



Erdészettudományi Közlemények

4. évfolyam 1. szám 2014

Az Erdészeti Tudományos Intézet és a Nyugat-magyarországi Egyetem
Erdőmérnöki Karának tudományos lapja





Csíkos pohárgomba

Jellegzetes megjelenésű kezdetben zárt, majd felnyíló termőtestet fejleszt a csíkos pohárgomba (*Cyathus striatus*), amelynek belsejében spórákat tartalmazó lencseszerű peridiolák találhatóak. Hazánkban gyakori szaprotróf gombafaj, amelynek termőteste gyakran seregesen jelennek meg.

Fotó és szöveg: Papp Viktor

Erdészettudományi Közlemények

4. évfolyam 1. szám



2014

Főszerkesztő:

Csóka György (NAIK ERTI)

Helyettes főszerkesztő:

Lakatos Ferenc (NYME EMK)

Technikai szerkesztő:

Király Gergely (NYME EMK)

A szerkesztőbizottság társelnökei:

Borovics Attila (NAIK ERTI) és Náhlik András (NYME EMK)

A szerkesztőbizottság tagjai:

Albert Levente (NYME EMK)

Duska József (MEGOSZ)

Führer Ernő (NAIK ERTI)

Göbölös Péter (Gyulaj ZRT)

Gribovszki Zoltán (NYME EMK)

Kolozs László (MGSZH EI)

Kovács Gábor (NYME EMK)

Sárvári János (MEGOSZ)

Szabados Ildikó (FM)

Szepesi András (FM)

Felelős kiadó:

Borovics Attila

NAIK – Erdészeti Tudományos Intézet

9600 Sárvár, Várkerület 30/A

Címlapterv:

Griffes Grafikai Stúdió

4027 Debrecen, Ibolya u. 8. III/10.

www.griffes.hu

Címlapkép:

Többkorú szálalócsoport a Roth Emlékerdőben.

Az idős állomány védelmében négygenerációs újulat (18, 14, 9, 3 év) található. A lombkoronák nemcsak az újulat védelmét, de a törzsek részleges árnyékolását is biztosítják. (© Frank Norbert)

ISSN 2062-6711

A kiadvány a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 projekt pályázat támogatásával valósult meg

Nyomdai munkák:

Pátria Nyomda Zrt.

Felelős vezető: Orgován Katalin vezérigazgató

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Bartha Dénes, Korda Márton, Kovács Gábor és Timár Gábor:</i> A potenciális természetes erdőtársulások és az aktuális faállománytípusok összevetése országos szinten	7
<i>Csiszár Ágnes, Korda Márton, Zagyvai Gergely, Winkler Dániel, Tiborcz Viktor, Süle Péter, Šporčić Dean, Naár Dénes és Bartha Dénes:</i> Gyertyános-tölgyesben kialakított lékek újulatának vizsgálata a Soproni-hegység területén	23
<i>Molnár Dénes, Folcz Ádám, Frank Norbert és Király Gergely:</i> Összefüggések egy szálalóvágással kezelt szubmontán bükkös állományszerkezete, gypesztintje és nagygomba-fajkészlete között	37
<i>Silnicki Ádám, Zagyvai Gergely és Bartha Dénes:</i> Összehasonlító vizsgálatok a magyar kőris (<i>Fraxinus angustifolia</i> subsp. <i>danubialis</i>) és a magas kőris (<i>Fraxinus excelsior</i>) generatív szervein	47
<i>Rédei Károly, Rásó János, Keserű Zsolt és Juhász János</i> Homoki szürke nyár elegyes akácok fatermése: esettanulmány	63
<i>Frank Norbert, Fülöp Tamás és Folcz Ádám:</i> Fatérfogat tarifa-tábla ezüsthársas-bükkös állományokra	73
<i>Salamon-Albert Éva, Lőrincz Péter és Csiszár Ágnes:</i> A fásszárú újulat ökofiziológiai válaszai cseres-tölgyes lék-regenerációja során	83
<i>Király Éva és Kottek Péter:</i> A hazai faipari termékekben tárolt szén mennyiségének és készletváltozásának becslése a 2013 IPCC Supplementary Guidance módszertana alapján	95
<i>Horváth-Szováti Erika és Vágvölgyi Andrea:</i> Az energetikai faültetvények hozamának vizsgálata	109
<i>Péterfalvi József, Primusz Péter, Markó Gergely, Kisfaludi Balázs és Kosztka Miklós:</i> Mésszel stabilizált földmű hatásainak vizsgálata egy kísérleti útszakaszon	119
<i>Kisfaludi Balázs:</i> Erdészeti utak forgalmának meghatározása kamerás megfigyeléssel	135
<i>Bazsó Tamás, Primusz Péter és Németh Márk:</i> A TruPulse lézeres távolságmérő alkalmazhatósága erdészeti térképezési feladatokra	147
<i>Molnár Miklós:</i> A siska nádtippán (<i>Calamagrostis epigeios</i>) erdőgazdasági jelentőségének vizsgálata kérdőíves módszerrel	159



Andrési Dániel és Lakatos Ferenc:

Futóbogár-együttesek vizsgálata egy Balaton-felvidéki mesterségesen kialakított lékben 171

Horváth Bálint és Lakatos Ferenc:

Éjszakai nagylepkék diverzitásának vizsgálata különböző korú gyertyános-kocsánytalan tölgyes erdőállományokban 185

Nagy Gábor, Ács Kornél, Cservincsik Ágnes, Varga Gyula és Sugár László:

A sertés buzogányfejű férgének előfordulása dunántúli vaddisznóállományokban egyes környezeti tényezők függvényében 197

Az Acta Silvatica & Lignaria Hungarica 9. kötetében (2013) megjelent tanulmányok címei és kivonatai 207

CONTENTS

<i>Dénes Bartha, Márton Korda, Gábor Kovács and Gábor Timár:</i> Nationwide comparison of potential natural forest communities and current forest stands	7
<i>Ágnes Csiszár, Márton Korda, Gergely Zagyvai, Dániel Winkler, Viktor Tiborc, Péter Süle, Dean Šporčić, Dénes Naár and Dénes Bartha:</i> Study on woody regrowth in sessile oak-hornbeam forest gaps in Sopron Hills	23
<i>Dénes Molnár, Ádám Folcz, Norbert Frank and Gergely Király:</i> Correlation between stand structure, understory vegetation and macrofungi in a submontane beech selection forest stand	37
<i>Ádám Silnicki, Gergely Zagyvai and Dénes Bartha:</i> Comparative surveys on generative organs of Hungarian ash (<i>Fraxinus angustifolia</i> subsp. <i>danubialis</i>) and common ash (<i>Fraxinus excelsior</i>)	47
<i>Károly Rédei, János Rásó, Zsolt Keserű and János Juhász:</i> Yield of black locust (<i>Robinia pseudoacacia</i>) stands mixed with grey poplar (<i>Populus × canescens</i>): a case study	63
<i>Norbert Frank, Tamás Fülöp and Ádám Folcz:</i> Volume-tariff table for silver lime – European beech stands	73
<i>Éva Salamon-Albert, Péter Lőrincz and Ágnes Csiszár:</i> Ecophysiological responses of woody regrowth under gap-phase regeneration in Turkey oak – sessile oak forests	83
<i>Éva Király and Péter Kottek:</i> Estimation of the stocks and stock change of the Hungarian harvested wood product pool using the methodology of 2013 IPCC Supplementary Guidance	95
<i>Erika Horváth-Szováti and Andrea Vágvölgyi:</i> Analysis yields of energy plantations	109
<i>József Péterfalvi, Péter Primusz, Gergely Markó, Balázs Kisfaludi and Miklós Kosztká:</i> Testing of subgrade stabilized with lime on an experimental road section	119
<i>Balázs Kisfaludi:</i> Determining forest road traffic by camera surveillance	135
<i>Tamás Bazsó, Péter Primusz and Márk Németh:</i> The application of TruPulse laser ranger for forestry surveying	147



Miklós Molnár:

Significance of wood small-reed (*Calamagrostis epigeios*) in Hungarian silviculture by questionnaire survey 159

Dániel Andrési and Ferenc Lakatos:

Investigations of ground beetle assemblages in an artificial gap of Balaton Uplands (Hungary) 171

Bálint Horváth and Ferenc Lakatos:

Study on the diversity of nocturnal Macrolepidoptera communities in different age sessile oak – hornbeam forests 185

Gábor Nagy, Kornél Ács, Ágnes Csivincsik, Gyula Varga and László Sugár:

The occurrence of thorny-headed worm *Macracanthorhynchus hirudinaceus* in Transdanubian wild boar populations in relation to certain environmental factors 197

Titles and abstracts of papers published in the 9th volume (2013) of the Acta Silvatica & Lignaria Hungarica 207

A POTENCIÁLIS TERMÉSZETES ERDŐTÁRSULÁSOK ÉS AZ AKTUÁLIS FAÁLLOMÁNYTÍPUSOK ÖSSZEVETÉSE ORSZÁGOS SZINTEN

Bartha Dénes¹, Korda Márton¹, Kovács Gábor¹ és Tímár Gábor²

¹Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

²Heves Megyei Kormányhivatal Erdészeti Igazgatósága

Kivonat

A közlemény az Országos Erdőállomány Adattárban szereplő (a 2012. január 1-jei állapot szerint) összes erdőrésztletet felhasználó, országos léptékű elemzés eredményeit adja közre. Az elemzés során a termőhelyi adatokra alapozva az összes erdőrésztletre megállapítottuk a potenciális természetes erdőtársulás-csoportokat. Az így kapott eredményeket összevetettük az erdőrésztletekben jelenleg megtalálható faállománytípusokkal. Az összehasonlítás eredményeként országos léptékben rálátást nyertünk a hazai potenciális természetes erdőtársulás-csoportok és az aktuális faállománytípusok viszonyára. A dolgozat kísérletet tesz a kapott eredmények termőhelyi és tájhasználati okainak feltárására is.

Kulcsszavak: potenciális természetes erdőtársulás-csoport, aktuális faállomány-típus, átalakítottság, idegenhonos fafajok

NATIONWIDE COMPARISON OF POTENTIAL NATURAL FOREST COMMUNITIES AND CURRENT FOREST STANDS

Abstract

Results of nationwide analysis of Hungarian Forest Stand Database (date 01. 01. 2012.) have been presented in this publication. We defined the potential natural forest communities of all forest compartments by the method of site evaluation. Comparison of potential natural forest communities and current forest stands makes it possible the analyses of relationship between the potential and current forest communities nationwide. This study makes an attempt to discover the background of current forest communities surveying the site conditions and former landscape use of forest compartments.

Keywords: potential natural forest communities, current forest stands, rate of transformation, alien tree species

BEVEZETÉS

Magyarország rekonstruált természetes növénytakarójáról, így a természetes erdőtársulás-csoportok területfoglalásáról is viszonylag pontos képet kapunk Jakucs (1981) és Zólyomi (1989) műveiből. E tanulmányokban az ember által meg nem változtatott, úgynevezett eredeti termőhelyekhez rendelték a rekonstruált természetes növénytársulás-csoportokat, azaz arra a kérdésre adnak választ, hogy az ember jelenléte és

Levelező szerző/Correspondence:

Korda Márton, 9400 Sopron, Ady E. u. 5.; email: korda.marton@gmail.com



hatása nélkül milyen természetes vegetáció fedné az ország területét. A természet szerű faállományokkal borított erdőterületeink erdőtársulás-csoportonkénti megoszlásáról, illetve a természetes növényzetben elfoglalt területükhöz viszonyított arányairól Bartha (2001), ill. Bartha és Esztó (2001) munkái alapján tájékozódhatunk. Az Erdőrezervátum Program keretében Bölöni (2001) végzett az Országos Erdőállomány Adattárra alapozott, erdőrésztlet szintű elemzést, mely hazánk legnagyobb kiterjedésű és legjelentősebb erdőtársulásainak akkori (2001) aktuális térfoglalását mutatta be országos léptékben.

Ezek alapján kijelenthető, hogy az aktuális területfoglalásukat tekintve a legjelentősebb erdőtársulás-csoportok esetében is több mint tízéves adatokkal rendelkezünk, számos társulás esetében csak közelítő becslések ismertek. Tanulmányunk elsődleges célja, hogy ezt a hiányt pótolja, továbbá tájékoztatást adjon arról is, hogy a potenciális természetes erdőtársulás-csoportok helyén aktuálisan milyen faállományok találhatóak.

CÉLKITŰZÉS

Dolgozatunk célja, hogy az Országos Erdőállomány Adattárban szereplő, faállománnyal borított (a felújításokat is beleértve) összes erdőrésztlet esetében, a termőhelyi adatokra alapozva meghatározzuk a potenciális természetes erdőtársulás-csoportot, és az így kapott eredményeket összevessük az aktuális faállomány-típussal. Mindezek eredményeként országos léptékben rálátást nyerünk a hazai potenciális természetes erdőtársulás-csoportok, és az aktuális faállomány-típusok viszonyára. Az elemzéssel szeretnénk választ kapni arra az alapvető kérdésre, miszerint a jelenleg faállománnyal borított területeken milyen arányban vannak jelen a termőhelynek megfelelő potenciális természetes erdőtársulás-csoportok és hány százalékukat foglalják el más faállományok, azaz mekkora az átalakítottság mértéke.

Hangsúlyozandó tehát, hogy vizsgálatunk csak a jelenleg is faállománnyal borított területeket érinti, a teljes potenciális erdőterületre nem terjed ki.

A jelenlegi elemzési adatok nem veszik figyelembe még a klímaváltozásból, a felmelegedésből származó módosulásokat, amelyek a potenciális természetes erdőtársulás-csoportok elterjedési határait is megváltoztathatják.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az elemzéseink alapját képező erdőrésztlet szintű adatok az Országos Erdőállomány Adattárból – ismerve annak korlátai – származnak, eredményeink a 2012. január 1-jei állapotokat tükrözik. Abban a kérdésben, hogy a rendelkezésünkre álló adatok alapján melyik természetes vegetációállapotot tudjuk a legkevesebb hibával terhelve meghatározni, Bartha (2005) munkája alapján döntöttünk. Ennek értelmében célunknak a potenciális természetes vegetáció felel meg leginkább, mert (szemben az eredeti, illetve a rekonstruált természetes vegetációval) ez a vegetációállapot a jelenlegi termőhelyi adottságokra alapoz, és nem hagyja figyelmen kívül az antropogén hatásokat sem. Ebből kifolyólag leginkább ennek van gyakorlati jelentősége

Az elemzéshez az egyes erdőrésztletek termőhelyre (klíma, hidrológia, genetikai talajtípus, termőréteg-vastagság, fizikai talajféleség), illetve faállomány-típusra vonatkozó adatait vettük figyelembe. Az adott erdőrésztletre vonatkozó termőhelytípus-változathoz tartozó potenciális természetes erdőtársulás-csoportok (PTE) döntő többségét „Az egyes termőhelytípus-változatokon alkalmazható célállományok” című útmutatóból (ÁESZ 2005) vettük át, mely a készítőik terepi tapasztalatait tükrözi. A ritkább termőhelyi kombinációkhoz tartozó potenciális természetes erdőtársulás-csoportokat, melyek a fenti útmutatóban nem szerepeltek, Bartha és mtsai (2005) munkája nyomán soroltuk be. Egy termőhelytípus-változat nem minden esetben párosítható egyértelműen egy PTE-vel. Az útmutató 47 esetben 3 féle, 246 esetben 2 féle PTE-t ad meg egy

termőhelytípus-változathoz. Ezek területét (egyéb információ hiányában) egyenlő arányban osztottuk szét a PTE-k között. Abban az esetben, ha egy termőhelytípus-változathoz egy PTE csak bizonyos (egyéb paraméterekkel jellemezhető) körülmények között társítható, az az útmutatóban zárójelben szerepel. Ilyen különösen a szélsőséges erdő-termőhelyek esetében állhat fenn. Ezeket a zárójeles PTE-eket az elemzésből kihagytuk (összesen 91 esetben).

Az eredmények értelmezését illetően nagyon fontos szem előtt tartani, hogy az alapadatok (a termőhelytípus-változat, és az aktuális faállománytípus) erdőrészeslet léptékű információ. Ez 0,1 – 100 ha-os, országos átlagban ~5,0 ha-os térbeli felbontást jelent. A termőhely – különösen hegyvidéken – ennél jóval mozaikosabb lehet, így a jellemzően kisebb kiterjedésű termőhelytípus-változatok és az azokhoz tartozó PTE-k (pl. szikladomborzatú erdők, mészkőrű erdők, bokorerdők) egy ilyen adatbázisban rosszul reprezentáltak.

A faállomány-típusok esetében az Erdőrendezési Útmutató, és annak Kódjegyzéke és Mellékletei (ÁESZ 2004) beosztását (26. sz. kódjegyzék) tekintettük iránymutatónak. Az itt felsorolt 23 faállománytípus-csoport közül csak 17 kategóriát tartottunk meg, a kisebb jelentőségűeket (gyertyánosok, juharosok, kőrisesek, égeresek, hársasok, nyíresek) a megfelelő „egyéb” kategóriák alá vontuk. Az elemzésben a kódjegyzék által az elegyfajok aránya alapján elkülönített típusokra külön-külön nem térünk ki.

Hazánk potenciális természetes erdőtársulás-csoportjainak tekintetében szintén az Erdőrendezési Útmutató, annak Kódjegyzéke és Mellékletei (ÁESZ 2004) (52. sz. kódjegyzék) volt az irányadó. Az elemzésbe a hazánkban fragmentálisan jelen lévő mészkőrű fenyvest, mészkedvelő fenyvest és homoki erdeifenyvest nem vontuk be. Az értékelés során minden erdőtársulás-csoport esetében megadtuk a potenciális termőhelyének kiterjedését hektárban, az e termőhelyeken álló fontosabb, aktuális faállomány-típusok százalékos területarányát, továbbá a termőhelyen álló idegenhonos fafajú faállományok százalékos kiterjedését.

A potenciális természetes erdőtársulás (definíciója szerint) nem csak az aktuális erdőkre értelmezhető. Sok szempontból igen érdekes lenne egy hasonló elemzést az ország teljes területére elvégezni, így pl. a jelenlegi szántók, gyepes erdőkhez való viszonyáról (egykori erdősültségéről, jelenlegi erdősíthetőségéről), a természetes erdőtársulások területének lehetséges növeléséről is képet alkothatnánk. Ennek legnagyobb gátja az adatok hiánya, illetve hozzáférhetősége: az elemzéshez szükséges mélységű és térbeli felbontású információ egyelőre csak az erdőkre érhető el.

Az átalakítottságra vonatkozó elemzéseinkben az egyéb kemény (6,8%) és lágy (4,5%) lombosokat, az állományokat alkotó fafajok ismeretének hiánya miatt nem vettük figyelembe.

Annak megítélésében, hogy az adott termőhelytípus-változat természetközeli erdő termőhely-e, az Erdőrendezési Útmutató (ÁESZ 2004) definícióit vettük alapul:

„Természetközeli erdők termőhelyei: Azok a termőhelytípusok, amelyeken természetes vagy természetközeli erdőtársulások lehetnek, függetlenül attól, hogy jelenleg milyen erdő borítja azokat.”

„Nem természetközeli erdők termőhelyei: Azok a termőhelytípusok, amelyek az eredeti, illetve a megváltozott természeti feltételek miatt természetes erdőtársulással nem jellemezhetők, rajtuk természetközeli erdőgazdálkodást folytatni nem lehet.”

Utóbbi csoportba tartoznak pl. a homoki gyepesek, a sziki fátlan növénytársulások termőhelyére ültetett mesterséges faállományok (akár tájhoz hasonló fafajok esetén is).

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Elemzésünk részletes adatait az 1. táblázat tartalmazza. A mátrixban az összes tárgyalt potenciális természetes erdőtársulás-csoport esetén feltüntettük a jelenleg faállománnyal borított termőhelyekből való potenciális részesedést, illetve azt, hogy ezeken a területeken aktuálisan milyen faállományok állnak.



Az Országos Erdőállomány Adattár alapján hazánkban jelenleg 1.927.702 ha területet borítanak faállományok, ez az ország területének 20,7%-a. Faállományaink 90,5%-a (1.745.379 ha) természetközeli erdő-termőhelyen, míg 8,2%-a (158.867 ha) nem természetközeli erdő-termőhelyen áll. A fennmaradó 1,3% (23.451 ha) az adatlapon szereplő termőhelyi tényezők kombinációja alapján nem azonosítható be egyértelműen, vélhetően itt a leíró lapon elírás vagy helytelen termőhely-meghatározás lehet.

Az eredmények ismertetését a továbbiakban a potenciális természetes erdőtársulás-csoportonként végezzük. A szöveges értékelésben nem térünk ki minden adatra, csak a legfontosabbakat emeljük ki, a részletes adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

Klímaazonális erdőtársulás-csoportok:

Általános jellemzőjük, hogy potenciális termőhelyük a termőhelyi paraméterekkel jól jellemezhető, az állományok kiterjedése nagy (még extrazonális helyzetben is).

Hegy- és dombvidéki bükkösök: Potenciálisan 129.702 ha-on állhatnának bükkösök, aktuálisan ezeknek a termőhelyeknek 70,6%-án fordul elő bükkállomány. A fennmaradó területeken jelentősebb kiterjedésben találjuk a gyertyános-kocsánytalan tölgyeseket (4,9%), a kocsánytalan tölgyeseket (2,9%), a csereseket (3,0%), az egyéb kemény lombosokat (8,2%) és a lucfenyveseket (2,8%). Bükkös termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 6,2%-ban vannak. A domb- és hegyvidéki termőhelyeink közül a legkevésbé átalakított, illetve átalakult termőhelyek, a közethatású és a barna erdőtalajok vonatkozásában is. Ugyanakkor a bükk potenciális térfoglalása miatt a felújítás gazdasági értelemben is kedvező. A tölgyesek elsősorban a szárazabb, meredekebb oldalakon, míg a lucosok a kedvezőbb vízellátottságú keleti és északi oldalakon, valamint a völgyekben találhatóak.

Gyertyános-kocsányos tölgyesek: Potenciálisan 156.667 ha a gyertyános-kocsányos tölgyesek területe, de aktuálisan ennek kevesebb, mint 9%-án találunk ilyen állományt. A legnagyobb arányban (23,0%) elegyetlen kocsányos tölgyesek, egyéb lágy lombosok (20,0%) és erdeifenyvesek (17,8%) állnak. Jelentős még az akácok (8,5%), az egyéb kemény lombosok (7,6%) és a cseresek (3,5%) területfoglalása is. Gyertyános-kocsányos tölgyes termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 31,0%-ban vannak. Termőhelyük az aktuális erdőterületen kívül nehezen lokalizálható, erősen átalakított, jelentős részben más művelési ágban áll. A gyertyános-kocsányos tölgyes termőhelyek leginkább a síkvidéki, időszakos, állandó vagy változó hidrológiájú termőhelyeken jelentek meg, ahol a kocsányos tölgy számára szükséges többletvíz rendelkezésre állt. Az elmúlt évtizedek tájgazdálkodása, vízrendezése (vízelvezetése) eredményezte a biztonságosabb mezőgazdálkodást és ennek eredményeképpen a területek szárazabbá válását. Másrészt az egyszintes erdők kezelését, fenntartását kedvezőbb gazdasági feltételek mellett lehetett elvégezni, ami a kétszintes állományok háttérbe szorítását eredményezte. A változó hidrológiájú termőhelyeken, tápanyag szegény, savanyú feltalajú termőhelyeken a fenyvesítés adott lehetőséget a gyors erdőfelújításra, ezért is növekedhetett jelentősen területarányuk. Az akácok megjelenése elsősorban a magánerdő-gazdálkodásban a termőhelyek szárazabbá válását, adott termőhelyi feltételek mellett a várható nagyobb gazdasági bevétel indukálta.

Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek: A jelenlegi erdőtakarón belül a legnagyobb kiterjedésű PTE: potenciálisan 422.556 ha-t foglalhatnának el a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek. Aktuálisan ennek csak 13,3%-án vannak ilyen állományok. A maradék területet az őshonos fafajok közül a legnagyobb arányban cseresek (20,5%) és elegyetlen kocsánytalan tölgyesek (13,4%) borítják. Előbbiek részben az erdőgazdálkodással átalakított, részben határhelyzetű állományok, utóbbiak egy része természetszerűnek mondható (gyertyánt természetesen is kis mennyiségben tartalmazó) állomány. Az akácok területe a hegyvidéki, természetszerű PTE-k között itt a legnagyobb, aránya is igen jelentős (18,7%). Számottevő még az egyéb kemény lombosok (9,4%) és az erdeifenyvesek (6,7%) térfoglalása is. Gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 29,0%-ban vannak, melyből 9,6% kultúrfenyves. Termőhelyük nagymértékben

erdősült. A domb- és hegyvidéki termőhelyek közül a legnagyobb területi kiterjedéssel rendelkező gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyek faállományai mutatják leginkább az erdőgazdálkodásban bekövetkezett változásokat. A mintegy 80.000 ha cseres, illetve akácos faállományok jelzik, hogy az erdőgazdálkodásban az erdőművelési költségeket jelentősen növeli a kétszintes állományok kezelése és fenntartása. Ugyanakkor azt várnánk, hogy a szárazabb, kedvezőtlenebb átmeneti termőhelyeken találjuk leginkább a potenciális erdőtar-sulástól eltérő faállományokat, azonban ez valamennyi termőhelytípusra egyaránt érvényes. Ezt mutatja az is, hogy a mély termőrétégű, vályog fizikai féleségű agyagbemosódásos barna erdőtalajokon mintegy 25.000 ha akácos áll.

Cseres-kocsányos tölgyesek: Földrajzilag jól lokalizálható PTE. Potenciálisan 11.736 ha-on állhatná-nak cseres-kocsányos tölgyesek, aktuálisan ennek mintegy 22,0%-án találunk cseres állományt. A termőhely fennmaradó területein legnagyobb arányban akácosok (34,4%) és erdeifenyvesek (24,2%) állnak. Jelentős még az elegyetlen kocsányos tölgyesek (12,4%) területfoglalása is. Cseres-kocsányos tölgyes termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 60,0%-ban vannak. A tájhoz fűződő erdők összetételi, szerkezeti és termőhelyi szempontból is erősen kiélték. A cseres-kocsányos tölgyesekre hasonló mondható el, mint a gyer-tyános-kocsányos tölgyesekre, mivel itt ugyancsak a kocsányos tölgy elterjedésében meghatározó a talajvíz, illetve a felületen összefutó többletvizek szerepe. Termőhelyük nagy részét lecsapolták, vagy vízelvezetéssel, vízrendezéssel a termőhelyeket leszárították, amelyek gyakran a többletvízhatástól függetlenné váltak. Ezek a termőhelyek, elsősorban a szárazabb klímadottságok miatt, síkvidéki mivoltukból következően kedveztek a könnyebben felújítható, illetve ültethető fafajoknak, mint az akác vagy az erdeifenyő.

Cseres-kocsánytalan tölgyesek: Potenciálisan 217.944 ha-on fordulhatnának elő cseres-kocsánytalan tölgyesek, aktuálisan ennek mintegy 35,0%-án áll cseres, 10,4%-án kocsánytalan tölgyes állomány. A fennma-radó terület legnagyobb részét akácosok (30,6%) teszik ki, arányuk a hegy- és dombvidéki PTE-k között itt a legnagyobb! Jelentős az erdeifenyvesek területfoglalása is (7,9%). Cseres-kocsánytalan tölgyes termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 41,6%-ban vannak. Termőhelyük erdősültsége közepes.

A cseres-kocsánytalan tölgyes potenciális erdőtar-sulás-csoport termőhelyei viszonylag stabil termőhelyek-eknek tekinthetők. Jelentős részük cseres-kocsánytalan tölgyes klímában, többletvízhatástól független hidrológia mellett alakult ki. Termőhelyi átalakulásuk ezért lassú ütemű, sem a hidrológiai, sem a talajtulajdonságok válto-zása nem olyan gyors, hogy néhány évtized vagy évszázad alatt jelentős változások jelentkezzenek a termő-helyi tényezőkben. A változás elsősorban a gazdálkodással magyarázható, az akác területaránya meghaladja a 30%-ot. Másik ok, hogy a cseres-kocsánytalan tölgyesek tarvágásos letermelése után az erdőfelújítások a nagyobb makkal rendelkező, gyakrabban termő, produktívabb cserrel nagyobb sikerrel kecsegtettek.

A fenti klímazonális erdőtar-sulásaink közül a legkevésbé a bükköseinket alakították át, termőhelyeiken idegenhonos állományok csak kis mértékben fordulnak elő. A további klímazonális erdőtar-sulásaink mindegyi-kére igaz, hogy az állományok átalakítása jelentős mértékben a főfafaj javára történt, így termőhelyeiken ma tölgyfajok többnyire elegyetlen állományait találjuk. A gyertyános, illetve a cseres konszociációk jelenléte sem ritka.

Általánosságban az is megállapítható, hogy a síkvidékhez kötődő cseres-kocsányos tölgyeseket és gyer-tyános-kocsányos tölgyeseket alakították át a legnagyobb mértékben. Potenciális termőhelyeiken igen jelentős az idegenhonos fafajokból álló állományok kiterjedése is. Ennek tájhasználati oka azzal magyarázható, hogy a síkvidék mindig is jobban kedvezett az intenzív gazdálkodásnak, így az állománycserék ezeken a termő-he-lyeken nagy léptékben zajlottak.



Edafikus erdőtársulás-csoportok:

Szikladomborzatú erdők

Termőhelyük általában kis területű, gyakran erdőrészlet lépték alatti, mozaikos, egymástól is nehezen választható el, és a termőhelytípus-változatok egy részén más csoportba tartozó PTE-k (mészkerülő erdők, mész- és melegkedvelő tölgyesek, bokorerdők) is előfordulhatnak egyes talajjellemzők esetén. Termőhelyük valószínűleg teljes egészében erdősült, kevésbé átalakított. A törmeléklejtő-erdők kivételével faállománytípussal rosszul jellemezhetők. Mindezek miatt a lentebbi adatokban biztosan jelentős hibák vannak.

Sziklaerdők: Az adatbázis adatainak elemzése alapján potenciálisan 36.041 ha sziklaerdő található hazánkban. Bartha (2013) szerint a sziklaerdők és a törmeléklejtő-erdők jelenlegi együttes kiterjedése 4.550 ha. Ehhez képest az elemzésünk eredményeként kapott adat meglehetősen túlzónak tűnik, így ennek felülvizsgálata feltétlenül indokolt lenne a későbbiekben. Ennek magyarázata, hogy az ÁESZ (2005) az anyagában sok sekély termőrétegű termőhelytípushoz ezt a természetes erdőtársulás-csoportot rendelte, holott itt vélhetően más társulások (pl. bokorerdők, mész- és melegkedvelő tölgyesek) lennének a termőhelynek megfelelő típusok.

Szurdokerdők: Potenciálisan 507 ha-on állhatnak szurdokerdők, melyek döntő többsége aktuálisan is ebbe a társulás-csoportba sorolható. Bükk uralta állományok 54,2%-on, míg egyéb kemény lombosok 24,1%-on állnak. Jelentős továbbá a lucosok (7,4%) területfoglalása, mely egyben az idegenhonos fajok arányával is megegyezik. A szurdokerdők állapota azzal, hogy a klímaváltozás hatására a lucfenyő fokozatosan visszaszorul a hazai termőhelyekről, folyamatosan javul.

Törmeléklejtő-erdők: Potenciálisan 720 ha-on állhatnának törmeléklejtő-erdők. A termőhely legnagyobb részét bükkös (41,2%), egyéb kemény lombosok (18,9%) és gyertyános-kocsánytalan tölgyesek (10,6%) borítják, de számottevő a kocsánytalan tölgyesek (6,4%) és egyéb lágy lombosok (5,2%) térfoglalása is. A termőhely 7,3%-át akácok foglalják el. Törmeléklejtő-erdő termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 13,0%-ban vannak.

A fenti szikladomborzatú erdők eredendően kis kiterjedésű, sérülékeny állományok, melyek jelentős részét véderdőként kezelik. A fafajcserével érintett állományok többségében fenyőfajokat ültettek, de a törmeléklejtő-erdők helyén gyakran találunk akácokat is. Az idesorolt társulás-csoportok közül a törmeléklejtő-erdők termőhelyén találjuk a legtöbb idegenhonos fafajú állományt.

Mészkerülő erdők

Létüket alapvetően az erősen savanyú, tápanyagszegény talaj (illetve feltalaj) határozza meg, amely a termőhelyi adatok alapján csak részlegesen lokalizálható. Termőhelyük és állományaik gyakran kis kiterjedésűek, a zonális PTE-vel, illetve egymással mozaikosak. Termőhelyük valószínűleg teljes egészében erdősült, kevésbé átalakított. Az aktuális állományok egy része másodlagos, a korábbi erdőkielések eredménye, átalakulóban van. Faállománytípusokkal önmagában nem jellemezhetők. Mindezek miatt a lentebbi adatokban biztosan jelentős hibák vannak.

Mészkerülő bükkösök: Potenciálisan 21.386 ha-on állhatnának mészkerülő bükkösök, aktuálisan ennek mintegy 73,5%-án ma is bükkös állományokat találunk. A fennmaradó területen számottevő a kocsánytalan tölgyesek (6,8%), a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek (6,5%) és az egyéb kemény lombosok (6,0%) aránya. Az idegenhonos fafajok közül legnagyobb arányban a lucfenyőt (4,6%) ültették erre a termőhelyre. Mészkerülő bükkös termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 6,3%-ban vannak. A mészkerülő bükkösök ter-

mőhelyi viszonyaiban a klíma a meghatározó, ezért míg a klimatikus változások jelentősen nem hatnak a bükk növekedésére és egészségi állapotára, addig itt a bükk lesz a meghatározó fafaj.

Mészkerülő gyertyános-kocsánytalan tölgyesek: A termőhelyi adatok alapján potenciálisan 50.840 ha-on állhatnának mézskerülő gyertyános-kocsánytalan tölgyesek, aktuálisan ennek mintegy 32,4%-át foglalja el gyertyános-kocsánytalan tölgyes faállomány. A fennmaradó terület nagy részén kocsánytalan tölgyesek (40,2%), egyéb kemény lombosok (5,0%) és erdeifenyvesek (3,5%) találhatóak. Mézskerülő gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 7,7%-ban vannak. Aktuális állományaik a mézskerülő erdők közül a leginkább másodlagosak, az elmúlt évtizedekben is nagy területen alakultak át, valódi potenciális kiterjedésük a fenti értéknél biztosan jóval alacsonyabb. A mézskerülő gyertyános-kocsánytalan tölgyesek termőhelyei már gyakran összerosódnak a mézskerülő kocsánytalan tölgyesekével, elsősorban a talajok vízgazdálkodási tulajdonságaiban különböznek csupán. Jelentős átalakulásukban szerepet játszhattak a tarvágások utáni felújulási/felújítási nehézségek (savanyú nyershumusz stb.), de a korábbi erdőhasználatok is, amelyekkel a gyertyánt többé-kevésbé véglegesen visszaszorították az állományokból (pl. cserkéreg termelés stb.). A savanyú talajadottságok miatt a visszaalakulásuk a potenciális erdőtársulások irányába jóval lassabb.

Mészkerülő kocsánytalan tölgyesek: Potenciálisan 19.938 ha-on állhatnának mézskerülő kocsánytalan tölgyesek, aktuálisan ennek mintegy 37,0%-át foglalják el kocsánytalan tölgyes állományok. A fennmaradó terület nagy részén molyhos tölgyesek (14,4%), gyertyános-kocsánytalan tölgyesek (9,8%) és egyéb kemény lombosok (7,0%) vannak. Ezek ténylegesen minden bizonnyal nem ide sorolandók. Jelentős továbbá az akácok (4,0%), a feketefenyvesek (9,2%) és az erdeifenyvesek (2,6%) területfoglalása is. Mézskerülő kocsánytalan tölgyes termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 15,9%-ban vannak. A mézskerülő kocsánytalan tölgyesek átlagosan kevésbé átalakult vagy átalakított állományai azzal magyarázhatók, hogy termőhelyei, elsősorban talajadottságai, a nagyfokú savanyúság miatt, kedvezőtlenebbek. A molyhos tölgyesek kapcsán felmerül az állományleírás vagy a termőhely-meghatározás pontossága. A szélsőségesebb talajadottságokat mutatja, hogy termőhelyeiken a pionír jellegű faállományok, mint a feketefenyvesek, akácok, erdeifenyvesek meghatározó területarányt képviselnek.

Fenyőelegyes tölgyesek: Potenciálisan 9.400 ha-on fordulhatnak elő fenyőelegyes tölgyesek. Aktuális területfoglalásuk megítélése az adatbázis alapján nem egyértelmű az elegyarányok pontos ismeretének hiánya miatt. Területének döntő többségén aktuálisan erdeifenyves állományok (48,9%) találhatóak, de jelentős a kocsányos tölgyesek (10,9%) és meglepő módon a cseresek (11,1%) területfoglalása is. Említést érdemel még a gyertyános-kocsányos tölgyesek (4,9%), az akácok (7,4%) és a lucfenyvesek (3,3%) számottevő aránya is. A fenyőelegyes tölgyesek esetében az idegenhonos állományok kiterjedése egyértelműen nem határozható meg, mivel az erdeifenyő állományok esetleges lombelegyének arányát nem ismerjük. Földrajzilag lokális PTE, országos adatbázisból így rosszul különíthető el.

Mészkedvelő erdők

Mész- és melegkedvelő tölgyesek: Potenciálisan 64.377 ha a méz- és melegkedvelő tölgyesek termőhelye, ennek ma mintegy 28,0%-át foglalják el cseresek, 12,7%-át molyhos tölgyes állományok, 8,3%-át egyéb kemény lombosok és 4,4%-át kocsánytalan tölgyesek. A fennmaradó terület nagy részén akácok (28,3%) és feketefenyvesek (11,3%) állnak. Mész- és melegkedvelő tölgyes termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 44,0%-ban vannak. Az akácok magasabb területi aránya azzal magyarázható, hogy a száraz, sok esetben szélsőséges termőhelyi viszonyok mellett erdősisítésre szánt területeken célszerűbb/egyszerűbb pionír jellegű faállomány kialakítása és fenntartása.



Bokorerdők: Potenciálisan 9.908 ha-on állhatnának bokorerdők. Ezek termőhelyén aktuálisan 24,9% a molyhos tölgyesek, 9,6% a cseresek, 5,9% a kocsánytalan tölgyesek és 13,1% az egyéb kemény lombosok térfoglalása. A fennmaradó területeken legnagyobb arányban az akácok (27,7%) és a feketefenyvesek (15,7%) vannak. Bokorerdő termőhelyen idegenhonos fajok állományai jelentős részesedéssel, mintegy 45,0%-ban vannak. A bokorerdők termőhelyei gyenge fatermőképességű, leggyakrabban talajvédelmi rendeltetésű erdők, így ezek letermelése, átalakítása nem lehet gazdasági érdek. Jellemzően a potenciális bokorerdő termőhelyeken az erdőtelepítések idegenhonos fajokkal zajlottak, amely állományok felfoghatók a szukcesszió első lépcsőfokaként is (pl. dolomitkopárok feketefenyvesei).

A mézskedvelő erdők fenti két erdőtársulás-csoportja esetében az idegenhonos fajokra való állomány-cserék közel azonos arányúak. Termőhelyeiken legnagyobb kiterjedésben akácokat, illetve fekete- és erdeifenyveseket telepítettek.

Ligeterdők és cserjések

Síkvidéki bokorfüzesek: Az Országos Erdőállomány Adattár elemzése szerint potenciálisan 633 ha-on állhatnának bokorfüzesek. Hangsúlyozandó azonban, hogy az adatbázisban csak az üzemtervezett bokorfüzes termőhelyek szerepelnek. Folyóink mentén feltehetően jelentős a nem erdőterületként nyilvántartott további bokorfüzesek aránya, melyek az Adattárban nem szerepelnek, így az elemzésnek nem képezhetik részét. A bokorfüzesek termőhelyén mintegy 77,6%-ban egyéb lágy lombos állományokat találunk. Jelentős továbbá a hazai nyárasok (4,8%), a nemes nyárasok (2,6%) és a nemes füzesek (6,1%) térfoglalása is. Bokorfüzes termőhelyen idegenhonos fajok állományai mintegy 8,8%-ban vannak. Folyamatosan változó hullámterti környezetben létező PTE, így természetes kiterjedése időben és térben is változó.

Síkvidéki fűz-nyár ligeterdők: Potenciálisan 19.772 ha-on állhatnának síkvidéki fűz-nyár ligeterdők. Ezen a termőhelyeken ma aktuálisan 23,5% a hazai nyárasok és 32,9% az egyéb lágy lombosok területaránya. Jelentős továbbá a nemes nyárasok (23,4%), egyéb kemény lombosok (8,8%) és nemes füzesek (5,8%) térfoglalása is. Síkvidéki fűz-nyár ligeterdő termőhelyen idegenhonos fajok állományai mintegy 32,0%-ban vannak. A legkiválóbb, legproduktívabb termőhelyeink közé tartoznak a fűz-nyár ligeterdők termőhelyei. Ezen érhető el gazdaságilag a legnagyobb fahozam mennyiségben és értékben is. Ezt mutatják a jelenlegi állományok is.

Síkvidéki tölgy-kőris-szil ligeterdők: Potenciálisan 68.720 ha-on állhatnának síkvidéki tölgy-kőris-szil ligeterdők. Ezen a termőhelyen ma 18,4%-ban kocsányos tölgyesek és 14,8%-ban egyéb kemény lombosok találhatóak. A fennmaradó terület döntő többségét nemes nyárasok (30,7%), hazai nyárasok (15,4%) és egyéb lágy lombosok (11,9%) foglalják el. Síkvidéki tölgy-kőris-szil ligeterdő termőhelyen idegenhonos fajok állományai mintegy 36,7%-ban vannak. Hasonlóan a fűz-nyár ligeterdők termőhelyeihez, a tölgy-kőris-szil ligeterdők humuszos öntéstalajai rendkívül produktív termőhelyek. Kiváló víz- és tápanyag-ellátottsággal rendelkező termőhelyeiken jelentős gazdasági értéket állíthat elő az erdőgazdálkodás. Mivel ezt leginkább a nemes nyárasokkal érhetik el, így folyamatos konfliktusforrás lehet a természetvédelem és az erdőgazdálkodás ellentétes elsődleges érdeke.

Hegy- és dombvidéki ligeterdők: Potenciálisan 996 ha-on állhatnának hegy- és dombvidéki ligeterdők. Ezen a termőhelyen ma 59,7%-ban találunk egyéb lágy lombosokat (az elemzés során az égereseket nem értékeltük külön). A fennmaradó terület jelentős részén nemes nyárasok (7,4%), gyertyános-kocsányos tölgyesek (3,9%) és egyéb kemény lombosok (4,3%) állnak. Hegy- és dombvidéki ligeterdő termőhelyen idegenhonos fajok állományai mintegy 15,0%-ban vannak.

Az összes ligeterdő esetében jellemző a nemes nyárasok és nemes fűzesek ültetése, de a síkvidéki ligeterdők esetében feltűnően magas, és közel azonos ezek aránya. A ligeterdők közül a hegy- és dombvidéki égerligeteink tekinthetők a legkevésbé átalakítottak.

Láperdők és cserjések

Égerlápok: Potenciálisan 14.070 ha-on állhatnának égerlápok. Ezen a termőhelyen ma 73,3%-ban találunk egyéb lágy lombosokat (az elemzés során az égereket nem értékeltük külön). A fennmaradó terület döntő többségét nemes nyárasok (12,1%), egyéb kemény lombosok (8,3%) és hazai nyárasok (3,1%) borítják. Égerláp termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 13,0%-ban vannak. Az égerlápok aktuális faállományai azt mutatják, hogy a termőhelyi viszonyok fokozatos és folyamatos átalakulása zajlik, s olyan faállományokat is ültetnek, amelyek az égerlápok vízellátottságát már nem lennének képesek elviselni.

Fűz- és nyírlápok: Potenciálisan 85 ha-on állhatnának fűz- és nyírlápok. Ezen a termőhelyen ma 74,0%-ban találunk egyéb lágy lombosokat (az elemzés során a hazai fűz- és nyírfajokat nem értékeltük külön) és 26,0%-ban kemény lombosokat. Ezeken a termőhelyeken idegenhonos fafajok állományai – a vizsgált erdőtürsulás-csoportok között egyedülként – nem fordulnak elő.

A korábban jelentős területarányú láperdők kiterjedése mára töredékére csökkent. A lápi termőhelyeket borító faállományok többsége a termőhelynek megfelelő összetételű. Az idegenhonos fafajok közül legnagyobb arányban a nemes nyárasok vannak jelen.

Erdőssztyepp-erdők

Lösztölgyesek: Potenciálisan 11.837 ha a lösztölgyesek területe. Termőhelyükön ma 12,3%-ban cserések, 9,2%-ban kocsányos tölgyesek és 8,7%-ban egyéb kemény lombosok vannak. A lösztölgyesek helyét legnagyobb arányban az akácok (54,0%) vették át. Jelentős továbbá az erdeifenyvesek (6,6%) és a feketefenyvesek (3,6%) térfoglalása is. Lösztölgyes termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 66,6%-ban vannak. A lösztölgyesek termőhelyi viszonyait leginkább a szárazabb klímaadottságok, a többletvízhatástól független hidrológiai viszonyok, a közép- vagy mély termőrétegű, löszön létrejött, elsősorban szén-savas meszet tartalmazó termőhelyek jelentik. E feltételek mellett a lösztölgyesek kialakítása rendkívül költséges, hosszú felújítási/erdősítési időszakot igénylő erdőgazdálkodási feladat. Az akácokat elsősorban a potenciális lösztölgyesek termőhelyén levő, mezőgazdasági művelésből erdőtelepítésre visszahozott termőhelyeken hozták létre, nem pedig a lösztölgyesek átalakításából.

Sziki tölgyesek: Potenciálisan 2.792 ha-on állhatnának sziki tölgyesek, ennek ma 57,4%-án állnak kocsányos tölgyesek és 12,7%-án egyéb kemény lombosok. Jelentős a nemes nyárasok (12,8%), a hazai nyárasok (7,5%) és az akácok (7,6%) területhányada is. Sziki tölgyes termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 20,0%-ban vannak. A sziki tölgyesek korábbi termőhelyei nem szikes területek voltak, hanem a vízrendezések hatására kialakult, megváltozott termőhelyi viszonyok hozták létre őket. Elsősorban a magánerdős telepítéseknek köszönhető, hogy a tölgyesek mellett egyéb állományokkal is találkozhatunk, hiszen a szikeség mértéke döntő a fajválasztásban.

Homoki tölgyesek: Potenciálisan 2.792 ha-on állhatnának sziki tölgyesek, ennek ma 57,4%-án állnak kocsányos tölgyesek és 12,7%-án egyéb kemény lombosok. Jelentős a nemes nyárasok (12,8%), a hazai nyárasok (7,5%) és az akácok (7,6%) területhányada is. Sziki tölgyes termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 20,0%-ban vannak. A sziki tölgyesek korábbi termőhelyei nem szikes területek voltak, hanem a vízrendezések hatására kialakult, megváltozott termőhelyi viszonyok hozták létre őket. Elsősorban



a magánerdős telepítéseknek köszönhető, hogy a tölgyesek mellett egyéb állományokkal is találkozhatunk, hiszen a szikesség mértéke döntő a fajválasztásban.

Borókás-nyárasok: Potenciálisan 233.293 ha-on állhatnának borókás-nyárasok, de termőhelyükön ma csupán csak 15,3%-ban fordulnak elő hazai nyáras állományok. A fennmaradó terület többségét akácosok (41,0%), feketefenyvesek (19,0%), erdeifenyvesek (11,8%) és nemes nyárasok (9,7%) foglalják el. Borókás-nyáras termőhelyen idegenhonos fajok állományai mintegy 82,0%-ban vannak, ezzel az értékkel a hazai erdőtársulás-csoportok között az első helyen áll. A borókás-nyárasok termőhelyeinek változása kevésbé jelentkezik, mint a homoki tölgyesek esetében.

Az erdőssztyepp-erdők korábban igen jelentős arányban voltak hazánk területén, de mára közülük több társulás szinte teljesen eltűnt. Az ide tartozó erdőtársulás-csoportok potenciális termőhelyein igen magas arányban zajlottak fajcserék, melynek eredményeként jelentős területeken jöttek létre idegenhonos fajok állományai. Napjainkban a potenciális termőhelyeket figyelembe véve a legkisebb mértékben a sziki tölgyesek, míg a legnagyobb arányban a borókás-nyárasok helyén találjuk ezeket az állományokat. Kiemelkedő mértékben akác van ezeken a termőhelyeken, de jelentős a fekete- és az erdeifenyő térfoglalása is.

Nem természetközeli erdő-termőhely: A nem természetközeli erdő-termőhelyeken álló állományok mintegy 158.866 ha-t foglalnak el. Ezek közül a legnagyobb kiterjedést a kocsányos tölgyesek (30,8%), a nemes nyárasok (21,8%) és az akácosok (18,0%) érik el. Jelentős továbbá az egyéb kemény lombosok (9,7%), a hazai nyárasok (6,0%) és az egyéb lágylombosok (5,5%) aránya is.

KÖVETKEZTETÉSEK

Szinte valamennyi potenciális természetes erdőtársulás kisebb-nagyobb mértékben átalakult vagy átalakított. Az aktuális faállományok potenciálistól való eltérése a folyamatosan változó termőhelyi tényezőkkel és a tájhasználattal van összefüggésben. A termőhelyek átalakulását leginkább a gyorsan változó hidrológiai viszonyok eredményezik az eltűnő változó vizek, valamint a csökkenő talajvízszint következtében. Ezért a potenciális természetes erdőtársulások fenntartása vagy az ahhoz közeli faállományok létrehozása a gyertyános-kocsányos tölgyesekben, a cseres-kocsányos tölgyesekben, valamint a homoki tölgyesekben a legproblemátikusabb. A nem erdészeti tájhasználat közvetett hatásaként ugyancsak jelentkeznek az egyes tájakon a talajvízszint csökkenése, így a termőhelyek átalakulása is, és ez magával hozza, hogy a potenciális természetes erdőtársulások már nem vagy csak részben tarthatók fenn. A domb- és hegyvidéki termőhelyeken vélhetően elsősorban az erdőfelújítások és erdőtelepítések gazdaságossági kérdései határozták meg, hogy a potenciális természetes erdőtársulástól eltérő faállományokat ültetnek-e vagy em.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A dolgozat alapját képező Országos Erdőállomány Adattár elemzésre alkalmassá tételéért Parczen Benedeknek és Nagy Bálintnak tartozunk köszönettel. A szerkesztésben Kispál Dóra, míg a fordításban Csiszár Ágnes volt segítségünkre. A kutatás a „Silva naturalis – A folyamatos erdőborítás megvalósításának ökológiai, konzervációbiológiai, közjóléti és természetvédelmi szempontú vizsgálata” című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004. számú pályázat finanszírozásával valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- ÁESZ 2004: Erdőrendezési Útmutató, Kódjegyzéke és Mellékletei. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest.
- ÁESZ 2005: Az egyes termőhelytípus-változatokon alkalmazható célállományok. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest.
- Bartha D. 2001: Veszélyeztetett erdőtársulások Magyarországon. WWF füzetek 18, WWF Magyarország, Budapest.
- Bartha D. 2005: Tájállapotok és vegetációállapotok, mint az erdőtermészetességi vizsgálatok viszonyítási alapjai. Tájökológiai Lapok, 3(2): 253-274.
- Bartha D. és Esztó P. 2001: Az Országos Erdőrezervátum-hálózat bemutatása az Országos Erdőállomány-adattár alapján. ER, Az erdőrezervátum-kutatás eredményei, 1 (1): 21-44.
- Bartha D.; Kovács G. és Tímár G. 2005: A kis részarányú termőhelytípus-változatokhoz rendelhető természetes erdőtársulás-csoportok. Kézirat, Sopron.
- Bartha D. 2013: Természetvédelmi élőhely-ismeret. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Böloni J. 2001: Főbb erdőtársulás-csoportok részaránya az Országos Erdőrezervátum-hálózatban. ER, Az erdőrezervátum-kutatás eredményei, 1(1)45-52.
- Jakucs P. 1981: Magyarország legfontosabb növénytársulásai. 225-263. In: Hortobágyi T. és Simon T. (szerk): Növényföldrajz, társulástan és ökológia. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Zólyomi B. 1989: Természetes növénytakaró. Térkép. In: Pécsi M. (szerk.): Magyarország nemzeti atlasza. Kartográfiai Vállalat, Budapest.

Érkezett: 2014. március 18.

Közlésre elfogadva: 2014. július 15.

1. táblázat: A potenciális természetes erdőátársulás-csoportok és az aktuális faállomány-típusok területfoglalása Magyarországon
Table 1: Area of potential natural forest communities and current forest stands in Hungary

Potenciális természetes erdőátársulás-csoport ↓	Aktuális faállomány-típus → Terület (ha)	Bükkösök		Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek		Gyertyános-kocsányos tölgyesek		Kocsánytalan tölgyesek		Kocsányos tölgyesek		Cseresek		Molyhos tölgyesek	
		%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)
Bükkösök	129.702														
HDB	129.702	70,6	91.607	4,9	6.307	1,5	1.888	2,9	3.701	0,8	1.084	3,0	3.872	0,0	13
Gyertyános – tölgyesek	579.224														
GY-KST	156.667	1,1	1.739	2,2	3.509	8,7	13.653	2,4	3.837	23,0	35.995	3,5	5.452	–	–
GY-KTT	422.556	2,6	10.804	13,3	56.302	2,7	11.405	13,4	56.557	6,6	28.003	20,5	86.525	0,1	522
Cseres – tölgyesek	229.680														
CS-KST	11.736	–	–	0,1	10	0,4	53	2,3	273	12,4	1.458	21,9	2.570	0,2	21
CS-KTT	217.944	0,1	224	1,1	2.461	0,4	834	10,4	22.706	4,7	10.291	35,5	77.311	0,5	1.032
Szikiadomborzatú erdők	37.268														
SZI-E	36.041	18,0	6.492	13,9	5.002	0,0	18	13,5	4.851	0,0	13	16,4	5.911	8,6	3.085
SZU-E	507	54,2	275	5,9	30	–	–	7,6	38	–	–	0,6	3	–	–
TŐ-E	720	41,2	296	10,6	76	–	–	6,4	46	0,0	0	3,8	28	–	–
Mészkerülő erdők	101.565														
AC-B	21.386	73,4	15.708	6,5	1.385	–	–	6,8	1.451	0,0	0	0,5	97	–	–
AC-GY-T	50.840	4,2	2.113	32,4	16.467	0,2	102	40,2	20.453	0,3	158	9,3	4.722	0,0	8
AC-KTT	19.938	1,1	224	9,8	1.950	0,0	6	36,6	7.307	0,5	95	13,8	2.759	14,1	2.814
EF-L	9401	1,7	156	2,4	225	4,9	458	2,2	207	10,9	1.026	11,1	1.042	–	–

Potenciális természetes erdőtürsuláscsoport ↓	Aktuális faállománytípus →	Terület (ha)		Bükkösök		Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek		Gyertyános-kocsányos tölgyesek		Kocsánytalan tölgyesek		Kocsányos tölgyesek		Cserések		Molyhos tölgyesek	
		%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)
Mészkevelő erdők	74.285																
BAZ-T	64.377	0,0	16	0,8	520	0,1	44	4,3	2.798	1,0	659	28,0	17.999	12,7	8.154		
KBE	9908	0,0	1	-	51	-	-	5,9	582	0,0	2	9,6	953	24,8	2.462		
Ligeterdők	90.122																
BOK-FÜ	633	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	3	-	-	-	-		
FÜ-NY	19.772	-	-	-	-	0,2	34	0,0	2	2,5	503	0,0	4	-	-		
T-K-SZ	68.720	0,0	0	-	-	2,4	1.657	0,0	17	18,4	12.625	0,5	366	0,0	4		
É-LIG	996	1,7	17	0,1	1	3,9	39	0,1	1	8,9	89	2,8	28	-	-		
Láperdők	14.155																
É-LAP	14.070	-	-	-	-	0,1	12	0,0	0	2,2	309	0,1	8	-	-		
FÜ-NY-LÁP	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Erdősztyepp erdők	489.378																
LO-KST	11.837	-	-	-	-	0,1	9	1,2	137	9,2	1.094	12,3	1.459	1,0	116		
SZL-KST	2792	-	-	-	-	-	-	-	-	57,3	1.601	1,6	45	-	-		
HO-KST	241.456	0,0	13	0,0	103	0,2	538	0,6	1.429	7,3	17.728	4,4	10.724	0,0	40		
BO-NY	233.293	0,0	4	-	-	0,0	9	0,0	31	1,2	2.806	0,2	355	0,0	1		
Természközeli erdő-termőhely	1.745.379	7,4	12.9687	5,4	94.397	1,8	30.758	7,2	126.424	6,6	115.542	12,7	222.232	1,0	18.274		
Nem természközeli erdő-termőhely	158.866	0,0	36	0,0	64	0,9	1.426	0,1	169	30,8	48.936	2,5	3.950	0,1	174		
Nem azonosítható	23.451	0,2	145	0,9	204	0,1	27	1,6	368	19,1	4.481	4,4	1.030	0,0	1		
Összesen	1.927.702	6,7	129.868	4,9	94.665	1,7	32.211	6,6	126.960	8,8	168.959	11,8	227.212	1,0	18.454		



Potenciális természetes erdőtürlősüláscsoport ↓	Aktuális faállomány-típus → Terület (ha)	Akácok		Egyéb kemény lombosok		Hazai nyárasok		Nemes nyárasok és nemes fűzések		Egyéb lágy lombosok		Erdei-fenyvesek		Fekete-fenyvesek		Luc-fenyvesek		Egyéb fenyvesek		
		%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	
Bükkösök	129.702																			
HDB	129.702	0,9	1.180	8,2	10.606	0,1	98	0,0	6	1,9	2.522	2,0	2.535	0,1	127	2,8	3.617	0,4	540	
Gyertyános – tölgyesek	579.224																			
GY-KST	156.667	8,5	13.254	7,6	11.932	0,7	1.065	1,5	2.362	19,9	31.115	17,8	27.818	0,1	202	2,9	4.505	0,2	229	
GY-KTT	422.556	18,7	78.983	9,4	39.831	0,1	627	0,2	1.021	2,7	11.411	6,7	28.453	0,6	2.651	1,9	7.955	0,4	1.506	
Cseres – tölgyesek	229.680																			
CS-KST	11.736	34,4	4.035	2,1	244	0,1	12	0,4	44	0,4	51	24,2	2.843	0,7	84	0,3	35	0,0	4	
CS-KTT	217.944	30,6	66.660	4,4	9.511	0,1	251	0,8	1.813	1,2	2.647	7,9	17.265	2,1	4.491	0,1	310	0,1	137	
Szikiadomborzatú erdők	37.268																			
SZI-E	36.041	1,3	461	21,2	7.643	0,0	17	0,0	2	2,2	794	1,5	524	2,9	1.062	0,4	144	0,1	23	
SZU-E	507	-	-	24,1	122	-	-	-	-	0,3	2	-	-	-	-	7,4	37	-	-	
TŐ-E	720	7,3	52	18,9	136	1,0	7	0,1	1	5,2	38	4,3	31	-	-	1,0	7	0,3	2	
Mészertülő erdők	101.565																			
AC-B	21.386	0,1	18	6,0	1.277	0,1	26	-	-	0,4	87	1,3	273	0,2	44	4,6	974	0,2	46	
AC-GY-T	50.840	1,9	946	5,0	2.559	0,1	44	0,0	8	0,6	285	3,5	1.778	0,6	293	1,3	671	0,5	234	
AC-KTT	19.938	4,0	803	7,1	1.414	0,0	9	-	-	1,0	199	2,6	513	9,1	1.824	0,1	22	-	-	
EF-L	9401	7,4	692	3,2	305	0,1	6	-	-	3,6	338	48,9	4.595	0,3	32	3,3	308	0,1	12	
Mészkedvelő erdők	74.285																			
BAZ-T	64.377	28,3	18.202	8,3	5.344	0,0	22	0,1	80	0,8	524	4,2	2.700	11,3	7.278	0,0	15	0,0	24	
KBE	9.908	27,7	2.746	13,1	1.302	0,1	7	0,0	3	0,7	74	1,7	173	15,7	1.551	0,0	1	-	-	
Ligeterdők	90.122																			
BOK-FÜ	633	-	-	8,3	53	4,8	31	8,7	55	77,6	492	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0
FÜ-NY	19.772	2,8	550	8,8	1.733	23,5	4.664	29,2	5.778	32,9	6.509	0,0	1	0,0	3	-	-	-	-	-

Potenciális természetes erdőtársulás-csoport ↓	Aktuális faállomány-típus → Terület (ha)	Akácok		Egyéb kemény lombosok		Hazai nyárasok		Nemes nyárasok és nemes fűzések		Egyéb lágy lombosok		Erdei-fenyvesek		Fekete-fenyvesek		Luc-fenyvesek		Egyéb fenyvesek	
		%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)
T-K-SZ	68.720	4,4	3.049	14,8	10.143	15,3	10.548	32,0	21.919	11,9	8.164	0,1	84	0,1	36	0,1	94	0,0	12
É-LIG	996	3,0	30	4,3	43	2,3	23	7,5	75	59,6	594	2,2	22	-	-	1,9	19	0,5	5
Lápterők	14.155																		
É-LAP	14.070	0,4	54	8,3	1.164	3,1	441	12,4	1.741	73,3	10.311	0,1	15	0,0	1	0,1	10	0,0	1,1
FÜ-NY/LAP	85	-	-	26,0	22	-	-	-	-	74,0	63	-	-	-	-	-	-	-	-
Erdősztyepp erdők	489.378																		
LÓ-KST	1.1837	54,0	6.391	8,7	1.027	0,5	58	2,2	261	0,5	58	6,6	780	3,6	431	0,1	15	0,0	0,3
SZI-KST	2.792	7,6	211	12,7	356	7,5	209	12,8	357	0,5	13	-	-	-	-	-	-	-	-
HO-KST	241.456	53,7	129.724	3,7	9.004	3,8	9.127	16,6	40.178	0,5	1.260	7,5	18.099	1,4	3.347	0,0	49	0,0	92
BO-NY	233.293	41,0	95.621	1,0	2.353	15,2	35.576	9,7	22.706	0,1	309	11,8	27.561	19,0	44.355	0,0	4	0,7	1.601
Természet-közeli erdő-termőhely	1.745.379	24,3	423.664	6,8	118.124	3,6	62.857	5,8	100.652	4,5	77.860	7,8	136.062	3,9	67.814	1,1	18.795	0,3	4.470
Nem természet-közeli erdő-termőhely	158.866	18,0	28.551	9,7	15.382	6,0	9.593	22,0	34.990	5,5	8.759	3,0	4.815	1,1	1.668	0,1	89	0,2	264
Nem azonosítható	23.451	10,0	2.346	10,3	2.405	8,0	1.873	29,6	6.938	13,2	3.105	1,5	351	0,5	111	0,2	47	0,1	18
Összesen	1.927.702	23,6	454.561	7,1	135.911	3,9	74.323	7,3	140.337	4,7	89.725	7,3	141.228	3,6	69.593	1,0	18.932	0,3	4.751

Jelmagyarázat:

HDB: Hegy- és dombvidéki bükkösök	AC-B: Mészkerülő bükkösök	T-K-SZ: Síkvidéki tölgy-kóris-szil ligeterdők
GY-KST: Gyertyános-kocsányos tölgyesek	AC-GY-T: Mészkerülő gyertyános-kocsánytalan tölgyesek	É-LIG: Hegy- és dombvidéki ligeterdők
GY-KTT: Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek	AC-KTT: Mészkerülő kocsánytalan tölgyesek	É-LAP: Egerlápok
CS-KST: Cseres-kocsányos tölgyesek	EF-L: Fenyőelegyes tölgyesek	FÜ-NY/LAP: Fűz- és nyírlápok
CS-KTT: Cseres-kocsánytalan tölgyesek	BAZ-T: Mész- és melegkedvelő tölgyesek	LÓ-KST: Lőszőtölgyesek
SZI-E: Sziklaerdők	KBE: Bokorerdők	SZI-KST: Sziki tölgyesek
SZU-E: Szurdokerdők	BOK-FÜ: Síkvidéki bokorfüzesek	HO-KST: Homoki tölgyesek
TÖ-E: Törmeléklető-erdők	FÜ-NY: Síkvidéki fűz-nyár ligeterdők	BO-NY: Borókás-nyárasok



Gyantászás

A gyantászás az 1900-as évek derekán vált jelentős mellékhaszonvéttelé, mely legnagyobb mértékben a Nyugat-Dunántúlon volt jellemző. Gyantanyerésre alkalmas a lucfenyő és a feketefenyő is, de leggyakrabban az erdeifenyőt használták erre a célra. A nyert gyantát egykor elsősorban a vegyipar hasznosította, de mára a gyantászás gyakorlatilag megszűnt hazánkban. Az egykori haszonvételekre ma már csak néhány, idősebb erdeifenyő állomány jellegzetesen sebzett törzsei és esetenként a gyűjtést szolgáló cserépedények talajon heverő darabjai emlékeztetnek. A felvétel az Őrségben készült.

Fotó és szöveg: Korda Márton

GYERTYÁNOS-TÖLGYESBEN KIALAKÍTOTT LÉKEK ÚJULATÁNAK VIZSGÁLATA A SOPRONI-HEGYSÉG TERÜLETÉN

Csiszár Ágnes, Korda Márton, Zagyvai Gergely, Winkler Dániel, Tiborcz Viktor, Süle Péter,
Šporčić Dean, Naár Dénes és Bartha Dénes

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

Ez a vizsgálat a Soproni-hegység területén, átalakító üzemmódban kezelt gyertyános-kocsánytalan tölgyes erdőrésztben mesterségesen kialakított 33 lék négyéves felvételének eredményeit közli. A növényzet felmérésekor a lékeket egy központi körre és az égtájaknak megfelelően négy körcikkre osztottuk, s a vizsgálati egységben feljegyeztük az előforduló növényfajok borítási értékeit és a természetes újulat fajonkénti egyedszámát. A vizsgált időszakban a lékekben nagyszámú és változatos fajösszetételű újulat jelent meg, kiemelkedő egyedszámban a kocsánytalan tölgy és a csertölgy, ezen kívül a közönséges gyertyán, a kislevelű hárs és a madárcseresznye újulata volt meghatározó. Legmagasabb csemeteszám az északi szegmensben fordult elő, azt követte a nyugati, a déli és a keleti körcikk, míg a központi körben szignifikánsan kisebb csemeteszám volt. Eredményeink alapján a vizsgált erdőrésztben az elnyújtottabb elliptikus alakkal rendelkező kisebb, 250 m² terület alatti lékek bizonyultak a legoptimálisabbnak az újulat megjelenése és megmaradása szempontjából.

Kulcsszavak: folyamatos erdőborítás, lék regeneráció, természetes újulat

STUDY ON WOODY REGROWTH IN SESSILE OAK-HORNBEAM FOREST GAPS IN SOPRON HILLS

Abstract

This paper presents the four-year results of studies on 33, artificially created forest gaps of sessile oak-hornbeam forest in transform forest management subcompartments (Sopron Mts, Hungary). During the study the forest gaps have been divided into five segments: central circle and four sectors according to the point of compass; dominance of occurring plant species and number of specimens of natural regrowth has been recorded in five segments of gaps. During the study plentiful and species rich woody regrowth appeared in the studied forest gaps. Regrowth of *Quercus petraea* and *Quercus cerris* were the most prominent, although the renewal of *Carpinus betulus*, *Tilia cordata* and *Cerasus avium* were also considerable. The most specimens of woody regrowth occurred in the northern segment, followed by western, southern and eastern ones respectively; while the fewest specimens were experienced in the central circle. As our results demonstrated, the elongated elliptic and smaller, 250 m²> sized gaps proved to be the most optimal in regard to appearance and survival of woody regrowth in the studied forest subcompartment.

Keywords: continuous cover forestry, gap regeneration, natural regrowth

Levelező szerző/Correspondence:

Csiszár Ágnes, 9400 Sopron, Ady E. u. 5., csiszar.agnes@emk.nyme.hu



BEVEZETÉS

A természetes ökoszisztémák működését több, különböző bolygatás együttes hatása határozza meg, s az életközösségek működésük során adaptálódnak ezekhez a hatásokhoz, sőt a bolygatások elmaradása a biodiverzitás csökkenéséhez és az életközösség elszegényedéséhez vezethet (Kenderes és mtsai 2007). A lékek képződése szintén a természetes folyamatok egyik fontos eleme, ezért a lékek képződésének, az újulat és a lágyszárú szint regenerációjának vizsgálata kiemelkedő fontosságú a természetközeli erdőgazdálkodás kialakításához. Az elmúlt évtizedekben hazánkban és nemzetközileg is egyre jelentősebbé vált az erdők sokoldalú rendeltetésének biztosítása, aminek eredményeként az erdőgazdálkodás feladatai is átrendeződtek (Pommerening és Murphy 2004; Diaci 2006; Solymos 2008); erősödött az ökoszisztéma-szemlélet, előtérbe került a természeti folyamatokra az eddigieknél jobban támaszkodó erdőgazdálkodás szükségessége (Standovár 2006; Kenderes és mtsai 2007; Solymos 2011). A közelmúltban több hazai kutatás vizsgálta a természetes erdődinamikai folyamatokat és a természetes felújulás lehetőségeit, s ezzel nemcsak az erdei életközösségekben végbemenő folyamatok feltárásához és megértéséhez járultak hozzá, de a gyakorlati erdőgazdálkodás szempontjából is fontos ismereteket tettek közzé (Török 2000; Tobisch és Standovár 2005; Mihók 2007; Csépanyi 2008; Gálhidy 2008; Kenderes 2008; Kenderes és mtsai 2008; Tobisch 2009; Bartha és Puskás 2013).

A folyamatos erdőborítás megvalósítása az egyes erdőtársulásokban természetvédelmi és erdőgazdálkodási szempontból is számos elméleti és gyakorlati kérdést vet fel. Az egyik kardinális kérdés a változatos fajú és megfelelő egyedszámú újulat megjelenésének és megmaradásának biztosítása, amit az őshonos és adventív gyomfajok konkurenciája egyaránt veszélyeztethet. A megváltozott abiotikus tényezők együttes hatása és heterogén mintázata meghatározza a lékek fajösszetételét és dominanciaviszonyait, a lékek regenerációjának mintázatára a lékfelosztási elmélet adhat lehetséges választ. Az elmélet szerint a környezeti tényezők értékei a lékek közepétől az állomány irányában grádienset hoznak létre, amelynek különböző értékeihez különböző fajok adaptálódtak a leghatékonyabban (Brokaw és Busing 2000; McCarthy 2001; Busing és Brokaw 2002). A lékek északi részeinek besugárzása jelentősebb, így ez nagyobb számú újulathoz és fénykedvelő fajok megjelenéséhez vezethet (Collins és Pickett 1987). A fás szárú fajok lékekben való regenerációját vizsgáló kutatások nemzetközi és hazai irodalmának Mihók (2007) részletes áttekintését adja.

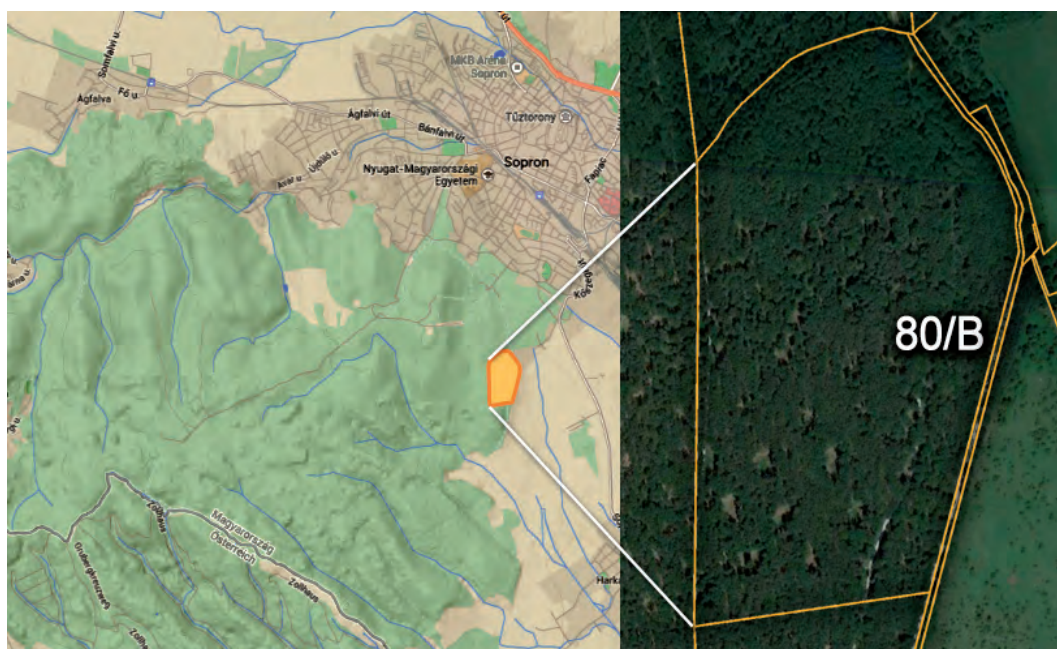
Mihók (2007) a lékek fénymintázatát és növényzeti regenerációját három hazai, középhegységi bükkösben vizsgálva az állomány alatti és a lékszéli kvadrátokban szignifikánsan több csemete előfordulását tapasztalta, mint a lék belsőbb részein. Gálhidy (2008) középhegységi bükkösökben végzett vizsgálatai során az aljnövényzet borításának enyhén befolyásoló hatását mutatta ki a fás szárú újulatra. Tobisch (2009) gyertyános-kocsánytalan tölgyesek egyenletes bontáson és lékvágáson alapuló erdőfelújítását vizsgálva azt tapasztalta, hogy az elegyfajok konkurenciája a lékekben sokkal jelentősebb volt, mint az egyenletesen megbontott parcellákban. Az elegyfajok és a kocsánytalan tölgy magoncok is elsősorban a lék központi és északi részén fejlődtek a leggyorsabban.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatainkat a Soproni-hegység területén, a Dalos-hegyen, a Tanulmányi Erdőgazdaság Zrt. Soproni Erdészete által átalakító üzem módban kezelt gyertyános-kocsánytalan tölgyesben végeztük. A mintaterületünket magába foglaló Soproni-hegység domborzata erősen tagolt, fő kőzetei a gneisz, csillámpala, fillit és csillámkvarcit. A terület éghajlata mérsékeltlen hűvös, mérsékeltlen nedves. Az évi csapadékösszeg 700-750 mm (Dövényi 2010). A Soproni-hegység nyugati részén a bükkösök, a keleti részén főként a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek a domináns erdőtürsulások, de jelentős a mészkőrűlő erdők kiterjedése is. Nagy terüle-

teket foglaltak el a hegységben a telepített fenyvesek (közönséges lucfenyő, erdeifenyő), melyek napjainkra visszaszorulóban vannak (Király 2008).

A vizsgált, Sopron 80/B erdőrésztlet agyagbemosódásos barna erdőtalaja igen mély termőrétegű, vályog fizikai talajféleségű, termőhelye többlet vízhatástól független, keleti kiettségű, hozzávetőleg 10 fokos lejtésű. Az erdőrésztlet faállományát 1914-15-ben letermelték. A felújítás során a természetes kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) újulatot közönséges lucfenyővel (*Picea abies* (L.) Karst.), erdeifenyővel (*Pinus sylvestris* L.) és közönséges jegenyefenyővel (*Abies alba* Mill.) egészítették ki. 1925-ben az erdőrésztlet faállománya 60%-ban kocsánytalan tölgyből, 20-20%-ban luc- és erdeifenyőből, 1953-ban 60%-ban kocsánytalan tölgyből, 10%-ban lucfenyőből és 30%-ban erdeifenyőből állt (Tamás 2011). A 20. sz. második felétől a fenyők jelentős része kikerült az állományból a gyérítések (főként 1992-ben) és az aszályos évek következtében (2003 – egészségügyi termelés fenyőpusztulás miatt) (Mollay és Molnár 2011). A 2003-as üzemtervi adatok alapján az erdőrésztlet domináns fafaja a kocsánytalan tölgy (73%), de jelentős az erdeifenyő (10%), a közönséges gyertyán (*Carpinus betulus* L.) (9%) és a fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) (8%) elegyaránya is. A faállomány átlagos magassága 17 és 22 méter között változott. A lombkoronaszint záródása a lécek nyitását megelőzően 77%-ot ért el (ÁESz 2007). Az erdőrésztletben a fehér akác visszaszorítására 2009-ben 2, 2010-ben 0,5, 2012-ben 0,1 hektáron vegyszeres ápolást végeztek. A földi szeder (*Rubus fruticosus* agg.) vegyszeres gyomirtására 2010-ben 0,5, 2012-ben 0,4 hektáron került sor; mechanikai ápolást 2011-ben és 2012-ben végeztek, 1,39, illetve 0,5 hektáron. Tanulmányunkban az átalakító üzemmódban kezelt 80/B erdőrésztletben található, 2008-2009 telén, mesterségesen kialakított 33 lék felvételének eredményeit közöljük (1. ábra), amelyek adatait az 1. táblázat tartalmazza. A vizsgált lécekben mesterséges felújítás, pótlás nem történt, kontroll parcellát nem jelöltünk ki.



