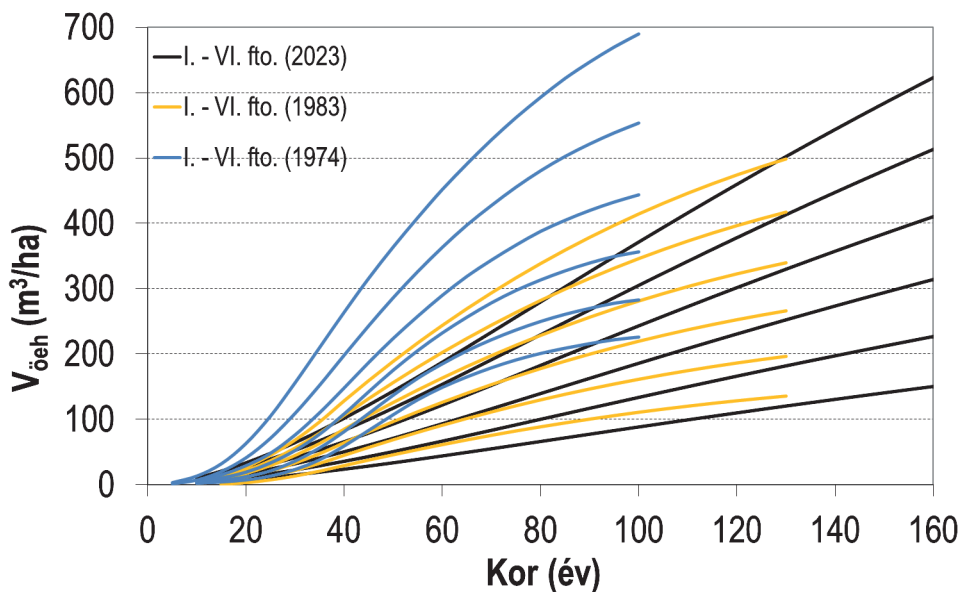
7. ábra: A mellékállomány átlagos átmérje és törzsszáma a kor függvényében (D_{gm} , N_m), összehasonlítva az 1974-es (kék görbék, csak N_m) és 1983-as fatermési tábla adataival (sárga görbék)

Figure 7: The average diameter and stem number for secondary stand depend on age (D_{gm} , N_m), compare with the yield table data from 1974 (blue curves, only N_m) and 1983 (yellow curves)



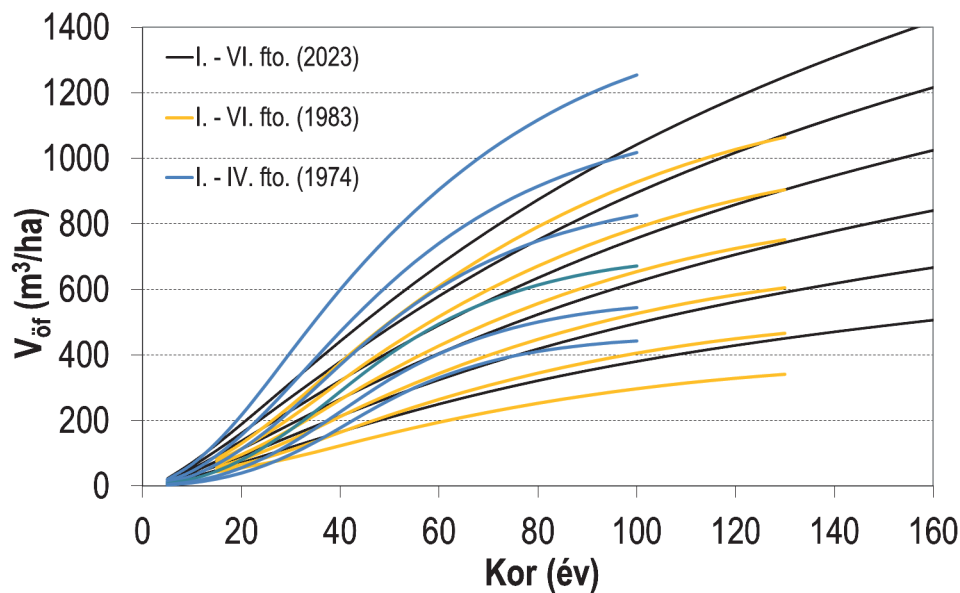
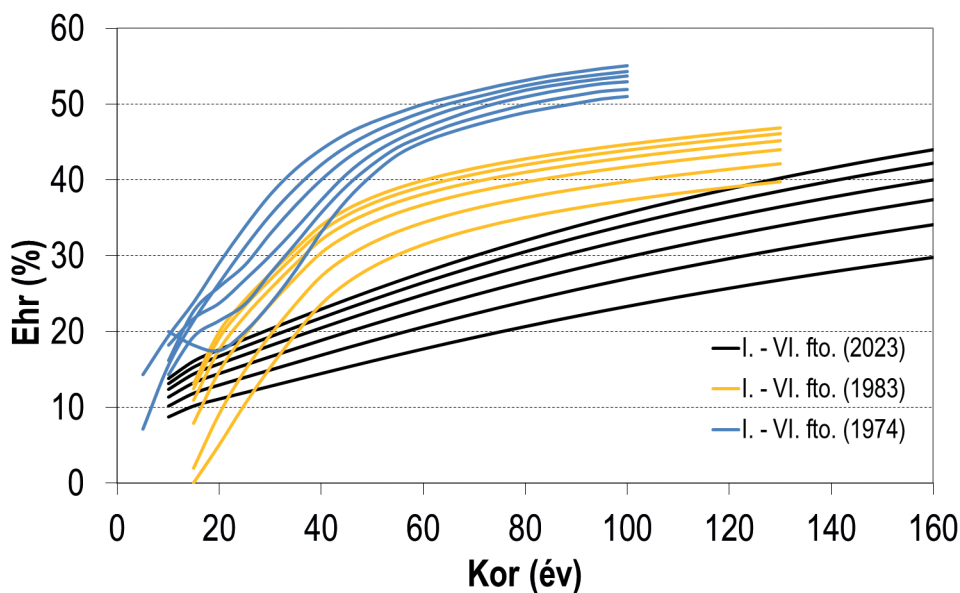
8. ábra: A mellékállomány körlapösszege és fatérfogata a kor függvényében (G_m , V_m), összehasonlítva az 1974-es (kék görbék, csak V_m) és 1983-as fatermési tábla adataival (sárga görbék)

Figure 8: The basal-area and timber volume for secondary stand depend on age (G_m , V_m), compare with the yield table data from 1974 (blue curves, only V_m) and 1983 (yellow curves)



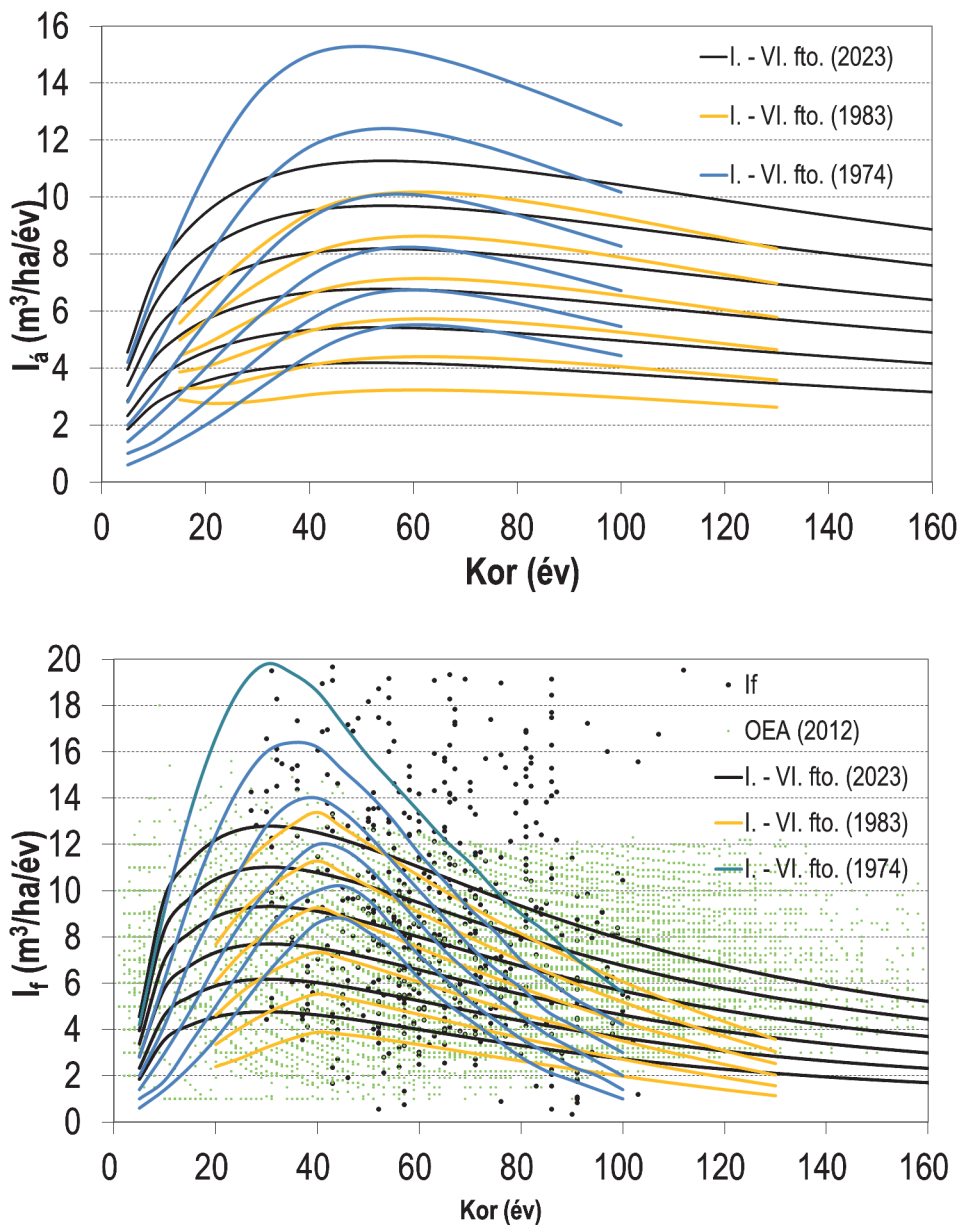
9. ábra: Az összes előhasználat a kor függvényében ($V_{\text{öeh}}$), összehasonlítva az 1974-es (kék görbék) és 1983-as fatermési tábla adataival (sárga görbék)

Figure 9: The total intermediate cutting characteristics depend on age ($V_{\text{öeh}}$), compare with the yield table data from 1974 (blue curves) and 1983 (yellow curves)



10. ábra: Az előhasználati részarány és az összes fatermés fatérfogata a kor függvényében (Ehr , $V_{\text{öf}}$), összehasonlítva az 1974-es (kék görbék) és 1983-as fatermési tábla adataival (sárga görbék)

Figure 10: The intermediate cutting ratio and the total timber production depend on age (Ehr , $V_{\text{öf}}$), compare with the yield table data from 1974 (blue curves) and 1983 (yellow curves)



11. ábra: Az átlag- és folyónövedék a kor függvényében (I_a , I_f), összehasonlítva az 1974-es (kék görbék) és 1983-as fatermési tábla adataival (sárga görbék). I_f esetében az Országos Erdőállomány Adattár adatai zöld pontok is láthatóak

Figure 11: The average and current increment depend on age (I_a , I_f), compare with the yield table data from 1974 (blue curves) and 1983 (yellow curves). In case of I_f , the data of the National Forestry Database (green dots) are also visible



ÖSSZEFOGLALÁS

Az 1974-es Sopp féle tábla erőteljesen felülbecsül, míg az utoljára 1983-ban publikált Kovács féle cser fatermési tábla adataink alapján enyhén alulbecsli a cser fafaj növedékét, ezért új fatermési táblát készítettünk a cser fafajra. A fatermési tábla faállományszerkezeti jellemzői ($H_{f\acute{e}}$, $H_{g\acute{e}}$, $D_{g\acute{e}}$, $N_{\acute{e}}$, $G_{\acute{e}}$, $V_{\acute{e}}$, H_{gm} , D_{gm} , N_m , V_m , $V_{\acute{o}eh}$, Ehr , $V_{\acute{o}f}$, $I_{\acute{a}}$, I_f) jelentősen megváltoztak. A táblák különbségét az adatbázis növekedése és a feldolgozás különbsége is adja. Többszörös adattal dolgozhattunk, mint 1974 vagy 1983 előtt, illetve az adatok digitális feldolgozása is pontosabb eredményeket ad, mint a korábban manuálisan összegzett adatok. A cser főfafajú tartamkísérleti hálózat reprezentativitását bizonyítja, hogy a szórásmezőket az Országos Erdőállomány Adattár adataival ellenőriztük. Az új fatermési tábla a korábbi 100 és 130 év helyett már 160 éves korig tartalmazza a legfontosabb faállomány-szerkezeti paramétereket. Javasoljuk az új fatermési táblák használatát a gazdálkodók, erdőtervezők és kutatók számára, mellyel reméljük, megkönnyítjük és pontosabbá tehetjük munkájukat.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom minden korábbi és jelenlegi kollégámnak, akik segítettek az ERTI cser főfafajú tartamkísérleteinek fenntartását, felvételezését és adatbeviteli munkáit. Külön köszönet Nagy-Khell Melinda áldozatos munkájáért. Szintén köszönettel tartozom azoknak az erdőgazdaságoknak, melyek több évtizeden keresztül a rendelkezésünkre bocsátották az erdőterületeket a kísérletekhez. Jelen publikáció a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében az Innovációs és Technológiai Minisztérium (jogutód: Kulturális és Innovációs Minisztérium) Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Béky A., Bondor A., Gabnai E., Hajdú G., Halupa L., Kiss R., Mendlik G., Rédei K., Solymos R., Veperdi G. 1993: A hosszúlejárati erdőnevelési és fatermési kísérletek létesítésének, felvételének és fenntartásának továbbfejlesztett irányelvei. Erdészeti Kutatások 82-83(2): 197-213.
- Birck O., Kiss R., Márkus L., Solymos R., Tallós P. 1962: A hosszúlejárati erdőnevelési és fatermési kísérleti területek kitérésének, felvételezésének és fenntartásának irányelvei. Erdészeti kutatások 58(1-3): 217-259.
- Hajdú G. 1974: Fatermési vizsgálatok csertölgy-állományokban. Erdészeti kutatások 69(1): 171-182.
- Kollár T. 2023: Bükk (*Fagus sylvatica*) állományok fatermési függvénye és táblája az ERTI tartamkísérleti hálózatának adatbázisa alapján. Erdészettudományi Közlemények 12(1-2): 5-29.
- Kollár T. & Borovics A. 2021: A magyarországi hosszú lejárati erdészeti tartamkísérleti hálózat fenntartásának korszerű irányelvei, adatfeldolgozási módszerei és legfontosabb eredményei. Erdészettudományi Közlemények 11(1-2): 1-20.
- Kovács F. 1983: A csertölgyállományok fatermése. Erdészeti kutatások 75: 179-188.
- Microsoft, Corp., 2023: Microsoft 365 Excel alkalmazás.

- NFK-EF, 2020. Magyarország erdeinek összefoglaló adatai 2019, Budapest: Nemzeti Földügyi Központ, Erdészeti Főosztály.
- Sopp L., Adorján J., Béky A., Birck O., Faragó S., Fogarasi D., Harkay L., Kiss R., Kovács F., Márkus L., Mendlik G., Palotás F., Solymos R., Szodfridt I., Tuskó L. 1974: Fatömegszámítási táblázatok fatermési táblákkal, második, átdolgozott, bővített kiadás. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- Somogyi, Z. 1989. A változatosság, mint a természet egyik legfontosabb jelensége: gondolatok a fatermési táblák és függvények alkalmazásához. *Az erdő* 38(5): 214-218.
- TIBCO Software Inc. 2020. Data Science Workbench, version 14. <http://tibco.com>.
- Veperdi G. 2005: Faterméstan gyakorlati feladatok. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem.

Érkezett: 2023. február 20.

Közlésre elfogadva: 2023. szeptember 28.



Monitoring a cseresben

A kép az Erdészeti Mérő és Megfigyelő Rendszer részeként működő intenzív monitoring cseres mintaterületét mutatja egy 2022 decemberi hóvihár után. Az intenzív monitoring területeinek száma a reprezentatív mérőhálózat (EVH I.) mintapontjainak számához igazodik (annak 10%-a), ezért a kieső területek helyett új mintaterületeket kell kijelölni és felszerelni. Az elmúlt években két terület szűnt meg tervezett véghasználat, illetve károsítás miatt előrehozott véghasználat miatt. A kieső területek pótlására indítottuk el 2019-ben a biatorbágyi cseres mintaterületet. A kiválasztásakor döntő szempont volt, hogy a cser korábban csak elegyfajként volt jelen az intenzív monitoringban. Fontos szempont volt az is, hogy az időközben életbe lépett, az egyes légköri szennyező anyagok kibocsátásának csökkentéséről szóló 22016/2284. (NECD) uniós irányelv miatt légszennyezésnek jobban kitett területet is vizsgálatba vonjunk. A terület korábban fatermési kísérletként szolgált, ezért vannak kutatási előzményei is.

Fotó és szöveg: Manninger Miklós (SOE ERTI)

HOLTFA MIKROÉLŐHELYEK UGRÓVILLÁS-KÖZÖSSÉGEINEK VIZSGÁLATA

Sélei Dániel¹, Tóth Viktória² és Winkler Dániel³

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar

²Soproni Egyetem, Erdő- és Természeti Erőforrás-Gazdálkodási Intézet

³Soproni Egyetem, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet

Kivonat

Kutatásunk célja a holtfa mikrohabitatokhoz kötődő ugróvillás-közösségek vizsgálata volt. Kutatási területként a Répce menti maradvány ligeterdőt (Csáfordi-erdő, Győr-Moson-Sopron vármegye) választottuk, amelyben nagy mennyiségű álló és fekvő holtfa jelenléte jellemző. A felmérésekhez és mintavételekhez összesen 11 mikrohabitatot választottunk ki, amelyek között fekvő holtfák, dendrotelmák, kéreglevélások, tőkorhadat odvak korhanya is szerepelt. A vizsgálat során összesen 1309 ugróvillás egyedet válogattunk le és határoztunk meg faj szinten. Összesen 40 fajt mutattunk ki a vizsgált mikrohabitatokból. A fajok közül három, a magyar faunára nézve új faj (*Anurida granaria*, *Folsomia martynovae*, *F. cf. similis*) is előkerült. A legnagyobb fajszám szerinti részarányal (25%) az Entomobryidae család képviseltette magát. A fajszám a vizsgált mikroélőhelyeken 1 és 21 között változott. A nagyobb fajszámú közösségek a fekvő holtfákhoz kötődtek, ezen belül pedig az előrehaladottabb stádiumban lévő, magasabb korhadási fokú holtfákhoz. Kevesebb faj kötődött a tőkorhadat fák odvainak korhanyához, míg a speciális mikroélőhelyek (élő fák leváló kérge, vízzel telt dendrotelma) csupán egy-két fajnak nyújtottak megfelelő élőhelyet.

Kulcsszavak: Collembola, diverzitás, dendrotelma, fekvő holtfa, korhadási fok, ártéri erdő

STUDY ON SPRINGTAIL COMMUNITIES OF DEAD WOOD MICROHABITATS

Abstract

Our study aimed to investigate the Collembola communities inhabiting dead wood-related microhabitats. The study was carried out in the old remnant floodplain forest (Csáfordi-forest, Northwest Hungary) owing to the massive amount of dead wood in its area. For the survey, we selected 11 microhabitats, including lying dead wood of different stages of decay, dendrotelmata, peeling moss and bark, decaying wood material taken from tree hollows etc. A total of 1309 Collembola individuals belonging to 40 species were collected, three of them (*Anurida granaria*, *Folsomia martynovae*, *F. cf. similis*) are new to the Hungarian fauna. The most diverse microhabitats were the lying dead trees in a more advanced stadium of decay. The family Entomobryidae represented the largest proportion of species (25%). The number of species varied between 1 and 21 in the microhabitats studied. The communities with higher species numbers were associated with lying dead wood, including dead wood at a more advanced stage of decay. Fewer species were found in the dry wood decay of the tree's base hole, while special microhabitats (detached bark of living trees, dendrotelmata) provided suitable habitats for only one or two species.

Keywords: Collembola, dendrotelmata, lying dead wood, stage of decay, floodplain forest



BEVEZETÉS

Erdei ökoszisztémákban a leggyakrabban vizsgált mikrohabitatok a holtfához köthetőek (Bütler et al. 2020, Kraus et al. 2016, Regnery et al. 2013). A holtfák különböző megjelenési formái fontos szerepet töltenek be az erdők életében. Elhelyezkedése és a környezetének mikroklimatikus viszonyai jelentősen befolyásolják a lebomlási folyamat végbemenetelét és, hogy annak eredményeként milyen mikrohabitatok alakulnak ki, illetve mennyi ideig maradnak fenn (Csóka & Lakatos 2014).

Mivel a holtfához számos állatfaj kötődik, szerepük az erdei biodiverzitás fenntartásában nélkülözhetetlen (Csóka 2000, Stokland et al. 2012, Ónodi & Winkler 2014). Bizonyos korhadsági fokú holtfák sok állatfaj szempontjából kiemelkedő jelentőségűek. Néhány faj számára nélkülözhetetlenek, ugyanis pihenő-, szaporodó-, táplálkozó- vagy búvóhelyül szolgálhatnak. Az álló, a fekvő, illetve a föld feletti, más fákon pihenő fák más-más funkcióval szolgálhatnak az állatok egyes élettevékenységei során. A korhadó és holt fákban lévő odvak védelmet nyújthatnak a ragadozóktól és az időjárási viszontagságoktól, valamint bizonyos faodvakban összegyűlhet a csapadék (ezek a dendrotelmák), amely egyes fajoknak ivóvízforrást is jelenthet, és amelyben számos gerinces és gerinctelen faj fejlődhet (Gibbons & Lindenmayer 2002, Stokland et al. 2012).

A szervesanyag-lebontásért a – gombák mellett – gerinctelen szervezetek a felelősek. Ezek között több taxon holtfához való kötődését – pl. ászkarák (Andringa et al. 2019), ikerszelvényesek (Zuo et al. 2014), lábaspotrohúak (Richards & Davies 1977) szövőcsévések (Ulyshen 2014), atkák (Błoszyk et al. 2021) – dokumentálták.