1. ábra: A Sopron 80/B erdőrésztlet elhelyezkedése

Figure 1: Location of Sopron 80/B forest subcompartment



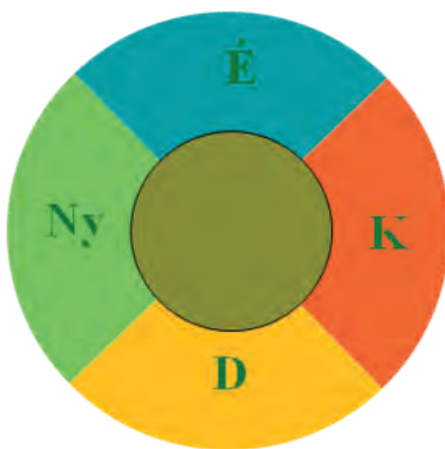
1. táblázat: A Sopron 80/B erdőrésztlet lékjeinek adatai
 Table 1: General data of forest gaps in Sopron 80/B forest subcompartment

Abbreviations: ¹number of forest gaps, ²length of the diagonal (m), ³N-S, ⁴E-W, ⁵gap area, ⁶gap shape index, ⁷exposure, ⁸inclination, ⁹average tree height in the gap margin

Ssz. ¹	Átlóhossz ²		Terület (m ²) ⁵	Lék-index ⁶	Kitétség ⁷	Lejtőszög ⁸	Átlagos lékszéli fa-magasság (m) ⁹
	É-D ³	K-Ny ⁴					
1.	15,6	8,98	110,02	1,74	É	5	20,6
2.	17,8	17	237,66	1,05	ÉK	6	19
3.	13,2	12,6	130,63	1,05	ÉK	5,5	17,6
4.	17	3	40,06	5,67	ÉK	13,2	18,2
5.	16,9	14,1	187,15	1,20	ÉK	8,5	18,2
6.	19,2	9,8	147,78	1,96	K	8	21,4
7.	22,3	10	175,14	2,23	ÉK	5	18
8.	15,5	13	158,26	1,19	É	12,5	19,5
9.	15	14,5	170,82	1,03	É	6,5	21,3
10.	17,5	14	192,42	1,25	ÉK	9	18,5
11.	17	9,6	128,18	1,77	K	10	18
12.	15,5	13,8	168,00	1,12	ÉK	11	18,5
13.	12,9	29	293,82	0,44	K	8	19,8
14.	19,6	12	184,73	1,63	K	5	18,1
15.	23	16,5	298,06	1,39	K	13	20,5
16.	21,6	11,8	200,18	1,83	K	6	17,8
17.	24,7	14	271,59	1,76	K	12	18,2
18.	7,4	12	69,74	0,62	K	11	19,3
19.	25,2	24,3	480,95	1,04	É	11	19,3
20.	29,2	16,6	380,70	1,76	ÉK	12	19,7
21.	25,5	24,5	490,68	1,04	K	9,7	22
22.	19	13,7	204,44	1,39	K	8	19
23.	26,6	14,3	298,75	1,86	K	10	19,1
24.	23,1	15,4	279,40	1,50	ÉK	10	18,5
25.	16	14	175,93	1,14	K	13	19
26.	13,3	10	104,46	1,33	K	12	20,1
27.	14,5	12,4	141,21	1,17	ÉK	11	21,3
28.	28,3	11	244,49	2,57	K	9	23
29.	13,2	12,3	127,52	1,07	K	11	21,2
30.	19,2	11	165,88	1,75	K	11,5	18,6
31.	14,3	17	190,93	0,84	K	11	22
32.	17	7,7	102,81	2,21	Ék	11	18,2
33.	22,1	7,3	126,71	3,03	K	11	20,5

A lékek felvételezését 2009-től 2012-ig, azonos módszer szerint végeztük. A növényzet felmérése során a lékeket 5 mintaterületre osztottuk a következőképpen: a lék középpontjában kimértünk egy meghatározott sugarú kört (kis lékméret esetén 6 m, nagyméretű lékek esetén 10 m sugarú kört), a lék fennmaradó gyűrűjét ÉK-DNy-i és ÉNy-DK-i irányú vonalak mentén 4 darab körcikkre osztottuk. Az így képzett 5 egység területe hoz-

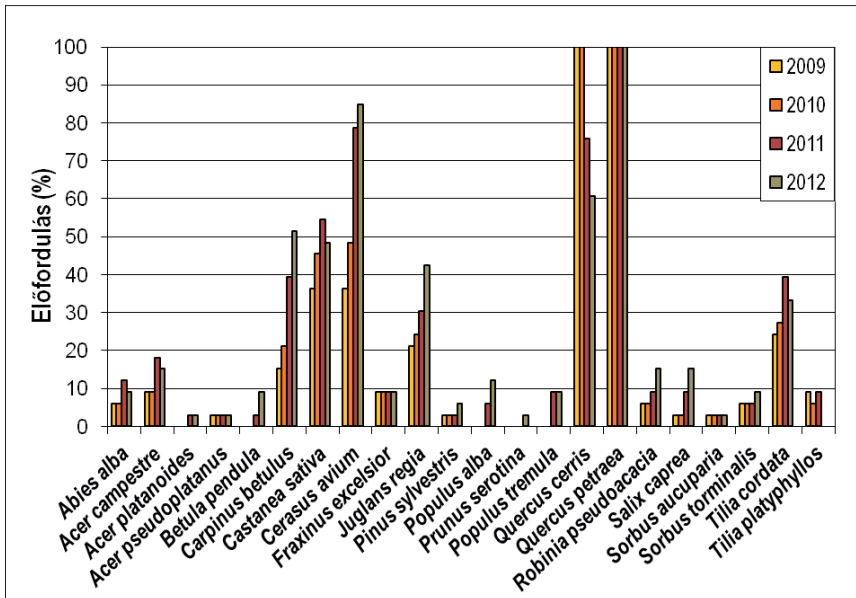
závetőleg azonos (2. ábra). Ezekben a vizsgálati egységekben feljegyeztük a fajösszetételt, az összborítást, valamint a fajokhoz tartozó borítási értékeket. Az újulat felmérésekor az öt vizsgálati egységben (4 körcikkreszlet és központi egység) feljegyeztük az újulat fajait és a fajokhoz tartozó egyedszámot. A lékek gyepszintjének felvételezésére nyáron, júniustól augusztusig, az újulat felmérésére szeptember és november között került sor. Az egyes lékek újulatában mutatkozó különbségek feltárására a lékekben előforduló csemeteszám és a lékek paraméterei (lékterület, lékindex, lejtőszög, átlagos famagasság a lék szélén, gyepszint borítása) közötti összefüggést lineáris korrelációval vizsgáltuk. A vizsgálatba a felmérés első és utolsó évének, valamint a négy év átlagos csemeteszámának (db / m^2) adatsorait vontuk be. A lékek alakját az átlók hányadosából képzett lékindexszel jellemeztük (Eysenrode és mtsai 1998). Az eredmények statisztikai kiértékelését paraméteres és nem paraméteres varianciaanalízissel és korrelációs vizsgálattal végeztük, a Past programcsomag (Hammer és mtsai 2001) segítségével. A lékparaméterek optimalizációs felületének létrehozását a MATLAB 7.2 program (Mathworks 2008) segítette.



2. ábra: A lékek vizsgálati egységei: kör: a lék közepe, É: északi szegmens, K: keleti szegmens, D: déli szegmens, Ny: nyugati szegmens
 Figure 2: Studied segments of gaps: central circle, É: northern segment, K: eastern segment, D: southern segment, Ny: western segment

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Az erdőrésztlet lékjeiben a négy év során huszonnégy faj újulata jelent meg. A vizsgálat előrehaladtával a fajok többségére jellemző volt, hogy újulatuk egyre több lékben fordult elő. A leggyakrabban előforduló faj a kocsánytalan tölgy volt, magoncai mind a négy évben, mind a harminchárom lékben előfordultak, ezt követte közvetlenül a csertölgy (*Quercus cerris* L.). A madárcseresznye (*Cerasus avium* (L.) Moench), a szelídgesztenye (*Castanea sativa* Mill.) és a közönséges gyertyán a vizsgálat egyes éveiben a lékeknek legalább a felében előfordultak. A gyakoribb fajok között említhetjük a kislevelű hársat (*Tilia cordata* Mill.) és a királydiót (*Juglans regia* L.) is (3. ábra).



3. ábra: Az újulat fajainak frekvenciája (%) a lékekben való előfordulásuk alapján
 Figure 3: Frequency of woody regrowth (%) according to their occurrence in gaps

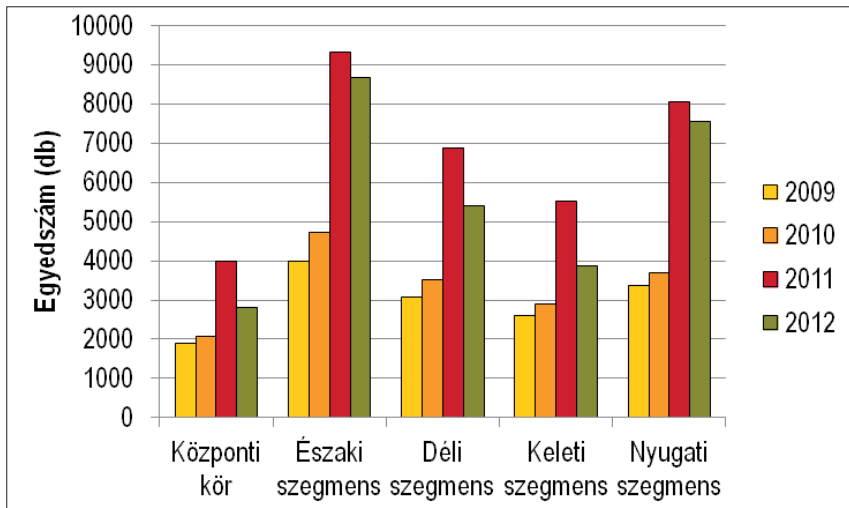
A fajok tömegességét tekintve a kocsánytalan tölgy kiemelkedő számú újulattal jelent meg a lékekben; az első évben, a 33 lékben összesen több mint 8000 csemetét számoltunk meg, s ez az érték a negyedik évről meghaladta a 24000-t. A csertölgy és a közönséges gyertyán összesített egyedszáma a vizsgálat negyedik évében szintén meghaladta az ezret. Az említett fajokon kívül jelentősebb újulattal még a madárcseresznye és a kislevelű hárs jelent meg. A fehér akác, a szelídgesztenye és a közönséges dió magoncainak száma a vizsgálat szinte mindegyik évében meghaladta az 50-et (2. táblázat).

2. táblázat: Az újulat fajainak tömegessége (db) a felvételezés négy évében
 Table 2: Amount of woody regrowth (specimens) in the four years of study
 Abbreviations: ¹species, ²years of study, ³total number

Fajok ¹	A vizsgálat éve ²			
	2009	2010	2011	2012
<i>Abies alba</i> Mill.	7	8	15	10
<i>Acer campestre</i> L.	14	17	30	29
<i>Acer platanoides</i> L.	0	0	1	1
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	1	4	1	7
<i>Betula pendula</i> Roth.	0	0	1	8
<i>Carpinus betulus</i> L.	937	1002	1217	1587
<i>Castanea sativa</i> Mill.	54	73	78	84
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	49	68	231	330
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	15	21	20	9
<i>Juglans regia</i> L.	34	59	63	57
<i>Pinus sylvestris</i> L.	1	1	1	21

Fajok ¹	A vizsgálat éve ²			
	2009	2010	2011	2012
<i>Populus alba</i> L.	0	0	4	14
<i>Populus tremula</i> L.	0	0	5	9
<i>Quercus cerris</i> L.	5097	6050	1875	1283
<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.	8385	9333	29800	24356
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	70	88	74	59
<i>Salix caprea</i> L.	1	3	7	9
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	1	2	4	4
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz.	4	4	11	5
<i>Tilia cordata</i> Mill.	262	268	320	406
<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	5	4	5	0
Összesen³	14937	17005	33763	28288

A lékekben megjelent újulat összesített egyedszámát tekintve az egyes vizsgálati egységekben szignifikáns különbség mutatkozott (Repeated Measures ANOVA $P < 0,0001$). A páronkénti elemzésben a központi és északi szegmens, valamint a központi és nyugati szegmens közötti különbség extrém szignifikánsnak ($P < 0,001$), az északi és keleti szegmens közötti különbség nagyon szignifikánsnak ($P < 0,01$) adódott. Legmagasabb csemeteszáma az északi szegmensben fordult elő, azt követte a nyugati, a déli és a keleti körök. A lékek közepén található vizsgálati egységben szignifikánsan kevesebb csemete volt (4. ábra). A jelentősebb újulattal jelentkező fafajok megoszlását vizsgálva a két tölgyfaj összesített egyedszáma hasonló eloszlást mutatott az összes csemeteszámmal viszonyítva. Ennek magyarázata nyilvánvalóan az, hogy a kocsánytalan tölgy és a csertölgy csemeteszáma az összes csemeteszámnak több mint 90 %-át adja.



4. ábra: Az újulat előfordulása a lékek vizsgálati egységeiben

Figure 4: Specimens of woody regrowth in the studied segments of gaps (columns: 1, central circle, 2, northern, 3, southern, 4, eastern, and 5, western segment)



A lécek egyes szegmenseiben található újulat egyedszámának összehasonlítását minden jelentősebb újulattal rendelkező faj esetén elvégeztük. A közönséges gyertyán és a madárcceresznye esetén nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget ($P=0,5670$, $P=0,3329$), míg a kislevelű hárs magoncainak egyedszáma a tölgyekhez hasonlóan szintén az északi és a nyugati szegmensben volt a legmagasabb ($P=0,0394$).

A vizsgált 33 lék újulatának összehasonlítása során azt tapasztaltuk, hogy az egyes lécekben az egy négyzetméterre eső csemeték darabszáma között jelentős különbség adódott, a legnagyobb szórás az északi és a nyugati szegmensben jelentkezett (3. táblázat). A lécek minimális újulati egyedszáma hasonlóan alakult, míg a maximális értékek közötti eltérés sokkal szembeötlőbb volt. Az átlagos csemetes szám minden vizsgálati egységben a 3. évig fokozatosan növekedett, 2011-ben kiugróan magas volt az értéke, majd a 4. évre kismértékben visszaesett.

3. táblázat: Az újulat fajainak egyedszáma (db / m²) a felvételezés négy évében, a lécek vizsgálati egységeiben

Table 3: Amount of woody regrowth (specimens / m²) in the four years of study, in studied segments of gaps

Abbreviations: ¹studied segment, ²years of study, ³amount of woody regrowth (specimens / m²), ⁴mean, ⁵deviation, ⁶central circle, ⁷northern segment, ⁸eastern segment ⁹southern segment, ¹⁰western segment

Vizsgálati egység ¹	Vizsgálat éve ²	Újulat egyedszáma (db / m ²) ³			
		átlag ⁴	maximum	minimum	szórás ⁵
Központi kör ⁶	2009	0,55	6,43	0,01	1,12
	2010	0,63	7,15	0,01	1,24
	2011	0,92	5,32	0,01	1,10
	2012	0,72	4,40	0,02	0,79
Északi szegmens ⁷	2009	0,86	5,12	0,01	1,01
	2010	1,04	6,34	0,01	1,20
	2011	2,14	14,80	0,12	2,67
	2012	1,94	7,56	0,09	1,72
Keleti szegmens ⁸	2009	0,57	2,68	0,03	0,71
	2010	0,66	3,46	0,04	0,78
	2011	1,35	5,74	0,05	1,17
	2012	0,92	4,62	0,09	0,88
Déli szegmens ⁹	2009	0,73	3,24	0,07	0,78
	2010	0,85	4,06	0,12	0,89
	2011	1,58	5,50	0,14	1,27
	2012	1,41	5,43	0,11	1,29
Nyugati szegmens ¹⁰	2009	0,77	3,03	0,02	0,73
	2010	0,85	3,78	0,05	0,83
	2011	1,83	8,21	0,26	1,68
	2012	1,69	6,26	0,23	1,46

Az egyes lécek újulatában mutatkozó különbségek okainak feltárása érdekében megvizsgáltuk a lécekben előforduló csemeteszám korrelációját a lékterülettel, a lékindexszel, a lejtőszöggel és az átlagos famagassággal a vizsgálat első (2009) és utolsó (2012) évének, valamint a négy év átlagos csemeteszámának felhasználásával. Az átlagos csemeteszám és a gyepszint összborításának kapcsolatát a lécekben szegmensenként és a lécek egész területére vonatkozóan is elemeztük. A statisztikai elemzés a vizsgált paraméterek közül a lékindex pozitív, valamint a lékterület negatív korrelációját igazolta az átlagos csemeteszámmal (4. táblázat).

4. táblázat: A lécek átlagos csemeteszáma (db / m²) és a lékparaméterek közötti összefüggés korrelációs együtthatói

Table 4: Correlation coefficients between woody regrowth (specimens / m²) and the gap parameters

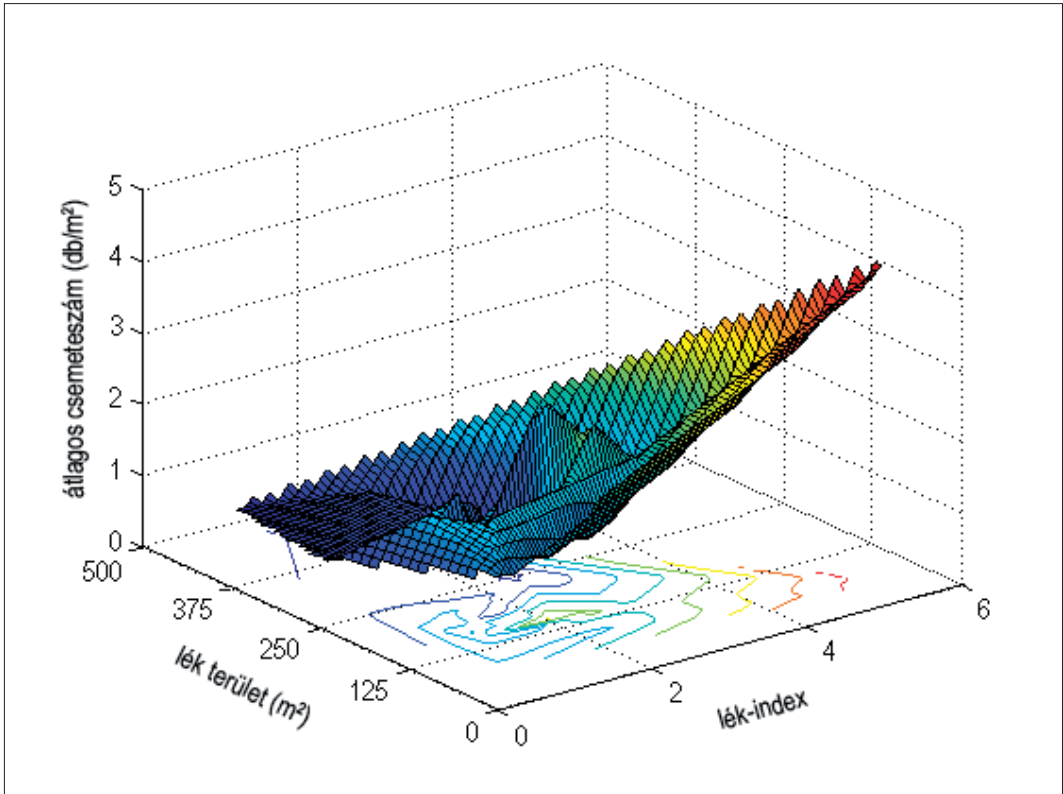
Abbreviations: ¹gap shape index, ²gap area, ³inclination, ⁴average tree height in the gap margin, ⁵woody regrowth (specimens / m²)

	Lékindex ¹	Lékterület (m ²) ²	Lejtőszög ³	Átlagos lékszéli famagasság (m) ⁴
Átlagos csemeteszám ⁵ (db / m ²) (2009)	0,7003**	-0,3742*	0,1271 NS	-0,2061 NS
Átlagos csemeteszám (db / m ²) (2012)	0,6352**	-0,6200**	0,0393 NS	-0,0906 NS
Átlagos csemeteszám (db / m ²) (2009-2012)	0,7522**	-0,5568**	0,1230 NS	-0,1683 NS

Jelmagyarázat: *p<0,05; **p<0,01; NS – nem szignifikáns, non-significant

A vizsgálat kezdő és utolsó évének átlagos csemeteszáma, valamint a négyéves adatsorból képzett átlagos csemeteszám is erős pozitív korrelációt mutatott a lékindexszel (2009: R²=0,4905; F=29,85, p<0,01; 2012: R²=0,4035; F=20,97, p<0,01; 2009-2012 átlag: R²=0,5658; F=40,39, p<0,01); vagyis a lécek hosszának növekedése növelte az egy négyzetméterre eső újulat darabszámát. A lékterület esetén mindhárom vizsgálati időpontban negatív összefüggést tapasztaltunk (2009: R²=0,1400; F=5,04, p<0,05; 2012: R²=0,3844; F=19,36, p<0,01; 2009-2012 átlag: R²=0,3100; F=13,93, p<0,01), a korreláció mértéke a 2012-es adatsor esetén bizonyult a legerősebbnek; a lékterület növekedése tehát csökkentette az átlagos csemeteszámot. A lejtőszög és az átlagos lékszéli famagasság egyik évben sem korrelált szignifikánsan az átlagos csemeteszámmal; megjegyzendő, hogy jelentős különbségek a lécek e paramétereiben nem is voltak. A gyepszint borítása és az átlagos csemeteszám között szintén nem tapasztaltunk szignifikáns korrelációt (P<0,05) sem az egyes szegmensekben, sem a lécek teljes területén.

Az 5. ábra a lékterület és lékindex összegzett hatását szemlélteti a 2012-es év átlagos csemeteszámára vonatkozóan. A színskála sötétkék színe az újulat szempontjából legkedvezőtlenebb, a vörös a legoptimálisabb lékparamétereket jelzi, s a modell vetülete alapján leolvashatók a lékterületnek és a lékindexnek az újulat szempontjából optimális értékei. Jól láthatóan az optimális tartomány (magasabb átlagos csemeteszám) a kisebb (250 m²>) területű és magasabb (2<) lékindexszel jellemezhető lécekben figyelhető meg elsősorban. Az ábrán a felület növekvő, egy irányba tartó kicsúcsosodása (sárga-vörös tartomány, illetve annak kontúrvonalvetülete) azonban egyetlen kiugróan magas indexű (5,67), elnyújtott ellipszis alakú és kis területű (~40 m²) léknek és az ott tapasztalt magas átlagos csemeteszám értékének köszönhető. A vizsgálati területen hasonló paraméterekkel jellemezhető további lécek nem fordultak elő. Az említett, kiugró paraméterekkel jellemezhető lék mellett a további felmért lécek adatai alapján lokális optimum figyelhető meg a 2-4 indexű és 125-250 m² közötti tartományban. Általános következtetések azonban nem vonhatók le az elemzés alapján, mivel ebben a tartományban kis mintaszámmal és – az említett kiugró paraméterekkel rendelkező lék kivételével – relatíve kis szórású lékparaméterekkel dolgoztunk.



5. ábra: A lékterület és a lékindex összefüggése az átlagos csemeteszámmal (db/m^2)

Figure 5: Connection between gap shape index, gap area (m^2) and mean woody regrowth (specimens / m^2)

ÖSSZEFOGLALÁS

A négyéves vizsgálat során a felmért 33 lékben nagyszámú és változatos fajösszetételű újulat jelent meg, melynek fajösszetétele és tömegessége erdőgazdálkodási és természetvédelmi szempontból egyaránt kedvezőnek tűnik. A fajok többségénél az egyedszám és a lékekben való előfordulás gyakorisága a négy év során növekvő tendenciát mutatott. A 2011-ben tapasztalt kiugróan magas csemeteszám valószínűleg a kocsánytalan tölgy 2010-es makktermésének köszönhető (Köveskúti ex verb.). A vizsgálat negyedik évében az átlagos csemeteszám a lék mindegyik vizsgálati egységében csökkent, melynek magyarázatául szolgálhat, hogy a Soproni Meteorológiai Állomás adatai szerint a 2012. júniusi, illetve augusztusi csapadékösszeg az előző évhez képest jelentősen elmaradt: a megelőző évinek csupán 55, illetve 22 %-a volt (Kiss 2014).

Az erdőgazdálkodási szempontból jelentős fajok újulata a lékekben kiemelkedő volt, a kocsánytalan tölgy és a csertölgy esetén különösen magas egyedszámot tapasztaltunk, a gyertyános-kocsánytalan tölgyes erdő-társulásra jellemző fajok szintén jelentős faj- és egyedszámban jelentek meg a lékekben. Az inváziós fajok jelenléte a lékekben nem volt meghatározó, a fehér akác azonban minden egyes évben előfordult a lékekben, változó egyedszámban, ezért visszaszorítása továbbra is szükséges lehet.

Kutatásunk eredményei az újulat térbeli mintázatáról részben alátámasztják az eddigi ismereteket, noha az ilyen irányú ismeretek hazánkban eddig többnyire bükkösökből származnak. Tobisch (2009) a gyertyános-kocsánytalan tölgyesekben végzett vizsgálata alapján azt tapasztalta, hogy az elegyfajok és a kocsánytalan tölgy

magoncok is elsősorban a lék központi és északi részén fejlődtek a leggyorsabban, míg saját vizsgálatunkban a kocsánytalan tölgy és a csertölgy magoncai elsősorban az északi és nyugati lékszegmensekben növekedtek. A tölgycsemeték lékbeli mintázatának magyarázatát adhatja, hogy a lékszéli koronarészletek magprodukciója magasabb, a nagyméretű lékek esetén a makkok nem jutottak el a lék közepéig (Mátyás 1965; Márkus és Mátyás 1966; Mendlik 1989; Standovár és Kenderes 2003). Az elegyfajok közül csak a kislevelű hárs esetén tapasztaltuk az újulat előfordulásának égtáj szerinti meghatározottságát, lehetséges azonban, hogy nagyobb egyedszám esetén ez a tendencia más fajoknál is megnyilvánulna. Kutatásunk során az újulat legkisebb egyedszámában a központi körben jelent meg, valószínűleg a fényben gazdag élőhelyen megjelenő lágyszárú fajok és a földi szeder kompetitív hatása miatt.

Vizsgálatunk során a lékparaméterek közül az újulatra gyakorolt szignifikáns hatását a lékalaknak és a lékterületnek sikerült statisztikailag igazolni. A lékek kitétsége, lejtőszöge, az átlagos lékszéli famagasság és a gyepszint borítása nem volt meghatározó a csemeteszám szempontjából, fontos azonban megjegyezni, hogy a lékek egy erdőrésztelen belül helyezkednek el, és e paramétereik jelentősen nem különböznek. A 80/B erdőrészlet lékjeinek esetén az elnyújtottabb, elliptikus alakú lékek újulata kedvezőbbnek bizonyult, mint a szabályosabb körhöz hasonlító lékeké. Eredményünk összhangban van Csépanyi (2008) megállapításával, mely szerint a kör alakú lékek kialakítása főleg délies kitétség és erősebb lejtés esetén javasolható, sík területeken és északias kitétségnél inkább az ellipszis vagy ellipsziszből származó szabálytalan alakú lék kialakítása célszerű a lék gyomosodásának, illetve elvizesedésének elkerülése érdekében. A keskenyebb, elliptikusabb lékalak jobban modellezi a természetes módon kidőlt fák hatására keletkező lékeket, mely számos faj esetében megfelelő mikroklímátikus adottságokat biztosít a természetes felújuláshoz (Brown 1993; Eysenrode és mtsai 1998, Hunter és Barbour 2001; Cowell és mtsai 2010; de Lima és mtsai 2012). Vizsgálati területünkön a kisebb méretű lékekben is jelentős volt az újulat, míg a növekvő lékméret az újulat számának csökkenéséhez vezetett, ezért az újulat megtelepedése és megmaradása szempontjából a vizsgált erdőrészletben az 50-250m² nagyságú lékek bizonyultak a legoptimálisabbnak. Vizsgálataink révén a szukcessziós folyamatok és a lékregeneráció kezdeti folyamatának előzetes eredményeiről tudunk beszámolni, a természetes felújítás érdekében alkalmazott módszerek értékeléséhez és további javaslatok megfogalmazásához hosszabb távú vizsgálatok szükségesek.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnénk köszönetünket kifejezni Teleki Balázsnak a terepi felvételezésben való részvételért, Köveskúti Zoltánnak, Bánáti Lászlónak és Gergác Péternek (TAEG Zrt.) az erdőrészlettel kapcsolatos információkért, Kiss Mártonnak és Schmidt Dávidnak a meteorológiai adatok közzétételéért. Kutatásainkat a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Állami Erdészeti Szolgálat (ÁESz): Országos Erdőállomány Adattár 2007.
- Bartha D. és Puskás L. 2013: *Silva naturalis* Vol.1. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron.
- Brokaw, N. and Busing, R.T. 2000: Niche versus chance and tree diversity in forest gaps. *Trends in Ecology and Evolution*, 15: 183-188.
- Brown, N.D. 1993: The implications of climate and gap microclimate for seedling growth conditions in a Bornean lowland rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 9: 153-168.
- Busing, R.T. and Brokaw, N. 2002: Tree species diversity in temperate and tropical forest gaps: the role of lottery recruitment. *Folia Geobotanica*, 37: 33-43.



- Collins, B.S. and Pickett, S.T.A. 1987: Influence of canopy opening on the environment and herb-layer in a northern hardwoods forest. *Vegetatio*, 70: 3-10.
- Cowell, C.M.; Hoalst-Pullen, N. and Jackson, M.T. 2010: The limited role of canopy gaps in the successional dynamics of a mature mixed Quercus forest remnant. *Journal of Vegetation Science* 21: 201-212.
- Csépányi P. 2008: A tölgy és folyamatos erdőborítás. *Erdészeti Lapok*, 143 (10): 294-297.
- de Lima, R.A.F.; Prado, P.I. Martini, A.M.Z.; Fonseca, L.J.; Gandolfi, S. and Rodrigues, R.R. 2012: Improving methods in gap ecology: revisiting size and shape distributions using a model selection approach. *Journal of Vegetation Science*, 24 (3): 484-495.
- Diaci, J. (ed.) 2006: Nature-based forestry in Central Europe. Alternatives to industrial forestry and strict preservation. University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources, Ljubljana.
- Dövényi Z. (szerk.) 2010: Magyarország kistájainak katasztere. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.
- Eysenrode, D.S.V.; Bogaert, P.; Van Hecke, P. and Impens I. 1998: Influence of tree-fall orientation on canopy gap shape in an Ecuadorian rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 14 (6): 865-869.
- Gálhidy L. 2008: Az aljnövényzet fajösszetételének és tömegességének változásai közephegységi bükkösök mesterséges és szélöntés nyomán létrejövő lékjeiben. Doktori értekezés. ELTE, Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, Budapest.
- Hammer, Ř.; Harper, D.A.T. and P. D. Ryan 2001: PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9 pp.
- Hunter, J.C. and Barbour, M.G. 2001: Through-growth by *Pseudotsuga menziesii*: a mechanism for change in forest composition without canopy gaps. *Journal of Vegetation Science*, 12: 445-452.
- Kenderes K. 2008: Kelet-közép európai bükkösök természetes dinamikája. Doktori értekezés. ELTE TTK, Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, Biológia Doktori Iskola, Budapest.
- Kenderes K.; Tímár G.; Ódor P.; Bartha D.; Standovár T.; Bodonczai L.; Bölöni J.; Szmorad F. és Aszalós R. 2007: A természetvédelem hatása közephegységi erdeinkre. *Természetvédelmi Közlemények*, 13: 69-80.
- Kenderes, K.; Mihók, B. and Standovár, T. 2008: Thirty years of gap dynamics in a central european beech forest reserve. *Forestry*, 81 (1): 111-123.
- Király G. 2008: Soproni-hegység. 224. In: Király G.; Molnár Zs.; Bölöni J.; Csiky J. és Vojtkó A. (szerk.): Magyarország földrajzi kistájainak növényzete. MTA-ÖBKI, Vácrátót.
- Kiss M. 2014: Átlagos középhőmérséklet-, csapadékösszeg-, napfénytartalom- és párolgás adatok 2009-2012. Országos Meteorológiai Szolgálat, Soproni Meteorológiai Állomás.
- Márkus L. és Mátyás V 1966: A bükkmakk természetbiológiájának ismeretéhez. *Erdészeti Kutatások*, 62: 177-193.
- MathWorks 2008: MATLAB. version R2008A. MathWorks, Natick, Massachusetts, USA.
- Mátyás V. 1965: Ökológiai megjegyzések a tölgy és a bükk termésének időszakosságához. *Erdészeti Kutatások*, 61: 99-121.
- McCarthy, J. 2001: Gap dynamics of forest trees: A review with particular attention to boreal forests. *Environmental Reviews*, 9: 1-59.
- Mendlik G. 1989: A bükkösök természetes felújításának újabb irányai. *Erdészeti Kutatások*, 80-81: 284-288.
- Mihók B. 2007: Lékek fénymintázata és növényzeti regenerációja bükkös állományokban. Doktori értekezés. ELTE TTK, Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, Biológia Doktori Iskola, Budapest.
- Mollay J.-né és Molnár Á. 2011: A Sopron-hegyvidéki erdők állományainak változása 1955-2005 között. 122-239. In: Bartha D. és Oroszi S. (szerk.): A Soproni-hegység erdőállományainak története. TAEG Tanulmányi Erdőgazdaság, Sopron.
- Pommerening, A. and Murphy, S.T. 2004: A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry*, 77: 27-44.
- Solymos R. 2008: Folyamatos erdőborítás – természetes felújítás – szálalóerdő. *Erdészeti és Faipari Híradó*, 18: 6-7.
- Solymos R. 2011: Természetes erdőfelújítás – folyamatos erdőborítás. *Erdészeti Lapok*, 151: 72-74.
- Standovár T. 2006: Biológiai megfontolások az erdei életközösségek hatékony védelméhez. *Magyar Tudomány*, 2006/6: 656-662.
- Standovár, T. and Kenderes, K. 2003: A review on natural stand dynamics in beechwoods of East Central Europe. *Applied Ecology and Environmental Research*, 1: 1-46.

- Tamás J. 2011: A Sopron hegyvidéki erdők történelmi fejlődése, tájleírásai a fafaj, elegyarány és korosztály viszonylatában napjainkig (1955). 5-121. In: Bartha D. és Oroszi S. (szerk.): A Soproni-hegység erdőállományainak története. TAEG Tanulmányi Erdőgazdaság, Sopron.
- Tobisch T. 2009: Egyenletes bontáson és lékvágáson alapuló erdőfelújítás összehasonlítása gyertyános-kocsánytalan tölgyesben. Doktori értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola, Sopron.
- Tobisch, T. and Standovár, T. 2005: A comparison of vegetation patterns in the tree and herb layers of a hardwood forest. *Community Ecology*, 6 (1): 29-37.
- Török A. 2000: Égtájorientált, erdőtípus-érzékeny természetes felújítási rendszer. *Erdészeti Lapok*, 135: 170-171.

Érkezett: 2014. március 11.

Közlésre elfogadva: 2014. július 15.



Kiss Ferenc Emlékerdő, Ásotthalom

Az ősi homoki nyárasok tanúerdeje. A hatalmas, egészséges nyárfák között gyökerestől kidőlt, vagy derékba tört, korhadó fatörzsek jellemzik a területet. Hajdan, még 1886-ban Kiss Ferenc természeti emlékként jelölte ki és tartotta fenn az utókornak. Az elmúlt közel 130 év alatt nem végeztek benne erdészeti beavatkozást. Csongrád megye egyik legkorábban, 1944-ben védetté nyilvánított területe, amely napjainkban a Körös-éri Tájvédelmi Körzet egyik mozaik területegysége. Az erdő Kiss Ferencnek – „a szegedi erdők atyjának” állít emléket.

Fotó és szöveg: Andrédi Pál

ÖSSZEFÜGGÉSEK EGY SZÁLALÓVÁGÁSSAL KEZELT SZUBMONTÁN BÜKKÖS ÁLLOMÁNSZERKEZETE, GYEPSZINTJE ÉS NAGYGOMBA-FAJKÉSZLETE KÖZÖTT

Molnár Dénes, Folcz Ádám, Frank Norbert és Király Gergely

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

A dolgozat egy szubmontán bükkös szálalóerdő esetében vizsgálja a faállomány-szerkezet, az aljnövényzet és a nagy-
gombák előfordulásának összefüggéseit. A szálalás hatására a faállomány az elegyetlen bükkösök irányába változik, az
elegyfák a fiatalabb állományrészekből hiányoznak. A faállomány a hagyományos vágásos erdőalaknál jóval ágasabb és
böhöncösebb törzsekből áll. Az aljnövényzetben az erdei fajok dominálnak, míg az özönnövények és a nem erdei gyomok
aránya elhanyagolható. A záródás növekedésével a fajszám és az aljnövényzet borítása is csökken, de a szociális maga-
tartás-csoportok szerint eltérő mértékben (az erdei fajoké alig, a zavarástűrőké érezhetően). A mikroélelhelyekben gazdag
szerkezet és a jelentős holtfaarány kedvez a nagygombák megjelenésének.

Kulcsszavak: szubmontán bükkös, szálaló üzemmód, állományszerkezet, aljnövényzet, nagygombák

CORRELATION BETWEEN STAND STRUCTURE, UNDERSTORY VEGETATION AND MACROFUNGI IN A SUBMONTANE BEECH SELECTION FOREST STAND

Abstract

The paper presents and discusses the relations of stand structure, richness of the herb layer and macrofungi occurrences in
a submontane beech selection forest stand. Due to the selection system, the associate tree species are lacking in younger
age classes, and the stand progressively develops to a pure beech forest. Ratio of coarse-limbed trees is significantly
higher than in the case of a traditional rotation system. The understory vegetation is dominated by forest herbs, whereas
role of non-forest weeds and invaders is negligible. In case of increasing canopy cover the number and the cover of herbs
tends to decrease; however, the reduction rate of forest herbs is significantly smaller. The microhabitat-rich stand structure
and the remarkable deadwood proportion favour the occurrence of macrofungi.

Keywords: submontane beech forest, selection system, stand structure, herb layer, macrofungi



BEVEZETÉS

A társadalmi igények és az erdőgazdálkodás kapcsolatrendszerének átalakulása, az erdők védelmi és rekreációs funkciójának erősödése miatt a természetközeli erdőgazdálkodás és a folyamatos erdőborítás folyamatosan a kutatások fókuszában van (Mason és mtsai 1999, Dhuháin 2003, Johann 2006, Keresztes és Meggyesfalvi 2006). A vágásos üzemmódban kezelt erdők átalakítása jelentős változást hoz az erdők szerkezetében: differenciálódik az állomány korszerkezete, horizontális és vertikális struktúrája, a kialakított vegyes korú erdőben rendszerint cél az elegyesség és a termőhelynek megfelelő, őshonos fafajokkal való gazdálkodás (Pommerening és Murphy 2004). Az ökológiai szemlélettel végzett kíméletes erdőnevelés és fahasználat, az erdőszegély és a holtfa védelme különböző mikroélelőhelyek megjelenését segíti elő (Frank 2000, Mountford 2002). Az átalakítás folyamatát az erdészeti szakirodalom gyakran erdőszerkezet-centrikusan vizsgálja (Schütz 2001, Nyland 2003, Madas és mtsai 2005, Duduman 2011, Kucbel és mtsai 2012), s nem tér ki az átalakítási tevékenységeknek az életközösség más elemeire (lágyszárúak, gombák, állatvilág) kifejtett hatására.

Kutatásaink során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy miként befolyásolja a szálalóvágásos kezelés eredményeként kialakult változatos szerkezetű erdőállomány az újulat és a lágyszárúak megjelenését, a nagygombák előfordulását. Egy olyan erdőrészt vizsgáltunk, amelyben a szálalószerkezet kialakítása már előrehaladott állapotú, így viszonylag rövid felvételi idő alatt is jellemezni tudtuk a felújulás és az erdőfejlődés különböző stádiumaiban tapasztalható jellegzetességeket.

ANYAG ÉS MÓDSZER

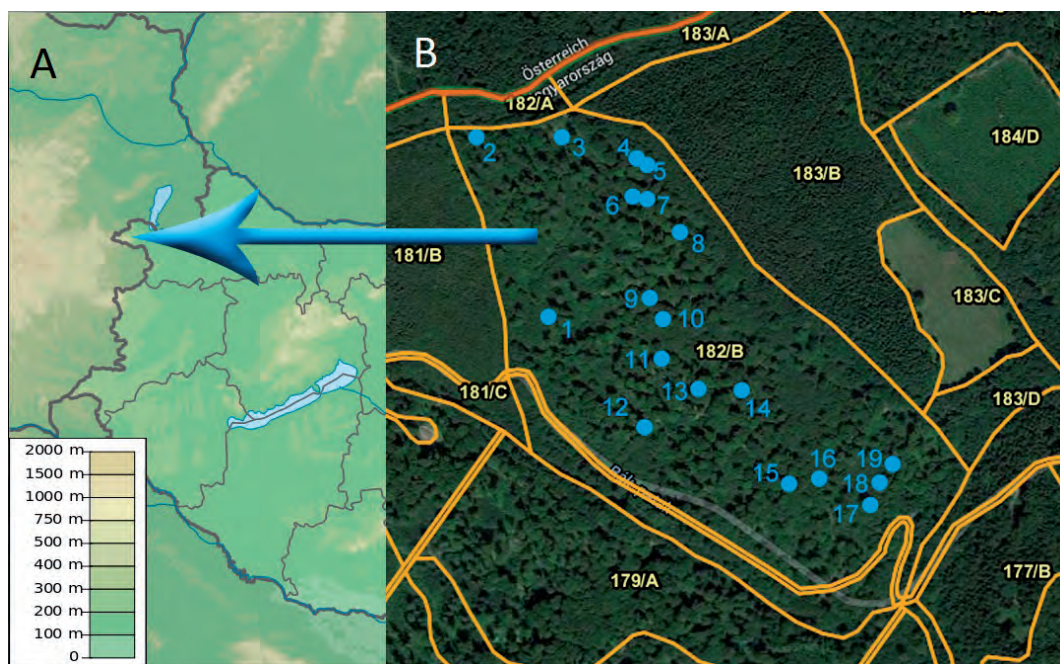
A vizsgálat helyszíne

A vizsgálatra a Soproni-hegység erdészeti tájban, a Hidegvíz-völgy felső szakaszán elhelyezkedő, Roth Gyula által létesített kísérleti területen került sor (Sopron 182/B erdőrészlet). A 19,4 hektáros erdőrészlet tengerszint feletti magassága 460-510 m közötti, potenciális erdőtársulása a nyugat-dunántúli szubmontán bükkös (*Cyclamini purpurascens* – *Fagetum* Soó 1971) (Borhidi és Sánta 1999). A vizsgálati területet bükkös klímájú, többletvízhatástól független, jellemzően mély termőrétegű agyagbemosódásos és pszeudoglejes barna erdőtalajon kialakult termőhelytípusok jellemzik. Az erdőrészlet akutális növényzete változatos korösszetételű üde szubmontán bükkösnek tekinthető (*Carex pilosa*, *Galium odoratum* és *Oxalis acetosella* erdőtípusokkal).

A kutatás helyszínén 1937-ben kezdték meg a hosszú időtartamú felújítást, a szerkezeti változásokat jól dokumentálták. A kezdetek óta az erdőállomány már differenciálódott, a kiinduló lomb- és fenyőelegyes bükkös-höz képest jelentős a változás a fafajok elegyarányában is, mivel a bükk uralkodó fafajjá vált (Koloszár 2013).

A felvételezés módszerei, a mintaterületek kijelölése

Az új terepi felméréseket 2013-2014-ben végeztük. A mintaterületek kijelölése során figyelembe vettük, hogy az erdőszerkezet átalakítását támadóvonalak mentén bontott csoportokban végezték, célszerűnek mutatkozott e vonalak követése a mintavételi helyszínek meghatározásakor. Veperdi (2010) javaslatát követve az állomány szerkezeti vizsgálatokhoz hektáronként 1 db 500 m²-es, állandó sugarú mintakört (összesen 19-et) jelöltünk ki a digitális üzemtérvi térképen a támadóvonalak környezetében (1. ábra). A felvételi pontokat a terepen GPS segítségével kerestük fel, majd középpontjait számozott karóval állandósítottuk. Az erdőrészletben a felújítási mód következtében a más-más korú egyedek többnyire különböző csoportokban helyezkednek el, a támadóvonalak mentén végzett véletlenszerű kijelölésnek köszönhetően az állományfoltok minőségi és szerkezeti különbségeit így a mintavételezés jól reprezentálta.



1. ábra: A kutatási terület (Sopron 182/B erdőrésztel) elhelyezkedése (A) és a mintakörök elrendezése (B)
 Figure 1: Location of the study area (Sopron 182/B forest subcompartment) (A), and the situation of the sample plots (B)

A faállomány felvételezése során minden faegyedet megvizsgáltunk a mintaterületeken belül. A 7 cm-es mellmagassági átmérőt elérő egyedeknél rögzítettük a fafajt, a mellmagassági átmérőt, a magasságot, az ágtszta törzshosszt, valamint a koronanagyságot a fő égtájak irányába eső vetületpontokat figyelembe véve. A 7 cm-es mellmagassági átmérőt el nem érő faegyedeket két kategóriába (fiatal faegyed, újulat) osztottuk annak függvényében, hogy eléri-e az 1,5 m-es magasságot. Ezekben az esetekben csak számlálást végeztünk a fafaj meghatározásán kívül.

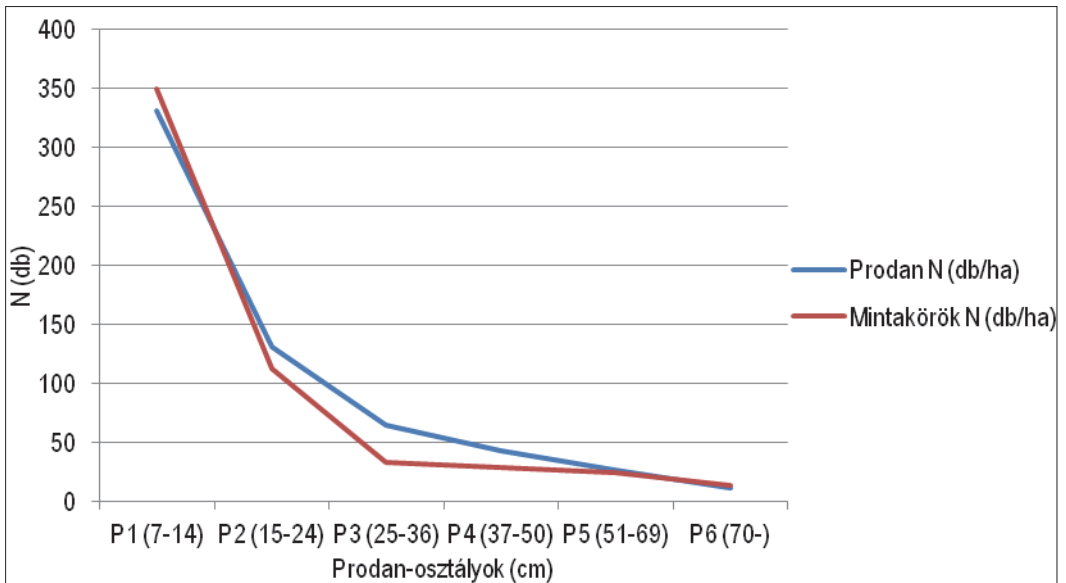
A mintaterületek középpontjában 100 m²-es, kör alakú mintaterületen vizsgáltuk az aljnövényzetet cönológiai felvételek készítésével. A felvételezést a terület aspektális változatosságára való tekintettel évente két időpontban (április és június) is elvégeztük. Az aljnövényzet borítását a terepen A-D értékekkel becsültük (Jakucs és Précsényi 1981). A fajok szocialismagatartás-típusát Borhidi (1993) alapján határoztuk meg.

A mikológiai vizsgálatokhoz az NBmR erdőrezervátum-kutatás protokolljának a nagygombák vizsgálatára alkalmazott módszerét vettük alapul, melynek lényege, hogy 500 m²-es mintaterületeken fajlista- és abundanciabecslés készül évente legalább három alkalommal (Pál-Fám és mtsai 2007). A terepi adatgyűjtésekre összesen három alkalommal, a tavaszi aspektus végén, nyár végén és a lombhullás kezdetekor került sor. A felmérések során meghatároztuk és feljegyeztük a gombafajokat. A megtalált fajokról fényképes dokumentáció és/vagy fungárium készült. Az életformatípusok besorolását Rinaldi és mtsai (2008), valamint Knudsen és Vesterholt (2012) alapján végeztük el.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

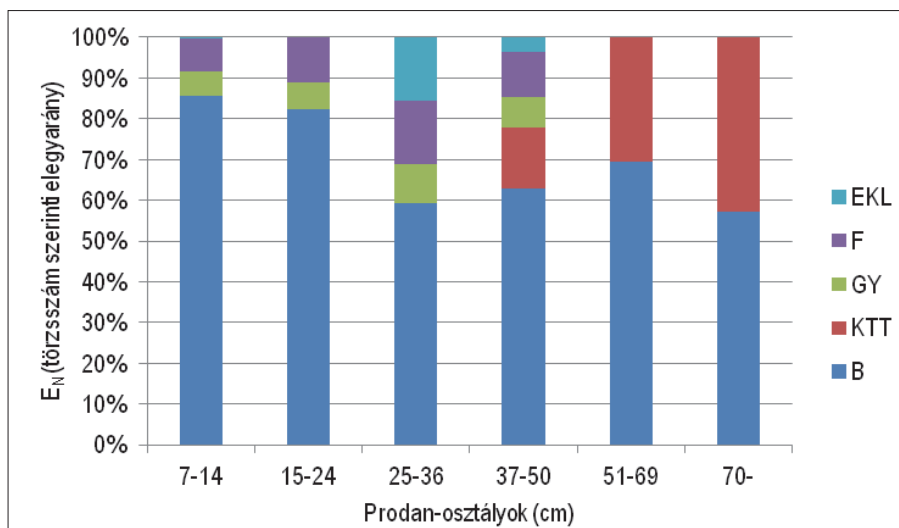
Faállományszerkezet

Mivel a területen a vegyes korú és szerkezetű állomány kialakítását 1937 óta több lépcsőben és részben eltérő kezelésekkel végezték, előzetesen vizsgáltuk, hogy az aktuális erdőállapot mennyiben felel meg a folyamatos erdőborítást biztosító száraló erdőszerkezetnek. Összehasonlítási alapként Prodan elméleti száralómodelljét vettük, amely a különböző átmérőosztályok hektáronkénti törzsszámát értékeli (Csépanyi 2013). Az átmérőadatokat alapján a terület faállománya jól közelíti az elméleti száralómodellt, egyedül a középső átmérőtartományokban tapasztalható csekély készlethiány (2. ábra). A terület a fentiek alapján alkalmas a száraló üzemmódú kezelés állományszerkezeti, botanikai és mikológiai vizsgálatára.



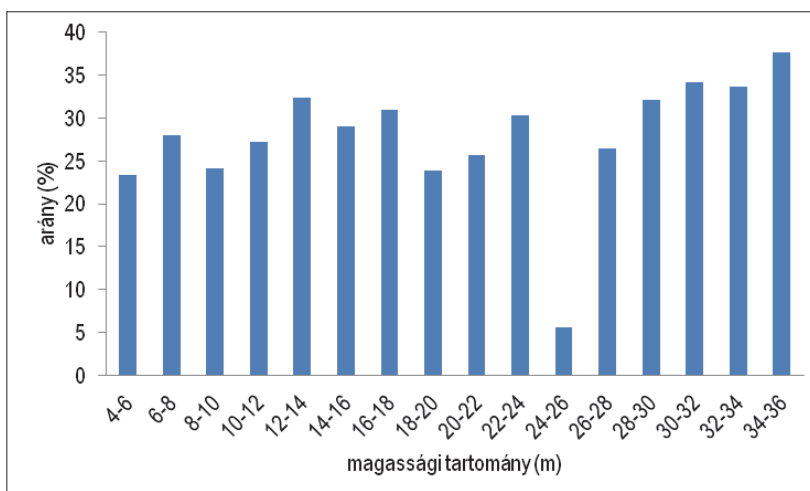
2. ábra: Törzsszám-eloszlás, valamint a Prodan-féle átmérő-eloszlástól való eltérés a vizsgálati területen
 Figure 2: Repartition of stems by diameter and Prodan diameter classes on the study area

A Prodan-féle átmérőosztályok törzsszám szerinti elegyarányviszonyai alapján (3. ábra) a területen a (potenciális erdőtársulásnak megfelelő) bükk az uralkodó fafaj. A kocsánytalan tölgy törzsszám szerinti elegyaránya 3,4%, körlap szerinti elegyaránya 22,2%, amely jól mutatja, hogy csak az idősebb korosztályokban van jelen, s kizorol az átalakítási folyamat során. Az elegyfajok közül csupán a lucfenyő, a közönséges gyertyán és ritkán a kislevelű hárs maradt meg alacsonyabb átmérőtartományokban is a területen. Az újulatot és a fiatalos életfázisú csoportokat szinte kizárólag bükk és gyertyán egyedek alkotják.



3. ábra: Törzszám szerinti elegyarány a Prodan-féle átmérőosztályokban a vizsgálati területen
 Figure 3: Mixture proportion (based on number of stems) of Prodan-diameter classes in the study area

Az erdő heterogén szerkezete, a vegyeskorúság és színteztettség általában nagyobb növényteret biztosít egy-egy faegyednek. A bükk a szerkezeti változásokhoz jól alkalmazkodó faj (Mátyás 2002), koronája még lábas életfázisban is képes néhány éven belül benőni a koronája számára rendelkezésre álló teret, kisebb lékeket. A szabadabb állású egyedek könnyen fattyúhajtásosodnak és böhöncösödnek. Ezek az egyedek nagy növényterűek, terebélyes koronájuk, gyakran korhádó törzsük sajátos életteret jelent. A fattyúhajtások képzése és a rövid ágtszta törzshossz azonban nemcsak a terület idősebb faegyedeire jellemző, ezért megvizsgáltuk a különböző magasságú bükkök ágtszta törzsrészének arányát (4. ábra). Az ágtszta törzshossz alacsony aránya arra enged következtetni, hogy a szabadabb állásban nevelt törzsek műszaki minősége és alaki tulajdonságai (Scholtz 2007) gazdasági szempontból elmaradnak a vágásos erdőben fejlődő átlagos habitusú egyedektől, ökológiai szempontból azonban kedvezőek, mert elősegítik az erdőátársulások térbeli strukturálódását.



4. ábra: Különböző magassági kategóriájú bükk csoportok ágtszta törzshosszának aránya a vizsgálati területen
 Figure 4: Ratio of branch-free stem proportion of different beech age-classes in the study area



Mivel a kijelölt mintakörök az átalakítási folyamat különböző fázisait érintik, célszerű volt egyenkénti vizsgálatuk is. Az erdő jelenleg száraló vágásos erdőképet mutat, az azonos korú faegyedek általában famagasságnyi átmérőjű területnél nagyobb csoportokat alkotnak, egyes esetekben azonban több korosztály is képviselteti magát a mintakörön belül. Az átmérő- és magasságadatok szórása ennek megfelelően mintaterületenként igen eltérő (1. táblázat).

1. táblázat: Átmérő és magasság értékek mutatói a vizsgált állományban
Table 1: Indicators of diameter and height in the stands studied

ismérv	legkisebb	legnagyobb	legkisebb szórás	legnagyobb szórás	átlagos szórás
D (átmérő, cm)	7	86	2,5	31,1	14,9
H (magasság, m)	4,0	35,0	1,9	12,9	6,8

Ajlnövényzet

A változatos struktúra hatással van a lágyszárúszint felépítésére is. A borítás és a fajszám, valamint az egyes állományszerkezeti mutatók (σ_D , σ_H , összesített vetület) között lineáris kapcsolatot kerestünk (2. táblázat). Az összesített koronavetület és a lágyszárúak borítása gyenge korrelációs kapcsolatban van egymással, az alacsony értéket elsősorban a mérési metodika okozhatja (a 7 cm-nél kisebb mellmagassági átmérőjű egyedeknél nem mértünk vetületet). Sokkal erősebb viszont a borítás és az átmérő, illetve a magasság szórásának összefüggése. Ahol az átmérő- és magasság-értékek nagyobb szórásúak, rendszerint magasabb a lágyszárúakkal való borítás mértéke. Valamivel gyengébbnek bizonyult az előző két faállomány-szerkezeti mutató és a lágyszárúak fajszáma közti kapcsolat, de szintén jelentős. A legmagasabb korrelációs együtthatót a lágyszárúak fajszáma és a lágyszárúak borításának összefüggésében kaptuk, tehát a vizsgált területen nagyobb borítás esetén inkább a fajgazdagság jellemző, mintsem egy-egy faj előretérése.

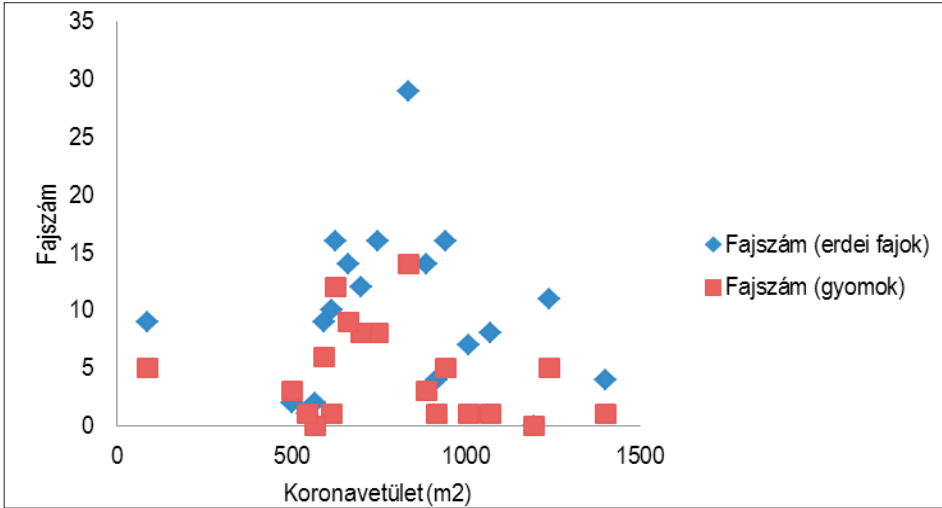
2. táblázat: Korreláció a lágyszárú szint és a faállomány mutatói között
Table 2: Correlation between characters of understory vegetation and forest stand

1. változó	2. változó	r (korrelációs együttható)	korreláció (Guilford szerint)
Lágyszárú borítás (%)	Összesített koronavetület (m ²)	-0,2354	biztos, de gyenge kapcsolat
Lágyszárú borítás (%)	σ_D (átmérő szórása)	0,7662	magas korreláció, markáns kapcsolat
Lágyszárú borítás (%)	σ_H (magasság szórása)	0,7480	magas korreláció, markáns kapcsolat
Lágyszárú fajszám (db)	σ_D (átmérő szórása)	0,6501	közepes korreláció, jelentős kapcsolat
Lágyszárú fajszám (db)	σ_H (magasság szórása)	0,6101	közepes korreláció, jelentős kapcsolat
Lágyszárú fajszám (db)	Lágyszárú borítás (%)	0,8338	magas korreláció, markáns kapcsolat

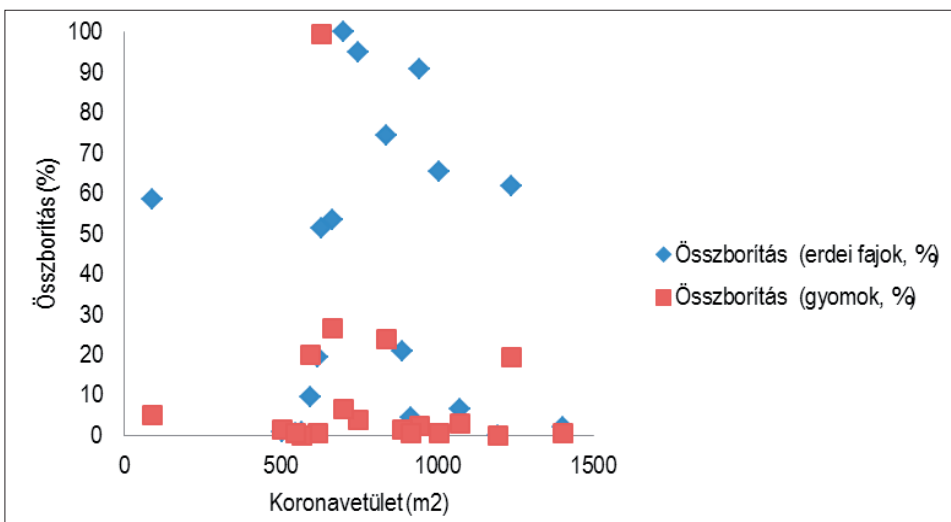
A mintaterületeken összesen 90 lágyszárúfaj előfordulását állapítottuk meg, ami egy bükkös erdőrészlet esetében jelentősnek nevezhető. Az átlagos fajszám 14, míg a kiugróan legmagasabb érték (43) egy véletlenül bekerült erdőszegély-maradványhoz köthető. Az ajlnövényzet összetételét szociálmagartartás-típusok

(Borhidi 1993) alapján értékelve kimutattuk, hogy az „erdei” fajok (lágyszárú generalisták, kompetitorok és specialisták összesen 63 faj) a minták 47%-ában (9 minta) dominánsak, további 26%-ában (5 minta) pedig legalább 2-es A-D értékűek. A gyom jellegű fajok (döntően zavarástűrők, elenyésző arányban gyomok, özön-növények, összesen 27 faj) mindössze 1 mintában dominánsak (ott is egy őshonos zavarástűrő faj miatt ilyen magas az érték), és további 6 mintában (32%) érik el a 2-es A-D értéket.

A mintaterületeken a záródás növekedésével a fajszám és az aljnövényzet borítása is csökkent, de eltérő mértékben a szociálmagatartás-csoportok szerint. Az „erdei” csoport esetében a záródás növekedésével a fajszám minimálisan, míg az összborítás érzékelhetően csökkent. A gyom jellegű csoport esetében mindkét mutató csökkenése markánsabb volt az erdei fajokénál (5.a és 5.b ábra).



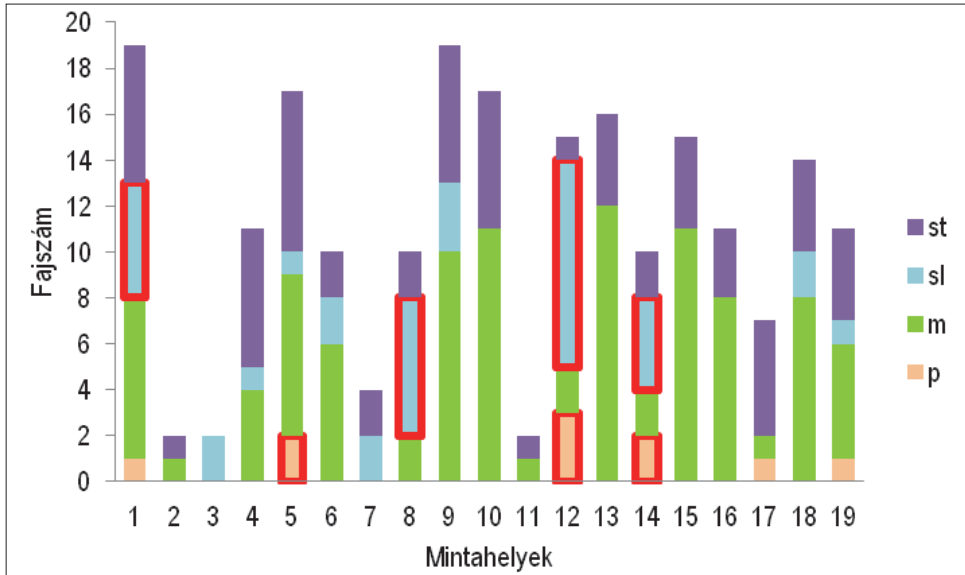
5a. ábra: Erdei és gyom jellegű fajok száma mintaterületenként a záródás (koronavetület) függvényében
 Figure 5a: Number of forest and weedy vascular plant species correlated with canopy cover



5b. ábra: Erdei és gyom jellegű fajok összborítása mintaterületenként a záródás (koronavetület) függvényében
 Figure 5b: Summarized cover of forest and weedy vascular plant species correlated with canopy cover

Nagygombák

A Sopron 182/B erdőrésztlet egészéről 162 bazidiumos nagygomba előfordulását sikerült kimutatni, a 19 mintaterületen 108 faj került elő. A fajok közül figyelmet érdemel három védett faj (*Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer, *Hericium cirrhatum* Persoon, *Hygrophorus poetarum* Heim). A mintaterületek gombaközösségeinek életforma szerinti megoszlását a 6. ábra mutatja. Az ábráról látható, hogy egyes pontokban kiemelkedően magas a lignikol és nekrotróf parazita gombák aránya, amely minden pont esetében egyértelműen korrelál az adott ponton megfigyelt álló vagy fekvő holtfa és tuskók jelenlétével.



6. ábra: A nagygombafajok életforma szerinti megoszlása mintavételi pontonként (p = parazita, m = mikorrhizás, sl = szaprotróf lignikol, st = szaprotróf terrikol)

Figure 6: Repartition of macrofungi in accordance with life strategies (p = parasite, m = mycorrhizal, sl = lignicolous, st = terricolous)

ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálati terület faállománya jól közelíti az elméleti száralómodellt, így ideális a száraló üzemmódú erdők bizonyos ökológiai vonatkozásainak tanulmányozására. A természetes felújulásra építve, az interspecifikus kompetíciót erdészeti beavatkozásokkal nem befolyásolva a faállományban fokozatosan erősíti a bükk dominanciáját és a bükkös állománykép kialakulását. A fajajkéslet átalakulása mellett az erdőtermészetesség oldaláról az átmérő- és magassági terjedelem kis léptéken is magas szórása, valamint a vágásos erdőkben mérhetőnél alacsonyabb ágtszta törzshossz egyértelműen pozitívan ítéhető meg.

Az aljnövényzetben a mintaterületek többségében az erdei fajok dominálnak, a gyom jellegű fajok között zavarástűrők említhetők, míg az özönnövények és a nem erdei gyomok aránya elhanyagolható. A száralótömb mikológiai szempontból fajgazdag és változatos terület. A mintaterületen belül is igen változatos a faállomány korszerkezete, s ez kedvező a különböző életfázisokban megjelenő mikorrhizás gombák számára.

Megállapítható, hogy a folyamatos erdőborítást célzó száraló üzemmód ökológiai szempontból előnyös, változatos struktúrát alakít ki. Ez fokozza a faállomány és a lágyszárú növényzet heterogenitását, elősegíti

a specialista és kompetitor fajok dominanciáját s a gyom jellegű fajok visszaszorulását. A mikrotermőhelyi és fitocönológiai körülmények változatosságai pedig kedvező feltételeket biztosítanak a különböző ökológiai igényű gombafajok megjelenéséhez.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A vizsgálatok megvalósítását a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 projekt támogatta

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Borhidi A. 1993: A magyar flóra szociális magatartás típusai, természetességi és relatív ökológiai értéksszámai. KTM TVH – JPTE, Pécs.
- Borhidi A. és Sánta A. (eds.) 1999: Vörös könyv Magyarország erdőtársulásairól. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest.
- Csépányi P. 2013: Az örökerdő elvek szerinti és a hagyományos bükkgazdálkodás ökonómiai elemzése és összehasonlítása. Erdészettudományi Közlemények, 3: 111-124.
- Dhubháin, Á.N. 2003: What is continuous cover forestry (CCF)? COFORD, Dublin.
- Duduman, G. 2011: A forest management planning tool to create highly diverse uneven-aged stands. *Forestry*, 84: 301-314.
- Frank T. (ed.): Természet – Erdő – Gazdálkodás. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Pro Silva Hungaria Egyesület, Eger.
- Jakucs P. és Précsényi I. 1981: A fitocönózisok. 192-225. In: Hortobágyi T. és Simon T. (eds.): Növényföldrajz, társulástan, ökológia. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Johann, E. 2006: Historical development of nature-based forestry in Central Europe. *Studia Forestalia Slovenica*, 126: 1-18.
- Keresztes Gy. és Meggyesfalvi I. (eds.) 2006: Szálalás és természetközeli erdőgazdálkodás. HM Budapesti Erdőgazdaság Zrt., Budapest.
- Knudsen, H. and Vesterholt, J. 2012 (eds.): *Funga Nordica*. Vol. 2. Agaricoid, Boletoid and Cyphelloid genera. Nordsvamp, Copenhagen.
- Koloszár J. 2013: A Roth-féle szálaló erdő története – 1936 és 2011 közötti időszak. NymE-ERFARET Nonprofit Kft., Sopron.
- Kucbel, S.; Saniga, M.; Jaloviari, P. and Vencurik, J. 2012: Stand structure and temporal variability in old-growth beech-dominated forests of the northwestern Carpathians: A 40-years perspective. *Forestry Ecology and Management*, 264: 125-133.
- Madas L.; Koloszár J. és Csépányi P. 2005: A vágásos erdőből a szálalóerdőbe. *Erdészeti Lapok*, 140 (9): 265-267.
- Mason, W.; Kerr G. and Simpson J. 1999: What is continuous cover forestry? Information Note. Forestry Commission, Edinburgh.
- Mátyás Cs. 2002: Erdészeti-természetvédelmi genetika. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Mountford, E.P. 2002: Fallen dead wood levels in the near-natural beech forest at La Tillaie reserve, Fontainebleau, France. *Forestry*, 75: 204-208.
- Nyland, R.D. 2003: Even- to uneven-aged: The challenges of conversion. *Forest Ecology and Management*, 172: 291-300.
- Pál-Fám F.; Siller I. és Fodor L. 2007: Mycological monitoring in the Hungarian Biodiversity Monitoring System. *Acta Mycologica*, 42: 35-58.
- Pommerening, A. and Murphy, S.T. 2004: A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry*, 77: 27-44.



- Rinaldi, A.C.; Comandini, O. and Kuyper, T. W. 2008: Ectomycorrhizal fungal diversity separating the wheat from the chaff. *Fungal Diversity*, 33:1-45.
- Scholtz P. 2007: Már a geszt sem az igazi. *Erdészeti lapok*, 142 (7-8): 268.
- Schütz, J.-P. 2001: Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *Forest Ecology and Management*, 151: 87-94.
- Veperdi G. 2010: Mintakörös élőfakészlet-meghatározás a száralaló, illetve átlakító üzemmódú erdőkben egyváltozós fatér-fogat-függvény alkalmazásával. 1-16. In: Horváth S.; Horváth T.; Lett B.; Nagy I.; Puskás L. és Stark M. (eds.): *Múlt és jövő II. – Tarvágásból száralalásba. Magánkiadás, Mórchida.*

*Érkezett: 2014. március 11.
Közlésre elfogadva: 2014. július 15.*

ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATOK A MAGYAR KŐRIS (*FRAXINUS ANGUSTIFOLIA* SUBSP. *DANUBIALIS*) ÉS A MAGAS KŐRIS (*FRAXINUS EXCELSIOR*) GENERATÍV SZERVEIN

Silnicki Ádám, Zagyvai Gergely és Bartha Dénes

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

Kutatásunk során a *Fraxinus* nemzetség két hazai képviselője esetében vizsgáltuk a generatív szervek morfológiai bélyegeit. A mintavételezés elsősorban a Rábaköz – Répce-sík menti populációkat érintette. A begyűjtött minta kiértékelését többváltozós statisztikai módszerekkel végeztük, külön figyelmet fordítva a mennyiségi és minőségi bélyegek elkülönítésére. A feldolgozás során hierarchikus klasszifikációt, főkomponens-analízist (PCA), főkoordináta-analízist (PCoA) és nemmetrikus többdimenziós skálázást (NMDS) alkalmaztunk, melyekkel szemléltettük a morfológiai bélyegek, valamint az egyedek kapcsolatrendszerét. A hierarchikus és az ordinációs elemzés egyaránt arra utal, hogy a két taxon egyedei mennyiségi tulajdonságok alapján nem választhatók el egymástól, de minőségi bélyegek alapján, az alkalmazott módszer szerint, jól elkülönülő csoportokat kapunk. Az eredmények rámutatnak az elkülönítésben a virágzat felépítésének döntő jelentőségére. Elemeztünk olyan egyedeket is, amelyeknek a virágzata nem az adott taxonra jellemző felépítésű.

Kulcsszavak: *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, buga, fürt, többváltozós statisztikai adatfeldolgozás, hibridizáció

COMPARATIVE SURVEYS ON GENERATIVE ORGANS OF HUNGARIAN ASH (*FRAXINUS ANGUSTIFOLIA* VAHL SUBSP. *DANUBIALIS* POUZAR) AND COMMON ASH (*FRAXINUS EXCELSIOR* L.)

Abstract

The aim of this study was the morphological analyses of generative organs of two native *Fraxinus* species. *Fraxinus* samples were taken mostly from populations of Rábaköz – Répce-sík and analysed with multivariate statistics separating the qualitative and quantitative morphological characteristics. Hierarchical clustering, Principal Component Analysis (PCA), Principal Coordinates Analysis (PCoA) and Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) have been applied to demonstrate the correspondences between morphological characteristics and specimens. Specimens of two different taxa could not be distinctive through quantitative characteristics; however they separated considerable during the analyses of qualitative characteristics. Our results draw attention to the significance of inflorescence structure as an important distinctive morphological characteristic, although specimens with atypical inflorescence have been analysed as well.

Keywords: *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, panicle, raceme, multivariate statistical data analysis, hybridization

Levelező szerző/Correspondence:

Silnicki Ádám, 9400 Sopron, Ady E. u. 5; e-mail: silnickiadam@gmail.com



BEVEZETÉS

A *Fraxinus* nemzetség hazai képviselői közül a magyar kőris (*Fraxinus angustifolia* Vahl subsp. *danubialis* Pouzar, syn.: *Fraxinus angustifolia* Vahl subsp. *pannonica* Soó et Simon) és a magas kőris (*Fraxinus excelsior* L.) a vegetatív, és a generatív szerveik morfológiai sajátosságait tekintve is rendkívül változatos képet mutatnak. A két taxon között egészen az 1950-es évek közepéig nem tettek különbséget. Ebben az is fontos szerepet játszott, hogy Németországban a magas kőrisnek két „ökotípusát” (Bodenrasse) különböztették meg egy meszes, sziklás termőhelyeken növekvő ún. „Kalkesche”-t, valamint egy nedves, lapályos termőhelyeken növekvő ún. „Wasserresche”-t. Weiser (1964, 1975, 1995) német erdész kutató 33 éves időtartamú reciprok kísérletekkel bebizonyította, hogy a magas kőris esetében nincs ökológiai differenciálódás, csak széles termőhelyi toleranciájának köszönhető e sajátosság. A magyar kőris és a magas kőris megkülönböztethetőségét nehezíti, hogy mindkét taxon meglehetősen változatos (Magyar 1960; Soó 1966; Kárpáti Z. 1966, 1968; Kárpáti I. 1966). A magyar kőris változatait Kárpáti Z. írta le, két egymástól független morfológiai bélyeg, a levél és a termés alapján. Előbbi esetben 3, az utóbbiban 13 változatot különböztetett meg (Kárpáti Z. 1968). E megközelítés miatt előfordulhat, hogy termés alapján az egyik, de levél alapján a másik változathoz sorolható a vizsgált egyed (egyedül a var. *pannonica* Kárp. esetében jelezte mind a két tulajdonságot).

Az alapfajjal, a keskenylevelű kőrissel, s egyben alfajával, a magyar kőrisnek legelmélyültebben Pavle Fukarek szarajevói erdészprofesszor foglalkozott a XX. század közepén (Fukarek 1955; 1956a,b,c; 1957; 1958; 1960a,b; 1963). Hazánkban a Kárpáti I. és a Kárpáti V. (1956a,b; 1957) felismerése volt az első, amellyel bizonyította a magas kőristől eltérő morfológiai sajátosságú egyedek síkvidéki ligeterdőkben betöltött meghatározó szerepét. Akkor ezt még tévesen a *Fraxinus oxycarpa* Willd. taxonnak tartották, azonban behatódott tanulmányában Tóth (1958), majd Soó és Simon (1960) megállapította, hogy ez a taxon a magyar alföldeken nem a *Fraxinus oxycarpa*-val azonos, hanem a *Fraxinus angustifolia*-val.

A magas és a magyar kőris egzakt elkülönítésére a generatív szervek architektúrájának vizsgálata a legcélravezetőbb, hiszen míg a magyar kőrisnek egyszerű fürt virágzata (inflorescentia simplex: racemosa) van, addig a magas kőrisnek összetett buga virágzata (inflorescentia compositae: paniculata) (Kárpáti Z. 1970). Ez a jellemző különbség vezetett ahhoz, hogy a két taxon elkülönítését a generatív szervek morfológiai megközelítésében végezzük.

A magyar kőris és a magas kőris botanikai jellemzésnek ismertetésétől tanulmányunkban eltekintünk, erről számos szakirodalom áll a rendelkezésünkre (Csapody és mtsai 1966; Haracsi 1975a, b; Kevey 1988; Vöröss 1991; Gencsi és Vancsura 1997; Bartha 2006a, b; Raddi 2009; Roloff 2009).

A kutatás legfőbb célja, hogy feltárja a magyar kőris és a magas kőris virágzat- és termésmorfológiájának változatosságát. A témaválasztást az alábbiak is indokolták:

- a két taxon megkülönböztetése máig problémát okoz a hazai szakközönségnek;
- az erdőtervi adatok közt sok esetben magas kőris szerepel ott is, ahol magyar kőris fordul elő;
- a magyar kőris és a magas kőris közeli rokonsága és térbeli érintkezése feltételezi hibridek létrejöttét.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Mintavétel

A vizsgálat tárgyát a virágtakaró nélküli, *Fraxinus* szekcióba tartozó *Fraxinus angustifolia* Vahl subsp. *danubialis* Pouzar és a *Fraxinus excelsior* L. virágzata és termése képezték.

A kutatás területe elsősorban a Kisalföld középső, Répce – Rábaköz menti populációját fedte le. A populációk kiválasztásának fő kritériuma a *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis* magas előfordulási aránya, feltűnő

változatossága volt. Ezekben a területeken véletlenszerűen kiválasztott, termő korú, állomány szélén elhelyezkedő egyedekről vettünk mintát, egyedenként annyit, hogy kvantitatív tulajdonságaik mérhetőek legyenek. A mintavétel valamennyi egyed esetében megegyező volt. A minták begyűjtésére augusztustól október elejéig került sor, amikor a termések már teljesen kifejlett állapotban voltak. Több gyűjtési körzetet jelöltünk ki, a magyar kőris esetében Csáfordjánosfa, Csánig, Dénesfa, Répcelak községek határait. Magas kőris mintát a Szigetközéből, Sopronból, Peresznyéről gyűjtöttünk. Összesen 97 különböző egyedről szedtünk mintát, 82 magyar kőrisről és 15 magas kőrisről. A magyar kőris minták nagyobb arányát, a taxon magas kőrishez viszonyított nagyobb változatossága, formagazdagsága indokolta, melyet a korábbiakban ismertetett irodalmak (Soó 1966; Kevey 1988) és az előzetes terepi tapasztalatok is alátámasztottak. A magyar kőris változatosságának tényét a 69 egyértelműen meghatározható magyar kőris mintából véletlenszerűen kiemelt 3-szor 15 egyedből álló mintarészek magas kőris mintával való összevetésével is vizsgáltuk, melynek során a mennyiségi tulajdonságok esetében a minták szórását, a minőségi tulajdonságoknál értékeik eloszlását és terjedelmét hasonlítottuk össze. Az összehasonlításokat a hibrid gyanús egyedek kizárásával végeztük (13 egyed).