A lebontók egyik legszámosabb csoportját jelentő ugróvillások holtfához való kötődése ismert jelenség (Hopkin 1997), azonban leggyakrabban csak egyes fajok leírása, előfordulása kapcsán emelik ki azt (pl. Smolis & Kadej 2014, Mateos & Winkler 2018). A holtfához (ezen belül holtfa mikroélelőhelyekhez) kötődő ugróvillás-közösségekről szóló tanulmányok egy-két lengyel munkától (Skubala & Marzec 2013, Skarzyński et al. 2016) eltekintve gyakorlatilag hiányoznak. Jelen kutatásunkkal – melynek fő célkitűzése a Csáfordi-erdő jellegzetes holtfa-mikroélelőhelyeinek ugróvillás-faunisztikai és közösségi-ökológiai vizsgálata volt – kicsit ezt a hiányt is szeretnénk pótolni.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati terület

A holtfa mikroélelőhelyekhez kötődő ugróvillások vizsgálatához a kevés, máig is fennmaradt keményfás ligeterdő egyikét, a Répce folyó mentén elterülő Csáfordi-erdőt (Győr-Moson-Sopron vármegye) választottuk helyszínül (1. ábra). Az idős, 250–300 éves fáknak, valamint ritka növényfajoknak is otthont adó ártéri tölgy-kőris-szil ligeterdő (*Fraxino pannonicae-Ulmetum*) a hártevét a fák alatt virító, több millió védett tavaszi tőzike (Leucojum vernum) köszönheti (Keszei 2012).

Az erdő lombkoronaszintje zárt, kétszintes és fajgazdag. Felső lombkoronaszintjében uralkodó a kocsányos tölgy (*Quercus robur*) és a magas kőris (*Fraxinus excelsior*), míg a második lombkoronaszintben megtaláljuk a mézgas éget (*Alnus glutinosa*), a mezei juhart (*Acer campestre*), a gyertyánt (*Carpinus betulus*) és a vénic szilt (*Ulmus laevis*). Cserjeszintjében főként veresgyűrű som (*Cornus*

sanguinea), cseregalagonya (*Crataegus laevigata*), kökény (*Prunus spinosa*) található. A gyepszint fajgazdag, üde lomberdei fajokkal benépesített, legjellemzőbb a tavaszi tőzike, odvas keltike (*Corydalis cava*), salátaboglárka (*Ficaria verna*) és a ragadós galaj (*Galium aparine*).



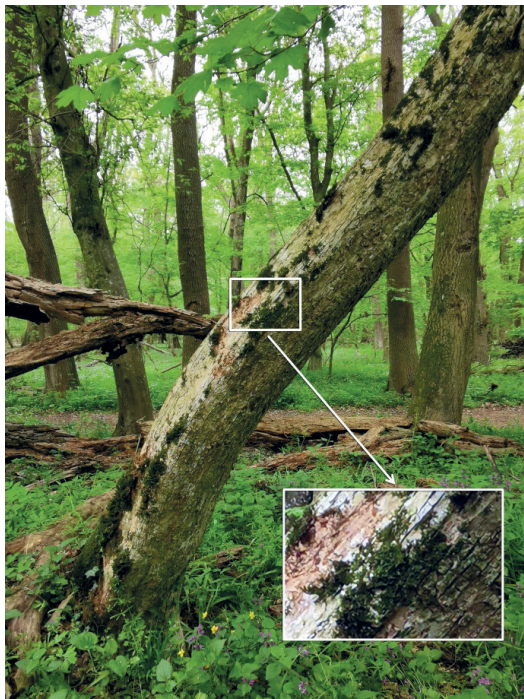
1. ábra: A vizsgálati terület: a Csáfordi-erdő madártávlatból (Forrás: Google Earth)
Figure 1: Study area (Csáford-forest) (Google Earth)

A Csáfordi-erdőben nem folyik erdőgazdálkodás, az erdőben található nagy mennyiségű holtfaanyag pedig az erdei élőlények sokasága számára létfontosságú táplálkozó- és élőhely. Az elpusztuló fászsárúak lebomlása (többek közt az ugróvillások által) pedig hozzájárul a talajképződéshez.

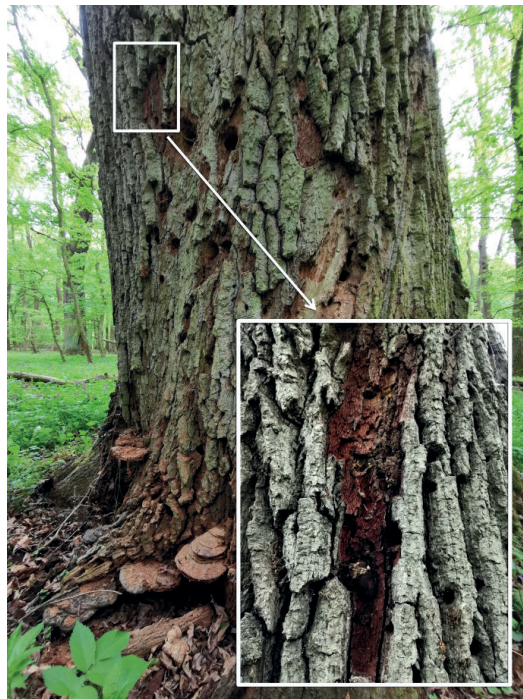
Az ugróvillások szempontjából megpróbáltunk potenciális mikrohabitatokat elkülöníteni. Mivel kisméretű élőlények, és meglehetősen jól alkalmazkodtak a talaj különböző paramétereire, akár néhány tíz centiméteren belül jelentős változás állhat be a fajösszetételük és dominancia-viszonyaik vonatkozásában, például az aljzat minőségének, vastagságának, és nedvességtartalmának változásával. Potenciális mikrohabitatjaink részben megfeleltethetők a Kraus et al. (2016) által alkalmazott kategóriáknak, melyeket tovább finomítottunk, és ezért az egyes élőhelytípusokat bővebb szöveges jellemzéssel láttuk el. Fekvő holtfák esetén az átmérőt durvább átmérő osztályokban adtuk meg (kis: 5-25 cm, közepes: 26-45, nagy: >46); és feljegyeztük a fekvő holtfa korhadási fokát. A korhadási fázisokra 6 fokú skálát használtunk (Ódor 2005). A mintavételi helyeket a Kraus et al. (2016) által alkalmazott kategóriákba soroltuk be. A fekvő holtfára csak DE jelölést használtunk.

Mikroélőhely 1 (MH1): Közepes méretű, még élő fa (mezei juhar) kérge és mohabevonata (2. ábra). Mikrohabitat kategória: EP31

Mikroélőhely 2 (**MH2**): Nagy méretű (kocsányos tölgy; $\varnothing > 80$ cm), még élő fa elhalt részei: har-
kály vésetek és rovar járatok (3. ábra). Mikrohabitat kategória: CV14; CV5



2. ábra: Mikroélőhely 1 (**MH1**)
Figure 2: *Microhabitat 1 (MH1)*



3. ábra: Mikroélőhely 2 (**MH2**)
Figure 3: *Microhabitat 2 (MH2)*

Mikroélőhely 3 (**MH3**): Élőfa (vénic szil) tövében lévő dendrotelma (4a. ábra). A mintavételezés a telma széléről történt. Mikrohabitat kategória: CV41

Mikroélőhely 4 (**MH4**): Élőfa (vénic szil) tövében lévő nyirkos, kisméretű odúban összegyűlt korhadék (az előző telmától (MH3) kissé feljebb) (4b. ábra). Mikrohabitat kategória: CV41

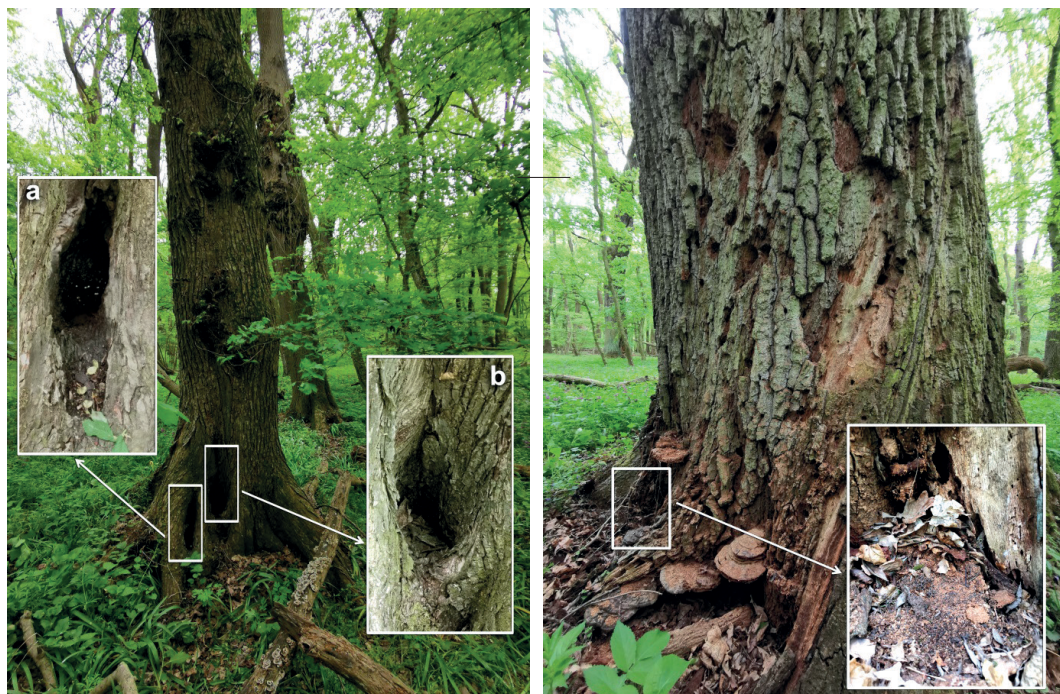
Mikroélőhely 5 (**MH5**): Nagy méretű, még élő fa tövében (kocsányos tölgy; $\varnothing > 80$ cm) elhelyezkedő odú aljában összegyűlt szárazabb korhadék (5. ábra). Mikrohabitat kategória: CV21

Mikroélőhely 6 (**MH6**): Nagy méretű, még élő fa (kocsányos tölgy) tőkorrhadt nagy méretű odva vastag, nyirkos korhadékkal (6. ábra). Mikrohabitat kategória: CV21

Mikroélőhely 7 (**MH7**): Nagy méretű (kocsányos tölgy; $\varnothing > 80$ cm) fekvő holtfa 3-as korhadási fázisban. Holtfán történő felújulás (vénic szil, magas kőris, csíkos kecskerágó) (7. ábra). A mintavételezés a méretes fekvő holtfa tetejéről, az újulat közül történt. Mikrohabitat kategória: DE

Mikroélőhely 8 (**MH8**): Közepes méretű ($\varnothing \sim 29$ cm) fekvő holtfa 4-es korhadási stádiumban, vastag mohaborítással (8. ábra). Mikrohabitat kategória: EP31; DE

Mikroélőhely 9 (**MH9**): Közepes vastagságú (ismeretlen fafajú; $\varnothing \sim 25$ cm) 5-ös korhadási fokú fekvő holtfa (9. ábra). Mikrohabitat kategória: DE



4. ábra: a. Mikroélelőhely 3 (MH3); b. Mikroélelőhely 4 (MH4)
 Figure 4: a. Microhabitat 3 (MH3); b. Microhabitat 4 (MH4)

5. ábra: Mikroélelőhely 5 (MH5)
 Figure 5: Microhabitat 5 (MH5)



6. ábra: Mikroélelőhely 6 (MH6)
 Figure 6: Microhabitat 6 (MH6)



7. ábra: Mikroélelőhely 7 (MH7)
 Figure 7: Microhabitat 7 (MH7)



8. ábra: Mikroélőhely 8 (MH8)
Figure 8: Microhabitat 8 (MH8)



9. ábra: Mikroélőhely 9 (MH9)
Figure 9: Microhabitat 9 (MH9)

Mikroélőhely 10 (MH10): Nagy méretű fekvő holtfa (ismeretlen faj) 6-os korhadási fázisban (10. ábra). A mintavételezés talajmintavevővel történt a talajszintben levő korhadékból. Mikrohabitat kategória: DE

Mikroélőhely 11 (MH11): Nagyméretű fekvő holtfa 6-os korhadási fázisban (11. ábra). A mintavétel a fatörmelekből talajmintavevővel és rovarszívóval történt. Mikrohabitat kategória: DE



10. ábra: Mikroélőhely 10 (MH10)
Figure 10: Microhabitat 10 (MH10)



11. ábra: Mikroélőhely 11 (MH11)
Figure 11: Microhabitat 11 (MH11)

A terepi gyűjtés módszere

Az előzőekben ismertetett mikrohabitatok ugróvillás-közösségeinek mintázásához egyrészt a talajmintavételezéseknél is alkalmazott kisméretű ásót használtunk (mikroélőhelyek: MH3, MH4, MH5, MH6, MH7, MH8, MH9, MH10, MH11), valamint emellett rovarszívó módszerrel is végeztünk gyűjtést (mikroélőhelyek: (MH1, MH2, MH5, MH7, MH8, MH9, MH11). Utóbbi gyűjtési módszert egy kéziporszívó segítségével sikerült megvalósítani, használatakor a korhadék az ugróvillásokkal együtt annak műanyag gyűjtőjébe került. A készülék szívóereje viszonylag alacsony, így az ugróvillásokban ez a gyűjtési mód nem tett kárt. A gyűjtött mintákat a terepen zacskóba, majd gyűjtődobozokba tettük, feltüntetve rajta a gyűjtés helyét, idejét és a mikroélőhely számát. A mintavételek 2022. 04. 26-án történtek.

A gyűjtött anyag feldolgozása

Az ugróvillások kinyerése a gyűjtött mintákból Berlese-Tullgren elven (Tullgren 1918) működő vödörfuttatóval történt, szobahőmérsékleten, 14 napos várakozási idővel. Minden mikroélőhelyről ~250 cm³ mennyiségű mintát helyeztünk a futtatóra. A lefutott mintákból az ugróvillás egyedeket sztereomikroszkóp segítségével leválogattuk. Az egyedek leválogatása és számolása az élőhelynek megfelelő névvel ellátott, felcímkézett, 70%-os etanol tartalmazó fiolákba történt.

Az ugróvillás taxonok (Collembola) család és genus-szintű elkülönítéséhez Gisin (1960) és Jordana et al. (1990) munkáit vettük alapul. A fajszintű határozást a főbb taxonómiai kulcsok (Deharveng 1982, Fjellberg 1980, 1998, Babenko et al. 1994, Zimdars & Dunger 1994, Weiner 1996, Jordana et al. 1997, Pomorski 1998, Bretfeld 1999, Potapov 2001, Thibaud et al. 2004, Jordana 2012) használatával végeztük. A fajok áttekintésénél Bellinger et al (1996–2023) rendszerét alkalmaztuk, a magyarországi ugróvillás faunával való összevetéshez Dányi & Traser (2008) névjegyzékét vettük alapul.

Az adatfeldolgozás és kiértékelés módszerei

A közösségi-ökológiai elemzést és a vizsgált állományok összehasonlító értékelését a fontosabb közösségi mérőszámok – fajszám, abundancia, Shannon diverzitás, kiegyenlítettség – segítségével végeztük el. A vizsgált holtfa mikroélőhelyek Collembola-közösségeinek hasonlóságát a Jaccard-féle fajazonossági index alapján végzett hierarchikus cluster analízis segítségével vizsgáltuk. Az elemzéseket a Past programcsomag 4.09 verziójával végeztük el (Hammer et al 2001).

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Faunisztikai eredmények

A Csáfordi-erdő mintázott holtfa mikroélőhelyein összesen 1309 ugróvillás egyed került elő. Összesen 13 család 40 fajtát azonosítottuk (1. táblázat), ez majdnem egy tizede a hazánkból ezidáig kimutatott fajoknak (Dányi & Traser 2008).



Az ugróvillás fajok családok szerinti megoszlását tekintve nem meglepő eredmény, hogy a legnagyobb fajszám szerinti részarányal (25%) az Entomobryidae család képviselt, mivel az ide tartozó ugróvillások nagy része ún. epedafikus, talajfelszíni faj, amelyek közül több faj a fák törzsére (*Entomobrya* spp., *Willowsia* spp.) is felmászik. A *Lepidocyrtus* és *Pseudosinella* fajok ugyan többségükben hemiedafikus talajlakók (Hopkin 1997), köztük is találunk szép számmal felszínen mozgó fajokat, amelyek a vizsgálati területünkön rendre meg is jelentek a holtfák mohával, kéreggel borított felszínén, vagy a bomló korhanyban. Magas részarányal volt jelen az Isotomidae család is (20%), melynek fajai között ugyan nem igazán találunk felszínen mozgó fajokat, viszont több kolonizáló fajuk (*Parisotoma notabilis*, *Folsomia* spp.) is könnyen benépesíti az előrehaladottabb korhadási stádiumban lévő földön fekvő holtfákat. Az euedafikus (a talaj mélyebb rétegeiben élő) fajokat tömörítő családok (Onychiuridae, Tullbergiidae) kis fajszámmal voltak jelen a mintákban. Ezek a többnyire fehér, vak ugróvillások csak a magasabb korhadási fokú fekvő holtfákban jelentek meg, meglehetősen alacsony egyedszámmal. A Hypogastruridae család fajai közül – Skarzyński et al (2016) holtfás vizsgálataihoz hasonlóan – előfordult a fakéreghez, szárazabb korhadékhoz kötődő szaproxilofág *Friesea claviseta*, míg a tókorhadat odvak korhanyában a *Ceratophysella denticulata* volt tömeges. Általában kis egyedszámmal, több esetben érdekes fajjal további családok is reprezentáltak voltak a mintákban (ilyenek a Neanuridae, Tomoceridae, Orchesellidae családok fajai, valamint a Neelidae, Bourletiellidae, Katiannidae, Sminthurididae és Sminthuridae gömböc ugróvillásai).

1. táblázat: Az előfordult *Collembola* fajok egyedszáma (250 cm³ mintára vonatkoztatva) a vizsgált holtfa mikroélelőhelyeken (a mikroélelőhely kódokat lásd az Anyag és módszer fejezetben)

Table 1. *Collembola* species spectrum and number of individuals (in 250 cm³ sample) in the studied dead-wood microhabitats (for microhabitat codes see the Materials and methods section)

	MH1 (EP31)	MH2 (CV14; CV5)	MH3 (CV41)	MH4 (CV41)	MH5 (CV21)	MH6 (CV21)	MH7 (DE)	MH8 (EP31; DE)	MH9 (DE)	MH10 (DE)	MH11 (DE)
Hypogastruridae											
<i>Ceratophysella denticulata</i>	0	0	3	9	16	192	0	1	0	0	30
<i>Choreutinula inermis</i>	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0
<i>Anurida</i> cf. <i>granaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Neanuridae											
<i>Bilobella aurantiaca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Deutonura conjuncta</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0	4
<i>Neanura muscorum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Friesea claviseta</i>	3	9	0	6	8	12	6	6	8	1	0
<i>Superodontella lamellifera</i>	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0
Onychiuridae											
<i>Protaphorura armata</i>	0	0	0	0	1	0	55	0	0	19	0
<i>Deuteraphorura silesiaca</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	5	16	5
Tullbergiidae											
<i>Mesaphorura betschi</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Oncopoduridae											
<i>Oncopodura crassicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Az 1. táblázat folytatása / Table 1 continued.

	MH1 (EP31)	MH2 (CV14; CV5)	MH3 (CV41)	MH4 (CV41)	MH5 (CV21)	MH6 (CV21)	MH7 (DE)	MH8 (EP31; DE)	MH9 (DE)	MH10 (DE)	MH11 (DE)
Tomoceridae											
<i>Tomocerus vulgaris</i>	0	0	0	3	0	0	15	12	9	17	36
<i>Pogonognathellus flavescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	5
Isotomidae											
<i>Folsomia penicula</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Folsomia martynovae</i>	0	0	11	2	0	0	0	12	14	0	0
<i>Folsomia cf. similis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>Folsomia quadrioculata</i>	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0
<i>Isotomiella minor</i>	0	0	0	0	0	0	94	0	0	14	28
<i>Isotomurus sp. juv</i>	0	0	0	7	0	0	2	0	0	0	4
<i>Parisotoma notabilis</i>	0	0	0	0	0	0	15	7	3	12	19
<i>Tetracanthella pericarpatica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Orcheselliidae											
<i>Heteromurus nitidus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
<i>Orchesella spectabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Entomobryidae											
<i>Entomobrya corticalis</i>	2	0	0	0	3	0	0	18	21	0	0
<i>Entomobrya muscorum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Lepidocyrtus florum</i>	0	0	0	0	0	0	0	22	27	0	0
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>Lepidocyrtus peisonis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Lepidocyrtus violaceus</i>	0	0	0	5	7	0	19	43	35	0	22
<i>Pseudosinella wahlgreni</i>	0	0	0	2	0	0	0	21	16	4	31
<i>Willowsia nigromaculata</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neelidae											
<i>Megalothorax minimus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Bourletiellidae											
<i>Deuterosminthurus bicinctus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Ptenothrix atra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Katiannidae											
<i>Sminthurinus aureus</i>	0	0	0	0	0	0	22	5	14	0	0
<i>Sminthurinus elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
Sminthuridae											
<i>Sphaeridia pumilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
Sminthuridae											
<i>Capraínea marginata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3
<i>Lipothrix lubbocki</i>	0	0	0	2	0	0	18	32	24	19	0



Az előfordult fajokat Bellinger et al (1996–2023) rendszere alapján az alábbiakban tekintjük át.

Rend: PODUROMORPHA Börner, 1913

Család: Hypogastruridae Börner, 1906

Ceratophysella denticulata (Bagnall, 1941)

Gyakori, tipikus detritofil ugróvillás faj. A vizsgált mikroélőhelyek közül hatban is előfordult (MH3, MH4, MH5, MH6, MH8, MH11). Legnagyobb egyedszámmal (192) a tőkorhadt kocsányos tölgy nyirkos korhadékából (MH6) került elő.

Choreutinula inermis (Tullberg, 1871)

Hazánkban gyakori, hemiedafikus erdőlakó ugróvillás faj, avarban, korhadékban sokszor találhatóunk vele. A vizsgált mikroélőhelyek közül csak a tőkorhadt fa odvában (MH6) találtuk.

Anurida granaria (Nicolet, 1847)

Ezt az apró ugróvillás fajt a környező országokból már kimutatták, hazánkban ez az első előfordulása. Magas korhadási fokú fekvő holtfában (MH10) találtuk egyetlen egyedét.

Család: Neanuridae Börner, 1901

Bilobella aurantiaca (Caroli, 1910)

Hazánkban főleg középhegységi- és ártéri erdők nyirkos talajából ismert ez a dekoratív, piros színű ugróvillás. A 6-os korhadási fázisban lévő fekvő holtfából (MH11) került elő hat példánya.

Deutonura conjuncta (Stach, 1926)

Gyakori faj hazánkban, középhegységeink és ártéri erdeink talajában általánosan elterjedt. A vizsgált mikroélőhelyeket tekintve a 4–6-os korhadási fokú fekvő holtfákban (MH8, MH9, MH11) gyűjtöttük néhány egyedét.

Neanura muscorum (Stach, 1926)

Gyakori, kozmopolita ugróvillás. Hemiedafikus, a talajok felső, humuszos rétegében, avarban, korhadékban is gyakran előfordul. 6-os korhadási fokú fekvő holtfában (MH10) gyűjtöttük.

Friesea claviseta Axelson, 1900

Európa-szerte gyakori ugróvillás faj, korhadékban, fakéreg alatt él. A Csáfordi-erdő holtfás mikroélőhelyeinek egyik karakterfaja, kettő kivételével mindegyik mintában (MH1, MH2, MH4, MH5, MH6, MH7, MH8, MH9, MH10) megtaláltuk.

Superodontella lamellifera (Axelson, 1903)

Kozmopolita ugróvillás faj, hazánkban középhegységi- és ártéri erdőkből került eddig elő. Három mikroélőhelyen (MH5, MH8, MH9) gyűjtöttük néhány egyedét.

Család: Onychiuridae Lubbock in Börner, 1913

Protaphorura armata (Tullberg, 1869)

Kozmopolita faj, hazánkban is elterjedt, változatos élőhelyeken. Euedafikus, a talaj mélyebb rétegeiben is előfordul. Gyűjtöttük fa tövében összegyűlt korhadékból (MH5), valamint nagyobb egyed-számban különböző korhadási fokú (3–6) fekvő holtfából (MH7, MH10) is.

Deuteraphorura silesiaca (Dunger, 1977)

Ezt a meglehetősen ritka, elsősorban hegyvidéki erdőkre jellemző ugróvillás fajt hazánkban eddig csak a Soproni-hegységben (Traser 1994), valamint a Vas–Soproni-síkságon (Traser & Thibaud 1999) gyűjtötték. Utóbbi lelőhelytől a Csáfordi-erdő mindössze 20 km-re található, így nem véletlen a megkerülése. Kizárólag fekvő holtfából gyűjtöttük (MH8, MH9, MH10, MH11).

Család: Tullbergiidae Bagnall, 1935

Mesaphorura betschi Rusek, 1979

Ez a parányi, euedafikus faj hazánkban eddig csak a Szigetközből került elő (Traser 1997). Fa tövében összegyűlt korhadékból (MH5), valamint 6-os korhadási fokú fekvő holtfából (MH10, MH11) is gyűjtöttük egy-egy egyedét.

Rend: ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913

Család: Oncopoduridae Carl & Lebedinsky, 1905

Oncopodura crassicornis Shoebottom, 1911

Hazánkban általánosan elterjedt edafikus, illetve troglófil faj. Elsősorban középhegységi erdeinkből vannak adatai (Dányi & Traser 2008). Egyetlen egyedét fekvő holtfán gyűjtöttük (MH8).

Család: Tomoceridae Schäffer, 1896

Tomocerus vulgaris (Tullberg, 1871)

Holarktikus elterjedésű, hazánkban általánosan elterjedt faj. Leggyakrabban az erdei avarban került szem elé, de fekvő holtfán, különösen annak tövében az egyik legdominánsabb ugróvillás. Nem véletlen, hogy a vizsgált mikroélőhelyek közül is a fekvő holtfához (MH4, MH7, MH8, MH9, MH10, MH11) kötődött az előfordulása.

Pogonognathellus flavescens (Tullberg, 1871)

Holarktikus elterjedésű, hazánkban is gyakori, az üde élőhelyeket előnyben részesítő higrofil faj. Az előző fajhoz hasonlóan fekvő holtfához kötődött (MH8, MH9, MH11).

Család: Isotomidae Schäffer, 1896

Folsomia penicula Bagnall, 1939

Palearktikus elterjedésű, hazánkban is általánosan elterjedt, mezofil erdei faj. A vizsgált élőhelyek közül a 4-es korhadási fokú fekvő holtfa kéreg-moha borítása (MH8) alól gyűjtöttük két egyedét.

*Folsomia martynovae* Potapov 2001

A vizsgálat során előkerült egy érdekes, 6+6 pontszemmel rendelkező *Folsomia* faj is, amelyet az Ukrajnából leírt *Folsomia martynovae* fajjal azonosítottunk, s amelyet hazánkban még nem észleltek. A vizsgált mikroélőhelyek közül fekvő holtfáról (MH8, MH9), valamint mind a vízzel telt (MH3), mind pedig a kiszáradt telmából (MH4) is gyűjtöttük.

Folsomia cf. *similis* Bagnall, 1939

Ezt a gyűjtés során előkerült másik, hazánkra valószínűleg új *Folsomia* fajt a már erősen korhadó (6-os korhadási fokú) holtfában (MH10) találtuk.

Folsomia quadrioculata (Tullberg 1871)

Holarktikus elterjedésű, eurytopikus faj. Változatos élőhelyeken is nagy abundanciával van jelen, kolonizáló képessége jól ismert (Dunger et al 2004). A vizsgálat során tőkorhadat kocsányos tölgy nyirkos korhadékából (MH6) került elő.

Isotomiella minor (Schäffer, 1896)

Kozmopolita, eurytopikus ugróvillás faj, kedveli az üde élőhelyeket. A vizsgálati területen különböző korhadási fokú (3-6) fekvő holtfából (MH7, MH10, MH11) gyűjtöttük, nagy egyedszámban.

Isotomurus sp. juv

Egy *Isotomurus* faj fiatal egyedei szintén fekvő holtfából (MH7, MH11), valamint a beszáradt telmából (MH4) kerültek elő. A pontos határozáshoz adult példányok gyűjtése szükséges.

Parisotoma notabilis (Schäffer, 1896)

Kozmopolita, eurytopikus ugróvillás faj, a szántóföldektől a középhegységi erdeinkig számos élőhelytípusban előfordul. A vizsgálati területen különböző korhadási fokú (3-6) fekvő holtfából (MH7, MH8, MH9, MH10, MH11) gyűjtöttük.

Tetracanthella pericarpatica Kaprus & Tsalan, 2009

A *Tetracanthella* génusz fajai leginkább a magashegységekre jellemzőek. Ezért is különleges a *Tetracanthella pericarpatica* előfordulása, amit korábban Winkler et al (2011) is megtaláltak a Csörnöc-patak mentén, Vasvár közelében. Egyetlen egyedét találtuk a magas korhadási fokú (6) holtfa (MH11) korhanyában.

Család: Orchesellidae Börner, 1906

Heteromurus nitidus (Templeton, 1835)

Ez az eredetileg barlangból leírt, holarktikus elterjedésű ugróvillás kedveli a sötétebb, nyirkos élőhelyeket, így a talajban, kövek vagy fekvő holtfa alatt is találkozhatunk vele. Fa tövében összegyűlt korhadékban (MH5), valamint magasabb korhadási fokú fekvő holtfában (MH11) gyűjtöttük néhány egyedét.

Orchesella flavescens (Bourlet, 1839)

Palearktikus elterjedésű, általánosan elterjed talajfelszíni epedafikus ugróvillás faj. Erdei élőhelyeken a leggyakoribb *Orchesella* faj. 4-5-ös korhadási fokú fekvő holtfán (MH8, MH9) gyűjtöttük egy-egy egyedét.

Család: Entomobryidae Tömösváry, 1882

Entomobrya corticalis (Nicolet, 1842)

Az általánosan elterjedt, hazánkban is gyakori ugróvillás nevében szereplő „corticalis” szó utal a faj egyik kedvelt mikroélőhelyére, mégpedig a fák kérgére. Különböző korhadási fokú (4-5) fekvő holtfán (MH8, MH9), fa tövében összegyűlt korhadékban (MH5), valamint még élő fa mohabevonatos kérgén (MH1) is gyűjtöttük.

Entomobrya muscorum (Nicolet, 1842)

Leginkább erdőkhöz kötődő, a sűrűbb növényzetben előforduló faj. 6-os korhadási fokú, földön fekvő holtfa korhadékán (MH11) gyűjtöttük egyetlen egyedét.

Lepidocyrtus florum Winkler & Mateos, 2018

Ezt a mindössze 1 mm nagyságú *Lepidocyrtus* fajt néhány éve írták le a Hanságból, a Csíkos-éger maradvány láperdőből, ahol az égerfákat borító mohában, valamint leváló kéreg alatt fordult elő nagy számban (Mateos & Winkler 2018). A Csáfordi-erdőben is hasonló mikroélőhelyen gyűjtöttük, mohabevonatos fekvő holtfán (MH8, MH9).

Lepidocyrtus lanuginosus (Gmelin, 1788)

Holarktikus elterjedésű, változatos élőhelyeken előforduló faj. Ugyanakkor a legutóbbi genetikai vizsgálatok kimutatták, hogy a markánsan eltérő habitatokban élő *L. lanuginosus*-ként azonosított ugróvillások minden bizonnyal eltérő fajokat takarnak (Zhang et al 2018). Magas korhadási fokú (6) fekvő holtfán (MH11) gyűjtöttük néhány egyedét.

Lepidocyrtus peisonis Traser & Christian, 1992

Ezt a sárga alapszínű *Lepidocyrtus* fajt a Fertő nádasából írta le Traser & Christian (1992). Azóta több helyről és élőhelyről is előkerült, részletesebb újrleírását és élőhelyi vonatkozásait Winkler & Mateos (2018b) közzölték. A Csáfordi-erdő időnként vízzel borított, üde talajában minden bizonnyal nagyobb gyakorisággal fordul elő, a vizsgált holtfa mikroélőhelyek közül mindössze egyben, 6-os korhadási fokú fekvő holtfában (MH11) sikerült gyűjtenünk két egyedét.

Lepidocyrtus violaceus (Geoffroy, 1762)

Az egyik legrégebben leírt ugróvillás faj. Üde erdei élőhelyeken gyakori, hazánkban leginkább a közephegységi- és ártéri erdőkből mutatták ki. A vizsgált mikroélőhelyek közül a fekvő holtfában meglehetősen gyakori (MH7, MH8, MH9, MH11), de előkerült fa tövében összegyűlt korhadékban (MH5), valamint kiszáradt dendrotelmából (MH4) is.



Pseudosinella gr. wahlgreni (Börner, 1907)

A *Pseudosinella wahlgreni* taxonómiai helyzete a mai napig nem tisztázott, minden bizonnyal nem egy, hanem több fajt takar (Stomp 1972). A Csáfordi-erdőben előforduló, a bélyegei alapján a *wahlgreni* csoportba tartozó faj különböző korhadási stádiumban (4-6) lévő fekvő holtfán (MH8, MH9, MH10, MH11), valamint kiszáradt telmában (MH4) egyaránt előfordult, esetenként nagyobb egyedszámmal is.

Willowsia nigromaculata (Lubbock, 1873)

A fák kérgéhez erősen kötődő faj. Éppen ezért nem véletlen, hogy a mikroélőhelyek közül a még élő, de már kissé korhadó, mohával borított kérgű juharfán fordult elő (MH1) néhány egyede.

Rend: NEELIPLEONA Massoud, 1971

Család: Neelidae Folsom, 1896

Megalothorax minimus Willem, 1900

Ez a mindössze 0,2 mm nagyságú, fehér gömböc ugróvillás általában euedafikus életmódot folytat (a talaj mélyebb rétegeiben fordul elő). A vizsgált mikroélőhelyek közül a magas korhadási fokú (6) fekvő holtfából (MH11) került elő néhány egyede.

Rend: SYMPHYPLEONA Börner, 1901

Család: Bourletiellidae Börner, 1913

Deuterostminthurus bicinctus Koch, 1840

Palearktikus elterjedésű, elsősorban erdőkhöz kötődő faj. Hazánkban közephegységeinkből, az Őrségből, Nyírségből és a Szigetközből ismert (Dányi & Traser 2008). Egyetlen juvenilis egyedét fekvő holtfa (MH10) korhanyában találtuk.

Ptenothrix atra (Linnaeus, 1758)

Erdei faj, hazánkból kevés helyről ismert (Aggtelek, Mátra, Nyírség, Hanság). Érdekes párhuzam vonható a *Lepidocyrtus florae* fajjal, ugyanis mindkét ritka ugróvillás a hansági Csikos-égeresben is előkerült (Traser 2003). A Csáfordi-erdőben egyetlen egyedét gyűjtöttük magas korhadási fokú (6) fekvő holtfában (MH11).

Család: Katiannidae Börner, 1913

Sminthurinus aureus (Lubbock, 1862)

Palearktikus elterjedésű, eurytopikus gömböc ugróvillás. Hazánkban is többféle élőhelyről előke-
rült, olykor magas abundanciával. A Csáfordi-erdőben fekvő holtfáról (MH7, MH8, MH9) gyűjtöttük.

Sminthurinus aureus (Lubbock, 1862)

Holarktikus elterjedésű, az előző fajhoz hasonlóan eurytopikus ugróvillás faj. A vizsgálati területen néhány egyedét gyűjtöttük fekvő holtfáról (MH8, MH9).

Család: Sminthurididae Börner, 1906

Sphaeridia pumilis (Krausbauer, 1898)

Ez az apró termetű gömböc ugróvillás többféle élőhelyen is előfordul, ellenáll az éghajlati szélsőségeknek és a szennyezésnek is (Gillet & Ponge 2003). Vizsgálati területünkön az egyik, magas korhadási fokú (6) holtfa korhanyából (MH11) került elő.

Család: Sminthuridae Lubbock, 1862

Caprainea marginata (Schött, 1893)

Dányi & Traser (2008) mint xerotermofil fajt említik, ugyanakkor közephegységi bükkösök (Loksa & Rubio 1966), valamint ártéri erdők talajában is előfordul. A vizsgálati területen 4-5-ös korhadási fokú fekvő holtfából (MH9, MH11) gyűjtöttük néhány egyedét.

Lipothrix lubbocki (Tullberg, 1872)

Európában és Észak-Afrikában él, hazánkban leggyakrabban a közephegységi erdőkből kerül elő ez a faj. A vizsgálati területünkön különböző korhadási fokú (3-7) fekvő holtfából (MH7, MH8, MH9, MH10), valamint vénic szil kiszáradt telmájából (MH4) került elő.

A mikroélőhelyek összehasonlító értékelése

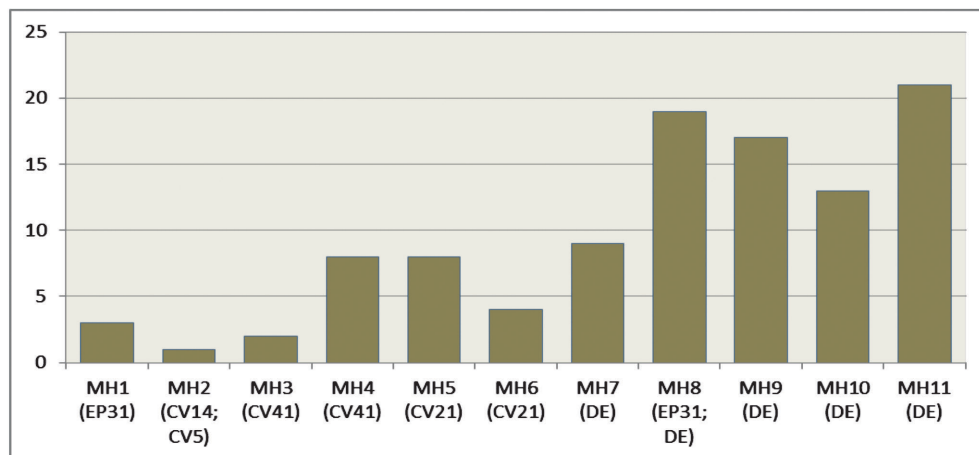
A vizsgált mikroélőhelyek legfontosabb közösségi karakterisztikáit a 2. táblázat foglalja össze. A fajszám a vizsgált mikroélőhelyeken 1 és 21 között változott (12. ábra). Az ábráról leolvasható, hogy a nagyobb fajszámú közösségek a fekvő holtfákhoz kötődnek, ezen belül pedig az előrehaladottabb stádiumban lévő, magasabb korhadási fokú holtfákhoz (pl. MH11). Kevesebb faj (4-8) kötődött a tőkorhadat fák odvainak korhanyához, míg a speciális mikrohabitatok (élő fák leváló kérge, vízzel felt dendrotelma) csupán egy-két fajnak nyújtottak megfelelő élőhelyet. A diverzitás a fajszámmal szinte megegyező trendet mutatott.

2. táblázat: A vizsgált mikroélelőhelyek ugróvillás-közösségeinek legfontosabb karakterisztikái
(a mikroélelőhely kódokat lásd az Anyag és módszer fejezetben)

Table 2: Values of collembola community characteristics in the sampled dead-wood microhabitats
(for microhabitat codes see the Materials and methods section)

Mikroélelőhely	Fajszám (S)	Egyedszám (N)	Diverzitás (H')	Kiegyenlítetttség (J)
MH1 (EP31)	3	9	1,061	0,9656
MH2 (CV14; CV5)	1	9	0	0
MH3 (CV41)	2	14	0,5196	0,7496
MH4 (CV41)	8	36	1,927	0,9265
MH5 (CV21)	8	39	1,63	0,784
MH6 (CV21)	4	237	0,6681	0,4819
MH7 (DE)	9	246	1,778	0,8094
MH8 (EP31; DE)	19	192	2,361	0,8019
MH9 (DE)	17	190	2,426	0,8562
MH10 (DE)	13	110	2,134	0,8321
MH11 (DE)	21	228	2,545	0,8358

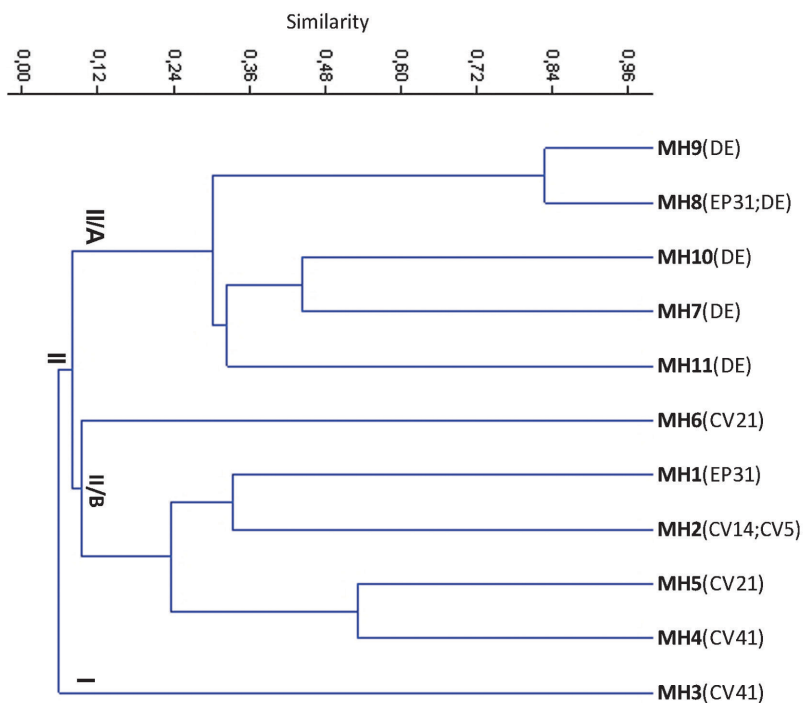
Nem törvényszerű, de esetünkben az egyedszámnál is nagyjából a fajszámhoz hasonló trend figyelhető meg. Kivételt képez a tőkorhadt kocsányos tölgy nagy odvának (MH6) nyirkos korhanyában talált ugróvillás-mennyiség, amely a magas korhadási fokú, fekvő holtfa mintában számolt egyedszámmal volt közel egyező. Ez a meglehetősen magas egyedszám ugyanitt az alacsony fajszámmal párosulva alacsony egyenletességi értékhez vezetett. A diverzitás és kiegyenlítetttség az egyetlen előfordult faj miatt az MH2 mikroélelőhelyen nem volt értelmezhető.



12. ábra: Az ugróvillás-közösségek fajszáma a vizsgált mikroélelőhelyeken (a mikroélelőhely kódokat lásd az Anyag és módszer fejezetben)

Figure 12: Collembola community species richness of the studied microhabitats (for microhabitat codes see the Materials and methods section)

A közösségek (és a mikroélőhelyek) hasonlóságának szemléltetésére a Jaccard-indexen alapuló hierarchikus cluster-analízist végeztünk (13. ábra). A mikroélőhely felbontású dendrogramon jól megfigyelhető az MH3 (dendrotelma) elkülönülése (I), amit a víz jelenlétével (mint a többi mikroélőhelytől való markáns különbséggel) lehet magyarázni. A másik nagy csoporton (II) belül egy alcsoportot (II/A) alkotva jól elkülönülnek a (különböző korhadási stádiumú) fekvő holtfák (és közösségeik). A másik alcsoportot (II/B) a tőben korhadó fák odvai, valamint a fakéreghez kötődő mikroélőhelyek alkotják.



13. ábra: A Jaccard-féle hasonlósági indexen alapuló hierarchikus cluster-analízis dendrogramja (a mikroélőhely kódokat lásd az Anyag és módszer fejezetben)

Figure 13: Dendrogram based on cluster analysis using the Jaccard index of similarity (for microhabitat codes see the Materials and methods section)

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A holtfa mikroélőhelyek jelentőségét mutatja, hogy a Csáfordi-erdő ugróvillások számára megfelelő élőhelykínálatának csupán töredékét megmintázva összesen 40 fajt sikerült beazonosítanunk, ami a Magyarországon eddig kimutatott fajoknak közel egy tizede.

A legtöbb mintában (> 80%) a *Friesea clavisetia* fordult elő, amely egyike a tipikus fakéreghez, korhadékhoz kötődő szaproxilofág fajoknak (Dányi & Traser 2008, Skarzyński et al. 2016). Azonos, magas frekvencia-értékkel (~54%) előforduló további fajok az epedafikus, avar- és korhadéklakó *Tomocerus vulgaris*, a hemiedafikus, detritofil *Ceratophysella denticulata*, valamint a kissé nedvebb környezetet preferáló *Lepidocyrtus violaceus*. A legnagyobb egyedszámban előforduló három



faj sorrendben a fent említett *Ceratophysella denticulata* és *Lepidocyrtus violaceus*, valamint az eurytopikus, gyakori *Isotomiella minor*.

A mintázott holtfa mikroélőhelyeken jellegzetes ugróvillás-közösségek telepednek meg, amelyek több érdekes, specialista fajt is tartalmaznak. A közösségi-ökológiai elemzések eredményeiből megállapítható, hogy a fekvő holtfák jelentik a leggazdagabb élőhelyet, valamint összefüggés figyelhető meg a korhadási fok és az ugróvillás-közösségek paraméterei között. Minél előrehaladottabb korhadási stádiumban van a fekvő holtfa, annál fajgazdagabb és diverzebb közösség jelenléte figyelhető meg. Ez magyarázható azzal is, hogy a lebomló holtfákon megindul a talajképződés, ami keveredve a korhanyal már nem csak az epedafikus, felszínen mozgó ugróvillásoknak (pl. *Entomobrya* spp., *Willowsia* ssp.) jelent megfelelő élőhelyet, hanem a hemiedafikus (pl. *Lepidocyrtus* spp., *Folsomia* spp.) és euedafikus (Onychiuridae, Tullbergidae család képviselői) fajoknak is. Utóbbiakat nem, vagy csak ritka esetben találjuk az alacsony korhadási fokú holtfában, és egyáltalán nem fordulnak elő a magasabban elhelyezkedő, szárazabb mikroélőhelyeken. Ugyanakkor nem csak a fekvő holtfa gazdagítja a Collembola-diverzitást, hiszen több olyan mikroélőhely ugróvillás-faunájának feltárása is érdekességeket hozott, amelyek fajszáma, diverzitása és egyedszáma jelentősen alulmarad a fekvő holtfákéval összehasonlítva. Ilyen a dendrotelmákban előkerült, Nyugat-Ukrajnából leírt *Folsomia martynovae*, amely új a hazai faunára nézve. Emellett több, a fakéreghez kötődő specialista faj (pl. *Friesea claviseta*, *Willowsia nigromaculata*) fordult elő a „szélsőségesebb” mikrohabitatokban is. Nem sikerült viszont kimutatnunk a néhány éve, a Csáfordi-erdőből leírt *Pseudosinella csáfordi* Winkler & Mateos, 2018 ugróvillást, pedig az előrehaladott korhadási stádiumú fekvő holtfa megfelelő élőhelyet nyújthat ennek a fajnak is (Winkler & Mateos 2018a).