Egyedenként 10 virágzaton, illetve terméságazaton 23 tulajdonságot vizsgáltunk. A feldolgozandó mintába a mintaelemek átlagértékei kerültek be.

A vizsgált generatív szervek hatékony gyűjtése érdekében, a korábban leírt módon, a mintavétel során a jól termő egyedeket részesítettük előnyben (preferáltuk), vagyis a mintából levont következtetések nem általánosíthatók a vizsgálati területek teljes kőris populációira, de a két taxon összehasonlítását lehetővé teszik.

A mért és származtatott mennyiségi, valamint a minőségi tulajdonságok a következők:

Mért adatok:

- a termés hossza (mm);
- a termés szélessége (mm);
- a mag hossza (mm);
- a mag szélessége (mm);
- a terméskocsány hossza (mm);
- a bibemarádvány hossza (mm);

Származtatott adatok:

- a termés hosszának és szélességének aránya, ezek átlaga;
- a termés hosszának átlaga;
- a termés szélességének átlaga;
- a mag hosszának és szélességének aránya, ezek átlaga;
- a mag hosszának átlaga;
- a mag szélességének átlaga;
- a terméskocsány hosszának átlaga;

Minőségi adatok:

- a termés alakja;
- a termés csúcsa;
- a termés csavarodottsága;
- a mag alakja;
- a mag aránya a terméshez képest;
- a mag csavarodottsága;
- a termés válla;



- a virágzat hosszúsági kategóriája;
- a virágzat jellege;
- a virágzati főtengeley struktúrája;
- a virágzati melléktengelyek struktúrája.

Adatelemzés

A mért tulajdonságok esetében, az adatelemzés során az egy egyedről vett mintaelemek átlagértékei kerültek a mintába.

Módszereink alkalmazásához szükséges volt a minőségi tulajdonságok kategóriáinak ordinációs skálára való átalakítása, mely a virágzat attribútumai esetében, módszertani szempontból, fokozott óvatosságot igényel (1. táblázat). A táblázatból látható, hogy a mért tulajdonságok kategóriái pontos mennyiségi adattal nem jellemezhetők, de elegendő információt hordoznak, hogy a morfológiára vonatkozó szélső értékek között, átmenetet képezve sorba állítsuk őket, így ordinális skálával rendelkező értékeket rendelünk hozzájuk. Az ordinális változók alapján képzett objektumok közötti távolságképzéshez Podani (1997b) diszkordancia módszerét alkalmaztuk, mely az ordinális skála értékein túl a jelenlét-hiány információkat is hangsúlyosan veszi figyelembe. A módszer ez utóbbi képességét vizsgálatunkban nem használtuk ki. Podani távolságfüggvénye alkalmas az ordinális skálán (A-D értékek) felvett növénytársulástani adatok feldolgozására is.

1. táblázat: A termés és a virágzat gyűjtött tulajdonságaihoz rendelt ordinális értékek.
Table1: Ordinal values of characteristics collected about fruit and inflorescence.

A termés jellemzői:			A termés jellemzői:	
A	Alakja:	Érték:	Minimális, < 10°	3
	Az alsó harmadban a legszélesebb	1	<45°	4
	Középen a legszélesebb	2	~45°	5
	A felső harmad alján a legszélesebb	3	~45°, a szárny kissé kanalasodik	6
	Párhuzamos	4	>45°	7
	A felső harmadban a legszélesebb	5	~90°	8
B	Csúcsa:		>90°	9
	Hegyes	1	Mag:	
	Hegyes, lehet kicsipett	2	E Alakja:	Érték:
	Tompa	3	Ellipszis	1
	Kissé kicsipett	4	Megnyúlt ellipszis	2
	Kicsipett	5	F A mag aránya a terméshez:	Érték:
	Mélyen kicsipett	6	Felénél rövidebb	1
C	Bibemarádvány:		Körülbelül a fele	2
	∅	1	Felénél hosszabb	3
	Ha van, 0,5- 1 mm	2	G A mag csavarodottsága:	
	0,5-1 mm	3	-	1
	1-2 mm	4	+	2
	2 mm <	5	H A termés válla:	
D	Csavarodottság:		Hirtelen kihegyesedő	1
	Nincs	1	Keskeny ék	2
	Nincs, a szárny kanalasodik	2	Ék	3

A termés jellemzői:			A termés jellemzői:		
	Tompa	4		Erősen elágazó	4
	Lekerekített	5		Buga	5
A virágzat jellemzői:			K	A főtenyegy struktúrája:	
I	A virágzat hossza:	Érték:		Átellenes	1
	Rövidek, tömöttek	1		3-as örvös, átellenes	2
	4-9 cm	2		3-as örvös	3
	Hosszúak, lazábbak	3	L	A melléktenyegy struktúrája:	
J	Virágzat:			Nincs melléktenyegy	1
	Fürt	1		Átellenes	2
	Gyengén elágazó	2		3-as örvös	3
	Elágazó	3			

A nagyszámú tulajdonság számokban kifejezhető adatait sokváltozós statisztikai eljárásokkal elemezve, ezgakt módon közelíthetjük meg (Borovics 1997, 1998). Az elemzéseket a SYN-TAX 2000 (Podani 2001) programcsomaggal végeztük, hierarchikus osztályozás és ordináció segítségével.

A klasszifikáció módszerével vizsgáltuk a vizsgált mennyiségi és minőségi tulajdonságok egymással való összefüggését. Ezekben az esetekben a vizsgálati objektumot az egyes paraméterek (pl. termés válla) jelentik, míg az egyedek a változók (1-2. ábra). A mennyiségi tulajdonságok kapcsolatait csoportátlag (UPGMA) analízissel, euklidészi távolság alkalmazásával (Podani 1997a), a minőségi, nem metrikus tulajdonságok összefüggését Podani (1997b, 2001) diszkordancia koefficiensével (Podani's discordance) elemeztük.

Külön a mennyiségi és külön a minőségi tulajdonságok egymáshoz való viszonyát, és az egyedek ezekhez képesti helyzetét főkomponens-analízissel (PCA, euklidészi biplot) is elemeztük. Az egyedek közötti kapcsolat vizsgálatához, a mennyiségi adatok esetében a metrikus többdimenziós skálázást (főkoordináta-analízis, principal coordinates analysis, PCoA, euklidészi távolság) alkalmaztuk. A minőségi adatok esetében nem-metrikus többdimenziós skálázást (non-metric multidimensional scaling, NMDS) használtunk (Podani 1997a, 2000). Utóbbi elemzéseknél (PCoA, NMDS) a vizsgálati objektumok az egyedek, a változók az egyes tulajdonságok (3-6. ábra)

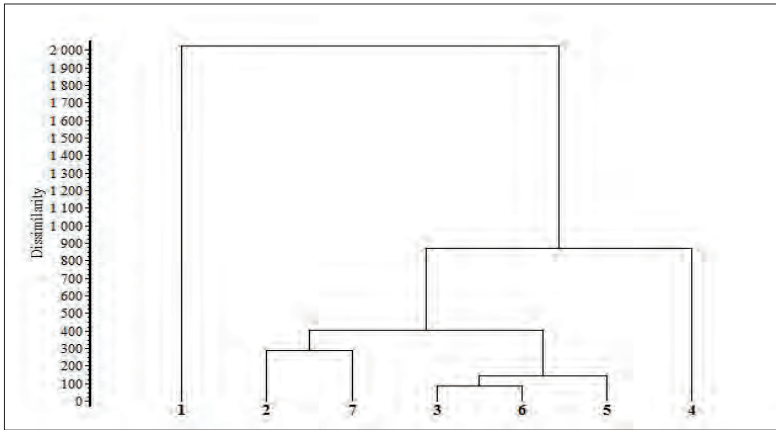
Az adatfeldolgozással és értelmezéssel kapcsolatos fontos megjegyzés, hogy a virágzat jellege (fürt vagy buga, vagy ezek kombinált előfordulása) és a melléktenyegy struktúrája közt magától értetődő összefüggés van, hiszen a fürtnek nincs melléktenyegye, a bugának van, ezért az adatelemzés során ezt nem vehetjük figyelembe.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Hierarchikus osztályozás

A tulajdonságok közti összefüggések vizsgálata

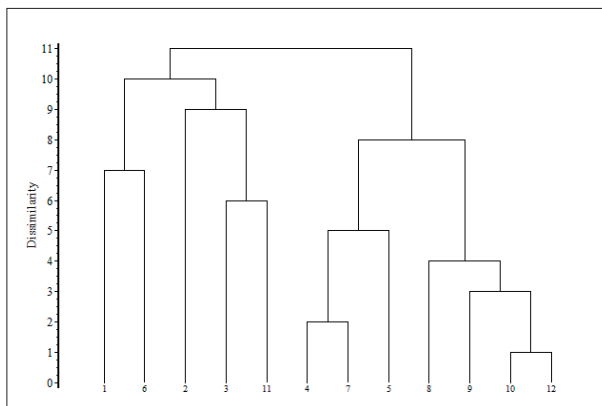
A mennyiségi tulajdonságok elemzése során kapott dendrogram szerint a legszorosabb kapcsolat a termés szélesség és hossz arányának átlaga (3) és a mag szélesség és hossz arányának átlaga (6) tulajdonságok közt van, de erősen összefügg velük a mag szélességének átlaga (5) is. Tehát a mag és termés szélesség-hosszúság arányai közel megegyeznek, számszerűen minél szélesebb a mag, arányaiban annál szélesebb a mag és a termés is. Érdekes eredmény, hogy a termés szélessége (2) elsősorban a terméskocsány hosszával (7) mutat összefüggést. A többitől a legfüggetlenebb tulajdonság a termés hossza (1) (1. ábra).



1. ábra: A vizsgált mennyiségi tulajdonságok csoportátlag analízise (UPGMA, euklidészi távolság) (1. termés hosszának átlaga, 2. termés szélességének átlaga, 3. a termés szélesség és hossz arányának átlaga, 4. a mag hosszának átlaga, 5. a mag szélességének átlaga, 6. a mag szélesség és hossz arányának átlaga, 7. ta erméskocsány hosszának átlaga).

Figure 1: Group average analysis (UPGMA, Euclidean distance) of studied quantitative characteristics (1. average of fruit length, 2. average of fruit width, 3. average of fruit length and width ratio, 4. average of seed length, 5. average of seed width, 6. average of seed length and width ratio, 7. average of fruit stalk length).

Megfigyeltük, ha olyan magyar kőris egyedeket találtunk, amelyeknek nem csupán fűrtvirágzata, hanem emellett a bugához hasonló, de annál gyengébb felépítésű virágzata („subpaniculata”) volt, akkor a melléktengelyek minden esetben keresztben átellenesek, még akkor is, ha a virágzat főtengele hármastörzses állású volt. Ez a tulajdonság a magyar kőris hajtásrendszerében is nagyon gyakori jelenség (Vöröss 1974a, b; 1982; Kevey 1988). A magas kőris esetében a virágzati főtengele, és a virágzati melléktengely is keresztben átellenes elágazásának bizonyult. Az említett két változó szorosabban összefügg a virágzat hosszával (9) és a termés vállával (8.) is. A mag (7) és a termés csavarodottsága (4) logikus módon összefügg, lazábban függ össze velük a mag alakja (5) is (2. ábra).



2. ábra: A vizsgált minőségi tulajdonságok nem-metrikus (Podani's discordance) analízise (1. a termés alakja, 2. a termés csúcsa, 3. a bibemaradvány, 4. a termés csavarodottsága, 5. a mag alakja, 6. a mag aránya terméshez képest, 7. a mag csavarodottsága, 8. termés válla, 9. virágzat hossza, 10. virágzat jellege, 11. főtengele struktúrája, 12. melléktengelyek struktúrája).

Figure 2: Non-metric, Podani's discordance analysis of studied qualitative characteristics. (1. fruit shape, 2. top of fruit, 3. remain of stigma, 4. twist of fruit, 5. seed shape, 6. seed fruit ratio, 7. twist of seed, 8. shoulder of fruit, 9. length of inflorescence, 10. trait of inflorescence, 11. structure of prime inflorescence axis, 12. structure of lateral axis).

Az egyedek közötti kapcsolatok vizsgálata

A mennyiségi paraméterek alapján a csoportátlag-analízissel (UPGMA) készített dendrogramon a két taxon egyedei nem válnak el egymástól, ebből következően a két taxon termésének mennyiségi, azaz mérhető tulajdonságai nem fajspecifikusak, tehát nem határozó jellegűek. Ugyan kialakultak jól elkülönülő, határozott csoportok, de ezekben a magyar kőris és magas kőris minták keveredve fordulnak elő.

A minőségi tulajdonságok alapján végzett analízis (non-metric, Podani's discordance) szerint megállapítható a két taxon különválása. Jól körülhatárolható csoport tartalmazza a magas kőris egyedeket, illetve az olyan hibrid gyanús egyedeket, amelyek a termésmorfológia alapján inkább a magas kőrishez hasonlítanak.

Az említett egyedek közötti kapcsolatra vonatkozó dendrogramok közzétételétől terjedelmi okokból eltekintünk.

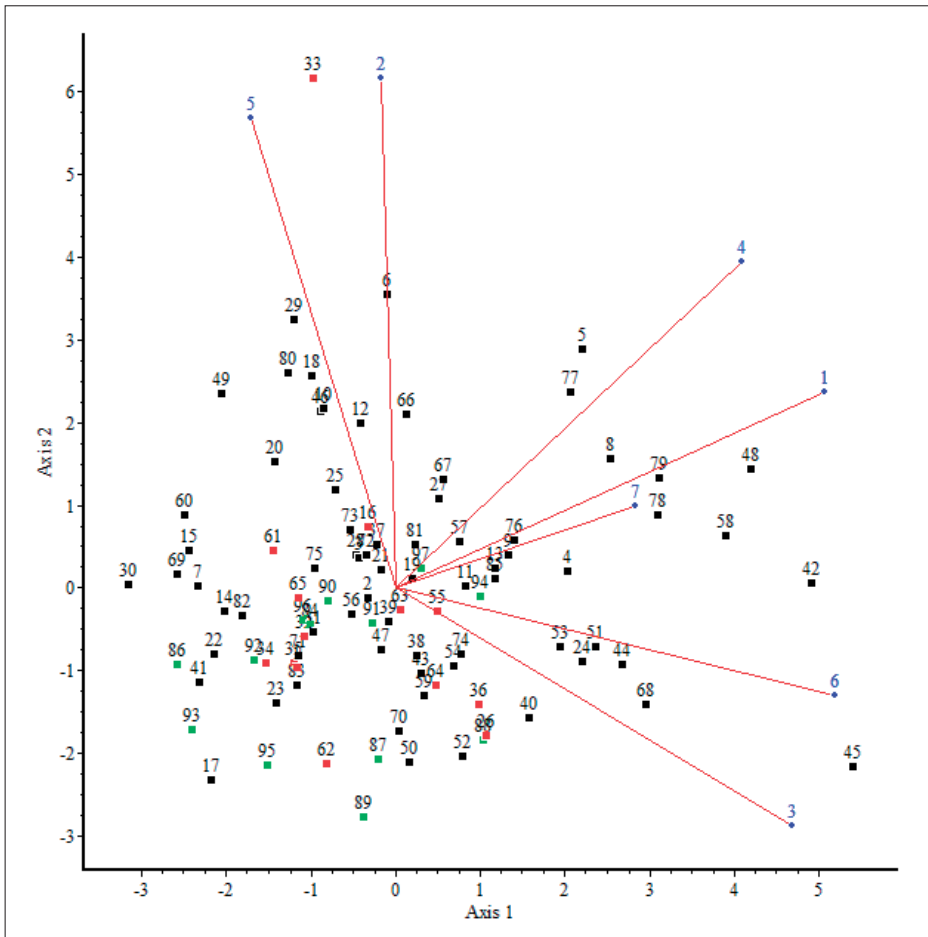
Ordináció

A tulajdonságok közti összefüggések vizsgálata

A mennyiségi változók főkomponens analízise során (PCA, euklideszi biplot) eltérő kapcsolati viszonyt vélhetünk felfedezni a hierarchikus klasszifikáció eredményeitől (1. ábra), mely esetében a termés hossz átlaga (1) tulajdonság viszonylag függetlennek bizonyult. Ebben az esetben (PCA) azonban a többivel viszonylag egyformán összefügg, kivéve a terméskocsány hosszának átlagát (7), mellyel szorosabban összefügg. A termés szélesség és hossz aránya (3) és a mag szélesség és hossz aránya (6) tulajdonság továbbra is szorosan kapcsolódik egymáshoz (3. ábra).

A 3. ábrán látható diagramon az egyedek ordinációs helyzete hasonlóságot mutat az 5. ábrán látható főkoordináta analízis eredményével. Mindkét esetben létezik egy, a minta többi részétől elkülönülő magyar kőris csoport a diagram jobb oldalán és felső részén (fekete pontok). A diagram alsó és bal oldali részén az eltérő színekkel jelölt három csoport mintái vegyesen, egymáshoz közel helyezkednek el. Az elemzés alapján megállapítható, hogy az elkülönülő két csoport helyzetét a termés szélesség és hossz arányának átlaga (3) kivételével minden változó magyarázza. A változók magasabb értékei minden esetben az elkülönülő magyar kőris csoport példányaihoz kötődnek, míg az átlagos és alacsony értékeket a vegyes csoport mintáinál figyelhetjük meg elsősorban.

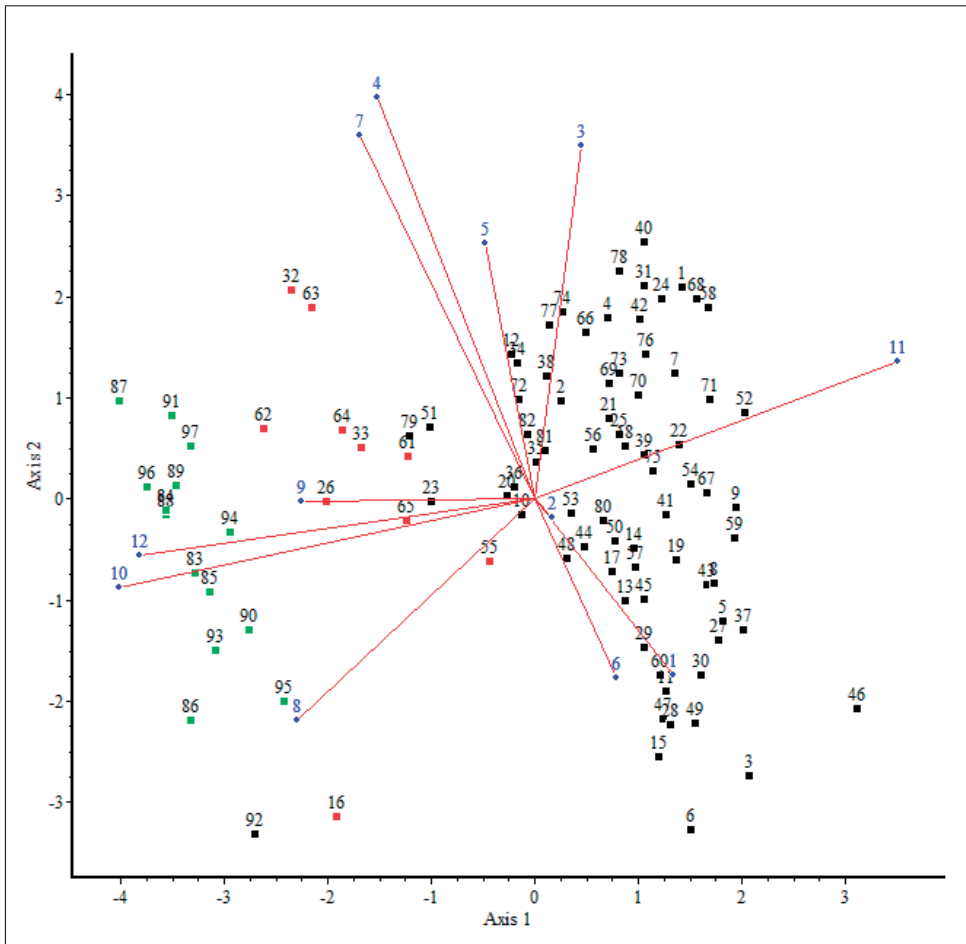
Adataink szerint a magyar kőris generatív szerveinek mennyiségi tulajdonságai jóval változatosabbak a magas kőrisénél és a hibrid gyanús egyedekénél. Felmerül a lehetősége annak, hogy hibridizáció során elsősorban a magas kőris méretbeli tulajdonságai érvényesülnek, a nagyobb mérettartományok adatai csak a tisztán magyar kőris esetében fordulnak elő. Alternatív lehetséges magyarázat lehetne a populációk földrajzi elhelyezkedéséből eredő elkülönülés, amit mintáink eredete nem támaszt alá.



3. ábra: A vizsgált mennyiségi tulajdonságok főkomponens-analízise (PCA) (1. a termés hosszának átlaga, 2. a termés szélességének átlaga, 3. a termés szélesség és hossz arányának átlaga, 4. a mag hosszának átlaga, 5. a mag szélességének átlaga, 6. a mag szélesség és hossz arányának átlaga, 7. a terméskocsány hosszának átlaga). (A pontok az egyedeket jelölik: zöld – *Fraxinus excelsior*, fekete – *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, piros – hibrid gyanús egyedek).

Figure 3: Principal components analysis (PCA) of studied quantitative characteristics (1. average of fruit length, 2. average of fruit width, 3. average of fruit length and width ratio, 4. average of seed length, 5. average of seed width, 6. average of seed length and width ratio, 7. average of fruit stalk length) (Points show examined trees: green – *Fraxinus excelsior*, black – *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, red – individual trees with hybrid traits.)

A főkomponens analízis (PCA, euklideszi biplot) alátámasztja a korábbi megállapítást (2. ábra), miszerint a legjobban összefüggő minőségi tulajdonságok a termés csavarodottsága (4) és a mag csavarodottsága (7), illetve a virágzat jellege (10) és a melléktengelyek struktúrája (12) (4. ábra).



4. ábra: A vizsgált minőségi bélyegek főkomponens-analízise (PCA) (1. a termés alakja, 2. a termés csúcsa, 3. a bibemaradvány, 4. a termés csavarodottsága, 5. a mag alakja, 6. a mag aránya a terméshez képest, 7. a mag csavarodottsága, 8. a termés válla, 9. a virágzat hossza, 10. virágzat jellege, 11. főtenyely struktúrája, 12. melléktenyelyek struktúrája) (A pontok az egyedeket jelölik: zöld – magas kőris, fekete – magyar kőris, piros – hibrid gyanús egyedek).

Figure 4: Principal components analysis (PCA) of studied qualitative characteristics. (1. fruit shape, 2. top of fruit, 3. remain of stigma, 4. twist of fruit, 5. seed shape, 6. seed fruit ratio, 7. twist of seed, 8. shoulder of fruit, 9. length of inflorescence, 10. trait of inflorescence, 11. structure of prime inflorescence axis, 12. structure of lateral axis) (Points show examined trees: green – *Fraxinus excelsior*, black – *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, red – individual trees with hybrid traits).

Megfigyelhető, hogy a magyar kőris, a magas kőris és a nem egyértelmű egyedek (az esetleges hibridek) különválnak, ami az előző mennyiségi főkomponens-analízis során nem volt így. Ez is bizonyítja, hogy a csupán mennyiségi tulajdonságok nem megfelelőek a két taxon különválasztására. A három mintacsoport határozott elkülönülése fontos következtetések levonását teszi lehetővé arra vonatkozóan, hogy milyen erősségűek a minőségi változók az előzetesen megállapított három csoport ordinációja szempontjából. Legfontosabbak azok a változók, melyek tengelye merőlegesen, gradiensként áthalad a három megkülönböztetett csoporton. Ezek a következők: a virágzat jellege (10.), a főtenyely struktúrája (11.), a melléktenyelyek struktúrája (12.), a virágzat hossza (9.), a termés válla (8.). Ezek közül az első három vagy négy akár egy tulajdonságként is értelmezhető, mely a virágzatot szerkezetileg jellemzi, és mutatja meghatározó jelentőségét. A termés válla itt

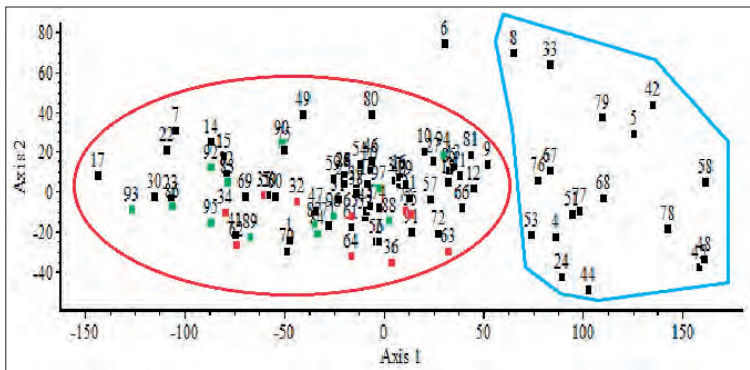
is és a 2. ábra dendrogramján is kapcsolódik a virágzatra vonatkozó változókhoz, így a mag- és termésváltók közül ez a legalkalmasabbnak bizonyuló differenciáló bélyeg. Az előzetesen magas és magyar kőrisként meghatározott csoportok morfológiai változatosságát esősorban azok a változók magyarázzák, melyek az előző tengelyekre merőlegeshez hasonló szöveget zárnak be. Ide tartozik a termés és a mag tulajdonságainak többsége (kivéve a termés válla – 8).

Elvégeztünk egy olyan csökkentett ordinációs főkomponens-analízist is, amelyben nem szerepeltettük a virágzat kvalitatív (minőségi) tulajdonságait, hanem csak az első kilencet, a virágzat jellege (10), a főtenyeg struktúrája (11), a melléktenyeg struktúrája (12) tulajdonság nélkül. Ebben az esetben a csoportok nem válhattak szét egyértelműen, hiszen a 4. ábrán látható módon ezeknek a változóknak a tengelyei összesítve szinte egyenes vonalként húzódnak mindhárom csoporton keresztül.

A mag és termés minőségi tulajdonságainak változatossága a magas és magyar kőris esetében nagyobb, mint az előzetesen hibrid-gyanúsaként értékelt minták esetében, melyek minőségi tulajdonságaik szerint viszonylag egységesek, és jól mutatják átmeneti tulajdonságaikat.

Az egyedek közötti kapcsolatok vizsgálata

A mennyiségi vizsgálatoknál a metrikus többdimenziós skálázást (főkoordináta analízis, principal coordinates analysis, PCoA, euklidészi távolság) alkalmaztuk, mely alkalmas a metrikus értékek feldolgozására (5. ábra). Az ábrán nem különülnek el a taxonok, tehát itt is megállapíthatjuk a mennyiségi mutatók elégtelenségét a pontos meghatározáshoz, de vizsgálatunk alkalmas a magyar kőris csoport differenciálására. A mennyiségi tulajdonságok alapján a vizsgált magyar kőrisként vett minták egy része nagyfokú hasonlóságot mutat a magas kőris mintákkal és a hibrid gyanús egyedekkel. A magyar kőrisek másik csoportja viszont határozottan elkülönülő pontfelhőként jelenik meg az ordinációs diagramon, amint azt a 3. ábrán is megfigyelhettük a főkomponens-analízis esetében. Léteznek tehát olyan metrikus változó kombinációk, melyek csak a magyar kőrisek egy részére jellemzőek.



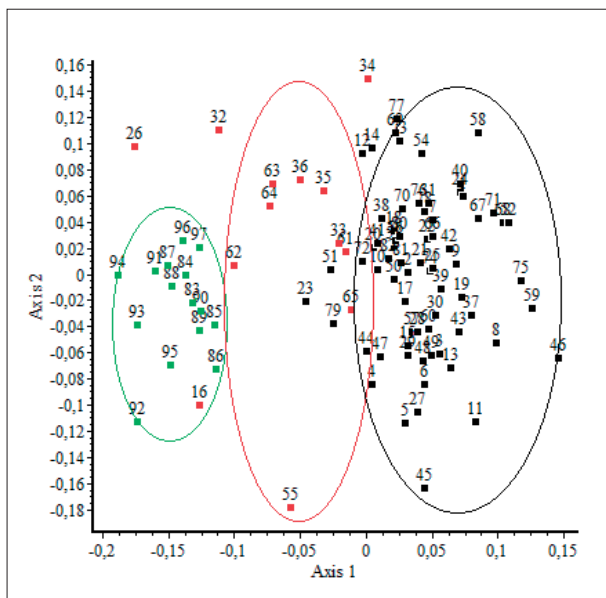
5. ábra: A vizsgált egyedek főkoordináta-analízise a mennyiségi tulajdonságok alapján (PCoA, euklidészi távolság).

(A pontok az egyedeket jelölik: zöld – magas kőris, fekete – magyar kőris, piros – hibrid gyanús egyedek. A vonalak az elkülönített csoportokat jelentik: piros – vegyes csoport, kék – elkülönülő magyar kőris csoport)

Figure 5: Principal coordinates analysis (PCoA, Euclidean distance) of studied trees by quantitative characteristics. (Points show studied trees: green – *Fraxinus excelsior*, black – *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, red – individual trees with hybrid traits. Lines show separated groups: red – mixed group, blue – separated *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis* group).

További vizsgálatokat a nem-metrikus többdimenziós skálázás (non-metric multidimensional scaling, NMDS) segítségével végeztünk (6. ábra). A minőségi tulajdonságok ordinációja jól szemlélteti az egyes csoportok különválását hasonlóan a 4. ábrához. Ebben a vizsgálatban szerepeltek az olyan ordinális skálába

alakított változók, mint a virágzat típusa, elágazásainak struktúrája. Ha ezeket a változókat figyelmen kívül hagyjuk, nincs elkülönülés. Az összefüggést törvényszerűnek is tekinthetjük, hiszen az előzetes határozás, csoportba sorolás elsősorban ezek alapján a tulajdonságok alapján történt. Ez azonban még nem jelenti azt, hogy más minőségi változók ne foghatnák össze a csoportokat. A 6. ábra alapján levonható az a következtetés, hogy a vizsgált minták alapján a magas kőrisek csoportja a minőségi tulajdonságok szerint egységesebb. A magyar kőrisként kategorizált minták jóval változatosabbak, a hibrid gyanús példányok is a magyar kőris csoporttal elegyednek és mutatnak hasonló tulajdonságokat. Azok az előzetesen hibrid gyanús egyedeként kategorizált minták, melyek az ordináció szerint nem képeznek átmenetet a két taxon között (26., 32., 55. egyed), a minőségi tulajdonságok alapján mégsem tekinthetők valóban hibridjellegűeknek. Ezek az atipikus példányok kisszámú, de különálló csoportként leválaszthatók, így módosítva kategóriarendszerünket.



6. ábra: A vizsgált egyedek ordinációja a minőségi tulajdonságok alapján (nem-metrikus többdimenziós skálázás) (A pontok az egyedeket jelölik, zöld – magas kőris, fekete – magyar kőris, piros – hibridgyanús egyedek.)

Figure 6: Ordination of studied trees by qualitative characteristics (Non-metric multidimensional scaling). (Points show examined trees, green – *Fraxinus excelsior*, black – *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, red – individual trees with hybrid traits).

A magyar kőris és magas kőris minták szóródásának összehasonlítása

A mennyiségi tulajdonságok esetében szinte minden paraméternél nagyobb a magyar kőris változatossága, mint a magas kőrisé. Kivételként említhető a mag hosszának átlaga, melynél a 2. random magyar kőris minta szórása alumulja a magas kőrisé. A magyar kőris esetében különösen a terméskocsány hossza és a mag szélességének átlaga bizonyult a magas kőrisénél jelentősen változatosabb tulajdonságnak (2. táblázat).



2. táblázat: A mennyiségi tulajdonságok értékeinek szórása a magas kőris minták és a random magyar kőris minták esetében.
Table 2: Deviation of quantitative characteristic values by *Fraxinus excelsior* and random *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis* samples.

	Magas kőris	Magyar kőris – Random 1.	Magyar kőris – Random 2.	Magyar kőris – Random 3.
A termés hosszának átlaga (mm)	4,50	7,05	5,50	6,39
A termés szélességének átlaga (mm)	1,06	1,13	1,49	1,23
A termés hosszának és szélességének aránya, ezek átlaga	0,60	0,83	0,77	1,14
A mag hosszának átlaga (mm)	2,26	3,62	1,77	3,18
A mag szélességének átlaga (mm)	0,35	0,68	0,90	0,56
A mag hosszának és szélességének aránya, ezek átlaga	0,53	0,62	0,57	0,97
A terméskocsány hossza (mm)	0,87	2,78	2,19	1,83

A minőségi tulajdonságok szóródását oly módon vizsgáltuk, hogy összehasonlítottuk a két taxon mintáinak terjedelmét az ordinális skálákon, illetve azt, hogy az adott skála értékeiből mennyit vesznek fel a mintákban lévő egyedek. Ebben az összehasonlításban nem szerepel a virágzat jellege, a virágzati főtengely struktúrája és a virágzati mellétengelyek struktúrája, mert ezek a változók a két taxonon belül szinte teljesen egységesek. Az elemzés eredményei szerint több olyan tulajdonság van, mely esetében megállapítható, hogy a magyar kőris minták a magas kőrisénél, mindhárom random minta esetében szélesebb spektrumon vesznek fel értékeket, vagy több ordinális skálaértékkel fordulnak elő (piros számok). Ezek a tulajdonságok a következők: a bibemaradvány hossza, a termés csavarodottsága, a termés válla, a virágzat hosszúsági kategóriája. A magas kőris minőségi értékeinek nagyobb terjedelme két tulajdonság esetén állapítható meg, 2 – 2 random magyar kőris minta viszonylatában (zöld számok) (3. táblázat).

A minták szóródásának elemzését a hibridgyanús, de előzetesen magyar kőrisként határozott egyedek kizárásával végeztük. Feltételezhető, hogy ezek bevonása és a magyar kőris mintához sorolása esetén még magasabb szórásértékeket kapnánk.

3. táblázat: A minőségi tulajdonságok értékeinek eloszlása a magas kőris minták és a random magyar kőris minták esetében.
Table 3: Distribution of qualitative characteristic values by *Fraxinus excelsior* and random *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis* samples.

	Magas kőris (db)	Magyar kőris – Random 1. (db)	Magyar kőris – Random 2. (db)	Magyar kőris – Random 3. (db)
A termés alakja				
1	0	0	0	0
2	6	6	8	8
3	6	2	5	4
4	1	2	0	0
5	2	5	2	3
A termés csúcsa				
1	3	1	2	1
2	1	0	0	1

	Magas kőris (db)	Magyar kőris – Random 1. (db)	Magyar kőris – Random 2. (db)	Magyar kőris – Random 3. (db)
3	0	2	1	2
4	7	2	8	4
5	3	10	4	7
6	1	0	0	0
A bibemaradvány hossza				
1	1	3	0	3
2	11	7	7	5
3	0	3	4	5
4	3	1	3	1
5	0	1	1	1
A termés csavarodottsága				
1	0	1	0	1
2	2	1	4	1
3	0	4	1	3
4	0	1	0	1
5	10	4	7	8
6	0	1	1	0
7	0	0	1	0
8	3	3	1	1
9	0	0	0	0
A mag alakja				
1	6	8	8	6
2	9	7	7	9
A mag aránya a terméshez képest				
1	5	1	2	3
2	4	10	7	9
3	6	4	6	3
A mag csavarodottsága				
1	2	4	5	5
2	13	11	10	10
A termés válla				
1	0	1	0	1
2	0	1	0	2
3	0	5	4	4
4	7	3	6	5
5	8	5	5	3
A virágzat hosszúsági kategóriája				
1	0	4	4	6
2	8	7	7	7
3	7	4	4	2



Következtetéseink a következőkben foglalhatók össze:

- Mennyiségi morfológiai adatok alapján a magyar kőris minták két részre oszthatók, a magas kőrishez és a hibrid gyanús egyedekhez hasonló és az azoktól eltérő csoportra.
- A magyar kőris mennyiségi és minőségi tulajdonságok terén is változatosabb, mint a magas kőris.
- A sokváltozós statisztikák szerint a hibrid gyanúnak minősített egyedek egymáshoz hasonlító elemekből álló, jól körülhatárolható halmazt alkotnak, figyelembe véve a mag- és a termés minőségi tulajdonságait.
- A magyar és magas kőris, valamint a kettő közötti átmeneti csoport mennyiségi tulajdonságok alapján nem, csak minőségi, elsősorban a virágzatra vonatkozó bélyegek szerint választhatók szét.

ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányunkban arra kerestük a választ, hogy sokváltozós statisztikai módszerek alkalmazásával, mennyiségi és minőségi morfológiai változók segítségével elválaszthatók-e egymástól a magyar kőris és a magas kőris egyedek, valamint az előzetesen átmenetinek mutatózó, hibridgyanús egyedek hová helyezhetők el az előbbi két taxonhoz képest. Munkánk során az alkalmazott változók egymáshoz való viszonyát is elemeztük.

A sokváltozós statisztikák értékelése során eltérő szemszögből kell megítélni a mennyiségi és a minőségi változókra vonatkozó eredményeket. A mennyiségi adatokra vonatkozó eredmények könnyen értelmezhetőek, jellegükből adódóan minimális a szubjektivitás lehetősége. Az egyedek ordinációja során az előzetes elvárásokkal ellentétben a fajok nem választhatók el egymástól, így nem mutathat tendenciát a hibridjellegű példányok elhelyezkedése hozzájuk képest. Értékes eredmény a magyar kőris egyedek mennyiségi változók szerinti differenciálása, nagymértékű változatosságának detektálása. A magyar kőris magas kőrishez viszonyított nagyobb változatosságát a minták szóródására vonatkozó elemzés is igazolta.

Az egyedek minőségi változók szerinti ordinációja ellentmondásosnak tűnő tényekre mutat rá. A generatív szervek minőségi jellemzői alapján a magyar kőris és magas kőris egyedek az ordináció során egyértelműen elválnak egymástól, a hibridjellegű egyedek is viszonylag kompakt összefüggő halmazt alkotnak. Ez jelentős részben a módszertanból adódó jelenség, a terepi mintavételezés során a meghatározás elsősorban a virágzat szerkezetén alapult, amit a statisztikának igazolnia kellett. Elméletileg a virágzat szerkezetének változót felülírhatták volna a magra és a termésre vonatkozó adatok, de ez nem következett be. Információt kaptunk ellenben arra, hogy a két taxon egyértelműen elkülönülő egyedeinek a mag- és termésadatokra vonatkozó minőségi tulajdonságai szélesebb spektrumot ölelnek át, mint az átmeneti egyedeké, melyek egységesebbek. Néhány egyed még az előzőekben ismertetett, a csoportosulásokat elősegítő és irányító módszertani adottságok ellenére sem sorolható csoportokba, esetükben a generatív szervek morfológiája alapján nem számíthatunk eredményre. A generatív szervekkel párhuzamosan folynak a vegetatív szerveknek is a metrikus adatok szerinti morfológiai vizsgálata, melyek a jövőben módosíthatják vagy árnyalhatják a két taxonra vonatkozó eddigi eredményeinket.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetünket fejezzük ki dr. Csizsár Ágnesnek, Kovács Miklósnak, Sporčič Deannak és Horváth Tímeának, akik hozzájárultak a szakirodalmi forrásanyagok felkutatásához, fordításához. Köszönet illeti a Kiszalárdi Erdőgazdaság Zrt. munkatársait a vizsgálati anyag bővítésében nyújtott segítségükért. Kutatásunkat a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004. projekt támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bartha D. 2006a: A magyar kőris botanikai jellemzése. Erdészeti Lapok, 141: 84-86.
- Bartha D. 2006b: A magyar kőris megismerésének viszonyosságos története. Erdészeti Lapok, 141: 58-61.
- Borovics A. 1997: A kocsánytalan tölgyek levélmorfológiai vizsgálata. Erdészeti Kutatások, 86-87: 125-142.
- Borovics A. 1998: A tölgyek hibridizációja, morfológiai és genetikai változatossága. Erdészeti Kutatások, 88: 89-108.
- Csapody I.; Csapody V. és Rott F. 1966: Erdei fák és cserjék. OEF, Budapest.
- Fukarek, P. 1955: Dodatak članku »Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl)«. Šumarski list, 79: 16-21.
- Fukarek, P. 1956a: Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) i neke njegove šumskouzgojne osobine. Šumarstvo, 9: 331-345.
- Fukarek, P. 1956b: Prilog poznavanju šumskih zajednica u kojima se javlja poljski jasen. Šumarski list, 80: 30-40.
- Fukarek, P. 1956c: Razlike između poljskog i običnog jasena. Narodni šumar, 10: 27-38.
- Fukarek, P. 1957: Novipodaci o poljskom jasenu (*Fraxinus angustifolia* Vahl). Šumarski list, 81: 30-35.
- Fukarek, P. 1958: Dendrogeografski prilozi flori Bosne i Hercegovine. Nova nazališta poljskog jasena – *Fraxinus angustifolia* Vahl – u Hercegovini i Bosne. Godišnjak Biološkog Instituta u Sarajevu, 12: 46-47.
- Fukarek, P. 1960a: Differences morphologiques et anatomiques entre le Frêne commun (*Fraxinus excelsior* L.) et le Frêne oxyphylle (*F. angustifolia* Vahl). Bulletin de la Société botanique de France, 107: 192-198.
- Fukarek, P. 1960b: Poljski jasen i njegova morfološka varijabilnost. *Fraxinus angustifolia* Vahl (= *F. oxycarpa* Willd.). Glasnik za šumske pokuse, 14: 133-258.
- Fukarek, P. 1963: Rasprotrajenost i druge fitohorološke karakteristike poljskog jasena (*F. angustifolia* Vahl). Naučno društvo SR bosne i Hercegovine Djela, 20 (4): 1-99.
- Gencsi L. és Vancsura R. 1997: Dendrológia. Erdészeti növénytan II. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Haracsi L. 1975a: A szlavónkőris (*Fraxinus slavnica* Maj.-Har. n. sp.). Az Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei, 1 (1): 7-17.
- Haracsi L. 1975b: A szlavónkőris / *Fraxinus slavnica* Máj.-Har. n. sp. Az Erdő, 24 (8): 363-374.
- Kárpáti I. és Kárpáti V. 1956a: A hegyesfogó és a magas kőris megkülönböztetése. Erdőgazdaság, 10 (16): 10.
- Kárpáti I. és Kárpáti V. 1956b: Natürlliches Vorkommen von *Fraxinus oxycarpa* in Ungarn. Acta Botanica Hungarica, 2: 275-280.
- Kárpáti I. és Kárpáti V. 1957: A *Fraxinus oxycarpa* Willd. és *Fr. excelsior* L. cönológiai elkülönítése. Erdészeti Kutatások, 4 (1-2): 65-81.
- Kárpáti I. 1966: Bartók Béla emlékfá. Keszthelyi Agrártudományi Főiskola Kiadványai, 8 (3): 3-4.
- Kárpáti Z. 1966: Egy új vadontermő magyarkőris-változat (*Fraxinus angustifolia* Vahl ssp. *pannonica* Soó et Simon var. *Bartoki* Kárp. Z.). Keszthelyi Agrártudományi Főiskola Kiadványai, 8 (3): 5-7.
- Kárpáti Z. 1968: A magyar kőris (*Fraxinus angustifolia* Vahl. ssp. *pannonica* Soó et Simon) alakváltozatossága. Botanikai Közlemények, 55: 37-43.
- Kárpáti Z. 1970: Eine kritisch-taxonomische Übersicht der in Europa wildwachsenden Eschen-Arten und deren Unterarten. Feddes Repertorium, 81: 171-186.
- Kevey B. 1988: Adatok Magyarország flórájának és vegetációjának ismeretéhez IV. Botanikai Közlemények, 74-75 (1-2): 93-100.
- Magyar P. 1960: Alföldfásítás I. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Podani J. 1997a: Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeltárás rejtelmeibe. Scientia Kiadó, Budapest.
- Podani, J. 1997b. A measure of discordance for partially ranked data when presence/absence is also meaningful. Coenoses, 12: 127-130.
- Podani J. 2000: Introduction to the exploration of multivariate biological data. Backhuys Publishers, Leiden.
- Podani, J. 2001: Computer Programs for Data Analysis in Ecology and Systematics. User's Manual. Scientia, Budapest.
- Raddi, S. 2009: *Fraxinus angustifolia* Vahl, 1804. 1-18. In: Roloff, A.; Weisgerber, H.; Lang, U. und Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie 54. Erg. Lfg. 01/10.
- Roloff, A. 2009: *Fraxinus excelsior* Linné, 1753. 1-15. In: Roloff, A.; Weisgerber, H.; Lang, U. und Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie 7. Erg. Lfg. 3/97.
- Soó R. és Simon T. 1960: Bemerkungen über südosteuropäische *Fraxinus*- und *Dianthus*-Arten. Acta Botanica Hungarica, 6: 143-153.



- Soó R. 1966: A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve II. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Tóth I. 1958: Az Alsó-Dunaárter erdőgazdálkodása. A termőhely és az erdőtípusok összefüggése. Erdészeti Kutatások, 5 (1-2): 77-160. spec. p. 100.
- Vöröss L. Zs. 1974a: Újabb taxonok Bátorliget flórájához. Botanikai Közlemények, 61 (1): 43-44.
- Vöröss L. Zs. 1974b: Néhány újabb adat Baranya flórájához. Botanikai Közlemények, 61 (1): 45-46.
- Vöröss L. Zs. 1982: Hármastagú váltakozó örvös állás egyes *Oleaceae* nemzetségeknél. Botanikai Közlemények, 69 (1-2): 151-154.
- Vöröss L. Zs. 1991: Ártereink fája: a magyar kőris. Erdészeti Lapok, 126: 84.
- Weiser, F. 1964: Anlage und erste Ergebnisse vergleichender Anbauversuche mit generativen Nachkommenschaften von Eschen (*Fraxinus excelsior*L.) trockener Kalkstandorte und grundwasserbeeinflusster Standorte. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 83 (7/8):193-211.
- Weiser, F. 1974: Ergebnisse 10-jähriger vergleichender Anbauversuche mit generativen Nachkommenschaften von Eschen (*Fraxinus excelsior*L.) trockener Kalkstandorte und grundwassernaher Standorte. Beiträge für Forstwirtschaft, 1: 11-16.
- Weiser, F. 1995: Beitrag zur Existenz von Ökotypen bei gemeiner Esche (*Fraxinus excelsior* L.). Forstarchiv, 66: 251-257.

Érkezett: 2014. március 11.
Közlésre elfogadva: 2014. július 15.

HOMOKI SZÜRKE NYÁRRAL ELEGYES AKÁCOSOK FATERMÉSE: ESETTANULMÁNY

Rédei Károly¹, Rásó János¹, Keserű Zsolt¹ és Juhász János²

¹NAIK-Erdészeti Tudományos Intézet, Ültetvényyszerű Fatermesztési Osztály

²NAIK-Erdészeti Tudományos Intézet, Erdészeti Ökonómiai Osztály

Kivonat

A tanulmány különböző elegyedésű akác (*Robinia pseudoacacia*) és szürke nyár (*Populus × canescens*) faállományrészek szerkezetét és fatermését elemzi, részben új módszertani megközelítéssel. A főbb faállomány-szerkezeti és fatermési tényezőket fajonként külön-külön törzsenkénti felvétellel és fatérfogat-egyenletekkel, az elegyben résztvevő fajok térfogatarányát (RV_A és RV_B) pedig a vonatkozó fatermési táblák adatsoraihoz viszonyítva állapítottuk meg. Szoros összefüggést találtunk a fakészlet és a fajok törzsszám szerinti elegyarányának viszonyzáma között. 16 és 21 éves korban az elegyes állományokban mért relatív fatérfogat-többség 1,32-1,80 között változott a kontroll, azaz a vizsgált fajok elegyetlen állományaihoz viszonyítva. A vizsgálatok azt is bizonyították, hogy ha két fajnak gyors a kezdeti növekedési erélye és hasonló a véghasználati kora, akkor kölcsönös természetesi előnyökkel járó elegyes állományokban is termesztethetők.

Kulcsszavak: fehér akác, szürke nyár, elegyes faállományok, hozamvizsgálatok

YIELD OF BLACK LOCUST (*ROBINIA PSEUDOACACIA*) STANDS MIXED WITH GREY POPLAR (*POPULUS × CANESCENS*): A CASE STUDY

Abstract

The paper analyses the stand structure and yield of black locust (*Robinia pseudoacacia*) stands mixed with grey poplar (*Populus × canescens*) in various proportions, partly applying a new methodological approach. The main stand structure and yield factors were determined separately for each species, measured stem by stem, using the volume functions prepared for each species. The ratio of the volumes of the species (RV_A and RV_B) was determined based on the particular yield tables. A close relationship has been found between the ratio of relative volume and the proportion of the species calculated by number of stems. The relative surplus in the volume of the mixed stands varied between 1.32-1.80 at age 16 and 21 years compared to the control, i.e. the yield of pure stands of the species concerned. The investigations have also proven that if two species have a fast initial growth rate and a similar rotation age, they can be planted in mixed stands resulting in mutual growing advantages.

Keywords: black locust, grey poplar, mixed stands, yield studies



BEVEZETÉS

Magyarország erdeit - európai viszonylatban is kiemelkedő módon - fajgazdagság és ebből is következő biológiai sokféleség jellemzi. Főleg a természetközeli domb- és hegyvidéki erdeink többsége rendelkezik olyan kedvező fajösszetétellel és szerkezettel, amely nemzetközileg is példaként szolgálhat. Európa államainak többsége ma már az elegyes faállományok létesítésére és fenntartására törekszik. Az erdők stabilitásának a kialakítása és megőrzése, a biológiai sokféleség elérése, illetve megtartása egyaránt indokolja ezt a törekvést (Solymos 2000).

Az elegyes faállományokat ökológiai és a hozamok szempontjából is általában többre értékeljük az elegyetleneknél. A mai kutatások egyik legfontosabb vizsgálandó kérdése, hogy a fatermés mennyisége és minősége mekkora különbségeket mutat azonos termőhelyen az elegyetlen és az elegyes faállományok esetén. A többcélú erdőgazdálkodás feladatait tekintve a kérdés súlya a jövőben minden bizonnyal módosulni fog. Az erdők természetvédelmi jelentősége, jóléti szerepe és védelmi szolgáltatásai napjainkra elsődrendű tényezőkké váltak. Ennek megfelelően az elegyes erdők kutatási feladatai is bővülnek, bár a fatermési vonatkozások jelentősége sem csökken.

Magyarországon a legtöbb esetben lehetőség van elegyes erdők létesítésére, fenntartására, nevelésére. Az elegyítés módját és lehetőségeit az erdősitéskor a termőhely határozza meg. Az erdőnevelés (nevelővágások) útján ugyanakkor számottevő módon lehet az elegyes erdők összetételén, szerkezetén is változtatni, javítani.

Az elegyes erdők esetében a tudományos igényű vizsgálatok sokkal összetettebb feladatot jelentenek, mint az elegyetlen állományok tanulmányozása. Részben ezzel magyarázható, hogy viszonylag kevés tudományos igényű szakirodalmi forrást találunk az elegyes állományok növekedésének és hozamának számszerűsítésére és az eredményeknek az elegyetlen állományokéval való összehasonlítására.

A gyakorlati erdőművelők a 18. század végén kezdték meg elegyes erdők szerkezetének és fajösszetételének jellemzését, elsősorban tölgyfélékkel elegyes faállományokban. A 19. század elejét elsősorban monokultúrás erdők létesítése jellemezte, de a század közepétől fokozottabb jelentőséget kapott az elegyes erdők telepítése (Heyer 1854).

A 20. század elején Közép-Európában végzett elemzések azt mutatták, hogy az elegyes erdei- és lucfenyőből létrehozott állományoknak nagyobb a fatérfogatuk az elegyetlen állományokkal összehasonlítva (Schilling 1925, Busse 1931). Hasonlóképpen azt is megfigyelték, hogy a nyír elegyítésével a lucfenyvesekben nem csökken ez utóbbi faj hozama (Fiedler 1966). Például 40 % nyír és 60 % luc elegye nagyobb összes fatermést eredményezett, mint ezeknek a fajoknak elegyetlen állományai (Lappi-Seppala 1930). Wiedemann (1943) arról számol be, hogy jó termőhelyeken a bükkal és fenyővel elegyes erdőállományoknak magasabb volt a hozamuk, mint az elegyetlen fenyőállományoké. Ezzel szemben gyenge termőhelyen az elegyes állományok hozama alacsonyabb volt, mint az elegyetlen fenyőállományoké.

Assman (1970) nagy figyelmet fordított az elegyes állományok vizsgálatára a „The Principles of Forest Yield Study” c. tanulmányában. Kísérletek alapján az volt a szerző fő megállapítása, hogy az elegyítés általában nagyobb összes fatermést eredményez.

A gyakorlatban az elegyes, illetve elegyetlen állományok közötti választás összetett kérdés. Az elegyes állományok általában ellenállóbbak a kártevőkkel szemben, és a hozam is magasabb, mint az elegyetlen állományoké (Smith, 1986). Számos tanulmány hasonlított össze két fajfajú ültetvényt az összetevő fajok monokultúráival. A további kutatások is azt mutatták, hogy az elegyes állomány többszintű záródással nagyobb hozamot adott, mint a komponens fajok monokultúrái (Kelty and Cameron 1994), illetve ha két fajnak gyors a kezdeti növekedése, és hasonló korban vágják ki őket, elegyítésük hozamnövekedést eredményezhet (Rédei, Veperdi és Meilby 2006). Másrészt az elegyes állományok kiegyensúlyozott növekedése csak akkor

érhető el, ha az érintett fajok közötti verseny nem túl aszimmetrikus. Ez azt jelenti, hogy az elegyes állományok fajajösszetételét és gyérítését a termőhelyi feltételekhez kell igazítani, ám ez nem mindig jár sikerrel.

Pretzsch (2009) az elegyes állományok mértékét vizsgálta hosszú lejárátú kísérletek adatainak segítségével. Az elegyes állományokkal ellentétben az összes fatermés akár 30%-kal is növelhető korai és kései szukcesziós fajok kombinációjával, továbbá ontogenetikusan korai, illetve kései kulminációjú fajok, illetve fényigényes és árnytűrő fajok elegyítésével.

Az elegyes fák növekedési modelljein alapuló, elegyes faállományokra vonatkozó növekedési modelleket fejlesztettek ki az Appalache-hegység elegyes, keménylombos erdeire, illetve svédországi gyérített (ebben újszerű) nyír-lucfenyő állományok fatermés-előrejelzésére (Harrison és Tsai 1986, Tham 1988). Az általuk összeállított faállomány-növekedési szimuláció az egyes fák térbeli pozíciójának és az átmérőeloszlásnak a modellezéséből, a magasság-átmérő összefüggés egyenletéből, valamint az egyes fák növekedési feltételeinek modellezéséből (a gyérítések várható hatását és egyéb összetevőket is beleértve) áll.

Az elegyes faállományok szerkezetének és fatermésének modellezésével kapcsolatosan jelentős előrelépést jelentett az utóbbi évtizedek két gyűjteményes kötete (Canell; Malcolm and Robinson ed. 1992, Costa and Preuhsler ed. 1994), melyek a tárgykörrel kapcsolatos legújabb kutatásokat és azok eredményeit összegzik.

A hazai erdészeti kutatás is több évtizede foglalkozik a különböző fajok alkotta elegyes faállományok termesztési és fatermési kérdéseivel. A tárgykörhöz kapcsolódó új vagy részben új kutatási eredményeket közlő publikációként tarthatjuk számon többek között Keresztesi (1962), Babos (1965), Bajdó (1975), Majer (1981), Rédei (1984), Kondorné (1992), Béky és Somogyi (1995), Solymos és Béky (1995), illetve Horváth (2012) munkáit.

AZ ELEGYES FAÁLLOMÁNYOK FATÉRFOGATA MEGHATÁROZÁSÁNAK, ILLETVE FATERMÉSÜK ELŐREJELZÉSÉNEK LEHETSÉGES MÓDJAI

A faállományok fatermésének alakulását és adott életkorra vetített abszolút értékét a környezeti és a faállomány-szerkezeti összefüggések bonyolult kölcsönhatása szabályozza. A faállományok szerkezeti felépítése és az ezt szabályozó szerkezetkialakítás (erdőnevelés) ok-okozati összefüggésben van egymással.

A faállományok fatérfogatának (fakészletének) meghatározása szempontjából döntő jelentőségű a főállományt alkotó, kimagasló és uralkodó famagassági osztályba tartozó fák növekedési feltételeinek alakulása. A feltételek vizsgálatához támpontokat ad az egyes fákra vonatkozó fontosabb szerkezeti tényezők és mutatók összehasonlító értékelése is.

Az elegyes faállományok fatérfogatának meghatározására az egyik leggyakoribb mód az, amikor fajonként külön-külön, törzsenkénti felvétellel, fatérfogattáblák (fatermési függvények) segítségével állapítjuk meg a fatérfogatot, majd ezek összege adja az elegyes faállomány aktuális fakészletét. A fakészlet megállapításának, illetve előrejelzésének másik egyszerű módszere az, amikor az egyes fajokra kimunkált famagasság-fatérfogat táblák segítségével a kimagasló és uralkodó magassági osztályba tartozó fák átlagos magasságának függvényében határozzuk meg a fatérfogatot.

Ismert tény ugyanis, hogy a fatérfogat szorosan összefügg a főállomány átlagos magasságával vagy a felső magassággal. Egy további módszer feltételezi a faállomány körlapösszegének vagy koronavetületének mérését is. Ez esetben is úgy kezdünk számolni, mintha az elegyes állományban lévő minden fajajösszetevőnek elegyes állományával lenne dolgunk. Ezt követően meghatározzuk minden faj körlapösszegét (koronavetületét), majd azok kora és fatermési osztálya függvényében a fatermési táblák alapján a fajonként meghatározott

fatérfogatot a körlapösszeg (koronavetület) arányában súlyozzuk. Az ily módon súlyozott térfogatértékek összege adja az adott elegyes faállomány összes fatérfogatát.

Egy elegyes faállomány két fajának várható produktivitását (V_1 és V_2) a $V_{1,2} = V_1 \times E_1 + V_2 \times E_2$ összefüggéssel fejezhetjük ki, ahol E_1 és E_2 az elegyben szereplő fajok elegyarányát jelenti. Ehhez viszonyított fatermés-többslet a $V_{1,2} > V_1 \times E_1 + V_2 \times E_2$ egyenlőtlenség teljesülésekor keletkezik.

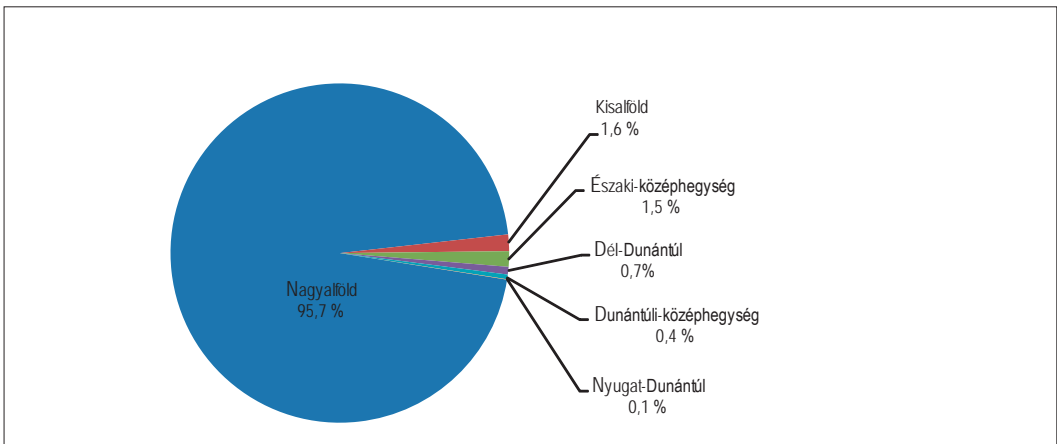
A bevezető részben már ismertetett mérvadó nemzetközi szakirodalom az elegyes faállományok modellezésének kutatásával kapcsolatosan két újabb irányt jelöl ki. Az egyik irány az elegyetlen faállományokra már kidolgozott empirikus fatermési modelleknek az elegyes faállományokra való kiterjesztése. Másik modellezési lehetőségként az egyes fák fiziológiáján alapuló dinamikus modellkészítést ajánlják. Ez utóbbival kapcsolatosan azonban még nincsenek kiforrott metodikák.

A több évtizedes tapasztalatok alapján egyértelműen megállapítható, hogy az akác és bizonyos nyárfélék együttes termesztésével – meghatározott ökológiai feltételek esetén – számottevően növelhető a fatermés az elegyben résztvevő fajok egészségi állapotának romlása nélkül. Például az akác és a szürke nyár együttes, ugyanakkor rentábilis termesztése csak olyan termőhelyeken lehetséges, amelyek mindkét faj termőhelyi igényét kielégítik. Ismert tény, hogy az akác megfelelő növekedéséhez, illetve az általa lebonyolítandó természetes nitrogén-körforgalomhoz a talaj kellő és rendszeres levegőzöttsége szükséges. Ebből is következően az akác és egyes nyárfélék együttes termesztése a homok-, és más laza szerkezetű talajokon (vályogos homok, homokos vályog, könnyű vályog), relatíve jó víztartó (vítároló) képességű termőhelyeken lehet valóban eredményes.

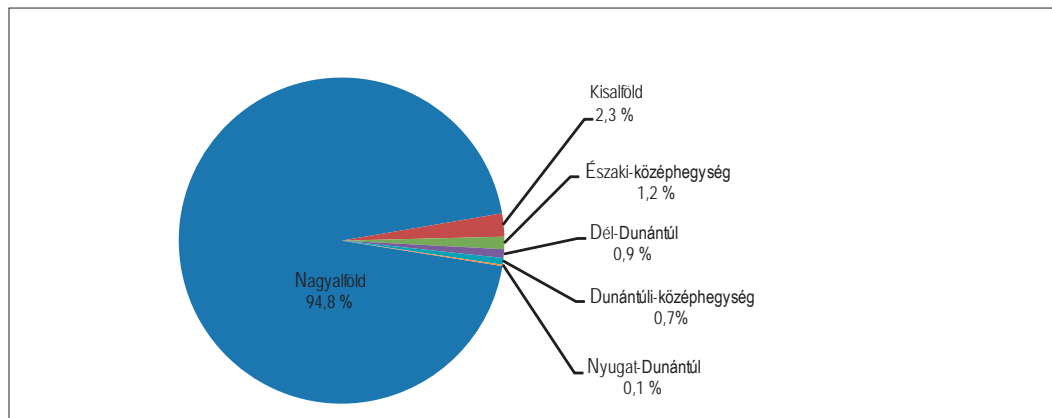
Az 1. ábra a Leuce-nyárákkal (fehér és szürke nyárral) elegyes akácok területének erdőgazdasági tájak szerinti megoszlását tartalmazza. Egyértelműen kitűnik, hogy az ilyen típusú elegyes állományok döntő többsége (95,7%) a Nagyalföldön (kiemelten a Duna-Tisza közti hátságon) tenyészik, és a jövőben is lesz jelentőségük.

A 2. ábra a fentebb említett elegyes állományok fakészlet szerinti megoszlását szemlélteti, szintén erdőgazdasági tájak szerint. Az arányok szinte megegyeznek az 1. ábrán látottakkal, vagyis a Nagyalföld erdőgazdasági táj a döntően meghatározó (94,8%).

További statisztikai elemzések azt mutatták, hogy az ilyen típusú elegyben részt vevő fajok vágásérettségi korát figyelembe véve a faállományok több mint 2/3-a a 10 és 30 év közé esik.



1. ábra: Fehér és szürke nyárral elegyes akácok területi elterjedése erdőgazdasági tájak szerint
 Figure 1: Area of black locust stands mixed with white and grey poplar according to forest regions



2. ábra: Fehér és szürke nyár elegyes akácok fakészletének megoszlása erdőgazdasági tájak szerint
 Figure 2: Wood stock distribution of black locust stands mixed with white and grey poplar according to forest regions

ANYAG ÉS MÓDSZER

A tanulmányban bemutatott kísérlet (esettanulmány) a Duna-Tisza-közi hátságon a Kecskemét-Ballószög 20 C erdőrésztletben található (N 46°42'; E 19°40'). Az erdőrésztlet termőhelytípus-változata: erdős-sztyepp klíma, többletvízhatástól független humuszos homok, sekély termőréteg vastagsággal, homok alapkőzeten.

A vonatkozó erdőtervi előírások alapján a vizsgált faállományt 1 éves magcsemetével létesítették 70% akác és 30% szürke nyár elegyaránnyal. A faállomány 16 éves korában 5 kísérleti parcellát jelöltünk ki. Az 1-4. parcellák területe 0,1 ha, míg az 5. parcella területe 0,035 ha volt. Az akác és a szürke nyár törzsszám szerinti elegyarányának viszonyzáma (%) az alábbiak szerint alakult (l. még az 1. táblázat hektáronkénti törzsszám adatait):

1. parcella: akác 17%, szürke nyár 83%,
2. parcella: akác 36%, szürke nyár 64%,
3. parcella: akác 38%, fehér nyár 62%,
4. parcella: akác 81%, szürke nyár 19%,
5. parcella: akác 96%, szürke nyár 4%.

Minden parcellában minden fa mellmagassági átmérőjét megmértük és meghatároztuk x és y koordinátá-jukat. Az 1-4. parcellákban a fák 20%-ának, míg az 5. parcellában a fák 30%-ának mértük a magasságát. 5 év elteltével, 21 éves korban a fentebb ismertetett méréseket (a koordináták egyidejű ellenőrzésével) ismételtlen elvégeztük.

A famagasságnak (h) a mellmagassági átmérő (d) függvényében való meghatározásához az alábbi egyen-leteket alkalmaztuk:

szürke nyár, 16 éves korban: $h = -3,29 + 6,81 \ln(d)$, RMSE= 1,16 m;

akác, 16 éves korban: $h = -3,26 + 6,94 \ln(d)$, RMSE= 1,57 m;

szürke nyár, 21 éves korban: $h = -5,44 + 8,72 \ln(d)$, RMSE= 1,96 m;

akác, 21 éves korban: $h = -5,58 + 8,28 \ln(d)$, RMSE= 2,02 m.



Ezen egyenletek alapján minden mellmagassági átmérő értékhez famagassági értéket tudunk rendelni. Az ily módon rendelkezésre álló adatok alapján az akácra és a szürke nyárra vonatkozóan az alábbi függvényeket használtuk (Sopp, 1974 alapján függvényesítve):

$$\text{akácra: } v = 10^{-8} d^2 h^1 (h/[h-1,3])^4 [-0,6326dh + 20,23d + 0,00h + 3034],$$

$$\text{szürke nyárra: } v = 10^{-8} d^2 h^1 (h/[h-1,3])^2 [-0,4236dh + 12,43d + 4,6h + 3298].$$

ahol v a fatérfogat (m^3), d a mellmagassági átmérő (cm), és h a fa magassága (m).

A vizsgált elegyes faállományokban az egyes fafajok elegyetlen állományaira vonatkozó fatérfogatot a Rédei Károly által szerkesztett fatermési táblák alapján határoztuk meg (Rédei 1984, 1991).

Az elegyenben lévő fafajoknak az elegyetlen állományaikhoz az említett fatermési táblák alapján számított relatív fatérfogat szerinti arányszámát a következők szerint határoztuk meg:

$$RV_A = \frac{\text{az „A” faj fatérfogata elegyes állományban}}{\text{az „A” faj fatérfogata elegyetlen állományban}}$$

$$RV_B = \frac{\text{a „B” faj fatérfogata elegyes állományban}}{\text{a „B” faj fatérfogata elegyetlen állományban}}$$

ahol:

A=akác, B=szürke nyár

$RV_{A,B}$ = az egyes fafajok relatív fatérfogat szerinti arányszáma.

$RTV_{A+B} = R V_A + R V_B$, ahol:

RTV_{A+B} = a fafajok relatív összes fatérfogat szerinti arányszáma.

EREDMÉNYEK

A legfontosabb faállomány-szerkezeti és fatermési tényezőket 16 és 21 éves korban az 1. és 2. táblázat mutatja be.

1. táblázat: A főbb faállomány-szerkezeti és fatermési tényezők akác – szürke nyár elegyes állományokban, 16 éves korban

Table 1: The main stand-structure and yield factors of black locust and grey poplar in mixed stands at the age of 16

Fajok	1. parcella			2. parcella			3. parcella			4. parcella			5. parcella		
	Akác	Szürke nyár	Összesen	Akác	Szürke nyár	Összesen	Akác	Szürke nyár	Összesen	Akác	Szürke nyár	Összesen	Akác	Szürke nyár	Összesen
Magasság (m)	14,8	15,5	–	14,1	15,9	–	14,9	15,5	–	15,0	17,4	–	15,9	20,8	–
Mellmagassági átmérő (cm)	14,2	14,8	–	12,2	15,0	–	12,6	14,5	–	12,2	19,2	–	12,6	23,0	–
Hektáronkénti törzsszám (db/ha)	280	1320	1600	560	980	1540	590	950	1540	1150	270	1420	1457	57	1514
Hektáronkénti törzsszám (%)	17	83	100	36	64	100	38	62	100	81	19	100	96	4	100

Fafajok	1. parcella			2. parcella			3. parcella			4. parcella			5. parcella		
	Akác	Szürke nyár	Összesen	Akác	Szürke nyár	Összesen	Akác	Szürke nyár	Összesen	Akác	Szürke nyár	Összesen	Akác	Szürke nyár	Összesen
Körlepósszeg (m ³ /ha)	4,5	22,6	27,1	6,5	17,4	23,9	7,4	15,7	23,1	13,5	7,8	21,3	18,3	2,4	20,7
Körlepósszeg (%)	16	84	100	27	73	100	32	68	100	63	37	100	89	11	100
Fatérfogat (m ³ /ha)	39,1	184,1	223,2	55,1	144,7	199,8	64,2	128,1	192,3	117,5	10,4	187,9	166,0	24,9	190,9
Fatérfogat (%)	18	82	100	28	72	100	33	67	100	63	37	100	87	13	100

2. táblázat: A főbb faállomány-szerkezeti és fatermési tényezők akác - szürke nyár elegyes állományokban, 21 éves korban
 Table 2: The main stand-structure and yield factors of black locust and grey poplar in mixed stands at the age of 21

Fafajok	1. parcella			2. parcella			3. parcella			4. parcella			5. parcella		
	Akác	Szürke nyár	Összesen	Akác	Szürke nyár	Összesen	Akác	Szürke nyár	Összesen	Akác	Szürke nyár	Összesen	Akác	Szürke nyár	Összesen
Magasság (m)	17,2	19,3	-	16,1	19,7	-	16,3	19,3	-	15,9	22,3	-	16,1	24,2	-
Mellmagassági átmérő (cm)	15,6	17,0	-	13,7	17,8	-	14,1	17,1	-	13,4	24,2	-	13,8	29,8	-
Hektáronkénti törzsszám (db/ha)	280	1300	1580	560	900	1460	580	910	1490	1150	270	1420	1453	57	1510
Hektáronkénti törzsszám (%)	18	82	100	38	62	100	39	61	100	81	19	100	96	4	100
Körlepósszeg (m ³ /ha)	5,4	29,6	35,0	8,3	22,4	30,7	9,0	20,8	29,8	16,2	12,4	28,6	21,6	4,0	25,6
Körlepósszeg (%)	15	85	100	27	73	100	30	70	100	57	43	100	84	16	100
Fatérfogat (m ³ /ha)	53,3	302,6	355,9	78,7	234,6	313,2	86,3	213,3	299,6	150,2	141,6	291,8	205,8	50,9	256,7
Fatérfogat (%)	15	85	100	25	75	100	40	60	100	51	49	100	80	20	100

A szürke nyár elegyes állományban gyorsabban nő, mint az akác, s a különbség különösen szembetűnő, ha a szürke nyár szórtan helyezkedik el az állományban. Ez esetben egyedei rendszerint az 1. fmagassági osztályban találhatók, s törzsszám szerinti elegyarányának viszonyszáma általában 20% alatt marad.

A 3. és 4. táblázatba foglalt adatok alapján megállapítható, hogy a relatív összes fatérfogat szerinti arányszám (ROV_{A+B}) az elegyes állományrészek 16 éves korában 1,24 és 1,55 között, 21 éves korban pedig 1,32 és 1,80 között változott a kontroll, azaz az elegyetlen állományok fatérfogatához viszonyítva. Minél nagyobb a szürke nyár törzsszám szerinti elegyarányának viszonyszáma, annál nagyobb az elegyes állomány fatérfogata. Ezt bizonyítja az a tény is, hogy az előzőekben említett arányszám a legnagyobb szürke nyár elegyaránnyal jellemezhető faállomány részben (1. parcella) a legmagasabb, vagyis 1,55, illetve 1,80. A fentiekből következően a legkisebb arányszámokat (1,32, illetve 1,49) a legalacsonyabb szürke nyár törzsszám szerinti



elegyaránnyal rendelkező állományrészben kaptuk (5. parcella). Ugyanakkor a közel azonos tőszám mellett a szürke nyár fatérfogata jelentősen meghaladja az akácét.

3. táblázat: A relatív összes fatérfogat ($RÖV_{A+B}$) szerinti változás akác - szürke nyár elegyes állományokban, 16 éves korban
Table 3: Changes of ($RÖV_{A+B}$) in mixed black locust and grey poplar stands at the age of 16

Parcella	Fafajok	E_N	V	RV_A	$RÖV_{A+B}$
		%	(m^3/ha)	RV_B	
1	Akác	17	39	0,25	1,55
	Szürke nyár	83	184	1,30	
2	Akác	36	55	0,35	1,37
	Szürke nyár	64	145	1,02	
3	Akác	38	64	0,41	1,31
	Szürke nyár	62	128	0,90	
4	Akác	81	118	0,75	1,24
	Szürke nyár	19	70	0,49	
5	Akác	96	166	1,06	1,24
	Szürke nyár	4	25	0,18	
Kontroll	Akác (Fatermési tábla: Rédei 1984)	100	157	1,00	1,00
Kontroll	Szürke nyár (Fatermési tábla: Rédei 1991)	100	142	1,00	1,00

Magyarázat: E_N = a törzsszám szerinti elegyarány viszonyozsáma (%).

4. táblázat: A relatív összes fatérfogat ($RÖV_{A+B}$) szerinti változás akác - szürke nyár elegyes állományokban, 21 éves korban
Table 4: Changes of ($RÖV_{A+B}$) in mixed black locust and grey poplar stands at the age of 21

Parcella	Fafajok	E_N	V	RV_A	$RÖV_{A+B}$
		%	(m^3/ha)	RV_B	
1	Akác	18	53	0,27	1,80
	Szürke nyár	82	303	1,53	
2	Akác	38	79	0,40	1,58
	Szürke nyár	62	235	1,18	
3	Akác	39	86	0,44	1,52
	Szürke nyár	61	213	1,08	
4	Akác	81	150	0,77	1,49
	Szürke nyár	19	142	0,72	
5	Akác	96	206	1,06	1,32
	Szürke nyár	4	51	0,26	
Kontroll	Akác (Fatermési tábla: Rédei 1984)	100	195	1,00	1,00
Kontroll	Szürke nyár (Fatermési tábla: Rédei 1991)	100	198	1,00	1,00

Magyarázat: E_N = a törzsszám szerinti elegyarány viszonyozsáma (%).

KÖVETKEZTETÉSEK

E tanulmány célja az volt, hogy az akác (*Robinia pseudoacacia*) és a szürke nyár (*Populus × canescens*) együttes termesztésén keresztül vizsgálja elegyes faállományok szerkezetét és növekedését. Az ilyen típusú elegyes állományok területe folyamatosan növekszik, főként az ország középső területein levő homoktalajokon. A vizsgálatok és eredményeik azt bizonyítják, hogy két gyorsan növekvő és hasonló vágáskorú fafaj eredményesen termeszthető elegyes állományokban. Az elegyítés módját azonban úgy kell megválasztani, hogy az elegyben résztvevő fafajok kompatibilitása minél nagyobb legyen az adott faállományban. Az eredmények azt is tükrözik, hogy a fafajok törzsszám szerinti elegyarányának viszonyaránya jelentős hatással van a várható hozam alakulására. Esettanulmányunkban a szürke nyárral elegyes akác faállományrészek fatérfogata minden esetben meghaladta az elegyetlen akácokét. Ismerve a szürke nyárral elegyes akácok egyre növekvő területi arányát az erdősitésekben, a bizonyított fatérfogat- (fatermés-) többlet az adott termőhelyek fatermő képességének jobb kihasználtságára utal, aminek számottevő gyakorlati jelentősége lehet a jövőben.

A VONATKOZÓ TOVÁBBI K+F TEVÉKENYSÉG FŐBB TERÜLETEI

- A különböző mesterséges úton létrehozott elegyes faállománytípusok statisztikai számbavétele, kimutatott területi elterjedésük értékelése.
- Javaslattétel az ültetvényszerű fatermesztésben alkalmazható elegyes faállománytípusoknak az optimális-hoz közelálló fafajösszetételére a szóba jöhető termőhely-típusok figyelembe vételével.
- Új típusú erdőnevelési (fatermesztési) modellek kidolgozása a legelterjedtebb elegyes faállománytípusokra.
- A vonatkozó K+F munka során jól megtervezett kísérletekre (esetenként modell-populációkra) van szükség az elegyítés módja és a várható fatermés közötti összefüggések mind szabatosabb feltárása céljából.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Assmann, E. 1970: The Principles of Forest Yield Study. Pergamon Press, New York.
- Babos I. 1965: Az akác elegyítésének termőhelyi vonatkozásai. 226-232. In: Keresztesi B. (szerk.) Akáctermesztés Magyarországon. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Bajdó E. 1975: A homoki akác-nyár elegyítésének kérdéseiről. Erdészeti Kutatások, 71: 46-48.
- Béky A. és Somogyi Z. 1995: Fatermesztési tábla optimális szerkezetű gyertyános kocsánytalan tölgyesekre. Erdészeti Kutatások, 85: 49-78.
- Busse, J. 1931: Ein Kiefer-Fichten-Mischbestand in Sachsen. Tharandter Forstliches Jahrbuch, 82: 595-601.
- Canell, G.R.; Malcolm; D.C. and Robertson; P.A. (eds) 1992: The Ecology of Mixed-Species Stands of Trees. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Costa, M.E. and Preuhler, T. (ed.) Proceedings from the IUFRO Working Group: S4.01-03 i S4.01-04: Mixed stands: research plots – measurements and results – models. April 25–29 1994, Lousã – Coimbra.
- Fiedler, F., 1966: Zuwachs und Ertrag im Fichten-Birken- Mischbestand. Archiv für Forstwesen, 15: 283-291.
- Harrison C.; Burkhart H.E.; Burk T. E. and Beck, D.E. 1986: Growth and yield of Appalachian mixed hardwoods after thinning. Virginia Polytechnic Institute and State University, Publ. No. FWS, 1-86.
- Heyer, C., 1854: Der Waldbau oder die Forstproduktenzucht. B.G. Teubner, Leipzig.
- Honváth T. 2012: Elegyes faállományok kompetíciós vizsgálata. Tájékológiai Lapok, 10(2): 209-217.
- Kelty, M.J. and Cameron, T.R. 1994: Ecological Principles of Production Differences between Monocultures and Mixtures. Costa, M.E. and Preuhler, T. (ed.) Proceedings from the IUFRO Working Group: S4.01-03 i S4.01-04: Mixed stands: research plots – measurements and results – models. April 25–29 1994, Lousã – Coimbra, pp. 15–29.



- Keresztesi B. 1962: A magyar nyárfatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Kondorné Sz. M. 1992: Vizsgálatai eredmények fajajösszehasonlító kísérletben. Erdészeti Lapok, 127 (11): 331-333.
- Lappi-Seppala, M. 1930: Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 15: 1-243.
- Majer A. 1981: Fenyő-lomb elegyes erdők nevelésének korszerűsítése. Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények, 1: 5-40.
- Pretzsch, H. 2009: Forest Dynamics, Growth and Yield. Springer, Berlin – Heidelberg.
- Rédei K. 1984: Akácosok fatermése. ERTI Kutatási jelentés. Kecskemét, 22 pp.
- Rédei K. 1991: A fehér (*Populus alba* L.) és a szürke nyár (*Populus × canescens*) termesztésének fejlesztési lehetőségei Magyarországon. Erdészeti Kutatások, 82-83: 345-354.
- Rédei, K.; Veperdi, I. and Meilby, H. 2006: Stand Structure and Growth of Mixed White Poplar (*Populus alba* L.) and Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Plantations in Hungary. Acta Silvatica and Lignaria Hungarica, 2: 23-32.
- Schilling, L. 1925: Ostpreussische Kiefer-Fichtenmischbestände. Zeitschr. Forst und Jagdwesch, 57: 257-296,
- Smith, O.M. 1986: The Practice of Silviculture. John Wiley and Sons, New York.
- Sopp, L. 1974: Volume tables. Agricultural Press, Budapest.
- Solymos R. 2000: Erdőfelújítás- és nevelés a természetközeli erdőgazdálkodásban. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Solymos R. és Békó A. 1995: Elegyes erdők szerkezetének és fatermésének kutatása: egy 25 éven keresztül folytatott, 32 parcellás kísérlet eredményei. Erdészeti Kutatások, 85: 91-112.
- Tham, A. 1988: Yield prediction after heavy thinning of birch in mixed stands of Norway spruce and birch. SUAS Research Report No. 23:36.
- Wiedemann, E. 1943: Der Vergleich der Massenleistung des Mischbestandes mit der Reinbestand. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung, 119: 123-132.

Érkezett: 2014. március 3.
Közlésre elfogadva: 2014. július 15.

FATÉRFOGAT-TARIFA TÁBLA EZÜSTHÁRSAS-BÜKKÖS ÁLLOMÁNYOKRA

Frank Norbert¹, Fülöp Tamás² és Folcz Ádám¹

¹Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

²SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt.

Kivonat

A Zselici Erdészet három átalakító üzemmódban kezelt erdőtömbje közül a töröcskei erdőtömbben törzsenként teljes felvélt végeztünk 21,25. illetve 43,73 hektáron. Vizsgáltuk a bükk, gyertyán, ezüsthárs, kocsánytalan tölgy és a csertölgy fa-állomány-szerkezeti tényezőit. A szórásnégyzetek összehasonlításakor azt tapasztaltuk, hogy a gyertyánnak a magasság és a fatérfogat szórásai is szignifikánsan különböztek, az egyéb elegyfajok esetében pedig csak a fatérfogatok szórásai. Az f-próbák eredményeinek tükrében elvégeztük a gyertyán magasságának és fatérfogatának, majd az egyéb fafajok fatérfogatainak D-próbáját, illetve az összes többi fafaj mért eredményeinek kétmintás t-próbáját. Az eredmények alapján megállapítható, hogy $p=0,05\%$ szignifikanciaszint mellett a két mintaterület magassági és fatérfogatviszonyai fafajonként megegyeznek.

Kulcsszavak: ezüsthárs, fatérfogat-tarifa tábla, átalakító üzemmód

VOLUME-TARIFF TABLE FOR SILVER LIME – EUROPEAN BEECH STANDS

Abstract

Among the tree forest blocks managed with transformation silviculture system by Zselic Forestry, we have made full forest inventory in the Töröcskei-Block on 21.5 respectively 43.75 ha. We have analyzed the stand structure of European Beech, Hornbeam, Silver Lime, Sessile Oak and Turkey Oak. In the course of comparison, we experienced that the variety of height and the volume of hornbeam is different but in the case of the others we admixed the tree species and only the volume was different. In the face of the results we have made a D-test (Welch's-test) of height and volume of hornbeam, respectively the result of the T-test of all the other tree species. Based on the results ($p=0.05$) the height and volume of the two sampling plots equaled.

Keywords: silver lime, tariff table, transforming silviculture system



BEVEZETÉS

A szálalóerdők faállomány-felvételének, illetve tervezésének egyik alapeleme a lábon álló fatérfogat meghatározása. Az ellenőrző eljárás kidolgozója Adolphe Gurnaud francia erdész, aki az 1879-es Párizsi Világkiállításon mutatta be az ún. ellenőrzőeljárást (*Methode du Controle*) (Favre und Oberson 2002). Gurnaud nem volt a szálalóerdők megszállottja, sőt fiatal korában a vágásos erdőgazdálkodás támogatójaként tartották számon, azonban a klasszikusnak mondott erdőrendezés ellenzője volt, mivel véleménye szerint a francia erdőrendezés a német erdész klasszikusok módszereit vette át, és nem saját elképzeléseik szerint alakították ki erdőrendezési irányelveiket (Drovak 2000). A nemzetközi szakirodalomban a folyamatos erdőborítás (continuous cover forest) elemzése során egyre gyakrabban lehet találkozni a tarifatablák kialakításának és használatának módszereivel (Laar and Akça 2007).

Hazánkban Palotay István erdőmérnök, erdőtervező 1956 nyaratól kezdve kellő szakmai alapossággal kezdett el foglalkozni a szálalóerdő üzemtervezésével, s ennek egyik kézzelfogható eredménye az 1958. október 19-én, Zalaegerszegen megtartott előadása a Szálalóerdők erdőrendezési kérdéseiről, amikor az alábbiak hangzottak el (az eredeti szakkifejezések meghagyásával):

„Egykorú faállományok fatömegét vagy közvetlen méréssel, vagy fatermési táblával, a folyónövedéket mindig fatermési táblával határozzuk meg. ...

Vegyes korú állományokban fatermési tábláink nem használhatók, a fatömeget mérni kell. A minden erdő-részletre kiterjedő közvetlen mérés munkaigényessége azonban igen nagy. ...A szálaló erdő klasszikusai a vegyes korú erdők fatömegének és növedékének meghatározására már régen kidolgoztak eljárásokat, amelyek jól beváltak mindenütt, ahol ez az erdőalak egyáltalán megtalálható, így főleg Svájcban és Franciaországban. Nálunk ezzel bővebben ügyszólván egyedül Fekete Lajos foglalkozott, eszméit azonban annak idején nem valószínűzték meg. A szálaló-erdő másik nagy magyar tudósa, Roth Gyula professzorunk ennek az erdőalaknak elsősorban erdőművelési problémáit vizsgálta. Vegyes korú erdeink kezelésében általában az ő elgondolásait követjük. Ilyen erdők rendezésével a gyakorlatban – hazánkban először – a zalaegerszegi erdőrendezőségnek kellett foglalkoznia.”

Palotay István egyben azt is javasolta, hogy kezdjék el a tarifa-táblák megszerkesztéséhez szükséges terepi felméréseket, valamint azt is indítványozta, hogy az elkészített táblákat bizonyos időközönként ellenőrzik is. Véleménye szerint *„A szálaló erdő általában természetszerű erdő, fái természetes úton keletkeztek, és csak azokon a helyeken jelennek meg, amelyek sajátos igényeiknek megfelelnek, és ahol más fajok erősebb vitalitása el nem nyomja őket”,* ezért kisebb területeken nem alakul ki nagyobb termőhelyi különbség, azaz a jól megszerkesztett a famagassági görbék az adott területre érvényesek, tehát famagasság mérésére a továbbiakban nincs szükség. A fentiekből következően a tarifa-táblák előnye még az is, hogy lehetővé teszi a növedék *„kellő pontosságú”* meghatározását is. A szerző, a tarifa-táblák további előnyei között említi – a külföldi tapasztalatok alapján – azok tartós, hosszú ideig változtatás nélküli alkalmazási lehetőséget. Torondy Kálmán 1978-ban Az Erdő hasábjain a szentgyörgyvölgyi szálaló erdő erdőrendezési tapasztalatairól számolt be. Ennek a Palotay Istvánnal közösen végzett vizsgálatának a célja annak megállapítása volt, hogy az 1956-ban megszerkesztett szilvatablázatok milyen mértékben módosultak lombelegyes erdeifenyves állományokban.

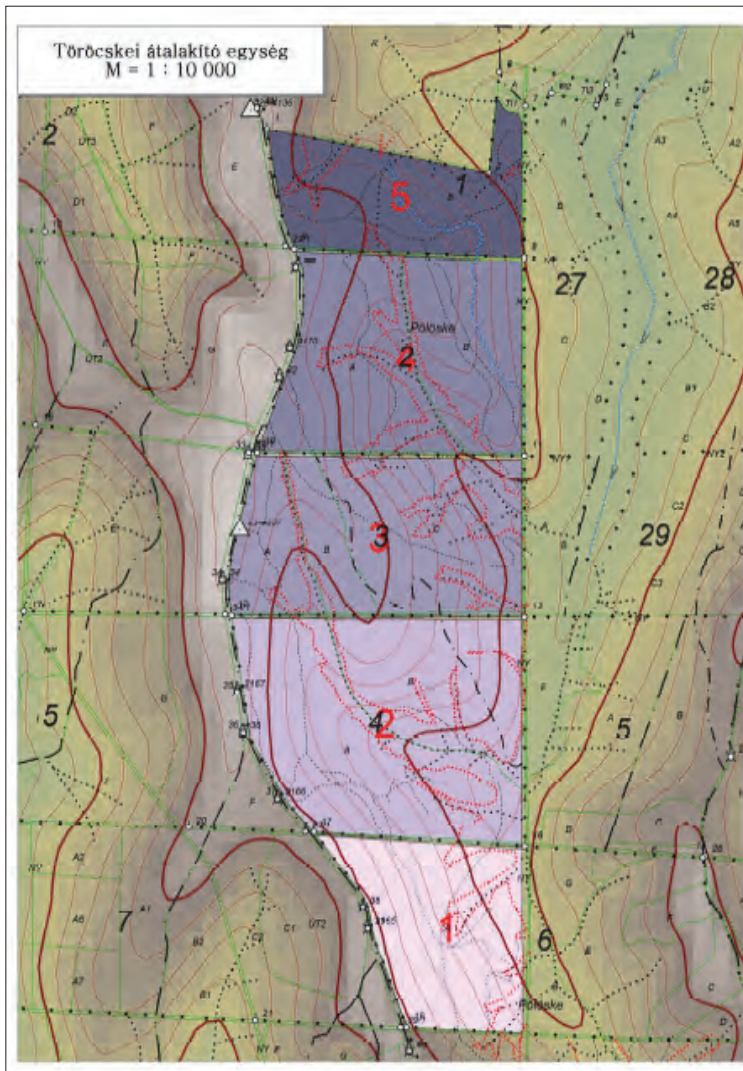
Hajdu Gábor 1995-ben (Hajdu 1995) publikálta az ezüsthárs fatermési tábláit, mely kutatás alapját Magyar János (Magyar 1978) és Sopp László (Sopp 1981) hosszú időtartamú vizsgálatai képezték.

Legújabbán Veperdi Gábor elemezte a szilvatablázatokban rejlő lehetőségeket és a módszereket. (Veperdi 2010). Tanulmányának nagyon megfontolandó gondolata, *„hogy megkönnyíti (t.i. a tarifa használatát) a fatömegszámítás munkáját. De másik előnye teszi nélkülözhetetlenné a vegyes korú erdők rendezésében, és pedig az, hogy a tarifa teszi lehetővé a növedék kellő pontosságú meghatározását.”*

A szilvtáblák, azaz a tarifa-táblák olyan egyváltozós fatérfogat-függvények alapján készített táblázatok, amelyek az egyes fák fatérfogatát tisztán a mellmagassági átmérő függvényeként tartalmazzák.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A mintaterület a Dél-Dunántúl erdészeti tájcsoportban, a Zselic erdészeti tájban, ezen belül pedig az Nyugat-Zselic tájrészletben található. A Zselici Erdészet három átalakító üzemmódban kezelt erdőtömbje közül a töröcskei tömbben végeztük el a felvételezést, amelynek területe 153,26 hektár (1. ábra). Az erdőtömböt az erdészet 5 részre osztotta fel, s ebből kettőt (1-es és 2-es) vettünk fel. A törzsenként teljes felvétel területe 21,25 illetve 43,73 ha.



1. ábra: A töröcskei átalakító tömb elhelyezkedése (Fülöp 2013)
 Figure 1: Töröcskei Transformation System Forestblock (Fülöp 2013)



1. táblázat: Az egyes, illetve a kettes mintaterület fafajainak törzsszáma és törzsszám szerinti aránya
Table 1: Stem number and stem ratio in the first and second sampling plot

1. mintaterület:

fafaj	EH	B	GY	CS	KTT	egyéb	összes
törzsszám	8212	4401	345	226	267	185	13636
db/ha	386	207	16	11	13	9	642
elegyarány	60,2	32,2	2,5	1,7	2,0	1,4	100

2. mintaterület:

fafaj	EH	B	GY	CS	KTT	egyéb	összes
törzsszám	13164	7261	1858	1012	92	727	24114
db/ha	301	166	43	23	2	17	552
elegyarány	54,6	30,1	7,7	4,2	0,4	3,0	100

Az összesen 64,97 ha-os területen a törzsenkénti felvételezés során 37750 (!) törzs átmérőjét mértük meg és 6984 (!) famagasságot mértünk (1. táblázat).

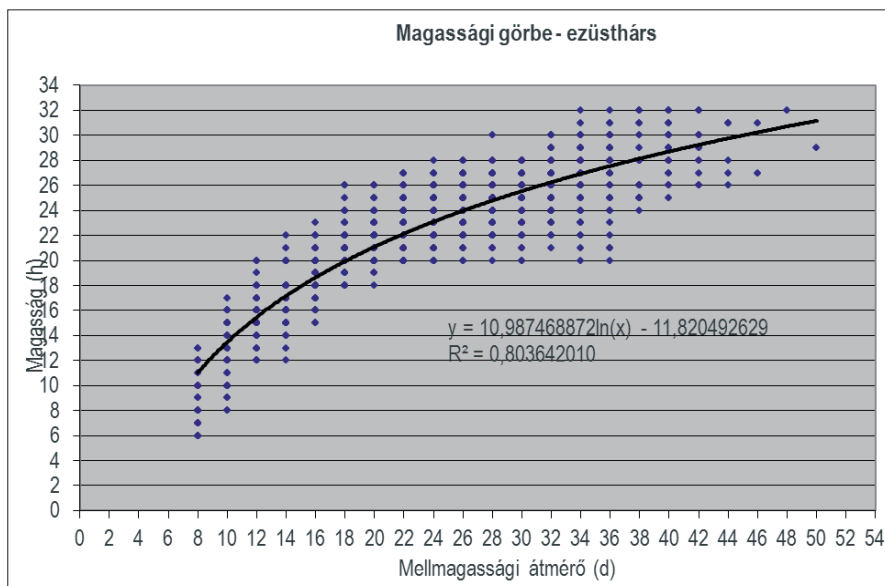
Az átmérőket 2 centiméteres átmérőcsoportokban átlaló segítségével mértük; ezzel egy időben mindegyik átmérő tartományban megmértük minden ötödik faegyed magasságát is. A magasságmérést SUUNTO magasságmérővel, és a hozzá tartozó bázisléccel végeztük.

A két mintaterületen kapott eredmények azonosságát kétmintás *Student* (t-próba) statisztikai próbával ($p=0,05\%$) hasonlítottuk össze, melynek alapfeltétele, hogy az alapsokaságok szórásai szignifikánsan nem különbözhetnek. A szórások statisztikai összehasonlítására a *Fischer-próba* (F-próba) szolgált. Ha a szórások szignifikáns különbséget mutatnak, akkor a kétmintás t-próba helyett az úgynevezett *Welch-próbát* (D-próba) alkalmazhatjuk, amely nem követeli meg a szórások szignifikáns egyezését (Závoti 2010). A statisztikai vizsgálatokhoz a Microsoft Excel 2010-es verziójának adatelemző bővítményét használtuk. Az adatelemzéskor összehasonlítottuk a fafajonkénti adatpárok szórásait és azok eredményének tükrében elvégeztük a szükséges statisztikai próbát (T-próba, D-próba) a kapott magasságok és fatérfogat értékek összehasonlítására.

A terepi felvételezések után rendelkezünk átmérő adatokkal (8-50 cm-ig 2 cm-es ugrásokkal) és a hozzájuk tartozó famagasságokkal. MS Excel táblázatba rendeztük az átmérő- és magasság értékeket, majd ezeket grafikusán ábráztuk. Az így kapott pontthalmazra logaritmusos görbét illetve egyenlíthetjük ki az értékeket (2., 3. ábra). A program segítségével meghatároztuk a görbe egyenletét, amelybe az átmérő értékeket helyettesítve megkapjuk az adott átmérőcsoporthoz tartozó magasságot (hg). Ezt elvégeztük mindegyik fafajra (B; EH; KTT; CS; GY) külön elvégezzük. Az egyéb kategóriába soroltuk a kőriseket, juharokat, a vadkörtét, madárcseresznyét, vörös tölgyet, mézgasz éget. Ezen fafajoknak sem a fatérfogatuk, sem a növekedésük nem hasonlít egymásra, de miután nagyon kis tőszámokban fordulnak elővannak jelen az állományban, és a jövőben is csak – termőhelyi és kompetíciós okok miatt – csak alacsony elegyarányban lesznek jelen, így egy csoportba kerültek.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Az átmérő értékekből és a hozzájuk tartozó magasságokból kiszámítottuk a fatérfogat értékeket. Ezt követően az átmérők függvényében ábráztuk a megkapott fatérfogat értékeket, amelyekre egy harmadfokú polinomiális görbét illetve kiegyenlíthetjük őket. A program segítségével ismét meg tudjuk jeleníteni a görbe egyenletét, amelybe az átmérő értékeket behelyettesítve megkapjuk az adott átmérőhöz tartozó szilv értékeket.



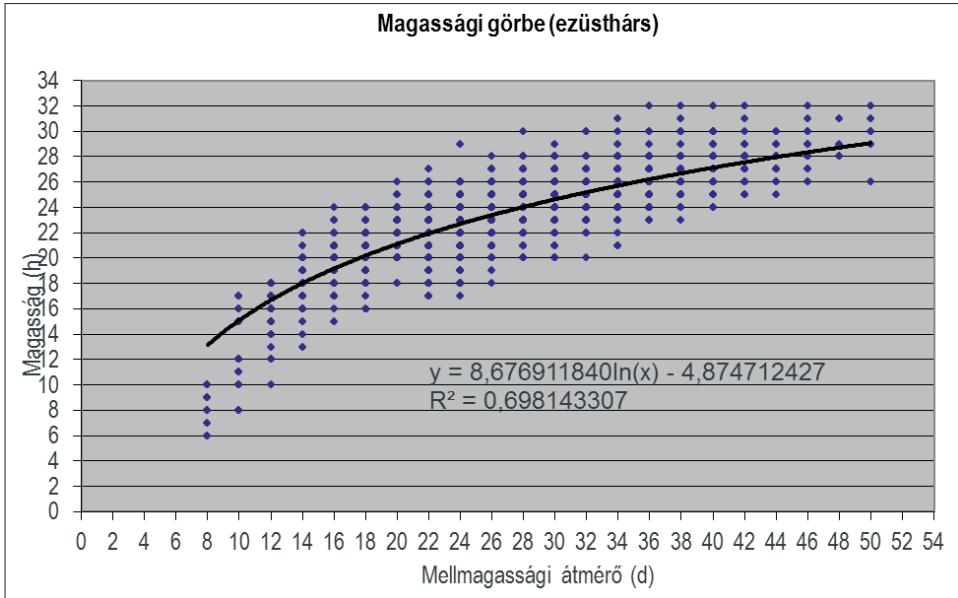
2. ábra: Az 1-es mintaterület ezüsthárs egyedeinek magassági görbéje
 Figure 2: Height curve of Silver Lime trees in the sampling plot 1

Miután kiszámítottuk a szilv értékeket, azokat átmérőnként kigyűjtve táblázatba foglaltuk. Ugyanezt elvégeztük az összes fajra, illetve mindkét átalakító mintaterületre is. Az így elkészített két táblázatban (2., 3. táblázat) csak az átmérő fagmagasság, valamint az ahhoz tartozó fatérfogat (sv) szerepel.

2. táblázat. A 1. mintaterület szilvtáblázata
 Table 2: The tariff table of the sampling plot 1

D _{1,3}	EH		B		GY		KTT		CS		Egyéb	
	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]
8	11,0	0,027	12,7	0,037	11,0	0,023	12,7	0,024	14,7	0,034	15,0	0,033
10	13,5	0,054	15,3	0,069	13,3	0,050	15,1	0,057	16,5	0,065	16,9	0,067
12	15,5	0,091	17,4	0,111	15,2	0,088	17,1	0,102	18,0	0,105	18,5	0,113
14	17,2	0,138	19,2	0,165	16,8	0,138	18,8	0,159	19,2	0,154	19,8	0,169
16	18,6	0,194	20,7	0,230	18,1	0,199	20,2	0,228	20,3	0,214	20,9	0,237
18	19,9	0,260	22,1	0,308	19,4	0,274	21,5	0,311	21,3	0,283	21,9	0,318
20	21,1	0,336	23,3	0,400	20,4	0,362	22,6	0,407	22,1	0,364	22,8	0,411
22	22,1	0,423	24,4	0,506	21,4	0,466	23,6	0,517	22,9	0,455	23,6	0,518
24	23,1	0,521	25,4	0,626	22,3	0,585	24,6	0,642	23,6	0,557	24,4	0,638
26	24,0	0,631	26,3	0,762	23,2	0,721	25,4	0,781	24,2	0,670	25,1	0,772
28	24,8	0,752	27,2	0,915	23,9	0,874	26,2	0,936	24,8	0,795	25,7	0,920
30	25,6	0,885	28,0	1,085	24,6	1,046	27,0	1,107	25,4	0,932	26,3	1,083
32	26,3	1,030	28,7	1,272	25,3	1,237	27,7	1,294	25,9	1,082	26,8	1,261
34	26,9	1,188	29,4	1,478	25,9	1,448	28,3	1,498	26,4	1,243	27,4	1,454
36	27,6	1,358	30,1	1,704	26,5	1,681	28,9	1,720	26,9	1,418	27,8	1,664

D _{1,3} [cm]	EH		B		GY		KTT		CS		Egyéb	
	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]
38	28,1	1,542	30,7	1,949	27,1	1,935	29,5	1,958	27,3	1,605	28,3	1,890
40	28,7	1,739	31,3	2,216	27,6	2,212	30,1	2,215	27,7	1,806	28,7	2,132
42	29,2	1,950	31,9	2,504	28,1	2,512	30,6	2,491	28,1	2,021	29,2	2,392
44	29,8	2,176	32,4	2,814	28,6	2,838	31,1	2,786	28,5	2,249	29,6	2,669
46	30,2	2,415	32,9	3,147	29,1	3,188	31,6	3,100	28,8	2,492	29,9	2,965
48	30,7	2,670	33,4	3,504	29,5	3,566	32,0	3,434	29,2	2,749	30,3	3,278
50	31,2	2,939	33,9	3,885	29,9	3,970	32,5	3,789	29,5	3,021	30,6	3,611



3. ábra: A 2. mintaterület magassági görbéje

Figure 3: Height curve of Silver larch trees in the sampling plot 2

3. táblázat. A 2. mintaterület szivltáblázata

Table 3: The tariff table of the sampling plot 2

D _{1,3} [cm]	EH		B		GY		KTT		CS		Egyéb	
	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]	H [m]	V [sv]
8	13,2	0,031	13,5	0,039	10,8	0,021	14,1	0,031	14,8	0,035	8,5	0,010
10	15,1	0,059	15,7	0,070	13,6	0,050	16,1	0,064	16,5	0,065	11,7	0,041
12	16,7	0,096	17,4	0,111	15,9	0,091	17,7	0,108	17,9	0,105	14,2	0,084
14	18,0	0,142	18,9	0,163	17,8	0,145	19,1	0,164	19,1	0,154	16,4	0,140
16	19,2	0,197	20,2	0,225	19,4	0,212	20,3	0,231	20,2	0,212	18,3	0,209
18	20,2	0,261	21,3	0,299	20,9	0,293	21,3	0,311	21,1	0,281	20,0	0,292
20	21,1	0,336	22,3	0,386	22,2	0,390	22,3	0,403	21,9	0,361	21,5	0,390
22	21,9	0,420	23,2	0,485	23,4	0,504	23,1	0,508	22,7	0,450	22,8	0,503
24	22,7	0,514	24,0	0,598	24,5	0,635	23,9	0,627	23,4	0,551	24,1	0,632



A többi fajaj paramétereinek esetében a szórások szignifikánsan nem különböztek. Az f-próbák eredményeinek tükrében elvégeztük a gyertyán magasságának és fatérfogatának, illetve az egyéb fajajok fatérfogatainak D-próbáját, illetve az összes többi fajaj mért eredményeinek kétmintás t-próbáját. Az eredmények alapján megállapítható, hogy $p=0,05\%$ szignifikancia szint mellett, a két mintaterület magassági és fatérfogat viszonyai fajajonként statisztikai értelemben megegyeznek.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szálalóerdők faállomány-felvételének, illetve tervezésének egyik alapeleme a lábon álló fatérfogat meghatározása. A mintaterületek kitűzése és az ezeken található faállomány teljes felvételével sikerült elkészítenünk a zselici ezüsthársas-bükkösök fatérfogat-tarifa tábláit.

A két táblázat statisztikai kiértékelése egyértelműen bizonyította, hogy a két mintaterület alapján készített szilvtáblázatok hasonlóak, így bármelyik használható a Zselici ezüsthársas-bükkösökben.

A jövőre nézve javasoljuk egy állandósított mintahálózat kialakítását, amely alkalmas lehet a folyónövedék alakulásának nyomon követésére, illetve – mint azt a Torondy-Palotay-féle vizsgálatok is mutatták – a nagyobb időtávlatban esetleg megjelenő 10-2%-os szilvnövekedés bizonyítására.

A fatérfogat-tarifa táblázatokkal lehetővé válik az egyes faállományok fatérfogatának meghatározása egyváltozós függvénnyel, ami az átalakító és szálaló üzemmódú erdők esetében a hagyományos (törzsenkénti felvétel, körös mintavétel, szögszámláló mintavétel, sávós mintavétellel kombinált szögszámláló felvétel, Prodan-módszer) fatérfogat-meghatározáshoz képest gyorsabb és egyszerűbb. Természetesen az egyváltozós függvény miatt az eltérő termőhelyi adottságú állományok esetén a törzsenkénti felvételhez viszonyított „pontatlanságot” csak a szilvtáblázatok gondos elkészítésével és ellenőrzésével lehet csökkenteni. Ezért célszerű lenne régióként és faállományonként elkészíteni a szilvtáblázatokat. Az általunk elkészített fatérfogat-tarifa táblázattal a zselici ezüsthársas-bükkösök fatérfogat-meghatározását kívántuk megkönnyíteni.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetüket fejezik ki dr. Takács László c. egyetemi docensnek, erdészeti politikai menedzsernek, valamint a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. valamennyi dolgozójának a vizsgálatok elvégzéséhez nyújtott segítségükért. A vizsgálatok megvalósítását a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 projekt támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Drovak, L. 2000: Kontrollstrichproben im Plenterwald. Abhandlung zur Erlangung des Titels Doktor der technischen Wissenschaften der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich.
- Favre, L. und Oberson, J. 2002: Die 111-jährige Anwendung der Kontrollmethode im Gemeindewald von Couvet. http://www.ne.ch/autorites/DDTE/SFFN/forets/Documents/111_ANS_COUVET_ALL.pdf
- Fülöp T. 2013: Ezüsthársas-bükkösök fatömeg-tarifa tábláinak megszerkesztése és erdőnevelési szempontú vizsgálata. Diplomaterv, NYME Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet, Sopron.
- Hajdu G. 1995: Ezüsthárs (*Tilia tomentosa* Mönch.) fatermési táblázatok. Erdészeti Kutatások, 85: 113-124.
- Laar, A. van and Akça, A. 2007: Forest Mensuration. Managing Forest Ecosystem Vol. 13. <http://www2.ca.uky.edu/Forestry/FOR250/Forest%20Mensuration%20book.pdf>
- Magyar J. 1978: Hársaink dendrometriai alapmércei. Erdőgazdaság és Faipar, 7: 7-10.
- Torondy K.: Erdőrendezési tapasztalatok a szentgyörgy-völgyi kísérleti szálalóerdőben. Az Erdő, 27(12): 547-550.

- Palotay I. 1965: Fatömeg-tarifák. *Az Erdő*, 14(9): 385-388.
- Palotay I. 1958: Szálalóerdők erdőrendezési kérdései. Zalaegerszeg, 1958. X. 19. [Http://www.aesz.hu/pdf/szal_hazai.pdf](http://www.aesz.hu/pdf/szal_hazai.pdf)
- Schütz, J.-Ph. 2001: Der Plenterwald und weitere formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey Buchverlag Berlin.
- Sopp L. 1981: Hárs fatömeg- és fatermési vizsgálatok. *Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei*, 2: 65-70.
- Veperdi G. 2010: Mintakörös élőfakészlet-meghatározás. *Múlt és jövő II. Tarvágásból szálalásba. Lóvér Print Nyomdaipari Kft., Sopron*, pp. 50-70.
- Závoti J. 2010: Matematikai statisztikai elemzések 5. TAMOP 4.2.5 Pályázat könyvei, Nyugat-magyarországi Egyetem, Közgazdaságtudományi Kar, Sopron.

Érkezett: 2014. március 4.

Közlésre elfogadva: 2014. július 15.



Sárga gévagomba

A sárga gévagomba (*Laetiporus sulphureus*) az ásosthalmi Tanulmányi erdő gledícsia tuskóján. Ez a tő- vagy törzskorhasztó, vöröskorhadást okozó gomba a legtöbb lomblevelű fafajunkon előfordul. Emeletesen elhelyezkedő, félkör, vagy legyező alakú termőtestének felülete hullámos-dudoros, színe fiatalon általában narancssárga. Nyersen mérgező, kítűnő, sokféleképpen elkészíthető, de nehezen emészthető gomba.

Fotó és szöveg: **Andrési Pál**

A FÁSSZÁRÚ ÚJULAT ÖKOFIZIOLÓGIAI VÁLASZAI CSERES-TÖLGYES LÉKREGENERÁCIÓJA SORÁN

Salamon-Albert Éva¹, Lőrincz Péter² és Csiszár Ágnes³

¹Pécsi Tudományegyetem Biológiai Intézet, ²Radnóti Miklós Közgazdasági Szakközépiskola,

³Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

Kutatásunkban egy természetközeli xero-mezofil cseres-tölgyes lékregenerációjában szerepet játszó öt legfontosabb fásszárú fajnak a helyszíni, gázcserén alapuló fényválaszait vizsgáltuk. A fajok működésének különbségeit a teljes megvilágítás mellett mutatott asszimilációs, transzspirációs és vízhasznosítási kapacitások és varianciák szezonális mintázata szerint értékeltük. A fajok folyamatos emelkedéssel az őszi időszakban érik el a növekedést eredményező szénforgalmuk maximumát. A párologtatási maximumok nyáron, illetve ősszel jelentkeznek. A vízhasznosításban minden fajnál őszi maximum mutatható ki, más szezonokban fajtól függő variábilis jelleggel. A gázcserre funkciók limitációját a nyári vízhasznosítási minimumok jelzik a virágos kőris, a csertölgy és a kocsánytalan tölgy esetében. A közönséges gyertyán folyamatosan növekvő, mérsékelten gazdaságosan működő fajnak bizonyult. A földi szeder közepes mértékű szénforgalma és párologtatása ellenére a kiemelkedően magas vízhasznosítása miatt a lékdinamika egyik leggazdaságosabb résztvevője. Fajok közötti működési összehangoltság a tavaszi-nyári asszimiláció-transzspiráció és a tavaszi-őszi vízhasznosítás összefüggésében igazolható. A funkcionális szempontú termőhelyi alkalmasság megítélésében a nyári és az őszi vízhasznosítás lehet iránymutató a száraz tölgyesek esetében.

Kulcsszavak: lékregeneráció, fás szárú újulat, asszimiláció, transzspiráció, fotoszintetikus vízhasznosítás

ECOPHYSIOLOGICAL RESPONSES OF WOODY REGROWTH UNDER GAP-PHASE REGENERATION IN TURKEY OAK – SESSILE OAK FORESTS

Abstract

A gas exchange based ecophysiological performance of five regrowth species has been investigated in a xero-mesophilous oak forest. Seasonal light responses, capacities and variability of assimilation, transpiration and water use efficiency under light saturated conditions are discussed to reveal ecophysiological characteristics of the species in gap-phase dynamics. Species present assimilation maximum in autumn, followed by a continuously increasing carbon-dioxide fixation rate through the seasons. Transpiration peak is manifested differentially in summer and autumn. Autumn maximum of photosynthetic water use efficiency as the ratio of carbon input and water output is detected for all studied species. Limitation of gas exchange parameters is highly indicated by low level of water use efficiency in the summer season in case of *Fraxinus ornus*, *Quercus cerris* and *Q. petraea*. *Carpinus betulus* turned out to be a source saving species by a moderate gas



exchange rate in every season. According to the moderate rate of carbon assimilation and transpiration but the highest rate of water use efficiency, *Rubus fruticosus* can be the most effective species in the early stage of gap-phase dynamics. Assimilation to transpiration rate in spring and summer is strongly coordinated, water use efficiency is a species and season dependent aspect. Autumn and summer season water use efficiency can serve an appropriate tool for indicating environmental limitation and scaling habitat suitability of the species in dry oak forests.

Keywords: gap-phase regeneration, woody regrowth, assimilation, transpiration, photosynthetic water use efficiency

BEVEZETÉS

A természetes felújulás az erdők strukturális és dinamikai szempontból legkedvezőbb regenerációs folyamata, amely számos külső környezeti hatás függvényeként, belső dinamikákon keresztül, hosszabb idő alatt valósul meg (Bengtsson és mtsai 2000; Yamamoto 2000; Kenderes és mtsai 2007). Ennek lehetőségét erősen korlátozhatja a megfelelő terjesztőképletek hiánya, a vadlétszám, a más fajokkal vívott verseny és/vagy a nem megfelelő abiotikus környezet (Rigling és mtsai 2013). Az utóbbi évtizedben a természetszerű, nem kizárólagosan faanyagtermelést szolgáltatató erdőfelújítások aránya – köszönhetően az erdészeti kezelések során is tapasztalható szemléletváltozásnak – jelentősen megnövekedett (Mózes 2004; Standovár 2006; Solymos 2011; Anon. 2012; Bartha és Puskás 2013). Ennek következtében felértékelődött az az ökológiai tudás, amely a lombkoronahiányok, az ún. erdei lécek mint abiotikus mikrokörnyezet hatását vizsgálják az aljnövényzet regenerációjára, különösen az őshonos erdei fajok csírázására, a csemeték életképességére, túlélésére és növekedésére vonatkozóan (Collins és mtsai 1985; Phillips és Shure 1990; Lüpke 1998; McCarthy 2001; Ritter és mtsai 2005; Mihók 2007; Gálhidy 2008; Březina és Dobrovolný 2011).

Európai uniós kötelezettségünk a természetközeli erdőfelújításban a szálaló üzemmódra való folyamatos átállás. Az állományalkotó fajok természetes újulatának megjelenésére és terjedésére, valamint az ezek tér-idő dinamikájára vonatkozó ismeretek alapvető fontosságúak a regeneráció lefolyásának becsléséhez. A cseres-kocsánytalantölgyesekkel körülvett táji környezetben való természetes (dinamikus) regeneráció a zavarástól (pl. vadjárás, inváziós fajok) és a termőhelyi feltételektől (pl. szárazság) függően változó, optimális esetben is közepes/mérsékelt ütemű lehet (Bölöni és mtsai 2011). A regeneráció kezdeti fázisa – a biotikus kompetíció alacsony szintje mellett – alapvetően abiotikus kontroll alatt áll, amely néhány szignifikáns környezeti tényező hatására és ezek interakciójára alapozható. A növekedés és elterjedés egyik fontos limitációját a lékkörnyezet gyakran szélsőséges mikroklimájára adott ökofiziológiai válaszok jelenthetik. Különösen igaz ez a fenológiai szempontból hosszabb idő alatt regenerálódó, szárazabb erdőtípusok esetében, mint a cseretölgy dominálta erdőállományok Közép-Európában (Csontos 2010). A cseres-tölgyesek regenerációja során a biotikus tényezők, a kompetíciós, allelopátiás hatások szintén meghatározók lehetnek (Csontos 1996; Ádám és Bölöni 2011; Koncz 2013). A továbbiakban a cseres-tölgyesek regenerációjában jellemző fajok ökológiai jellemzőit tekintjük át (Gencsi és Vancsura 1992; Ellenberg és Leuchner 2010; Siffer 2012), elsősorban a korai (8 éves korig tartó) fejlődési állapotra fókuszálva.

A kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) az erdőregeneráció késői szukcessziós stádiumú faja, mérsékeltlen meleg-, közepesen nedvességigényes, az időszakos szárazsággal szemben toleráns, az elárasztást viszont nem tűri. Fényigénye az egyébként jó termőhelyeken mérsékelt, fénykedvelő és árnyéktűrő fajokkal egyaránt alkot elegyes állományokat. Kezdeti magassági növekedése nagyon lassú, néhány levele teljes megvilágítás mellett fénylevélként működik. A fiatal csemete a klimatikus csapadék elmaradása és az emelkedő hőmérséklet együttes hatására fellépő talajvíz-tartalom csökkenésre az asszimiláció visszaesésével válaszol (Arend és mtsai 2013). Extrém fényhiányos termőhelyeken a magoncok felújulása is kritikussá válhat (Le Duc 1998).

A csertölgy (*Quercus cerris* L.) a felújulás korai-közép szukcessziós stádiumú faja, melegigényes, a hőmérséklet és nedvesség szélsőségeivel szemben toleráns, szárazságtűrő. Ritkás lombzata és az árnyéklevelek kezdeti hiánya nagy fényigényére utal. Csírázás után gyors a fiatalkori fejlődés, erőteljes csírcsometét fejleszt, növekedése azonos termőhelyen sokáig meghaladja a rokon taxonokét illetve más fafajét. A csemete szén- és vízforgalmi paramétereit tekintve magas asszimilációs rátájú, mérsékelt transzspirációjú, a tölgyek között a hajtásméretéhez viszonyítva leggazdaságosabb vízhasznosítású (Tognetti és mtsai 2007; Struve és mtsai 2009).

A virágos kőrű (*Fraxinus ornus* L.) az erdőregeneráció folyamatában korai szukcessziós stádiumú, gyors életciklusú, melegigényes és szárazságtűrő faj. Fiatalon félműveltűrő, később fényigényessé válik. Kezdetben a vastagsági, a harmadik évtől a magassági növekedése a meghatározó, az intenzív gyarapodás 15 éves koráig is eltarthat. A száraz időszakot párologtatásának minimálisra csökkentésével hajtáskárosodás nélkül átvészeli. A fiatal egyedek maximális asszimilációs rátája mérsékelt, transzspirációja igen alacsony, fotoszintetikus vízhasznosítása ebből következően kiemelkedően magas lehet. A legfontosabb szén- és vízforgalmi paraméterek ökológiailag ellentétes termőhelyeken is igen stabilak lehetnek (Kalapos és Csontos 2003).

A közönséges gyertyán (*Carpinus betulus* L.) az erdőregeneráció közép-késői szukcessziós stádiumú faja, mérsékelt fényigényes illetve árnyéktűrő, közepesen vízigényes. Nedvesség-szélsőségekkel toleráns. Hajtásképzése folyamatos, de lassú, magassági növekedése a hosszúnappallos időszakban a legintenzívebb. A magonc és a csemete árnyéktűrése révén a fényben szegényebb, zártabb lombkoronasátor alatt is eredményesen regenerálódhat (Gencsi és Vancsura 1992; Legner és mtsai 2014).

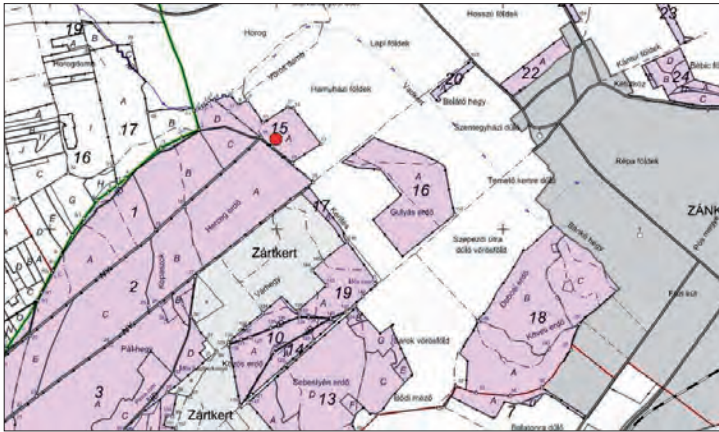
A földi szeder (*Rubus fruticosus* agg.) fajcsoportba tartozó évelők korai-közép stádiumú szukcessziós fajok, számos termőhelyen és erdőtípusban megjelennek igen eltérő tömegességgel (Hegi 1995; Mihók 2007). Funkcionális válaszaiban nagymértékű a plaszticitása, a mindenkori fejlődése erősen függ az aktuális fénykörnyezettől: a mélyárnyéktól a teljes megvilágításig életben marad és növekszik (Balandier és mtsai 2012). A szeder taxonok legfontosabb – a növekedést közvetlenül meghatározó – ökofiziológiai jellemzőjeként az asszimilációs rátát valamint a nitrogén és a víz hasznosítását emelik ki (McDowell 2002).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálati terület bemutatása

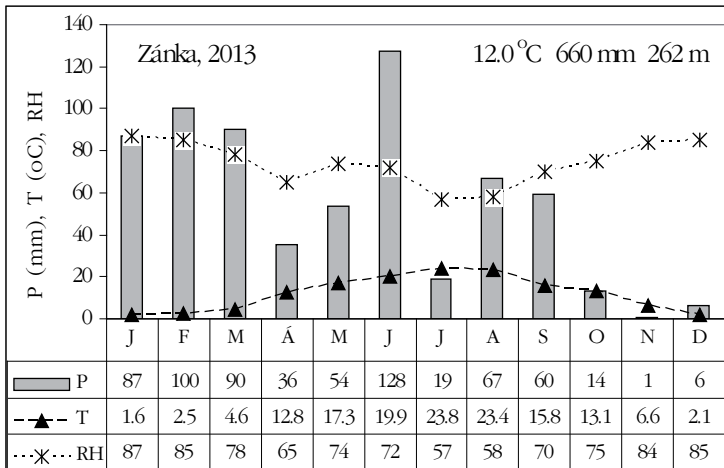
Funkcionális ökológiai vizsgálatainkat a Zánka határában található, szálaló üzemmódban kezelt félszarű cseres-kocsánytalantölgyes erdőállományban végeztük a 2013. évi vegetációs időszakban (1. ábra). Helyszín a Zánka 15A erdőrészlet 2. lékje, amely 188 m², ellipszis alakú (nagy féltengely 10 m, kis féltengely 6 m). A növényzet vízszintes helyzetben lévő, permi vörös homokkőön képződött, gyengén savanyú, barna erdőtalajon, közepes tengerszint feletti magasságban, mérsékelt szubmediterrán klímahatás alatt.

A klímáparaméterek havi átlagait megmutató mérések szerint arid időszakok a nyár közepén (július) és a vegetációt követő téli időszakban (november) jelentkeznek (2. ábra). A vegetációs periódus a terület átlagát tekintve csapadékos, sőt ezen kívül a megelőző tél is kedvezőnek bizonyult (itt nem ábrázolt). A mérési időszakban (2013. május-szeptember) kialakult egy markáns helyi júniusi csapadékmaximum, ezt követően egy júliusi minimum. Utóbbival összhangban az Országos Meteorológiai Szolgálat körzeti mérései a levegő relatív páratartalmában is nyári időszaki minimumot mutattak, így klimatikus szárazság-stressz csak ebben az időszakban léphetett fel a területen. A relatív páratartalom adatait az órák 40. percében mért adatok alapján számított havi átlagok formájában adjuk meg.



1. ábra. A vizsgálati lék elhelyezkedése az erdészeti üzemtervi térképen (●). Forrás: <http://erdoterkep.nebih.gov.hu>

Figure 1. Location of canopy gap as the measurement area in the forest management plan (●). Source: <http://erdoterkep.nebih.gov.hu>



2. ábra: A vizsgálati terület ombrotermikus diagramja a környezeti páratartalom adataival kiegészítve. Csapadék (P) és hőmérséklet (T): helyszíni mérés - Siffer S., relatív páratartalom (RH): Szentkirályszabadja – OMSZ.

Figure 2: Ombrothermic diagram of the investigation area completed with air humidity. Precipitation (P) and temperature (T): local measurement by Siffer S., relative air humidity (RH) near Szentkirályszabadja by OMSZ.

A vizsgált erdőállomány felső és alsó lombkoronaszintje közepesen fejlett (60-70%), a cserjeszintben számos xero-mezofil cserje- és fajfaj fiatal egyedei megtalálhatók, mint a vesszős fagyal (*Ligustrum vulgare* L.), a cseregalagonya (*Crataegus laevigata* (Poir.) DC.), a magas kőris (*Fraxinus excelsior* L.) és a mezei juhar (*Acer campestre* L.). A fő állományalkotó fajok a csertölgy (*Quercus cerris* L.) és a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), jellemző elegyfajok a virágos kőris (*Fraxinus ornus* L.) és a mezei juhar (*Acer campestre* L.), kisebb egyedszámban a barkóca berkenye (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz), a házi berkenye (*Sorbus domestica* L.), a vadkörte (*Pyrus pyraeaster* L.) és a molyhos tölgy (*Quercus pubescens* agg.). A 2013-ban felmért 15 kísérleti lék cserjeszintjében legnagyobb borítási értékkel a csertölgy (*Quercus cerris* L.), a földi szeder (*Rubus fruticosus* agg.), a mezei szil (*Ulmus minor* Mill.) és a virágos kőris (*Fraxinus ornus* L.) voltak a legjelentősebbek. Az újulat megmaradását és fejlődését jelentősen veszélyezteti a területen folyamatosan jelenlévő nagyvadállomány – mely ellen a lékek bekerítésével védekeznek –; valamint az időszakosan fellépő

hernyó-gradáció (Siffer S., szóbeli közlés). Az erdőállományban nagyszámú, különböző korhadási fokú, álló és fekvő holtfa található, melyhez változatos állat- és gombavilág kötődik (Siffer 2012).

Adatgyűjtés és adatértékelés

Terepi méréseinket a fent jellemzett erdőtüpus kísérleti lékjében, a Zánka melletti Bálint-hegy erdőállományában, a spontán erdőregeneráció kezdeti stádiumában végeztük (4 éves lék). Tekintettel a növekedési időszak klimatikus változatoságára, a gázcsere-méréseket a három szezon jellemző és mérésre alkalmas időszakában végeztük el (1. táblázat). A mérésorozatra az erdőtüpus kialakításában legfontosabb, megfelelő egyedszámban jelenlévő 4 fafaj, a csertölgy, a kocsánytalan tölgy, a virágos kőris, a közönséges gyertyán és az erdei lékregeneráció kezdeti stádiumában tömeges földi szeder fenológiai tipikus, azonos fejlettségű egyedeket választottuk ki (3-5 éves, 3-10 egyed/alkalom). A funkcionális válaszlépcsőségi adatokat az abiotikus környezeti stressz hatásától mentes időszakokban, reggeltől kora délutánig, illetve a késő délutáni órákban gyűjtöttük a sztómás limitáció funkciócsökkentő hatásának kiküszöbölése és a maximális gázcsere-teljesítmény legpontosabb becslése érdekében. A lék abiotikus mikrokörnyezetében aktuális helyszíni működési adatokat rögzítettünk hordozható infravörös gázanalizátorral (LCA-2, Analytical Development Company, UK). Az infravörös gázanalizátorok (IRGA) nagy pontosságú (ppm) helyszíni méréseket tesznek lehetővé a növények szén-dioxid- és vízforgalmára vonatkozóan. A működési paraméterek számított értékei mellett a három legfontosabb abiotikus környezeti változó (hőmérséklet, fényintenzitás, szén-dioxid-koncentráció) aktuális értékeit is rögzítettük a mérés ideje alatt. A páratartalmat a maximális sztómánitottság elérése érdekében megfelelően alacsony konstans értékre állítottuk be (RH=1%). A működési adatok között szerepeltek a legfontosabb szén- és vízforgalmi paraméterek: a szén-dioxid-megkötés - asszimiláció (A; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a párolgatás - transzspiráció (E; $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) és a fotoszintetikus víz-hasznosítás (pWUE; $\mu\text{mol mmol}^{-1}$). Utóbbi az asszimiláció és a transzspiráció hányadosa-ként (A/E) a gyakorlatban is széles körben használt, az egységnyi vízmennyiség leadására jutó szén-dioxid relatív mennyiségét jelenti. Közvetlenül felhasználható a növény gázcsereje gazdaságosságának jellemzésére. Mindhárom funkcionális paraméter a növényi gázcsere-működés pillanatnyi, adott külső és belső feltételek mellett fennálló intenzitásáról ad felvilágosítást.

1. táblázat: A gázcsere adatok gyűjtésének körülményei. T = levél hőmérséklet, PPFD = fényáram sűrűség,

Ca = környezeti szén-dioxid koncentráció, n = a mérési adatpontok száma

Table 1: Terms and conditions of gas exchange measurements. T = leaf temperature, PPFD = Photosynthetic Photon Flux Density,

Ca = ambient concentration of carbon-dioxide, n = number of measuring points

	Tavaszi	Nyári	Őszi
A mérés időpontja (év/hó/nap)	2013/05/18-28	2013/07/29-31	2013/09/20-23
A levél hőmérséklete (T, °C)	13.4 – 34.1	21.4 – 40.4	12.6 – 32.0
Megvilágítás (PPFD, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	0 - 3000	0 - 2628	7 - 2355
Szén-dioxid koncentráció (Ca, ppm)	318 - 453	319 - 470	367 - 458
Mérési pont, közönséges gyertyán	n = 400	n = 175	n = 263
Mérési pont, virágos kőris	n = 119	n = 263	n = 202
Mérési pont, csertölgy	n = 219	n = 227	n = 322
Mérési pont, kocsánytalan tölgy	n = 257	n = 231	n = 333
Mérési pont, földi szeder	n = 262	n = 214	n = 259

A mérési pontok halmazára a megvilágítási értékekhez (PPFD) tartozóan exponenciális jellegű telítési függvényt illesztettünk (1. egyenlet). Ezt követően a kapott paraméterek egyenletbe való visszahelyettesíté-



sével szerkesztettük meg a fényválaszgörbéket (3. ábra). A függvényillesztés megbízhatóságát a szabadsági fokkal korrigált khi-négyzet (χ^2/DoF) és a determinációs együttható (R^2) értékei alapján ítéltük meg. Az ökológiai értékeléshez kiválasztottuk a produkcióval kapcsolatos legrelevánsabb határértéket, a teljes (telítési) fényintenzitáskor mutatott maximumot, a kapacitást (A_{\max} , E_{\max} , $pWUE_{\max}$). A kapacitások értékei a függvény felső határértékeinek feleltethetők meg az $y=y_0$ esetekben.

Jellemeztük illetve összehasonlítottuk az egyes fajok szezonális asszimilációs, transzspirációs és vízhasznosítási válaszainak variabilitását. Az elemzéshez egyutas variancia-analízist alkalmaztunk (ANOVA) 95%-os megbízhatósági szint mellett ($p<0.05$). Elsődleges célunk a fénykörnyezet gázcserre funkciókra gyakorolt hatásainak jellemzése, összehasonlítása és a fajok közötti különbségek feltárása volt. Ezek mellett értékelni kívánjuk a fajok fényválaszaik alapján megadható relatív termőhelyi alkalmasságát a létkörnyezethez, valamint a növekedéssel kapcsolatos szerves anyag termelés ütemét és mértékét.

$$y = y_0 - A_1 e^{(-x/t_1)}$$

1. Egyenlet: A fényválasz görbék illesztéséhez felhasznált elsőrendű exponenciális függvény. y_0 = amplitúdó (felső határérték, pozitív), A_1 = kitérés (alsó határérték, negatív), t_1 = hanyatlási konstans.

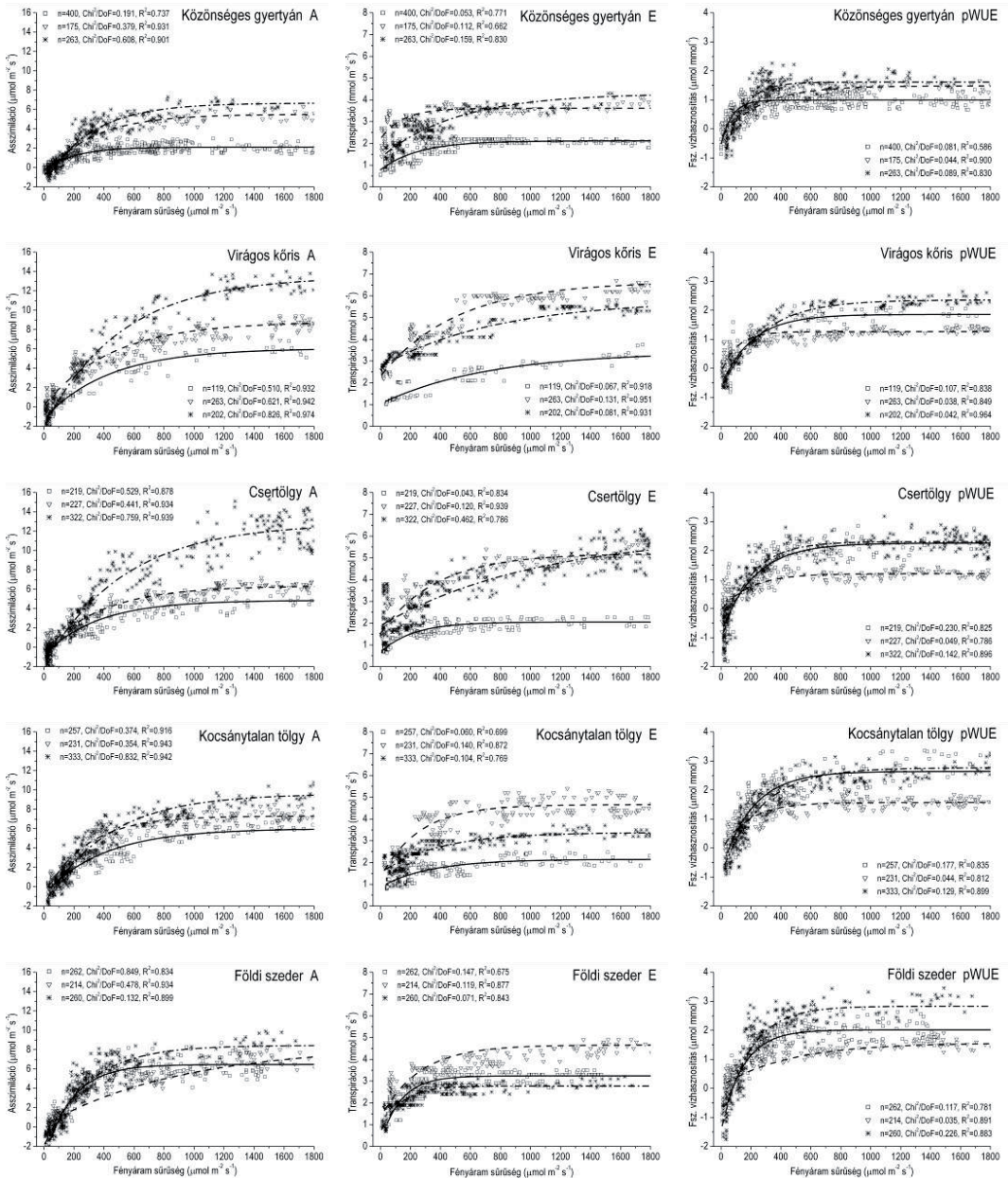
Equation 1: Calculation scheme for light response curves as a first order exponential decay. y_0 = amplitude (upper limit, positive), A_1 = offset (lower limit, negative), t_1 = decay constant.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Elsőként a vizsgált fafajok szezonális fényválaszait mutatjuk be az asszimiláció (3. ábra „A” sorozat), a transzspiráció (3. ábra „E” sorozat) és a fotoszintetikus vízhasznosítás (3. ábra „pWUE” sorozat) illesztett görbéi és a számított kapacitásértékek áttekintésével (2. táblázat). Általánosan elmondható, hogy az asszimilációs ráta értéke az őszi időszakban mutat maximumot, legnagyobb kapacitásértéke a virágos kórisnek és a csertölgynek van. Közepes az asszimilációs teljesítménye a kocsánytalan tölgynek és a földi szedernek, a legalacsonyabb asszimilációs maximum a közönséges gyertyáné.

A párologtatást nézve a fajok többségénél őszi maximumfigyelhető meg, kiugróan magas értékek pedig a tölgyeknél. A közönséges gyertyának a legalacsonyabb az őszi maximumú transzspirációs kapacitása. Nyári transzspirációs maximumok jellemzik a földi szedret és a virágos kórist, az utóbbi az abszolút maximum a vizsgált fajok között. A fotoszintetikus vízhasznosításban – a gyertyán kivételével – tavaszi és/vagy őszi maximumok, emellett nyári minimumok alakultak ki. A tavaszi és őszi $pWUE_{\max}$ értékei szinte egybeesnek a két tölgyfaj esetében. Tavasztól őszig tartó kismértékű vízhasznosítás-emelkedés figyelhető meg a közönséges gyertyánál, határozott őszi maximum a földi szedernél, amely a fajok között az abszolút maximummal is rendelkezik az őszi szezonban. Kiemelendő, hogy nincs nyári vízhasznosítási minimuma a közönséges gyertyának és a földi szedernek, aminek hátterében a relatív értelemben kedvező asszimilációs teljesítmény és a mérsékelt párologtatás állhat.

A fajok működési összehangoltságának kialakulására az azonos napszakokra vonatkozó, környezeti limitációk nélküli időszakok szezonális gázcserrefunkciói közötti korrelációk vizsgálatával kaphatunk választ (3. táblázat). Az asszimilációs ráta tavaszi és nyári értékei ($r=0.905$), a transzspirációs ráta tavaszi és nyári értékei ($r=0.675$), valamint a fotoszintetikus vízhasznosítás tavaszi és őszi értékei (0.744) között találtunk szoros pozitív korrelációt. Az őszi időszakban az ökofiziológiai funkciók között az asszimiláció-transzspiráció relációjában figyelhető meg nagyfokú koordináltság ($r=0.665$), amely jelenség a sztómás limitáció hiányára, azaz tisztán a környezeti szabályozás mechanizmusára utal az összes faj esetében. A tavaszi vízhasznosítás az azonos idejű asszimilációs rátával korrelál szorosan ($r=0.789$), a paraméter értékének kialakításában ekkor a transzspiráció a kevésbé meghatározó komponens. A nyári vízhasznosítás ($pWUE_{NY}$) a legkomplexebb módon



3. ábra: Gázcsere paraméterek szezonális fényválasza. Asszimiláció: A, transzspiráció: E, fotoszintetikus vízhasznosítás: pWUE, tavasz: □ és folytonos vonal, nyár: ▽ és szaggatott vonal, őszi: * és szaggatott pont vonal. n = mintaelem szám, Ch^2/DoF = szabadsági fokkal korrigált khi-négyszet, R^2 = determinációs együttható

Figure 3: Seasonal light response of gas exchange parameters. Assimilation: A, transpiration: E, photosynthetic water use efficiency: pWUE, spring: □ and solid line, summer: ▽ and dashed line, autumn: * and dashed dot line. n = number of data points, Ch^2/DoF = adjusted chi-square by the degree of freedom, R^2 = coefficient of determination



szabályozott ökofiziológiai paraméter, közvetlenül egyik komponensével sem vonható korrelációba. Értékének kialakításában – a szezonálisan alacsony légköri pártartalomból eredő környezeti limitáció mellett – szerepe lehet a fajok közötti eltérő szabályozási mechanizmusoknak is. Az őszi vízhasznosítás a tavaszi időszakéhoz hasonlóan alakul.

2. táblázat: Szezonális asszimilációs (A_{max} ; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transzspirációs (E_{max} ; $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) és vízhasznosítási ($pWUE_{max}$; $\mu\text{mol mmol}^{-1}$) kapacitások (átlag \pm szórás). Fajon belüli legkisebb értékek szürke, legnagyobb értékek rózsaszín árnyékolással. T: tavasz, NY: nyár, Ő: ősz.

Table 2: Seasonal capacities of assimilation (A_{max} ; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiration (E_{max} ; $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and photosynthetic water use efficiency ($pWUE_{max}$; $\mu\text{mol mmol}^{-1}$) (mean \pm SD). Lowest values of species are grey shaded, highest values are pink shaded, T: spring, NY: summer, Ő: autumn.

	Közönséges gyertyán	Virágos kőris	Csertőlgly	Kocsánytalan tőlgly	Földi szeder
A_{max} T	2.12 \pm 0.04	6.05 \pm 0.12	4.86 \pm 0.11	6.02 \pm 0.11	6.47 \pm 0.10
E_{max} T	2.12 \pm 0.02	3.42 \pm 0.06	2.05 \pm 0.02	2.14 \pm 0.04	3.24 \pm 0.04
$pWUE_{max}$ T	0.99 \pm 0.02	1.86 \pm 0.04	2.26 \pm 0.06	2.64 \pm 0.05	2.02 \pm 0.04
A_{max} NY	5.52 \pm 0.11	8.80 \pm 0.11	6.35 \pm 0.08	7.31 \pm 0.06	8.40 \pm 0.02
E_{max} NY	3.61 \pm 0.04	6.65 \pm 0.05	5.20 \pm 0.04	4.66 \pm 0.04	4.90 \pm 0.02
$pWUE_{max}$ NY	1.48 \pm 0.03	1.26 \pm 0.02	1.20 \pm 0.02	1.57 \pm 0.02	1.57 \pm 0.03
A_{max} Ő	6.67 \pm 0.10	13.51 \pm 0.15	12.84 \pm 0.20	9.62 \pm 0.11	8.44 \pm 0.19
E_{max} Ő	4.30 \pm 0.07	5.80 \pm 0.08	6.13 \pm 0.28	3.38 \pm 0.04	2.77 \pm 0.03
$pWUE_{max}$ Ő	1.61 \pm 0.03	2.36 \pm 0.02	2.31 \pm 0.03	2.77 \pm 0.03	2.83 \pm 0.07

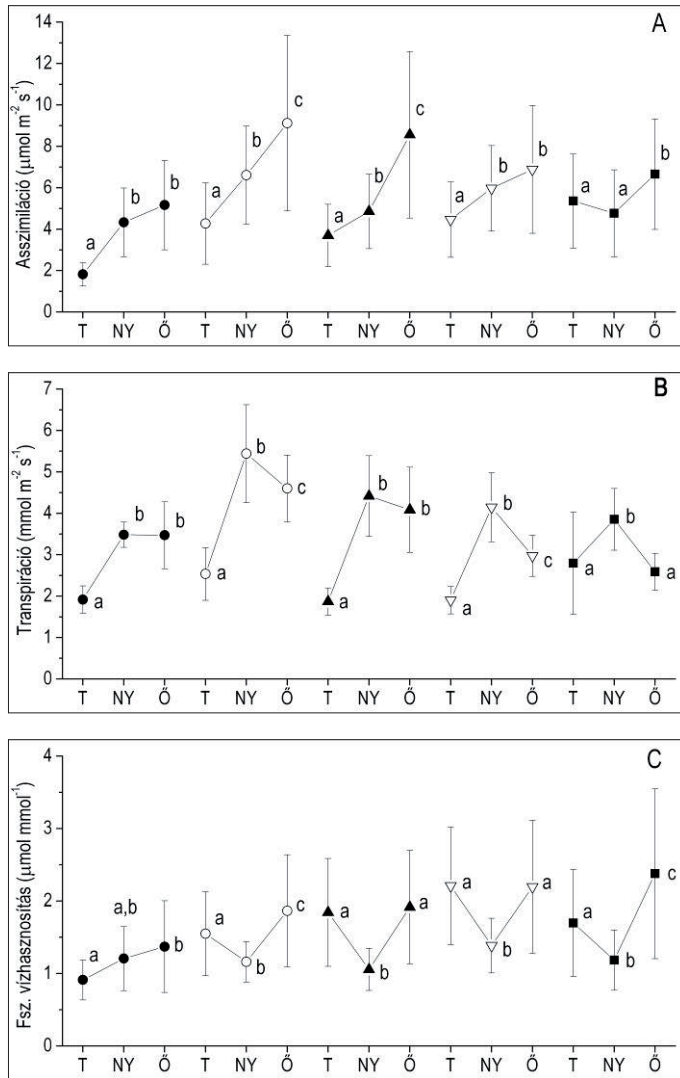
3. táblázat: Szezonális asszimilációs (A_{max}), transzspirációs (E_{max}) és vízhasznosítási ($pWUE_{max}$) kapacitások korrelációi, Pearson's $r = 0.632$, $p < 0.05$, T: tavasz, NY: nyár, Ő: ősz.

Table 3: Correlations for seasonal capacities of assimilation (A_{max}), transpiration (E_{max}) and photosynthetic water use efficiency ($pWUE_{max}$), Pearson's $r = 0.632$, $p < 0.05$, T: spring, NY: summer, Ő: autumn

	A_{max} T	A_{max} NY	A_{max} Ő	E_{max} T	E_{max} NY	E_{max} Ő	$pWUE_{max}$ T	$pWUE_{max}$ NY
A_{max} NY	0.905	–	–	–	–	–	–	–
A_{max} Ő	ns	ns	–	–	–	–	–	–
E_{max} T	ns	0.634	ns	–	–	–	–	–
E_{max} NY	0.670	ns	0.883	0.675	–	–	–	–
E_{max} Ő	ns	ns	0.665	ns	ns	–	–	–
$pWUE_{max}$ T	0.789	0.634	ns	ns	ns	ns	–	–
$pWUE_{max}$ NY	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
$pWUE_{max}$ Ő	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.744	ns

A továbbiakban a vizsgált fajok gázcseré-paramétereinek szezonális variabilitását mutatjuk be. A nettó asszimilációs ráta (4/A. ábra) legmagasabb átlagait a csertőlgly és a virágos kőris őszi növekedési időszakában kaptuk. Legalacsonyabb átlagokkal a közönséges gyertyán és a csertőlgly tavaszi időszaki aktivitása jellemezhető. A szezonális variabilitás mértéke – a fajon belüli minimum- és maximumátlagok különbsége – a virágos kőris és a csertőlgly szezonális mintázatában figyelhető meg. A legszűkebb tartományban mozgó szénforgalmi variabilitást a kocsánytalan tőlglynél és a földi szedernél tapasztaltuk. Az asszimiláció szezonális mintázata a va-

lói fás szárú fajok esetében tavasztól őszi tartó emelkedő trendet, a földi szeder esetében nyári minimumot mutat. A transzspirációt tekintve (4./B ábra) minden faj dinamikája nyári maximum szerint rendeződik, külön-
ségek elsősorban a maximum-minimum relációkban és az őszi visszatérés mértékében állapíthatók meg.



4. ábra: Az asszimiláció (A), a transzspiráció (B) és a fotoszintetikus vízhasznosítás (C) szezonális variabilitása (átlag±szórás).

A kisbetűk (a,b,c) a fajon belüli szignifikánsan különböző szezonális értékeket jelölik, kiindulási állapot a tavasz = a. T: tavasz, NY: nyár,

Ó: ősz. ● = közönséges gyertyán, ○ = virágos kőris, ▲ = csertölgy, ▽ = kocsánytalan tölgy, ■ = földi szeder

Figure 4: Seasonal variance of assimilation (A), transpiration (B) and photosynthetic water use efficiency (C) by mean±SD. Small letters

(a,b,c) sign significant differences of seasons within but not between the species, starting point is the spring signed by letter a. T: spring,

NY: summer, Ó: autumn. ● = *Carpinus betulus*, ○ = *Fraxinus ornus*, ▲ = *Quercus cerris*, ▽ = *Quercus petraea*, ■ = *Rubus fruticosus*



Legkisebb változékonyságú transzspirációs mintázata a közönséges gyertyánnak és a földi szedernek van, a legnagyobb szezonális variabilitás a virágos kőrisnél állapítható meg. Tekintettel arra, hogy a nyár – a változatos csapadék- és hőmérséklet-kiegyenlítetlenségek lehetőségét hordozva – minden termőhelyen a legkritikusabb környezeti időszak, a nyári transzspirációs maximum a vízgazdálkodási egyensúly első számú indikátorjellegű paramétere. A funkcionális működések egyenleg típusú mérőszáma, a fotoszintetikus vízhasznosítás a hosszú távú, legalább éves ciklusú sikeresség mérőszáma a termőhelyeken.

A fajok szezonális vízgazdálkodásában (4./C ábra) a közönséges gyertyán kivételével minden fajnál nyári minimum szerinti mintázatot kaptunk. Igen öröndetes tény, hogy az őszi visszatérés legalább eléri (pl. kocsánytalan tölgy), több esetben meg is haladja (pl. virágos kőris, földi szeder) a tavaszi átlagot. A közönséges gyertyán első tekintetre hátrányosnak tűnő alacsony vízhasznosítási értékei (0.91–1.37 $\mu\text{mol mmol}^{-1}$) folyamatosan növekvő, nyári visszaesés nélküli trend szerint változnak. Érdemes figyelni a $\text{pWUE}=1$ körüli igen alacsony átlagokra, amelyek ráirányítják a figyelmet arra, hogy a nyári időszakban a kritikushoz közeli vízforgalmi egyenleg alakulhat ki a kedvezőtlenebb csapadékú vegetációs időszakokban a száraz tölgyesek termőhelyein.

Végezetül a vizsgált fajok ökofiziológiai viselkedésének összegzett és összehasonlító értékelését végezzük el az eddigiekben már ismertett három legfontosabb gázcsere-paraméter segítségével. A közönséges gyertyánra (*Carpinus betulus* L.) mérsékelten alacsony, szezonálisan kiegyenlített működés jellemző mindhárom ökofiziológiai paramétert tekintve (A, E, pWUE). Ez teljes mértékben alátámasztja a korábbi, Közép-Európában végzett funkcionális vizsgálatok eredményeit, és megfelel a szukcessziós stádium besorolásának (Ellenberg és Leuchner 2010). A virágos kőris (*Fraxinus ornus* L.) funkcionális paraméterei szezonálisan a legváltozatosabbak, nyári időszaki magas transzspirációja és ezzel járó alacsony vízhasznosítása lassíthatja a regenerációját a száraz (pl. cseres-tölgyes) termőhelyeken. Bár transzspirációját a kritikus időszakokban hatékonyan, károsodás nélkül képes csökkenteni (Gencsi és Vancsura 1992), regenerációjának üteme a tartósan nyári szárazságot szenvedő termőhelyeken valószínűsíthetően mérséklődni fog a sztómás limitáció következtében, és valószínűleg a felnőttkori kifejlődése az alsó lombkoronaszintben marad. A regeneráció későbbi/végző fázisában felső lombkoronabeli, erdőalkotó fajokként ismert kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) és csertölgy (*Quercus cerris* L.) esetében hasonló működési mintázatok voltak megfigyelhetők. A kocsánytalan tölgy asszimilációja és transzspirációja mindvégig mérsékeltebb volt, vízhasznosítása mégis kissé kedvezőbb alakult a csertölgyénél. A jelenséget a két faj növekedésbeli és szukcessziós stádiumtípusukban való különbségük indokolhatja. Amennyiben ezt elfogadjuk, néhány éven belül megfordulhat a trend, a csertölgy funkcionális paraméterei kedvezőbbé válhatnak, és a lombkorona domináns fajként jelenhet meg. Végezetül néhány gondolat az erdei fás szárú „kakukktojás”, a földi szeder (*Rubus fruticosus* agg.) viselkedéséről a száraz tölgyesben. Ökofiziológiai viselkedése minden paraméter és a szezonális dinamikák alapján is a tölgyekre hasonlít leginkább. Mivel a csertölgyhöz hasonlóan a korai szukcessziós stádiumok faja, a vele való nagymértékű egyezés azt sugallja, hogy a lékdinamika korai stádiumában – a mérsékeltebb propagulum-limitáció és/vagy a gyorsabb terjedés következtében – egy funkcionális helyettesítésről lehet szó.

Eredményeink alátámasztják a korábban inkább terepi megfigyelésen, illetve cönológiai vizsgálatokon alapuló ismereteket az egyes fajok erdőtársulásban betöltött szerepére, illetve jelenlétének és dominanciájának okaira vonatkozóan. A vizsgált fajok közül legkiemelkedőbb asszimilációs rátája a két domináns társulásalkotó fajnak, a csertölgynek és a virágos kőrisnek volt. A közönséges gyertyán ökofiziológiai válaszai megerősítik a gyakorlati megfigyelést, mely szerint a vizsgálati terület termőhelyi tényezői és abiotikus tényezői kevésbé kedvezőek számára, növekedésének és fejlődésének jelentős abiotikus korlátai lehetnek. A földi szedernek a vizsgált fajokhoz viszonyítva is kedvező ökofiziológiai paraméterei lehetővé teszik a lécek gyors kolonizációját, jelentős kompetitív hatást gyakorolva az újlatra.

A változó klimatikus adottságokhoz legoptimálisabban adaptálódó fajok ismerete segítséget nyújthat a célállomány kiválasztásában, így a fás szárú újulat ökofiziológiai válaszainak mélyebb ismerete hosszú távon hozzájárulhat a gyakorlati erdőgazdálkodás feladatainak megoldásához.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Vizsgálatainkat a „Silva naturalis” TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 sz. kutatási pályázat támogatta. Köszönjük Siffer Sándor erdész (Pro Silva Hungaria Egyesület) nélkülözhetetlen segítségét a helyszín biztosításáért és a területre vonatkozó hőmérséklet-és csapadék-adatok rendelkezésre bocsátásáért. A regionális páratartalom adatait az Országos Meteorológiai Szolgálat mérte. Köszönjük a Veszprém Megyei Kormányhivatal Erdészeti Igazgatóságának az üzemtervi térkép rendelkezésre bocsátását. A terepi adatfelvételezésben Sándor Judit intézeti munkatárs és Károlyi Beatrix egyetemi hallgató (NymE-NTI) nyújtottak értékes segítséget.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Ádám R. és Bölöni J. 2011: Cseres-kocsánytalan tölgyesek gyepszintjének kapcsolata az állomány jellemzőivel. 34-37. In: Mázsa K. (ed.): Válogatás az MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet Kutatási eredményeiből, 2011. ÖBKI, Vácrátót, pp: 34-37.
- Anon. 2012: Erdővagyon, Erdő- és Fagazdálkodás Magyarországon 2012. Nébih Erdészeti Igazgatóság, Budapest.
- Arend, M.; Brem, A.; Kuster, T.M. and Günthardt-Goerg, M.S. 2013: Seasonal photosynthetic responses of European oaks to drought and elevated daytime temperature. *Plant Biology*, 15: 169-176.
- Balandier, P.; Marquier, A.; Casella, E.; Kiewitt, A.; Coll, L.; Wehrle, L. and Harmer, R. 2012: Architecture, cover and light interception by bramble (*Rubus fruticosus*): a common understorey weed in temperate forests. *Forestry*, 86: 39-46.
- Bartha D. és Puskás L. 2013: *Silva naturalis* Vol.1. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron.
- Bengtsson, J.; Nilsson, S.G.; Franc, A. and Menozzi, P. 2000: Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest Ecology and Management*, 132: 39-50.
- Bölöni J.; Fekete G.; Kun A.; Tímár G.; Bartha D.; Szmorad F.; Nagy, J. és Juhász M. 2011: L2a – Cseres kocsánytalan tölgyesek. 308-314. In: Bölöni J.; Molnár Zs. és Kun A. (szerk.): Magyarország élőhelyei. Vegetációtípusok leírása és határozója. MTA ÖBKI, Vácrátót.
- Březina, I. and Dobrovolný, L. 2011: Natural regeneration of sessile oak under different light conditions. *Journal of Forest Science*, 57: 359-368.
- Collins, B.S., Dunne, K.P. and Pickett, S.T.A. 1985: Responses of forest herbs to canopy gaps. 218-234. In: Pickett, S.T.A. and White, P.S. (eds): *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, Orlando, Florida.
- Csontos P. 1996: Az aljnövényzet változásai cseres-tölgyes erdők regenerációs szukcessziójában. *Scientia* Kiadó, Budapest, 122 pp.
- Csontos, P. 2010: Light ecology and regeneration on clearings of sessile oak - Turkey oak forests in the Visegrád Mountains, Hungary. *Acta Botanica Hungarica*, 52 (3-4): 265–286.
- Ellenberg, H. und Leuschner, C. 2010: *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*, 6th ed. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Gálhidy L. 2008: Az aljnövényzet fajösszetételének és tömegességének változásai középhegységi bükkösök mesterséges és széldöntés nyomán létrejövő lékjeiben. Doktori értekezés. ELTE, Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, Budapest.
- Gencsi L. és Vancsura R. 1992: *Dendrológia*. Mezőgazda kiadó, Budapest.
- Hegi, G. 1995: *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Band IV, Teil 2A, Blackwell Wissenschaft Verlag.
- Kalapos, T. and Csontos, P. 2003: Variation in leaf structure and function of the Mediterranean tree *Fraxinus ornus* L. growing in ecologically contrasting habitats at the margin of its range. *Plant Biosystems*, 137: 73-82.