A Csáfordi-erdő fokozott védelem alatt áll, erdőgazdálkodási tevékenységet az erdő területén nem folytatnak. Az ugróvillások holtfához kötődő mikroélőhelyeit nem fenyegeti veszély. Egyedül a klímaváltozás, az aszályos időszakok jelentenek problémát a talajlakó, valamint a fekvő holtfákon előforduló fajokra is. A csapadékszegény években szóba jöhet lehetőségként az erdő időszakos elárasztása, ami mind a vegetáció, mind pedig az állatvilág szempontjából pozitív következményekkel járhat.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Andringa J.I., Zuo J., Berg M.P., Klein R., van't Veer J., de Geus R., de Beaumont M., Goudzwaard L., van Ha, J., Broekman R., van Logtestijn R.S.P., Li Y., Fujii S., Lammers M., Hefting M.M., Sass-Klaassen U. & Cornelissen J.H.C. 2019: Combining tree species and decay stages to increase invertebrate diversity in dead wood. *Forest Ecology and Management* 441: 80–88.
- Babenko A.B., Chernova N.M., Potapov M.B. & Stebaeva M.B. 1994: Collembola of Russia and adjacent countries: Family Hypogastruridae. Nauka, Moscow.
- Bellinger P.F., Christiansen K.A. & Janssens F. 2023: Checklist of the Collembola of the World. Available from: www.collembola.org (accessed 04 June 2023)
- Błoszyk J., Rutkowski T., Napierała A., Konwerski S. & Zacharyasiewicz M. 2021: Dead Wood as an Element Enriching Biodiversity of Forest Ecosystems: A Case Study Based on Mites from the Suborder Uropodina (Acari: Parasitiformes). *Diversity* 13: 476.
- Bretfeld G. 1999: Symphypleona. In Dunger W. (ed.), *Synopses on Palaearctic Collembola*. Vol. 2. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz* 71(1): 1–318.

- Bütler R., Lachat T., Krumm F., Kraus D. & Larrieu L. 2020: Field Guide to Tree-related Microhabitats. Descriptions and size limits for their inventory. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL.
- Csóka Gy. & Lakatos F. 2014: Az erdei holtfa megjelenési formái. In: Csóka Gy. & Lakatos F. (eds.): A holtfa. *Silva Naturalis* 5. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 29–36.
- Csóka Gy. 2000: Az elpusztult, korhadó fa szerepe az erdei biodiverzitás fenntartásában. In: Frank T. (ed.): Természet – Erdő – Gazdálkodás. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Pro Silva Hungaria Egyesület, Eger, 85–98.
- Dányi L. & Traser G. 2008: An annotated checklist of the springtail fauna of Hungary (Hexapoda: Collembola). *Opuscula Zoologica* 38: 3–82.
- Deharveng L. 1982: Cle de détermination des genres de Neanurinae (Collembola) d'Europe et la région Méditerranéenne, avec description de deux nouveaux genres. *Travaux du Laboratoire d'Ecobiologie des arthropodes édaphiques* 3: 7–13.
- Dunger W., Schulz H.-J., Zimdars B. & Hohberg K. 2004: Changes in collembolan species composition in Eastern German mine sites over fifty years of primary succession. *Pedobiologia* 48(5-6): 503–517.
- Fjellberg A. 1980: Identification keys to Norwegian Collembola. *Norsk Entomologisk Forening*, 1–152.
- Fjellberg A. 1998: The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part I.: Poduromorpha. *Fauna Entomologica Scandinavica* 35: 1–184.
- Gibbons P. & Lindenmayer D. 2002: Tree hollows and wildlife conservation in Australia. CSIRO Publishing
- Gillet S. & Ponge J.F. 2003: Changes in species assemblages and diets of Collembola along a gradient of metal pollution. *Applied Soil Ecology* 22(2): 127–138.
- Gisin H. 1960: Collembolenfauna Europas. *Museum d'Histoire Naturelle, Genève*
- Hammer Ř., Harper D.A.T. & Ryan P.D. 2001: PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1–9.
- Hopkin S.P. 1997: Biology of the Springtails (Insecta: Collembola). University Press, Oxford.
- Jordana R. 2012: Capbryinae & Entomobryini. In: Dunger W. & Burkhardt U. (eds.): Synopses on Palaearctic Collembola. Vol. 7/1. *Soil Organisms* 84: 1–390.
- Jordana R., Arbea J.I. & Ariño A.H. 1990: Catálogo de colémbolos ibéricos. Base de datos. *Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra, Serie Zoológica* 21: 1–231.
- Jordana R., Arbea J.I. & Carlos Simón M.J.L. 1997: Collembola, Poduromorpha. *Fauna Iberica, Vol. 8. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid*.
- Keszei B. 2012: A Répce mente. In: Kárpáti L. & Fally J. (eds.): Monografikus tanulmányok a Fertő és a Hanság vidékéről. Szaktudás Kiadó, Budapest, 132–134.
- Kraus D., Bütler R., Krumm F., Lachat T., Larrieu L., Mergner U., Paillet Y., Rydkvist T., Schuck A. & Winter S. 2016: Catalogue of tree microhabitats – Reference field list. *Integrate+ Technical Paper*.
- Loksa I. & Rubio I. 1966: Angaben zu den Kenntnissen über die Collembolenfauna des Bakony-Gebirges. *Opuscula Zoologica* 6(1): 139–156.
- Mateos E. & Winkler D. 2018: New data clarifying the taxonomy of European members of the *Lepidocyrtus pallidus-serbicus* group (Collembola, Entomobryidae). *Zootaxa* 4429: 548–568.
- Ódor P. 2005: Javaslat a fekvő holt fa szisztematikus mérésére az erdőrezervátumokban. *Kutatási jelentés, kézirat*.
- Ónódi G. & Winkler D. 2014: A holtfa szerepe az odúlakó madárközösségek kialakulásában. In: Csóka Gy. & Lakatos F. (eds.): A holtfa. *Silva Naturalis* 5. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 125–144.
- Pomorski R.J. 1998: Onychiurinae of Poland (Collembola: Onychiuridae). *Genus (Supplement), Polish Taxonomical Society, Wrocław*, 1–201.
- Potapov M. 2001: Synopses on Palaearctic Collembola: Isotomidae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz* 73(2): 1–603.
- Regnery B., Couvet D., Kubarek L., Julien J.F. & Kerbirou C. 2013: Tree microhabitats as indicators of bird and bat communities in Mediterranean forests. *Ecological Indicators* 34: 221–230.
- Richards O.W. & Davies R.G. 1977: Diplura. In: *Imms' General Textbook of Entomology*. Springer, Dordrecht.



- Skarżyński D., Piwnik A. & Krzysztofiak A. 2016: Saproxylic springtails (Collembola) of the Wigry National Park. *Forest Research Papers* 77(3): 186–203.
- Skubala P. & Marzec A. 2013 Importance of different types of beech dead wood for soil microarthropod fauna. *Polish Journal of Ecology* 61: 545–560.
- Smolis A. & Kadej M. 2014: A New Saproxylic Paleonurini (Collembola, Neanuridae) Species from North America with the First Record of *Galanura agnieskae* Smolis, 2000 from the Continent. *Florida Entomologist* 97(4): 1386–1394.
- Stokland J.N., Siitonen J. & Jonsson B.G. 2012: Biodiversity in dead wood. Cambridge University Press. Cambridge.
- Stomp N. 1972: Deux nouvelles espèces de *Pseudosinella* endogés d'Europe (Collemboles, Entomobryides). *Revue Suisse de Zoologie* 79: 279–286.
- Thibaud J.M., Shulz H.J. & Da Gama M.M. 2004: Synopses on Palaearctic Collembola: Hypogastruridae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz* 75(2): 1–603.
- Traser Gy. 1994: A meszezés hatása egy savanyú bükkös ugróvillás (Insecta: Collembola) faunájára. *Erdészeti Szakmai Konferencia kiadványa, Sopron*, 99–103.
- Traser Gy. 1997: Egy szigetközi nemesnyáras biodiverzitása: a talajfauna. In: Pájer J. & Fabich E. (eds.): V. Erdészeti Szakmai Konferencia kiadványa a WoodTech keretében. Sopron, 57–64.
- Traser Gy. 2003: Hansági nemesnyár és éger erdők ugróvillás (Insecta: Collembola) faunája. *Magyar Biológiai Társaság, Budapest. III. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium kiadványa*. 153–157.
- Traser G. & Christian E. 1992: *Lepidocyrtus peisonis* sp. n., ein neues Springschwanz aus dem Neusiedlersee-Gebiet (Collembola: Entomobryidae). *Folia Entomologica Hungarica* 52: 119–122.
- Traser G. & Thibaud J.-M. 1999: Une nouvelle espèce du genre *Neonaphorura* de Hongrie (Collembola, Onychiuridae, Tullbergiinae). *Revue Française d'Entomologie (Nouvelle série)* 21(3): 105–108.
- Tullgren A. 1918: Ein sehr einfacher Ausleseapparat für terricole Tierformen. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 4(1): 149–150.
- Ulyshen M.D. 2014: Wood decomposition as influenced by invertebrates. *Biological Reviews* 91(1): 70–85.
- Weiner W.M. 1996: Generic revision of Onychiurinae (Collembola: Onychiuridae) with a cladistic analysis. *Annales de la Société Entomologique de France* 32(2): 163–200.
- Winkler D. & Mateos E. 2018a: New species of *Pseudosinella* Schäffer, 1897 (Collembola, Entomobryidae) from Hungary. *Zootaxa* 4382: 347–366.
- Winkler D. & Mateos E. 2018b: Redescription of *Lepidocyrtus peisonis* Traser & Christian, 1992 with notes on *Lepidocyrtus mariani* Traser & Dányi, 2008 (Collembola: Entomobryidae). *Zootaxa* 4375: 392–408.
- Winkler D., Korda M. & Traser G. 2011: Two species of Collembola new for the fauna of Hungary. *Opuscula Zoologica* 42(2): 199–206.
- Zhang B., Chen T.W., Mateos E., Scheu S. & Schaefer I. 2018: Cryptic species in *Lepidocyrtus lanuginosus* (Collembola: Entomobryidae) are sorted by habitat type. *Pedobiologia* 68: 12–19.
- Zimdars B. & Dunger W. 1994: Tullbergiinae. In: Dunger W. (ed.): Synopses on Palaearctic Collembola. Vol.: I. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, 68(3–4): 1–71.
- Zuo J., Fonck M., van Hal J., Hans J., Cornelissen C. & Berg M.P. 2014: Diversity of macro-detritivores in dead wood is influenced by tree species, decay stage and environment. *Soil Biology and Biochemistry* 78: 288–297.

Érkezett: 2023. június 14.

Közlésre elfogadva: 2023. szeptember 28.

GYENGE MINŐSÉGŰ TÖLGY RÖNKÖKBŐL KÉSZÜLT LAMELLÁK KIHUZATALI EREDMÉNYEI

Horváth Dénes és Fehér Sándor

Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Faipari és Műszaki Intézet

Kivonat

A cikk témája a gyenge minőségű fűrészrönkökből készített deszkákból kinyerhető hibátlan lamellák mennyiségi elemzése. A vizsgálatba vont nemes tölgy rönkökből 30 mm bevágási vastagságú deszkák készültek, melyekből 50 darabot elemeztünk, reprezentálva a gyenge minőségű rönkökből kinyerhető tipikus anyagminőséget. Ezek felületének 18%-át tudtuk képelemzés alapján 1. osztályú lamellaként besorolni. A fűrészárak felületének többi része vagy valamilyen fahibát tartalmazott, vagy nem volt a hibátlan rész lamellagyártáshoz megfelelő méretű. Míg a lamellák többségének hosszúsága 0,25 és 0,50 m közötti volt, a legnagyobb részüknek a szélessége a középső kategóriába (50 mm) került. E jó minőségű lamellákra azonban kis igény mutatkozik a piacon évtizedek óta, vagy nagyon alacsony áron használnák fel parketta-alapanyagként. Célszerű volna a későbbiekben alternatív felhasználási módot találni e nem elhanyagolható anyagmennyiségnek, mint a rétegelt-ragasztott fa tartók. Így bővíthető lenne az ipari termelésben felhasznált faanyagok mennyisége és magas hozzáadott értékkel bíró termékek volnának készíthetők egy jelenleg kihasználatlan szortimentből.

Kulcsszavak: deszka, fűrészáru, lamella, tölgy, vizuális osztályozás

AMOUNT OF LAMELLAE DERIVED FROM LOW-QUALITY OAK LOGS

Abstract

The subject of this paper is the quantitative analysis of defect-free lamellae derived from low-quality logs. The noble oak logs included in the study were used to produce boards with a thickness of 30 mm, of which 50 pieces were analysed, representing the typical material quality that can be obtained from low-quality sawlogs. Based on image analysis, 18% of the surface area of these timber could be classified as class 1 lamellae. The remainder of the board surface area either contained some wood defects or the defect-free part was too small for lamella production. While the length of the majority of the lamellae was between 0.25 and 0.50 m, the width of the majority of the lamellae was in the middle category (50 mm). However, there has been little demand for these high quality lamellae on the market for decades or they would be used for parquet production at very low prices. It would be advisable to find alternative uses for this significant quantity of material in the future, such as glued-laminated structural timber. This would increase the amount of wood used in industrial production and would allow the production of high added value products from a currently unused assortment.

Keywords: board, timber, lamellae, oak, visual classification



BEVEZETÉS

Az utóbbi évtizedekben az erdei termékek közül a tűzifa aránya növekedett (Hafner et al. 2014), mert a korábban feldolgozott gyenge minőségű fűrészipari rönkökre megszűnt a kereslet és egyúttal az erdőművi és lakossági biomassza-igény emelkedett (Fatáj 2022). A fejlett társadalmakban azonban újabb igényként jelentkezik, főként a természetvédelmi promóciók eredményeként, hogy csak az ipari felhasználásra, főként a fűrészipar számára alkalmas rönkök kerüljenek ki az erdőkből, a többi biomassza formájában maradjon a területen, ezzel növelve a terület humuszellátottságát és a fabontó élőlények, valamint az ezekből táplálkozó élőlények mennyiségét (Dudley & Vallauri 2004, Sandström et al. 2019). Ilyen esetben figyelembe kell venni azonban, hogy a lebomló faanyag rövid időn belül visszakerül a szén-körforgásba. Sokkal praktikusabb iparilag felhasználni a lehető legnagyobb hányadot, mert ezzel még évtizedekre a faanyagban marad a szén, valamint a hozzáadott munkával, fejlesztésekkel további értéket teremt, a nemzetgazdasági haszonról nem is beszélve. Vélhetően a legrosszabb megoldás a faanyag elégetése, mert ilyen módon nem képződik hasznos táptalaj, viszont a szén-körforgásba azonnal visszakerül a faanyagban tárolt szénmennyiség (Schöberl et al. 2011). A kitermelt erdőgazdasági választékokon belül a tűzifa mennyisége mostanra meghaladja az 50%-ot (Lett et al. 2018). A NÉBIH felmérése alapján a 2000 és 2020 között kitermelt nettó tölgyfa mennyiségének átlagosan mintegy 61%-a tűzifa (FATAJ 2023). Ugyanezen felmérés alapján a lemez- és fűrészipari rönkök aránya hozzávetőleg 23%. Az erdei termékek jelenleg alacsony furnér- és fűrészipari feldolgozási arányának növelése érdekében szükséges vizsgálni, hogy a vizuális megítélés eredményeként a minőségileg nem megfelelő ca. 77% rönkmennyiségből mennyi lehet mégis alkalmas a további fűrészipari felhasználásra. Így a legnagyobb hozzáadott értékkel bíró termékeket lehetne belőlük – továbbra is gazdaságosan – készíteni.

A tölgy rönkök folyamatosan növekvő piaci ára a többi fafajnál még nagyobb mértékben indokolja a fűrészipari kizozatal növelését ennél a fafajnál. Ez úgy érhető el, ha az üzem a lehető legkisebb mennyiségű hulladékkal dolgozik és az eddig gazdaságtalanul feldolgozható hulladékból kinyeri a hasznosítható részt (Muñoz et al. 2013). Ebből a szempontból a rusztikus parkettalamellák, rusztikus svédpadló, valamint rusztikus csaphornyos parketták praktikus termékek, hogy az egyéb célra nem megfelelő (göcsös, ferdeszálú stb.) faanyagokat nagyobb mennyiségben lehessen alkalmazni. Azonban a rusztikus padlóburkolatokra való igény folyamatosan ingadozik, például 2023 első félévében szóbeli üzleti megbeszélésekből származó, nyomtatásban meg nem jelent információink szerint csak minimális mennyiséget vásároltak a parkettagyárak ilyen alapanyagból. Célszerű tehát alternatív terméket fejleszteni, melynél a rusztikus parkettaanyagokkal párhuzamosan felhasználható a gyengébb minőségű faanyag. Egy jó alternatíva lehet a rétegelt-ragasztott tartószerkezeti gerendákban történő felhasználás (Horváth et al. 2023a, Horváth et al. 2023b). Ebben az esetben a nagyon magas hozzáadott érték nemzetgazdasági, valamint a fa tartószerkezeti elemekre való folyamatos piaci igény miatt valószínűleg jelentős gyártói haszonnal járna. A tartószerkezeti elemhez viszonyítva rövidnek mondható lamellák hosszoldását követően azok mérete bármely keresztmetszeti irányba tetszőlegesen növelhető lehet ragasztással, így létrehozva a számított terhelési értéknek megfelelő rétegelt-ragasztott fa tartót. A lombos fafajokhoz optimalizált ragasztóanyagok fejlesztése az utóbbi években folyamatos, ami remélhetőleg rövidesen elhárítja az eddig komoly problémaként jelentkező akadályt. Másrészt, az eddig hanyagolt, gyengébb minőségű rönkök és fűrészárúk feldolgozását is

újra ki kell dolgozni. Célunk ennek megfelelően, hogy a gyenge minőségű tölgy rönkökből készült fűrészárúk tulajdonságait áttekintsük és elemezzük. Ide értendő többek között a fűrészárúkból kinyerhető jó minőségű aprólamellák mennyiségének meghatározása, mellyel e tanulmány foglalkozik.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálathoz használt, rönkhasító szalagfűrészgépen feldolgozott, Zala vármegyéből származó kocsányos és kocsánytalan tölgy rönkök (*Quercus robur* L. és *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) minősége a Magyarországon jelenleg elterjedten alkalmazott MSZ 45 (2022) szabvány szerinti II. kategóriának felelt meg. A széldeszkák levágása után keletkező minimális anyagszélesség 120 mm, majd a deszkák bevágási mérete 30 mm volt. Az egységes vastagságra való tekintettel az elemzések során nem kellett foglalkoznunk a fűrészárúk vastagságával, ezzel egyszerűsítve és könnyebben értelmezhetővé téve a munkánkat. A rakatképzést nem előzte meg fűrészáru osztályozás. Öt hónapnyi szabadban tárolás (természetes szárítás) után kiválasztásra került egy rakat, mely jól reprezentálta a teljes anyagmennyiséget. Ebben 50 db deszka volt megtalálható 300–420 cm hossztartományban és 15–52 cm középszélességgel, köbtartalmuk 26 mm elszámolási vastagsággal kalkulálva 1,55 m³. Ezeket elemezzük a továbbiakban. Az elemzéshez digitális fénykép készült minden fűrészárúról (Canon Powershot SX50 HS; Canon Inc, Japán). Az elkészült képeket Adobe Photoshop (Adobe Inc, CA, USA) szoftverrel elemeztük annak megállapítására, hogy mennyi és mekkora hibátlan lamella nyerhető ki a fűrészárúkból. A lamellaméretnek megegyeznek a termelés során leggyakrabban alkalmazott piaci parkettalamella és bútorléc méretekkel (30–80 mm szélesség és 250–1100 mm hosszúság). Az eredményeket táblázatba rendeztük további elemzések céljából. Az 1. táblázat egy kiemelkedően jó példát mutat az egy deszkából kinyerhető lamellamennyiségre vonatkozóan.

1. táblázat: Példa a deszkánkénti felvételi lapra: a 207-es sorszámú deszkából kinyerhető lamellák méretei és összesítése. Deszka hossza 3 m; szélessége 0,31 m

Table 1.: Example of an information sheet of a board: dimensions and total of the lamellae that can be extracted from board number 207. Board length 3 m; width 0.31 m

207-es deszka	Lamella szélessége [m]						Összesen	
	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	[m ²]	[%]
Lamella hossza [m]			0,40					
			0,40					
			0,50	0,25				
	0,35		0,50	0,25				
	0,40		0,25	0,45				
	0,30		0,30	0,30				
	0,30		0,45	0,25				
			0,25	0,50				
			0,35					
			0,30					
Összesen [m ²]	0,04	0,00	0,19	0,12	0,00	0,00	0,35	37,2%

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Az 1. ábrán látható fűrészáru számos tipikus fahibát tartalmaz, melyek a gyenge minőségű tölgy rönkök feldolgozása során jellemzően előfordulnak. Tipikusak a nagyméretű göcsök, korhadt göcsök, görbe növekedés miatti globális ferderostúság, nagy méretű (csoportos) göcsök körüli jelentős méretű lokális ferderostúság, bél és bélrepedés, az anyag növekedési feszültségei miatt létrejövő nagy méretű repedések, kisebb átmérőjű rönköknél a nagyobb szíjácсарány, valamint alkalmanként megjelennek a korhadt göcsökön felül biotikus károsítások, főként a szíjácсарányban.



1. ábra: A vizuális minősítéshez felhasznált, 207-es sorszámú, több tipikus fahibával rendelkező minta
Figure 1.: The specimen number 207 used for visual classification has several typical wood defects

A vizsgálatba vont 50 db deszka teljes bemért felülete közel 60 m² volt. A deszkákból kinyerhető lamellák méreteit és a méretekhez tartozó összmenyiségeket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Kihozatali összesítő a jó minőségű lamellákra
Table 2.: Aggregation for high quality lamellae

	50 db deszka	Lamella szélessége [mm]						Összesen
		30	40	50	60	70	80	
Felület [m ²]	59,79	1,90	0,17	6,70	0,51	0,00	1,65	10,93

A 2. táblázatból látható, hogy a gyenge minőségű rönkökből származó 50 db deszka felülete mintegy 60 m² és ebből a hibátlan, I. osztályú lamellának megfelelő felület nem éri el a 11 m²-t. Ez mindössze 18,3%-os kihozatalt jelent. A gyenge minőségű fűrészáru alapján arra számítottunk, hogy legnagyobb arányban a legkisebb méretek (keskeny és rövid lamellák) fognak dominálni. Ezzel szemben a szélességi tartományunkban közepméretnek nevezhető, 50 mm szélességű lamellák aránya lett a legnagyobb, 60% feletti. A szélesség szerinti eloszlás azt mutatja, hogy a lamellák 17%-a a legkeskenyebb, 30 mm szélességű kategóriába tartozik, ezzel együtt hasonló mennyiség (15%) került a legszélesebb, 80 mm-es kategóriába. A maradék szélességi kategóriák aránya elhanyagolható, összesen 6%. Természetesen igyekeztünk a lehető legszélesebb lamellákat kinyerni a deszkákból, mert értékkihozatal szempontjából így logikus, hiszen a nagyobb méretű szortimentnek jellemzően magasabb az ára. Ugyanez vonatkozik a lamellák hosszúságára is. A hosszoknál kiugróan domináló méretet nem lehetett találni. A 0,25 és 0,50 méter közötti hosszúságok mindegyike 10%, vagy afeletti arányban jelent meg. Tehát főként rövidebb méretek kerültek ki a lamella-kijelölés során, amint az várható volt; legnagyobb arányban (18%) a 0,3 méteres hossz, valamint 14% a 0,4 méteres hosszból. Ezzel ellentétben 0,55 és 1,1 méter közötti hosszúságúak aránya összesen volt 24%. Egy szemléletes összesítést mutat a 3. táblázat.

3. táblázat: A lamellaméreték megoszlása
Table 3.: Distribution of lamella sizes

		Lamella szélessége [m]					
		0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
Lamella hossza [m]	0,25	43	1	55	7	0	8
	0,3	55	2	72	6	0	9
	0,35	15	2	41	2	0	6
	0,4	17	4	45	1	0	11
	0,45	9	0	27	1	0	9
	0,5	11	1	39	4	0	3
	0,55	7	0	12	1	0	1
	0,6	6	1	9	0	0	0
	0,65	3	0	10	0	0	0
	0,7	1	0	12	0	0	2
	0,75	2	0	1	0	0	0
	0,8	1	0	5	0	0	0
	0,85	0	0	1	1	0	0
	0,9	0	0	0	0	0	1
	0,95	0	0	0	0	0	0
	1,0	1	0	1	0	0	1
	1,05	0	0	0	0	0	0
1,1	1	0	1	0	0	0	
Mennyiség [db]		172	11	331	23	0	51

Következtetésként levonható, hogy a kinyerhető lamellaszélesség nem korlátozódik a legkeskenyebb választékra, ami mindenképpen pozitívan hat az értékihozatalra. Utóbbit tekintve érdemes megemlíteni, hogy 2023 első feléig a keménylombos tűzifa hatósági ára Magyarországon bruttó 30 000 Ft volt erdei köbméterenként (Magyarország Kormánya 2022). Amennyiben ebből a szortimentből fel tudunk valamennyit lamellaként iparilag használni, nem csak a fában tárolt szénmennyiséget raktározhatjuk hosszú időre, hanem jelentősen növelhetjük az erdészeti nyereséget, hiszen a gyengébb minőségű tölgy rönkök bruttó ára ugyanezen időszakban 53 340 Ft volt (Zalaerdő 2023), míg pl. a 26 × 75 × 300-450 mm elszámolási méretű lamelláké hozzávetőleg 450 000 Ft/m³ (ipari értesüléseink alapján). A példaként bemutatott lamellaár kiváló minőségű és az elemzésünkben kimutatottnál nagyobb jellemző méretű lamellákból összeállított anyagmennyiségre vonatkozik. De ha a bruttó 450 000 Ft/m³ árnak csak a felével számolunk, akkor is jelentős értékihozatal-növekedést lehet elérni a tűzifa árához viszonyítva.

Sajnálatos módon a 18%-os teljes mennyiségi kihozatali arány nagyon alacsony, mert így az alapanyag hozzávetőleg 80%-át nem lehet a kívánt célra felhasználni, ha azt egy folyamatos ipari termelésből, nem előválogatott és nem előosztályozott deszkákból készítjük. A későbbiekben érdemes lehet nem csak a hibátlan lamellákat, hanem a kisebb hibákkal rendelkezőket is figyelembe venni, melyek Horváth et al. (2023a) és Horváth et al. (2023b) előzetes tanulmányai alapján még felhasználhatók lehetnek magas minőségű és szilárdságú rétegelt-ragasztott fa tartók gyártásához.



ÖSSZEFOGLALÁS

Ebben a tanulmányban gyenge minőségű nemesítőgy rönkökből készült fűrészárak minőségét vizsgáltuk. A fő célunk annak meghatározása volt, hogy mekkora hibátlan lamellamennyiséget lehet kinyerni a jelenlegi magyar szabvány (MSZ 45 2022) szerinti másodosztályú rönkökből.

Az 50 db deszkából, amely hozzávetőlegesen 60 m² felületű volt, 11 m² lamellafelületet lehetett kinyerni, ez 18%-os kihozattal jelent. A napjainkban járatos szélességekkel és hosszokkal végeztük a felmérést, legnagyobb arányban a középső méretű, 50 mm szélességű lamellák keletkeztek. Ez feltétlenül előnyös értékkihozatali szempontból. A hosszokat tekintve a szortiment háromnegyede 0,25-0,5 méter közötti volt, vagyis a rövid szekcióhoz tartozott. Mindezen eredmények okai a jelentős mennyiségben előforduló fahibák voltak, melyek korlátozták az első osztályú lamellák kinyerését: elsősorban egészséges- és korhadt göcsök, ferderostúság, szijács, repedések és biotikus károsodások. Tekintve, hogy a lamellák későbbi felhasználása például rétegelt-ragasztott tartókban tűnik lehetségesnek, valószínűleg gyengébb minőségű (kis göcsök, szijács, stb) lamellák is kinyerhetők és felhasználhatók volnának, melyek jelentősen növelnék a kihozatali arányt. Ez további kutatásokat, elemzést és kapcsolódó mechanikai vizsgálatokat igényel.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

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

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Dudley N. & Vallauri D. 2004: Deadwood – living forests. WWF World Wide Fund For Nature, Gland, Switzerland.
- Fataj 2022: Az EU hengeresfa termelése: 2020. és változás 2000-2020. Megtekintve: 2023.11.22. <https://fataj.hu/2022/04/az-eu-hengeresfa-termelese-2020-es-valtozas-2000-2020/>
- Hafner A. Ott S., Bodemer E. & Winter S. 2014: A case study for end of life reuse and recycling survey methodologies: the Höllentalanger Cottage. *Journal of Civil Engineering and Architecture* 8(10): 1211-1220. <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2014.10.001>.
- Horváth D., Fehér S. & Báder M. 2023: The potential of producing high added value structural timber from lamellae waste. Test results and analysis. *Wood Research* 68(1): 44-57. <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/68.1.4457>
- Horváth D., Fehér S. & Báder M. 2023: The potential of producing high added value structural timber from lamellae waste. Classification and visual grading. *Wood Research* 68(3): 532-546. <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/68.3.532546>
- Lett B., Frank N., Horváth S., Stark M. & Szűcs R. 2018: Erdővagyon-gazdálkodási közlemények 10. Amit a számok mutatnak – Erdők – Erdőgazdálkodás. Főfafajok vagyongazdálkodása. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron.
- Magyarország Kormánya 2022: Elindul a hatósági áras tűzifa-program. Megtekintve: 2023.11.22. <https://kormany.hu/hirek/elindul-a-hatosagi-aras-tuzifa-program>

- Mócsényi M. 2023: Nettó fakitermelés 2000-2021., a fajok választékonként. <<https://fataj.hu/2023/02/netto-fakitermeles-2000-2021-a-fajok-valasztekonkent/>> Megtekintve: 2023.07.17.
- MSZ 45 2022: Fűrészrönk. Követelmények és megjelölés. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
- Muñoz RG., Gete, RA. & Regueiro, GM. 2013: Variation in log quality and prediction of sawing yield in oak wood (*Quercus robur*). *Annals of Forest Science* 70: 695–706. <https://doi.org/10.1007/s13595-013-0314-8>
- Sandström J., Bernes C., Junninen K., Löhmus A., Macdonald E., Müller J. & Jonsson BG. 2019: Impacts of dead wood manipulation on the biodiversity of temperate and boreal forests. A systematic review. *Journal of Applied Ecology* 56:1770-1781. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13395>.
- Schöberl M., Börcsök Z. & Führer E. 2011: Erdő és a faanyag lehetséges szerepe a klímavédelemben. In: Molnár S. (ed.): *Örök társunk a fa*. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 21-26.
- Zalaerdő Zrt. 2023: Árjegyzék. Megtekintve: 2023.11.22. <https://www.zalaerdo.hu/hu/arjegyzek/37/ronk>

*Érkezett: 2023. augusztus 5.
Közlésre elfogadva: 2023. november 27.*



Tág hálózatban

Az intenzív faanyagtermelő ültetvények elsősorban az egyre növekvő faanyagigény kielégítését célozzák. Ezen túlmenően hozzájárulnak a környezet-, illetve a tájfejlesztéshez, a légköri szén-dioxid-körforgalom előnyös szabályozásához, a különböző légszennyeződések szűréséhez, és egyúttal a klímaváltozás káros hatásainak mérsékléséhez. Ennek a termelési módnak a főbb jellemzői a magas jövedelmezőség, az alacsony kockázat és a növekvő piaci kereslet. Az iparifa célú ültetvények vágásérettsége a termőhelyi viszonyoktól függően, akár 3–5 éves kortól 12–15 éves ciklusig tervezhető a célválaszték függvényében. A felvétel dr. Erdős László faültetvényében készült Mikebudán, 2015-ben.

Fotó és szöveg: Keserű Zsolt (SOE ERTI)

A TÖLGY-CSIPKÉSPOLOSKA [*CORYTHUCHA ARCUATA* (SAY, 1832)] RÖVID TÁVÚ TERJEDÉSÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK TÖLGYESEINKBEN

Eötvös Csaba Béla^{1,2}, Tóth Máté³, Hirka Anikó¹, Fürjes-Mikó Ágnes¹, Gáspár Csaba¹, Paulin Márton¹, Lakatos Ferenc⁴ és Csóka György¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály, 3232 Mátrafüred, Hegyalja utca 18.

²Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály, 9700 Szombathely, Szent Imre herceg utca 84/B.

³Szombathelyi Erdészeti Zrt., 9600 Sávár, Deák F. u. 4.

⁴Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet, 9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

Kivonat

A tölgy-csipkéspoloska tömeges fellépése jelentős hatással lehet tölgyeseink egészségi állapotára, növedékére, makktermésére és a tölgyesekhez kapcsolódó közösségekre. Nagy távolságra történő terjedését elsősorban a közúti és vasúti forgalom segíti elő, míg kisebb távolságokra aktívan és passzívan egyaránt képes eljutni. Rövid távú terjedését befolyásoló tényezők lehetnek a fertőzési forrástól való távolság, az elegyesség, vagy az uralkodó szélirány. Specialista lombfogyasztókra (különösen a tápnövényt aktívan keresőkre) jellemző, hogy ha tápnövényük elegyben található meg, akkor azt nehezebben találják meg, így terjedésük lassabb, illetve korlátozott. Eredményeink azt mutatják, hogy kezdetben az utak szegélyeiben keletkeznek nagyobb fertőzési góccok, a fertőzés innen halad az állományok belseje felé. Az elegyes erdők nem képesek érdemben lassítani a *C. arcuata* invázióját, valamint az uralkodó széliránnyal ellentétes irányba is képes a faj terjedni.

Kulcsszavak: inváziós; növényevő; lombfogyasztó; erdőegészség; szél; elegyes erdő

FACTORS INFLUENCING THE SHORT-DISTANCE SPREAD OF OAK LACE BUG [*CORYTHUCHA ARCUATA* SAY, 1832]] IN HUNGARIAN OAK FORESTS

Abstract

The extremely high abundance of the oak lace bug in our oak forests can have significant impacts on the health, productivity, fecundity of oaks and the communities associated with oaks as well. Its long-distance spread is mainly facilitated by road and rail traffic, whereas it can spread shorter distances both actively and passively. Factors influencing its spread may include distance from the source of infestation, the degree of tree mixture or the prevailing wind direction. Specialist herbivores (particularly those searching food plant actively) tend to find their food plants more difficult in mixed forests, so their dispersal is slower and/or limited. Our results show that initially higher infestations occur along roadsides, from where the infestation penetrates into the forest. The mixed forests are not able to slow down significantly the invasion of *C. arcuata*, and the species is able to spread even in the opposite direction to the prevailing wind direction.

Keywords: invasive; herbivore; folivore; forest health; wind; mixed forest

Levelező szerző/Correspondence:

Eötvös Csaba Béla, 9700 Szombathely, Szent Imre herceg utca 84/B, e-mail: eotvos.csaba@uni-sopron.hu

BEVEZETÉS

Az észak-amerikai tölgy-csipkésposloska (TCSP), *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera, Tingidae) első észlelései után – Európában 2000-ben Olaszországban (Bernardinelli & Zandigiacomo 2000) és Kis-Ázsiában 2002-ben Törökországban (Mutun 2003) – rendkívül gyors terjedését tapasztalták Közép-Európa irányába, és már 2013-ban bizonyítottan (Csóka et al. 2013), de feltehetően kisebb egyedszámban már korábban is elérte Magyarországot (Csóka et al. 2020). 2019-re a tölgy-csipkésposloska által fertőzött területek elérték a 114 ezer hektárt, ami a magyarországi tölgyesek közel ötöde (Paulin et al. 2020). Terjedése Magyarországon és Európában napjainkban is folytatódik (Paulin et al. 2023).

A tölgy-csipkésposloska okozta levélszíneződés és száradás könnyen felismerhető tünetek a nyilvánosság számára is (Bălăcenoiu et al. 2021a). Ahol a fertőzés elért egy magas szintet, ott az egymást követő években is magas marad, így hosszú távon a tölgyek egészségi állapotára negatív hatással lehet a jövőben. A TCSP lárvái és kifejlett egyedei elsősorban az oszlopos parenchima szövetet károsítják a levélben a fonák oldalról való szívogatásukkal, így a levelek fotoszintetikus aktivitása közel 60%-kal csökkenhet (Nikolic et al. 2019). Azonban, mivel a fertőzés kialakulása és tetőzése a nyár második felére tehető, így nincs direkt hatással az átmérő-növekedésre, azonban az összegződő hatások hosszú távon kihatással lehetnek rá (Paulin et al. 2020). A már számos ismert hosszú távú negatív hatáshoz, mint amit a gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L. 1758) (McManus & Csóka 2007), az araszolólepkék (Lepidoptera: Geometridae) (Manderino et al. 2014) és a tölgy lisztharmat fajok (*Erysiphe* spp.) (Demeter et al. 2021, Marçais & Desprez-Loustau 2014) okoznak, illetve az olyan extrém klimatikus hatásokhoz, mint az elhúzódó aszályok és hőhullámok (Canelo et al. 2018, Czúcz et al. 2011) most már egyértelműen hozzá kell adnunk a tölgy-csipkésposloskát. A gazdasági hatásain túl a TCSP negatív hatása valószínűsíthető más lombfogyasztókra, kifejezetten a tölgy specialistákra, melyek a vegetációs időszak második felében táplálkoznak (Paulin et al. 2020).

Az első megfigyelések zöme utak és vasútvonalak mellett történt, mely bizonyítja, hogy a TCSP – mintegy „stopposként” – közlekedési járműveken ugrásszerűen nagy távolságokat is képes megtenni. Annak ellenére, hogy a tölgy-csipkésposloska képes aktív repülésre, passzív terjedését a gépjármű forgalom mellett elsősorban a szél segíti elő. Ennek mértékét pedig nagy mértékben befolyásolja a szél iránya és annak gyakorisága.

Jelenlegi ismereteink szerint nincs megvalósítható védekezési mód a TCSP ellen. A tölgy-csipkésposloska populációira az Európában őshonos természetes ellenségek csak minimális hatást gyakorolnak (Williams et al. 2021, Paulin et al. 2023). A kémiai védekezés ugyan szignifikáns rövid távú hatást mutat, de nem akadályozza meg az újra fertőződést akár még ugyan abban a szezonban, és komoly mellékhatásai vannak a természetes közösségekre (Bălăcenoiu et al. 2021b). A TCSP képes áttelelni Európa nagy részén, akár a $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletet is túléli, és populációiban a tartós téli hideg ($-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 21 nap) sem okoz nagy mértékű mortalitást (Paulin et al. 2023). Az egyetlen alternatívának a klasszikus biológiai védekezés tűnik, amire az eddigi ismertek alapján egy peteparazitoid lehet a megfelelő jelölt (Paulin et al. 2023).

Erdőgazdálkodás-módszertani változtatások megfontolásának érdekében érdekes megvizsgálni, hogy a TCSP fertőzés kialakulására és mértékére hogyan hatnak az erdőállományok jellemzői és kifejezetten a tápnövény elegyaránya.

Specialista növényevő rovarokról általánosságban elmondható, hogy kártételük monokultúrákban szignifikánsan jelentősebb mértékű, mint elegyes állományokban (Jactel et al. 2021). Két hipotézis magyarázhatja ezt a hatást: az egyik a természetes ellenségek hipotézise, míg a másik a forrás koncentráció hipotézise (Root 1973). Mivel a tölgy-csipkéspoloskára gyakorolt ragadozó nyomás elenyésző (Paulin et al. 2020), így nem releváns a természetes ellenségek hipotézise, ami szerint a ragadozók egy komplexebb környezetben hatékonyabbak (Russell 1989). Azonban a forrás koncentráció hipotézise fontos lehet kérdéseink megválaszolására. Kisebb annak a valószínűsége, hogy egy specialista növényevő megtalálja a tápnövényét elegyes állományokban (Jactel et al. 2021). A tölgy-csipkéspoloska specialistának tekinthető abból a szempontból, hogy a *Quercus* nemzetség *Quercus* és *Cerris* szekciójába tartozó fajain fejlődik, azonban képes *Tilia*, *Ulmus*, *Corylus* és Rosaceae fajokon is táplálkozni, ha nem elérhető a tölgy levél (Csóka et al. 2020).

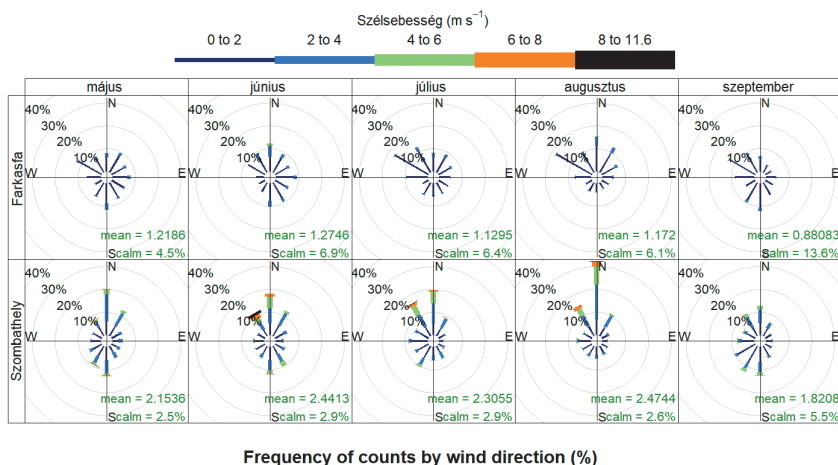
Hipotéziseink a következők voltak:

- Az út menti fák szolgálnak fertőzési gócként
- Az elegyesebb erdőkben a TCSP terjedése lassabb
- Az uralkodó szélirány irányába gyorsabban terjed a TCSP

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati helyszínek

A mintaterületeinket Vas vármegyében, közepes forgalmú közutakkal, mint fertőzési forráspon-tokkal határos tölgyesekben jelöltük ki. A 2021-ben megkezdett kutatás során a területek kiválasztá-sának fő koncepciója az volt, hogy a különböző elegyarányú tölgyerdőkben vizsgáljuk a tölgy-csipkéspoloska terjedési potenciálját (1. táblázat). 2022-ben az uralkodó szélirány tölgy-csipkéspoloska terjedésére gyakorolt hatásának vizsgálatát lehetővé tevő területeket jelöltünk ki. A kiválasztott ter-ületeken áthaladó út az uralkodó szélirányra merőlegesen helyezkedik el, ezáltal különbséget tudtunk tenni a két oldalán elhelyezkedő erdőrészek között (1. ábra, 1. táblázat).



1. ábra: Két Vas vármegyei időjárás állomás havi szélrózsája 2022 májusától szeptemberig
 Figure 1: Monthly wind roses from May to September of 2022 of two locations in Vas county, Hungary



1. táblázat: A vizsgált területek főbb jellemzői

Table 1: Major information of the study sites

Tag/részlet	Kor	Állomány	Honos tölgy elegyarány (%)	Várt terjedés uralkodó széliránnyal bezárt szöge	Mintavétel éve
Ispánk 6/A	35	Egyéb lomb elegyes erdeifenyves	8	nem releváns	2021
Ivánc 12/A	33	Kocsányos tölgyes	100	nem releváns	2021
Ivánc 42/D	54	Egyéb lomb és erdeifenyő elegyes kocsányos tölgyes	3	nem releváns	2021
Ivánc 42/E	114	Mézgás égeres-kocsányos tölgyes	54	nem releváns	2021
Őriszentpéter 1/N	32	Erdeifenyő elegyes kocsányos tölgyes	85	nem releváns	2021
Őriszentpéter 4/C	115	Kocsányos tölgy elegyes erdeifenyves	19	nem releváns	2021
Viszák 1/I	95	Fenyő elegyes gyertyános-kocsányos tölgyes	46	nem releváns	2021
Ispánk 1/C	82	Tölgyes-erdeifenyves	42	0°	2021/2022
Viszák 1/K	96	Egyéb lomb elegyes gyertyános-kocsányos tölgyes	71	180°	2021/2022
Viszák 1/M	76	Tölgyes-erdeifenyves	17	180°	2021/2022
Ispánk 11/A	95	Fenyő elegyes gyertyános-kocsányos tölgyes	52	0°	2022
Ispánk 11/B	102	Egyéb lomb elegyes-kocsányos tölgyes	7	0°	2022
Ivánc 37/E	76	Egyéb lomb elegyes-kocsányos tölgyes	67	0°	2022
Ivánc 37/F	96	Mézgás égeres-kocsányos tölgyes	6	180°	2022
Ivánc 37/G	49	Fenyő elegyes gyertyános-kocsányos tölgyes	31	180°	2022
Nárai 5/A	105	Egyéb lomb elegyes-kocsánytalan tölgyes	55	0°	2022
Nárai 18/E	101	Cseres-kocsányos tölgyes	100	180°	2022
Szombathely 7/A	82	Egyéb lomb elegyes-kocsányos tölgyes	84	180°	2022
Szombathely 87/A	83	Egyéb lomb elegyes-kocsányos tölgyes	65	0°	2022
Szombathely 88/A	83	Egyéb lomb elegyes-gyertyános-kocsányos tölgyes	8	0°	2022

Mintavétel módszere

A területeken a fertőzés első, az állomány belsejében is észlelhető jeleitől kezdve a lombszínéződésig havi gyakorisággal a szilárd burkolatú úttól mérve 0, 45, 90, 135 és 180 méteres távolságokban 6-6, egymással nem szomszédos mintafa fertőzöttségét vizsgáltuk. A mintavételi időpontok az alábbiak voltak: 2021.07.08.; 2021.08.18.; 2021.09.14. 2022.07.13.; 2022.08.10. és 2022.09.10.