- Kenderes K., Tímár G., Ódor P., Bartha D., Standovár T., Bodoncz L., Böllöni J., Szmorad F. és Aszalós R. 2007: A természetvédelem hatása középhegységi erdeinkre. Természetvédelmi Közlemények, 13: 69-80.
- Koncz G. 2013: Cseres-tölgyes erdők (Síkfőkút project és Vár-hegy) légyszárú növényzet és magkéslet vizsgálata. Egyetemi doktori (PhD) értekezés, Debreceni Egyetem.
- Le Duc, M.G. and Havill, D.C. 1998: Competition between *Quercus petraea* and *Carpinus betulus* in an ancient wood in England: seedling survivorship. *Journal of Vegetation Science*, 9: 873-880.
- Legner, N.; Fleck, S. and Leuschner, C. 2014: Within-canopy variation in photosynthetic capacity, SLA and foliar N in temperate broad-leaved trees with contrasting shade tolerance. *Trees*, 28: 263-280.
- Lüpke, B. 1998. Silvicultural methods of oak regeneration with special respect to shade tolerant mixed species. *Forest Ecology and Management*, 106: 19-26.
- McCarthy, J. 2001: Gap dynamics of forest trees: A review with particular attention to boreal forests. *Environmental Reviews*, 9: 1-59.
- McDowell, S.C.L. 2002: Photosynthetic characteristics of invasive and non-invasive species of *Rubus* (*Rosaceae*). *American Journal of Botany*, 89: 1431-1438.
- Mihók B. 2007: Lékek fénymintázata és növényzeti regenerációja bükkös állományokban. Doktori értekezés. ELTE TTK, Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, Biológia Doktori Iskola, Budapest.
- Mózes Cs. (szerk.) 2004: Erdővagyon, erdő- és fagazdálkodás Magyarországon. FVM Erdészeti Hivatal Kiadványa, Budapest.
- Phillips, D.L. and Shure, D.J. 1990: Patch-Size Effects on Early Succession in Southern Appalachian Forests. *Ecology*, 71: 204-212.
- Rigling, A.; Bigler, C.; Eilmann, B.; Feldmeyer-Christe, E.; Gimmi, U.; Ginzler, C.; Graf, U.; Mayer, P.; Vacchiano, G.; Weber, P.; Wohlgemuth, T.; Zweifel, R. and Dobbertin, M. 2013: Driving factors of a vegetation shift from Scots pine to pubescent oak in dry Alpine forests. *Global Change Biology*, 19: 229-240.
- Ritter, E. and Vesterdal, L. 2006: Gap formation in Danish beech (*Fagus sylvatica*) forests of low management intensity: soil moisture and nitrate in soil solution. *European Journal of Forest Research*, 125: 139-150.
- Siffer S. 2012: Szálalás száraz tölgyesekben. 121–133. In: Gyöngyössi P. (szerk.): Múlt és jövő IV. Tartamosság, természetszerűség, társadalmi kontroll. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.
- Solymos R. 2011: Természetes erdőfelújítás – folyamatos erdőborítás. *Erdészeti Lapok*, 151: 72-74.
- Standovár T. 2006: Biológiai megfontolások az erdei életközösségek hatékony védelméhez. *Magyar Tudomány*, 2006/6: 656-662.
- Struve, D.K., Ferrini, F.; Fini, A. and Pennati, L. 2009: Relative growth and water use of seedlings from three Italian *Quercus* species. *Arboriculture and Urban Forestry*, 35: 113-121.
- Tognetti, R.; Cherubini, P.; Marchi, S. and Raschi, A. 2007: Leaf traits and tree rings suggest different water-use and carbon assimilation strategies by two co-occurring *Quercus* species in a Mediterranean mixed-forest stand in Tuscany, Italy. *Tree Physiology*, 27: 1741-1751.
- Yamamoto, S.-I. 2000: Forest Gap Dynamics and Tree Regeneration. *Journal of Forest Research*, 5:223-229.

Érkezett: 2014. március 16.

Közlésre elfogadva: 2014. szeptember 15.

A HAZAI FAIPARI TERMÉKEKBEN TÁROLT SZÉN MENNYISÉGÉNEK ÉS KÉSZLETVÁLTOZÁSÁNAK BECSLÉSE A 2013 IPCC SUPPLEMENTARY GUIDANCE MÓDSZERTANA ALAPJÁN

Király Éva és Kottek Péter

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Erdészeti Igazgatóság

Kivonat

A magyarországi fatermék széntározóban lekötött szén teljes mennyiségét és a szénkészlet éves változását vizsgáltuk az 1900-tól 2020-ig terjedő időszakban. Áttekintettük a rendelkezésre álló hazai és nemzetközi adatbázisokban szereplő adatokat, így állítva elő azt a minél konzisztensebb adathalmazt, amelyen a modellezést végeztük. A 2013 as IPCC Supplementary Guidance által adott módszertan alkalmazásával végeztük a számításainkat, mely több ponton eltér a hasonló számításokhoz általunk korábban felhasznált módszertantól. Eredményeink szerint a fatermékekben megkötött teljes szénkészlet napjainkban 9 millió tonnára tehető, az éves szénkészlet-növekedés pedig az utóbbi évtizedben széndioxid-egyenértékben kifejezve átlagosan 100 ezer tonna.

Kulcsszavak: HWP, fatermékek, szénkészlet, szénmegkötés, üvegházgáz-leltár, CO₂-kibocsátás, Kiotói Jegyzőkönyv, éghajlatváltozás

ESTIMATION OF THE STOCKS AND STOCK CHANGE OF THE HUNGARIAN HARVESTED WOOD PRODUCT POOL USING THE METHODOLOGY OF 2013 IPCC SUPPLEMENTARY GUIDANCE

Abstract

We estimated the amount of carbon stored in the Hungarian harvested wood product pool, and the amount of annual inflow and outflow from the pool for the time period 1900-2020. We studied national and international data sources in order to find the best available and consistent data on production and trade. Because both the dataset and the methodology, i.e., the 2013 IPCC Supplementary Guidance, that were used for this study differ from those in earlier studies, the results obtained are different as well. We now estimate that the carbon accumulation of the Hungarian HWP pool amounts to 9 million tonnes of carbon, and the average of annual net emissions from the pool is around -100,000 tonnes CO₂.

Keywords: HWP, harvested wood products, carbon stock, carbon sequestration, greenhouse gas inventory, CO₂ emission, Kyoto Protocol, climate change

Levelező szerző/Correspondence:

Király Éva, 1023 Budapest, Frankel Leó u. 42–44.; e-mail: kiralye@nebih.gov.hu



BEVEZETÉS

Már a Kiotói jegyzőkönyv első vállalási időszaka előtt egyértelműen ismert volt az erdők szénlekötő képessége (Juhász és mtsai 2010), mely funkció értékét az emissziókereskedelem révén akár pénzben is ki lehetett fejezni (Somogyi 2007).

A 2011 novemberében megrendezett durbani klímaváltozási konferencián megfogalmazták a Kiotói jegyzőkönyv második kötelezettségvállalási időszakára (2013-2020) vonatkozó új jelentéskészítési- és elszámolási szabályokat és irányelveket, melyeket végül 2012-ben Dohában fogadtak el. Az elszámolás szabályainak egyik fontos változása a második kötelezettségvállalási időszakban, hogy a fatermékek (Harvested Wood Products – HWP), mint új széntároló kötelező érvénnyel kerülnek be az üvegházgázleltárba (Frieden és mtsai 2012). A döntés értelmében a Jegyzőkönyvet ratifikáló országoknak meg kell becsülniük a HWP széntároló kibocsátásait, illetve elnyeléseit.

A fatermékekben évente globálisan megkötött szén mennyiségét 26-139 Tg/év közötti értékre becsülik (Dias és mtsai 2009; Hashimoto és mtsai 2002; Pingoud és mtsai 2003; Watson és mtsai 1996; Winjum és mtsai 1998). A HWP-ben megkötődő szén mennyisége jelentéktelennek tűnik a teljes földi ökoszisztéma szénlekötő képességéhez viszonyítva, melynek nagysága 1,6-4,8 Pg/év-es értékre tehető (Dias és mtsai 2009; House és mtsai 2003). Ugyanakkor egy-egy ország szintjén a HWP-ben tárolódó szén mennyiségének ennél sokkal nagyobb jelentősége lehet (Apps és mtsai 1999; Dias és mtsai 2005; Dias és mtsai 2009). A HWP fontosságát az is növeli, hogy épületszerkezeti anyagként helyettesíthet olyan jóval nagyobb fosszilis energiafelhasználással gyártott anyagokat, mint a beton vagy az acél, ezzel is csökkentve a légkörbe kibocsátott szén mennyiségét (Dias és mtsai 2009; Frieden és mtsai 2012; Gustavsson 2008; Pingoud és mtsai 2003; Werner és mtsai 2006).

A HWP-ben tárolódó széntartalom becslésére számos módszer létezik, melyek egymástól nagyon eltérő eredményekre is vezethetnek. A módszerek három nagy csoportba sorolhatóak az általuk felhasznált adatok, illetve annak alapján, hogy a számítások által kijelölt rendszernek mik a határai. Az ún. inflow-outflow módszerek a HWP-ben tárolódó szénkészlet változását a beáramló és a kiáramló szénmennyiség különbsége alapján számítják. Az ún. 'stock-data' (készletadat) módszerek a HWP teljes szénkészletében bekövetkezett változást értékelik, melyet két vagy több időpont készletének különbségeként számítanak. A szénkészletre vonatkozó adatok statisztikai módszerek és direkt mintavételek alapján állapíthatók meg. A harmadik módszer az emissziók közvetlen értékelésén alapszik (Dias és mtsai 2009).

Hazánkban a faipari termékekben tárolódó szénkészletre vonatkozó számításokat a 2006-os IPCC Módszertani útmutatója (IPCC 2006) Tier 1 módszerét alkalmazva Böröcsök és munkatársai végezték (2011/a;b). Becslésük során a FAOSTAT honlapján található adatokból indultak ki, az IPCC Módszertani útmutatóban megadott felezési idők felhasználásával (fatermékekre 30 év, papírtermékekre 2 év). Számításuk eredményei szerint a hazai faipari termékek szénkészlete 31 millió tonnára tehető.

Rüter (2011) az EU minden tagországára, köztük Magyarországra is becsülte a fatermékekben évente megkötött széndioxid mennyiségét, ennek átlaga számítása szerint az 1990 és 2009 közötti időszakban 159 ezer tonnára tehető.

Schöberl (2012) felmérte és grafikusán ábrázolta a fatermékekben tárolt szén civilizációs anyagáramát és ebből kiindulva értékelte klímavédelmi szerepét. Eredményei szerint a HWP tárolóba a 2003. évben belépő szénmennyiség 335 ezer tonnára tehető.

2013 őszén a NÉBIH Erdészeti Igazgatóság Statisztikai és Elemzési Osztályán átfogó számításokat végeztünk a hazai faipari termékekben tárolódó szénkészlet becslésére (Király és Kottek 2014), melyekhez a Rüter (2011) által kidolgozott módszertant vettük alapul. Ez a módszertan a 2006-os IPCC Módszertani útmutatóban szereplő készletváltozási modellen alapul, és összhangban van a vonatkozó 529/2013/EU határozattal

is. A módszer azonban eltér a 2006-os IPCC Módszertani útmutatótól (IPCC 2006) az alkalmazott felezési idők tekintetében, valamint elveti a 12.3-as egyenlet alkalmazását, mivel az a HWP készletbe való beáramlás túlbecsléséhez vezethet (Rüter 2010; Rüter 2011). Számításaink során a módszertant hazai forrásokból származó adatok felhasználásával alkalmaztuk. Így a hazai faipari termékekben tárolódó szénkészlet teljes mennyiségét 9,5 millió tonnára becsültük.

A második vállalási időszak első, 2015-ben esedékes, a 2013. évről benyújtandó jelentésének pontos tartalmát a jelenleg már elfogadott 2/CMP.6 és 2/CMP.7 határozat írja elő, illetve a jelentéstétel megkönnyítésére és a helyes gyakorlat részletes magyarázatára készült a 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol (IPCC KP Supplement) című dokumentum.

Az említett dokumentum részletes módszert ad a HWP-ben tárolódó, illetve abból ki- és beáramló szénkészlet becslésére, mely több ponton eltér a Rüter (2011) nyomán a korábbiakban általunk már alkalmazott módszertől. A továbbiakban részletesen kifejtsük az új módszertan sajátosságait, az általunk felhasznált adatok körét és az eredményeket.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A számítás módszertana

Az alkalmazott módszer input adatai a faipari félkész termékek termelési adatai köbméter, illetve tonna mértékegységben. Az első lépés ezeknek az adatoknak szénttartalomra való átszámítása. Az átszámításhoz alkalmazott konverziós faktorokat, valamint sűrűségi értékeket az alábbi táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Az alkalmazott átszámító tényezők (az IPCC KP Supplement 2.8.1-es táblázata alapján)
Table 1: Applied conversion factors (based on Table 2.8.1 of the IPCC KP Supplement)

	Sűrűség (‘oven dry’ tömeg légszár az térfigatratra vonatkoztatva - Mg/ m ³)	Széntartalom (Mg C/ Mg fatermék)	A szén konverziós faktora (légszár az térfigatratra vonatkoztatva - Mg C/ m ³)
Fenyő fűrészáru	0,56	0,5	0,28
Lombos fűrészáru	0,45	0,5	0,225
Egyéb fatermékek	0,51	0,5	0,25
Bányafa	0,45	0,5	0,225
Furnér	0,505	0,5	0,253
Rétegelt és betétes falemez	0,542	0,493	0,267
Faforgácslap és pozdorjalemez	0,596	0,451	0,269
HDF	0,788	0,425	0,335
MDF	0,691	0,427	0,295
Farostlemez – gyűjtőkategória	0,739	0,426	0,315
Egyéb lemez / szigetelő lemez	0,159	0,474	0,075
	‘oven dry’ tömeg légszár az tömegre vonatkoztatva - Mg/ Mg		Mg C/ Mg
Papír és karton	0,9		0,386



Ezek a konverziós faktorok eltérnek a Rüter (2011) által alkalmazottaktól, melyeket korábbi számításaink során mi is használtunk, többek között ebből adódik a kétféle számítási módszer eredményeinek különbsége. A bányafa és egyéb fatermék kategóriára saját becsléseket alkalmaztunk, mert a korábbi módszertanok e kategóriákra nem határoztak meg sem konverziós faktorokat, sem felezési időket.

A HWP tároló szénkészlete az a szénmennyiség, amelyet az adott év elején az összes még használatban lévő faipari termék tartalmaz. Ezt az 1900-as évben nullának tekintjük.

Minden évben az évente beáramló szénmennyiség (inflow) egyenlő az abban az évben előállított faipari félkész termékekben tárolódó szénmennyiséggel. Az évente kiáramló mennyiség (outflow) pedig egyenlő az abban az évben elhasználódott termékek széntartalmával. A HWP tároló éves szénkészletváltozása az inflow és az outflow különbségeként adódik.

Az életciklusuk végéhez érő termékek mennyiségét egy ún. elsőrendű bomlási egyenlettel határozzuk meg, melyhez 3 különböző felezési időt használunk: fűrészipari termékekre, bányafára és egyéb fatermékekre 35 évet, lemezipari termékekre 25 évet és papíripari termékekre 2 évet.

A modellben a felezési idők természete szerint megfigyelhető egy felfutási periódus, ami alatt a HWP szénkészlete telítődik, eléri reális mértékét. Az 1900-as kezdődátumra azért esett a választás, mert így elegendő idő áll rendelkezésre ahhoz, hogy az üvegházgáz-letárakban először jelentésre előírt 2013-as évre a modell stabilizálódjon. Valószínűleg az 1990 előtti időszakokra a modell nem is ad elfogadható eredményeket.

A hulladéklerakókon található faanyagokban tárolt szenet az elszámolásba nem vesszük bele, s úgy tekintjük, hogy az életciklus végén a használatból kikerülő termékek teljes széntartalma azonnal az atmoszférába kerül.

Az éves szénkészlet-változás számítására (az IPCC KP Supplement 2.8.5 egyenlete alapján) alkalmazott egyenletek az alábbiak, melyekkel termék-kategóriánként külön-külön számolunk:

$$C(i+1) = e^{-k} \cdot C(i) + \left[\frac{(1 - e^{-k})}{k} \right] \cdot \text{inflow}(i) \quad (1)$$

$$\Delta C(i) = C(i+1) - C(i) \quad (2)$$

$$C(1900) = 0,0 \quad (3)$$

ahol:

i: az esedékes leltári évet megelőző év;

C(i): a széntartalom az adott HWP termék-kategóriában i év kezdetén, Gg C;

k: az elsőrendű bomlási egyenlet bomlási konstansa 1/év mértékegységben, $k = \ln(2)/\text{felezési idő}$

inflow(i): az adott HWP kategóriába való beáramlás i év folyamán, Gg C/év;

$\Delta C(i)$: adott HWP kategória szénkészletének változása i év alatt, Gg C/év.

Mivel az üvegházgáz-letár készítés szabályai szerint csak a hazai kitermelésű faanyagból származó termékekben tárolt szénmennyiség számolható el megkötésként, az összes fatermékből arányossági tényezők segítségével különítjük el az importból származó faanyagot. Ezen arányossági tényezők megállapításában tér el jelen módszer legnagyobb mértékben a korábban Rüter (2011) nyomán általunk alkalmazott módszertantól.

Rüter (2011) a fenyő, illetve lombos ipari fa termelési- és kereskedelmi adatai alapján számított két arányossági tényezőt. Fenyő fűrészáru, valamint papírtérmekek esetében a fenyő iparifa adatokból számított arányossági tényezőt alkalmazta, lombos fűrészáru esetén a lombos iparifa adataiból számítottat, a lemezipari termékeknél pedig a kettő súlyozott átlagát használta.

Hazánk esetében a fenyő, illetve a lombos ipari fa kereskedelmi adatainak bizonytalansága miatt ez a számítási lépés nagyfokú bizonytalanságot eredményezett. Ennek oka az, hogy fenyő és lombos megbontásban iparifa kereskedelemre nem álltak rendelkezésre egybehangzó hazai adatok. Ráadásul összehasonlítva a TIMBER és a ForesSTAT adatbázis (l. lejjebb) adatait kiderült, hogy a kereskedelmi adatok e két adatbázisban még nagyságrendileg sem egyeznek.

Mindezek miatt hazánk esetében sokkal szerencsésebb az IPCC KP Supplement által ajánlott módszer. Itt az arányossági tényezők az ipari fa, valamint a farost termelési- és kereskedelmi adatai alapján számítjuk. Az iparifa adatok megbontása fenyő és lombos kategóriára tehát nem szükséges.

A fűrészipari és lemezipari termékekből származó szénbeáramlást így a következő (az IPCC KP Supplement 2.8.1 és 2.8.4 egyenleteinek megfelelő) egyenletek alapján számítjuk.

$$HWP(i) = HWP_p(i) \cdot f_{IRW}(i) \quad (4)$$

$$f_{IRW}(i) = \frac{IRW_p(i) - IRW_{ex}(i)}{IRW_p(i) + IRW_{imp}(i) - IRW_{ex}(i)} \quad (5)$$

ahol:

$HWP_p(i)$: az adott HWP kategória termelésének teljes mennyisége i évben, Mt/év.

$HWP(i)$: az adott HWP kategória hazai faanyagból termelt mennyisége i évben, Mt/év.

$f_{IRW}(i)$: a hazai termelésű iparifa aránya az adott HWP kategória termelésében i évben, ahol $f_{IRW}(i) = 0$, amennyiben a számított érték negatív;

$IRW_p(i)$: iparifa termelés i évben, Gg C/év;

$IRW_{imp}(i)$: iparifa import i évben, Gg C/év;

$IRW_{ex}(i)$: iparifa export i évben, Gg C/év;

A papíripari termékekből származó szénbeáramlást az alábbi (az IPCC KP Supplement 2.8.2 és 2.8.4 egyenleteinek megfelelő) egyenletek segítségével számítjuk. Itt az iparifa termelési és kereskedelmi adatai alapján számított arányossági tényezőt is használjuk szorzótényezőként, illetve a farost adatokból származó arányossági tényezővel is számolunk.

$$HWP(i) = HWP_p(i) \cdot f_{IRW}(i) \cdot f_{farost}(i) \quad (6)$$

$$f_{farost}(i) = \frac{farost_p(i) - farost_{ex}(i)}{farost_p(i) + farost_{imp}(i) - farost_{ex}(i)} \quad (7)$$

ahol:

$HWP_p(i)$: az adott HWP kategória termelésének teljes mennyisége i évben, Mt/év.

$HWP(i)$: az adott HWP kategória hazai faanyagból termelt mennyisége i évben, Mt/év.

$f_{IRW}(i)$: a hazai kitermelésű faanyag aránya az adott HWP kategória termelésében i évben, az iparifa termelési, import és export adataiból számítva;

$f_{farost}(i)$: a hazai termelésű farost aránya a papír és karton termelésben i évben, a farost termelési, import és export adatokból számítva, ahol $f_{farost}(i) = 0$, amennyiben a számított érték negatív;

$farost_p(i)$: farost termelés i évben, Gg C/év;

$farost_{imp}(i)$: farost import i évben, Gg C/év;

$farost_{ex}(i)$: farost export i évben, Gg C/év;



A fenti egyenletek segítségével tehát HWP kategóriánként kapjuk meg az i. évben vett szénkészlet-beáramlást. Ezt követően a beáramlásokat összegezzük, így adódik az adott év teljes beáramlása.

Az évente beáramló szénmennyiséget, az évenként adódó, illetve a teljes szénkészletet szén-dioxid egyenértékben is ki tudjuk fejezni a Gg C-ben kifejezett mennyiség 44/12-es szorzóval való szorzásával. Így megkapjuk a megkötődő széndioxid mennyiségét Gg-ban (1 Gg = 1000 tonna).

Azokban az esetekben, amikor nem állt rendelkezésre a teljes vizsgált időszakra vonatkozólag termelési adat az egyes HWP kategóriákban, illetve termelési és kereskedelmi adat iparifa és farost vonatkozásában, ott az adat nélküli időszak termelési és kereskedelmi adatait egyenlőnek vettük az 5 legkorábbi, még adattal rendelkező év adatainak átlagával.

A 2013 és 2020 közötti időszakra előrejelzést is végeztünk a HWP tároló szénkészletének változására nézve. Ehhez az 1993 és 2012 közötti időszak fakitermelési adatsorának lineáris extrapolációja segítségével becsültük a 2013-2020-as években várható fakitermelést. Az előrejelzett fakitermelés évenkénti értékét viszonyítottuk az utolsó 5 adattal rendelkező év fakitermelésének átlagához, majd az így kapott arányszámokkal szoroztuk a HWP kategóriákba való szénbeáramlás értékének utolsó 5 évre vett átlagát, így kaptuk meg az évenkénti inflow értékeket a 2013-2020-as évekre.

Adatforrások

Munkánk során több adatforrás áttekintésével próbáltunk kialakítani egy minél konzisztensebb adathalmazt. A fatermékek hosszú életidejét leírni szándékozó módszertan jellegzetességéből adódóan a múlt hosszabb időszakára vonatkozó adatokra volt szükség. A hazai források közül felhasználtuk egyrészt Halász Aladár (1960, 1966, 1994) munkáit, továbbá a KSH által kiadott 1978-as Könnyűipari adattárat, az 1965-ben kiadott Mezőgazdasági adattárat, illetve az évente megjelenő Iparstatisztikai évkönyveket, Mezőgazdasági statisztikai évkönyveket, Mezőgazdasági statisztikai zsebkönyveket, illetve Statisztikai évkönyveket. Másrészt áttekintettük az ENSZ Európai Gazdasági Bizottság (UNECE) honlapján található TIMBER adatbázis, valamint a FAO honlapján megtalálható ForesSTAT erdészeti adatbázis adatait.

Az alkalmazott módszer sajátságaiból adódóan a következő termék kategóriákra vonatkozó adatok feldolgozására volt szükség:

2. táblázat: Vizsgált termék kategóriák és kódjuk a Közös Erdészeti Ágazati Kérdőív (JFSQ) szerint

Table 2: Product categories included in the calculations and their product codes used in the Joint Forest Sector Questionnaire

Termék kategória	JFSQ termék kód
fenyő fűrészáru	5.C
lombos fűrészáru	5.NC
egyéb fatermékek	-
bányafa	-
furnér	6.1
rétegelt és betétes falemez	6.2
faforgácslap és pozdorjalemez	6.3
HDF (nagy sűrűségű farostlemez)	6.4.1
MDF (közepes sűrűségű farostlemez)	6.4.2
farostlemez – gyűjtő kategória	6.4.x
egyéb lemez / szigetelő lemez	6.4.3
papír és karton	10
iparifa	1.2
farost	7

Fenyő és lombos fűrészáruról 1932-től álltak rendelkezésre adatok több párhuzamos hazai adatforrásban egybehangzóan. 1965-től a különböző adatforrások adatai egyre nagyobb mértékben tértek el egymástól, ezért 1964-től a TIMBER adatbázisban található adatokat tekintettük relevánsnak, egyrészt mivel az IPCC KP Supplement módszertana pontosabb adatok hiányában ezek használatát ajánlja, másrészt mert általában elmondható, hogy a nemzetközi adatszolgáltatásokat alaposabban ellenőrzik.

Egyéb fatermékek kategóriába soroltuk a következő termékeket: vasúti talpfa, nyers parkettaléc és -elem, ládaelem, hordódonga, rakodólapelem, bútorléc, bútoralkatrész, szőlőkaró és tám, vezetékoszlop, cölöpfa, állványfa, sarangolt és egyéb szerfa, karámfa, rúdfa. A felsorolt termékek a JFSQ termékkategóriák között nem szerepelnek, így a KP Supplement módszertana sem írja elő a számításba való bevonásukat. Azonban mivel az Országos Statisztikai Adatgyűjtési Program (OSAP) keretében ezeknek a termékkategóriáknak az adatait is gyűjtik, így a módszertan fejlesztése során a számításokba való bevonásuk mellett döntöttünk. 1990-től napjainkig az OSAP adatgyűjtések adatait használtuk, az ezt megelőző időszakokra pedig a Halász (1994) által közölt adatokat.

Bányafa néven összegeztük a bányaszéldeszka, bányabéléspalló és egyéb fűrészelt, hasított bányászati faanyag kategóriák termelési adatait. Ezek szintén szerepelnek az OSAP adatgyűjtésekben, így az 1990-2012 közötti időszakokra ezek adatait, a korábbi időszakokra a Halász (1994) által közölt adatokat vettük alapul.

Furnérra vonatkozóan 1949-től 1970-ig álltak rendelkezésre egybehangzó adatok, 1970-től a hazai adatforrások bizonytalansága miatt a TIMBER adatbázis adatait használtuk.

Faforgács lap és pozdorjalemez tekintetében 1959-től vannak egybehangzó hazai adatok, melyek 1964-től a TIMBER adatbázis adataival is megegyeznek. Az MDF, HDF és farostlemezre vonatkozóan a következőket találtuk: a TIMBER adatbázis 1998 előtti adatforrása a FAO/ECE Forest Products Questionnaire (erdészeti és faipari termékek kérdőív). Ezek áttanulmányozása alapján megállapítható, hogy a TIMBER adatbázis 1964 és 1994 között duplán tartalmazza a farostlemezre szolgáltatott adatot – egyrészt a HDF kategóriában, másrészt a farostlemez gyűjtőkategóriában. A hazai adatforrásokban farostlemezre vonatkozó egybehangzó adat 1953-tól található. Ennek alapján 1953 és 1994 között a farostlemez gyűjtőkategória konverziós faktorát használva számoltunk a farostlemezadatokkal, 1995-től pedig a HDF konverziós faktorát használva számoltunk a TIMBER HDF adataival. MDF termelés 2011 előtt, Méri Sándorné (KRONOSPAN-MOFA Hungary Kft.) szíves szóbeli közlése szerint, nem volt Magyarországon.

Egyéb lemez termeléséről a TIMBER adatbázisban nem szerepel adat, hazai adatforrásokban azonban 1949 és 1975 között találtunk egybehangzó adatokat. Rétegelt és betétes falemez tekintetében a hazai adatforrások egymástól teljesen eltérő adatokat tartalmaztak, ezért ennél a kategóriánál kizárólag a TIMBER adatbázis adatait használtuk.

Papírról és kartonról 1932-től álltak rendelkezésre hazai adatok, melyek 1964 től megegyeztek a TIMBER adatbázis adataival.

Iparifa-termelésről az 1921 és 1964 közötti időszakól található hazai adatok, kereskedelmi adatok pedig a 1920 és 1958 közötti időszakra. 1964-től a TIMBER adatbázis adatait használtuk.

A farosttermelés, -import és -export tekintetében a TIMBER adatbázis adatait használtuk.

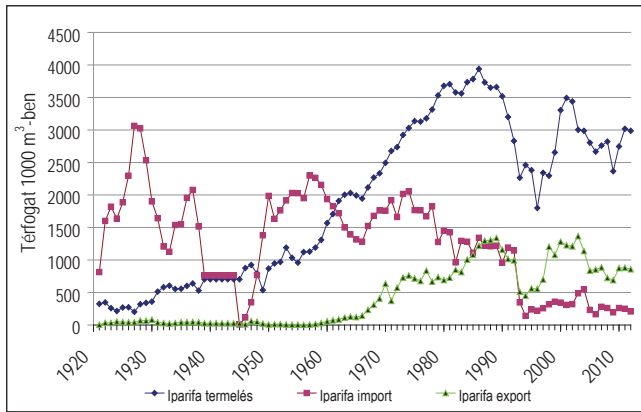
2002-től minden termékkategóriára a JFSQ kérdőívek adatait használtuk, melyeket az OSAP adatgyűjtések során az elmúlt években már felülvizsgáltak.

2002-től minden termékkategóriára a JFSQ kérdőívek adatait használtuk, melyek az OSAP adatgyűjtéseink alapján az elmúlt években már átestek egy felülvizsgálaton.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

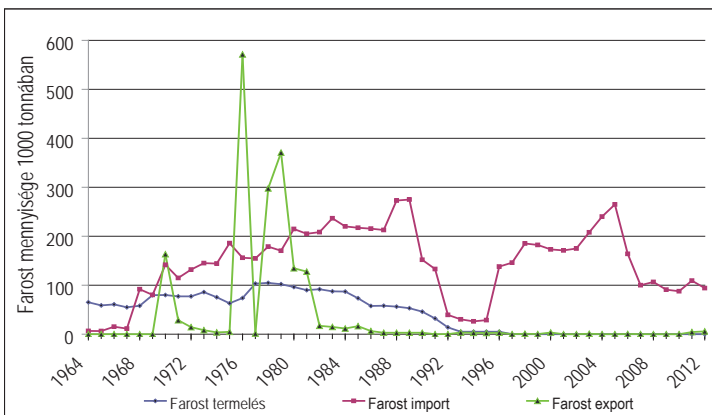
A módszertan sajátosságaiából következően az iparifa- és farosttermelés, -import és -export adatainak alakulása nagyon jelentősen befolyásolja a számítások végeredményét, mivel ezeknek az adatoknak az alakulásából következtetünk arra, hogy a félkész termékek termelésének mekkora hányadában használtak hazai alapanyagot.

Az 1. ábra alapján látható, hogy az 1950-es évek végéig az iparifa-termelés alatta maradt az import mennyiségének, amiből az következik, hogy a faipari termékek előállításában ebben az időszakban nagyobb részben használtak importból származó faanyagot, mint hazai kitermelésűt. Az 1962-es évben az arány közelítőleg 50-50%, majd ezt követően már egyre nagyobb arányú a hazai kitermelésű alapanyag felhasználása.



1. ábra: Iparifa termelés, import és export alakulása 1921 és 2012 között
Figure 1: Industrial roundwood production, import and export in time period 1921-2012

A 2. ábrán látható, hogy a farostimport 1967 után jelentősen megnőtt, ettől kezdve a hazai termelés alatta maradt az import mennyiségének. 1989 után a farosttermelés jelentősen lecsökkent, 1997-től pedig teljesen megszűnt. Ez a jelenség valószínűleg azzal magyarázható, hogy a rendszerváltást követően a papírgyárak privatizációja miatt azok már nem hazai alapanyag felhasználásával dolgoztak.

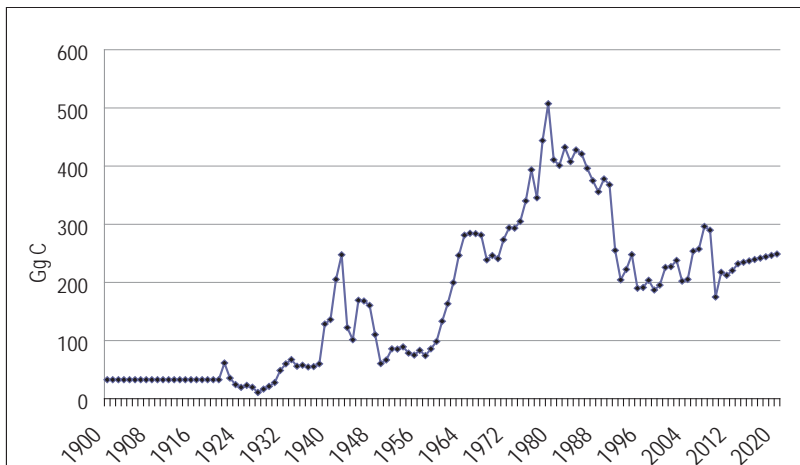


2. ábra: Farost termelés, import és export 1964 és 2012 között a TIMBER adatbázis adatai alapján
Figure 2: Wood pulp production, import and export in time period 1964-2012 (data of the TIMBER database)

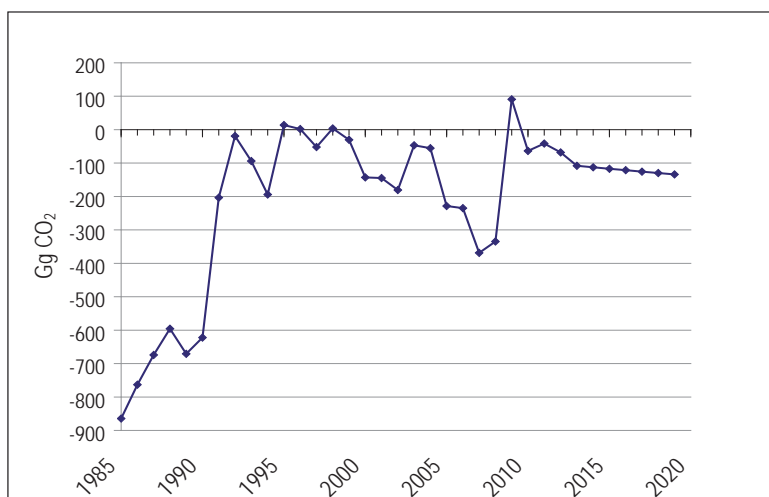
Ebből az következik, hogy a napjainkban gyártott papír teljes mennyisége import anyagból származik, azaz a HWP elszámolásba nem vehető be. Ennek megfelelően a farostadatokból számolt arányossági tényező 1997-től kezdve nulla értékű, azaz ekkortól kezdve a modell a papíriparból származó inflow-t nullának veszi.

Ez a módszer tehát lehetővé tette az import anyagból gyártott papírtermékek számításból való kiszűrését, melyre az általunk korábban Rüter (2011) nyomán használt módszer nem volt alkalmas. A konverziós faktorok eltérése mellett ez magyarázza, hogy az újabb módszerrel számított teljes HWP szénkészlet a korábbiakhoz képest kisebb.

A 3. ábra a magyarországi HWP tárolóba évente beáramló szén mennyiségét, a 4. ábra a tárolóból származó, CO₂-egyenértékben kifejezett kibocsátásokat, illetve elnyeléseket mutatja.



3. ábra: A HWP széntárolóba évente beáramló szén mennyisége 1900 és 2020 között
 Figure 3: Annual inflow to the HWP pool in time period 1900-2020



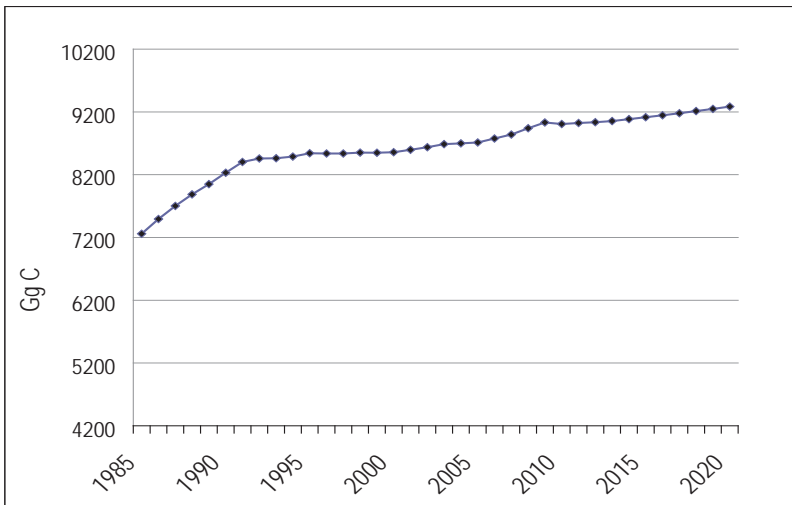
4. ábra: A HWP tároló széndioxid kibocsátása és elnyelése 1985 és 2020 között
 Figure 4: Carbon emissions and removals from HWP pool in time period 1985-2020

A tárolóba évente beáramló szénmennyiség az utóbbi évtizedben átlagosan 221 ezer tonna (ami széndioxid-egyenértékben kifejezve 813 ezer tonna CO_2).

A modell szerint a HWP tároló az 1927-es, 1995-96-os, 1998-as és 2009-es évek kivételével szénelnyelő szerepet töltött be. Az 1927-es, 1995-96-os és 1998-as év kibocsátása jelentéktelen, 10 ezer tonna körüli CO_2 -értékek, a 2009-es év kibocsátása 90 ezer tonna CO_2 -értékű. Megjegyzendő azonban, hogy a szénkészlet-változások egyes évekre becsült értékeinek bizonytalansága véleményünk szerint nagy, ezért elképzelhető, hogy 2009-ben is inkább csekély elnyelés lehetett, ahogy az is lehetséges, hogy a modell szerint szénelnyelést mutató évekből valójában kismértékű kibocsátás volt.

Azokban az években, amikor a tároló ténylegesen kibocsátóvá vált, a kibocsátást a korábbi folyamatok hosszú távú hatásain kívül a háború utáni, illetve egyéb okokból bekövetkezett gazdasági hanyatlás és visszaeső termelés is magyarázza. A 2009-es évre számolt emissziós értéket elsősorban a faforgácslap-gyártás visszaesése okozta. (Az Interspan faforgácslap-gyártó cég a 2011-es évben szűnt meg, azonban termelése 2009-ben is jóval elmaradt a korábbi évekéétől.)

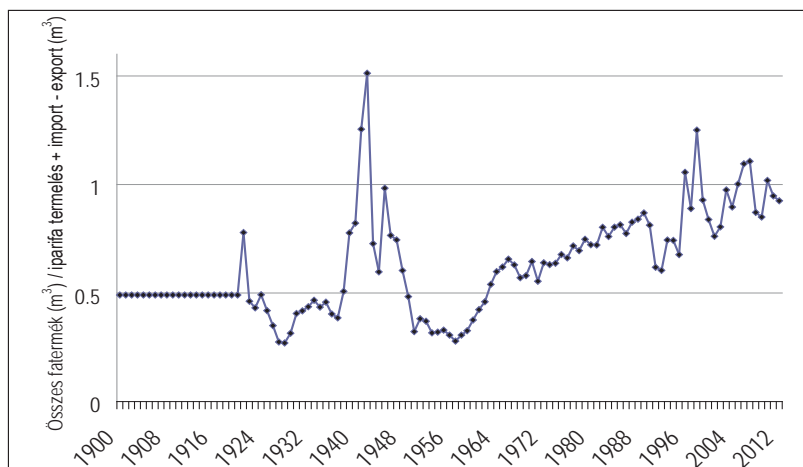
Az 5. ábra szemlélteti a magyarországi HWP széntároló szénkészletének növekedését 1985 és 2020 között. A tároló szénkészlete számításaink szerint napjainkban 9 millió tonnára tehető.



5. ábra: A HWP készlet széntartalma
Figure 5: Carbon content of HWP pool

Ez a mennyiség jelentősen alacsonyabb a Börcsök és munkatársai (2011/a;b) által számított értéknél. Ennek magyarázata egyrészt az, hogy az import faanyagból gyártott termékek kiszűrésére alkalmazott módszerek különbözőek, másrészt a felezési idők és konverziós faktorok is eltérőek.

A készlet becsült mennyiségét befolyásolja az egyes termékkategóriákban már az 1920-as évektől rendelkezésre álló hazai termelési statisztikai adatok felhasználása. Az adatok pontossága az időben visszafelé haladva egyre kevésbé ellenőrizhető. Az adatok trendje véleményünk szerint jól egybevág az ágazat történetével. A kereskedelmi adatok alakulása leképezi az I. világháború utáni fahiányt, melynek következtében az erdőtelepítések megindultak. Azonban a trend helyessége önmagában nem garantálja, hogy az adatok a termelés teljes mennyiségét jelezték. A felhasznált adatok validálására az ipari fa termelési és kereskedelmi adatainak, valamint a fatermék termelési adatainak összege alapján kihozatali arányt számítottunk (6. ábra).



6. ábra: A faipar speciális kihozatali aránya
 Figure 6: Specific conversion ratio of wood-industry

Ez az arány az 1960-as évektől kezdve egyenletesen, kis kilengésekkel növekszik, az 1960-as évek közepe előtti időszakban 0,5 körüli, az 1990-es évek elején 0,85 körül mozog. Vagyis az „új gazdasági mechanizmus” bevezetése előtt a termelési statisztikákban az évente rendelkezésre álló ipari fa mennyiségének csak kb. a fele jelenik meg fatermékekben. Ez részben magyarázható azzal, hogy a gyártási technológiák határfoka régebben alacsonyabb volt, és így több hulladék keletkezett. Az is feltételezhető, hogy a statisztikákban ipari faként megjelenő famennyiség bizonyos hányadát végül tűzifaként használták fel. Mindemellett azonban valószínű, hogy a korabeli termelési statisztikákban nem minden elkészült fatermék jelent meg.

A hosszú felezési idők miatt az 1970-es éveket megelőző időszakra vonatkozó adatok bizonytalansága a napjainkban kimutatható készletet nagymértékben befolyásolhatja.

A modellben a fentiekén kívül jelentős bizonytalansági tényező a fatermékek életidejének becslése is, mivel az IPCC által megadott értékek napjainkra vonatkoznak, és korábban a fatermékek életideje sokkal hosszabb is lehetett.

Végül pedig fontos hangsúlyozni, hogy a használt IPCC módszertan elsődlegesen a HWP tároló szén-elnyeléseinek (és kibocsátásainak) becslésére hivatott és alkalmas, mivel ezt a mutatót kell jelenteni az üvegházgázleltárakban. Tehát a módszertan elsősorban a szénkészlet-változás számítására szolgál, és mivel az alapfeltételezések, illetve az adatok bizonytalansága miatt a készletváltozás becslése is pontatlan, így a készlet számítása során ennek hibája halmozottan jelentkezhet.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az eredmények alapján látható, hogy a hazai HWP széntároló az elmúlt időszakban szénelnyelő szerepet töltött be. A tárolóban 1992 és 2012 között az éves átlagos szénmegkötés közelítőleg 100 Gg (100 ezer tonna) CO₂/év. Összehasonlításképpen, a 2008-2011-re vonatkozó üvegházgázleltárak (NIR 2013) alapján a nyilvántartásban levő magyarországi erdőállományok teljes föld feletti és föld alatti biomasszájában kb. 3000 Gg CO₂ kötődik meg évente, ebből az 1990 óta telepített erdőkből származó éves megkötés 1200 Gg CO₂ körül lehet. Tehát az erdőállományok élőfakészletében realizálódó megkötésekhez viszonyítva a HWP tároló megkötéseinek mértéke nem számottevő.



Az erdő művelési ágból való kivonás, azaz az erdővel borított területek más művelési ágba kerülése nyomán keletkező éves CO₂-kibocsátás 1990 óta körülbelül 50 Gg-ra tehető. A fatermékekben évente megkötött szén-dioxid mennyisége tehát átlagosan kétszerese a hazai erdők e művelési ágból más művelésbe kerülése folytán az atmoszférába kerülő mennyiségnek.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük Méri Sándornénak (KRONOSPAN-MOFA Hungary Kft.) az MDF termelésre vonatkozó adatokat, valamint Dr. Tobisch Tamásnak és Babinyec Ferencnek (NÉBIH EI) a JFSQ termelési és kereskedelmi adatok felülvizsgálatát és az OSAP adatokkal kapcsolatos útmutatásokat.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Agrárgazdasági statisztikai zsebkönyv 1996, 1997, 1998, 1999. KSH, Budapest.
- Apps, M.J.; Kurz, W.A.; Beukema, S.J. and Bhatti, J.S. 1999: Carbon budget of the Canadian forest product sector. *Environmental Science & Policy*, 2: 25-41.
- Börcsök Z.; Molnár S. és Schöberl M.; 2011a: TÁMOP 4.2.2 III/3 alprogram. NyME FMK Sopron.
- Börcsök Z.; Schöberl M.; Molnár S.; Lakatos Á.; Ábrahám J. és Molnár A. 2011b: A faipari termékekben tárolt szén szerepe a klímavédelemben. <http://www.fataj.hu/2011/01/123/1tema.pdf>
- Dias, A.C.; Louro, M.; Arroja, L. and Capela, I. 2005: The contribution of wood products to carbon sequestration in Portugal. *Annales Forest Science*, 62: 903–9.
- Dias, A. C.; Louro, M., Arroja, L. and Capela, I. 2009: Comparison of methods for estimating carbon in harvested wood products. *Biomass and Bioenergy*, 33: 213-222.
- Frieden, D.; Pena, N. and Bird, D.N. 2012: Incentives for the use of forest biomass: A comparative analysis of Kyoto Protocol accounting pre- and post-2012. *Smart Forests* 04.
- Gustavsson, L. 2008: Substitution effects of wood-based construction materials. *Geneva Timber and Forest Discussion Papers*, 55. 9-10.
- Halász A. 1960: Erdőgazdaságunk, faiparunk és faellátásunk helyzete és fejlődése 1920-1958-ig. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.
- Halász A. 1966: Faellátásunk helyzete és fejlődése. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest.
- Halász A. 1994: A magyar erdészet 70 éve számokban 1920-1990.FM Erdőrendezési Szolgálat, Budapest. 204 p.
- Hashimoto, S.; Nose, M.; Obara, T. and Moriguchi, Y. 2002: Wood products: potential carbon sequestration and impact on net carbon emissions of industrialized countries. *Environmental Science & Policy*, 5: 183-93.
- House, J.I.; Prentice, I.C.; Ramankutty, N. and Houghton R.A. 2003: Reconciling apparent inconsistencies in estimates of terrestrial CO₂ sources and sinks. *Tellus*, 55B: 345-63.
- Iparstatisztikai évkönyv 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988. KSH Budapest.
- IPCC 2006: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- IPCC KP Supplement 2013: 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol; Pre-publication Version; Lead Authors: Hiraishi, T.; Krug, T.; Boer, R.; Gonzalez, S.; Penman, J.; Sturgiss, R.; Zhakata, W.; Tanabe, K.; Srivastava, N.; Review Editors: Irving, W.; Zhou, L. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsg/index.htm>
- Juhász P.; Bidló A.; Ódor P.; Heil B. és Kovács G. 2010: Őrségi erdőtalajok széntartalmi vizsgálata. Talajtani Vándorgyűlés Kiadványa, Szeged.
- Király É. és Kottek P. 2014: A hazai faipari termékekben tárolt szén mennyiségének becslése az IPCC módszertan alapján. http://www.fataj.hu/2014/01/071/2014hnn0_HU-faban-szen-becslese.php

- Könnyűipari adattár 1978. KSH, Budapest.
- Magyar statisztikai évkönyv 1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997. KSH, Budapest.
- Mezőgazdasági adattár I. 1965. KSH, Budapest.
- Mezőgazdasági élelmiszeripari statisztikai zsebkönyv 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996: KSH, Budapest.
- Mezőgazdasági statisztikai évkönyv 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1997, 1998. KSH, Budapest.
- NIR 2013: National Inventory Report for 1985-2011, Hungary. Hungarian Meteorological Service, Greenhouse Gas Inventory Division, April 2013.
- https://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/7383.php
- Pingoud, K.; Perälä, A.-L.; Soimakallio, S. and Pussinen, A. 2003: Greenhouse gas impacts of harvested wood products. Evaluation and development of methods. In: VTT research notes 2189. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland.
- Rüter, S. 2011: Projections of Net Emissions from Harvested Wood Products in European Countries. Work Report No. 2011/x of the Institute of Wood Technology and Wood Biology, Johann Heinrich von Thünen Institute (vTI). Hamburg.
- Schöberl M. 2012: Fatermékekben tárolt szén hazai civilizációs anyagárama és a klímavédelem. Faipar. XL. 04. 10-13.
- Somogyi Z. 2007: A Kiotoi jegyzőkönyv és az erdők – Erdészeti Lapok 142 (5): 152-154.
- Statisztikai évkönyv 1949-55. KSH, Budapest 1957.
- Statisztikai évkönyv 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989. KSH, Budapest.
- Watson, R.T.; Zinyowera, M.C. and Moss, R.H. 1996: Climate change 1995-impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analyses. Contribution of working group II to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press.
- Werner, F.; Taverna, R.; Hofer, P. and Richter, K. 2006: Greenhouse gas dynamics of an increased use of wood in buildings in Switzerland. Climate Change, 74: 319-347.
- Winjum, J.K.; Brown, S. and Schlamadinger, B. 1998: Forest harvests and wood products: sources and sinks of atmospheric carbon dioxide. Forest Science, 44: 272-284.

Érkezett: 2014. március 10.

Közlésre elfogadva: 2014. szeptember 15.



Struccpáfrány

Égerligetek, patak menti magaskórósok hidegkedvelő, ritka páfrányfaja a struccpáfrány (*Matteuccia struthiopteris*). Cirkumboreális elterjedésű faj, mely hazánkban a környező magashegységekkel érintkező Északi-középhegységben és a Nyugat-Dunántúlon él. Hazánkban 1982 óta védett. **Fotó és szöveg: Korda Márton**

AZ ENERGETIKAI FAÜLTETVÉNYEK HOZAMÁNAK VIZSGÁLATA

Horváth-Szováti Erika és Vágvölgyi Andrea

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

KIVONAT

A minirotációs energetikai faültetvények egyrészt megújuló energiaforrásként szolgálnak, másrészt telepítésük a mezőgazdasági felhasználásra nem alkalmas termőföld hasznosítása szempontjából is fontos. Arra keressük a választ, hogy hozamnövekedés szempontjából mely éghajlati és talaj adottságok a legmeghatározóbbak. A kísérletben szereplő nagyszámú változót a többváltozós matematikai statisztika eszközeivel (főkomponens-analízissel és faktoranalízissel) minimálásra redukáltuk. Megállapítottuk, hogy a hozamot elsősorban a hőmérséklet, a talaj Ph-ja és CaCO_3 - tartalma, valamint az Arany-féle kötöttség befolyásolja. Mivel a kísérleti területek között csapadékmennyiség szempontjából jelentős különbség nem volt, így ennek a tényezőnek a hatása a kísérletben minimálásra csökkent.

Kulcsszavak: fásszárú energetikai ültetvények, termőhely, többváltozós matematikai statisztika, főkomponens-analízis, faktoranalízis

ANALYSIS YIELDS OF ENERGY PLANTATIONS

Abstract

The mini-rotation energy plantations are important on the one hand as a source of renewable energy, on the other hand, makes it useful the not suitable for agricultural use lands. We try to give an answer to the question, under what climate and soil conditions is the increase the most significant. Large number of variables, in the experiment were reduced to a minimum by means of multivariate statistics (principal component analysis and factor analysis). We found that the yields are affects primarily by temperature, by soil pH, by CaCO_3 content and by Arany's value. As in the pilot areas significant difference in terms of rainfall was not, so the effect of this factor reduced the minimum.

Keywords: woody energy plantations, production site, multivariate statistics, principal component analysis, factor analysis

BEVEZETÉS

Az energiafogyasztás nagymértékű növekedése és a globális klímaváltozás miatt szükségszerűvé vált, hogy a világ energiafelhasználásában növekedjen a megújuló energiaforrások részaránya. Az egész világon előtérbe kerültek a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos kutatások. A fenntartható fejlődést segíthetik elő a minirotációs energetikai faültetvények hasznosításával és fejlesztésével kapcsolatos vizsgálatok is. Az ener-

Levelező szerző/Correspondence:

Vágvölgyi Andrea, H-9400 Sopron, Ady E. u. 5.; e-mail: avagvolgyi@emk.nyme.hu

sorszám	tőátmérő: d_0 (mm)	mellmagassági átmérő: $d_{1,3}$ (mm)	magasság: h (m)	tömeg: m (kg)	sarjaztatás száma	átlagos hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$)	átlagos csapadék (mm/év)	pH _{vizes}		CaCO ₃						K _A		H%	
								súlyozott átlag a termőhelyre	felső réteg adatai	súlyozott átlag a termőhelyre	felső réteg adatai	mélység ₍₁₎ (ahol megjelenik; cm)	érték	mélység ₍₁₇₎ -ben	mélység ₍₂₎ (ahol (maximális; cm)	érték	mélység ₍₂₎ -ben	súlyozott átlag a termőhelyre	felső réteg adatai
711.	69	55	7,4	8,79	2	9,8	610	8,05	8	20	14	0	18	60	54	37	40	1,42	2,3
712.	56	46	7,4	5,5	2	9,8	610	8,05	8	20	14	0	18	60	54	37	40	1,42	2,3
713.	45	37	5,8	3,98	2	9,8	610	8,05	8	20	14	0	18	60	54	37	40	1,42	2,3

A főkomponens-analízis során használt főkomponensek az eredeti változók lineáris kombinációi. Általában nincs semmilyen gyakorlati jelentésük, hiszen az eredeti változók nagyon sokfélék lehetnek, így lineáris kombinációik sem értelmezhetők, de ez nem is feltétlen elvárás. A főkomponens-analízis sokszor egy összetett adatelemzés első fázisa, amely során a főkomponensekkel dolgozunk tovább. Főkomponens-analízis során az okság a változóktól mutat a főkomponensek felé.

A faktoranalízis az adathalmaz mögött rejtőző háttérösszefüggéseket tételez fel, célja ezek feltárása és segítségükkel a változók csoportosítása, illetve redukciója. A „faktor” valójában a „háttérváltozót” jelenti. A faktorok segítségével a változókat, illetve a mérések koordinátáit egy olyan új koordináta-rendszerben írjuk fel, amely az értelmezhetőségüket jelentősen megkönnyíti. Ebben az esetben tehát az okság a faktorok felől mutat a változók felé. A faktorok száma akkor optimális, ha a lehető legkevesebb, de ez a minimális számú faktor még jól reprezentálja a páronkénti kovarianciák rendszerét. A faktorsúlyokból (a faktorok együtthatói a lineáris kombinációkban) következtethetünk arra, hogy mennyire szoros a lineáris kapcsolat egy adott változó és egy faktor között. Fontos különbség a főkomponens-analízis és a faktoranalízis között, hogy faktoranalízis során a faktorok jelentését is keressük. A faktorok értelmezését megkönnyítő faktorrotációkról is ejtünk néhány szót (Fazekas, 1997; Füstös et. al, 1986; Horvai, 2001; Münnich et. al, 2006; Podani, 1997; Sváb, 1979; Szűcs, 2000; Jahn és Vahle, 1974).

A kiértékelés során a következő 19 (db) változóval dolgoztunk (1. táblázat):

Var1 - tőátmérő: d_0 (mm),

Var2 - mellmagassági (1,3 m magasságban mért) átmérő: $d_{1,3}$ (mm),

Var3 - magasság: h (m),

Var4 - tömeg: m (kg),

Var5 - a sarjaztatások száma,

Var6 - átlaghőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$),

Var7 - átlagos csapadék (mm/év),

Var8 – a pHvizes súlyozott átlaga a termőhelyre¹,

Var9 – a pHvizes adatai a legfelső talajrétegben²,

Var10 – a CaCO₃ súlyozott átlaga a termőhelyre¹,

Var11 - a CaCO₃ adatai a legfelső talajrétegben²,

Var12 – a mélység, ahol a CaCO₃ megjelenik,

Var13 – a CaCO₃ értéke, ahol megjelenik,

Var14 – a mélység, ahol a CaCO₃ értéke maximális,

1 a mélység függvényében végzett súlyozás adatai

2 a felső 40 cm-es talajréteg adatai



- Var15 - a CaCO_3 maximális értéke,
 Var16 - K_A súlyozott átlaga a termőhelyre¹,
 Var17 - K_A adatai a legfelső talajrétegben²,
 Var 18 - H% súlyozott átlaga a termőhelyre¹,
 Var 19 – a H% vizes? adatai a legfelső talajrétegben.

Meg kell jegyeznünk, hogy a vizsgálati területek hőmérsékleti és csapadék adatai között jelentős eltérés nem volt, így ezeknek a változóknak a hatása kísérletben minimálisra csökkent.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A főkomponens-analízis és faktoranalízis alkalmazhatósága ellenőrizhető a korrelációs mátrix értékeinek vizsgálatával (2. táblázat). Mindkét módszer alkalmazható, mert a korrelációs mátrix értékei között sok változópaár esetében kaptunk abszolút értékben 0,3-nél nagyobb értéket.

Először a főkomponens-analízis segítségével elemeztük az adatokat. A korrelációs mátrix sajátértékeit a 3. táblázat mutatja. Ez alapján látható, hogy a 17 főkomponens együtt a teljes varianciát magyarázza (az első 29,78%-ot, a második 21,01%-ot, a harmadik 15,52%-ot, és így tovább). A későbbiekben az első 5 főkomponenssel dolgoztunk tovább, mert ezek sajátértéke 1-nél nagyobb. Ez azt jelenti, hogy a 17 változót jól reprezentálhatjuk 5 főkomponenssel.

2. táblázat: Korrelációs mátrix.

Table 2: Correlation matrix.

variable	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6	Var7	Var8	Var9	Var10	Var11	Var12	Var13	Var14	Var15	Var16	Var17	Var18	Var19
Var1	1,000	0,957	0,864	0,907	0,213	-0,136	0,004	-0,072	-0,109	0,170	0,050	0,059	0,202	-0,023	0,256	0,085	-0,033	0,149	0,129
Var2	0,957	1,000	0,933	0,899	0,244	-0,124	-0,033	0,003	-0,048	0,213	0,067	0,071	0,222	-0,032	0,280	0,074	0,005	-0,082	0,058
Var3	0,864	0,933	1,000	0,836	0,227	-0,029	-0,104	0,009	-0,041	0,135	0,014	0,049	0,120	-0,099	0,143	0,152	-0,018	-0,096	0,064
Var4	0,907	0,899	0,836	1,000	0,148	-0,100	0,061	-0,075	-0,123	0,068	-0,064	0,190	0,193	0,001	0,141	0,014	-0,104	0,085	0,064
Var5	0,213	0,244	0,227	0,148	1,000	-0,214	-0,257	0,344	0,192	0,746	0,358	0,263	0,652	0,587	0,615	0,340	-0,266	-0,145	-0,204
Var6	-0,136	-0,124	0,029	-0,100	-0,214	1,000	-0,626	-0,112	-0,119	-0,422	-0,401	0,058	-0,514	-0,141	-0,633	0,306	-0,134	0,129	0,135
Var7	0,004	-0,033	-0,104	0,061	-0,257	-0,626	1,000	-0,339	-0,331	-0,208	-0,253	0,037	-0,115	-0,102	-0,055	-0,278	-0,153	0,214	0,203
Var8	-0,072	0,003	0,009	-0,075	0,344	-0,112	-0,339	1,000	0,958	0,663	0,530	-0,157	0,365	0,273	0,489	-0,076	0,137	-0,691	-0,696
Var9	-0,109	-0,048	-0,041	-0,123	0,192	-0,119	-0,331	0,958	1,000	0,588	0,640	-0,360	0,286	0,092	0,404	-0,037	0,313	-0,685	-0,684
Var10	0,170	0,213	0,135	0,068	0,746	-0,422	-0,208	0,663	0,588	1,000	0,672	-0,048	0,688	0,378	0,866	0,058	0,107	-0,380	-0,414
Var11	0,050	0,067	0,014	-0,064	0,358	-0,401	-0,253	0,530	0,640	0,672	1,000	-0,496	0,561	-0,175	0,511	-0,036	0,644	-0,249	-0,260
Var12	0,059	0,071	0,049	0,190	0,263	0,058	0,037	-0,157	-0,360	-0,048	-0,496	1,000	0,408	0,631	0,008	-0,167	-0,670	-0,135	-0,133
Var13	0,202	0,222	0,120	0,193	0,652	-0,514	-0,115	0,365	0,286	0,688	0,561	0,408	1,000	0,451	0,662	-0,184	-0,002	-0,332	-0,346
Var14	-0,023	-0,032	-0,099	0,001	0,587	-0,141	-0,102	0,273	0,092	0,378	-0,175	0,531	0,451	1,000	0,472	0,284	-0,606	-0,343	-0,337
Var15	0,256	0,280	0,143	0,141	0,615	-0,633	-0,065	0,489	0,404	0,866	0,511	0,008	0,662	0,472	1,000	-0,025	0,068	-0,281	-0,289
Var16	0,085	0,074	0,152	0,014	0,340	0,306	-0,278	-0,076	-0,037	0,058	-0,036	-0,167	-0,184	0,284	-0,025	1,000	-0,125	0,112	0,091
Var17	-0,033	0,005	0,018	-0,104	-0,266	-0,134	-0,153	0,137	0,313	0,107	0,644	-0,670	-0,002	-0,606	0,068	-0,125	1,000	0,099	0,129
Var18	0,149	-0,082	0,096	0,085	-0,145	0,129	0,214	-0,691	-0,685	-0,380	-0,249	-0,135	-0,332	-0,343	-0,281	0,112	0,099	1,000	0,995
Var19	0,129	0,058	0,064	0,064	-0,204	0,135	0,203	-0,696	-0,684	-0,414	-0,260	-0,133	-0,346	-0,337	-0,289	0,091	0,129	0,995	1,000

Következő lépésként (4. táblázat) a főkomponensekhez tartozó sajátvektorok koordinátáit határoztuk meg, melyek megmutatják, hogy az eredeti változók mekkora mértékben járulnak hozzá a főkomponensekhez. Mivel korrelációs mátrixon alapul a számítás, ezek a koordináták egyben a változók főkomponenshez való relatív hozzájárulását is mutatják, azaz a faktorsúlyokkal is megegyeznek. A 4. táblázat alapján megpróbáltuk értelmezni és elnevezni a főkomponenseket, a kapott eredmények ugyanis így sokkal szemléletesebbek lesznek. Az elnevezés a főkomponens-analízis esetében nem mindig egyszerű és egyértelmű feladat, és megjegyezzük, hogy - ellentétben a faktoranalízissel - nem is elvárás.

3. táblázat: A korrelációs mátrix sajátértékei.

Table 3: Eigenvalues of correlation matrix.

Value number	Eigenvalues of correlation matrix, and related statistics Active variables only			
	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	5,659600	29,78737	5,65960	29,7874
2	3,992063	21,01086	9,65166	50,7982
3	2,948138	15,51651	12,59980	66,3147
4	2,128869	11,20458	14,72867	77,5193
5	1,691934	8,90492	16,42060	86,4242
6	0,953612	5,01901	17,37422	91,4432
7	0,499759	2,63031	17,87398	94,0736
8	0,357396	1,88103	18,23137	95,9546
9	0,276291	1,45416	18,50766	97,4088
10	0,189349	0,99657	18,69701	98,4053
11	0,108456	0,57082	18,80547	98,9761
12	0,089138	0,46915	18,89461	99,4453
13	0,062404	0,32844	18,95701	99,7737
14	0,021373	0,11249	18,97838	99,8862
15	0,017268	0,09088	18,99565	99,9771
16	0,002940	0,01547	18,99859	99,9926
17	0,001410	0,00742	19,00000	100,0000

4. táblázat: A változók faktor-koordinátái.

Table 4: Factor coordinates of the variables.

Variable	Factor coordinates of the variables, based on correlations				
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Tőátmérő d0 (mm)	0,215432	-0,910775	0,209073	0,095099	-0,120870
Mellmagassági átmérő d1.3 (mm)	0,271797	-0,898032	0,223670	0,141667	-0,155894
Magasság h (m)	0,196735	-0,849527	0,237308	0,284249	-0,133235
Tömeg m (kg)	0,164202	-0,889859	0,107415	0,110846	-0,270755
Hányszor sarjzatott	0,677291	-0,241901	-0,316419	0,003934	0,507715
Átlaghőm.	-0,436177	0,086067	-0,091841	0,828458	0,115759
Átl. Csap.	-0,268675	-0,119122	-0,062170	-0,745919	-0,301191
Ph vizes Súlyozott átlag a termőhelyre	0,797497	0,337519	0,103536	0,266308	-0,181710
Ph vizes Felső réteg adatai	0,734636	0,422346	0,295097	0,273622	-0,192471
CaCO3 Súlyozott átlag a termőhelyre	0,904699	-0,012891	0,047316	-0,119761	0,261979
CaCO3 Felső réteg adatai	0,673299	0,198671	0,584039	-0,139487	0,222391
CaCO3 Mélység (ahol megjelenik cm)	0,037091	-0,269828	-0,844116	-0,065144	-0,171702
CaCO3 Érték	0,763367	-0,152155	-0,187573	-0,325578	0,084942
CaCO3 Mélység (ahol max. cm)	0,452576	-0,046954	-0,796281	0,016381	0,186811
CaCO3 Érték	0,815197	-0,135883	-0,012550	-0,331506	0,207808
KA Súlyozott átlag a termőhelyre	0,000661	-0,131118	-0,102557	0,474226	0,615410
KA Felső réteg adatai	0,080623	0,205293	0,867452	-0,082794	0,092723
H% Súlyozott átlag a termőhelyre	-0,639944	-0,370413	0,207112	-0,255944	0,514274
H% Felső réteg adatai	-0,659908	-0,342534	0,212506	-0,258203	0,495311

1. főkomponens (**első talajminőségi és sarjzatási főkomponens**): a pH-val és a CaCO₃-mal szoros pozitív kapcsolat, a sarjztatás számával közepesen erős pozitív kapcsolat, a humusztartalommal pedig negatív kapcsolat van;
2. főkomponens (**negatív hozammutató főkomponens**): valamennyi hozammal kapcsolatos változóval szoros negatív kapcsolat van;
3. főkomponens (**második talajminőségi főkomponens**): a CaCO₃ mélységi adataival szoros negatív kapcsolat és a K_A felső rétegbeli adataival szoros pozitív kapcsolat van;
4. főkomponens (**éghajlati főkomponens**): az átlaghőmérséklettel szoros pozitív, az átlagos csapadékkal szoros negatív kapcsolat van;
5. főkomponens (**3. talajminőségi főkomponens**): a K_A termőhelyre vett súlyozott átlagával közepesen erős pozitív kapcsolat van.

A főkomponensek megnevezése után az eredményeket egységkörös vektorbrák segítségével elemeztük. Mivel a cél az ültvény „hozam” alakulásának vizsgálata a „hozammutató főkomponens” a többi főkomponens



függvényében ábrázoltuk. Minden eredeti változónak az 5-dimenziós térben (az 5 főkomponens tere) egy pont felel meg. Ezeket a pontokat vetítettük a Factor1-Factor2, Factor3-Factor2, Factor4-Factor2, Factor5-Factor2 síkokra, így kaptuk a 1. ábrán lévő egységkörös vektorábrákat. Amelyik vektor hossza nagyon kicsi, az azt mutatja, hogy a tengelyeken lévő főkomponensek egyikével sincs az adott változó szoros korrelációban.

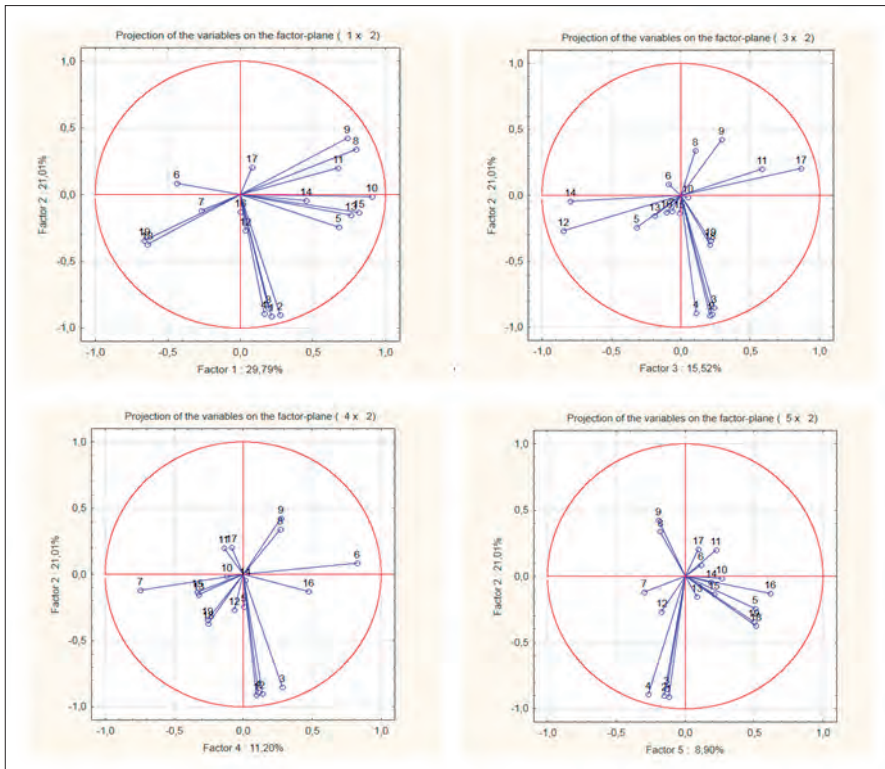
Az egységkörös vektorábrákon (1. ábra) a vektorok által közbezárt szög koszinuszának nagyságával arányos a korreláció mértéke. Tehát például mindegyik egységkörös vektorábrán kicsi hegyesszöget zár be az 1-2-3. változóhoz tartozó vektor, így ezek között a változók között erős pozitív korreláció van (ez azt jelenti, hogy ha bármelyik kettőt kiválasztjuk és a mérési eredményeket e kettő síkjában ábrázoljuk, a pontok nagy része egy növekvő egyenes mentén helyezkedik el). Ha a szög növekszik, a pozitív korreláció mértéke csökken, derékszög esetén pedig nulla. Ez utóbbi esetben nincs lineáris kapcsolat a változók adatai között, nem korrelálnak. A korrelálás hiánya a függetlenségnek csak szükséges, de nem elegendő feltétele, azaz nem jelenti feltétlenül az adatok közötti függetlenséget, másfajta kapcsolat, nem lineáris kapcsolat fennállhat közöttük. Derékszög felett tovább növelve a szöveget a negatív korreláció egyre erősebbé válik, és egyenesszög esetén éri el a -1-et. A -1-hez közeli korreláció úgy értelmezhető, hogy a pontok nagy része egy csökkenő egyenes mentén helyezkedik el.

Felmerülhet a kérdés, hogy miért csak a lineáris kapcsolatot elemeztük, és másfajta illeszkedést miért nem vizsgáltunk. Ha a feltételezett függvény monoton függvény (akár exponenciális, akár logaritmus, vagy valamely hatványfüggvénynek egy monoton szakasza, stb.), akkor az egy kis intervallumon egyenessel mindig jól közelíthető. Esetünkben valamennyi változó értelmezési tartománya egy szűk intervallum, és biztos, hogy valamilyen monoton függvénykapcsolat feltételezhető a változók között.

A Factor2 a *negatív hozammutató főkomponens*, azért neveztük így, mert a hozam-koordinátákkal szoros negatív kapcsolatban áll, vagyis minél nagyobb a hozam, annál kisebb a második faktorhoz tartozó koordináta. Mind a négy ábrán 90 fokos szög, vagy tompaszög van a hozamváltozók (Var1-Var2-Var3-Var4) és a Var6 (átlaghőmérséklet), Var8 (a $\text{pH}_{\text{vízes}}$ súlyozott átlaga a termőhelyre), Var9 (a $\text{pH}_{\text{vízes}}$ a legfelső talajrétegbeli adatai), Var11 (CaCO_3 a legfelső talajréteg adatai), és Var17 (K_A a legfelső talajréteg adatai) változók között. Ez korrelálatlanságot, vagy negatív korrelációt mutat a hozamváltozók, illetve a Var6, valamint Var8, Var9, Var11, és Var17 változók között a F1-F2 (negatív hozammutató főkomponens), F3-F2, F4-F2, F5-F2 síkokban. Mivel a Factor2 a *negatív hozammutató főkomponens*, így hozamnövekedés szempontjából épp ezek a változók mutatnak pozitív korrelációt a hozamváltozókkal. (Ha az egyik tengely koordinátáinak épp ellentettjét vennénk, a növekvő egyenesekből csökkenők lennének és fordítva.)

A főkomponens-analízis alkalmazhatóságának megbízhatóságát többféleképpen lehet ellenőrizni, többek között a Cronbach-alfa érték kiszámításával (5. táblázat). Ez az érték mindig 0 és 1 közötti, minél nagyobb, annál jobb a módszer alkalmazhatósága. Adatainkra a Cronbach-alfa értéke 0,43, ez azt mutatja, hogy az adatsor vizsgálatára elfogadható eljárás a főkomponens-analízis. A Cronbach-alfa értéke 0,55-ra növekedne (azaz az eljárás megbízhatósága kicsit javulna), ha az átlagos csapadékmennyiség változót kihagynánk a vizsgálatból. Ennek oka valószínűleg a területenként nagyon hasonló csapadék adatokban keresendő.

A következőkben a faktoranalízis alkalmazására térünk át. A korrelációs mátrix sajátértékeit megvizsgálva (korábbi 3. táblázat) látjuk, hogy a korrelációs mátrixnak 5 db 1-nél nagyobb sajátértéke van, így 5 faktort érdemes választanunk. Ezek az adathalmaz teljes varianciájának kb. 86,42%-át magyarázzák. A faktorsúlyokat (az egyes változók és a faktorok közötti lineáris kapcsolat szorosságát) rotáció nélküli, varimax, biquartimax és equamax rotáció esetén is megvizsgáltuk. A faktorrotációk matematikai szempontból azt jelentik, hogy a választott bázis (vagyis a főkomponensek) tengelyeit olyan geometriai transzformációknak vetjük alá, amelyekkel úgy módosítjuk őket, hogy a faktorok értelmezhetősége a legideálisabbá váljon. Az értelmezhetőség szempontjából a rotáció nélküli esetet elvetettük, a háromféle rotáció között pedig nem láttunk különbséget, ezért a varimax rotációt választottuk (6. táblázat).



1. ábra: A változók vektorainak az egyes faktorsíkokra eső vetületei.
Figure 1: Projection of the variables on the factor-planes.

5. táblázat: A főkomponens-analízis megbízhatóságának vizsgálata.
Table 5: Study of the principal component analysis reliability.

variable	Mean if deleted	Var. if deleted	StdV. if deleted	Item-Totl Correl.	Alpha if deleted
Summary for scale: Mean=910,124 Std. Dev.=92,1623 Valid N=568 Cronbach alpha: ,435054 Standardized alpha: ,611918 Average inter-item corr.: ,121001					
Tőtátmérő d0 (mm)	864,9706	6708,406	81,90486	0,410013	0,336872
Mellmagassági átmérő d1,3 (mm)	879,2101	6985,943	83,58195	0,426617	0,346774
Magasság h (m)	905,4776	8323,286	91,23205	0,428201	0,425242
Tömeg m (kg)	906,4087	8074,832	89,86007	0,535903	0,407378
Hányszor sarjzatott	909,1537	8354,667	91,40387	0,583507	0,427311
Átlaghőm.	899,8878	8506,985	92,23332	-0,496441	0,438465
Átl. Csap.	310,2928	7947,890	89,15094	-0,108093	0,554435
Ph vizes Súlyozott átlag a termőhelyre	902,4310	8478,582	92,07922	0,000387	0,436414
Ph vizes Felső réteg adatai	902,5406	8497,212	92,18032	-0,162811	0,437787
CaCO3 Súlyozott átlag a termőhelyre	898,0914	7999,129	89,43785	0,379555	0,404579
CaCO3 Felső réteg adatai	901,3673	8577,498	92,61478	-0,118088	0,448528
CaCO3 Mélység (ahol megjelenik cm)	899,0146	6341,880	79,63593	0,240499	0,385931
CaCO3 Érték	898,5020	7712,071	87,81840	0,532087	0,382417
CaCO3 Mélység (ahol max. cm)	865,2999	5466,100	73,93307	0,321941	0,344734
CaCO3 Érték	886,7224	6820,800	82,58813	0,439371	0,336824
KA Súlyozott átlag a termőhelyre	869,1649	8350,886	91,36318	-0,017035	0,448216
KA Felső réteg adatai	870,9619	8899,623	94,33781	-0,450795	0,469131
H% Súlyozott átlag a termőhelyre	907,3414	8497,061	92,17950	-0,050237	0,442916
H% Felső réteg adatai	905,3900	8583,344	92,64634	-0,110291	0,456917



A faktorrotáció után a faktorok lehetséges értelmezése a következő:

- 1. faktor:** a pH adatokkal erős negatív, a H% adatokkal erős pozitív kapcsolatban van, nevezzük **tápanyag ellátottsági és feltáródási faktornak**.
- 2. faktor:** a töltésmérő, mellmagassági átmérő, magasság és tömeg változókkal mutat szoros kapcsolatot, a neve legyen **hozam faktor**.
- 3. faktor:** a két CaCO_3 mélység adattal erős negatív, a K_A felső réteg adattal nagyon erős pozitív korrelációban áll, elnevezése legyen **talajfiziológiai faktor**.
- 4. faktor:** az átlaghőmérséklet és a K_A súlyozott átlag változókkal erős pozitív, az átlagos csapadék változóval erős negatív kapcsolatban áll, nevezzük **talaj vízháztartás faktornak**.
- 5. faktor:** a sarjzatítás száma, a CaCO_3 súlyozott átlaga, és a CaCO_3 értéke, ahol megjelenik (mélység) valamint CaCO_3 értéke, ahol maximális (mélység) változókkal mutat szoros pozitív korrelációt, a neve legyen **a sarjzatítások számával és a talaj mésztartalmával kapcsolatban álló faktor**.