A mintavétel során a következő paramétereket rögzítettük: a mintavétel napja, a fafaj és a fertőzés mértéke. A fertőzés mértékét az alábbi 4 kategóriába soroltuk (Csóka et al. 2020): 0 – nincsenek tölgy-csipkéspoloskára utaló nyomok, 1 – a tölgy-csipkéspoloska és nyomai szórványosan fordulnak elő, 2 – a tölgy-csipkéspoloska és nyomai könnyen megtalálhatóak, 3 – a tölgy-csipkéspoloska és nyomai a teljes lombkoronát elborítják. Ha szükséges volt, a fertőzés mértékének meghatározásához keresőtávcsövet használtunk.

Adatelemzés

Az egyes őshonos tölgy elegyarányokat a következő kategóriákba soroltuk: alacsony (8%, 17%, 19%), közepes (30%, 42%, 46%, 54%) és magas (71%, 85%, 100%).

Általánosított lineáris vegyes modellt (GLMM) (Bolker et al. 2009; Bates, 2022) használtunk minden statisztikai számításához. Adatainkra a lognormális eloszlás illeszkedett a legjobban, így a Penalized Quasi Likelihood (PQL) (Breslow & Clayton 1993) módszert alkalmaztuk.

Az út melletti fák és az erdőállomány többi belső területei közti fertőzöttségi különbség kimutatására modellünkben függő változó a fertőzöttségi kategóriák gyakorisági átlaga, magyarázó változóként a fertőzési kategóriák (szintek: 0, 1, 2, 3), az úttól való távolság (0, 45, 90, 135, 180 m) és a mintavételi időpontok (2021.07.08., 2021.08.18., 2021.09.14), míg a random hatás az egyes mintavételi helyszínek voltak. Annak megválaszolására, hogy az elegyarányoknak van-e hatása a csipkésposloska terjedésére, a modellben függő változóként a fertőzési kategóriák relatív gyakorisága, magyarázó változóként a fertőzési kategóriák (szintek: 0, 1, 2, 3), az őshonos tölgy elegyarány kategóriák (szintek: alacsony, közepes, magas) és a mintavételi időpontok (2021.07.08., 2021.08.18., 2021.09.14) szerepeltek, míg az egyes mintavételi helyszíneket random tényezőként vontuk be.

Ahhoz, hogy megállapíthassuk, hogy az uralkodó szélirány az egyes fertőzési kategóriák gyakoriságára milyen hatással van az úttól távolodva, modellünkben a függő változó a fertőzöttségi kategóriák gyakorisági átlaga volt, magyarázó változó a várt terjedés és az uralkodó szélirány által bezárt szög (szintek: 0, 180), a fertőzési kategóriák (szintek: 0, 1, 2, 3) és a mintavételi időpontok (2022.07.13., 2022.08.10., 2022.09.10.) voltak és random hatásként az egyes helyszíneket vontuk be.

Az átlagok többszörös összehasonlítására Tukey tesztet használtunk. Minden számítást az R programcsomaggal végeztünk (4.1.1 verzió) (R Core Team, 2022). A GLMM számításokhoz a car (Fox & Weisberg, 2018), MASS (Venables & Ripley, 2002) és nlme (Pinheiro et al. 2019) csomagokat használtuk.

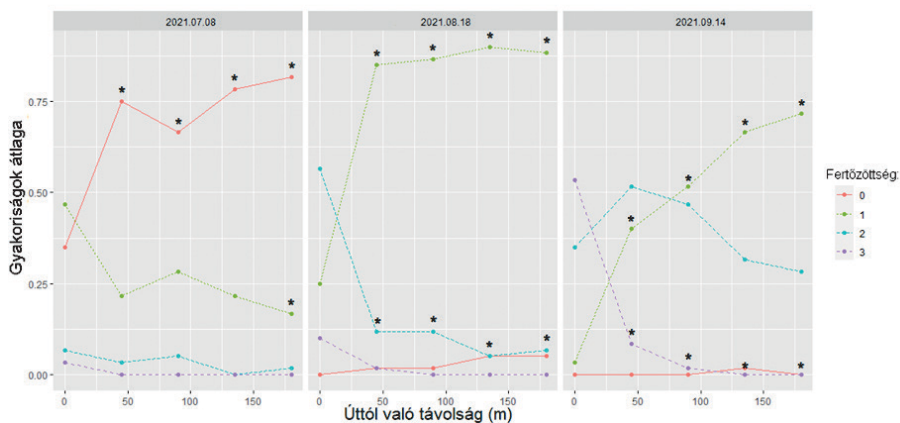
EREDMÉNYEK

Minden mintavételi időpontban és valamennyi helyszínen megtaláltuk a tölgy-csipkésposloskát. Erősebb fertőzés minden esetben az út szegélye mentén volt megfigyelhető, az állomány belseje felé már 45 méteres távolságban is hirtelen lecsökkent a fertőzés mértéke, azonban sziget-szerűen egy-egy fertőzöttebb folt előfordulását megfigyeltük az elegyaránytól függetlenül. Az év során a fertőzés mértéke minden mintavételi helyen és évben fokozatosan erősödött, az utolsó mintavételi időpontban egy kivételével már nem találtunk tölgy-csipkésposloska fertőzéstől mentes fát 2021-ben, míg 2022-re már minden mintázott fa legalább a 2-es fertőzöttségi kategóriába került.

Útszéli fák, mint fertőzési gócpontok

Az úttól való távolság szignifikánsan befolyásolja a tölgy-csipkésposloska fertőzöttség mértékét (3–5. táblázat). Az egyes fertőzési kategóriák különböző módon változtak 2021 során az úttól való távolság függvényében az egyes időpontokban (2. ábra, 2–4. táblázat). Júliusban szignifikánsan több fertőzésmentes fa volt az erdő belsejében (2. ábra). Augusztusra az 1-es kategóriájú fákból

szignifikánsan több, míg a 2-es kategóriájú fákból szignifikánsan kevesebb volt megtalálható az erdő belsejében, mint az útszegélyben (2. ábra). Szeptemberre továbbra is az 1-es kategória maradt a leggyakoribb az úttól 90 méterre és távolabb, míg az útszegélyben már a 3-as kategória vált a leggyakoribbá (2. ábra). A 2-es kategória többé-kevésbé egyenletesen oszlott meg a távolsággradiens mentén (2. ábra).



2. ábra: Az úttól való távolság hatása a fertőzöttség mértékére az egyes mintavételi időpontokban

*: szignifikánsan különbözik az útszegélyben mért értéktől

Figure 2: The effect of the distance from the road to the level of oak lace bug infestation

*: significantly different infestation level from the roadside

2. táblázat: Az egyes fertőzési kategóriák gyakorisági átlaga közti különbségek az útszegély és az erdő belsejében elhelyezkedő mintavételi pontok között július hónapban (2021.07.08.) a post hoc teszt alapján. A félkövérrel szedett eredmények szignifikánsak

Table 2: Differences between the mean prevalence of each infestation category between roadside and forest interior sampling points in July (08.07.2021) based on the post hoc test. Results in bold are significant

	estimate	SE	df	t-ratio	p-value
0–45 méter között					
0-ás kategória	-0,260	0,043	531	-6,069	<0,001
1-es kategória	0,187	0,049	531	3,829	0,123
2-es kategória	0,032	0,062	531	0,516	1,000
3-as kategória	0,033	0,064	531	0,516	1,000
46–90 méter között					
0-ás kategória	-0,211	0,044	531	-4,836	0,003
1-es kategória	0,134	0,047	531	2,822	0,845
2-es kategória	0,016	0,061	531	0,258	1,000
3-as kategória	0,033	0,064	531	0,516	1,000
91–135 méter között					
0-ás kategória	-0,278	0,043	531	-6,556	<0,001

Az 1. táblázat folytatása / Table 1 continued.

	estimate	SE	df	t-ratio	p-value
1-es kategória	0,187	0,049	531	3,829	0,123
2-es kategória	0,065	0,063	531	1,030	1,000
3-as kategória	0,033	0,064	531	0,516	1,000
136–180 méter között					
0-ás kategória	-0,297	0,042	531	-7,039	<0,001
1-es kategória	0,229	0,050	531	4,571	0,008
2-es kategória	0,048	0,062	531	0,773	1,000
3-as kategória	0,033	0,064	531	0,516	1,000

3. táblázat: Az egyes fertőzési kategóriák gyakorisági átlaga közti különbségek az útszegély és az erdő belsejében elhelyezkedő mintavételi pontok között augusztus hónapban (2021.08.18.) a post hoc teszt alapján. A félkövérral szedett eredmények szignifikánsak

Table 3: Differences between the mean prevalence of each infestation category between roadside and forest interior sampling points in August (18.08.2021) based on the post hoc test. Results in bold are significant

	estimate	SE	df	t-ratio	p-value
0–45 méter között					
0-ás kategória	-0.017	0.064	531	-0.258	1.000
1-es kategória	-0.392	0.044	531	-8.884	<0.001
2-es kategória	0.339	0.050	531	6.737	<0.001
3-as kategória	0.079	0.061	531	1.287	1.000
46-90 méter között					
0-ás kategória	-0.017	0.064	531	-0.258	1.000
1-es kategória	-0.401	0.044	531	-9.113	<0.001
2-es kategória	0.339	0.050	531	6.737	<0.001
3-as kategória	0.095	0.062	531	1.543	1.000
91-135 méter között					
0-ás kategória	-0.049	0.063	531	-0.773	1.000
1-es kategória	-0.419	0.044	531	-9.567	<0.001
2-es kategória	0.400	0.052	531	7.636	<0.001
3-as kategória	0.095	0.062	531	1.543	1.000
136-180 méter között					
0-ás kategória	-0.049	0.063	531	-0.773	1.000
1-es kategória	-0.410	0.044	531	-9.340	<0.001
2-es kategória	0.384	0.052	531	7.416	<0.001
3-as kategória	0.095	0.062	531	1.543	1.000



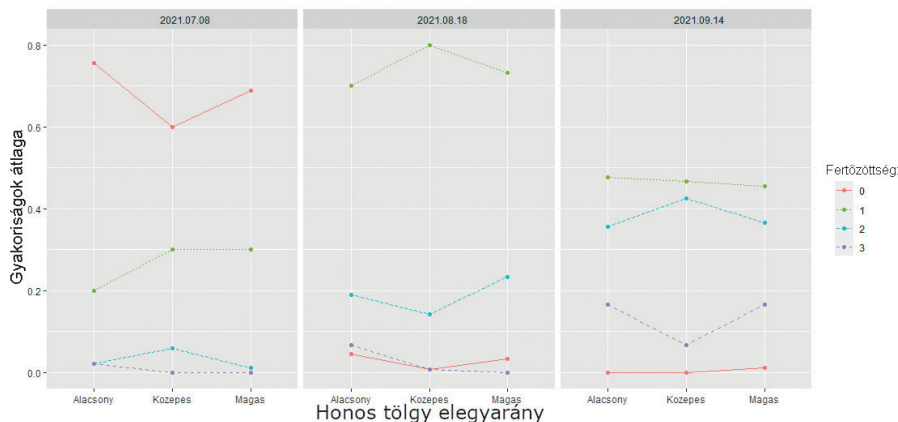
4. táblázat: Az egyes fertőzési kategóriák gyakorisági átlaga közti különbségek az útszegély és az erdő belsejében elhelyezkedő mintavételi pontok között szeptember hónapban (2021.09.14.) a post hoc teszt alapján. A félkövérrel szedett eredmények szignifikánsak

Table 4: Differences between the mean prevalence of each infestation category between roadside and forest interior sampling points in September (14.09.2021) based on the post hoc test. Results in bold are significant

	estimate	SE	df	t-ratio	p-value
0–45 méter között					
0-ás kategória	0.000	0.065	531	0.000	1.000
1-es kategória	-0.304	0.055	531	-5.524	<0.001
2-es kategória	-0.116	0.045	531	-2.568	0.955
3-as kategória	0.347	0.052	531	6.725	<0.001
46-90 méter között					
0-ás kategória	0.000	0.065	531	0.000	1.000
1-es kategória	-0.384	0.054	531	-7.170	<0.001
2-es kategória	-0.083	0.046	531	-1.801	1.000
3-as kategória	0.411	0.054	531	7.618	<0.001
91-135 méter között					
0-ás kategória	-0.017	0.064	531	-0.258	1.000
1-es kategória	-0.478	0.052	531	-9.185	<0.001
2-es kategória	0.025	0.049	531	0.516	1.000
3-as kategória	0.427	0.055	531	7.833	<0.001
136-180 méter között					
0-ás kategória	0.000	0.065	531	0.000	1.000
1-es kategória	-0.508	0.052	531	-9.832	<0.001
2-es kategória	0.051	0.049	531	1.031	1.000
3-as kategória	0.427	0.055	531	7.833	<0.001

Az elegyarány hatása a tölgy-csipkésposloska terjedésére

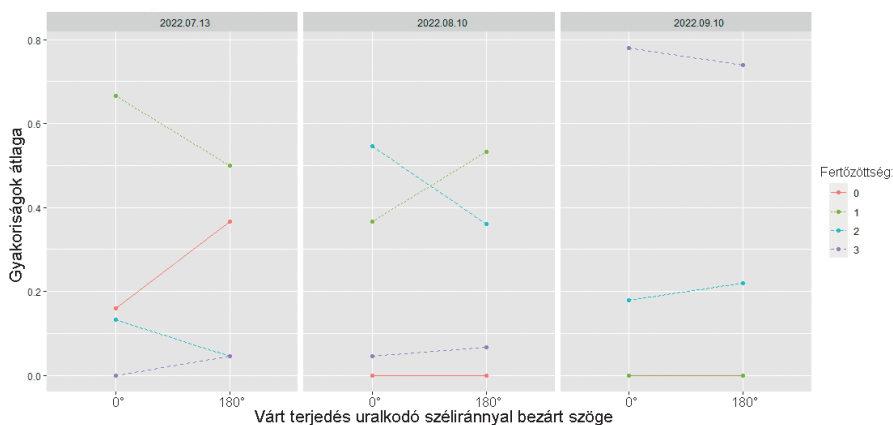
A különböző tölgy-elegyarány kategóriák között a fertőzöttségben nem találtunk különbséget (3. ábra). Júliusban a 0-ás, augusztusban az 1-es, míg szeptemberben az 1-es és 2-es kategóriák voltak a leggyakoribbak az elegyaránytól függetlenül.



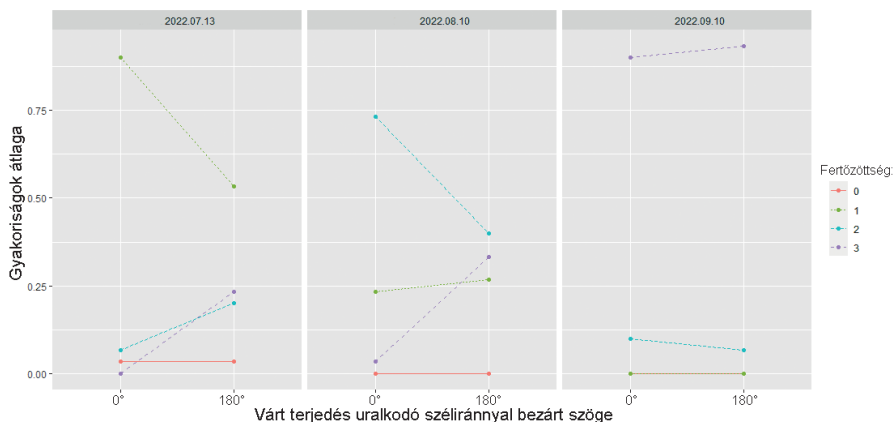
3. ábra: A honos tölgy elegyarány hatása a tölgy-csipkésposloska fertőzöttség mértékére
 Figure 3: The effect of oak mixture ratio to the level of oak lace bug infestation

Az uralkodó szélirány hatása a tölgy-csipkésposloska terjedésére

Az uralkodó szélirány csak a terepi mintavételek kezdeti időpontjában befolyásolta a tölgy-csipkésposloska terjedését, bár nem találtunk szignifikáns különbséget, csak erős trendeket (4–6. ábra). A vizsgált területeken az északi szegélyben volt nagyobb a fertőzöttség mértéke (5. ábra). Az erdők belsejében azonban a várt terjedési iránynak megfelelően, az úttól déli irányba voltak gyakoribbak a fertőzöttebb faegyedek (6. ábra). Megállapítható az is, hogy mindezek a trendbéli különbségek a legutolsó mintavétel idejére teljesen megszűntek (4–6. ábra).

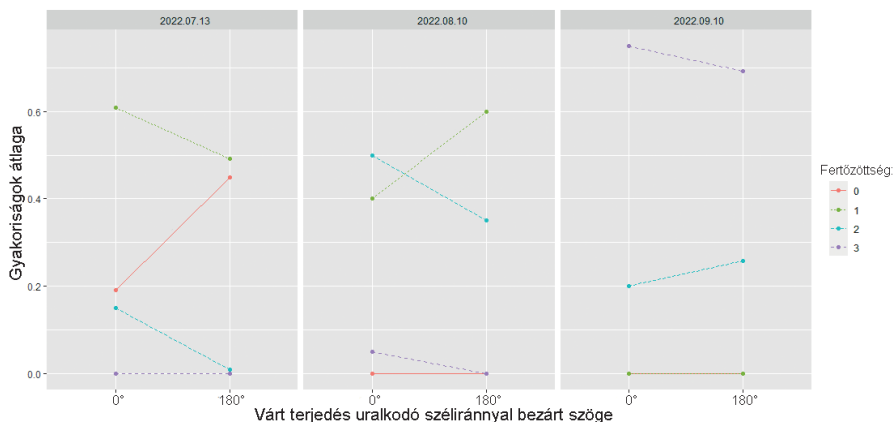


4. ábra: A tapasztalt fertőzés mértéke a várt terjedés irányának függvényében az összes mintavételi pontot figyelembe véve
 Figure 4: Rate of observed infestation as a function of expected direction of spread, taking into account all sampling points



5. ábra: A tapasztalt fertőzés mértéke a várt terjedés irányának függvényében az erdőszegély mintavételi pontjait figyelembe véve

Figure 5: Rate of observed infestation as a function of expected direction of spread, taking into account the sample points of the forest edge



6. ábra: A tapasztalt fertőzés mértéke a várt terjedés irányának függvényében az erdő belső mintavételi pontjait figyelembe véve

Figure 6: Rate of observed infestation as a function of expected direction of spread, taking into account the sample points of the forest interior

MEGVITATÁS

Mintaterületeinket a tölgy-csipkésposloska megtelepedésének korai állapotában jelöltük ki. Míg 2021. júliusában a tölgyek 31%-a volt fertőzött, szeptemberre már egy kivétellel minden faegyeden tapasztaltuk a jelenlétét, addig 2022-ben már minden vizsgált faegyed elérte a legalább 2-es fertőzöttségi kategóriát az év végére. Ez is mutatja, hogy a területen a 2020-as első szórványos észlelést követően (Heffenträger Gábor, Őrségi Nemzeti Park, személyes közlés, 2021), milyen hihetetlen sebességgel vált tömegessé a faj.

2021-es vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a magasabb fertőzési kategóriák szignifikánsan gyakoribbak voltak az út mellett, mint 45 méterre vagy az úttól távolabb eső mintavételi helyeken. Ez összhangban van korábbi megfigyelésekkel, miszerint a tölgy-csipkésposloska új területen való megjelenését elsősorban az utak mentén figyelhetjük meg (Jurc & Jurc 2017, Mutun et al. 2009). Emberi közvetítéssel történő passzív terjedésének jelentősége megkérdőjelezhetetlen.

Nem találtunk szignifikáns különbségeket a tölgy-csipkésposloska fertőzöttségben az őshonos tölgyfák alacsony, közepes és magas elegyaránya között. Így el kell vetni azt a hipotézist, hogy a nagyobb fajdiverzitású állományokban a *C. arcuata* lassabban terjed, mint az elegyetlen tölgy állományokban. Így kijelenthető, hogy a tölgy-csipkésposloska esete nem felel meg annak a konszenzusnak miszerint a nagyobb elegyarányú erdőállományok ellenállóbbak a specialista lombfogyasztókkal szemben (Jactel et al. 2021). A tölgy-csipkésposloska bizonyos szempontból specialistának tekinthető, hiszen szaporodni csak tölgyfajokon képes, azonban az imágó más fajokon is képes túlélni (Csóka et al. 2020). Annak az esélyét, hogy egy távolabbi és más fajok által körülvevett tölgyfát megtalálja a faj a rendkívül nagy egyedszáma is növeli. Hasonló eredményre jutottak Ukrajnában (Meshkova et al. 2020), valamint Ausztriában, Szlovéniában és Szerbiában (Hoch et al. 2023).

A tölgy-csipkésposloska kis- és középtávú továbbterjedését a szegélyekből a szél segíti, mivel gyengén repülnek (Mutun et al. 2009, Zubrik et al. 2019). A 2022-ben vizsgált területeken az uralkodó szélirány mellett más irányokból is jelentős gyakorisággal fúj a szél (6. ábra), így ez járulhatott hozzá ahhoz, hogy nem sikerült annak egyértelmű hatását kimutatnunk. Kisebb szélsébség is lehetővé teszi terjedését, illetve szórványos eseményként is elegendő gyakoriságú. Az északi szegélyben való nagyobb tömegű előfordulásukat két dolog segítheti elő. Az egyik, hogy a fákat érő nagyobb hőstressz következtében kisebb mértékben képesek a kártevőknek ellenállni, mint az északi szegélyben lévők vagy az állomány belsejében állók (Cregg & Dix 2001). A másik, hogy ezeket a fákat nagyobb felületen éri napsugárzás, így több asszimiláta előállítására képesek, ami vonzó lehet a tölgy-csipkésposloska számára. Ugyanakkor elmondható a tölgy-csipkésposloska nem kedveli a száraz meleget (>30 °C, <40RH%) (Bălăcenoiu et al. 2021a), így ez a környezet klimatikusan nem feltétlenül optimális számára.

ÖSSZEFOGLALÁS

Vizsgálatunk eredményei azt mutatják, hogy az elegyes erdők nem képesek lassítani a *C. arcuata* populációk invázióját, és az uralkodó széliránnyal ellentétes irányba is képesek terjedni. Ez is nyomtatékosítja a biológiai védekezési lehetőségek felderítésének fontosságát. A tölgy-csipkésposloska károsítása mellett más kártevők, kórokozók és éghajlati hatások additív kombinációja által kiváltott kárláncolatok jöhetnek létre, amik negatív hatással lehetnek tölgy állományainkra. Ez akár egyes egyedek, facsoportok pusztulásához is vezethet, mely azonban egy diverzebb fajösszetételű állományban nem jár együtt az erdőborítás teljes megszűnésével.



KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal OTKA 142858 számú kutatási pályázatának (*Az inváziós tölgy-csipkésposolka (Corythucha arcuata) tölgyesekre gyakorolt hatásainak vizsgálata, valamint a faj elleni biológiai védekezési program lehetőségeinek felmérése*), valamint a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bălăcenoiu F., Japelj A., Bernardinelli I., Castagneyrol B., Csóka Gy., Glavendekić M. et al. 2021a: *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera, Tingidae) in its invasive range in Europe: perception, knowledge and willingness to act in foresters and citizens. *NeoBiota* 69: 133–153. <https://doi.org/10.3897/neobiota.69.71851>
- Bălăcenoiu F., Nețoiu C., Tomescu R., Simon D.C., Buzatu A., Toma D. et al. 2021b: Chemical Control of *Corythucha arcuata* (Say, 1832), an Invasive Alien Species, in Oak Forests. *Forests* 12(6): 770. <https://doi.org/10.3390/f12060770>
- Bates D.M. 2022: *lme4: Mixed-effects modeling with R* Springer. <https://stat.ethz.ch/~maechler/EMMwR.pdf> (utolsó elérés: 2023. 11. 08.)
- Bernardinelli I. & Zandigiaco P. 2000: Prima segnalazione di *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera, Tingidae) in Europa. *Informatore Fitopatologico* 12: 47–49.
- Bolker B.M., Brooks M.E., Clark C.J., Geange S.W., Poulsen J.R., Stevens M.H.H. et al. 2009: Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution* 24(3): 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.10.008>
- Breslow N.E. & Clayton D.G. 1993: Approximate Inference in Generalized Linear Mixed Models. *Journal of the American Statistical Association* 88(421): 9. <https://doi.org/10.2307/2290687>
- Canelo T., Gaytán Á., González-Bornay G. & Bonal R. 2018: Seed loss before seed predation: experimental evidence of the negative effects of leaf feeding insects on acorn production. *Integrative Zoology* 13(3): 238–250. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12292>
- Cregg B. & Dix M. 2001: Tree Moisture Stress and Insect Damage in Urban Areas in Relation to Heat Island Effects. *Arboriculture & Urban Forestry* 27(1): 8–17. <https://doi.org/10.48044/jauf.2001.002>
- Csóka Gy., Hirka A., Mutun S., Glavendekić M., Mikó Á., Szócs L. et al. 2020: Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832) – Heteroptera: Tingidae] in Eurasia. *Agricultural and Forest Entomology* 22(1): 61–74. <https://doi.org/10.1111/afe.12362>
- Csóka Gy.; Hirka A. & Somlyai M. 2013: A tölgy csipkésposolka (*Corythucha arcuata* Say, 1832 - Hemiptera, Tingidae) első észlelése Magyarországon. *Növényvédelem* 49(7): 293–296.
- Czúcz B., Gálhidy L. & Mátyás Cs. 2011: Present and forecasted xeric climatic limits of beech and sessile oak distribution at low altitudes in Central Europe. *Annals of Forest Science* 68(1): 99–108. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0011-4>
- Demeter L., Molnár Á.P., Öllerer K., Csóka Gy., Kiš A., Vadász C. et al. 2021: Rethinking the natural regeneration failure of pedunculate oak: The pathogen mildew hypothesis. *Biological Conservation* 253: 108928. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108928>

- Fox J. & Weisberg S. 2018: An R companion to applied regression. Sage Publications, pp. 608.
- Hoch G., Stemmelen A., Eötvös C.B., Hinterstoisser W., Lanšćak M., Stojnić S. et al. Infestation intensity by the invasive oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say) in mixed and pure oak stands. *Journal of Applied Entomology*. <https://doi.org/10.1111/jen.13205>
- Jactel H., Moreira X. & Castagneyrol B. 2021: Tree Diversity and Forest Resistance to Insect Pests: Patterns, Mechanisms, and Prospects. *Annual Review of Entomology* 66(1): 277–296. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-041720-075234>
- Jurc M. & Jurc D. 2017: The first record and the beginning the spread of oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae), in Slovenia. *Šumarski List* 141(9–10): 488–488. <https://doi.org/10.31298/sl.141.9-10.5>
- Manderino R., Crist T.O. & Haynes K.J. 2014: Lepidoptera-specific insecticide used to suppress gypsy moth outbreaks may benefit non-target forest Lepidoptera. *Agricultural and Forest Entomology* 16(4): 359–368. <https://doi.org/10.1111/afe.12066>
- Marçais B. & Desprez-Loustau M.-L. 2014: European oak powdery mildew: impact on trees, effects of environmental factors, and potential effects of climate change. *Annals of Forest Science* 71(6): 633–642. <https://doi.org/10.1007/s13595-012-0252-x>
- McManus M. & Csóka Gy. 2007: History and Impact of Gypsy Moth in North America and Comparison to the Recent Outbreaks in Europe. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica* 3: 47–64.
- Meshkova V., Nazarenko S. & Glod O. 2020: The first data on the study of *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae) in Kherson region of Ukraine. *Наукові Праці Лісівничої Академії Наук України* 21: 30–38. <https://doi.org/10.15421/412023>
- Mutun S. 2003: First report of the oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae), from Bolu, Turkey. *Israel Journal of Zoology* 49: 323–324.
- Mutun S., Ceyhan Z. & Sözen C. 2009: Invasion by the oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera: Tingidae), in Turkey. *Turkish Journal of Zoology* 33(3): 263–268. <https://doi.org/10.3906/zoo-0806-13>
- Nikolic N., Pilipovic A., Drekić M., Kojic D., Poljakovic-Pajnik L., Orlovic S. et al. 2019: Physiological responses of Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) to *Corythucha arcuata* (Say, 1832) attack. *Archives of Biological Sciences* 71(1): 167–176. <https://doi.org/10.2298/ABS180927058N>
- Paulin M., Hirka A., Eötvös Cs.B., Gáspár Cs., Fűrjes-Mikó Á. & Csóka Gy. 2020: Known and predicted impacts of the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in European oak ecosystems – a review. *Folia Oecologica* 47(2): 131–139. <https://doi.org/10.2478/foecol-2020-0015>
- Paulin M.J., Eötvös Cs.B., Zabransky P., Csóka Gy. & Schebeck M. 2023: Cold tolerance of the invasive oak lace bug, *Corythucha arcuata*. *Agricultural and Forest Entomology* 25(4): 612–621. <https://doi.org/10.1111/afe.12585>
- Paulin M., Hirka A., Fűrjes-Mikó Á., Gáspár Cs., Eötvös Cs. B., Melika G. & Csóka Gy. 2023: Mit tudtunk meg tíz év alatt a tölgy-csipkésposloskáról? *Növényvédelem* 59(11): 481–489.
- Pinheiro J., Bates D., DebRoy S., Sarkar D. & R Core Team. 2019: nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-140. <https://cran.r-project.org/package=nlme> (utolsó elérés: 2023. 11. 08.)
- R Core Team. 2022: R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Root R.B. 1973: Organization of a Plant-Arthropod Association in Simple and Diverse Habitats: The Fauna of Collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs* 43(1): 95–124. <https://doi.org/10.2307/1942161>
- Russell E.P. 1989: Enemies Hypothesis: A Review of the Effect of Vegetational Diversity on Predatory Insects and Parasitoids. *Environmental Entomology* 18(4): 590–599. <https://doi.org/10.1093/ee/18.4.590>



- Venables W.N. & Ripley B.D. 2002: Modern applied statistics with S (Fourth Edition). Springer, New York. <https://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/> (utolsó elérés: 2023. 11. 08.)
- Williams D., Hoch G., Csóka Gy., de Groot M., Hradil K., Chireceanu C. et al. 2021: *Corythucha arcuata* (Heteroptera, Tingidae): Evaluation of the pest status in Europe and development of survey, control and management strategies (OLBIE). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4898795>
- Zubrik M., Gubka A., Rell S., Kunca A., Vakula J., Galko J. et al. 2019: First record of *Corythucha arcuata* in Slovakia – Short Communication. Plant Protection Science 55(2): 129–133. <https://doi.org/10.17221/124/2018-PPS>

*Érkezett: 2023. november 9.
Közlésre elfogadva: 2023. december 12.*

AZ ACTA SILVATICA & LIGNARIA HUNGARICA 18. KÖTETÉBEN (1–2. SZÁM) MEGJELENT TANULMÁNYOK CÍMEI ÉS KIVONATAI

Az Erdészettudományi Közlemények és az Acta Silvatica & Lignaria Hungaria (ASLH) kölcsönösen közlik a másik folyóirat legutóbbi kötetében megjelent tanulmányok címeit és kivonatait. Ehelyütt az ASLH 18. kötetének (1–2. szám) (2022) tartalmát mutatjuk be a megjelent írások címével és absztraktjával. A közlemények teljes terjedelmükben elérhetők és letölthetők a <http://aslh.nyme.hu> honlapról.

18. kötet 1. szám

9–24. oldal: **Talaj mikroklima kutatás magyarországi erdei köztes termesztéses rendszerben – Kovács Klaudia és Vityi Andrea**

A klímaváltozás a mai iparosodó és fejlődő világunkban a környezet, a gazdaság és a társadalom szempontjából is egyre nagyobb problémát jelent. A probléma megoldásához olyan technológiák alkalmazására van szükség, amelyek lehetővé teszik az áttérést a tisztább, rugalmasabban alkalmazkodó gazdaságra. Ezek a megoldások nem kizárólag az éghajlatváltozás mérséklésére fókuszálnak, hanem a fenntartható fejlődés céljaival összhangban álló teljes átalakulást szolgálnak. Az agroerdészeti rendszereket a világ számos táján sikeresen alkalmazzák a klímaváltozáshoz való adaptáció céljából, az elsivatagosodás, talajerózió ellen és a biológiai sokféleség támogatására. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy a köztes termesztés erdészeti alkalmazása segítheti a fiatal erdőállományok klímaadaptációját. Célunk az erdei körülmények között a közteskultúrát alkalmazó gyakorlat hatására kialakuló kedvezőbb mikroklimára vonatkozó korábbi megfigyelések hátterének tudományos igényű feltárása és a csemetéket ért stresszhatások összehasonlító vizsgálata. A rendszer mikroklima-vizsgálataihoz a talajhőmérséklet és -vezetőképesség mérésére alkalmas EC tesztet, valamint a léghőmérséklet, páratartalom és a szélesebbesség mérésére szolgáló agrometeorológiai kézi műszert használtunk. Az eredmények azt mutatják, hogy az agrár-erdészeti rendszer szignifikánsan csökkenti a hőmérsékleti szélsőségeket és kedvezőbb páratartalmat biztosít. A talajhőmérsékleti értékeket 1–14 °C-kal csökkentette az agrár-erdészeti rendszer. A tapasztalatok és a mérések alapján elmondható, hogy az alkalmazott agroerdészeti gyakorlat növelheti az erdősítés stressztűrését és ezzel a hatékonyságát, javítja a területkihasználást és a jövedelmezőséget, emellett pedig egyéb célokat is szolgál (ökoszisztéma szolgáltatások, takarmányozás). Az erdősítésben alkalmazott köztesnövény-termesztés így erőforrás-hatékonysággal és jobb gazdasági megtérüléssel párosulhat.

agroerdészet / kukorica hybrid – P9241 / *Populus × euramericana* cv. I-214 / talajhőmérséklet / vezetőképesség

<https://doi.org/10.37045/aslh-2022-0001>

25–40. oldal: **Klimaváltozás okozta fapusztulás egy reliktum erdeifenyves (*Pinus sylvestris* L.) erdőben** – Horváth Adrienn, Lakatos Ferenc, Szűcs Péter, Patocska Zoltán, Végh Péter, Winkler Dániel, Bidló András és Gálos Borbála

A mortalitás jeleit tapasztaltuk egy reliktum erdeifenyvesben (*Pinus sylvestris* L.), mely társulás (*Pinetum-Festuco vaginatae sylvestris*) egyedülálló a Kárpát-medencében. A fapusztulás összetett okainak feltárása érdekében az éghajlati és talajviszonyokat elemeztük, kiegészítve biológiai és biotikus (kártévő) felmérésekkel. Az eredmények azt mutatták, hogy a kedvezőtlen talajviszonyok (durva homok) és a gyakoribbá váló aszályperiódusok vezettek az erdőállomány legyengüléséhez, majd pusztulásához. A szűbogarak populációsűrűsége nagy volt az állományban, és nem csak a kivágott fogófat, hanem az álló fákat is megtámadták hozzájárulva ezzel pusztulásukhoz. Új, terjedő invazív mohafajok is megjelentek a felnyíló állományban ott, ahol alacsony volt a záródás. A reliktum erdő eltűnése még sürgetőbbé teszi, hogy a hazai erdőgazdálkodás mielőbb klímaadaptációs stratégiai lépéseket tegyen.

éghajlati szélsőségek / kárlánc / klímaváltozáshoz való alkalmazkodás / reliktum erdőtársulás / talaj víztartóképesség

<https://doi.org/10.37045/aslh-2022-0002>

41–56. oldal: **A törzsinjektálás és törzskénés hatásának vizsgálata a kései meggy (*Prunus serotina* Ehrh.) elleni védekezés során** – Hegedéné Nemes Viktória Erzsébet, Molnár Miklós és Csiszár Ágnes

Növényvédelmi célú vizsgálatunkban magszóró, valamint fiatal kései meggy (*Prunus serotina* Ehrh.) egyedek egyaránt kezelésre kerültek. Az idősebb fák injektálással, a vékony fiatal egyedek törzskénéssel való kezelése történt 2018-ban. Összesen tizenegy növényvédő szer hatását hasonlítottuk össze a két vegetációs időszakot felölelő kísérlet alatt, a kezelések a lombvesztés és a képződő sarkak alapján kerültek rangsorolásra. A törzsinjektálási kísérlet legeredményesebb kezelése a glifozát és klopivalid (Medallon Premium – Lontrel 300) kombinációja volt. A glifozátmentes szerek nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket. A törzskénés esetén az alkalmazott keverékek a glifozát és MCPA (Medallon Premium – Mecomorn 750 SL), a glifozát és dikamba (Medallon Premium – Banvel 480 S) valamint a glifozát és klopivalid (Medallon Premium – Lontrel 300) kombinációi voltak. Az eredmények alapján mindhárom kezelés sikeresnek tekinthető. A bemutatásra kerülő technológiák és szerkombinációk egy része a hatályos növényvédelmi jogszabályok figyelembevételével üzemi körülmények között is javasolhatók.

törzsinjektálás / törzskénés / *Prunus serotina* / glifozát / kémiai védekezés

<https://doi.org/10.37045/aslh-2022-0003>

57–69. oldal: **A *Sclerocarya birrea* és az *Anogeissus leiocarpus* fafajok közötti és fafajon belül kimutatható eltérések a faanyag fizikai és mechanikai tulajdonságaiban vonatkozásában – Younis Fath Alrhan Awad Ahmed, Abdelgadir Abdelazim Yassin, Ahmed Zeinab A. Abd Elhameed, Govina James Kudjo és Németh Róbert**

A kutatásban vizsgáltuk a *Sclerocarya birrea* és az *Anogeissus leiocarpus* faanyagok bázis sűrűségének és mechanikai tulajdonságainak változásait a két faj között és a fafajokon belül. Minden fajhoz három faegyedet választottunk ki a szudáni Nyugat-Kordofan állambeli Lagawa Természeti Erdőrezervátumból. A próbatesteket három függőleges helyzetből (10, 50 és 90%-ban a törzshossz mentén) választottuk ki a fákon belül. Ezenkívül a mintákat három vízszintes helyzetből (belső farész, középső farész és külső faszövet) gyűjtöttük a három függőleges pozíció mindegyikén belül. Meghatároztuk a faanyag bázis sűrűségét (BD), vizsgáltuk továbbá a rostiránnyal párhuzamos hajlító szilárdságot (MOR), rugalmassági moduluszt (MOE), nyomószilárdságot (CS) és nyírószilárdságot. A varianciaanalízis azt mutatja, hogy mindkét vizsgált faj esetében csak a vízszintes helyzet mutatott jelentős eltérést. Az *A. leiocarpus* mechanikai tulajdonságai statisztikailag szignifikáns, de gyenge korrelációt mutattak a bázis sűrűséggel. A sűrűség növekedésével a szilárdságok is nőttek. A *S. birrea* fafajnál hasonló megfigyelést mutattunk ki, a sűrűség növekedésével nőtt a nyomó- és a nyírószilárdság.

***Sclerocarya birrea* / *Anogeissus leiocarpus* / bázis sűrűség / szilárdságok / rugalmassági modulusz**

<https://doi.org/10.37045/aslh-2022-0004>

71–86. oldal: **Talajtulajdonságok hatása nemesnyáras rövid vágásfordulójú ültetvények növekedésére kedvezőtlen termőhelyen – Heilig Dávid, Kovács Gábor és Heil Bálint**

A nemesnyár rövid vágásfordulójú sarjzattatásos ültetvények növekedését számos korábbi munka vizsgálta. Többletvízhatásól független termőhelyeken felerősödnek a talaj fizikai és kémiai adottságainak vízgazdálkodáson keresztül a növedékre gyakorolt korlátozó hatásai. Egy többletvízhatástól független termőhelyen két nemesnyár fajtán ('AF2' és 'Kopecky') vizsgáltuk, hogy a domborzat és talajtulajdonságok miként befolyásolják a biomasszahozamot. Fajtánként 5–5 mintaterületen végeztünk talajvizsgálatot és faállományfelmérést, hogy az adott területre jellemző becslőfüggvényt szerkeszthessünk. Eredményeink szerint a sekélyebb termőrétegű, erodáltabb területek gyengébb növekedésű termőhelyi foltokat jelentettek, mint a mélyebb termőrétegű, ásványi- és szerves kolloidokban gazdagabb részek. A növekedést leginkább befolyásoló tényező a diszponibilis vízkészlet, pH, illetve a szervesanyag- és mésztartalom. Nincs szignifikáns különbség a fajták növekedése között. Megállapítottuk, hogy – többletvízhatástól független termőhelyen – fenti talajtulajdonságok jelentős hatással bírnak a növekedésre, így a részletes termőhelyfeltárás megkerülhetetlen az ültetvények létesítésének.

rövid vágásfordulójú sarjzattatásos ültetvény / nemesnyár / talajtulajdonságok / Magyarország

<https://doi.org/10.37045/aslh-2022-0005>

18. kötet 2. szám

89–101. oldal: **Faipari projektek kapcsolatháló-elemzése** – *Novotni Adrienn, Pásztor Zoltán és Tóth Zsolt*

A tanulmány keretében a Horizont 2020 faipari projektjeit elemeztük hálózatelemzési (SNA) módszerekkel. Az elemzés során elsősorban az R statisztikai programozási nyelv hálózatelemzési és illeszkedésvizsgálati csomagjait használtuk. A CORDIS-ból kiszűrt adatállományra építve szomszédsági mátrixot írtunk fel, amely alapján felrajzoltuk a faipari projektrésztvevők hálóját, majd különböző hálózati mutatókat számoltunk. A hálózat kutatásban nevezetes eloszlásokat keresve többféle statisztikai módszerrel (maximum likelihood módszer, Kolmogorov-Szmirnov teszt, momentumok módszere, bootstrapping módszer) illeszkedésvizsgálatot végeztünk a foksámok gyakoriságaira, az esetleges véletlen vagy skálafüggetlen jelleg igazolására. Vizsgáltuk a hálózat kisvilágjellegét is. Eredményeink alapján a projektrésztvevőkből felépülő projektháló foksámainak eloszlása többféle hatást tükröz, ellenben a projektrésztvevőnként projektrészvételek száma egyértelműen hatványeloszlást követ, tehát a számos tudományos elemzésben kitüntetettnek tekintett skálafüggetlenség érvényesül. A hálózati mutatók alapján a hálózat nem kisvilágjellegű, s a központi aktorok között feltűnően sok a finn résztvevő.

faipar / projekt / SNA / Horizont 2020

<https://doi.org/10.37045/aslh-2022-0006>

103–117. oldal: **A 2014-es börzsönyi jégtrészt által érintett völgyek összehasonlító elemzése légi lézeres letapogatás segítségével** – *Molnár Tamás és Király Géza*

2014. december 1–2. között súlyos jégkár károsította a Börzsöny hegységet. A 10 000 hektárt érintő kár a Börzsöny hegység vizsgált két völgyét eltérő mértékben érintette. Amíg a Rakottyás-völgy nagy mértékben károsodott, addig a Pogány-Rózsás erdőrezervátum völgye kevésbé. A károk mértékét légi lézeres letapogatással és terepi felméréssel vizsgáltuk. A felméréshez 3D-s borított felszínmodellt (BFM), digitális domborzatmodellt (DDM) és normalizált borított felszínmodellt (nBFM) állítottunk elő nagysűrűségű pontfelhőből, melyből tengerszint feletti magasságot, lejtést és kitettséget számítottunk a termőhelyi adatok leírásához. A távérzékelés és a terepi adatokat károsodási határértékek meghatározása után képpont szinten hasonlítottuk össze egy hibamatrixban, ami részletes egyezést mutatott az eltérő mintavételi módszerek és a területi lefedettségek között. Kimutattuk továbbá, hogy a Rakottyás völgy súlyosabban sérült (a terület 54,35%-a), mint a Pogány-Rózsás rezervátum (36,7%).

erdőkár / légi lézeres letapogatás / digitális terepmodell / jégkár

<https://doi.org/10.37045/aslh-2022-0007>

119–127. oldal: **Nyugat-Dunántúli ültetvényekről származó Pannónia nyár teherviselő szerkezeti szempontok szerinti mérései Nyugat-Dunántúli ültetvényekről származó Pannónia nyár teherviselő szerkezeti szempontok szerinti mérései** – Horváth Norbert és Csiha Csilla

A jelen tanulmányban három, név szerint Újrónafő 11G, Győr 540B és Kapuvár 35A, nyugat-dunántúli, Győr-Moson-Sopron megyei Pannónia nyár (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) ültetvényvel kapcsolatos vizsgálati eredményeinket foglaljuk össze. Kutatómunkánkban a vizsgált ültetvényes egyedek vastagsági növekedési jellemzőinek tisztázását, valamint a fatest kiválasztott fizikai és mechanikai tulajdonságainak előrejelzését tűztük ki célul. A hang terjedési idejének (TOF) meghatározása élő fákban roncsolásmentes módon "Fakopp" TreeSonic berendezéssel történt. A TOF adatokból kiszámított hangterjedési sebesség (SWV) kiemelkedő jelentőséggel bír a fatest dinamikus rugalmassági modulusza (MOE) becslésében és ezáltal a szerkezeti fa minőségének előrejelzésében. A mellmagassági átmérő (DBH) valamint a szijács rostirányában történő hangterjedési sebesség meghatározása érdekében 50 véletlenszerűen kiválasztott egyed helyszíni vizsgálatára került sor. A roncsolásmentes vizsgálatok kiegészítéseként kidöntött törzsek (3 törzs ültetvényenként, szűrőpróbaszerű minta) fatestének laboratóriumi analizisét is elvégeztük az évgyűrűszélesség és a sűrűség meghatározására. A one-way ANOVA eredményeink alapján jelentős különbségek mutatkoztak az SWV értékekben egyes ültetvénycsoportok között. A fiatal és idős ültetvények átlagértékei között 136,8 m/s volt az eltérés, ami szignifikáns különbség. Hasonló eredményeket tapasztaltunk a középkorú és az idős ültetvényes fák esetében is. A fiatal és a középkorú fák átlagértékei 0,05-ös szignifikancia szinten azonosnak tekinthetők. Ugyancsak megállapítottuk, hogy a fiatal (22 éves), legsűrűbb hálózatban ültetett (3 m × 4 m) és egyben legkisebb mellmagassági átmérő átlagértékkel rendelkező Újrónafő 11G ültetvény egyedei mutatták a legmagasabb SWV átlagértéket. Kiegészítésként meg kell azonban említeni, hogy ugyanezen ültetvényről származó szijács és geszt minták rendelkeztek a legmagasabb átlagértékekkel a normál klímán vett sűrűség vonatkozásában is, ezáltal a fatest legnagyobb dinamikus rugalmassági modulusza is várhatóan ennél az ültetvénynél jelezhető előre

***Populus × euramericana* cv. Pannónia / hangterjedési sebesség / mellmagassági átmérő / sűrűség / dinamikus rugalmassági modulusz / teherviselő szerkezeti fa**

<https://doi.org/10.37045/aslh-2022-0008>

129–150. oldal: **A tanulók tudása és attitűdje a fához és a fa alapanyagként való felhasználásához** – Nmarné Kendöl Jutka, Molnár Katalin, Berki Imre és Fekete István

Nagy a bizonytalanság a faalapanyag használathoz való hozzáállás tekintetében: a széles körű faalapanyag használata ajánlott vagy sem? Statisztikailag reprezentatív kérdőíves felmérést végeztünk Magyarország egy megyéjének iskoláiban és arra voltunk kíváncsiak, hogy az attitűd mely összetevői határozzák meg a fahasználati hajlandóságot, a jövő energiahasználói körében. Vizsgálatunk újdonsága, hogy az attitűd három összetevőjét elemeztük a fahasználat kontextusában, azaz a kognitív, az affektív és a konatív komponenset. A fával kapcsolatos környezeti nevelés-kutatásban eddig a Döntési fák statisztikai modelljét nem használták a fa alapanyag felhasználási hajlandóság előrejelzésére. Így tanulmányunk a fenntartható fejlődés és klímavédelem szempontjából releváns.