A kapott 5 faktor nagyon hasonló a főkomponens-analízis során kapott főkomponensekhez, csupán kis eltérések láthatók (pl. az első faktorban nincs benne a CaCO_3 és a sarjzatítás, viszont megjelenik a pH és a H% stb.).

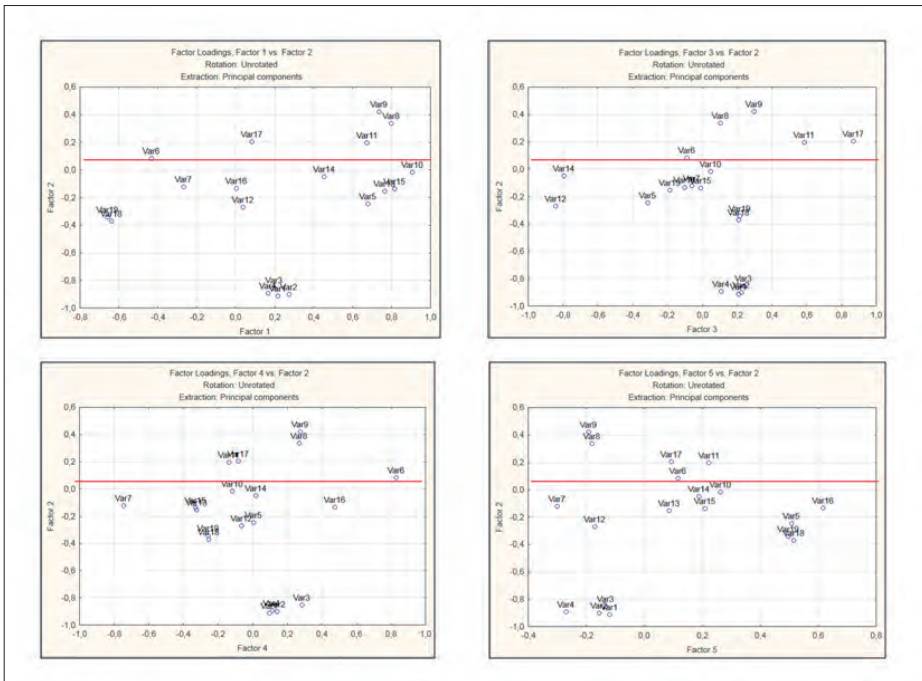
6. táblázat: *Faktorsúlyok varimax rotációval.*
Table 6: *Factor loadings with varimax raw.*

Variable	Factor Loadings (Varimax raw) (Ültetvény adatok_összes_cikkhez)				
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Töltésmérő d0 (mm)	0,103251	0,956328	0,002714	0,023488	0,132302
Mellmagassági átmérő d1,3 (mm)	0,026301	0,977185	0,016632	0,004191	0,137330
Magasság h (m)	0,016835	0,946206	0,034702	-0,130098	0,039316
Tömeg m (kg)	0,032217	0,945958	-0,113191	0,083947	0,014542
Hányszor sarjzatított	-0,051140	0,146323	-0,258407	-0,271868	0,842875
Átlaghőm.	0,003553	-0,038651	-0,103917	-0,774533	-0,541875
Átl. Csap.	0,308756	-0,035255	-0,114447	0,785926	-0,100009
Ph vizes Súlyozott átlag a termőhelyre	-0,824644	-0,029366	0,181944	-0,118948	0,369360
Ph vizes Felső réteg adatai	-0,820231	-0,069991	0,380362	-0,113552	0,286033
CaCO3 Súlyozott átlag a termőhelyre	-0,365613	0,101767	0,126554	-0,021462	0,862181
CaCO3 Felső réteg adatai	-0,299705	-0,004894	0,674139	0,032444	0,597875
CaCO3 Mélység (ahol megjelenik cm)	-0,022456	0,088870	-0,891341	0,114179	0,067170
CaCO3 Érték	-0,259354	0,149561	-0,153458	0,236964	0,764818
CaCO3 Mélység (ahol max. cm)	-0,186226	-0,096029	-0,733780	-0,143212	0,522892
CaCO3 Érték	-0,219668	0,152002	0,037618	0,185156	0,853927
KA Súlyozott átlag a termőhelyre	0,228637	0,037470	-0,063948	-0,729931	0,201899
KA Felső réteg adatai	-0,018528	-0,014033	0,900942	0,057640	0,031800
H% Súlyozott átlag a termőhelyre	0,935555	0,077013	0,161294	-0,048967	-0,100038
H% Felső réteg adatai	0,927736	0,053730	0,169057	-0,037781	-0,127984
Expl.Var	3,626222	3,772896	2,981497	2,008519	4,031470
Prp.Totl	0,190854	0,198573	0,156921	0,105712	0,212183

A főkomponens-analízissel kapott eredmények értelmezése a következő. Az egyes változókat ábrázolva az 5 dimenziós térben (az 5 faktor tere) minden változónak egy pont felel meg. Ezeket a pontokat vetítettük a Factor1-Factor2, Factor3-Factor2, Factor4-Factor2, Factor5-Factor2 síkokra (2. ábra). A változók hozam koordinátái közül a legnagyobbakat vettük figyelembe (piros vonal feletti koordináták), ezek alapján az eredmény ugyanaz, mint a főkomponens-analízis esetében.

Az általunk vizsgált adatbázisban tehát az alábbi paraméterek befolyásolják pozitívan a hozamadatokat:

- átlaghőmérséklet = Var6;
- a pH_{vizes} súlyozott átlaga a termőhelyre = Var8;
- a pH_{vizes} adatai a legfelső talajrétegben = Var9;
- a CaCO_3 adatai a legfelső talajrétegben = Var11;
- a K_A adatai a legfelső talajrétegben = Var17.



2. ábra: A faktorsúlyok ábrázolása.
 Figure 2: Representation of the factor loadings.

A faktoranalízis megbízhatósága a reziduális korrelációs mátrixszal ellenőrizhető, amely az eredeti változók korrelációs mátrixát és a felállított modell által kapott korrelációs mátrixot hasonlítja össze. Ideális esetben a korrelációs értékek különbségei legtöbb esetben nem haladják meg a 0,1-et. A reziduális mátrix (7. táblázat) alapján azt mondhatjuk, hogy a faktoranalízis a kísérleti eredményeinkre jó megbízhatósággal alkalmazható.



7. táblázat: A reziduális korrelációs mátrix.
Table 7: Matrix of the residual correlations.

Residual Correlations (Ültetvény adatok_összes_cikkhez)																			
Extraction: Principal components																			
(Marked residuals are > .100000)																			
Variable	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6	Var7	Var8	Var9	Var10	Var11	Var12	Var13	Var14	Var15	Var16	Var17	Var18	Var19
Var1	0.06	0.00	-0.04	-0.00	-0.03	-0.01	0.00	-0.00	0.01	-0.00	0.00	-0.03	-0.02	0.02	0.02	0.02	-0.03	-0.01	-0.00
Var2	0.00	0.03	0.00	-0.03	-0.01	-0.01	0.01	0.00	-0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	0.01	0.02	0.01	-0.00	-0.01	-0.00
Var3	-0.04	0.00	0.08	-0.05	0.03	-0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	-0.02	0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.01	0.01	-0.00	-0.01
Var4	-0.00	-0.03	-0.05	0.08	-0.01	-0.00	0.01	0.00	0.02	-0.01	0.02	-0.00	0.01	0.02	-0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Var5	-0.03	-0.01	0.03	-0.01	0.12	0.01	0.03	0.01	-0.01	0.01	0.02	-0.01	-0.00	-0.08	-0.08	-0.04	-0.04	0.00	-0.02
Var6	-0.01	-0.01	-0.01	-0.00	0.01	0.09	-0.09	0.02	-0.01	0.05	0.02	0.09	0.07	-0.05	-0.02	-0.16	0.02	0.05	0.05
Var7	0.00	0.01	0.03	0.01	0.03	-0.09	0.26	0.07	0.08	0.03	-0.05	-0.14	-0.16	0.03	-0.04	0.24	-0.09	-0.03	-0.05
Var8	-0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.07	0.14	0.09	0.02	-0.06	-0.02	-0.07	0.04	0.01	-0.04	-0.05	0.08	0.08
Var9	0.01	-0.00	0.00	0.02	-0.01	-0.01	0.08	0.09	0.08	-0.00	-0.03	-0.04	-0.05	0.05	-0.00	0.04	-0.05	0.05	0.05
Var10	-0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.05	0.03	0.02	-0.00	0.10	-0.04	-0.01	-0.06	-0.04	0.03	-0.04	-0.04	0.02	0.01
Var11	0.00	-0.01	-0.02	0.02	0.02	0.02	-0.05	-0.06	-0.03	-0.04	0.10	0.05	0.12	-0.04	-0.10	-0.02	0.01	-0.02	-0.02
Var12	-0.03	-0.01	0.01	-0.00	-0.01	0.09	0.14	-0.02	-0.04	-0.01	0.05	0.18	0.17	-0.04	-0.06	-0.15	0.12	0.04	0.05
Var13	-0.02	-0.02	-0.01	0.01	-0.00	0.07	-0.16	-0.07	-0.05	-0.06	0.12	0.17	0.25	-0.06	-0.11	-0.12	0.10	0.01	0.02
Var14	0.02	0.01	-0.02	0.02	-0.08	-0.05	0.03	0.04	0.05	-0.04	-0.04	-0.04	-0.06	0.12	0.05	0.07	0.04	0.00	0.03
Var15	0.02	0.02	-0.01	-0.02	-0.08	-0.02	-0.04	0.01	-0.00	0.03	-0.10	-0.06	-0.11	0.05	0.16	-0.02	-0.01	0.00	0.02
Var16	0.02	0.01	0.01	0.02	-0.04	-0.16	0.24	-0.04	0.04	-0.04	-0.02	-0.15	-0.12	0.07	-0.02	0.37	-0.03	-0.11	-0.11
Var17	-0.03	-0.00	0.01	0.01	-0.04	0.02	-0.09	-0.05	-0.05	-0.04	0.01	0.12	0.10	0.04	-0.01	-0.03	0.18	-0.02	0.00
Var18	-0.01	-0.01	-0.00	0.01	0.00	0.05	-0.03	0.08	0.05	0.02	-0.02	0.04	0.01	0.00	0.00	-0.11	-0.02	0.08	0.08
Var19	-0.00	-0.00	-0.01	0.01	-0.02	0.05	-0.05	0.08	0.05	0.01	-0.02	0.05	0.02	0.03	0.02	-0.11	0.00	0.08	0.09

ÖSSZEFOGLALÁS

Összefoglalva megállapítható, hogy az általunk vizsgált kísérleti adatok esetében hozam szempontjából a hőmérséklet és a legfelső talajréteg pH-ja, és CaCO_3 -tartalma, valamint a pH súlyozott értéke a termőhelyen és az Arany-féle kötöttség a meghatározó. Nem zárható ki a területre hulló csapadékmennyiség szerepe sem, azonban sajnos nem rendelkezünk megfelelő pontosságú, és megfelelő mennyiségű csapadékadattal, így ezek a mérési eredmények a kísérlet kiértékelésébe nem kerültek bele.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Fazekas I. (szerk.) 1997: Bevezetés a matematikai statisztikába. Egyetemi jegyzet. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- Füstös L.; Meszéna Gy. és Simonné Mosolygó N. 1986: A sokváltozós adatelemzés matematikai módszerei. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Horvai Gy. (szerk.) 2001: Sokváltozós adatelemzés (Kemometria). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Jahn W. és Vahle H. 1974: A faktoranalízis és alkalmazása. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.
- Münnich Á.; Nagy Á. és Abari K. 2006: Többváltozós statisztika pszichológus hallgatók számára. Bölcsész Konzorcium, Debrecen (<http://psycho.unideb.hu/statisztika>).
- Podani J. 1997: Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeltárás rejtelmeibe avagy „Mit is kezdjünk azzal a rengeteg adattal?” Scientia Kiadó, Budapest.
- STATISTICA 11, STATISTICA statisztikai adatelemző, analitikai szoftvercsalád, StatSoft.
- Sváb J. 1979: Többváltozós módszerek a biometriában. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Szűcs I. (szerk.) 2000: Alkalmazott statisztika. Agroinform Kiadó, Budapest.
- Többváltozós statisztika közgazdászoknak. <http://www.inf.unideb.hu/valseg/dolgozok/ispaly/Multivar/main.html>

Érkezett: 2014. március 11.

Közlésre elfogadva: 2014. július 15.

MÉSSZEL STABILIZÁLT FÖLDMŰ HATÁSAINAK VIZSGÁLATA EGY KÍSÉRLETI ÚTSZAKASZON

**Péterfalvi József¹, Primusz Péter¹, Markó Gergely², Kisfaludi Balázs¹
és Kosztka Miklós¹**

¹Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar

Kivonat

A kötött talajon épülő erdészeti utak pályaszerkezetét a legelső homokos kavicsalap helyett célszerű mésszel stabilizált földműre építeni. Ez a megoldás csökkenti a helyszínre szállított anyag mennyiségét, és egyben mérsékli a kötött talaj utépítés szempontjából kedvezőtlen tulajdonságait. Az utépítés költségei tovább csökkenthetők, ha a méssztabilizációs réteg a pályaszerkezet teherbírásába beszámítható, mert így a beépítendő zúzottkő réteg vastagsága is csökkenthető. Ehhez azonban szükség van a méssztabilizációs réteg teherbírásának vizsgálatára, amelyet egy erdei körülmények között megépített kísérleti útszakaszon célszerű elvégezni. Ennek megvalósítását szolgálta az Erdő- és Fahasznosítási Regionális Egyetemi Tudásközpont keretén belül a Geomatikai, Erdőfeltárási és Vizgazdálkodási Intézet és a Zalaerdő Zrt. közreműködésével épített kísérleti út. A vizsgálat eredményei egyértelműen igazolták, hogyha a helyi kötött talajt megfelelő mészadagolással stabilizáljuk, akkor a mésszréteg egyben az erdészeti utak pályaszerkezetének teherbírását is növeli.

Kulcsszavak: méssztabilizáció, kísérleti út, erdészeti utépítés

TESTING OF SUBGRADE STABILIZED WITH LIME ON AN EXPERIMENTAL ROAD SECTION

Abstract

When constructing forest roads on cohesive soil, it is suitable to substitute sandy gravel sub-base course with lime stabilized subgrade. This solution reduces the volume of construction materials and at the same time moderates the unfavourable properties of cohesive soils. If the bearing capacity of the lime stabilized layer can be included in the bearing capacity of the pavement, then the costs of road construction can be reduced by reducing the thickness of the crushed stone course. To achieve this, the testing of the bearing capacity of the lime stabilized layer is necessary. It is suitable to complete the test on an experimental road-section practically in forest circumstances. Such an experimental road-section was constructed in cooperation between the Institute of Geomatics and Civil Engineering and the Zalaerdő Forestry Closed Company, within the frame of the Regional University Knowledge Centre of Forest and Wood Utilization. The results of this test clearly demonstrate that the local cohesive soil stabilized with suitable lime feeding can be the bearing layer of the pavement of forest roads.

Keywords: lime-stabilization, experimental road, forest road construction

Levelező szerző/Correspondence:

Péterfalvi József, H-9400 Sopron, Ady E. u. 5. e-mail: jpeterfa@emk.nyme.hu



BEVEZETÉS

Magyarországon az erdészeti utak jelentős része kőben szegény vidéken, kötött altalajon épül. Különösen nehéz az útépités az ország nyugati részén, ahol az évi csapadék mennyisége jelentős, eloszlása kedvezőtlen. Az útépitésre ezért csak rövid időszakok állnak rendelkezésre, a kötött talajú földmű kiszáradása az erdei mikroklímában alig várható ki. A kötött talajok teherbírása általában gyengébb, amit a nedves állapot tovább ront. Ezek a körülmények azt eredményezik, hogy csak nagyobb teherbírású, vastagabb pályaszerkezetekkel lehet a forgalom terhelésének megfelelni. Az útépités költségei tovább növekednek, ha a kőműves útépitési anyagot nagyobb távolságról kell az építés helyszínére szállítani. Ilyen körülmények között célszerű az útpályaszerkezet alaprétégebe olyan építési anyagot felhasználni, amely a kedvezőtlen időjárás hatásait mérsékelni tudja.

A helyi talajokat általában talajstabilizáció céljáraformájában használhatjuk fel a pályaszerkezet alaprétégeibe. A kötött talajok esetében ez meszes talajstabilizációt jelent. Korábban, 1960-1970 között, mintegy 53 km erdészeti út épült meszes talajstabilizáció alkalmazásával Somogy, Zala és Vas megyékben. Az ezt követő időszak közgazdasági és műszaki viszonyai nem kedveztek a talajstabilizációk további elterjedésének. Ennek eredménye lett a talajstabilizációkkal folytatott kutatások visszaszorulása is. Napjainkban azonban a szigorodó közgazdasági helyzet, a környezetvédelmi igények, a korszerű talajmarók és kötőanyag-adagolók alkalmazása együttesen ismét ráirányították a figyelmet a talajstabilizációk felhasználására.

A jelenlegi építési előírások a mésszel kezelt talajt csak legfeljebb javítórétegnek ismerik el, azt a pályaszerkezet teherbíró részébe nem számítják be. A kísérleti útszakasz építésének ebből következően az elsődleges célja annak vizsgálata volt, hogy az erdészeti utak pályaszerkezeteinek tervezésénél milyen teherbírással lehet a meszes talajstabilizációs réteget figyelembe venni. A másik alkalmazási terület a kötött talajú földutak járhatóságának javítása, amelynek vizsgálatára a kísérleti útszakasz szintén lehetőséget kínált.

A meszes talajkezelés

A meszet régóta használják kötött talajok fizikai tulajdonságainak javítására. A mész a víz megkötésével méshidráttá alakul, mialatt hő szabadul fel. Talajhoz keverve a méshidrát Ca^{++} ionjai az agyagszemcsék felületéhez kötődnek, és onnan a vizet és egyéb ionokat kiszorítják. Ennek hatására a plasztikus index jelentősen csökken, és a talaj szemcsés állagúvá válik. Ha megfelelő mennyiségű mész van jelen, a pH-növekedésnek köszönhetően az agyagszemcsék felbomlanak. Az így felszabaduló alumínium és szilícium reakcióba lép a kalciummal, és hidrátokat képeznek. Ezek a hidrátok hálózatot alkotnak, és ez tovább növeli a teherbírást (NLA 2004). A tapasztalat szerint 1-3 tömegszázalék mész adagolásával az elázott kötött talajok kiszáríthatóak, 3-5 tömegszázalékos kezelés hatására a száradás mellett jelentősen megnő a talajok teherbíró képessége, nyírószilárdsága és optimális tömörítési víztartalma. Az adagolandó mész mennyiségét a stabilizálni kívánt talaj és az alkalmazott mész tulajdonságai határozzák meg. Ezta jelenlegi gyakorlat szerint laboratóriumi vizsgálatokkal állapítják meg (Tárczy 2007).

A stabilizált réteg készülhet a helyszínen vagy keverőtelepen. A helyszínen a meszet közvetlenül a stabilizálandó talajba lehet juttatni, de elképzelhető olyan megoldás is, amikor a talajt kiemelik, és így keverik össze a mésszel. A helyszínen készülő stabilizáció első lépéseként őrölt-égetett mésport vagy száraz méshidrátot kell a talaj felületére juttatni a laboratóriumi vizsgálatokkal meghatározott mennyiségben. Az égetett mész alkalmazása célszerűbbnek tűnik, hiszen magasabb a mésztartalma, miatt a leját-szódó reakciók is gyorsabbak. Mivel a nagyobb keletkező hő a talajt felmelegíti, az építés-re alkalmas időszak meghosszabbítható. Hátránya, hogy több vizet igényel, mint a méshidrát, valamint rosszabbul is keveredik a talajjal.

A kijuttatást kézi erővel és mészadagoló gépekkel lehet elvégezni. A gépi terítés jóval hatékonyabb. A kijuttatandó mész mennyiségét az adagoló nyílás méretének és a tehergépkocsi sebességének összehangolásával lehet beállítani. A mész talajba juttatása gréderrel vagy talajmaróval végezhető. A talajmaró használata előnyösebb, hiszen rövidebb idő alatt egyenletesebb keverés érhető el vele, amennyiben a teljesítménye megfelelő. A keverés közben, amennyiben szükséges, vizet kell adagolni a talajhoz. Ez történhet szórófejjel ellátott tartályos tehergépkocsival vagy víz adagolására képes talajmaróval. Az utóbbi használatával jobb eredmények érhetők el. A legtöbb talaj esetén a keverés egy menetben elvégezhető, csak ha nagyon kötött a talaj, akkor kell két menetben végezni a keverést. Az első keverés után a földművet enyhe hengerléssel le kell zárni, illetve a két keverés között 24-72 óra időnek kell eltelnie. Ahhoz, hogy a mésszel stabilizált réteg megfelelő teherbírással és szerkezettel rendelkezzen, tömörítésre van szükség. A tömörítés többféle módon végezhető el. Ezek közül szokványos a juhláb henger és gumihenger vagy egy legalább 12 tonnás vibrációs henger és gumihenger egymás utáni alkalmazása. A tömörítés a keverés után hamarosan megkezdhető, de kötött talajon és elég nedvesség esetén négynapos eltérés általában még megengedhető (Little 1995; Tárczy 2007).

Valós léptékű útkísérletek

Annak eldöntésére, hogy az adott talajhoz milyen fajta és milyen mennyiségű mész adagolása szükséges, laboratóriumi vizsgálatokat kell végezni. Ezek a vizsgálatok alkalmasak többféle talajtípus és mészfajta összehasonlítására is. Annak vizsgálatára azonban, hogy különböző pályaszerkezetek és alapok különféle altalajokon milyen tulajdonságokkal rendelkeznek, a valóságban megépült utak a legalkalmasabbak. Mivel az utak leromlása hosszú folyamat, elterjedtek az úgynevezett valós léptékű, gyorsított pályaszerkezet-vizsgálatok (Metcalfe 1996). Ezek lényege, hogy a vizsgálni kívánt pályaszerkezeteket ténylegesen megépítik, és így végeznek rajtuk méréseket. A mérések célja általában annak meghatározása, hogy a különféle pályaszerkezet-variációk hogyan reagálnak adott mértékű forgalmi terhelésekre.

A legjelentősebb ilyen jellegű nagyminta-kísérletsorozat és annak eredményei „AASHO útkísérletek” néven váltak ismertté. A kísérleteket az USA-ban végezték 1956-1962 között. A vizsgálatok célja közúti pályaszerkezet-méretezési eljárások kidolgozása volt. A kísérlet-hez 470 féle pályaszerkezet épült meg gyenge altalajon. A pályaszerkezetek homokos kavics, zúzottkő és aszfaltrétegeket tartalmaztak. A kísérleti útszakaszt műforgalommal terhelték két éven át. Eközben a pályaszerkezetek állapotát rendszeresen értékelték. Az értékelést szemrevételezéssel, hullámosság- és behajlasmérésekkel végezték. A vizsgálat legfontosabb eredményeként összefüggést találtak a pályaszerkezet tervezési paraméterei (egyenérték-vastagság), a tengelyterhelés és -elrendezés, valamint a terhelések száma között. A kapott robosztus összefüggések más típusú altalaj és pályaszerkezet esetén is használhatónak bizonyultak (Nemesdy 1985, Metcalfe 1996).

Szintén az Egyesült Államokban épült meg az „mnROAD” nevű kísérleti útszakasz, melyen a kísérletek 1994-ben kezdődtek. Az itt végzett kísérletek a méretezési paraméterek meghatározása mellett kiterjedtek az évszakos változások, új anyagok, fenntartási technológiák vizsgálatára is. Lényeges eleme volt a kísérleteknek az alacsonyrendű utakon alkalmazott tipikus pályaszerkezetek vizsgálata, valamint különböző altalajok figyelembevételére is. Az alacsonyrendű szakaszokat műforgalommal terhelték. A pályaszerkezetek állapotparamétereit a beléjük épített szenzorok segítségével, valamint a dinamikus teherbírást mérő eszközzel mérték (Tompkins & Khazanovich 2007). Az alacsonyrendű szakaszon végzett vizsgálatok alapján megállapították, hogy kötött talajok-ban a nedvességtartalom 1%-os változása 14 MPa csökkenést eredményez a pályaszerkezet felületi modulusában (Garg & Thompson 1998).

Kifejezetten erdészeti utak pályaszerkezetének vizsgálatára épült Kanadában a SERUL (Laval University Road Experimental Site) nevű kísérleti út. Itt többféle pályaszerkezetet építettek a helyi altalajra, illetve lehetőség volt különböző altalajok vizsgálatára is 3 m mély kibetonozott árkokban. Az úton végzett kísérletekből főleg a fagyás-olvadás, valamint a gumibroncs-szélesség hatására találtak összefüggéseket (LeBel et al. 2000).



Behak 2011-ben végzett vizsgálatokat a mészstabilizáció hatásának megismerésére. Két tesztszakaszt hoztak létre, amelyeken az altalajt 3%, illetve 5% mésszel stabilizálták. Ismert nagyságú, de valós forgalom áthaladása előtt és után is behajlásméréseket végeztek, valamint szemrevételezéssel értékelték a burkolat állapotát. A központi behajlásértékek az építést követő 2,44 mm-ről négy hónap elteltével 0,77 mm-re változtak (Behak 2011).

Magyarországon mezőgazdasági utak vizsgálatára épült kísérleti út Makk-pusztán. Itt futó-homok altalajra 72 féle pályaszerkezet épült meg. A vizsgálatban aszfalt- és betonburkolatokból, mechanikai, cement- és kohósalak stabilizációkból, valamint zúzottkő rétegekből álltak össze a pályaszerkezetek. Ezeket összesen 11 500 egységtengelynyi áthaladással terheltek. A kiindulási állapot értékelése után öt terhelési periódus hatását mérték. Meteorológiai adatokat (a hőmérséklet napi minimuma és maximuma, csapadék, talajhőmérséklet), teherbírási jellemzőket (központi behajlás, behajlási teknő) és járhatóságértékeket (hosszirányú hullámosság, a keresztzelvény alakváltozása, repedés, ütőkátyú és egyéb felületi hibák) mértek. Ezek alapján megállapították, hogy a 11 500 egység-tengelynyi áthaladás csak az építési hibás szakaszokon okozott károsodást. A többi szakaszon a szubjektív értékelők érzékelték először a hibákat, a behajlásmérések csak az utolsó terhelési periódus után kezdték el a teherbírás egyértelmű csökkenését mutatni. Kiderült, hogy az AASHO méretezési eljárás alkalmazható kis forgalmú utak esetén is, bár kismértékű túlméretezést eredményez. Bebizonyosodott az a felvetés is, hogy mező- és erdőgazdasági utak esetén jól alkalmazhatók a különböző stabilizációs eljárások is (Kosztka 1989).

ANYAG ÉS MÓDSZER

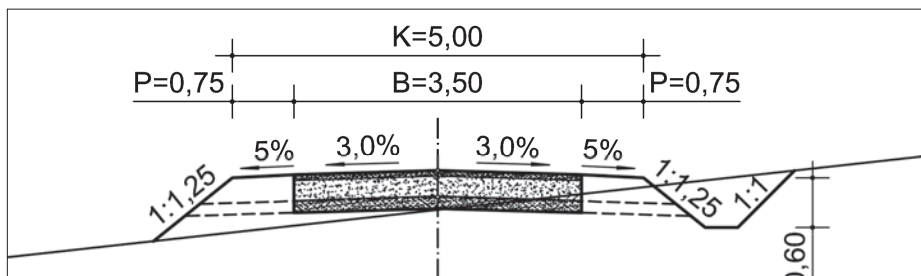
A kísérleti útszakasz helyszínének bemutatása

A kísérleti út megépítésével és az elvégzett mérésekkel az volt a fő célunk, hogy megbecsüljük a mészstabilizációs rétegek teherbírásnövelő hatásának mértékét, valamint azt, hogy a hagyományos szerkezetekhez képest mennyivel növelik a teherbírását a zúzottkő rétegeknek a homokos kavicsréteghez képest. A kísérleti útszakasz a Zalaerdő Zrt. Bánok-szentgyörgyi Erdészeti Igazgatóságának területén, Oltárc község határában a Györerdő II. o. erdészeti út mellékvonalának 580 m hosszú földművén épült meg. A földmű talaja az útépitéshez készült talajmechanikai szakvélemény alapján közepes agyag, amelynek jellemzői: folyási határ $w_L=44,6\%$, plasztikus határ $w_p=22,4\%$, plasztikus index $I_p=22,2\%$, folyási index $I_L=18,4\%$, konzisztenciaindex $I_c=1,2$, maximális száraz halomsűrűség $\rho_{dmax}=1,82 \text{ g/cm}^3$ és az optimális tömörítési víztartalom $w_{opt}=15\%$.

Az útépités feltételeit a klíma jellemzői közül főként a csapadékviszonyok és a téli hőmérsékleti viszonyok befolyásolják. A csapadékviszonyokat a bánok-szentgyörgyi meteorológiai adatgyűjtő állomás adatainak feldolgozásával elemeztük. Eszerint a csapadékos napok száma 94, amelynek jelentősebb része az útépités szempontjából általában kedvező április-november hónapok közé esik. Ez az erdészeti útépités szempontjából azt jelenti, hogy a földműépítésre rendelkezésre álló kedvező napok száma alacsony. Különösen azért kedvezőtlen a helyzet, mert a lehulló csapadék mennyisége is jelentős (694 mm/év), ami a kötött talajú földmű kiszáradását nehezíti. Az egyszer elázott földmű ezért teherbírását tartósan elveszti, hosszú ideig nem támasztja alá a pályaszerkezetet. A hőmérsékleti viszonyok közül az útépités szempontjából a vizsgált területen a fagy és az olvadás, valamint ennek periodikus váltakozása a döntő. A hőmérsékleti adatokat ilyen szempontból csoportosítva azt tapasztaljuk, hogy a téli középhőmérséklet $+3,7^\circ\text{C}$, a januári középhőmérséklet $-0,4^\circ\text{C}$, a fagyos napok száma 100-110 nap. A téli hőmérsékleti viszonyokból következően a fagyási és olvadási periódusok gyakran követik egymást. Ez a fagyveszélyes és fagyérzékeny, illetve az olvadási kárra érzékeny talajokon a télvégi burkolatkárok kialakulását segíti elő. A pályaszerkezetet ezeken a talajokon védőrétegre vagy legelső alapra kell megépíteni.

A kísérleti útszakasz keresztmetszeti kialakítása

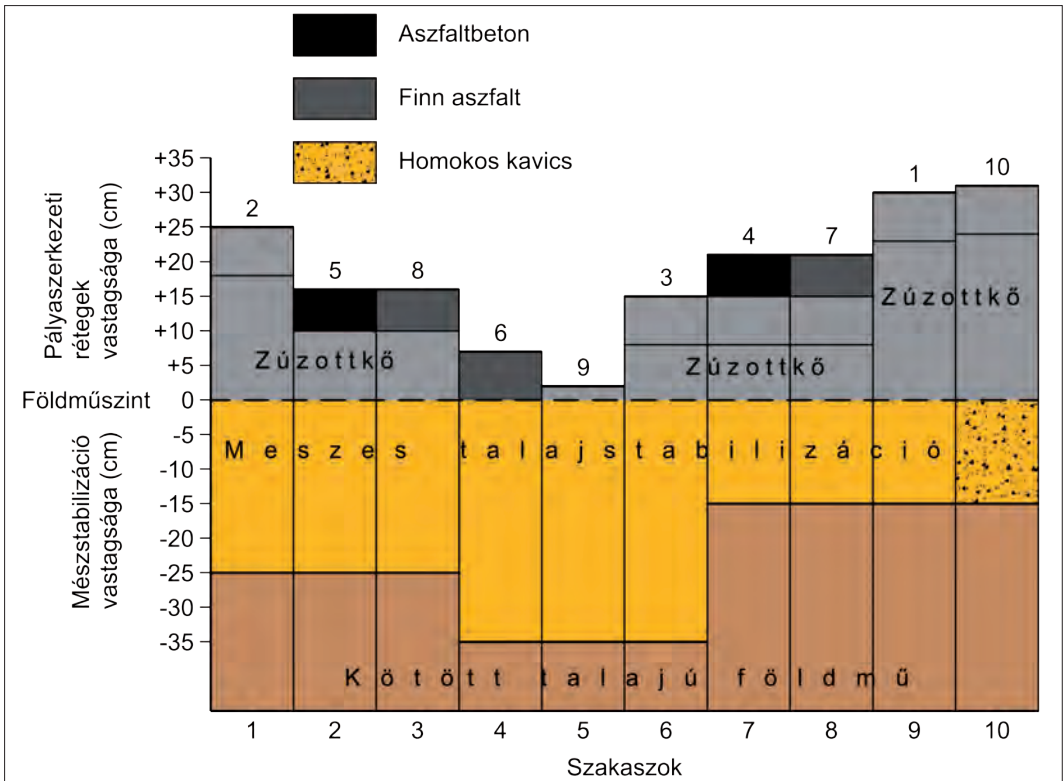
A kísérleti út a II. osztályú erdészeti út paramétereinek megfelelő szélességi méretekkel épült (1. ábra). A keresztmetszet jellemző adatai az alábbiak: burkolatszélesség (B) 3,50 m, padkaszélesség (P) 0,75 m, koronaszélesség (K) 5,00 m, a burkolat dőlése 3,0%, pad-kadölés 5%, töltési és árokrézsű 1:1,25, bevágási rézsű 1:1.



1. ábra: Keresztmetszeti kialakítás.
Figure 1: Typical cross-section.

A kísérleti útszakasz pályaszerkezet variációi

A pályaszerkezet-variációk felépítésének tervezésekor abból indultunk ki, hogy minden rétegsor azonos teherbírású legyen. A pályaszerkezet-variációk építési sorrendjének meg-határozásakor arra törekedtünk, hogy az azonos vastagságú mésztabilizációval készülő rétegek egymás mellé kerüljenek. A mésztabilizáció teherviselő képességének jobb meg-ismeréséhez egy külön szakaszt terveztünk, amelyen a mésztabilizáción kívül csak a felület érdesítését szolgáló zúzalékterítést alkalmaztuk. A fenti tervezési elvek alapján a kísérleti útszakasz első 360 m-én 15-25-35 cm-es helyi talajt felhasználó mésztabilizációs rétegre 9 darab egyenként 40 m hosszú, aszfalt- és makadámburkolatú különböző vastagságú pályaszerkezet épült. Ezek közül az 5. szakaszon csak 35 cm vastagságú mésztabilizációt és a felület érdesítését szolgáló 2 cm-es zúzalékterítést alkalmaztunk. A hagyományos, mésztabilizáció nélküli pályaszerkezettel való összehasonlítást a 10. 220 m-es kontrollszakasz tette lehetővé. A meszes talajstabilizációs alapra háromféle burkolati réteget terveztünk: folyamatos szemeloszlású murvaréteg, meleg bitumenes útalapréteg és finn aszfalt. A meleg bitumenes útalap helyett beszerzési nehézségek miatt K-20 (új nevén AC 22) kötőréteg épült. A megépült pályaszerkezeteket a 2. ábra mutatja be hossz-szelvényyszerűen. A kísérletek sorrendjét célszerű véletlenszerűsíteni, ezért a 10 féle pályaszerkezet-variációt nem a generálásuk sorrendjében építettük meg. A 2. ábrán a pályaszerkezet-variációk sorszámát felül, míg építési sorrendjüket (szakaszszámukat) alul tüntettük fel.



2. ábra: A megépült kísérleti útpályaszerkezet szakaszok.
Figure 2: The built experimental pavement sections.

A kísérleti útszakasz meszes stabilizációjának építése

A kísérleti út mézstabilizációs rétegét egymenetes géplánc építette meg. Az alkalmazott gépek: STREU Master SW 16 kötőanyag-adagoló és WIRTIGEN WR 2000 talajmaró. A munkafolyamat (3. ábra):

1. A tartálykocsiban szállított méz átfejtése a kötőanyag-adagolóba (A fázis).
2. A kötőanyag-adagoló felvonulása az építés kezdőpontjához (B fázis).
3. A kötőanyag-adagoló beállítása (a gépkezelő végzi).
4. A kötőanyag-adagoló ellenőrzése (C fázis).
5. A kötőanyag kiszórása a felületre (D fázis).
6. Keverés a talajmaróval (E fázis).
7. Tömörítés vibrációs hengerrel (F fázis).

A földmű anyagának és a felhasználni kívánt örlött égetett mézpor ismert tulajdonságai alapján a méz-adagolást 3,0~4,5 tömeg%-ban határoztuk meg, a 95% tömörséghez tartozó száraz halomsűrűsége vonatkoztatva.

A kötőanyag-adagoló két menetben tudta a teljes felületen a kötőanyagot elteríteni. Az elterítéskor átfedés nem alakult ki, tehát az adagolás a teljes felületen a tervezetnek megfelelő volt. A talajmaró szintén két menetben végezte a keverést, a két keverés között átfedéssel. Keverés közben a fellazítás mélységét központi vezérléssel a gép automatikusan végezte. A kísérleti út három különböző vastagságú meszes talajstabilizá-

cióját 3,50 m szélességben a gépsor három óra alatt készítette el. Összességében elmondható, hogy az imént ismertetett eljárással a mésszstabilizáció kiváló minőségben épült meg. Az így kialakított javított földműre (mésszstabilizációra) épültek meg a tervezett pályaszerkezet–variációk (4. ábra).

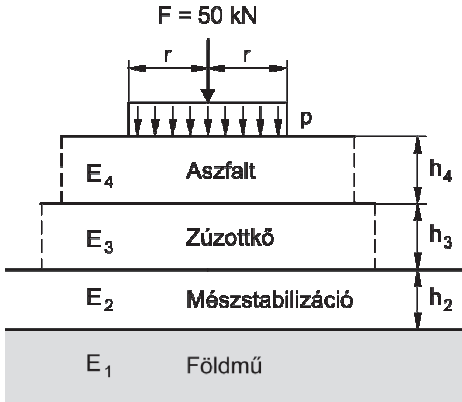


3. ábra: Az építési technológia egyes fázisai.
 Figure 3: Phases of the construction technology.

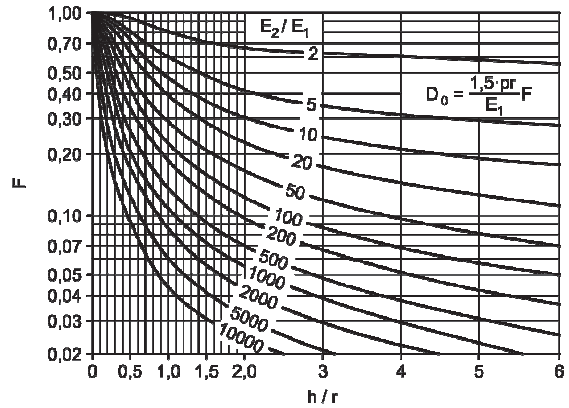


4. ábra: A földmű a mésszstabilizáció előtt és után.
 Figure 4: The earthwork before and after lime stabilization.

Az útpályaszerkezetek mechanikai modellje



5. ábra: Hajlékony pályaszerkezet modell.
Figure 5: Model of flexible pavements.



6. ábra: Burmister diagramja kétrétegű rendszerre.
Figure 6: Diagram by Burmister for a two-layer system.

A mésszel stabilizált rétegek, valamint a kötőanyag nélküli szemcsés alapok mechanikai jellemzői a több-rétegű útpályaszerkezeten belül az 5. ábrán látható hajlékony pályaszerkezeti modell alapján értelmezhetők. Legalul az elkészült földmű modelljének mechanikai szempontból az egyrétegű rendszerek rugalmas, homogén végtelen féltérként való számítása feleltethető meg, vagyis olyan rétegezés nélküli talajtömegről lesz szó, amely vízszintes síkkal határolt, kiterjedése vízszintes irányba és mélységbe végtelen. A földmű felett a kísérleti útszakaszokon H_2 vastagságú mésszel stabilizált rétegek helyezkednek el, felettük pedig kötőanyag nélküli szemcsés anyagú (pl. zúzottkő) alaprétegek húzódnak H_3 vastagsággal. Ezek felett pedig az aszfaltrétegek összesen H_4 összvastagsága következik. A rétegeket a mechanikai méretezés szempontjából az E_1, E_2, E_3, E_4 modulusok és a $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ Poisson-féle számok jellemzik. A terhelés egy 50 kN súlyból adódó, kb. $2r = 30$ cm átmérőjű kör alakú egyenletes terhelés, amely a nagy tehergépkocsi abroncsnyomásához közelálló $p = 0,7$ MPa értékű. További részleteket a hajlékony útpályaszerkezetek analitikus méretezéséről Bocz és mtsai (2009) munkájában olvashatunk.

A végtelen homogén féltér összefüggései

Az alkalmazott modellben a talajt/földművet egy $2r = 30$ cm átmérőjű merev/hajlékony tárcsán ható p megoszló erő terheli. A terhelés hatására bekövetkező alakváltozások közelítő számítását – rugalmas homogén féltérre – Boussinesq oldotta meg még 1885-ben. A felállított süllyedésképlet a következő:

$$E = c \cdot (1 - \mu^2) \frac{p}{d} \cdot r \quad (1)$$

ahol

- E = a féltér anyagának rugalmassági modulusa (MPa);
- c = a Boussinesq-féle tárcsasorzó ($c = \pi/2$ merev és $c = 2,0$ hajlékony);
- r = az alkalmazott tárcsa sugara (mm);
- p = az alkalmazott legnagyobb nyomás (MPa);
- p = a tárcsa alatti függőleges elmozdulás (mm);
- μ = a Poisson-féle szám (-).

A fenti képletben szereplő μ a Poisson-féle szám, a rugalmasságtan ismert anyagjellemzője. Ennek értéke $0 \leq \mu \leq 0,5$ között változhat. Abban az esetben, ha a talajt közelítően, mint összenyomhatatlan folyadékot vesszük számításba (kötött talajoknál (agyag) ez fennáll) $\mu = 0,5$ -nek vehető. Így már tekinthető a földmű, mint homogén rugalmas féltér.

A kétrétegű rendszer megoldása

A kétrétegű rendszer matematikai-mechanikai szempontból egzakt megoldását először Donald M. Burmister adta meg 1945-ben. Később módszerét n rétegre is kiterjesztette 1954 és 1956 között. A kétrétegű rendszer megoldására – a bonyolult számítások elkerülése érdekében – diagramot is közölt (6. ábra). A központi lehajlás számítására az egyrétegű rendszerénél már megismert képletet alkalmazta (Burmister 1945):

$$d = 2 \cdot (1 - \mu^2) \frac{p \cdot r}{E_1} \cdot F \quad (2)$$

A képletben az alsó réteg (a féltér) modulusát veszi figyelembe, ezt egy F süllyedési tényezővel szorozza, amelyet az ismert h/r és E_2/E_1 arányszámok alapján határoz meg. A süllyedési tényező tulajdonképpen az

$$F = \frac{E_1}{E_e} \quad (3)$$

hányadossal egyezik meg, ahol E_e az egyenértékű felületi modulus (Nemesdy 1985). Fontos kiemelnünk, hogy a felületi modulus nem réteg modulus, hanem a többrétegű rendszerek felületén végzett mérésekből levezetett átlagos, az összes réteget együtt jellemző paraméter.

A szemcsés rétegek modulusának meghatározása

A kötőanyag nélküli, gömbölyű szemekből álló rétegek modulusa függ az alatta lévő réteg modulusától. Az egyik legrégebbi megoldást alkalmazza a SHELL méretezési kézikönyv (Claussen 1977):

$$E_2 = E_1 \cdot 0,2 \cdot H_2^{0,45} \quad (4)$$

Ahol H_2 a zúzottkő vagy szemcsés réteg vastagsága mm-ben, E_1 pedig az alsó réteg modulusa MPa-ban. Az összefüggés hiányossága, hogy nem mutat rá a zúzottkő alap és a gömbölyű szemű alapok közötti minőségkülönbségre (Nemesdy 1991).

Ezt a hiányosságot később Barker és mtsai (1977) figyelemreméltó munkája pótolja. A hajlékony pálya-szerkezeten belül a vastagabb szemcsés alaprétegeket vizsgálták, különbséget téve zúzottkő és mechanikai stabilizáció között. Zúzottkő alapra a következő képlet alkalmazható (Barker és mtsai 1977):

$$E_2 = E_1 \cdot (1 + 10,52 \cdot \log(H_2) - 2,10 \cdot \log(E_1) \cdot \log(H_2)) \quad (5)$$

Kavicsalapra, mechanikai stabilizációra:

$$E_2 = E_1 \cdot (1 + 7,18 \cdot \log(H_2) - 1,56 \cdot \log(E_1) \cdot \log(H_2)) \quad (6)$$

A homokos kavics (HK) rétegek modulusát is ezzel az összefüggéssel becsülhetjük. Az összefüggések alkalmazásakor ügyelni kell arra, hogy az E modulusok psi (pounds per square inch), a H rétegvastagságok pedig inch-ben szerepelnek az eredeti tanulmányban (1 psi = 0,006894 MPa és 1 inch 2,54 cm).



Statikus (E_2) és dinamikus (E_d) teherbírásmérés

A hajlékony útpályaszerkezetek többrétegű mechanikai modellje igényli, hogy az egyes rétegeket a rájuk jellemző rétegvastagságokkal és modulus értékekkel vegyük számításba. A talaj és az egyes burkolati rétegek teherbírási modulusát statikus és dinamikus elven működő helyszíni mérőeszközök segítségével lehet meghatározni.

Az elkészült földművön meg lehet mérni a statikus modulusot, mint a rugalmas, homogén és izotróp féltérnek tekintett legalsó talajréteg teherbírási modulusát. A vizsgálat alatt egy 30 cm átmérőjű hajlékony tárcsát terhelünk pl. hidraulikus emelő és tehergépkocsi ellensúly segítségével. A terhelést fokozatosan adjuk rá – kivárva a konszolidációt – miközben mérjük az egyes terhelési lépcsők hatására bekövetkező deformációt. A $p=0,40$ MPa terhelés elérése után tehermentesítjük a tárcsát, majd másodszor is elvégezzük a mérést. A két terhelés adataiból meg lehet már szerkeszteni a terhelés-behatolás görbéket. A földmű statikus modulusát a második terhelés görbéjéből számítjuk (ezért szerepel 2 az alsó indexben) az (1)-es süllyedésképlet segítségével. Az E_2 statikus vizsgálat esetén alkalmazott tárcsa geometria méretei alapján, körülbelül 75 cm vastag felső réteg vizsgálatára nyílik lehetőség ($v \leq 2,5 \cdot D \approx 75$ cm). A számításoknál merev tárcsamodellt és anyagtól függő Poisson-számot (agyag $\mu = 0,5$, meszesett talaj $\mu = 0,3$) vettünk figyelembe. A statikus vizsgálatok hátránya, hogy nagyon időigényesek és nem modellezik megfelelően a tehergépkocsi mozgó kerékterhelését. Ezeket a hátrányos tulajdonságokat próbálják kiküszöbölni a dinamikus elven működő eszközök.

A dinamikus teherbírási mérésének lénege, hogy egy 70-75 cm magasságból leejtett kb. 10 kg tömegű súly 18 ± 2 milliszekundum ideig tartó terhelésének a hatására bekövetkezett alakváltozást rögzít. A terhelés nagysága megegyezik a statikus mérésnél alkalmazottal. A vizsgálat a dinamikus terhelésre jellemző anyagviselkedést modellezi, mivel ilyen rövid idő alatt a konszolidáció nem tud lejátszódni. A dinamikus teherbírási (E_d) vizsgálati eljárása legfeljebb 63 mm legnagyobb szemnagyságú, legfeljebb a tárcsaátmérő mintegy kétszeresének megfelelő vastagságú (30 cm) friss anyagréteg vagy földműréteg vizsgálatára alkalmas (Subert 2005). A kísérletnél alkalmazott B&C (Bearing Capacity & Compaction-rate Tester) típusú kistárcsás könnyű ejtősúlyos készülék esetében a dinamikus hatás közelítően egy ~ 35 km/h sebességgel közlekedő tehergépkocsi 16 cm-es megtett útját jelenti.

Minden egyes kísérleti útszakaszon öt ponton határoztuk meg a földmű dinamikus teherbírási modulusát. Négy mérést a várható keréknyomok vonalában végeztünk el (kettőt a szakasz elején és kettőt a szakasz végén), valamint egy mérést a szakasz közepén. A mérési helyen három ejtéssel előterhelést végeztünk, majd három mérőejtést hajtottunk végre. Az egyes mérési pontok mértékadó értékét a három mérési sorozat segítségével (háromszög kötésben) átlagolással határoztuk meg. Ez kísérleti szakaszonként $5 \times 3 = 15$ db mérést jelentett. A számítások alatt merev tárcsamodellt és változó Poisson-tényezőt alkalmaztunk: agyag esetében $\mu = 0,5$, míg a mésszel kevert talaj esetében $\mu = 0,3$ volt a feltételezett érték. A kapott modulus értékeket egészre kerekítve adtuk meg.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A földmű teherbírási modulusa

Mind a 10 kísérleti szakaszon megpróbáltunk statikus E_2 értékeket meghatározni. A méréseket minden szakasz közepén a tengelyben, valamint tőle jobbra és balra a várható ke-réknyomok vonalában végeztük el felváltva. Sajnos az elázott magas víztartalmú földmű-vön csak két szakaszon lehetett sikeresen mérni. Ezek az eredmények viszont jól egyeztek az előzetes mérésekkel, így a földműre átlagosan 10 MPa teherbírási értéket határoztunk meg. A jelenlegi műszaki szabályozás szerint, ha a földmű teherbírási modulusa kisebb, mint 40 MPa, akkor a földműre már javítóréteget kell építeni.

A statikus és a dinamikus teherbírás mérésének értékelése

A mésszstabilizáció építése után kétféle modellhatással (statikus, dinamikus) vizsgáltuk a teherbírás növekedését. A kétféle mérés adatsorát a tervezéshez szükséges statikus modulus meghatározására kívántuk felhasználni, mivel a jelenlegi műszaki szabályozás erre fogalmaz meg előírásokat. A mésszstabilizációs rétegeken kívül vizsgáltuk a mésszstabilizációra épült pályaszerkezetek teherbírás változását is, statikus (E_s) és dinamikus (E_d) teherbírás értékeket határoztunk meg a már ismertett módon. Az 5. és a 4. sz. pályaszerkezeti variációknál (K-20, új nevén AC 22) nem érzékelt elmozdulást a B&C könnyűejtősúlyos készülék, ezért a mérést nem lehetett végrehajtani. A számításoknál $\mu = 0,5$ volt az alkalmazott Poisson-féle szám. A mérési eredményeket az 1-es és 2-es táblázat tartalmazza.

A nemzetközi szakirodalom alapján a dinamikus mérések modulusa a statikus mérés teherbírasi modulusával közvetlen összefüggésbe a talajoknál sem hozható, így általános összefüggés egységesen nem adható (Subert 2005). A témáról részletesen Tompai (2008) dolgozatában lehet olvasni. Minden talajfajtára, szemcsés pályaszerkezeti rétegre, minden esetben külön-külön kell az anyag típusára és a körülményekre jellemző háttértéket meghatározni, párhuzamos mérésekkel.

1. táblázat: A tárcsás teherbírasi vizsgálattal meghatározott modulus értékeke.

Table 1: Values of the moduli determined by plate bearing tests.

No.	Var.	A mésszstabilizáció vastagsága [cm]	Teherbírás E_2 [MPa]			
			Földmű	Mész (0h)	Mész (24h)	Mész (48h)
01	02	25	–	–	34	45
02	05	25	–	–	53	65
03	08	25	–	–	53	53
04	06	35	–	–	53	69
05	09	35	9	–	50	54
06	03	35	12	–	41	50
07	04	15	–	19	27	38
08	07	15	–	36	39	43
09	01	15	–	–	37	45
10	10	Nincs	10	–	–	–
	ÁTLAG	10	28	43	51	

2. táblázat: A dinamikus teherbírasi vizsgálattal meghatározott modulus értékeke.

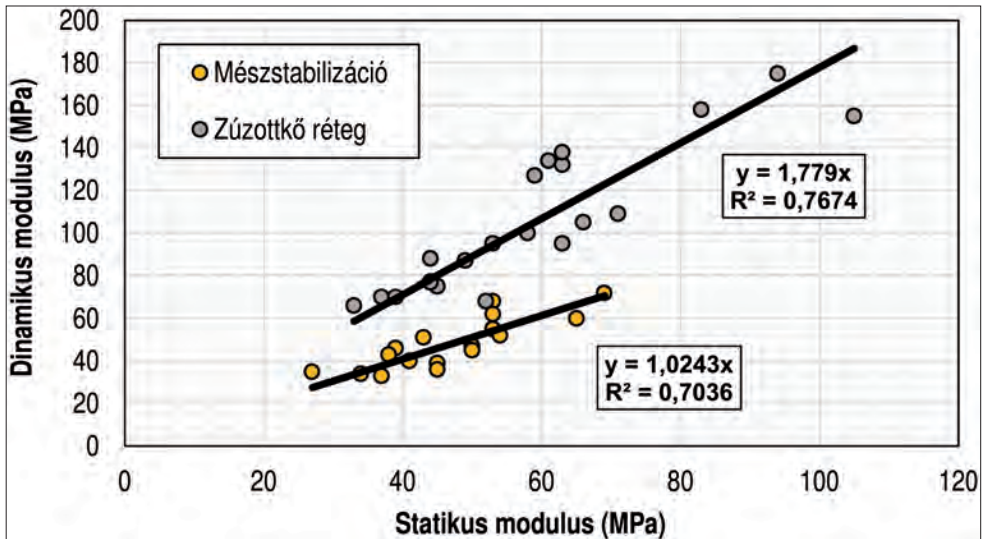
Table 2: Values of the moduli determined by dynamic bearing tests.

No.	Var.	A mésszstabilizáció vastagsága [cm]	Teherbírás E_d [MPa]				
			Földmű	Mész (0h)	Mész (24h)	Mész (48h)	Mész
(120h)							
01	02	25	11	24	34	39	50
02	05	25	12	41	55	60	66
03	08	25	15	36	55	62	74
04	06	35	12	52	68	72	74
05	09	35	10	24	47	52	54
06	03	35	9	24	40	45	50

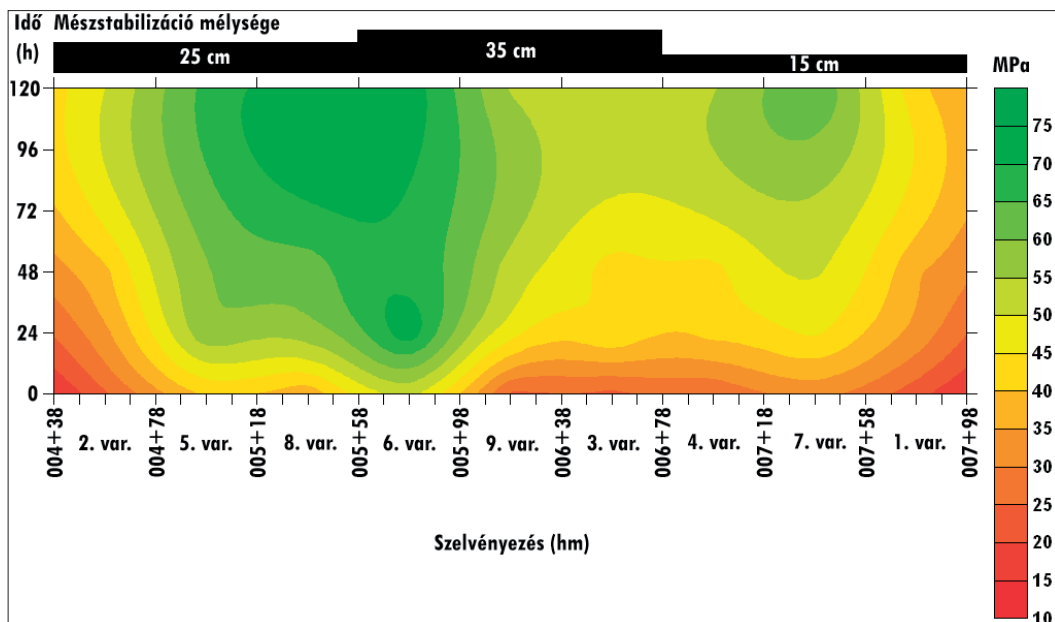
No.	Var.	A mészstabilizáció vastagsága [cm]	Teherbírás Ed [MPa]				
			Földmű	Mész (0h)	Mész (24h)	Mész (48h)	Mész
07	04	15	8	26	35	43	55
08	07	15	10	32	46	51	65
09	01	15	11	22	33	36	42
10	10	Nincs	10	–	–	–	–
	ÁTLAG	11	31	46	51	59	

A mészstabilizáción végzett méréseink azt mutatták, hogy a különböző modellhatásokkal meghatározott teherbírás értékek közel esnek egymáshoz. A 7. ábrán jól látható, hogy a 24 órás, és a 48 órás statikus (E_2) és átlagos dinamikus modulus (E_d) értékek jól egyeznek egymással. Ezért azt mondhatjuk, hogy a dinamikus modellhatással meghatározott teherbírasi értékeket azonosnak tekinthetjük a tervezéshez szükséges statikus E_2 -vel.

A mészstabilizáció teherbírás növekedését öt napon át követtük nyomon a B&C típusú berendezéssel. A mérési eredmények feldolgozását a 8. ábra foglalja össze. A méréseink alapján a mészstabilizációs rétegek vastagsága egyértelműen nem hozható összefüggésbe a teherbírás növekedésével. A talaj-mész reakció nagyon összetett folyamat és számos olyan tényező is befolyásolja a teherbírás mértékét, amelyet eddig még nem sikerült feltárnunk. Az egyik legvalószínűbb ok a talaj víztartalmának nagyfokú heterogenitása, amely jelentősen képes befolyásolni a talaj-mész keverék reakcióját. Ennek ellenére az jól látszik, hogy legnagyobb teherbírás növekedést a 25 és 35 cm vastag mészstabilizációs kísérleti szakaszok adták. A mészstabilizáció után a zúzottkőréteg elterítése és tömörítése következett az építéskor, ennek a felületén is mértük a teherbírás. A zúzottkő rétegek felszínén végzett vizsgálataink már azt mutatták, hogy a dinamikus modulusok kb. kétszer nagyobbak, mint a statikusak (7. ábra).



7. ábra: Az egymással párhuzamosan mért statikus és dinamikus teherbírasi modulusok.
Figure 7: Values of dynamic and static bearing modulus measured at same places.



8. ábra: A mésszel stabilizált rétegek teherbírásának növekedése az idő függvényében.
 Figure 8: Increase of the bearing capacity of lime-stabilized layers as a function of time.

A kész pályaszerkezetek felületén párhuzamosan mért statikus és dinamikus teherbírás modulusuk pedig már egyáltalán nem mutatnak egymással jó egyezést. Ennek az alapvető oka az lehet, hogy míg a statikus teherbírás mérése kb. 75 cm vastagságú réteget képes vizsgálni, addig a dinamikus könnyűéjtősúlyos mérés érzékelési tartománya 30 cm. Emiatt a dinamikus mérés már nem alkalmas az eltérő felépítésű pályaszerkezetek vizsgálatára, mivel nem képes érzékelni a földmű kedvező vagy kedvezőtlen tulajdonságait.

A mésszel stabilizációs rétegek teherbírás modulusa

A bemutatott statikus és dinamikus teherbírás mérések eredményeiből következtetni lehet a mésszel kezelt talajrétegek saját modulusára. Mechanikai szempontból a megépült földmű és mésszel stabilizáció együttesen már kétrétegű rendszert alkot. Mivel ismert a kötött agyagtalajú földmű teherbírás modulusa (10 MPa), valamint a mésszel kezelt rétegek H vastagsága és az azok felszínén mért egyenértékű felületi modulusok (E_e) értéke, a (3)-as összefüggés alapján számítható az F süllyedési tényező. Burmister (1945) elmélete alapján ezeknek a paramétereknek az ismeretében már meghatározható a H vastagságú mésszel kezelt talajréteg saját modulusa (6. ábra). A számítások után a mésszel stabilizációs rétegek saját modulusára $E_{mész} = 500$ MPa értéket kaptunk, amelyik közel esik a jól betömörített folyamatos szemeloszlású zúzottkőréteg modulusához. Ez az eredmény lehetővé teszi, hogy a mésszel kezelt talajrétegeket pályaszerkezeti réteggként vegyük számításba a későbbiek során.

Lehetőségünk van arra is, hogy visszavezessük ezt a kétrétegű rendszert egy olyan egyrétegű rendszerre, amely azonos igénybevételek hatására hasonlóképpen viselkedik mint az eredeti. Tulajdonképpen a mésszel stabilizációt, mint javított földművet vesszük számításba és nem tekintjük a pályaszerkezet részének. Ilyenkor a javított földmű saját modulusa a kétrétegű rendszer felszínén meghatározott egyenértékű felületi modulus (E_e). Három vastagsági csoportra határoztuk meg ezt az értéket a terepi mérések alapján:



$$\begin{array}{ll}
 H_{\text{mész}} = 15 \text{ cm} & E_{\text{f}} = 40 \text{ MPa} \\
 H_{\text{mész}} = 25 \text{ cm} & E_{\text{f}} = 50 \text{ MPa} \\
 H_{\text{mész}} = 35 \text{ cm} & E_{\text{f}} = 60 \text{ MPa}
 \end{array}$$

ahol H a mésszel kezelt talajréteg vastagsága, és E_{f} = a javított földmű modulusa.

A szemcsés rétegek teherbírasi modulusa

A szemcsés rétegek modulusát a 2.4.3. pontban bemutatott Baker és mtsa (1977) által felállított összefüggésekkel becsültük meg, a mésztabilizációs rétegeket pedig, mint javított földmű vittük be a modellbe. A számítások eredményét a 3. táblázat foglalja össze.

Jól látható, hogy a kontroll szakasz esetében a legalacsonyabb a szemcsés rétegek modulusa. A vele azonos vastagságban megépített 9. sz. szakasznál (15 cm mésztabilizáció) a zúzottkőrétegek modulusa 150 MPa, ami több mint kétszeres érték a hagyományos megoldáshoz képest (15 cm homokos kavics). Ahol a mésztabilizáció vastagsága 35 cm, a javított földmű teherbírasi modulusa egyenlő a kontrollszakasz teljes pályaszerkezetének teherbírásával! Ez a teherbírasi egyenlőség pedig hatalmas gazdasági előnyt jelent a hagyományos pályaszerkezetekkel szemben.

3. táblázat: A szemcsés rétegek E modulusa pályaszerkezet variációnként.

Table 3: „ E ” moduli of the granular layers by pavement variations.

No.	Var.	Földmű	Szemcsés rétegek	
		E (MPa)	H (cm)	E (MPa)
1	2	50	25	170
2	5	50	15	120
3	8	50	15	120
4	6	60	0	Nem határozható meg
5	9	60	2	Nem határozható meg
6	3	60	15	160
7	4	40	15	120
8	7	40	15	120
9	1	40	30	150
10	10	10	45	60

ÖSSZEFOGLALÁS

A tapasztalatokat összefoglalva azt mondhatjuk, hogy a kísérleti útnál alkalmazott géplánc professzionális megoldása a meszes talajstabilizáció építésének. A mésztabilizációs rétegek minimálisan építhető vastagságára 15 cm, az egy menetben építhető maximális vastagságra pedig 30 cm javasolható. A mésztabilizáció hatására egyértelműen megnőtt az altalaj teherbírása, ezért a teherbírás növelő hatása vitathatatlan. A talaj-mész reakció közben a talajszemcsék összecementálódnak és a teherbírás az idő előrehaladtával növekszik. A mésztabilizáció alkalmazásával nagymennyiségű zúzottkő takarítható meg, ami nagymértékben csökkenti az építés helyszínére szállítandó anyagmennyiséget, így a szállítási és az

építési költségeket is. A helyi talaj felhasználása környezetvédelmi szempontból is előnyösebb, mint a hagyományos zúzottkő pályaszerkezet.

A kísérleti útszakasz tapasztalatai alapján az Erdőfeltárási Tanszék megtervezte a Nyírerdő Zrt. 2,5 km hosszú Lónyai II. o erdészeti útját, amelynek legalsó alaprétege a helyszíni kötött agyag talaj meszes stabilizációjával készült. A földmű és mésztabilizáció építését a tervező a helyszínen is ellenőrizte. A síkvidéki terepviszonyok között megépített földmű vízelvezetését 1,0-1,50 m mélységű szikkasztó árok és esetenként a mély fekvésű helyeken kialakított szivárogtató medencék biztosították. A kiváló minőségben megépített mésztabilizációs rétegre zúzottkő pályaszerkezet épült, amelynek járhatósága azóta is kiváló. Az itt szerzett kedvező tapasztalatok alapján a Lónyai feltáróút további több, mint 3 km hosszú második szakasza is megépült.

A kísérleti útszakasz és a már jól megépített mésztabilizációs útpályaszerkezetek arra is rámutatnak, hogy kötött talajú földmű esetén a jó vízelvezetés és a földmű víztartalom-növekedésének elkerülése mindenképpen szükséges ahhoz, hogy a megépített mésztabilizációs vagy zúzottkő pályaszerkezet teherbírása megmaradjon.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kísérleti útszakasz az Erdő és Fahasznosítási Regionális Egyetemi Tudásközpont (ERFARET) keretén belül a Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet, a Carmeuse Hungária Kft. és a Zalaerdő Zrt. közreműködésével épült.

Primusz Péter „Mésszel stabilizált földmű hatásainak vizsgálata egy kísérleti útszakaszon” publikációját megalapozó kutatása a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A kutatáshoz előzményként kapcsolódik a Pázmány Péter program (RET-03/2004), 1.3. Erdőgazdálkodás Műszaki Fejlesztése, Erdészeti feltáráshálózatok fejlesztése elnevezésű projekt. A projekt megvalósulási ideje: 2005-2008.

A szerzők köszönetet mondanak a terepi mérésekben résztvevő segítőknek, különösen Balázs László tanszéki technikusnak.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Barker, W.R., Brabston, W.N., and Chou, Y.T. 1977: A General System for the Structural Design of Flexible Pavements. 209-248. In: Proceedings of the Fourth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Ann Arbor.
- Behak, L. 2011: Performance of full-scale test section of low-volume road with reinforcing base layer of soil-lime. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2204): 158-164.
- Bocz P., Devecseri G, Fi I. és Pethő L. 2009: Pályaszerkezetek analitikus méretezése. Közlekedésépítési Szemle, 59 (5): 8-22.
- Burmister, D.M. 1945: The General Theory of Stresses and Displacements in Layered Soil Systems. Journal of Applied Physics, 16 (2): 89-94.
- Claussen, A.I.M., Edwards, J.M., Sommer, P. and Ugé, P. 1977: Asphalt Pavement Design, The Shell Method. 39-74. In: Proceedings of the Fourth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Vol. I, Ann Arbor.
- Garg, N. and Thompson, M. R. 1998: Mechanistic-empirical evaluation of the Mn/ROAD low volume road test sections. University of Illinois, Urbana, USA.



- Kosztka M. 1989: A makk-pusztai kísérleti úton végzett megfigyelések a vékony útpályaszerkezetek tönkremenetelének folyamatáról. Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények, (2): 25-36.
- LeBel, L.; Doré, G. and Provencher, Y. 2000: Laval University's full-scale experimental site for construction and maintenance of forest roads. Proceedings of the COFE-CWF Conference. 2000. 09. 11-14. Kelowna, British Columbia, Canada.
- Little, D. N. 1995: Handbook for stabilization of pavement subgrades and base courses with lime. Lime Association of Texas, USA.
- Metcalf, J. B. 1996: NCHRP Synthesis of highway practice: Application of full-scale accelerated pavement testing. TRB, National Research Council, Washington D.C., USA
- National Lime Association (NLA) 2004: Lime-treated soil construction manual. National Lime Association, USA.
- Nemesdy E. 1985: Útpályaszerkezetek méretezésének és anyagállandó-vizsgálatainak mechanikai alapjai. Kutatási rész-jelentés I., BME Útépítési Tanszék, Budapest.
- Nemesdy E. 1991: A zúzottkőalapok és kavicsalapok szerepe és hatékonysága az új útpályaszerkezetekben. Közlekedés-építés- és Mélyépítéstudományi Szemle, 41 (7): 241-253.
- Subert I. 2005: A dinamikus tömörség- és teherbírásmérés újabb paraméterei és a modulusok átszámíthatósági kérdése. Közúti és Mélyépítési Szemle, 55 (1): 5.
- Tárczy L. 2007: Meszes talajkezelés. Közúti és Mélyépítési Szemle, 57 (2): 26-28.
- Tompkins, D. and Khazanovich, L. 2007: MnROAD lessons learned, Final report. Minnesota Department of Transportation Research Services Section, Minnesota, USA.
- Tompai Z. 2008: Földművek és kötőanyag nélküli alaprétegek teherbírásának és tömörségének ellenőrzése könnyű ejtősúlyos módszerekkel. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, PhD értekezés, Budapest.

*Érkezett: 2014. március 17.
Közlésre elfogadva: 2014. július 15.*

ERDÉSZETI UTAK FORGALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA KAMERÁS MEGFIGYELÉSEL

Kisfaludi Balázs

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

Az erdészeti utak legnagyobb részét nem csak erdészeti járművek és dolgozók, hanem helyi lakosok, turisták és mások is használják. A nehéz forgalmat az erdészeti tevékenységekhez köthető járművek keltik. A különböző úthasználóknak különböző igényei vannak az erdészeti út geometriájával, a burkolat típusával és állapotával szemben. Az igények meghatározásához a feltáráshálózat elemeinek forgalom-összetételét kell megismerni. Ez a tanulmány egy forgalomszámláló rendszert és az általa szolgáltatott adatokat mutatja be. A rendszer két reflexiós optikai szenzorból, egy biztonsági kamerából és egy központi vezérlőegységből áll. A rendszer egy fotót rögzít, valahányszor az egyik optokapu áthaladást jelez. A fotók és az érzékelők naplózott adatainak elemzésével megállapítható az adott útszakasz használóinak haladási iránya, sebessége és időbeni megoszlása. Ezen adatok ismeretében javaslatot teszünk a teljes hálózat monitorozására. A hálózat forgalmi elemzéséből levezethetők az egyes úthasználó csoportok preferenciái. Ez az információ pedig felhasználható új hálózatok tervezésénél, vagy a meglévők fejlesztésénél.

Kulcsszavak: forgalomelemzés, erdészeti úthálózat, közjólét, kamerás megfigyelés

DETERMINING FOREST ROAD TRAFFIC BY CAMERA SURVEILLANCE

Abstract

Most of the forest roads are used not only by forestry vehicles and staff, but by local inhabitants, tourists and others. Although heavy traffic is generated mostly by the vehicles connected to forestry operations. Different user groups have different needs against the geometry, the pavement type and the pavement condition of forest roads. To determine these needs, the traffic on the segments of a forest road network must be analysed. In this work, a traffic counting system and the obtained data are presented. The system consists of two retro-reflective photoelectric sensors, a safety camera and a control unit. A photo is taken whenever the light beam is interrupted. Combining the images with the data log of the sensors, the direction, the speed and the temporal distribution of the users of a particular forest road could be deduced. Based on this data, a proposal is made for the method of traffic analysis on whole road networks. As a result of this analysis the preferences of the forest road user groups could be determined. This information could be taken into account in the planning process of new forest road networks or the development of existing ones.

Keywords: traffic analysis, forest road network, public use, video surveillance

Szerző/Correspondence:

H-9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4. e-mail: kisfaludi@gmail.com



BEVEZETÉS

Problémafelvetés

Magyarország nagyjából 3000 km hosszú erdészeti úthálózatának nagy része az 1950-1990 közötti időszakban épült. Az erdészeti utak fő célja a faanyagszállítás időjárástól független biztosítása volt. Azóta egyre nagyobb szerephez jut a nem erdőgazdálkodással kapcsolatos feladatok ellátása. Így például ezek az utak a legfontosabb belépési pontok a turisták számára az erdőterületekre. A közjóléti szerep erősödését jól mutatja a 2013 július 1-el módosított erdőtörvény, amely szerint „Az erdőben – annak rendeltetésétől függetlenül – üdülés, sportolás és kirándulás céljából gyalogosan, emberi erővel hajtott kerékpárral, lóval, valamint az erdészeti feltáró hálózat részein sport vagy turisztikai célú, lóval vontatott járművel bárki saját felelősségére ott tartózkodhat, amit az erdőgazdálkodó tűrni köteles, kivéve, ha...”. A kivételek között szerepel, hogy az úthasználat abban az esetben korlátozható, ha az út kijelölt turistaút, és az együttes használat veszélyes az úthasználókra nézve. Ezt az erdészeti hatóság határozza meg (2009. XXXVII. törvény 91. §). A forgalmi adatok elemzéséből megállapítható, ha valamely útszakaszon bizonyos úthasználó csoportok között konfliktusra kell számítani (Arnberger 2006). Ebben az esetben a döntéshozók a forgalom összetétele és az úthasználók igényei alapján meg tudják határozni, hogy mely útszakaszokon nem engedélyezik az együttes úthasználatot. A feltáróhálózat forgalmának ismeretében az egyes úthasználók számára kedvező útvonalak kijelölhetők.

Egy olyan monitoring rendszer megalkotását tűztük ki célul, amely adatai alapján meghatározható egy adott útszakasz forgalom-összetétele, az úthasználók száma és haladási iránya. Az adatok alapján pedig tervezhetővé válik az erdészeti és a közjóléti forgalom összehangolása.

Irodalmi áttekintés

Egy út forgalmának meghatározására sokféle módszer ismert. Ezek közül az erdei körülmények között alkalmazhatókat Cessford és Muhar (2003) gyűjtötte össze (1. táblázat). Alapvetően három csoportba sorolhatók ezek a számláló módszerek. Az első csoportba a számláló személyek tartoznak. Alkalmazásuk esetén pontos eredményekre számíthatunk, ám az élő munkaerő alkalmazása miatt drága, és időben nem folyamatos adatokat eredményező módszerről van szó. Általában automata rendszerek kalibrálására, vagy kis területű, rövidtávú kutatásoknál van jelentősége. A második csoportba azok a módszerek tartoznak, amelyek az adatrögzítést automatikusan végzik, de a feldolgozáshoz kiértékelő személyekre van szükség. Ez jellemzően fotó, vagy videofelvétel rögzítését jelenti. Ezekkel az eljárásokkal megvalósítható az időben folyamatos megfigyelés, és a vizuális alapú feldolgozás miatt az úthasználók minden olyan tulajdonsága azonosítható, ami a terepi megfigyeléskor. Ezért hosszú távú és nagyon pontos adatokat igénylő kutatásoknál alkalmazzák. A harmadik csoportba a különböző számlálásra alkalmas szenzorok tartoznak. Ezek bizonyos típusú áthaladások (élőlény, fém, stb.) érzékelésére képesek. Önmagukban csak akkor várható jó eredmény tőlük, ha olyan úton alkalmazzák, ahol a forgalmat kevés, jól elkülöníthető típusú úthasználó kelti. Szenzor együttesként azonban – gondos kalibráció után – teljesen automatikus kiértékelést tesznek lehetővé. Jól alkalmazhatók a vegyes rendszerek. Ebben az esetben a vizuális adatrögzítés egy szenzor jeléhez kapcsolódik. Ezáltal kihasználhatók a kétféle módszer előnyös tulajdonságai.

1. táblázat. A terepi forgalomszámlálás lehetséges módjai (Cessford and Muhar 2003).

Table 1: Methods of field traffic counting by Cessford and Muhar (2003).

Számláló személyek	A kívánt helyszínen forgalomszámlálást végző személyek
Kamerás rögzítés	A felvételek a helyszínen készülnek, a kiértékelés utólag
Távérzékelés	Légi felvételek kiértékelése
Mechanikus	Fizikai elmozdulást számláló eszközök (pl. forgókapu)
Nyomásérzékelők	Közvetlen nyomásra (pl. rálépés) számláló eszközök
Szeizmikus érzékelők	Az út burkolatába épített érzékelők, melyek az út felületén keletkezett vibrációt fogják fel
Aktív optikai érzékelők	A látogatók által megszakított fénysugár váltja ki az észlelést
Passzív optikai érzékelők	Az érzékelő által látott infravörös képből bekövetkező változás váltja ki az észlelést
Mágneses érzékelők	Az elhaladó fémes tárgy változást okoz a mágneses mezőben
Radar	A visszavert rádióhullámok változását érzékeli

Vizuális adatrögzítést és passzív optikai érzékelőket alkalmazott Arnberger és Brandenburg 2002-es munkájában. Vizsgálati helyszínük a Bécshez közeli Duna Ártéri Nemzeti Park volt. Az akkori technikai szintnek megfelelően videokamerás rögzítést használtak. A rögzítés a napok meghatározott időszakában történt úgy, hogy megadott időközönként készültek a felvételek. A felvételeket kiértékelő személyek dolgozták fel. Meghatározták az áthaladó csoport méretét, a felnőtt-gyerek számot, a haladási irányt, a tevékenységet, kutya, illetve póráz meglétét. A passzív szenzorokat tesztsorozattal kalibrálták, számláló személyek adataira támaszkodva. Természetesen ezekkel a szenzorokkal az úthasználók csoportosítása nem volt elvégezhető, ezt a video felvételeken tudták csak megtenni. Megállapították, hogy a legtöbb látogató májusban, illetve hétvégén érkezik. A látogatási adatok birtokában bizonyítást nyert, hogy a vizsgált területen néha annak kapacitásán felüli létszámban érkeznek látogatók. Hosszabb távú megfigyelési adatok megléte esetén feltételezik, hogy erre a problémára megoldást tudnának adni.

Egy másik kutatás a stuttgarti erdők erdészeti útjainak forgalmát vizsgálta. A forgalmi adatokat itt is kamerás rögzítés feldolgozásával nyerték. Ezeket kérdőívekkel és GIS eszközökkel kiegészítve meg tudták határozni az általuk vizsgált úthasználó csoportok (gyalogos, kerékpáros, lovas, erdőgazdasági járművek) utakkal szembeni elvárásait. A megfigyelések alapján elkészítették a terület konfliktus táblázatát is. Azt tapasztalták, hogy a kerékpárosok és a kutyasétáltatók között jelentkezik a legkomolyabb ellentét. Megállapították továbbá, hogy bár az adatrögzítés megfelelő volt, a felszerelés azonban drága és az adatfeldolgozás is nagyon időigényes (Janowsky and Becker 2003).

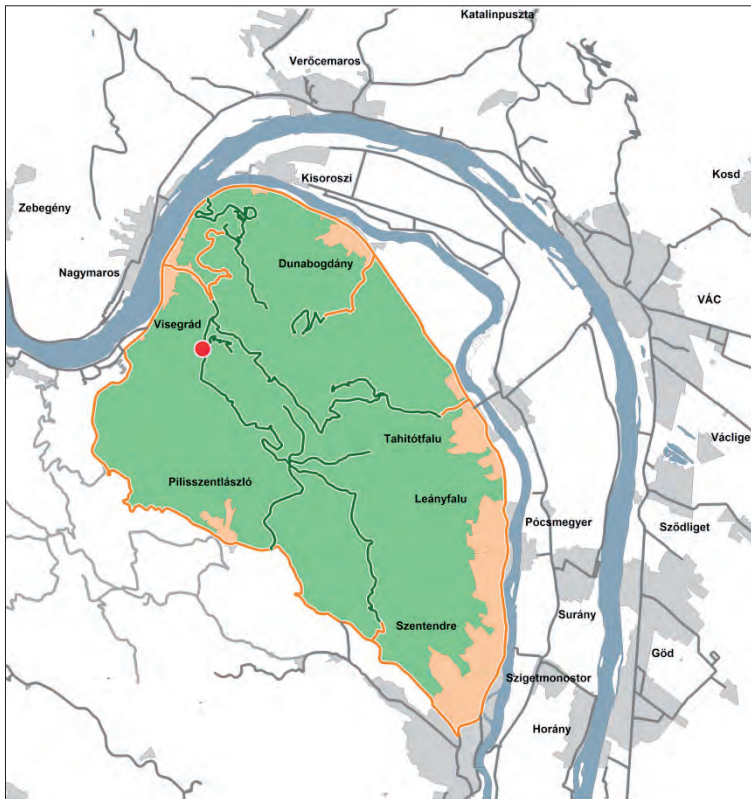
Egy kanadai kutatás egybeépített digitális kamerát és passzív optikai szenzort alkalmazott egy terület forgalmának vizsgálatára. Állóképek alapján különítették el az egyes látogató csoportokat (gyalogos, kerékpáros, lovas). Meghatározták továbbá a csoportméretet, a haladási irányt, a tevékenységet, valamint, ha arra következtetni tudtak, a tartózkodási időt. Tapasztalataik szerint az állóképek alkalmazása kis felbontással hatékony, hiszen így kicsi a tárolandó fájl méret, gyorsabb a kamera és a személyiségi jogokat is tiszteletben lehet tartani. A rendszer hátránya volt, hogy a 0,8-1,5 másodperces ébredési idő alatt a gyors kerékpárosok kikerülhettek a megfigyelt területről. Ezt a problémát ideális útgeometria esetén a bemutatott rendszerrel ki tudták küszöbölni, azonban egyenes utakon az érzékelő és a kamera szétválasztását javasolták (Campbell 2006).

Magyarországon a hatvanas években kezdett előtérbe kerülni az erdők közjóléti szerepe. Az első kutatások a Budapest környéki erdők turisztikai célú fejlesztésére irányultak. Az erdőbe látogatók igényeinek megismerésére először interjúkkal egybekötött forgalomszámlálást végeztek. Ez alapján meghatározták a legmagasabb látogatottsággal rendelkező területeket, és a magas látogatottság körülményeit. Ezután kérdőíves felméréssel határozták meg a látogatók preferenciáit (Tóth 1974).

Egy másik vizsgálatban fotoelektronikus áthaladás számlálót használtak a Soproni-hegység turistaforgalmának felmérésére. A számlálók csak darabszámot tudtak mérni, ezért a forgalom nagyságának és összetételének meghatározására terepi számlálásokat végeztek. Azt tapasztalták, hogy a számláló átlagosan 30%-kal alábecsüli a látogatószámot. Az eltérés szoros összefüggésben állt a mérőhelyen áthaladó csoport létszámával. A forgalom összetételét és a látogatók haladási irányát a mérési napokon tapasztalt eloszlás segítségével számították. További információforrásként egy kilátó jegyeladási számainak használták fel. A kísérlet tapasztalatai alapján megállapították, hogy több belépési ponttal rendelkező erdőterület esetén több érzékelő együttes alkalmazása javasolható. A kidolgozott módszer megfelelő kalibrálás után a látogatómenedzsment céljaira felhasználható (Héjj 1987).

Kosztka és munkatársai (2003) a Börzsöny feltáróhálózatának tervezésekor próbálták meg figyelembe venni a közjóléti igényeket. Munkájuk adott keretében interjúkkal próbálták meg felderíteni az úthasználók igényeit. A kevés alany és a nagyon eltérő vélemények miatt ezeket az igényeket végül nem tudták beépíteni a tervezési folyamatba.

2012-ben végeztek el egy kutatást a Börzsöny turistaforgalmának megismerésére. A megfigyelést önkéntes számlálók végezték. 14 ponton 5 hétféle napon és 3 munkanapon rögzítették a látogatószámot és a csoportok haladási irányát. Emellett 80% válaszadás mellett kérdőívekkel is vizsgálták a látogatók tervezett útvonalát. Az eredményeik alapján meghatározták a fontosabb turistautak leterheltségét, valamint kijelölték azokat a szakaszokat, ahol konfliktusra lehet számítani az egyes látogató csoportok között (Benkhard és Szabó 2012).



1. ábra: Méréshely az Apátkúti úton.

Figure 1: Counting site on the „Apátkúti” forest road.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Mintaterület

A kutatáshoz olyan mintaterületre volt szükség, amelyre az alábbiak teljesülnek:

- Állami erdőgazdaság területén található, mert az ő feladatkörükben jelenik meg elsősorban a közjóléti tevékenység;
- Néhány útból álló hálózat, így a rendszer működése kis befektetéssel tesztelhető;
- Jelentős nem erdészeti forgalom, így rövid időn belül jelentős mennyiségű adat és tapasztalat állhat rendelkezésre;
- Könnyen megközelíthető, ezzel biztosítható a folyamatos ellenőrzés lehetősége.

Ezek alapján a választás Magyarország leglátogatottabb erdeit kezelő Pilisi Parkerdő Zrtre esett. Az ő kezelésükben vannak a Budapest környéki erdők, valamint a jelentős turistaforgalmat bonyolító Dunakanyar feletti erdők is. A mintaterületet (1. ábra) a Dunakanyarban, Visegrádtól délre jelöltük ki. A területet közutak határolják (narancssárga), ezekből indulnak ki az erdészeti utak (sötétzöld). A területen négy burkolt erdészeti út alkot egy hálózatot. A négy út közül az eddigi tapasztalatok alapján leglátogatottabb Apátkúti utat választottuk ki. További előnye ennek az útnak, hogy közel van az erdőgazdaság központjához, valamint közvetlenül az út mellett egy vadászház is működik. Az ellenőrzés és az áramellátás emiatt könnyen megoldható.

Az út mentén vízesés, források és látványos sziklák vannak, pihenőréteget, pisztrángos tavat, étermet és egy vadászházat is kialakítottak. Az úton gyalogosok és kerékpárosok számára kijelölt turista útvonal található. A Kaán-forráshoz engedély birtokában személyautóval is fel lehet menni. Az erdőbe irányuló forgalom mérése volt a célunk, ezért a mérőhelyet nem az út elején, hanem a látványosságok után, a vadászház mellett alakítottuk ki az út 14+25,00 hm szelvényében. Így többlet forgalmat csak a vízholdok és a vadászházba látogatók jelentenek. A mérőhelyen a burkolat öt méter széles aszfalt, a pálya minimálisan emelkedik a mintaterület közepe felé.

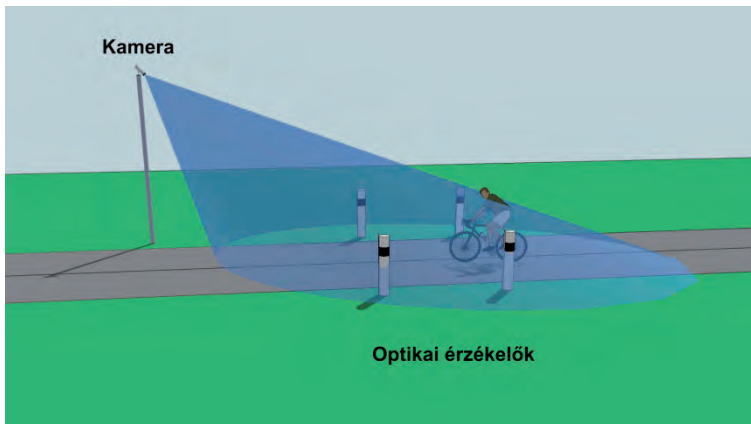
A választott módszer

A kitűzött cél elérése érdekében a forgalomszámláló rendszernek a következő követelményeknek kell megfelelnie:

- érzékelje, ha valami, vagy valaki áthalad az adott útszelvényben;
- dátum és idő megjelölésével rögzítse az áthaladás tényét;
- tegye lehetővé a következő úthasználó típusok elkülönítését: gyalogos, kerékpáros, lovas, lovaskocsi, motorkerékpáros, személygépkocsi, tehergépkocsi, munkagép, busz;
- legalább egy éven át folyamatosan működjön;
- időjárásbiztosan működjön;
- egyszerű adatkivételt biztosítson;
- rendszeres karbantartást ne igényeljen;
- ne legyen könnyen megrongálható;
- könnyen kiépíthető legyen;
- telepítéséhez ne kelljen az útburkolatot megbontani;
- hordozza magában a bővítés lehetőségét.

Az irodalmat áttekintve látszott, hogy nagyon sokféle megoldás közül lehet választani (1. táblázat). Az is kiderült, hogy az egyes megoldások kombinálásával jobb eredményt lehet elérni, mint a tisztán egy módszerre alapuló megfigyeléssel. A legnehezebb feladatot az úthasználók csoportosítása jelentette. Ennek meghatározására alapvetően kétféle módszer terjedt el. Az egyik esetben minél több szenzor adatainak együttes feldol-

gozásával válnak elkülöníthetővé az egyes csoportok, a másik esetben vizuális kiértékelésen alapul az osztályozás. A szenzor-együttes előnye, hogy fenntartása könnyen megoldható és kicsi a tárolt adatmennyiség. Hátránya, hogy hosszabb kalibrációt igényel. A vizuális monitoring rendszereknek nagy az élőmunka igénye és nagy a tárolandó adatmennyiség, viszont ezekkel lehet a legnagyobb pontosságot elérni. Mivel a tervezett mérések szolgálnának alapul a hálózat egészének értékeléséhez, a pontosság volt az elsődleges szempont. Így körvonalazódott, hogy vizuális alapú számláló módszert kell alkalmazni. Az adatsor folytonosságát automata rendszerrel lehet biztosítani. A rendszer készíthet fotót, vagy videofelvételt. A kisebb adatmennyiség érdekében fotók rögzítése mellett döntöttünk. Fotót lehet meghatározott időközönként, vagy meghatározott jelre készíteni. Az időközönkénti felvételkészítés nagyon sok felesleges képpel terhelné a memóriát és a feldolgozást, ezért úgy döntöttünk, hogy valamilyen szenzor segítségével fogjuk működésbe hozni a kamerát. Több szenzort megvizsgálva arra a következtetésre jutottunk, hogy a reflexiós fénysorompó a legmegfelelőbb. Ilyen típus alkalmazása mellett nincs szükség az aszfalt megbontására, és a professzionális változatok képesek akár 10 méter áthidalására is. A két eszköz összekapcsolására és az adatkivétel megkönnyítésére egy központi vezérlőegységre van szükség. Az elképzelt rendszer a 2. ábrán látható



2. ábra: A rendszer elvi vázlata.

Figure 2: Sketch of the counting system.

A mérőhelyen felállított rendszer a következő elemekből állt össze:

A rendszerben a mértékadó elem a fotók készítéséért és tárolásáért felelős digitális kamera. Fontos szempont volt az időjárás állóság, az önálló adattárolás, az adatkommunikáció és az 1 MP körüli felbontás. A felbontást a személyiségi jogi viták elkerülése érdekében kell korlátozni. Ezeknek a feltételeknek a kültéri IP biztonsági kamerák felelnek meg. A kiválasztott Vivotek IP 8332 kamera 32GB SDHC kártya használatára alkalmas, a tárolt fotók Ethernet kábellel tölthetők le. A mérési helyen nincs télerő, ezért az online adatszolgáltatásról le kellett mondanunk. A kamera az irodalomnak megfelelően kb. 4 méter magasságba került (Arnberger et al. 2005). Ebből a magasságból elég nagy útszakaszt lát be ahhoz, hogy még a gyorsan haladó járművek se kerüljenek a képen kívülre. Hasonló célból a kamera mindig néhány másodpercnyi képanyagot tart a memóriájában, és a riasztás időpontjához legközelebbi képet választja ki és tárolja.

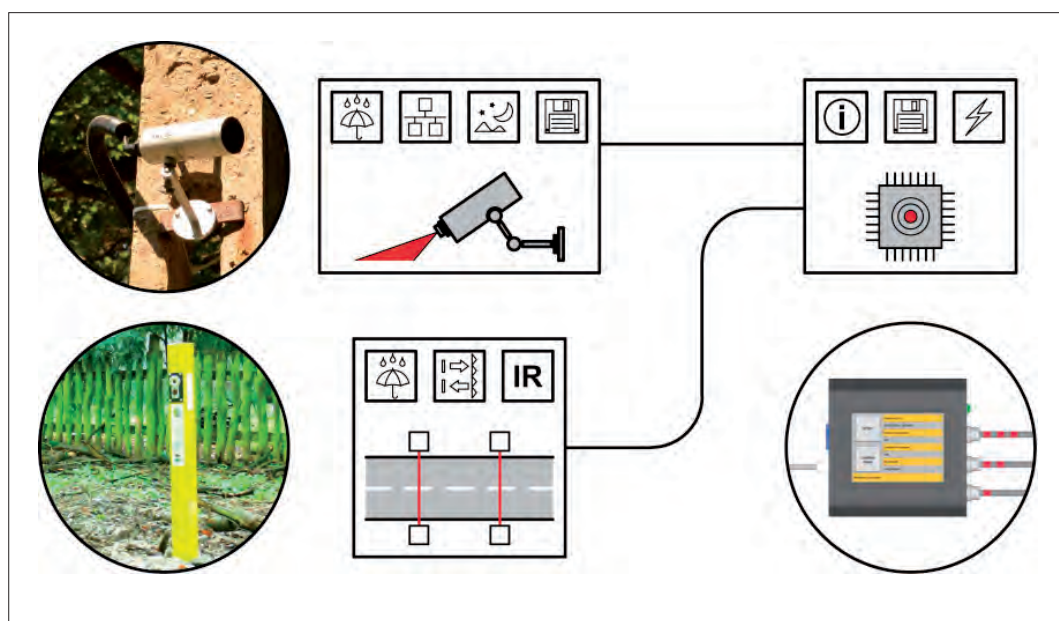
A mérőhelyen való áthaladást két Carlo Gavazzi PA 18 CAR 65 márkajelű reflexiós fénysorompó érzékeli. Azért volt szükség két érzékelőre, hogy az áthaladás irányát nagy biztonsággal meg tudjuk mondani. Az érzékelőket és a prizmákat először műanyag közúti optikai vezetőoszlopba szereltük. Ennek a megoldásnak hamar megmutatkozott az a hátránya, hogy az oszlopok könnyen elmozdultak. Ezért a műanyag oszlopokat beton alapra szerelt fém oszlopokkal helyettesítettük. Fontos tapasztalat, hogy a néveleges érzékelési távolságot

még a referencia prizmánál kétszer nagyobb felületű prizmával sem mindig lehet elérni az érzékelő piszkolódása, párárosodása miatt.

Vezérlő egységnek a GHI Electronics cég által gyártott FEZ Cobra kontrollert használtuk. Ennek a tudása bőven meghaladta a feladat elvégzéséhez szükséges szintet, de cél volt, hogy a később felmerülő igényeknek is nagy valószínűséggel megfeleljen. A vezérlő feladata, hogy az opoto érzékelőktől érkező riasztásokat továbbítsa a kamera felé, valamint naplózza azokat. Emellett megvalósítja az adatok letöltését a kameráról, és felületet biztosít a rendszer ellenőrzéséhez és az adatkivételhez. A fényképeket és a naplófájlokat SD kártyára mentjük.

A rendszer áramellátását hálózatról oldottuk meg. A folyamatos működés érdekében a rendszert 1 napi tápellátást biztosító akkumulátorral egészítettük ki. Javasolható, hogy ha hálózati áram nem áll rendelkezésre, akkor a rendszer felépítésén módosítani kell.

A telepített rendszert összefoglalóan a 3. ábra mutatja be.



3. ábra: A telepített rendszer.

Figure 3: The installed system.

Adatfeldolgozás

Az elkészült képek (4. ábra) kiértékelését a Pílisi Parkerdő munkatársai végezték egy általunk fejlesztett célszoftver segítségével. A kézi kiértékelés munkaigényes ugyan, viszont pontos adatokat szolgáltat. A kiértékelés célja egyrészt a tényleges forgalmi adatok meghatározása, másrészt a később tervezett automatikus képosztályozás megalapozása volt. A szoftver segítségével a vizsgált fotón be lehet keretezni az elkülöníteni kívánt úthasználót, és meg lehet adni a rá vonatkozó adatokat. A program a bevitt tulajdonságokat olyan formában tárolja, hogy azok akár a Microsoft Excellel is könnyedén beolvashatók. Az eltárolt keretek az automatikus képosztályozás betanítására alkalmasak lehetnek. A felvételeken kiválóan elkülöníthetőek voltak a módszer bemutatásánál megadott úthasználó típusok.

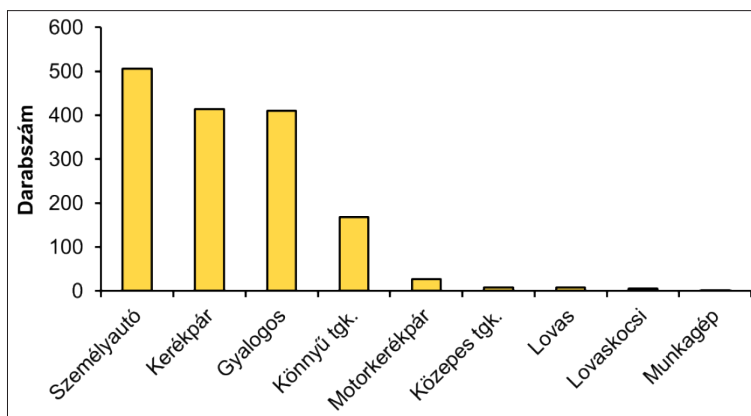


4. ábra: A forgalomszámláló rendszer által készített két jellemző fotó.
Figure 4: Two specific photos taken by the counter system.

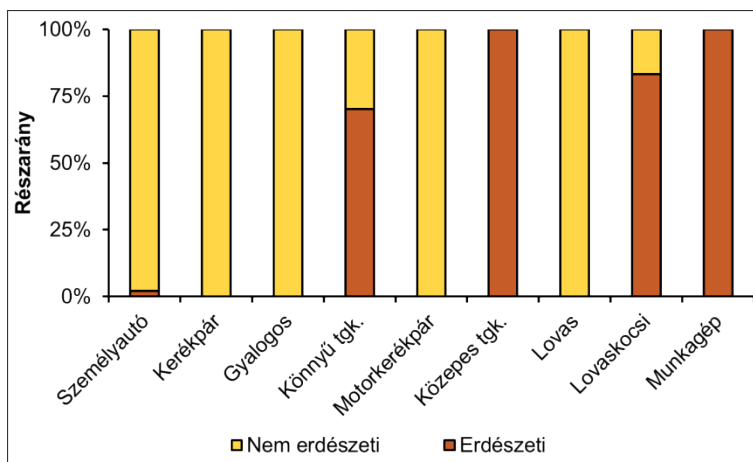
EREDMÉNYEK ÉS MEGVITÁTÁSUK

Eredmények

A rendszer 2013-ban májustól novemberig többé-kevésbé folyamatosan működött. Az üzemszünetek az optikai érzékelők meghibásodására, illetve a központi egység vezérlő programjának hibájára vezethetők vissza. A reflexiós optikai érzékelők érzékelési távolságát jelentősen befolyásolta a szenzorok párasodása, illetve a tápfeszültség csökkenése. Hamis észlelésekhez vezettek a záporok, zivatarok, mivel a nagyméretű esőcseppek működésbe hozták az optikai érzékelőket. A várakozásokkal ellentétben az eszköz nem esett áldozatul vandalizmusnak. Általánosságban elmondható, hogy napi 100 - 400 darab fotó készült. Az adatfeldolgozás munkaigényes volta miatt eddig két júniusi hét fotóinak kiértékelése történt meg. A forgalom-összetételt az 5. ábra mutatja, míg az erdészeti és nem erdészeti forgalom aránya a 6. ábrán látható. A rendelkezésre álló adatok alapján akár az egyes napokhoz tartozó forgalom-mintázatok is levezethetők, itt a hétköznapok és hétvégék összehasonlítását mutatjuk be (7. ábra).

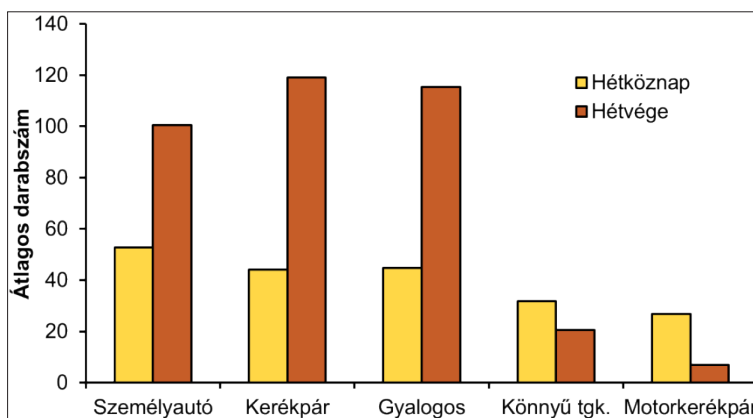


5. ábra: Az úthasználók összetétele.
Figure 5: Composition of road users.



6. ábra: Az erdészeti és nem erdészeti forgalom aránya

Figure 6: Proportion of forestry traffic.



7. ábra: A hétköznapok és hétvégék forgalmának összehasonlítása.

Figure 7: Comparison of the traffic of week days and week-ends.

Következtetések

Az eredmények értékelése

Az úthasználó-csoportonként mért forgalomnagyság (5. ábra) alakulása eltért az előzetesen várttól, ugyanis nagyobb számú személygépkocsi áthaladást regisztrált a rendszer, mint gyalogost, vagy kerékpárost. A 6. ábráról leolvasható, hogy a személygépkocsi forgalomnak csak kis részét teszi ki az erdészeti célú úthasználat. Erre a jelenségre magyarázatként szolgálhat, hogy az Apátkúti út mérési szelvény fölötti szakaszán található a Kaán-forrás, ahonnan a Parkerdő engedélyével személyautóval lehet vizet hordani, és ez generálhatja a magas személygépkocsi áthaladást. Az úthasználó csoportokban az erdészeti – nem erdészeti forgalom aránya a személygépkocsikat kivéve a várakozásnak megfelelő. Az 5. ábrán nem szerepel a nehéz tehergépkocsi kategória, és a munkagépek is igen alacsony számmal képviseltetik magukat. Ez jól magyarázható azzal,



hogy az adatsor nyáron került felvételre, amikor fahasználati munkákat nem végzett az erdőgazdaság. A 7. ábrán a hétköznapok és hétvégék összehasonlítása látható. A közjóléti forgalomhoz kapcsolódó csoportokban az úthasználók száma a várakozásoknak megfelelően nőtt, gyalogosok és kerékpárosok esetében több mint kétszeresre.

A módszer használhatósága

A két hónap alatt készített fotók feldolgozása alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a hátrányai ellenére a választott módszerrel a célnak megfelelő eredmények kaphatók. Az elkészült fotókon az úthasználók az emberi kiértékelők számára elkülöníthetők, osztályozhatók voltak, sőt haladási irányukat is meg lehetett állapítani. Az egy megapixel-es fotókon nem ismerhetők fel az arcok, így az úthasználók személyiségi jogai nem sérülnek. Az autók rendszáma is általában felismerhetetlen, ez a gépjárműforgalom ellenőrzése szempontjából hátrány, viszont a kutatás szempontjából lényegtelen. A kiértékelés eredményeképp kapott pontos forgalmi adatok felhasználhatók lesznek a hálózati szintű elemzéseknél referenciaként, valamint önmagukban is fontos információval szolgálnak az Apátkúti-völgy forgalmával kapcsolatban.

A hardverrel kapcsolatban legfontosabb tapasztalatként az optokapuk túlméretezésének szükségességét kell kiemelni. Ezzel biztosítható, hogy még nagyon rossz körülmények között is működőképes maradjon a rendszer. Az érzékelők sajátosságaiból adódóan többféle hamis észlelés is előfordult, így megfontolandó egy külső hatásokra érzéketlenebb érzékelő típus alkalmazása.

A kiértékelés sebessége

A kiértékelés élőmunka igénybevételével, saját fejlesztésű kiértékelő programmal készült el. Ez a fajta kiértékelés a képek nagyon pontos elemzését teszi lehetővé. Hátránya, hogy nagyon lassú. Egy értékelő személy egy nap alatt nagyjából 200 db kép feldolgozására képes. Ez nagyobb léptékű elemzésnél indokolatlanul magas élőmunka igényt jelentene. Ilyen típusú kiértékelésre csak a kutatás kezdeti szakaszában van szükség, hiszen ezzel lehet megteremteni az automatikus képfeldolgozás alapját. Ez fogja megadni a mintaterületre jellemző éves forgalmi eloszlást is, amire támaszkodva a hálózat többi útjának értékelése már könnyebben elvégezhető.

Tervezett fejlesztések

Bár a rendszert használhatónak ítéltük, a stabilabb működés érdekében egyes megoldások fejlesztést, javítást igényelnek.

A távoli helyeken kiépítendő rendszereknél az áramfogyasztást minimalizálni kell, ehhez alvó móddal rendelkező kamerára van szükség, valamint a vezérlőegység szoftverén is fejleszteni kell. Szóba jöhet napelemes töltés is, azonban a napelemek az erdőgazdaságok tapasztalata alapján gyakran rongálásnak esnek áldozatul. Az irányészlelés megkönnyítése, és a stabilabb működés érdekében az optokapuk helyett más érzékelőt is ki kellene próbálni. Ígéretes jelölt a kisteljesítményű radar. Ez teljesen észrevétlenül beépíthető lenne és észlelési távolságát az időjárás csak minimálisan befolyásolja. Segítségével az áthaladás irányát és sebességét, valamint az áthaladó úthasználó méretét is meg lehetne állapítani. További szenzorok együttes alkalmazásával lehetőség nyílna arra, hogy vizuális kiértékelés nélkül is jó eredményt szolgáltató rendszert állítsunk össze. Elsődleges adatforrásként megmaradnának a fényképek kis méretük miatt, és ezek kézi kiértékelése is viszonylag egyszerű. Irodalmi adatok alapján a videofelvételek automatikus kiértékelése könnyebben megvalósítható, és nagyon jó eredményt ad (Li et al. 2004). Ezért a jövőben teszt jelleggel videofelvételek rögzítését is tervezzük.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást anyagilag és szakmailag is támogatta a Pilis Parkerdő Zrt. Külön köszönet illeti meg a Parkerdő munkatársait: Kálmán Miklós beruházási és műszaki osztályvezetőt, valamint Kiss Bencét és Kiss Csabát. A rendszer technikai megvalósításához pótolhatatlan segítséget nyújtott Markó Gergely és Primusz Péter.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Arnberger, A. 2006: Recreation use of urban forests: An inter-area comparison. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4 (3-4): 135-144.
- Arnberger, A. and Brandenburg, C. 2002: Visitor structure of a heavily used conservation area: The Danube Floodplains National Park, Lower Austria. *Proceedings: Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*, 7-13.
- Arnberger, A.; Haider, W. and Brandenburg, C. 2005: Evaluating Visitor-Monitoring Techniques: A Comparison of Counting and Video Observation Data. *Environmental management*, 36 (2): 317-327.
- Benkhard, B. and Szabó, B. 2012: Do we need mapping of tourist flows? Lessons from Börzsöny Mountain. 374-375. In: *Proceedings: The 6th Conference on Monitoring and Management of Visitors in Recreational and Protected Areas*.
- Campbell, M. J. 2006: Monitoring Trail Use with Digital Still Cameras: Strengths, Limitations and Proposed Resolutions. 317-321. In: *Proceedings: The Third International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*.
- Cessford, G. and Muhar, A. 2003: Monitoring options for visitor numbers in national parks and natural areas. *Journal for Nature Conservation*, 11 (4): 240-250.
- Héjj B. 1987: Az erdei kirándulóforgalom mérése elektronika felhasználásával. *Az Erdő* 36 (11): 513-514.
- Janowsky, D. v. and Becker, G. 2003: Characteristics and needs of different user groups in the urban forest of Stuttgart. *Journal for Nature Conservation*, 11 (4): 251-259.
- Kosztka M.; Markó G és Péterfalvi J. 2003: Feltárhálózat tervezése a Börzsönyben dinamikus hálózattervezéssel. *Közúti és Mélyépítési Szemle* 53 (9): 22-26.
- Li, L.; Huang W.; Gu, Y. H. and Tian, Q. 2004: Statistical modelling of complex backgrounds for foreground object detection. *IEEE Transactions on Image Processing* 13 (11): 1459-1472.
- Tóth S. 1974: Erdészeti közvélemény-kutatás az erdők üdülési funkciójának vizsgálata céljából. *Az Erdő* 23 (9): 385-391.

Érkezett: 2014. március 17.

Közlésre elfogadva: 2014. július 15.



Erdőpusztulás a Magas-Tátrában

A Tátrára jellemző az úgynevezett bóra jellegű szél, mely elérheti a 170-200 km/h szélsőséget is. A Bóra jellegű szelek akkor alakulnak ki, amikor a szél felgyorsul és átbukik a hegygerincek felett. Ezeknek a szeleknek gyakorlatilag semmilyen erdő nem tud ellenállni.

2004-ben bekövetkezett hatalmas széldöntések után a betűző szű (*Ips typographus*) folytatja a lucfenyvesek pusztítását Tátrai Nemzeti Park (TANAP) területén. 2004-ben 12600 hektár erdő esett áldozatul a széltörésnek. 2013-ban 7000 ha-ra becsülték a szakemberek a szűkárosítás akkori mértékét, mely folyamatosan növekszik. 2014-ben újabb szélvihar csapott le a még lábán álló erdőkre, tovább növelve a károkat. A természetvédelmi védetség okán a fokozottan védett területeken kizárólag balesetvédelmi célból döntik ki a turistautak mentén az elszáradt törzseket, melyek elsődleges gócpontjai a további szűkárosításoknak, melyek már a fahatárig terjednek.

Fotó és szöveg: Kollár Tamás

A TruPulse LÉZERES TÁVOLSÁGMÉRŐ ALKALMAZHATÓSÁGA ERDÉSZETI TÉRKÉPEZÉSI FELADATOKRA

Bazsó Tamás¹, Primusz Péter¹ és Németh Márk²

¹Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

²BKK Közút Zrt., Műszaki nyilvántartási és projektvezetési osztály

Kivonat

A múlt századi erdőrendezési gyakorlatban a terepi mérések meghatározó műszere a Wild T0 busszola-teodolit volt. Mára ez a műszer szinte teljesen eltűnt az erdészeti gyakorlatból, helyét a méteres pontosságot biztosító GNSS műszerek töltik be. Ezek könnyen kezelhetők akár egy képzetlen felhasználó számára is, valamint a geoinformatikai lehetőségek miatt jóval gyorsabban elvégezhető a mérés-adatkezelés-térképezés, viszont sok esetben pontatlanabbak. Napjainkra elérhetővé váltak olyan egyszerű elektronikus mérőműszerek, amelyek pontossága és gyorsasága megfelelhet a mai kor mérnökeinek, valamint a mérési adatok feldolgozása történhet geoinformatikai módszerekkel. Tesztmérésekkel a TruPulse 360B elnevezésű műszer pontosságát és hatékonyságát vizsgáltuk. A műszer a Wild T0 busszola-teodolit alternatívája lehet, mivel szintén képes mágneses azimut mérésére. A mérésekhez egy geodéziailag pontosan meghatározott mérőpályát alakítottunk ki, ahol többféle mérési metódust is vizsgáltunk. Az eredményekből arra a következtetésre jutottunk, hogy megfelelő mérési és feldolgozási módszert alkalmazva elérhető a kitűzött pontosság, ezért a műszer alkalmazható mérnöki feladatokra.

Kulcsszavak: térképezés, egyszerű geodéziailag mérések, mágneses azimut

THE APPLICATION OF TRUPULSE LASER RANGER FOR FORESTRY SURVEYING

Abstract

In the last century the Wild T0 compass theodolite was the standard instrument of forest mapping and inventory. Nowadays this instrument is almost disappeared from the forestry surveying. Instead of theodolite we use GNSS instruments, which are easy to use even for not professionals. Data management is much faster with this instrument because of its compatibility with GIS software, but sometimes its accuracy is not so good as in the case of theodolite. In these days we can find digital surveying instruments, which can be operated by simple methods. The accuracy and efficiency of these instruments are suitable for today's engineers, and the processing of the data can be supported by geoinformatics. We examined the accuracy and effectiveness of the instrument, TruPulse 360B by test measurements. This instrument is a possible alternative of Wild T0, because we also can measure magnetic horizontal angle with it. We established a test field with surveying accuracy for the test measurements, where we can examine many kind of surveying methods. We found that the required accuracy can be achieved applying appropriate measuring mode and processing method. Therefore we can apply this instrument for engineer project.

Keywords: mapping, simple surveying methods, magnetic azimuth

Levelező szerző/Correspondence:

Bazsó Tamás, H- 9400 Sopron, Bajcsy-Zs. út 4.; e-mail: tbazso@emk.nyme.hu



BEVEZETÉS

A terepi felmérési munkák szükségességének elbírálása, az alkalmazandó eszközök és eljárások megválasztása az alapadatok és az általános bejárás során szerzett tapasztalatok birtokában mindig a tervező mérnök feladata és felelőssége. A kiválasztott mérőeszköz nemcsak a felvételezés pontosságát, hanem a méréstechnikát, az eredmények feldolgozását és a teljesítményt is egyszerre rögzíti. Ezért nem mindig a legpontosabb mérőeszköz a leghatékonyabb a feladat szempontjából.

Az erdővel borított területen problémát jelent még az irányértékek tájékozása, ezért nem meglepő, hogy a busszola-teodolit alkalmazása erdőtümbön belüli (belső) felmérések esetében még mindig megengedett. A korábbi erdőrendezési gyakorlatban a fotogrammetriai úton nem térképezhető belső vonalak, pontok bemérése, csaknem kizárólag WILD T0 busszola-teodollal végzett busszola méréssel történt (Király, 1985). A tájoló teodolitok ugyanis olyan szögmérő műszerek, amelyek az *Am* mágneses vagy az *Af* földrajzi azimut mérését teszik lehetővé, elkerülhetővé téve ezzel az irányértékek tájékozását, illetve azt, hogy tájékozó irányokra legyen szükség. Ebből következik, hogy alkalmazásuk elsősorban fedett terepen (erdőben), esetleg földalatti méréseknél (bányák) indokolt. A mágneses és a földrajzi északi irányok mindenhol a rendelkezésünkre állnak. A tájoló teodolitok között megkülönböztetjük az *Am* mágneses azimut közvetlen mérésére alkalmas busszola-teodolitokat és az *Af* földrajzi azimut közvetlen mérésére szolgáló giro-, vagy pörgettyűs teodolitokat. Az erdőmérnöki gyakorlat hagyományos földi terepi mérőműszere a busszola-teodolit. A giroteodolitok erdőmérnöki gyakorlatban való alkalmazására Magyarországon is voltak kísérleti mérések, de méreteik és a hosszadalmas mérési eljárás miatt az erdészeti alkalmazásban nem tudtak elterjedni. Az elterjedést nem indokolta a giroteodolitok busszola teodolitoknál jóval nagyobb pontossága sem, az erdőmérnöki gyakorlat ezt nem igényelte. Bácsatyai László (2002) munkájában az erdőmérnöki gyakorlat hagyományos földi terepi mérőműszerének nevezi a WILD T0 busszola-teodolitot, amelyet kisebb pontosságot igénylő, kedvezőtlen terepi körülmények között 2 km-nél nem hosszabb sokszögmenetek felméréséhez javasolja. Birtokhatár felmérését busszollal végezni tilos. Manapság a mérőeszköz a gyakorlati alkalmazásból eltűnően van. Helyébe a sokszor még pontatlanabb GNSS (Global Navigation Satellite System) rendszerek műszerei lépnek. Ezekkel az eszközökkel a terepi mérések jóval gyorsabban elvégezhetőek, a térinformatikai lehetőségek pedig hatékonyabbá teszik mind a terepi, mind pedig az irodai munkát. Másrésztől kérdés, hogy meg kell-e elégednünk azzal a pontossággal, amit a GNSS szolgáltatni képes.

A hagyományos geodéziai műszerek közé soroljuk a szögmérő és szögkitűző műszereket, távolságmérőket, szintező műszereket és tahimétereket. A busszola-teodolitok szerepét, az erdőgazdálkodás gyakorlatában is, fokozatosan átvették a mérőállomások, melyek a klasszikus geodézia legkorszerűbb mérőműszerei. Jellemzőjük, hogy nagy pontossággal képesek távolság és szögmérésre (mind vízszintes mind magassági értelemben). A kezelőszoftver segítségével a mérést befolyásoló környezeti tényezők (meteorológiai körülmények mérésre gyakorolt hatása) már a terepi felvételkor kiküszöbölhetőek. A mérési adatok gyorsan feldolgozhatóak asztali számítógépre tervezett szoftverekkel.

A mérőállomásokkal pontosabban lehetséges a terepi felvételezés elvégzése és a hibák kiszűrése is egyszerűbb, mint a busszola-teodolitok esetében. Hátrányuk, hogy jóval bonyolultabb és kényesebb mérőműszerek, mélyebb geodéziai jártasságot igényelnek, és szükséges az irányértékek tájékozása, energiaellátásuk pedig még mindig nem teljesen megnyugtató. Mérőállomással csak szakszerű személyzet képes hatékony munkavégzésre. A legújabb fejlesztések az elektrotechnikában már lehetővé tették olyan szenzorok megalkotását, amelyek a geodéziai mérések szempontjából is kielégítő pontossággal határozzák meg a mágneses azimutot. A lézeres távméréssel összekapcsolva pedig megszületett a "tájoló teodolitok" legújabb generációja.

Ezen új elektronikus műszerek erdészeti vonatkozású felhasználási lehetőségeivel foglalkoztunk, vizsgáltuk pontosság és fejleszthetőség szempontjából (Németh, 2010, 2011, 2013).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálathoz használt digitális műszerek

A TruPulse lézeres távolságmérőt a Laser Technology Inc. (LTI) gyártja és fejleszti. A cég központja az Egyesült Államokban, Colorado állam Centennial városában található és lézeres távolságmérők és sebességmérők előállításával és fejlesztésével, valamint az adatrögzítést támogató szoftverek fejlesztésével foglalkozik. A vizsgált modell (TruPulse 360B) alapját a TruPulse 200 képezte, amely először 2006-ban került piacra. A TruPulse távolságmérő eszköz a távolságot infravörös tartományú lézernyalábok egymás után (egyre rövidebb időközönként) kibocsátott sorozatának visszaverődési idejéből számítja. Ez a modell vízszintes és ferde távolságot, két pont közötti távolságot, dőlésszöget, és három méréssel magasságot tudott mérni. Az eszköz jó alapot képezett a további fejlesztésekhez. A későbbi verzió már Bluetooth vezeték nélküli adatátvitelre is képes lett (TruPulse 200B). A Laser Technology nem sokkal ezután szabadalmaztatott egy digitális iránytű technológiát (TrueVector), amely parányi mérete mellett már $\pm 1^\circ$ pontossággal volt képes mérni a mágneses azimutot. Így már nem volt akadálya annak, hogy megszülessen minden idők legkisebb „busszola-teodolitja”, a TruPulse 360B (1. ábra).



1. ábra: A TruPulse 360B.
Figure 1: The TruPulse 360B.

A TruPulse 360B egy olyan maroknyi mérőműszer, amely gyorsan és közvetlenül szolgáltatja a szükséges távolság- és szögadatokat a koordinátageometriai számításokhoz. Mindezt úgy teszi, hogy nincs feltétlenül szüksége műszerállványra, mivel akár szabadkézből is történhet a mérés. A műszer ferdeségét a beépített szenzorok automatikusan kompenzálják. A mérőeszköz rendkívül kompakt és robusztus kialakítású. Kifejezetten terepi mérésre és térinformatikai adatgyűjtésre készült. A mérés az irányzás elvégzése után egyetlen gomb megnyomásával végrehajtható. Az eredmények jól látható kijelzőn közvetlenül leolvashatóak vagy mobil telefonra, táblagépre küldhetők.

Műszaki jellemzők:

- Méretek: 12 cm × 5 cm × 9 cm
- Súly: 220 g
- Mértékegységek: láb, yard, méter, fok és lejtszázalék
- Távolság mérés tartománya: 1000 m reflektáló felület nélkül és 2000 m reflektáló felület alkalmazása esetén.
- Magassági szög tartománya: $\pm 90^\circ$
- Azimut szög tartománya: $0^\circ - 359,9^\circ$



Mérési pontosság:

- Távolság mérés: 0 és 100 m között tipikusan ± 10 cm, felette ± 30 cm a hiba, jó minőségű cél esetén
- Magassági szög: $\pm 0,25^\circ$
- Azimut: $\pm 1,00^\circ$

A TruPulse mérőműszerek egyik legnagyobb előnye, hogy két darab ceruzaelem (AA) szükséges csupán a tápellátás biztosításához. Ez valódi mérési körülmények között 40000 mérést tesz lehetővé folyamatos bekapcsolás mellett és bluetooth nélkül, bluetooth esetén 30000 mérésel számolhatunk.

A vizsgálatba bevontuk a cég egy másik szögmérő műszerét is, a MapStar Compass Module II-t (MSCM II), amely egy nagy pontosságú digitális (magneto-rezisztív) iránytű. A kompasz modul vízhatlan alumínium házban foglal helyet. Működési ideje több mint 8 óra, két darab ceruzaelemmel (AA). A modul az azimut számításánál automatikusan kompenzálja a külső hőmérsékletből és a műszer ferdeségéből eredő hibákat.

A legfontosabb adatok a modulról:

- Méretek: 31 cm x 5 cm x 3 cm
- Tömeg: 570 g
- Pontosság: $\pm 0,3^\circ$
- Mérési tartomány: 0-359,99°
- Felbontás: $0,01^\circ$
- Kommunikáció: RS232
- Adatformátum: NMEA 0183

Bármelyik LaserTechnonolgy által gyártott távolságmérővel képes kommunikálni szabványos RS232 kábelcsatlakozáson keresztül. Tapasztalatunk szerint a modul kalibrációja könnyen kivitelezhető, így a felmérés helyszínén gyorsan munkára fogható. Ha olyan mérést szeretnénk végezni, amelynél a TruPulse 360B szögértékei nem elegendően pontosak, hatékony kiegészítő lehet a MSCM II, ilyenkor viszont elegendő egy TruPulse 200 távolságmérő is, amelyben nincs beépített iránytű.

A TruPulse távolságmérőket és kiegészítőiket alacsony energiaszükségletük, méretük és egyszerű kezelhetőségük teszi igazán hatékonyá. A műszerek méretét összehasonlítva egy mérőállomás méreteivel szembevető a különbség. A terepi körülmények között végzett munkánál nem mellékes, hogy mennyi felszerelést kell magunkkal vinnünk. A modern mérőállomások már energiatakarékosak annyira, hogy akár több napig is lehessen velük mérni, korábban azonban nehéz (2-2,5 kg-os) akkumulátorokkal kellett kiegészíteni a meglévő áramforrást. A TruPulse távolságmérők csupán két ceruzaelemmel működnek és nyolc órát is folyamatosan tudunk mérni. A tapasztalat szerint hideg és meleg körülmények között is egyaránt jó energiahasznosításuk van.

A busszola-teodolit és a TruPulse összehasonlítása

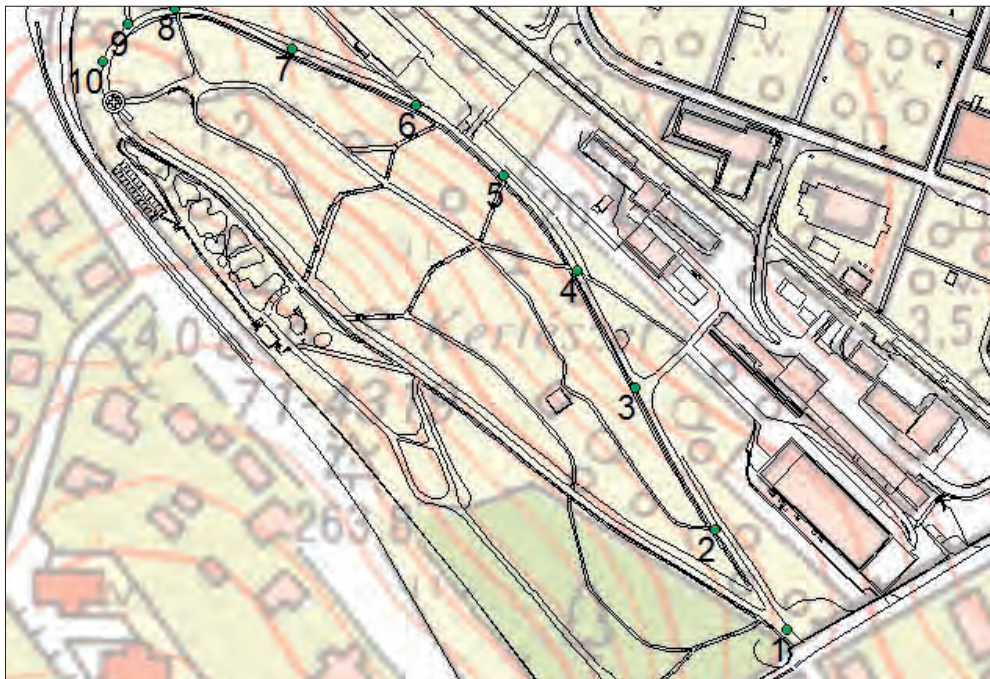
A fizikai méreteket és a mérési pontosságot a WILD-T0 és a TruPulse lézeres távolságmérő esetében az 1. táblázatban foglaltuk össze. A TruPulse mérőműszer pontossága bár elmarad a hagyományos busszola-teodolittól, hordozhatósága, felépítése és egyszerű kezelése nagy előnyt jelent a terepi térképezési feladatokban. A WILD-T0 optikai távolságmérési pontossága a leolvasó személy gyakorlottságán és figyelmén múlik. Egy gyakorlott geodéta könnyedén képes a 15 cm-es pontosságra, míg a TruPulse mérőeszköz esetén a leolvasás nem függ a kezelő felkészültségétől. Az összehasonlításakor meg kell említeni, hogy bár régen a WILD-T0 elterjedt műszer volt, ma már nehezen, vagy egyáltalán nem beszerezhető, ugyanis a gyártását leállították. A geodéziai felhasználása háttérbe szorult, ezzel párhuzamosan az erdészeti alkalmazását is részben felváltották a GNSS szolgáltatásai, amellyel könnyedén felvehetik a versenyt a TruPulse típusú mérőműszerek.

1. táblázat: A TruPulse és a Wild T0 néhány fontosabb adata.
 Table 1: Some important parameter of TruPulse and the Wild T0 theodolite.

Paraméterek	WILDT0	TP360B
Súly	2,8 kg	0,22 kg
Optika	20x	7x
Pontosság		
Távolság		
100 m-ig	0,15 m	0,30 m
100 <	-	0,3-1,0 m
Szög		
Inklináció	0,16°	0,25°
Azimut	0,16°	1,00°

A Wild T0 és a TruPulse 360B méréseinek összehasonlítása

A mérések összehasonlításához egy referencia sokszögvonalat használtunk, amelyet a Nyugat-magyarországi Egyetem botanikus kertjében jelöltük ki és határoztuk meg mérőállomás segítségével. A szabatos kalibráló mérések kivitelezéséhez időjárásfüggetlen utat választottunk hilti szögekkel állandósított alappontokkal (2. ábra). A sokszögvonal 401,81 m hosszú és a leghosszabb sokszögoldal 65,09 m.



2. ábra: Referencia sokszögvonal.
 Figure 2: The reference traverse.

A hibalehetőségek kiküszöbölésére elsőként a sokszögpontokon közvetlenül a mérőállomás mérése után kényszerközpontosító segítségével kicserélve a műszereket, rögzítettük a TruPulse távolságmérőt és elvégeztük a szög és távolságméréseket. Ezáltal kiküszöböltük a pontraállásból adódó eltéréseket, így összehasonlítható mérésekhez jutottunk. Egy következő körben azt vizsgáltuk, hogy egy libellás mérőrúddal végzett mérés mennyire hat ki a mérés pontosságára. Ekkor az irányzott pontokon optikai vetítővel pontra álltunk a prizmával és a TruPulse távolságmérőt tettük mérőrúdra.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A felmért sokszögvonalak kiegyenlítése

A mérőállomással mért sokszögvonala esetén a törésszögek kiszámítása után a kezdeti irányszöget, majd a végleges irányszöget számoltuk. Ezek után a vonalas záróhibát, amely x és y irányban is 2 cm hibából tevődött össze, az oldalak hosszával arányosan osztottuk el. Az összehasonlításkor a mérőállomással meghatározott koordinátákat hibátlannak fogadtuk el.

A busszola sokszögvonala, mint beillesztett sokszögvonala grafikus és numerikus úton lehet kiegyenlíteni. Korábban a geodéziai gyakorlatban a grafikus kiegyenlítést helyezték előtérbe. Napjainkban már nem okoz problémát a numerikus megoldások számítási igénye. A vizsgálatkor a numerikus feldolgozást használtuk. A TP360B távolságmérővel mért adatokat először a beillesztett sokszögvonala hagyományos számítási módszerével egyenlítettük ki. A mért mágneses azimutokkal – mint irányértékekkel – törésszöget számoltunk az egyes sokszögpontokban, majd a kezdeti irányszög és végleges irányszög után számítottuk a vonalas záróhibát. A mérési pontosságot egy mai átlagos térinformatikai GNSS vevő pontosságához viszonyítottuk, így pontmeghatározásunkat akkor vettük elfogadhatónak, ha a maximális eltérés 3 m alatti. A számítások azt mutatták, hogy a maximális eltérés a mérőállomáshoz viszonyítva nagy értéknek adódott, több mint 15 m lett. A hiba arra engedett következtetni, hogy az egymás után ugyanarra a pontra meghatározott azimutok között eltérés van. A mért azimutok ellenőrzésére az előre és hátramérések eredményeit használtuk fel a következő összefüggés segítségével: $A_m^{i,j-1} = A_m^{i-1,j} \pm 180^\circ$



3. ábra: A terepi mérés TruPulse-zal és MapStar Compass Module II-vel.
Figure 3: Surveying with TruPulse and MapStar Compass Module II.

Az ellenőrző számítások alapján az előre és hátramérések adataiból számított azimutok között $2,5^{\circ}$ - $3,5^{\circ}$ eltérés volt tapasztalható. Ez a hiba nagyobb, mint a TruPulse 360B pontossága ($\pm 1^{\circ}$, azaz maximum 2° eltérés), így a hiba fennmaradó része a mérések szórásából, valamint az irányzásból adódik. Az irányzás pontosságát nagyban befolyásolja a szálkereszt kialakítása a TruPulse műszer esetében (annak robosztus kialakítása miatt). Feltehetőleg egy speciálisan kialakított jeltárcsa alkalmazása esetén az irányzás pontossága javítható, de ez még további kutatómunkát igényel.

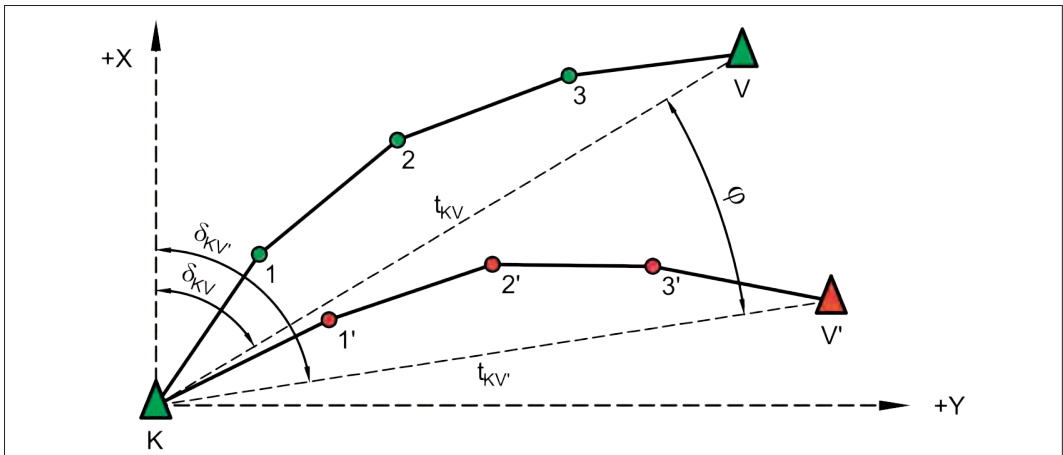
Vizsgálataink alapján törésszögeket a TruPulse-zal nem érdemes mérni. A távolságmérés viszont kielégítő pontosságú, így kísérletet tettünk egy másik külső, nagyobb pontosságú digitális kompasszal. A már bemutatott MapStar Compass Module II-t alkalmazva a vonalas eltérés a törésszögekkel számolt, majd kiegyenlített sokszögvonal esetén meglepően jó eredményeket adott (2. táblázat).

2. táblázat: *Vonalas eltérés, törésszögekkel számolt sokszögvonal esetén.*

Table 2: *Linear error, calculated with interior angle.*

AP	Mérőállomás		TP360B	MSCM II
	EOV Y	EOV X		
1	464443,4	262312,4	0,0	0,0
2	464414,8	262352,4	7,5	0,3
3	464382,9	262409,1	13,5	0,7
4	464359,2	262456,3	15,8	1,3
5	464330,2	262494,2	16,0	1,4
6	464294,6	262522,6	13,7	0,9
7	464245,4	262545,1	8,5	0,8
8	464198,4	262561,5	4,7	0,2
9	464179,7	262555,4	3,1	0,1
10	464169,7	262540,5	0,0	0,0

Beillesztett sokszögvonal esetén nem tudunk szögzáro hibát számolni (Bácsatyai, 2002). Azonban a mért szögeket a kiegyenlítés előtt javítani kell a mágneses tájékozási állandóval, amelyet a műszer osztáshibája és a mágneses tájékozási szög összegeként kapunk. Digitális mérőműszereknél az osztáshiba nem értelmezhető, mivel a gyártók pontossági tartományt definiálnak. A megoldás egy olyan kiegyenlítési eljárás, amelyben úgy javítjuk a szöget, hogy abban mind a térképi északtól való eltérés mértéke, mind a szögmérés hibája együttesen jelentkeznek. A beillesztett sokszögvonal kiegyenlítése az ismert kezdő és végpont, valamint az ismert kezdő és mért végpont közötti egyenesek összefüggéseiből adódik. A két egyenes bezárt szöge adja az összes szögmérés hibát és a mágneses északtól való eltérést, hosszuk aránya pedig a hosszaráro hibát.



4. ábra: Beillesztett sokszögvonala kiegyenlítése.
Figure 4: Adjustment of the close traverse.

Esetünkben az eljárást úgy alkalmaztuk, hogy a törésszögek helyett a mágneses azimut értékeit javítottuk a szögeltéréssel (φ), majd az egyes oldalak hosszával arányosan osztottuk vissza az x és y irányú vonalas záróhibát. A busszola sokszögvonala kiegyenlítésénél a hosszeltérést az egyes oldalak hosszával és a kezdőponttól a haladási irányban értelmezett távolságával arányosan osztottuk vissza. A tesztmérések során kiderült, hogy nem a hossz-mérésben van a mérési hiba nagy része, ezért ezt a lépést kihagyhatjuk a számításból. Ekkor lényegében a busszola és a hagyományos numerikus kiegyenlítés lépéseit ötvözzük, hiszen a busszola sokszögvonala hosszeltéréseinek kiegyenlítését a haladási irányban egyre nagyobb mértékben vesszük figyelembe. A továbbiakban egyszerűsített kiegyenlítésként hivatkozunk erre az eljárásra.

Ugrópontos sokszögvonala vezetés

A busszola sokszögelés egyik előnye, hogy a mágnesestűnek nem a műszerhez, hanem egy kitüntetett irányhoz, az \vec{E}_m mágneses északhoz igazodása miatt – csak minden második sokszögpontban kell a műszerrel felállnunk. Miután eközben a többi – minden második – pontot „átugorjuk”, a módszert ugrópontos vagy ugróállásos sokszögelésnek is nevezik (Bácsyati, 2002).

Vizsgálatunk során a műszereket háromlábú műszerállványon valamint libellás mérőrúdra szerelve is használtuk

3. táblázat: Koordináta-záróhibák ugrópontos sokszögvonala esetén.
Table 3: Coordinate errors, in leave-one-out traversing.

Mérési módszer	Hagyományos kiegyenlítés		Egyszerűsített kiegyenlítés	
	Δy	Δx	Δy	Δx
Háromlábú műszerállvány				
WILD T0	2,1	3,7	-0,5	0,4
TP360B	-2,5	-3,3	0,2	-0,1
Libellás mérőrúd				
MSCM II	4,0	6,3	-0,7	0,6
TP360B	-4,3	-4,3	-0,4	0,3

A koordináta eltérések átlaga tekintetében a TP360B még hagyományos kiegyenítési eljárás mellett is megközelíti a WILD T0 mérési pontosságát, a MSCM II-vel mért sokszögvonal pedig pontosabbnak bizonyult. A 3., 4. és 5. számú táblázatokban összefoglaltuk a vonalas eltéréseket az egyes sokszögpontokban a különböző eszközökkel.

4. táblázat: Hagományos busszola kiegyenítés ugróponos sokszögvonal esetén.

Table 4: Conventional adjustment method, in leave-one-out traversing.

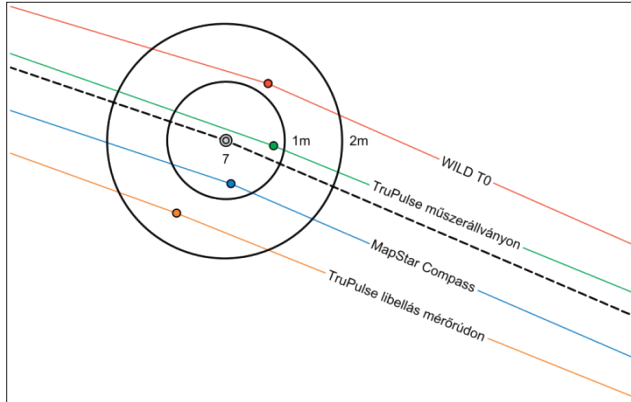
Mérőállomás	WILD T0	TP360B		MSCM II
	Műszerláb		Libellás mérőrúd	
Alappont (referencia) száma	$\sqrt{(\Delta y^2 + \Delta x^2)}$ (m)			
1	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,1	1,4	1,1	1,0
3	0,6	1,2	2,1	0,9
4	1,7	1,3	1,8	1,6
5	2,5	1,9	3,4	2,0
6	2,4	1,3	1,9	1,5
7	1,9	1,6	2,6	1,5
8	0,6	1,3	0,4	0,3
9	0,0	1,4	0,2	0,1
10	0,0	0,0	0,0	0,0
Átlagos eltérés	1,0	1,1	1,4	0,9

5. táblázat: Egyszerűsített kiegyenítés ugróponos sokszögvonal esetén.

Table 5: Simple adjustment method, in leave-one-out traversing.

Mérőállomás	WILD T0	TP360B		MSCM II
	Műszerláb		Libellás mérőrúd	
Alappont (referencia) száma	$\sqrt{(\Delta y^2 + \Delta x^2)}$ (m)			
1	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,2	1,3	0,9	0,8
3	1,3	1,0	1,7	0,7
4	1,6	0,9	0,4	0,4
5	2,0	0,5	1,7	0,8
6	2,2	1,5	0,3	0,9
7	2,4	0,8	1,6	0,8
8	0,5	0,9	0,3	0,6
9	0,2	1,4	0,1	1,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0
Átlagos eltérés	1,0	0,8	0,7	0,6

Jól látszik a két kiegyenlítési eljárás közötti különbség. Az egyszerűsített numerikus eljárással kiegyenlített sokszögvonalon jobban közelíti a valóságot.



5. ábra: Maximális eltérések egyszerűsített kiegyenlítés és ugrópontos mérés esetén.
Figure 5: Maximal difference, with simple adjustment method and leave-one-out traversing.

A hagyományos kiegyenlítésnél a pontok átlagosan 1,5 m sugarú körben helyezkednek el, egyszerűsített kiegyenlítéssel pedig ugyanezen pontok átlagosan 1 m sugarú körön belülre esnek (5. ábra). A számítás megváltoztatásával a WILD T0 koordináta eltérései nem változtak számottevően, az átlagban az eltérés nem is jelentkezik.

Előremérések sorozatával vezetett sokszögvonala

Megvizsgáltuk azt a mérési eljárást is, amikor csak is kizárólag előremérésekkel haladunk. A TruPulse 360B-t libellás mérőrúdra szerelve több mérést is végeztünk. Arra a kérdésre is kerestük a választ, hogy mennyire befolyásolja a mérés pontosságát, ha nincs műszerállványra szerelve az eszköz. Az eredmények azt mutatták, hogy a libellás mérőrúdra szerelt TruPulse 360B pontossága nem marad el a műszerállvány esetén mértéktől (6. táblázat). A mérés minősége esetenként még jobb is lehet, hiszen a műszerállvány mágneseshatása befolyásolhatja a mérést.

6. táblázat: Egyszerűsített kiegyenlítés előremérések sorozatával vezetett sokszögvonala esetén.
Table 6: Simple adjustment method with angle to right in the travers.

Mérőállomás	TP 360B					MSCM II	
	Műszerláb	Libellás mérőrúd					
Alappont (referencia) száma	Eltérés (m)						
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,8	0,8
3	1,3	0,6	0,5	0,6	0,9	0,6	0,8
4	1,6	0,8	0,7	0,6	0,8	0,7	1,1
5	2,0	1,1	0,9	0,7	1,0	0,9	1,4
6	2,2	1,0	0,8	0,8	1,0	0,9	1,7

Mérőállomás	TP 360B					MSCM II	
	Műszerláb	Libellás mérőrúd					
Alappont (referencia) száma	Eltérés (m)						
7	2,4	0,9	0,8	0,8	1,0	0,7	1,7
8	0,5	0,8	0,8	0,9	1,0	0,7	1,6
9	0,2	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	1,5
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Átlagos eltérés (m)	1,0	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	1,1

ÖSSZEFOGLALÁS

Következtetések

Az összehasonlító mérésorozatok alapján törésszögeket a TruPulse mérőműszer hibáinak szórása miatt nem érdemes mérni. Ha erre mégis szükség van, akkor javasolt a külső MapStar Compass Module II alkalmazása, amely már $0,01^\circ$ élességgel képes mérni az azimutot. Az egyszerűsített numerikus eljárással kiegyenlített sokszögvonal jobban közelíti a valóságot. A hagyományos kiegyenlítésnél a pontok átlagosan $1,5\text{ m}$ sugarú körben helyezkednek el, egyszerűsített kiegyenlítéssel pedig ugyanezen pontok átlagosan 1 m sugarú körön belülre esnek.

Ugrópontos sokszögvonal vezetés esetén a koordináta-eltérések átlaga tekintetében a TP 360B még hagyományos kiegyenlítési eljárás mellett is megközelíti a WILD T0 mérési pontosságát. Elmondható még, hogy az előremérések sorozatával vezetett sokszögvonal egyenletesebb hibaeloszlású. Az eltérések nem szórnak annyira, mint az ugrópontos sokszögvonal esetén, ezért azt javasoljuk, hogy a sokszögvonalat előremérésekkel vezessük. Érdemes ezt még azért is így végezni, mert a libellás mérőrúddal a pontra állás nem igényel annyi időt, mint amennyi a figuráns átállításához szükséges. Ha csak előre mérünk, a figuránssal mindig párhuzamosan tudunk haladni. Ez a mérési módszer azért javasolható, mivel a libellás mérőrúdra szerelt TP360B pontossága nem marad el a műszerállvány esetén mértektől.

A mérések azt is igazolták, hogy kiegyenlített terepen a nagyjából 400 m -es 10 törésponttal vezetett sokszögvonal, adatgyűjtő szoftverrel 15 perc alatt felmérhető. Az eredményeink alapján elmondható, hogy terepi körülmények között TruPulse mérőeszkővel vezetett busszola-sokszögvonal nagy biztonsággal $1,5\text{-}2,0$ méteres hibahatáron belül maradhat, ami az állomány alatt mért GPS pontokkal összehasonlítva pontosabb. Az átlagos kézi GPS vevők jó műholdrálátással is 3 m -es pontosságot garantálnak. Az állomány alatt még vegetációs időszakon kívül is nehéz a jó műholdrálátást biztosítani. Az erdőmérnöki gyakorlat a WILD T0-val való mérést már egyszer elfogadta, ezek a modern elektronikai mérőeszközök pedig lehetőséget adnak arra, hogy a WILD T0 pontosságával, de annál jóval könnyebben mérhessünk, mind szakértelem, mind felszerelés tekintetében.

Felhasználási területek

Mindenekelőtt az összes olyan tevékenység említhető, amely a térinformatikai adatgyűjtést alkalmazza. A természetvédelem, a környezetvédelem, a városgazdálkodás és szennyvízhálózatok üzemeltetői, az agrárium területei említhetők, mint lehetséges felhasználók.



1. Nyiladékok és határok felmérése.
2. Belső úthálózat, közelitőnyomok felmérése.
3. Patakok, magaslesek, szórók, tűzrakóhelyek, táborhelyek, stb. felmérése.
4. Famagasság meghatározás, törzstérképezés.
5. Műtárgyak, vezetékoszlopok, egyéb objektumok bemérése.
6. Elérhetetlen vonal ill. távolság meghatározás pl. két fa közötti.
7. Terep felvételezése, terepmodell pontosításhoz vagy tervezéshez.
8. Semlegesvonal nyomozás.

A mérési technológia alkalmazási területei között szerepel az úttervezés is. A keresztiszelvények tereppontjainak felvételéhez nagy segítséget nyújthat a TruPulse távolságmérő és egy adatgyűjtő szoftver. A Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet, Erdőfeltárási Tanszéke 2005 és 2008 között az „Erdő- és Fahasznosítási Regionális Egyetemi Tudásközpont” pályázat keretein belül már alkalmazta keresztiszelvények térképezésére a TruPulse távolságmérőt és egy erre a célra készített segédsoftvert. A tapasztalat szerint a szögmérés pontossága elegendő volt, és a rendkívül sok (közel 6000) mérési pont gyors rögzítését tette lehetővé.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A vizsgálatok megvalósítását a TÁMOP-4.2.2.A-1/1/KONV-2012-0004 projekt támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bácsatyai L. 2002: Geodézia. Egyetemi jegyzet. Kézirat, Sopron.
- Király L. 1985: Erdőrendezés I. Egyetemi jegyzet. Kézirat, Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron.
- Németh M. 2010: Erdőállomány paraméterek meghatározása lézeres távolságmérő alkalmazásával. TDK, NymE, Erőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet, Sopron.
- Németh M. 2011: TruPulse 360B lézeres távolságmérő, mint busszola-teodolit. TDK, NymE, Erőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet, Sopron.
- Németh M. 2013: TruPulse lézeres távolságmérő alkalmazhatósága erdészeti térképezési feladatokra. Diplomamunka, NymE, Erőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet, Sopron.

Érkezett: 2014. március 17.

Közlésre elfogadva: 2014. július 15.

A SISKA NÁDTIPPAN (*CALAMAGROSTIS EPIGEIOS*) ERDŐGAZDASÁGI JELENTŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA KÉRDŐÍVES MÓDSZERREL

Molnár Miklós

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

A publikációban bemutatásra kerülnek egy kérdőíves módszerrel végzett országos felmérés eredményei. A vizsgálat az egyes erdészeti tájak jellemző gyomproblémáira, azon belül is a siskanád jelentőségére, az ellene alkalmazott védekezési eljárásokra és azok költségeire irányult. Az eredmények alapján tájékoztatást kapunk az egyes gyomproblémák helyi jelentőségéről. A válaszadók közel 7 500 ha erdőfelújításban mutatták be a siskanád ellen alkalmazott védekezési eljárásokat és azok helyi költségeit. Az eredmények alapján megismerhetők az ország különböző vidékein jellemző védekezési eljárások, illetve összehasonlíthatók az ország különböző vidékein fellépő költségek.

Kulcsszavak: siska nádtippan, növényvédelmi technológiák, növényvédelmi költségek

SIGNIFICANCE OF WOOD SMALL-REED (*CALAMAGROSTIS EPIGEIOS*) IN HUNGARIAN SILVICULTURE BY QUESTIONNAIRE SURVEY

Abstract

The following paper introduces the results of a questionnaire survey carried out at national level. The survey investigates the general weed problems of forest regions with a special emphasis on Wood Small-reed, the control methods against it and the costs of these activities. Based on the results we get an overview about the regional significance of the weed problems. The responses are based on 7 500 ha of reforestation, where control methods were carried out against Wood Small-reed. The study introduces the different control methods used on different areas of the country, and the related costs can be compared.

Keywords: wood small-reed, bushgrass, control methods, costs

BEVEZETÉS

A siska nádtippan, vagy az erdészeti szakirodalomban elterjedtebb nevén a siskanád [*Calamagrostis epigeios* (L. 1753) Roth 1788] a bolygatott, nyílt területek vegetációjának egyik jellegzetes képviselője. A hőmérséklet, a nedvességviszonyok, a talaj szerkezete és tápanyagtartalma szempontjából igen tág tűrőképességű. Elterjedését leginkább a fényviszonyok és a talaj művelése határozza meg. A zárt erdőkben gyakorlatilag

Levelező szerző/Correspondence:

Molnár Miklós, H-9400 Sopron, Ady E. u. 5.; e-mail: mmiki@emk.nyme.hu



nem fordul elő. Félárnyékos helyeken megjelenhet, de nem válik tömegessé. A rendszeres talajművelés miatt a legtöbb mezőgazdasági kultúrában nem fordul elő. Leginkább a gyümölcs- és szőlőültetvényekben lehet számítani megjelenésére. Tömegessé csak a művelés felhagyása után válik – függetlenül a korábbi gazdálkodási módtól –, és évtizedekre meghatározhatja a vegetáció képét (Szirmai 2008). A gyeptársulásokban is dominánssá válhat, kiszorítva maga mellől a többi lágyszárú fajt, köztük ritka, értékes fajokat is. Gazdasági problémát csak az erdőgazdálkodásban okoz. A vágásos jellegű gazdálkodás során keletkező nyitott területek fényben gazdagok, talajműveléssel általában nem érintettek, ezért ideális körülményeket biztosítanak tömeges elszaporodásához (Agócs 1995).

Magyarországi elterjedésével és az általa okozott probléma gazdasági súlyával kapcsolatban nagyon kevés információval rendelkezünk. Az országos gyomfelvételezések szántóföldi területeken történtek, ahol az összesített eredmények alapján a siskanád jelentősége elhanyagolható (Novák és mtsai 2011). A szőlő- és gyümölcsültetvények első országos gyomfelvételezése alapján a szőlőültetvényekben a 15., almaültetvényekben 14., őszibarack- és kajszi-ültetvényekben a leggyakoribb és legnagyobb borítás-értékkel bíró fajnak számít. Meg kell jegyezni azonban, hogy az őszibarack ültetvények felvétele csak öt megyére, a kajszi-ültetvények felvétele pedig három megyére terjedt ki összesen hat, illetve öt mintavételi hellyel (Dancza és mtsai 2006). A növény szerepel Mihály és Németh (2004) dunántúli szőlőültetvényekben végzett vizsgálataiban; Szirmai (2008) az Északi-középhegységben, Sendko (1999) Tokaj környékén, Pál (2007) a Dél-Dunántúlon található felhagyott szőlőültetvényekben írja le tömeges állományát; Házi és mtsai (2009) a tiszántúli gyepekben vizsgálták elterjedését. A különböző megfigyelések alapján a mezőgazdasági művelés felhagyása után lejátszódó szukcesszióban betöltött szerepe, valamint a természetvédelmi jelentősége kirajzolható. Több, erdei körülmények között végzett botanikai vizsgálatban is szerepel (Csontos 1996, Novák 2005), tényleges erdőgazdasági jelentőségével kapcsolatban azonban nincsenek átfogó adataink.

A probléma jobb megértése érdekében egy kérdőív segítségével próbáltam összefogni az erdőgazdálkodók szakmai tapasztalatait, felmérni a gyomnövény jelentőségét egy-egy erdészeti tájban, behatárolni a leginkább veszélyeztetett erdőállományokat, illetve számba venni az erdészeti gyakorlat által napjainkban alkalmazott védekezési eljárásokat és azok költségeit.

A kérdőívemmel a 22 állami erdőgazdaság összes üzemi egységét (erdészet, pagonyerdészet) megkerestem. Az egyes üzemi egységek erdőművelési vezetőinek válaszaire voltam kíváncsi. A kérdőívet a részvénytársaságok weboldalán fellelhető elérhetőségek segítségével, valamint személyes kapcsolatokon keresztül juttattam el a kollégákhoz. A kérdőívek kiküldése 2012. január-február hónapjaiban történt. A válaszokat a Google Dokumentumok keretein belül létrehozott on-line űrlap segítségével dolgoztam fel. Az eredmények térképi ábrázolása DigiTerra Map szoftver segítségével történt.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kérdőív az alábbi pontokból állt:

1. Melyik tájegységben, azon belül melyik erdészeti tájban dolgozik?
2. Hogyan értékelné a felsorolt gyomnövények/gyomcsoportok jelentőségét a kezelésében lévő területen az első kivitteltől a műszaki átvételig?

Az értékelés egy ötfokozatú skálán történt, ahol 1: nem fordul elő; 2, helyenként előfordul, de jelentősége alacsony, általában nem igényel célzott beavatkozást; 3, előfordul, de csak bizonyos években vagy bizonyos termőhelyeken igényel beavatkozást; 4, előfordul és gyakori, az erdőfelújítások többségében célzott beavatkozást igényel; 5, általános probléma, minden évben, évente akár többször is kell ellene védekezni. A válaszok-

ból egy tájegységenkénti tematikus térkép készült. Ha egy tájegységből több válasz is érkezett, a válaszok egyszerű matematikai átlagával jellemeztem a tájegységet.

3. Előfordul a kezelésében lévő területen a siskanád olyan mértékben, hogy az ellene való célzott védekezés szakmailag indokolt?

Lehetséges válaszok:

- Előfordul, rendszeresen védekezünk ellene.
- Előfordul a siskanád, de jelentősége nem indokolja a célzott védekezést.
- Gyakorlatilag nem fordul elő.

A második és a harmadik válasz esetén, a válaszadónak a további kérdésekre nem kellett válaszolnia.

4. Hogyan értékelné a siskanád által okozott problémát az Ön által kezelt állománytípusokban?

A válaszadónak a 3. ábrán felsorolt állománytípusokban kellett értékelnie a gyomnövény jelentőségét a következő ötfokozatú skála segítségével: 1: nem fordul elő; 2, helyenként előfordul, de jelentősége alacsony, általában nem igényel célzott beavatkozást; 3, előfordul, de csak bizonyos években vagy bizonyos termőhelyeken igényel beavatkozást; 4, előfordul és gyakori, az erdőfelújítások többségében célzott beavatkozást igényel; 5, általános probléma, minden évben, évente akár többször is védekezni kell ellene.

Csak azokat az állománytípusokat kellett értékelnie, amiről a válaszadónak szakmai tapasztalata volt, ezért bizonyos állományokra (pl. tölgyesek) több, bizonyos állományokra (pl. lucfenyvesek) kevesebb válasz érkezett. A siskanád jelentőségét az egyes állománytípusokban a válaszok egyszerű matematikai átlagával jellemeztem.

5. 2011 során milyen módszerekkel védekezett a siskanád ellen?

A válaszadónak az alábbi pontok közül kellett egy vagy több lehetőséget megjelölnie:

- Mechanikai ápolás – kézi szerszámokkal
- Mechanikai ápolás – erőgépekkel
- Kémiai védekezés – kézi kijuttatással
- Kémiai védekezés – erőgépes kijuttatással
- Kémiai védekezés – légi kijuttatással

6. A védekezés volumene

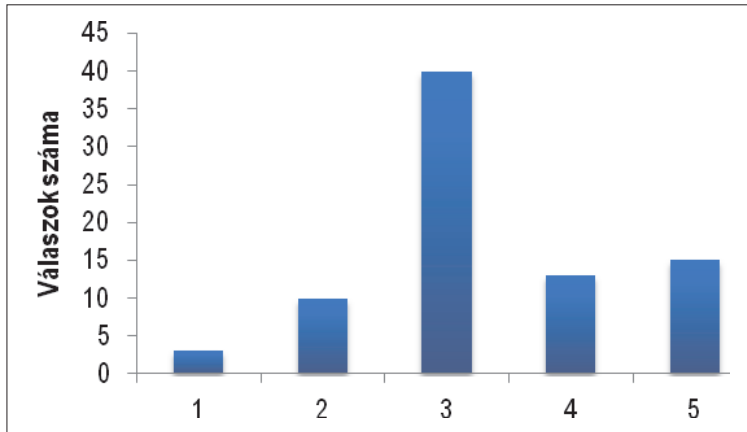
A válaszadónak az 5. pontban megjelölt technológiákra lebontva kellett megadnia, hogy mekkora területen védekezett célzottan a siskanád ellen 2011-ben.

7. A védekezés költségei

A válaszadónak az 5. pontban megjelölt technológiák 2011. évben érvényes hektáronkénti költségeit kellett megadnia. A kémiai védekezés esetén a szerköltségek nélküli kijuttatás költségeit kellett megadni. Az értékek ismeretében összehasonlíthatóvá válnak az egyes védekezési technológiák költségei, valamint a különböző technológiák tájegységenkénti eltérő költségei.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A kérdőívet 119 erdészeti üzemi egységhez juttattam el. 81 válasz érkezett, a megkérdezettek 68%-a töltötte ki a kérdőívet. Az eredmények alapján a siskanád az erdőfelújítások egyik legveszélyesebb gyomnövénye Magyarországon. Erdőgazdasági jelentőségét a válaszadók többsége a 3-as kategóriába sorolta, azaz működési körzetében előfordul, de nem minden erdőrészletben, igényel célzott védekezést (1. ábra).