Eredményeink azt mutatták, hogy a résztvevők mindössze 1/3-a válaszolt igenlően, arra a kérdésre, hogy fa alapanyagot használna. Továbbá azt az eredményt kaptuk, hogy az attitűd affektív komponense erősebben jósol, mint a kognitív, és a konatív komponens nem prediktor. Ezen eredmények tükrében javaslatokat teszünk az erdészeti programok népszerűsítésére, mivel azok szemléletmódosító hatása bebizonyosodott.

erdei programok / élménypedagógia / fához kapcsolódó attitűd / döntési fa / jövőbeli fahasználat / Győr-Moson-Sopron Megye (Magyarország)

<https://doi.org/10.37045/aslh-2022-0009>

151–166. oldal: **A vörös iszap hatása a növényi növekedésre mesterséges talajkeverékekben – Heil Bálint, Heilig Dávid, Csanády Viktória, Berta Kinga, Kurdi Róbert, Fejes Róbert és Kovács Gábor**

Az emberiség egyik legnagyobb kihívása a jövőnk szempontjából, hogy gazdaságát a nyersanyagok fokozott körforgásos felhasználása felé alakítsa át, az erőforrás-felhasználást 'bolygóhatáron' belül tartva. Korábbi kutatásainkban olyan mesterséges talajkeverékeket sikerült előállítanunk, melyek szennyvíziszap hasznosításával kiválóan alkalmasak voltak degradált területek biológiai rekultivációjára. Most azt vizsgáltuk, hogyan tudjuk e körkörös gazdálkodási formába beilleszteni az egyébként hulladékként jelentkező vörösiszapot: 15% és 30%-os térfogat-arányú adagolása mellett jó megeredést és növekedést tapasztaltunk pusztaszil, nemesnyár, fehér akác fajokkal és sida energianövényvel. Eredményeink szerint érdemes ezt az olcsó, gazdaságilag és ökológiailag kedvező kombinált hulladékhasznosítási és bányahasznosítási technológiát működő üzleti környezetben tesztelni és alkalmazását teljes körű működésre növelni.

körforgásos gazdaság / hulladékgyártás / bányarekultiváció

<https://doi.org/10.37045/aslh-2022-0010>

AZ ACTA SILVATICA & LIGNARIA HUNGARICA 19. KÖTETÉBEN (1–2. SZÁM) MEGJELENT TANULMÁNYOK CÍMEI ÉS KIVONATAI

Az Erdészettudományi Közlemények és az Acta Silvatica & Lignaria Hungaria (ASLH) kölcsönösen közlik a másik folyóirat legutóbbi kötetében megjelent tanulmányok címeit és kivonatait. Ehelyett az ASLH 19. kötetének (1–2. szám) (2023) tartalmát mutatjuk be a megjelent írások címével és absztraktjával. A közlemények teljes terjedelmükben elérhetők és letölthetők a <http://aslh.nyme.hu> honlapról.

19. kötet 1. szám

9–20 oldal: **A faanyag színének változása száraz hőkezelés hatására 90 °C és 200 °C között – Preklet Edina, Tolvaj László, Tsuchikawa Satoru és Varga Dénes**

Száraz körülmények között végrehajtott termikus kezelés színváltoztató hatását vizsgáltuk akác (*Robinia pseudoacacia* L.), nyár (*Populus x euramericana* cv. *Pannonia*), erdei fenyő (*Pinus sylvestris* L.), lucfenyő (*Picea abies* Mill) és vörösfenyő (*Larix decidua* L.) faanyag esetében 90–200 °C hőmérséklet tartományban. A szín adatokat a CIE L*a*b* koordináta rendszerben adtuk meg és értékeltük. Az alkalmazott hőkezelések a faanyag színét, függetlenül az alkalmazott hőmérséklettől, a próbatestek teljes keresztmetszetében megváltoztatták. Alacsony hőmérsékleten az extrakt anyagtartalom volt meghatározó a színváltozásban. A hemicellulózok degradációs termékei határozták meg döntő mértékben a világosság változását 200 °C-on. A százalékosan megadott vörös színezetváltozás sokkal nagyobb mértékű volt, mint a sárga színezet és a világosság változása. A luc faanyaga mutatta a legnagyobb színezeti koordináta-változást (a*és b*) a vizsgált faanyagok közül. A vörös és a sárga színezet változása követte az Arrhenius törvényt a száraz termikus kezelések során mutatva, hogy ezeknek a paramétereknek a hőmérséklet függése exponenciális faanyag esetében

Arrhenius törvény / extrahálható anyagok / hemicellulózok / színezett dúság

<https://doi.org/10.37045/aslh-2023-0001>

21–35 oldal: **Különböző termőhelyeken nőtt akác (*Robinia pseudoacacia* L.) faanyagának alapvető jellemzői: áttekintés – Younis Fath Alrhmman Awad Ahmed, Govina James Kudjo, Seidu Haruna és Németh Róbert**

A cikk célja, hogy áttekintést nyújtson az Európa-szerte termesztett fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) alapvető jellemzőiről. A szakirodalmakat áttanulmányozva arra a következtetésre jutottunk, hogy az akác évgyűrűszélességét nagymértékben befolyásolta a levegő hőmérséklete és csapadék mennyisége. Ezenkívül a fény-, víz- és tápanyagellátottság befolyásolta a fa növekedését azáltal, hogy előbbiek intenzitásának növekedése csökkentette az edények átmérőjét és a területegységre jutó darabszámot. A Belgiumban termesztett akác faanyag térfogati (16%) és tangenciális zsugorodása magasabb (8,8%), és a rugalmassági modulus (15,700 MPa) jelentősen nagyobb a Lengyelországi

ból és Magyarországról származó faanyagokhoz képest. A Magyarországon nőtt akác faanyagok kései pásztaájában mért edényátmérők (70–140 μm) meghaladták a görögországi értékeket (24 μm). A fajtanemesítés eredményeként már természetesen lévő új akáklónok faanyagának mechanikai és fizikai jellemzőire vonatkozó ismeretek hiányosak, akárcsak a klímaváltozás hatásai. Az áttekintő cikk azt javasolja, hogy a jövőbeni kutatások során vizsgálják meg a különböző termőhelyekre telepített új fajták alapvető tulajdonságait.

klímaváltozás / *Robinia pseudoacacia* / környezeti tényezők / lombosfa

<https://doi.org/10.37045/aslh-2023-0002>

37–50 oldal: **Szimulált aszály és csapadék ingadozás hatása két szavannai faj csemetéinek növekedésére Szudánban: egy kísérleti felfedezés** – Elzaki Ismail A. E., Siddig Ahmed A. H., Yasin Emad H. E., Attaelmann Abdelmoniem A., Gadallah Nasradeen A. H., Hasoba Ahmed M. M., Nasrelddeen Mustafa A., Yagoub Yousif E. és Czímber Kornél

Az éghajlatváltozási forgatókönyvek szerint több régió, különösen a száraz területek a szubszaharai Afrikában, egyre szárazabbá válnak és ennek következtében a talajdegradáció is terjedni fog. A tanulmány célja a Hashab (*Acacia senegal*) és a Boabab (*Adansonia digitata*) két szárítási kezelésnek a csemetekerti körülmények közötti kialakulására és növekedésére gyakorolt hatásának vizsgálata. Egy 2×2 faktoriális kísérleten keresztül, amelyben magoncokat neveltünk homokos és iszapos talajkeverékben (2:3) öntözési intervallumokkal, amelyek 1 vagy 2 literes vízmennyiségeket kaptak minden 3. napon 14 hétig, hogy szimuláljuk a csapadék-ingadozásokat. A magoncok csírázási aránya, a levél- és a szár magassága, valamint átmérőjük hetente mérve lett, majd a hosszú gyökér, a hajtás és a gyökér száraz tömegeit értékeltük ki. Az eredmények azt mutatják, hogy egyik szárítási kezelés sem volt hatással az *A. senegal* és az *A. digitata* magoncok növekedési paramétereire. Azonban interakciós hatást találtunk az *A. senegal* magasságára és átmérőjére, valamint az *A. digitata* hajtás száraz tömegére. A tanulmány arra a következtetésre jutott, hogy mind az *A. senegal*, mind az *A. digitata* toleránsnak tűnik a szárítási kezeléssel szemben, ezért mindkét faj ajánlható az erdősítési programokhoz olyan területeken, ahol viszonylag szélsőségesebbek a körülmények. A jövőbeni vizsgálatok során érdemes volna a vizsgált fajok csemetéit hosszabb ideig (pl. 6–12 hónap) szimulált aszálynak kitenni.

***Acacia senegal* / *Adansonia digitata* / klímaváltozás / száraz területek / Szavanna / Szudán**

<https://doi.org/10.37045/aslh-2023-0003>

51–58 oldal: **Etnobotanikai tanulmány néhány bioenergiaként használt fajról Dél-Darfúr államban, Szudánban** – Ahmed Alnazeer A. M., Czupy Imre és Salih Nagwa K. M.

Jelen tanulmány célja az volt, hogy a biomassza jellemzői alapján jelentős etnobotanikai információkat nyújtson az energetikai célokra preferált helyi fafajokról. A felmérés rétegzett mintavételi technikával készült. A kérdőív a fogyasztókkal és a biomassza energiahasznosítási jellemzőivel kapcsolatos különböző kérdésekre terjedt ki. A leggyakrabban használt fafajoknál az energia, használati érték, hűségsszint és faktorinformátor konszenzust számoltuk. A legmagasabb használati értékek szerint

a válaszdók megemlítették, hogy a vizsgált területen az *Acacia mellifera* és a *Capparis decidua* a legfontosabb energiafafaj. A tartós égés a legkívánatosabb tulajdonság a téglagyártásnál, míg a pékségeken és a háztartásban a gyorsgyújtást részesítik előnyben. Ezért a vizsgálat eredményeit a kiválasztott fajok jellemzőinek további kutatásával és laboratóriumi ellenőrzésével kell megerősíteni. Annak érdekében, hogy beépítsék őket az energiaültetvényekbe és az agroerdészeti programokba, mint jövőbeli energiafajokat Szudánban.

etnobotanikai / biomassza / energiahasznosítás / fenntartó égés

<https://doi.org/10.37045/aslh-2023-0004>

19. kötet 2. szám

61–74 oldal: **A DAS modell újra paraméterezése az Országos Erdőállomány Adattár 2016–2021 közötti adatainak alapján: a vágáskor eloszlásokra vonatkozó új eredmények** – Kotték Péter, Király Éva, Merti Tamás és Borovics Attila

Cikkünkben bemutatjuk a DAS modellt (Distributions Applied on Stands model), mely egy erdőrésztlet alapú erdőállomány prognózis modell, amely alkalmas az élőfakészlet, a növedék, a kitermelt elő- és véghasználati fatérfogat és a szénmegkötés előrejelzésére erdőrésztlet szinten, valamint regionális és országos szinten is. A modell az Országos Erdőállomány Adattár adatait használja. Alkalmas térben explicit input-paraméterek fogadására (pl. klímaváltozási előrejelzések) és az eredmények térképi megjelenítésre is, így azok térinformatikai szoftverekkel feldolgozhatóak. A modell kb. 600 ezer erdőrésztlet és 1,2 millió fajfajsort adatait kezeli. A szabályzó paramétersorok a referencia-időszak ténylegesen tapasztalt folyamatainak alapulnak: a modellben valós vágáskor-eloszlások és valós felújítási viszonyok működnek, azaz a modell historikus adatokból levezetett véghasználati- és felújítási mátrixokat használ. A modell újra paraméterezése a 2016-2021 időszak historikus adatainak felhasználásával jelenleg zajlik az ErdőLab projekt (TKP2021-NKTA-43) keretében. Cikkünkben ismertetjük a véghasználati hozami terület arányok eloszlásának funkcióját a modellezési folyamatban és a véghasználatra kerülő terület meghatározásában. Emellett bemutatjuk a 2016-2021-es időszak vágáskor eloszlásaira vonatkozó legfrissebb vizsgálatunkat, és a modell újra paraméterezéséhez használt új fajfaj- és fatermési osztály specifikus véghasználati mátrixok előállításának során elvégzett munkát.

vágáskor / véghasználati hozami terület arány / véghasználati mátrix / erdőállomány prognózis / klímaváltozás / szénmegkötés

<https://doi.org/10.37045/aslh-2023-0005>

75–85 oldal: **Összehasonlító mikromorfológiai vizsgálatok a *Quercus robur* L. subsp. *robur* és *Quercus robur* L. subsp. *pedunculiflora* (K. Koch) Menitsky levélfonákán** – Hegedűs Ivett Margit, Bordács Sándor és Bartha Dénes

Pásztázó-elektronmikroszkópos felvételeken mikromorfológiai méréseket végeztünk a kocsányos tölgy és a szürke tölgy taxonok összehasonlítása céljából. A vizsgálatokhoz egy magyarországi kocsányos tölgy populációt és egy romániai szürke tölgy populációt választottunk ki. Ezekből a popu-

lációkból 100 év feletti fákat véletlenszerűen választottunk, hogy megvizsgáljuk a két taxon között a különbségeket a levelek mikromorfológiai karakterisztikája alapján. Legfőképpen a szőrözöttség-re fordítottunk figyelmet, mert a szőrözöttség megfigyelése a gyakorlatban is alkalmazható. E két taxonon eltérő szőrtípusokat figyeltünk meg, méréseink alapján különbséget találtunk a szőrkarok hosszában és a sztómák méreteiben. A csillagszőrök és a nyalábszőrök a kocsányos tölgy levelek abaxiális oldaláról hiányoztak, ellenben a szürke tölgy levelek fonákán megfigyeltük őket. A kocsányos tölgy levélfonákán a fedőszőrök átlagos hossza 49,45 μm volt, a szürke tölgy esetében átlagban a 61,96 μm -t értek el. A kocsányos tölgyön a sztómák felülete átlagosan 513,09 μm^2 érte el, míg a szürke tölgyön ez az érték 440,28 μm^2 volt. A viaszréteg típusát viszont azonosnak találtuk. A két populáció összehasonlítása során megállapítottuk, hogy a kis mintaszám ellenére a két taxon a trichómák típusa alapján megkülönböztethető egymástól, és véleményünk szerint ez a bélyeg az erdészeti gyakorlatban is alkalmazható.

kocsányos tölgy / szürke tölgy / trichóma / sztóma / viaszréteg /SEM

<https://doi.org/10.37045/aslh-2023-0006>

87–114 oldal: **Egyetemi hallgatók bizonytalan attitűdjei a fával, faanyagokkal, erdőgazdálkodással, fakitermeléssel, fatermekkel és fenntartható erdőgazdálkodással kapcsolatban a keleti és nyugati kultúrákban: összehasonlító tanulmány India és Magyarország között – Fekete István, Banerjee Jayanta, De Suddhasanta és Nmar-Kendöl Jutka**

Óriási bizonytalanság tapasztalható a fa alapanyagként való felhasználásával kapcsolatos attitűdökben: egyrészt a fakitermelés- és fakivágás-ellenes propaganda, másrészt a fahasználat propagálása áll szemben egymással. Arra voltunk kíváncsiak, hogy mi a különbség a fáról, a faanyagról és a fenntartható erdőgazdálkodásról való gondolkodásban két különböző kultúra, India és Magyarország között. Kérdőíves felmérésünk eredményei azt mutatják, hogy Indiában sokkal fontosabbnak tartják a fenntartható erdőgazdálkodást, mint Magyarországon, valamint az, hogy Indiában (40%) elterjedtebb a környezeti nevelés, mint Magyarországon (19%). Mindkét országban több mint 30%-uk nem tervezi a fához kapcsolódó hagyományok vagy szokások megtartását, ami azt sugallja, hogy a fával kapcsolatos hagyományokat meg kell erősíteni. Az indiai hallgatók úgy gondolják, hogy a fát a magyarokhoz képest nem szabad tovább széles körben használni. Megállapítottuk továbbá, hogy Magyarországon elterjedtebb a fakitermelés-ellenes propaganda (85%), mint Indiában (62%), és hogy csökkenő tendenciát mutat a faeszközök következő generációnak való átadásának szándéka. Ez utóbbi a klímavédelemhez hozzájáruló szénmegkötés és széntárolás szempontjából fontos. Ezek az eredmények azt sugallják, hogy a környezeti nevelés részeként mindkét országban erősíteni kell a fával kapcsolatos hagyományok és szokások megőrzését.

fa / faalapanyag felhasználása / fához kapcsolódó attitűdök / fenntartható erdőgazdálkodás

<https://doi.org/10.37045/aslh-2023-0007>



Hangyacsapdázás

A képen látható Chauvin-csapda a hangyák zsákmányspektrumának vizsgálatára alkalmas. A rendszert Rémy Chauvin fejlesztette ki 1966-ban. Működésének lényege, hogy az erdei vöröshangya fészkek ideiglenesen elkerítésre kerülnek, így a közlekedő hangyák kizárólag az általunk megszabott útvonalon tudnak ki- és bejutni. A boly felé tartó, kijelölt útvonal végén egy olyan sötét dobozba esnek, amelyen kis átmérőjű lyukak találhatóak, így csak úgy tudnak kijutni, ha zsákmányaikat hátra hagyják, amik így a dobozban maradnak.

Fotó Paulin Márton, szöveg: Fürjes-Mikó Ágnes (SOE ERTI)



A bükkös-mikrobióta

A bükkösök fajgazdag mikrobiótájában generalista és specialista gombafajok egyaránt előfordulnak. Az egyéves, puha húsú gyantás kérgestapló (*Ischnoderma resinosum* – felül) – bár hárson és nyíren való előfordulása is ismert – leggyakrabban vastag, korhadó bükk törzseken fejlődik. A fekete-szegélyű kígyógomba (*Mycena pelianthina* – középen) tipikus bükkavarbontó. Az édeskés tejelőgomba (*Lactarius subdulcis* – alul) a bükk mikorrhizás faja.

Fotó és szöveg: Siller Irén (nyugdíjas)

TARTALOMJEGYZÉK

(folytatás a hátsó borítóról)

13. évfolyam 2. szám

- 77 *Kollár Tamás*
Csertölgy (*Quercus cerris*) állományok fatermési függvénye és táblája az ERTI tartamkísérleti hálózatának adatbázisa alapján
- 103 *Sélei Dániel, Tóth Viktória és Winkler Dániel*
Holtfa mikroélőhelyek ugróvillás-közösségeinek vizsgálata
- 123 *Horváth Dénes és Fehér Sándor*
Gyenge minőségű tölgy rönkökből készült lamellák kihozatali eredményei
- 131 *Eötvös Csaba Béla, Tóth Máté, Hirka Anikó, Fűrjes-Mikó Ágnes, Gáspár Csaba, Paulin Márton, Lakatos Ferenc és Csóka György*
A tölgy-csipkésposzka [*Corythucha arcuata* (Say, 1832)] rövid távú terjedését befolyásoló tényezők tölgyeseinkben
- 145 **Az Acta Silvatica & Lignaria Hungarica 18. és 19. évfolyamában (1–2. szám) megjelent tanulmányok címei és kivonatai**

A kéziratok formai követelményeire vonatkozó részletes útmutató a www.ertudkoz.hu honlapról letölthető.

A kéziratokat kizárólag elektronikus formában a szerkesztoseg@ertudkoz.hu e-mail címre kérjük.

TARTALOMJEGYZÉK

13. évfolyam 1. szám

- 5 *Eötvös Csaba Béla, Hirka Anikó, Gimesi László, Lövei Gábor, Gáspár Csaba és Csóka György*
A tavaszi hernyóbiomassza becslése lombdőkben hosszú távú fénycsapda adatsorok alapján – mit fognak enni az énekesmadár-fiókák?
- 21 *Dredor Dominik és Szmatona-Túri Tünde*
A hazai erdészeti mikorrhizakutatás és eredményei – szakirodalmi áttekintés
- 35 *Fodor Panni és Mertl Tamás*
A közönséges gyertyán (*Carpinus betulus* L.) jelenlegi helyzete és potenciálja az erdészetben és faiparban
- 55 *Szmorad Ferenc és Standovár Tibor*
Az erdei vadhatás és a természetes újulat térségi szintű vizsgálata az Északi-középhegységben

A 2. szám tartalomjegyzéke a hátsó borító belső oldalán található.

English table of contents can be found on page 4.

www.ertudkoz.hu

HU ISSN 2062-6711



9 772062 671009