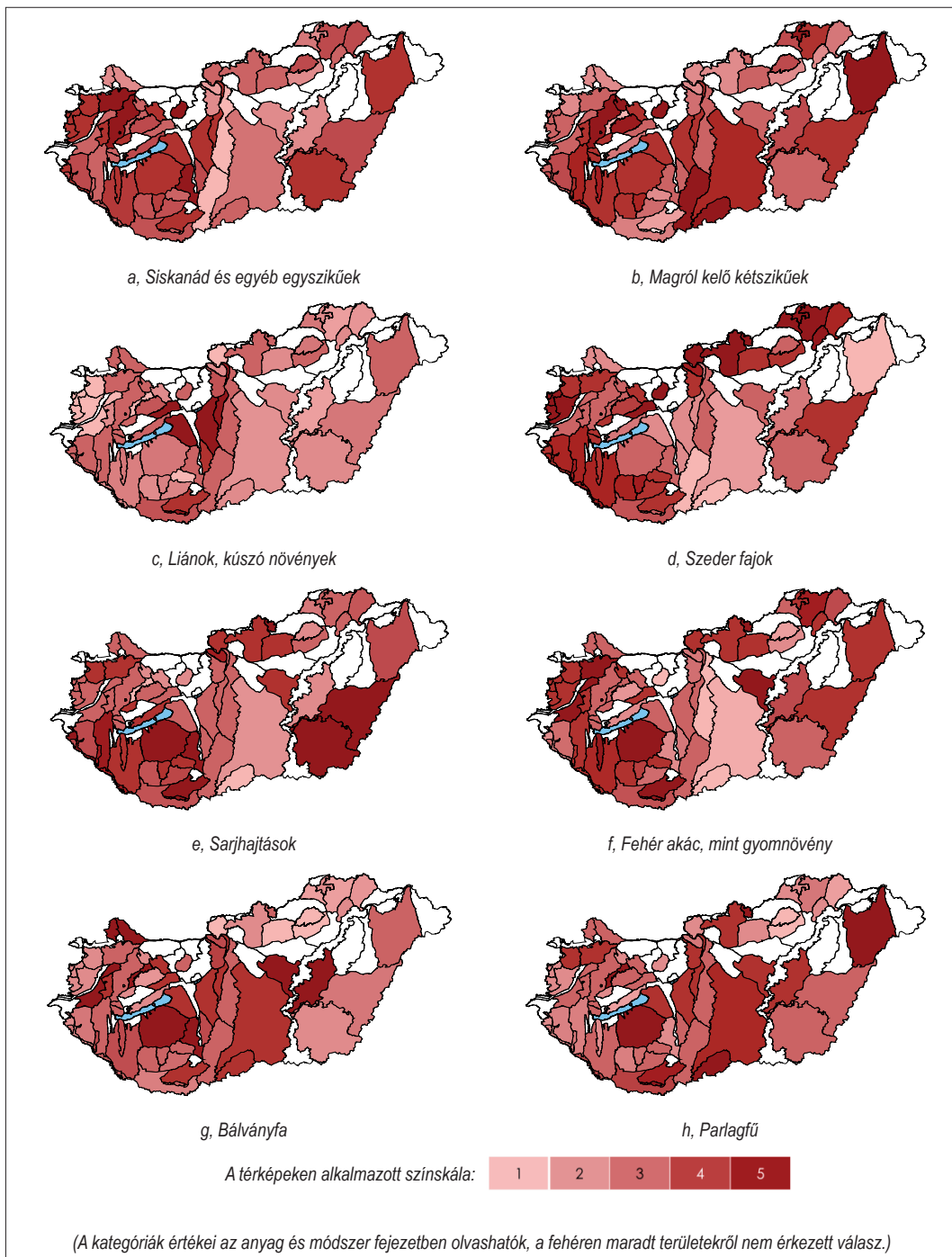
1. ábra: A siskanád erdőgazdasági jelentőségét értékelő válaszok megoszlása. Magyarázat: 1: nem fordul elő; 2, helyenként előfordul, de jelentősége alacsony, általában nem igényel célzott beavatkozást; 3, előfordul, de csak bizonyos években vagy bizonyos termőhelyeken igényel beavatkozást; 4, előfordul és gyakori, az erdőfelújítások többségében célzott beavatkozást igényel; 5, általános probléma, minden évben, évente akár többször is kell ellene védekezni.

Figure 1: Significance of Wood Small-reed in silviculture.

A siskanádhhoz hasonló jelentőségű problémát okoznak a szederfajok, a magról kelő kétszikű fajok, az anyaállomány fa- és cserjefajainak sarjajtásai valamint a fehér akác.

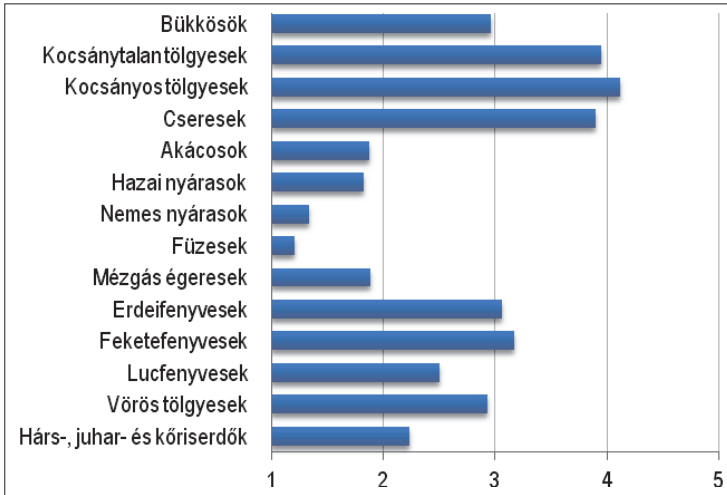
Nagy eltérések mutatkoznak az egyes erdészeti tájak értékelésében (2. ábra). A siskanád jelentőségét legnagyobb értékkel a Rábaköz, Pápa-Devecseri-síkság, Vértes, Tolnai hegyhát és Szekszárdi-dombvidék tájegységeiben jellemezték. 4-es átlagértékkel bír a Kőszegi hegység, Kőszeg-hegyalja, Ikva-Répcse-sík, Gyöngyös-sík, Pinka-fennsík, Kemenesalja, Devecseri-Bakonyalja, Súri-Bakonyalja, a Kerka-Mura-völgy, Marcali-hát, Külső-Somogy, Dél-Baranyai-dombság, a Mezőföldi-lőszhát és a Duna-szigetek, az Alföldön a Körös-Maros köze és a Nyírség. Ezekben a tájegységeken évről-évre rendszeresen védekeznek a siskanád ellen.

A legnagyobb problémát a kocsánytalan tölgyes, kocsányos tölgyes és a cseres állományok felújítása során okozza. Ezekben az állományokban általában védekeznek ellene. Tömeggé válhat még a bükk, erdei- és feketefenyő, valamint a vörös tölgy erdőfelújításokban (3. ábra).



2. ábra: Gyomnövények, gyomcsoportok jelentősége az egyes erdészeti tájakban.

Figure 2. Significance of weed species and groups in different forestry regions of Hungary. (Legends: a, *Calamagrostis epigeios* and monocotyledons; b, annual dicotyledonous weeds; c, climbing weeds; d, *Rubus* sp. e, tree stump shoots; f, *Robinia pseudoacacia*; g, *Ailanthus altissima*; h, *Ambrosia artemisiifolia*)

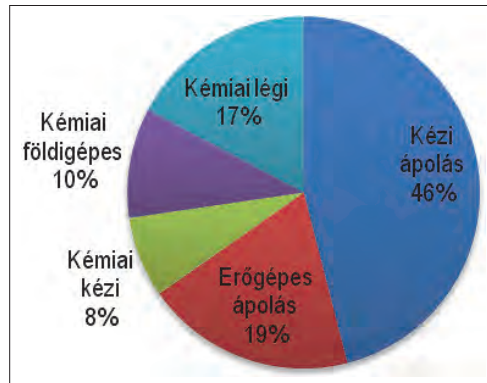


3. ábra: A siskanád jelentősége az egyes állománytípusokban (a kategóriák értékei az anyag és módszer fejezetben olvashatók).

Figure 3. Significance of Wood Small-reed in different forest stands.

49 válaszadó (61%) rendszeresen védekezik a siskanád ellen. További 25 válaszadó működési körzetében ugyan előfordul a növény, de jelentősége nem, vagy csak ritkán indokolja a célzott beavatkozást. A védekezés a Kisalföldön, a Nyugat- és Dél-Dunántúli tájegységekben a leginkább jellemző, az Alföldön kevésbé.

A felméréssel 7 428 hektárnyi erdőfelújításon alkalmazott eljárásokat és azok költségeit ismerhetjük meg. Országos szinten a védekezés kétharmada mechanikai úton történt. A válaszadók a fertőzött területek 35%-án (2 580 ha-on) védekeztek kémiai úton a siskanád ellen. A növényvédő szerek kijuttatásában a légi kijuttatás szerepe a legjelentősebb (4. ábra).



4. ábra: Védekezési eljárások megoszlása a siskanád ellen.

Figure 4: Distribution of control methods against Wood Small-reed.

Középhegységeinkben, a Kisalföldön és a Dél-Dunántúlon a kézi mechanikus ápolás, a Nyugat-Dunántúlon az erőgépes mechanikai ápolás a legjellemzőbb védekezési módszer. Növényvédő szereket minden tájcsoporthoz alkalmaznak a siskanád ellen. Az Északi- és a Dunántúli-középhegységben a kémiai védekezés jelentősége kisebb. Az Északi-középhegységben a fertőzött területek 22%-án, a Dunántúli-középhegységben a 25%-án történt növényvédő szeres kezelés. A herbicidek kijuttatása itt döntően kézi eszközökkel történt. Nagyobb arányban élnek a kémiai védekezés lehetőségével a Kisalföldön (35%), a Nyugat-Dunántúlon (37%)

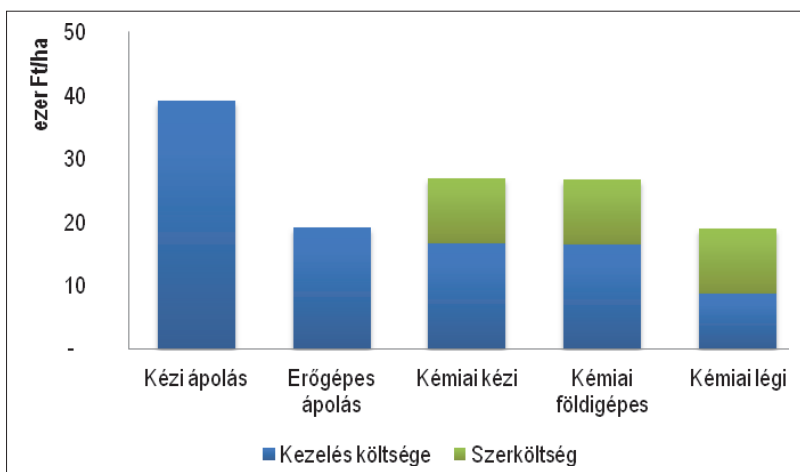
és a Dél-Dunántúlon (36%). A növényvédő szerek kijuttatása ezekben a tájcsoportokban leginkább légi úton történt, de gyakori volt az erőgépekkel történő kezelés is (1. táblázat).

1. táblázat: A védekezési módok megoszlása az egyes erdészeti tájcsoportokban (ha)
Table 1: Distribution of protective activities in forestry regions (ha)

Erdészeti tájcsoport	Kézi ápolás	Erőgépes ápolás	Kémiai kézi kijuttatás	Kémiai erőgépes kijuttatás	Kémiai légi kijuttatás	Összesen
Nagyalföld	–	–	45	60	–	105
Északi-középhegység	297	40	69	25	–	431
Dunántúli-középhegység	580	65	153	16	48	862
Kisalföld	230	200	3	90	138	661
Nyugat-Dunántúl	215	527	53	145	238	1 178
Dél-Dunántúl	2 095	599	229	413	855	4 191
Országos összesítés	3 417	1 431	552	749	1 279	7 428

A védekezési módok hektáronkénti fajlagos költsége a kézi ápolás esetén a legnagyobb (5. ábra). A herbicidek kézzel és erőgépekkel történő kijuttatásának költsége az erőgépes mechanikai ápolás költségeihez hasonló nagyságrendű. A kémiai növényvédelem árát azonban jelentősen megemeli a növényvédő szer költsége, ami függ a választott készítmény áráról és dózisától. Az adatok összehasonlíthatósága érdekében a kijuttatási költségek egységesen, egy átlagosnak tekinthető növényvédő szer költséggel kerültek kiegészítésre. A szerköltség számítása a legtöbb válaszadó által használt Fusilade Forte engedélyezett dózistartományának középértéke (1,75 l/ha), valamint a készítmény országos nagykereskedelmi ára alapján történt (a vizsgálat évében: nettó 5 876 Ft/l).

Összességében a légi kijuttatással történő kémiai védekezés költségei a legkedvezőbbek. A számított költségek a mesterséges erdőfelújításokban jól alkalmazható erőgépes mechanikai ápolás költségeivel azonos nagyságrendűek. A földi kijuttatású növényvédő szeres technológiák költségei ennél magasabbak.



5. ábra: A védekezési eljárások költségeinek országos átlaga.
Figure 5: Average costs of control methods in Hungary.



A siskanád elleni védekezés a válaszadók által kezelt területek közül az Északi-középhegység állományai-ban jelentette a legkisebb költséget. A növény tömeges előfordulása itt nem jelentős, jobbra kézi eszközökkel védekeztek ellene, a kézi munkaerő fajlagos költsége pedig itt a legalacsonyabb. A Dunántúli-középhegységben is kézi munkaerővel történt a legtöbb ápolás, itt azonban jóval magasabb (országos viszonylatban is a legmagasabb) a munkaerő költsége.

Az erögépes ápolás fajlagos költsége Nyugat-Dunántúlon volt a legdrágább, ennek ellenére itt használták a legnagyobb arányban. Összességében azonban a Dél-Dunántúlon a legmagasabbak a védekezési költségek. A herbicidek kézi és légi úton történő kijuttatásának fajlagos költségei országos szinten itt a legnagyobbak, de a mechanikus (kézi és erögépes) ápolás költségei is az országos átlag felett vannak. Országos összehasonlításban az erdősítések ápolásának legalacsonyabb költségei Kisalföldön voltak. A mechanikus ápolások költségei és az erögépekkel történő növényvédő szer kijuttatás fajlagos költségei is itt voltak a legalacsonyabbak, de a tájcsoportban jelentős szerepet betöltő légi kijuttatás hektáronkénti költségei sem haladták meg jelentős mértékben az országos átlagot (2. táblázat).

A válaszadók által bemutatott területen 4 848 hektáron történt mechanikai gyomkorlátozás. Évente egyszer elvégzett műveletet feltételezve a mechanikai ápolásra fordított összeg országosan 170 millió forint. A kémiai úton ápolott 2 580 hektár erdőfelújításra a növényvédő szerek kijuttatási költsége 34 millió forint. Átlagos hektáronkénti szerköltséggel számolva erre további 25 millió forint rakódik. A válaszadók összesen 229,2 millió forintot fordítottak siskanád elleni védekezésre (3. táblázat).

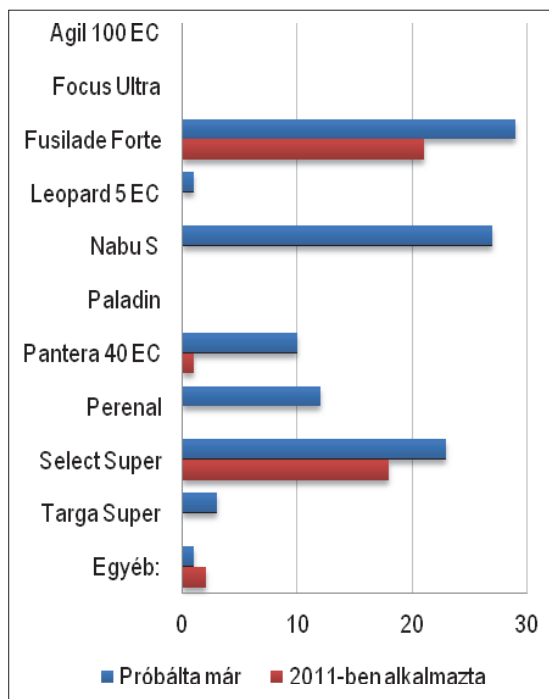
2. táblázat: A védekezési eljárások fajlagos nettó költségei (Ft/ha).
(10 283 Ft/ha növényvédő szer költséggel emelt ár, Fusilade Forte dózisa 1,75 l/ha, ára nettó 5 876 Ft/l).
Table 2: Per-unit net costs of protective activities (Ft/ha).

Erdészeti tájcsoport	Kézi ápolás	Erögépes ápolás	Kémiai kézi kijuttatás	Kémiai erögépes kijuttatás	Kémiai légi
Nagyalföld	37 500	27 000	18 283	31 783	–
Északi-középhegység	34 688	8 000	24 483	30 283	–
Dunántúli-középhegység	45 650	25 000	32 450	35 283	17 783
Kisalföld	33 750	7 000	25 283	18 283	19 033
Nyugat-Dunántúl	42 250	25 333	26 616	19 033	17 483
Dél-Dunántúl	41 200	22 722	34 061	25 783	21 237
Országos átlag	39 173	19 176	26 863	26 741	18 884

3. táblázat: A válaszadók által a siskanád visszaszorítására fordított költségek tájcsoportonkénti összesítése (ezer Ft) (10 283 Ft/ha növényvédő szer költséggel emelt ár; Fusilade Forte dózisa 1,75 l/ha, ára nettó 5 876 Ft/l).
 Table 3: Total costs of protective activities against Wood-small Reed in forestry regions (thousand Ft)

Erdészeti ájcsoport	Kézi ápolás	Erőgépes ápolás	Kémiai kézi kijuttatás	Kémiai erőgépes kijuttatás	Kémiai légi
Nagyalföld	-	-	823	1 907	-
Északi-középhegység	10 302	320	1 689	757	-
Dunántúli-középhegység	26 477	1 625	4 965	565	854
Kisalföld	7 763	1 400	76	1 645	2 627
Nyugat-Dunántúl	9 084	13 351	1 411	2 760	4 161
Dél-Dunántúl	86 314	13 611	7 783	10 654	18 158
Országos átlag	139 939	30 306	14 815	20 035	24 153

2011-ben a nyolc forgalomba hozatali engedéllyel rendelkező egyszikűirtó készítmény közül öt rendelkeztetett erdészeti kultúrákban is kijuttatási engedéllyel. A válaszadók körében legismertebbek a Fusilade Forte és a Select Super voltak, a védekezések döntő többségét is ezzel a két herbiciddel végezték. Ismert volt még a Pantera 40 EC és a Targa Super, a Focus Ultra-val kapcsolatban viszont egyik válaszadónak sem volt szakmai tapasztalata (6. ábra).



6. ábra: 2011-ben alkalmazott készítmények Magyarországon.

Figure 6: Applied herbicides in 2011 in Hungary.



A Fusilade Forte engedélyezett dózisa 1,5-2,0 l/ha. A válaszadók által alkalmazott átlagos dózis ennél magasabb: 1,8-2,8 l/ha volt (a legkisebb 1,6 l/ha, a legnagyobb 3,0 l/ha).

A Select Super engedélyezett dózisa 2,0-2,4 l/ha. A válaszadók által alkalmazott átlagos dózis 1,4-2,5 l/ha (a legkisebb 0,6 l/ha, a legnagyobb 4,0 l/ha).

A válaszadók a Fusilade Forte készítményt az engedélyezettnél némileg magasabb dózisban, a Select Super-t viszont valamivel alacsonyabb dózisban alkalmazták. A dózis megválasztásánál több tényező is szerepet játszik, de a Fusilade Forte az Erdővédelem Tanszék által végzett kísérletekben 1,3 l/ha dózisban is jó eredményeket ért el (Varga és mtsai 2009), ezért a válaszadók által alkalmazott magasabb dózisok nem feltétlenül indokoltak. A Select Super készítményt viszont az engedélyezettnél alacsonyabb dózisokban is alkalmazták. A saját kísérleteinkben csak adalékanyag hozzáadásával sikerült az előírtnál alacsonyabb dózissal eredményeket elérni.

Sem a Fusilade Forte, sem a Select Super címkéjén szereplő technológiai utasítás nem követeli meg az adalékanyagok alkalmazását. Ennek ellenére több válaszadó is jelezte, hogy adalékanyaggal keverve juttatta ki a készítményeket. Adalékanyagokat rendszerint a magasabb dózisokat alkalmazó válaszadók használtak.

Mindössze két válaszadó rendelkezett szakmai tapasztalattal erdészeti kultúrában kijuttatási engedéllyel nem rendelkező, illetve egyszikűekre nem szelektív készítmény siskanádra gyakorolt hatásával kapcsolatban.

ÖSSZEFOGLALÁS

A publikációban bemutatásra kerültek egy 2011. évre vonatkozó kérdőíves felmérés eredményei, mely alapján megismerhetők az erdősítések legfontosabb gyomproblémái Magyarország különböző erdészeti tájainban. A kérdőív a siskanád elterjedésére és az ellene alkalmazott védekezési eljárásokra tért ki részletesebben. Az eredmények alapján elmondhatjuk, hogy a tölgyesek és cseresek a legveszélyeztetettebb állományok, melyek felújítása során általában védekezni kell a siskanád ellen. A válaszok alapján mintegy 7 500 hektár erdőfelújításban alkalmazott védekezési eljárás ismerhető meg. A fertőzött erdőfelújítások kétharmadán mechanikai ápolás történt. A növényvédő szerek kijuttatására és a mechanikai ápolásokra fordított költség a bemutatott területen 229,2 millió forint volt. A védekezési eljárásokban és azok költségeiben tájegységenként jelentős különbségek tapasztalhatók.

A siskanád ellen alkalmazott növényvédő szerek 2011-ben túlnyomó többségben egyszikűirtók voltak. A válaszadók azonban nem rendelkeznek teljes szakmai ismerettel a növényvédő szer kínálat tekintetében. Nem ritka az engedélykirattól eltérő dózisok és az adalékanyagok szükségtelen alkalmazása az adalékanyag nélkül is eredményes technológiákhoz.

A vizsgálat jellegéből adódóan a bemutatott adatok tájékoztató jellegűek. Az erdészeti növényvédőszerhasználatot érintő felmérések csak a szelektív egyszikűirtók megjelenése előtt történtek (Németh és Schmotzer 1978), ezért az ismertetett adatok hasznos áttekintést nyújtanak a siskanád ellen napjainkban alkalmazott védekezési eljárásokról és azok költségeiről.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A vizsgálatok megvalósítását a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 projekt támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Agócs J. 1995: *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. Erdészeti Lapok, 130 (11): 334-335.
- Csontos P. 1996: Az aljnövényzet változásai cseres-tölgyes erdők regenerációs szukcessziójában. *Synbiologia Hungarica*, 2 (2).
- Dancza I.; Tóth Á.; Benécsné B. G.; Dellei A.; Doma Cs.; Gara S.; Godáné B. M.; Gracza L.; Gyulai B.; Hartmann F.; Hódi L.; Hoffmann É.; Hornyák A.; Kadaravek B.; Körösmézei Cs.; Madarász J.; Molnár F.; Nagy M.; Novák R.; Péter J.; Szabó L.; Szentey L.; Ughy P. és Varga L. 2006: A szőlő- és gyümölcsültetvények legfontosabb gyomnövényei az országos gyomfelvételezés eredményei alapján. 81. In: Horváth J., Haltrich A. és Molnár J. (eds): 52. Növényvédelmi Tudományos Napok. FVM, Budapest.
- Házi J.; Nagy A.; Szentey Sz.; Tamás J. és Penksza K. 2009: Adatok a siska nádtippan (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) ökológiai viszonyaihoz dél-tiszántúli gyepekben. *Tájkökológiai Lapok*, 7 (2): 375-386.
- Mihály B. és Németh I. 2004: Gyommonitoring nyugat-dunántúli tanúhegyek szőlőiben. *Magyar Gyomkutató és Technológia*, 5 (1): 42-54.
- Németh A. és Schmotzer A. 1978: Adatok a kémiai gyomirtás erdőgazdasági elterjedéséről. *Az Erdő*, 27 (11): 502-507.
- Novák R.; Dancza I.; Szentey L. és Karamán J. 2011: Az ötödik országos gyomfelvételezés Magyarország szántóföldjein. Vidékfejlesztési Minisztérium, Élelmiszerlánc-felügyeleti Főosztály, Növény- és Talajvédelmi Osztály, Budapest.
- Novák R. 2005: A *Rubus* fajok morfológiája, rendszerezése és irtásuk lehetőségei erdőszéli kultúrákban (kocsánytalan tölgy, erdeifenyő). Doktori (PhD) értekezés. Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely
- Pál R. 2007: A Mecsek és a Tolna-baranyai dombvidék szőlőültetvényeinek gyomvegetációjának vizsgálata. *Kanitzia*, 15: 77-244.
- Sendtko, A. 1999: Die Xerothermvegetation brachgefallener Rebflächen im Raum Tokaj (Nordost-Ungarn) – pflanzensoziologische und populationsbiologische Untersuchungen zur Sukzession. *Phytocoenologia*, 29 (3): 345-448.
- Szirmai O. 2008: Botanikai és tájtörténeti vizsgálatok a Tardonai-dombság területén. Doktori (PhD) értekezés tézisei, Szent István Egyetem, Gödöllő.
- Varga Sz.; Molnár M. és Novák R. (2009): Gyomkorlátozási kísérletek szelektív egyszikűirtókkal erdőszéli területeken a siska nádtippan (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) ellen. *Növényvédelem*, 45 (4): 219-224.

Érkezett: 2014. március 10.

Közlésre elfogadva: 2014. július 15.



Kis bábrabló

A kis bábrabló (*Calosoma inquisitor* [Linnaeus, 1758]) lomberdeink, ezen belül is tölgyeseink és bükköseink gyakori futóbogár faja. Egyes években, elsősorban a gyapjaslepke és az araszolók gradációjakor tömegesen jelenik meg. Nappali életmódú ragadozó bogár. Táplálkozásakor zsákmányára emésztőenzimekben dús folyadékot bocsát, majd az így keletkező táplálékot szívja fel. Színe igen változatos, a bronzbarnától az acélkékig terjed. Védett faj.

Fotó és szöveg: **Andrési Dániel**

FUTÓBOGÁR-EGYÜTTESEK VIZSGÁLATA EGY BALATON-FELVIDÉKI MESTERSÉGESEN KIALAKÍTOTT LÉKBEN

Andrési Dániel és Lakatos Ferenc

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

A Bálint-hegyi Erdőbirtokossági Társulat területén, a Zánka 1B erdőrészletben, egy mesterségesen kialakított lék futóbogár-együttesét vizsgáltuk 2013-ban. A futóbogarak csapdázása 10 db, 0,5 literes műanyag pohárral történt, ölü- és konserváló anyagként 2 dl 10 %-os ecetsav oldatot használtunk. A csapdázások során 20 faj 4357 egyedét fogtuk.

Az elemzések során időpont és élőhely szerint vizsgáltuk a faj- és az egyedszámot. A legtöbb fajt 2013. 06. 28-án fogtuk (16 faj), a legtöbb egyedet (1422 db) 2013. 07. 31-én. A fajszám a lékszegélyben és az üde foltban volt a legmagasabb (16 faj), a legtöbb egyedet a lékszegélyben fogtuk (1308 db). A fajok dominancia viszonyainak és a faunaelemek szerinti megoszlásának vizsgálata kimutatta, hogy mindegyik élőhelyen a *Carabus convexus convexus* rendelkezett a legnagyobb dominancia értékekkel.

A kapott eredményeket ökológiai módszerekkel (diverzitáásszámítás, kiegyenlítettség meghatározása, Bray-Curtis hasonlósági index, Bray-Curtis hasonlósági indexen alapuló klaszter-analízis) is összehasonlítottuk az üde folt, a zárt erdő, a lékszegély és a lék futóbogár-együttesének viszonylatában.

Kulcsszavak: talajcsapdázás, futóbogarak, lék, *Carabus convexus convexus*

INVESTIGATIONS OF GROUND BEETLE ASSEMBLAGES IN AN ARTIFICIAL GAP OF BALATON UPLANDS (HUNGARY)

Abstract

In 2013, the ground beetle assemblages of an artificial gap were studied in the field of Bálint-hegyi Erdőbirtokossági Társulat, in the subcompartment of Zánka 1B. We used 10 pitfall traps filled with acetic acid solution. We collected altogether 4357 individuals of 20 carabid species.

In our research, we examined the number of species and the number of individuals by dates and habitats. We trapped the highest number of species (16 species) on the 28th of June, while we trapped the highest number of specimens (1422 specimens) on the 31st of July. The number of species was the highest in the gap edge and in the mesic part of the forest (16 species each). The number of specimens was the highest in the gap edge (1308 specimens). We examined the dominance of the species and the distribution of the fauna elements. In all habitats *Carabus convexus convexus* had the highest dominance values.

The ground beetle fauna of the investigated locations (gap, gap edge, closed forest, mesic part of the forest) were compared with various ecological parameters (diversity, the level of consistency, similarity measures and hierarchical cluster analysis, based on Bray-Curtis).

Keywords: pitfall trapping, ground beetles, gap, *Carabus convexus convexus*

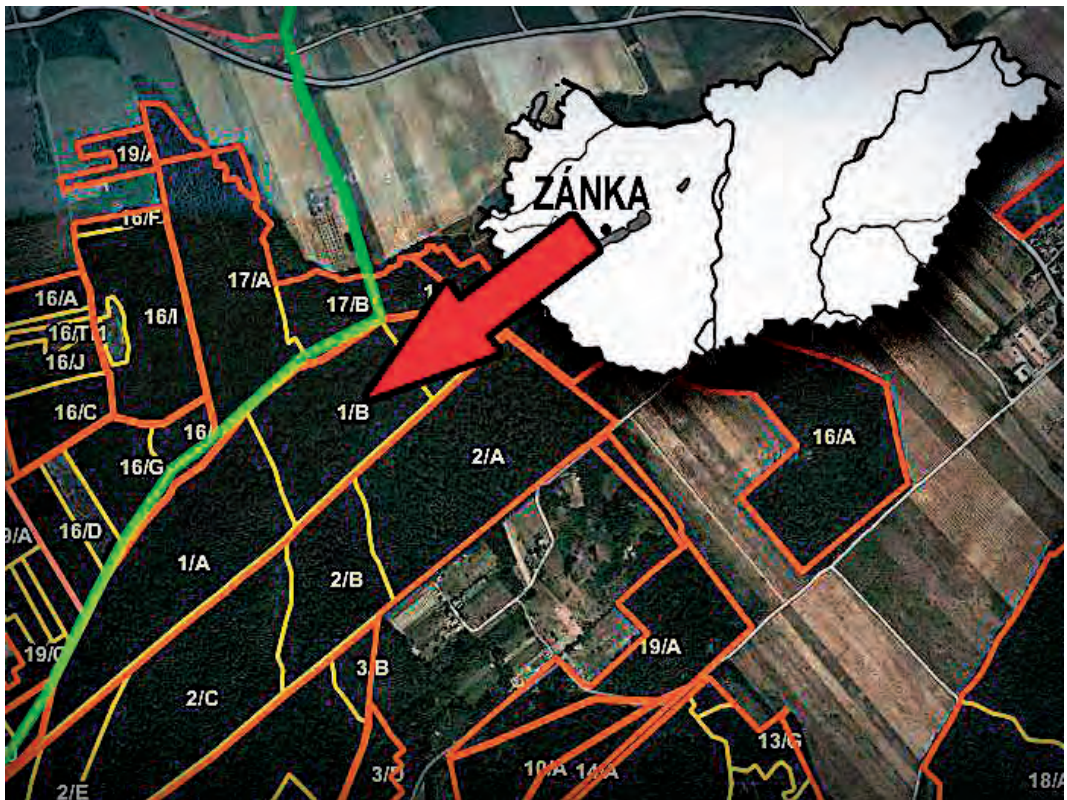
Levelező szerző/Correspondence:

Andrési Dániel, H-9400 Sopron, Ady E. u. 5.; e-mail: andresi.daniel@gmail.com

BEVEZETÉS

Az utóbbi évek erdészeti gyakorlatában a 2009. évi XXXVII. erdőtörvény hatására egyre elterjedtebben alkalmazzák a természetközeli erdőgazdálkodási módszereket (pl. lékes felújítás, szálalás), melyek alkalmazása során fontos kritérium az erdők természetes felújítása (Solymos 2000, Koloszar 2010). Néhány terület florisztikai és faunisztikai vizsgálata több pályázat (pl. TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004) keretén belül folyik.

Felméréseinket 2013-ban április és november között végeztük Zánka (Veszprém megye) község határában (1. ábra). Zánka a Dunántúli-középhegység erdészeti tájon belül a Balaton-felvidék középtájon található (Halász 2006). A természetföldrajzi tájbeosztás szerint a Balaton-felvidék a Bakony területének a része (Papp 1968). A területre nagy kiterjedésű xerotherm növénytakarások jellemzők (Tóth 1973). A felmérést a Bálint-hegyi Erdőbirtokossági Társulat területén, a Zánka 1B szálaló üzemmódú cseres-kocsánytalan tölgyes erdőrészletben végeztük (Siffer 2012).



1. ábra: A vizsgálati terület (alaptérkép: erdoterkep.nebih.gov.hu).

Figure 1: The surveyed area (basic map: erdoterkep.nebih.gov.hu).

A különböző erdőállományok futóbogár-együttesének vizsgálata meghatározó, mivel a futóbogarak jelentős indikátor szerepet töltenek be (Szél és Kutasi 2005). A futóbogarak, valamint azokon belül elsősorban az erdei specialista fajok érzékenyen reagálnak a környezeti és az antropogén hatásokra (Lövei és Sunderland 1996, Balogné és mtsai 2000, Magura 2011, 2013). A természetközeli erdőgazdálkodási módszerek futóbo-

gár-együttesekre gyakorolt hatása ma még alig ismert. A futóbogarak és a lékek kapcsolatát külföldön lucos állományokban vizsgálták (Koivula és Niemelä 2003), hazánkban ilyen jellegű kutatások még nem történtek. A lékek nyitásával eltérő mikroklimatikus viszonyok alakulnak ki az erdővel borított területen. A lékek méretétől függően változnak a fény- és nedvességviszonyok (Kollár 2013). A fényviszonyok megváltozása jelentősen befolyásolhatja a terület növényzetét, valamint az állatvilág és ezen belül a futóbogarak megjelenését és életmódját.

Kutatásunk során az egyik legnagyobb bogárcsaládot, a futóbogárfélék (*Carabidae*) családját vizsgáltuk (Merkl és Vig 2009). A világon eddig leírt fajok száma eléri a 40 000-et (Erwin 1985, Lövei 2008, Merkl és Vig 2009, Szél 2011), hazánkban eddig 534 fajukat gyűjtötték (Merkl és Vig 2009, Szél 2011). A köztudattal ellentétben a futóbogárfajok jelentős része vegyes táplálkozású (Merkl és Vig 2009).

A Bakonyban előforduló futóbogárfajokat több forrás is megemlíti (Tóth 1973, Kutasi 2009). Tóth (1973) alapvetése 330 fajt ír le a területről, míg Kutasi 2009-ben 60 fajjal többet, összesen 390 fajt említ. A szűkebben vett vizsgálati területen, a Balaton-felvidéken leírt fajok száma 237 faj (Tóth 1973).

Célunk volt felmérni a Zánka 1B szálaló üzemmódú cseres-kocsánytalan tölgyes egy lékének futóbogár faunáját, havi szinten vizsgálni a faj- és egyedszámban történő változásokat, valamint a dominanciaviszonyokat. Ezen felül a fontosabb struktúra-paraméterekkel (diverzitás, kiegyenlítettség) értékelni akartuk a lék, a lékszegély, a faállomány, és üde állományrész jellemzőit.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A felmérések során talajcsapdázást végeztünk (Barber 1931). A csapdákat a Zánka 1B szálaló üzemmódú, száraz cseres-kocsánytalan tölgyes erdőrésztlet egy korábban kialakított lékébe helyeztük ki (Siffer 2012). A talajcsapdázás a földfelszínen élő ízeltlábúak kedvelt és ismert csapdázási módszere (Barber 1931), valamint a futóbogarak (*Carabidae*) közösségi monitorozásának egyik legfőbb eszköze (Merkl és Kovács 1997). A módszer segítségével hatékonyan tanulmányozhatóak az imágók, míg a lárvák ökológiájának vizsgálatára kevésbé alkalmas (Lövei és Sunderland 1996).

Összesen 10 talajcsapdát helyeztünk ki 2013 tavaszán a területre. Csapdázásaink során 0,5 literes műanyag poharakat használtunk, az időhatékonyság érdekében dupla pohárral, így csak a belsőt kellett kicserélni az ürítések során (Kádár és Samu 2006). Ölő- és konzerváló folyadékként 2 dl ecetsav 10 tömegszázalékos oldatát használtuk, melynek előnye a többi vegyülettel szemben, hogy nem mérgező, így természetvédelmi szempontból is elfogadottabb, valamint könnyű a beszerzése (Woodcock 2005, Kádár és Samu 2006). Az ecetsav további előnye egyéb vegyületekkel szemben, hogy távol tartja a vadat, ugyanakkor bizonyos *Carabidae* fajokra túlgyűjt (Woodcock 2005, Kádár és Samu 2006).

A poharak szája fölé műanyag védőtetőket helyeztünk, melyek a talajfelszíntől 3-4 cm-re voltak (Woodcock 2005). Ezzel a tetőmagassággal a nagyobb futrinkafajok csapdázása is lehetséges. A tető véd a csapadéktól, a napfénytől, valamint a kisebb emlősök és madarak csapdakifosztásától. A tetők alátámasztását 3 db földbe-szúrt dróttal oldottuk meg.

A talajcsapdák közül 8 db-ot a lék közepén átmenő transzekt mentén helyeztünk el, melyekből 4 db található a lékben, 2 db a lékszegélyen és 2 db a zárt erdőben. Valamint további két csapdát helyeztünk el ugyanazon erdőrésztlet egy üde foltjában. A lékben lévő csapdákat további két részre osztottuk, két csapda tartozik a lék északi részéhez, valamint két csapda a lék déli részéhez. A csapdák ürítése április és november között 8 alkalommal, havi rendszerességgel történt. A minták laboratóriumba történő szállítását követően kiválogattuk a futóbogarakat és alkoholos tárolóedényekben a további feldolgozásig konzerváltuk. Ezután következett a határozás Húrka (1996) műve alapján. Rendszertani besorolásuk Müller-Motzfeld (2004), valamint Nagy és mtsai (2004) műveit követi.

Összesítettük az egyes ürítési időpontokban fogott faj- és egyedszámot. Vizsgáltuk a dominanciaviszonyokat az összes fogott fajra, valamint az egyes élőhelyeken fogott fajokra viszonyítva. A dominancia viszonyoknál Scherdtfefer (1977) kategóriarendszerének kissé módosított változatát használtuk. Scherdtfefer a következő kategóriákat különítette el: eudomináns (- 10%), domináns (5-10 %), szubdomináns (2-5 %), recens (1-2 %), szubrecens (1 % -). A nomenklatúrai félreérthetőség végett a recens helyett a ritka, a szubrecens helyett pedig a szórványos kategóriát alkalmaztuk.

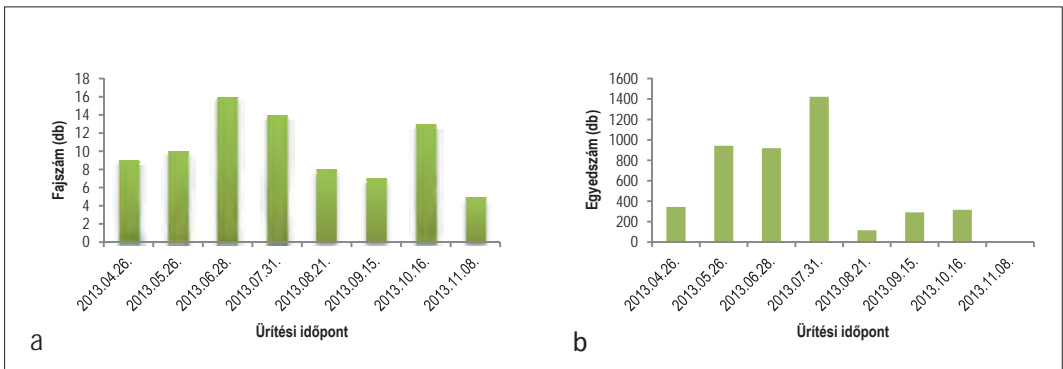
Ezen felül a fajokat faunaelemek szerint is csoportosítottuk, Tóth (1973) és Müller-Motzfeld (2004) besorolása alapján.

Különböző közösség-ökológiai mutatókkal végeztük el a lékben, a lékszegélyben és az erdőállományban található talajcspadák anyagának összehasonlító vizsgálatát. A diverzitásindexek közül a Shannon és Weaver (1949) által leírt formulát (H_s) használtuk. Az egyenletességre - vagy más néven a kiegyenlítettségre (Pielou 1966) - a közösséget alkotó fajok egyes élőhelyeken belüli eloszlására lehet következtetni. A közösségdominancia-index (KDI) megmutatja, hogy hány százaléka az összdominanciának a dominancia-sorrendben elől álló két faj dominanciaösszege (Krebs 1978).

A közösségek hasonlóságának mérésére a Bray-Curtis-indexet használtuk (Bray és Curtis 1957), mely alapján hierarchikus klaszter-analízist is végeztünk. A Bray-Curtis-index előnye, hogy más hasonlósági indexekkel szemben mennyiségi szempontokat is figyelembe vesz.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITÁSUK

Vizsgálataink során a Balaton-felvidéken leírt 237 fajból 20 fajt fogtunk. A 8 ürítés alatt 20 faj 4357 egyedét határoztuk meg. Az ürítéseket közel havi rendszerességgel végeztük el, a csapdák ürítése a következő időpontokban történt meg: 2013. 04. 26., 2013. 05. 26., 2013. 06. 28., 2013. 07. 31., 2013. 08. 21., 2013. 09. 15., 2013. 10. 16. és 2013. 11. 08. Az egyes ürítési időpontok faj- egyedszámra vonatkozó fogási eredményét a 2. ábra mutatja.



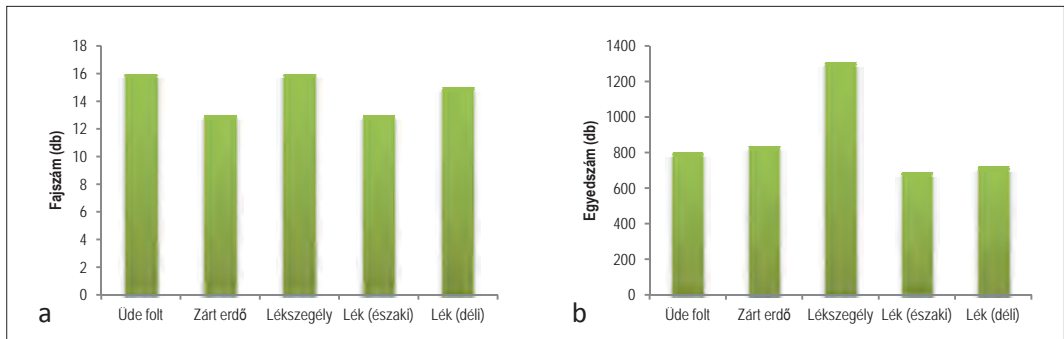
2. ábra: Csapdázási eredmények: a – fajszám szerint; b – egyedszám szerint
Figure 2: Trapping results: a – number of species; b – number of individuals

A legtöbb fajt (16 faj) a 2013. 06. 28-án történt ürítést követően határoztuk meg. A fajszám esetén megfigyelhető, hogy a legnagyobb fajszámot elérve csökken, majd a 2013.10. 16-án történt ürítés során növekszik. Ez azzal magyarázható, hogy bizonyos fajok őszi szaporodásuk és ekkor jelennek meg nagyobb számban. Ezzel szemben a legnagyobb egyedszám (1422 db) a 2013. 07. 31-én történt ürítéskor volt. Addig növekszik, majd azt követően hirtelen csökken az egyedek száma. A 2013. 08. 21-én történt ürítést követően ismét kis-

mértékben növekszik az egyedszám. A legalacsonyabb faj- és egyedszámot a 2013. 11. 08-án történt őrítés során kaptuk, ez azzal magyarázható, hogy a fajok jelentős része feltételezhetően már a telelőhelyén tartózkodott.

A csapdák összehasonlítása során elkülönítettük az üde foltban, a zárt erdőben, a lékszegélyben, valamint a lékben található csapdákat.

A 3. ábra a különböző élőhelyeken elhelyezett csapdák fogott faj- és egyedszámát mutatja be. A legtöbb fajt az üde foltban (16 faj) és a lékszegélyben (16 faj) csapdáztuk, míg a legkevesebb fajt a zárt erdőben (13 faj) és a lék északi részén (13 faj) található csapdákkal fogtuk. Az egyedszámot vizsgálva megállapítható, hogy a lékszegélyben (1308 db) volt a legtöbb egyed, míg a legkevesebb a lék északi részén (690 db).



3. ábra: Az egyes élőhelyeken fogott futóbogarak száma: a – fajszám szerint; b – egyedszám szerint
 Figure 3: The number of collected ground beetles in each habitats: a – number of species; b – number of individuals

A különböző helyeken elhelyezett csapdákkal fogott összesített egyedszámot és a dominanciát az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat: A csapdázott futóbogárfajok összesített egyedszáma és dominanciája az egyes élőhelyeken
 Table 1: The cumulate number of ground beetle specimens and the dominance in each habitats

Faj	Üde folt		Zárt erdő		Lékszegély		Lék É		Lék D	
	E (db)	D %	E (db)	D %	E (db)	D %	E (db)	D %	E (db)	D %
<i>Brachinus crepitans</i> (Linnaeus, 1758)	–	0	–	0	–	0	1	0,14	–	0
<i>Calosoma inquisitor</i> (Linnaeus, 1758)	104	12,95	43	5,15	220	16,82	103	14,93	76	10,54
<i>Calosoma sycophanta</i> (Linnaeus, 1758)	5	0,62	1	0,12	221	16,90	120	17,39	160	22,19
<i>Carabus convexus convexus</i> (Fabricius, 1775)	283	35,24	419	50,18	386	29,51	202	29,28	160	22,19
<i>Carabus coriaceus coriaceus</i> (Linnaeus, 1758)	22	2,74	18	2,16	39	2,98	31	4,49	37	5,13
<i>Carabus germari exasperatus</i> (Duftschmid, 1812)	–	0	1	0,12	1	0,08	–	0	3	0,42
<i>Carabus hortensis hortensis</i> (Linnaeus, 1758)	19	2,37	20	2,40	39	2,98	32	4,64	28	3,88



Faj	Üde folt		Zárt erdő		Lékszegély		Lék É		Lék D	
	E (db)	D %	E (db)	D %	E (db)	D %	E (db)	D %	E (db)	D %
<i>Carabus intricatus intricatus</i> (Linnaeus, 1761)	2	0,25	–	0	1	0,08	–	0	–	0
<i>Carabus nemoralis nemoralis</i> (O. F. Müller, 1764)	220	27,40	169	20,24	203	15,52	80	11,59	113	15,67
<i>Leistus rufomarginatus</i> (Duftschmid, 1812)	4	0,50	2	0,24	1	0,08	–	0	–	0
<i>Notiophilus rufipes</i> (Curtis, 1829)	11	1,37	10	1,20	1	0,08	1	0,14	1	0,14
<i>Pterostichus melas</i> (Creutzer, 1799)	2	0,25	–	0	7	0,54	7	1,01	4	0,55
<i>Abax parallelepipedus</i> (Piller et Mitterpacher, 1783)	116	14,45	149	17,84	127	9,71	70	10,14	109	15,12
<i>Platyderus rufus</i> (Duftschmid, 1812)	2	0,25	–	0	–	0	–	0	–	0
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	4	0,50	1	0,12	1	0,08	1	0,14	1	0,14
<i>Amara saphyrea</i> (Dejean, 1828)	–	0	–	0	–	0	–	0	1	0,14
<i>Harpalus atratus</i> (Latreille, 1804)	1	0,12	1	0,12	6	0,46	5	0,72	6	0,83
<i>Harpalus rufipes</i> (DeGeer, 1774)	7	0,87	1	0,12	54	4,13	37	5,36	21	2,91
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer, 1796)	–	0	–	0	1	0,08	–	0	1	0,14
<i>Ophonus laticollis</i> (Mannerheim, 1825)	1	0,12	–	0	–	0	–	0	–	0
Összesen	803	100	835	100	1308	100	690	100	721	100

Jelmagyarázat: E: egyedszám, D %: dominancia

A *Carabidae* családon belül legnagyobb fajszámmal a *Carabini* nemzetség képviselte magát 8 fajjal. Valamennyi mintaterületen a kis selymes futrinka (*C. convexus convexus*) fordult elő legnagyobb egyedszámmal (1450 db). A lék déli részén lévő csapdákból a selymes futrinka mellett az aranyos bábrabló (*C. sycophanta*) is hasonló egyedszámmal volt jelen. A 8 csapdaürítés során mindig előkerült a *C. coriaceus coriaceus* és a *C. nemoralis nemoralis*.

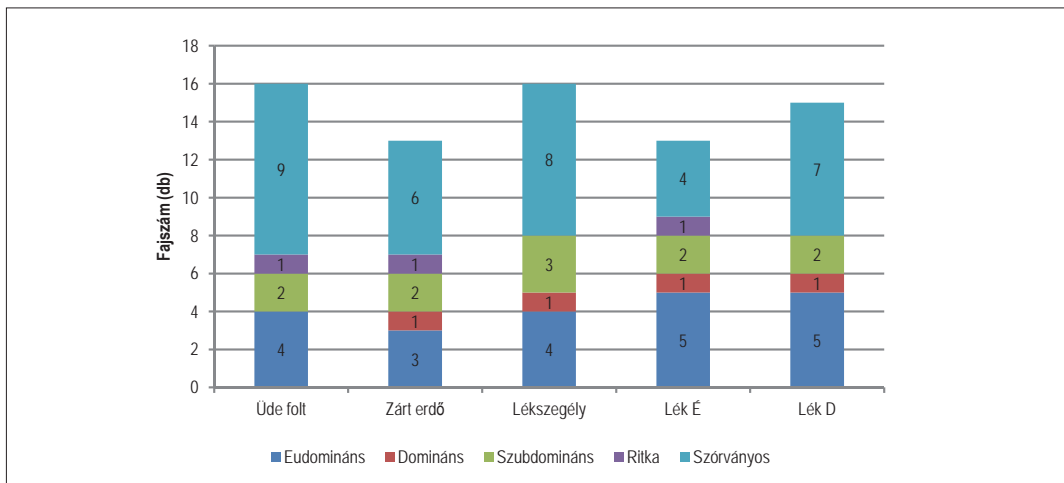
A dominancia viszonyokat vizsgáltuk az összes fajra viszonyítva. A fogott fajok közül 5 faj (*C. convexus convexus*, *C. nemoralis nemoralis*, *A. parallelepipedus*, *C. inquisitor*, *C. sycophanta*) eudomináns, 3 faj (*C. coriaceus*, *C. hortensis*, *H. rufipes*) szubdomináns és a fennmaradó 12 faj szórványos volt a területen. A domináns és a ritka kategóriába egy faj sem tartozott.

Az összes faj dominancia viszonyán felül vizsgáltuk az egyes élőhelyek dominancia viszonyát is (4. ábra). Ez alapján elmondható, hogy az üde foltban 4 faj (*C. convexus convexus*, *C. nemoralis nemoralis*, *C. sycophanta*, *A. parallelepipedus*) eudomináns volt. A zárt erdőben 3 faj (*C. convexus convexus*, *C. nemoralis nemoralis*, *A. parallelepipedus*) sorolható az eudomináns kategóriába. A lékszegélyben 4 faj (*C. convexus convexus*, *C. sycophanta*, *C. inquisitor*, *C. nemoralis nemoralis*) volt eudomináns. A lék északi és déli részében a következő 5 faj volt eudomináns: *C. convexus convexus*, *C. sycophanta*, *C. inquisitor*, *C. nemoralis*

nemoralis, *A. parallelepipedus*. Az élőhelyekről elmondható, hogy az eudomináns fajokon belül a legnagyobb dominanciával a *C. convexus convexus* fordult elő, kivéve a lék déli részét, ahol a *C. sycophanta* hasonlóan magas dominanciával (22,19 %) volt jelen. A *C. convexus convexus* fajra a legnagyobb dominancia értéket a zárt erdő esetén kaptuk, itt 50,18 % volt a gyakorisága. A *Carabus*-genus dominanciaviszonyait Tóth (1973) alapvetésében vizsgálta. A Balaton-felvidéken a *C. coriaceus*-ra kapott magas értéket. Kutasi (2001) a Csátár-hegy és környékén egy lejtőssztyepp vizsgálata során magas, 75 %-os dominanciaértéket kapott a *C. coriaceus coriaceus*-ra.

A Zánka környéki száraz, savanyú cseres-tölgyesek futóbogár-együtteséről nincsenek átfogó ismereteink. A Bakony más területeiről több publikáció is foglalkozik a tölgyesek futóbogár faunájával. Kutasi (2001) az Északi- és a Déli-Bakony határán fekvő Csátár-hegy és környékének futóbogár-együttesét vizsgálta. A több különböző élőhelyet érintő kutatás során a mészkedvelő tölgyesben 3 talajcspada működött, melyben 11 fajt fogott. A 11 fogott fajból 8 faj a zánkai csapdázások során is előkerült. Kutasi (2000) a Pannonhalmi Tájvédelmi Körzet futóbogár-együttesének vizsgálata során cseres-tölgyesekben az általunk csapdázott 20 fajból 13 fajt mutatott ki. A Macskalik-tető száraz cseres-tölgyesében 21 fajt csapdázott, domináns faj egy általunk nem fogott faj a *Laemostenus terricola* (Herbst, 1787), mely csaknem 30 %-os gyakoriságú volt a területen. Az általunk kis egyedszámban fogott *C. fuscipes* pedig domináns volt. Itt a vizsgálatok 5 db talajcspadával történtek.

Bizonyos fajok esetén elmondható, hogy a nyílt élőhelyeken nagyobb gyakorisággal fordultak elő (*C. sycophanta*, *H. rufipes*), mint a zárt erdőben és az üde foltban. Ezzel szemben a *N. rufipes* a zárt erdőben és az üde foltban fordult elő nagyobb gyakorisággal.



4. ábra: Az egyes élőhelyek dominanciaviszonyai.

Figure 4: The dominance of the habitats.

Az általunk talált futóbogarak élőhelyigényei általában jól tükrözik a szakirodalomban leírtakat.

Az üde foltban jelent meg a lapos rótfutó (*P. rufus*), mely erdőkben és nyílt társulásokban, legtöbbször üde, nedves élőhelyeken él (Nagy és mtsai 2004). Tóth (1973) a Bakonyban kevert állományú tölgyesekben írta le. Kutasi (2000) a Pannonhalmi Tájvédelmi Körzetben cseres-tölgyesben, gyertyános-tölgyesben, patakparton csapdázta.

Az erdei bársonyfutót (*O. laticollis*) szintén az üde foltban fogtuk, a faj országszerte elterjedt, de csak szórányos előfordulású, erdőkben él és többnyire üde nedves élőhelyeken fordul elő (Nagy és mtsai 2004). Nagy és mtsai (2004) Tömörd környékén cseres-tölgyesben csapdázták. Szél és Kutasi (2003) Tihany környékén sásos-fűzes élőhelyen mutatta ki.



Feltételezhetően a lékeknek köszönhetően jelent meg a nagy pöfögőfutrinka (*B. crepitans*), mely a könnyen felmelegedő helyeket kedveli (Nagy és mtsai 2004). Tóth (1973) erdőszegélyeken, réteken és kertekben írta le a Bakonyban. Szél és Kutasi (2003) Tihany környékén gyepekben és mezőgazdasági ültetvényekben csapdázták.

Az azúrkék közfutót (*A. saphyrea*) szintén csak a lékben fogtuk. Ez a faj melegkedvelő erdőkben és erdőszéleken él (Nagy és mtsai 2004). Tóth (1973) napos erdőszegélyeken írta le. Kutasi (2000) a Pannonhalmi Tájvédelmi Körzet területén cseres-tölgyesben és szántószélen csapdázta.

A lomha fémfutó (*H. tardus*) hazánkban gyakori faj, mely elsősorban nyílt növénytársulásokban él (Nagy és mtsai 2004), ezzel magyarázható, hogy a lékszegélyen és a lék déli részén fogtuk. Kutasi (2000) a Pannonhalmi Tájvédelmi Körzet területén cseres-tölgyesekben és szántóföldön egyaránt csapdázta.

A nagy selymesfutó (*H. rufipes*) hazánk egyik leggyakoribb futóbogárfaja, mely többnyire nyílt élőhelyeken, valamint mezőgazdasági területeken fordul elő tömegesen (Nagy és mtsai 2004). A lékszegélyen és a lékben lévő csapdáknál nagyobb egyedszámmal fogtuk, mint a zárt erdőben. Tóth (1973) zárt erdőtársulások kivételével mindenütt gyűjtötte. Kutasi (2000) a Pannonhalmi Tájvédelmi Körzet területén fűszegélyben, csapdázta, ahol domináns faj volt. Ezen kívül főleg szántóföldeken gyakori.

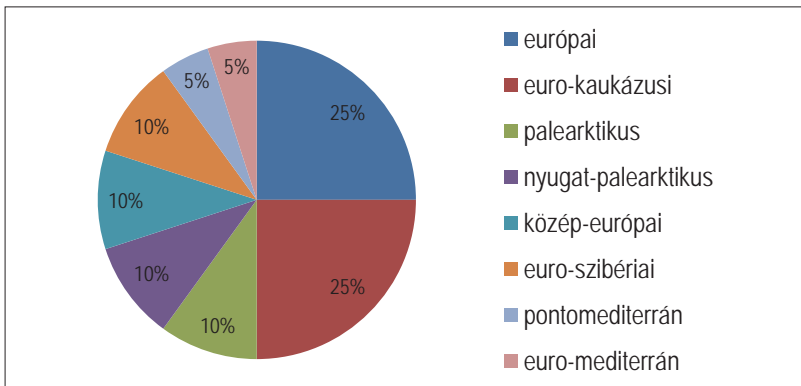
A *Carabus*-fajok éjszakai életmódot folytatnak, a nappal kövek, korhadó fák és fakérgék alatt töltik. Ezzel szemben a *Calosoma*-fajok nappali aktivitásúak, gyakran a fák törzsén vadásznak (Merkl és Vig 2009). Vizsgálatunk esetén az aranyos bábrabló (*C. sycophanta*) sokkal nagyobb egyedszámmal fordult elő a lékszegélyen és a lékben elhelyezett csapdáknál, ami elsősorban a nappali életmódjával áll összefüggésben, mivel a napsütéses, meleg időben aktív és a kora délutáni órákban mutatja a legnagyobb aktivitást (Tóth 1999).

A csapdázott 20 fajból 8 faj - a fajok 40%-a - védett. A továbbiakban röviden bemutatjuk ezeket a fajokat:

- *C. inquisitor* – kis bábrabló: Tölgyesekben és bükkösökben gyakori, időnként tömeges. Tömegesen akkor fordul elő, amikor a tölgyilonca (*Tortrix viridana* (Linnaeus, 1758)) és a nagy téliaraszó (*Erannis defliaria* (Clerck, 1759)) elszaporodik (Húrka 1996, Merkl és Vig 2009). Tóth (1973) a Balaton-felvidéken mérszékelt tölgyes állományokban tömeges fajként említi. A faj köthető a tölgyesekhez, azon belül is a meleg, fitofág rovarokban gazdag társulásokhoz. A Bakony területéről Tóth (1973) főleg tölgyesekben élő fajként említi, Kutasi (2009) listájában is megtalálható.
- *C. sycophanta* – aranyos bábrabló: Elsősorban a tölgyeseket kedveli, időnként tömeges. A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* (Linnaeus 1758)) hernyóit és bábjait fogyasztja (Tóth 1999, Merkl és Vig 2009). Tóth (1973) a Balaton-felvidéken mérszékelt tölgyes állományokban tömeges fajként említi. A faj köthető a tölgyesekhez, azon belül is a meleg, fitofág rovarokban gazdag társulásokhoz. Hernyójárásos években gyakorinak mondható (Kutasi 2001), nagymértékű előfordulása ezzel magyarázható. A Bakony területéről több helyről leírták, Tóth (1973) és Kutasi (2009) is leírta a területről.
- *C. convexus convexus* – kis selymes futrinka: Meleg száraz erdőkben fordul elő (Szél és mtsai 2007). Kutasi (2011) a Bakonyban gyakori fajként említi, Veszprém környékén tölgyesekből és bükkösökből mutatta ki. Tóth (1973) alapvetésében a Balaton-felvidéken talajzoológiai vizsgálatok során írta le, bár többnyire hűvösebb helyekhez köti. Kutasi (2009) listájában is említi.
- *C. coriaceus coriaceus* – közönséges bőrfutrinka: Az egyik leggyakoribb, hegy- és dombvidéki erdőkben élő *Carabus*-faj (Szél és mtsai 2007, Merkl és Vig 2009). Tölgyesekben és bükkösökben nagyobb egyedszámmal is megjelenhet (Kutasi 2011). Tóth (1973) alapvetésében a Balaton-felvidéken talajzoológiai vizsgálatok során különböző erdőtársulásokban írta le. Településen és kertekben is leírták (Tóth 1973, Kutasi 2011).
- *C. germari exasperatus* – dunántúli kékfutrinka: Csak a Dunántúlon fordul elő, erdőkben, nyílt élőhelyeken, kertekben és városokban egyaránt (Szél és mtsai 2007). A Bakonyban gyakori faj (Kutasi 2009, 2011). A Bakonyban lomb- és kultúrerdőkben is leírták (Tóth 1973).

- *C. hortensis hortensis* – arany pettyes futrinka: Zárt, lombos és tűlevelű erdőkben egyaránt előfordul, élőhelyein nagy mennyiségben fogható (Szél és mtsai 2007). Tóth (1973) a Balaton-felvidéken talajzoológiai vizsgálatok során elsősorban lombterdőkben írta le. A Bakonyban gyakori futóbogárfaj, Kutasi (2011) a vizsgált tölgyesek nagy részén domináns fajként említi.
- *C. intricatus intricatus* – lapos kékfutrinka: Hegy- és dombvidéki erdőkben él, sehol sem tömeges. Többnyire az avarban tartózkodik, de a nappalt korhadó fáknban, fák kérge alatt tölti, gyakran felmászik a fák törzsére (Szél és mtsai 2007, Merkl és Vig 2009). Tóth (1973) a Bakonyban főleg bükkösökben, mély hideg völgyekben írta le. A Bakonyban két eltérő élőhelyen fordul elő: bakonyi bükkösökben és száraz balaton-felvidéki tölgyesekben (Kutasi 2009, 2011).
- *C. nemoralis nemoralis* – ligeti futrinka: Hegy- és dombvidéki erdőkben él, helyenként gyakori, megszóított élőhelyei a melegkedvelő tölgyesek (Szél és mtsai 2007). Tóth (1973) a Balaton-felvidéken talajzoológiai vizsgálatok során kevert állományú lombterdőkben írta le. Kutasi (2009) listájában is említi.

A fogott futóbogárfajok faunaelemek szerinti megoszlása alapján (5. ábra) megállapítható, hogy legnagyobb arányban európai és euro-kaukázusi fajok fordulnak elő. Palearktikus, nyugat-palearktikus, közép-európai és euro-szibériai faunaelemekből 2-2 fajt csapdáztunk. A pontomediterrán és az euro-mediterrán faunaelemekből pedig 1-1 fajt fogtunk.



5. ábra: A csapdázott fajok faunaelemek szerinti megoszlása.
 Figure 5: The distribution of the fauna elements of the trapping species.

A vizsgált élőhelyek futóbogár-együtteseinek fontosabb mutatóit a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat: A vizsgált élőhelyek futóbogár-együtteseinek fontosabb karakterisztikái (S: fajszám, H(S): Shannon-Weaver diverzitás, J: kiegyenlítettség, KDI: közösségdominancia-index).

Table 2: The ground beetle assemblage characteristics in the researched habitats. (S: species number, H(S): Shannon-Weaver diversity, J: Pielou's evenness indices, KDI: community dominance indices).

	S	H _(S)	J	KDI
Úde folt	16	1,700	0,61	62,64%
Zárt erdő	13	1,409	0,55	70,42%
Lékszegély	16	1,903	0,69	46,41%
Lék (északi)	13	1,979	0,77	46,67%
Lék (déli)	15	1,991	0,74	44,38%



A Shannon-Weaver diverzitás értékei 1,409 és 1,991 között változtak. A legkisebb értéket a zárt erdő esetén, míg a legnagyobbat a lék déli részén kaptuk. Az alacsony diverzitás értékek azzal magyarázhatóak, hogy az index érzékeny a domináns fajokra. A domináns fajok egyedszáma mindegyik élőhely esetén kiugróan magas. A zárt erdőben lévő csapdák esetén 13 faj 835 egyedét írtuk le, ezek több mint fele (419) kis selymes futrinka (*C. convexus convexus*) volt. A domináns faj kiugróan magas egyedszámával és az alacsony fajszámmal magyarázható a legkisebb diverzitás érték. A lék déli részén lévő csapdákban 15 faj 721 egyedét mutattuk ki. Itt a domináns fajok egyedszáma nem volt kiemelkedően magas, valamint itt több faj is fordult elő.

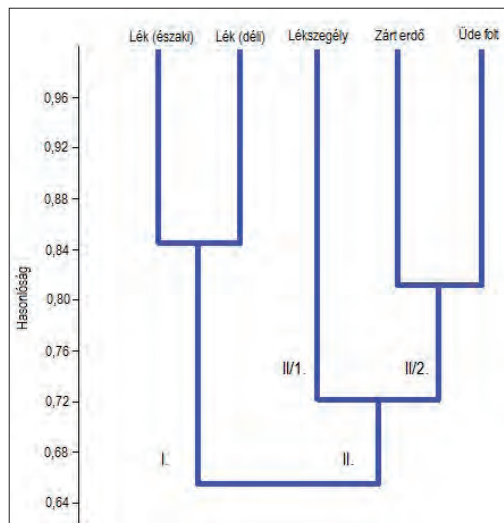
A kiegyenlítettség értékei 0,55 és 0,77 között változtak. A kisebb értékek a zárt erdő, az üde folt és a lék-szegély esetén azzal magyarázhatóak, hogy a kis selymes futrinka (*C. convexus convexus*) nagyon magas egyedszámmal jelent meg.

A közösségdominancia-index esetén magas értéket kaptunk a zárt erdő együttesében, ami az alacsony fajszámmal és a *C. convexus convexus* magas dominanciájának köszönhető. Alacsony a dominancia érték a lék déli részének együttesében, ahol a dominancia értékek kiegyenlítettebbek.

A Bray-Curtis hasonlósági index értékei a 3. táblázatban láthatóak. Legmagasabb érték (84,62%) a lék északi részén és a lék déli részén lévő csapdák között kaptuk. A legalacsonyabb érték (57,44%) a zárt erdő és a lék északi részén lévő csapdák között volt.

3. táblázat: A vizsgált élőhelyek futóbogár-együtteseinek Bray-Curtis hasonlósági indexei.
Table 3: Bray-Curtis similarity indices for between the examined habitats.

	Üde folt	Zárt erdő	Lékszegély	Lék (északi)	Lék (déli)
Üde folt					
Zárt erdő	82,07%				
Lékszegély	72,57%	71,86%			
Lék (északi)	68,72%	57,44%	68,97%		
Lék (déli)	67,72%	60,28%	70,77%	84,62%	



6. ábra: A Bray-Curtis hasonlósági indexen alapuló hierarchikus klaszter-analízis dendrogramja.
Figure 6: Agglomerative hierarchical cluster analysis dendrogram based on Bray-Curtis similarity.

A hasonlóság szemléltetésére elkészítettük a Bray-Curtis hasonlósági indexen alapuló hierarchikus klaszter-analízis dendrogramját (6. ábra). Az ábrán jól látható, hogy a lékben található csapdák (I.) jól elkülönülnek a zárt erdő, az üde folt és a lékszegély csapdáitól (II.). A II. főcsoporton belül két alcsoportot lehet elkülöníteni. Az II/1. csoportba a lékszegély, az II/2. csoportba a zárt erdő és az üde folt csapdái tartoznak.

ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásunk során 20 futóbogárfaj 4357 egyedét mutattunk ki a területről, melyek közül 8 faj védett. A legtöbb fajt (16 faj) 2013. 06. 28-án, a legtöbb egyedét 2013. 07. 31-én csapdáztuk. Eudomináns fajok a *C. convexus convexus*, a *C. nemoralis nemoralis* és az *A. parallelepipedus* voltak. A legtöbb fajt az üde foltban és a lékszegélyen lévő csapdákkal fogtuk, míg a legtöbb egyedét a lékszegélyben lévő csapdákkal. Csak az üde foltban fordult elő a lapos rőtfitó és az erdei bársonyfitó. A lékben több olyan faj jelent meg, melyek elsősorban nyílt élőhelyeken élnek. Legnagyobb arányban európai és euro-kaukázusi faunaelemekhez sorolható fajokat fogtunk.

Az ecetsav oldatos csapda a *Carabus* genus fajaira túlgyjűjtött, mivel az ecet kismértékű vonzó hatással rendelkezik. Azonban a magas nagyvadállomány miatt célszerű volt ezen csapdákat alkalmazni.

A diverzitás értékek alacsonyok voltak, mely az élőhelyek domináns fajainak kiugróan magas egyedszámával magyarázható. A klaszter-analízis dendrogramján jól elkülönülnek a lékben található csapdák a zárt erdőben, az üde foltban és a lékszegélyen található csapdáktól.

A kutatást célszerű folytatni, hogy pontosabb képet kapjunk a területen és a lékekben élő futóbogár-együttesekről.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozunk Siffer Sándornak a csapdák rendszeres ürítésében nyújtott segítségével. Továbbá szeretnénk köszönetet mondani dr. Kutasi Csabának a futóbogárfajok határozásában nyújtott segítségével.

Munkánk a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004, 'Silva naturalis A folyamatos erdőborítás megvalósításának ökológiai, konzervációbiológiai, közjóléti és természetvédelmi szempontú vizsgálata' program keretén belül valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Baloghné B.Zs.; Tóth J.; Koncz Cs.; Molnár A. és Gencsi Z. 2000: Különböző erdőfelújítási módok hatása észak-alföldi gyertyános-kocsányos tölgyes gyepszintjére, talajfaunájára és talajlakó mikroorganizmusaira. Erdészeti Lapok, 135 (5): 142-145.
- Barber, H.S. 1931: Traps for cave-inhabiting insects. Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society, 46: 259-266.
- Bray, J.R. and Curtis, J.T. 1957: An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. Ecological Monographs, 27: 325-349.
- Erwin, T.L. 1985: The taxon pulse: a general pattern of lineage radiation and extinction among carabid beetles. 437-472. In: Ball G.E. (ed.): Taxonomy, Phylogeny and Zoogeography of Beetles and Ants Junk, The Hague.
- Halász G. (szerk.) 2006: Magyarország erdészeti tájai. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest.
- Hürka, K. 1996: *Carabidae* of the Czech and Slovak Republic. Kabourek, Zlín.
- Kádár F. és Samu F. 2006: A duplaedényes talajcsapdák használata Magyarországon. Növényvédelem, 42 (6): 305-312.



- Kollár T. 2013: Lécek fényviszonyainak vizsgálata hemiszférikus fényképek segítségével. Erdészettudományi Közlemények, 3(1): 71-78.
- Kolozsár J. 2010: Erdőneveléstan. Egyetemi jegyzet, NYME, Sopron.
- Koivula, M. and Niemelä J. 2003: Gap felling as a forest harvesting method in boreal forests-responses of carabid beetles (*Coleoptera, Carabidae*). *Ecography*, 26: 179-187.
- Krebs, C.J. 1978: *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 6th ed. Benjamin Cummings, San Francisco, USA
- Kutasi Cs. 2000: Futóbogarak (*Col.: Carabidae*) a Pannonhalmi Tájvédelmi Körzetből. *Folia Musei Historico-Naturalis Bakonyiensis*, 15 („1996”): 93-100.
- Kutasi Cs. 2001: Futóbogarak (*Col.: Carabidae*) vizsgálata a veszprémi Csatár-hegyen és környékén. *Folia Musei Historico-Naturalis Bakonyiensis*, 18 („1999”): 95-104.
- Kutasi Cs. 2009: A Bakony futóbogár fajainak (*Coleoptera: Carabidae*) listája. *Folia Musei Historico-Naturalis Bakonyiensis*, 26: 21-32.
- Kutasi Cs. 2011: Védett és ritka bogárfajok (*Coleoptera*) a Várpalotai lőtér területéről. *Folia Musei Historico-Naturalis Bakonyiensis*, 28: 201-216.
- Lövei G. 2008: Futóbogarak (*Coleoptera: Carabidae*) ökológiai és természetvédelmi vizsgálata növekvő antropogén hatás időszakában. Akadémiai doktori értekezés összefoglalója. Budapest.
- Lövei, G.L. and Sunderland, K.D. 1996: Ecology and behavior of ground beetles (*Coleoptera: Carabidae*) *Annual Review of Entomology*, 41: 231-256.
- Magura T. 2011: Az urbanizáció hatása a talajfelszíni ízeltlábúakra, különös tekintettel a futóbogarakra (*Coleoptera: Carabidae*). MTA Doktori Pályázat, Doktori értekezés, Debrecen.
- Magura T. 2013: Az urbanizáció hatása a talajfelszíni ízeltlábúakra. *Az erdei specialisták hanyatlása. Élet és Tudomány*, 2013/44, 1395-1397.
- Merkli O. és Kovács T. 1997: Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer VI. Bogarak. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest.
- Merkli O. és Vig K. 2009: Bogarak a Pannon Régióban. Vas Megyei Múzeumok Igazgatósága, B. K. L. Kiadó és a Magyar Természettudományi Múzeum, Szombathely.
- Müller-Motzfeld, G. (ed.) 2004: Band 2. *Adephaga 1: Carabidae* (Laufkäfer). 2. Auflage. In: Freude, H., Harde, K.W., Lohse, G.A. and Klausnitzer, B. (eds.): *Die Käfer Mitteleuropas*. Elsevier GMBH, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg-Berlin.
- Nagy F.; Szél Gy. és Vig K. 2004: Vas megye futóbogár faunája (*Coleoptera: Carabidae*). *Praenorica, Folia historico-naturalia*, 7: 1-235.
- Papp J. 1968: A Bakony-hegység állatföldrajzi viszonyai. *A Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei*, 7: 251-314.
- Pielou, E.C. 1966: The measurement of diversity in different types of biological collection. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-144.
- Schwerdtfeger, F. 1977: *Ökologie der Tiere. Ein Lehrbuch in drei Teilen. Band I. Autökologie. Die Beziehungen zwischen Tier und Umwelt*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Shannon, C.E. and Weaver, W. 1949: *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Siffer S. 2012: Szálalás száraz tölgyesekben. 121-133. In: Gyöngyössy P. (szerk.): *Múlt és jövő IV. Tartamosság, természetszerűség, társadalmi kontroll*. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron.
- Solymos R. 2000: Erdőfelújítás és -nevelés a természetközeli erdőgazdálkodásban. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.
- Szél Gy. 2011: Futóbogár-együttesek vizsgálata a Lajta-project (Mosonszolnok) területén. Doktori (PhD) értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.
- Szél Gy. és Kutasi Cs. 2003: Tihanyi élőhelyek bogárfaunisztikai vizsgálata. *Folia Musei Historico-Naturalis Bakonyiensis*, 20: 77-106.
- Szél, Gy. and Kutasi, Cs. 2005: Influence of land-use intensity on the ground beetle assemblages (*Coleoptera: Carabidae*) in Central Hungary. 305-311. In: Lövei, G. and Toft, S. (eds.): *European Carabidology 2003. Proceedings of the 11th European Carabidologist Meeting*. DIAS Reports Plant Production 114.

- Szél Gy.; Retezár I.; Bérces S.; Fülöp D.; Szabó K. és Péntes Zs. 2007: Magyarország futrinkái. 81-106. In: Forró L. (szerk.): A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest.
- Tóth J. 1999: Erdészeti rovartan. Agroinform Kiadó, Budapest.
- Tóth L. 1973: A Bakony hegység futóbogár-alkatú faunájának alapvetése (*Coleoptera: Cicindelidae et Carabidae*). A Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei, 12: 275-351.
- Woodcock, B.A. 2005: Pitfall trapping in ecological studies. 37-57. In: Leather, S. (ed.): Insect Sampling in Forest Ecosystems. Blackwell, Oxford.

Érkezett: 2014. március 19.

Közlésre elfogadva: 2014. július 15.



Anker-araszoló

Ritka, szórványos előfordulású, déli hegyoldalak alacsonyabb régióiban, molyhos tölgy bokorerdőkben él. Egynemzedékes, a lepkék márciusban rajzanak. A nőtények szárnyatlanok. Hernyói a molyhos tölgy leveleit fogyasztják, májusban a talaj felszínéhez közel bábozódnak. Fokozottan védett, Natura 2000-es jelölőfaj.

Fotó és szöveg: Csóka György

ÉJSZAKAI NAGYLEPKÉK DIVERZITÁSÁNAK VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ KORÚ GYERTYÁNOS-KOCSÁNYTALAN TÖLGYES ERDŐÁLLOMÁNYOKBAN

Horváth Bálint és Lakatos Ferenc

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

A dolgozatban különböző korosztályokba tartozó gyertyános-kocsánytalantölgyes erdőállományok éjszakai nagylepke közösségét hasonlítjuk össze a Soproni-hegyvidéken azzal a céllal, hogy összefüggéseket keressünk a faállományok kora és a nagylepke közösségek között. Vizsgálatainkat 2012-2013-ban 15 mintaterületen március végétől november elejéig hordozható fénycsapdákkal végeztük. Az eredményeket közösségi és ökológiai paraméterek alapján értékeltük (Shannon- és Simpson-diverzitás, Pielou-féle kiegyenlítettség, közösségdominancia-index, Bray-Curtis hasonlósági index, Rényi-féle diverzitásrendezés). Eredményeink nem mutatnak egyértelmű összefüggést a vizsgált erdőállományok kora és az éjszakai-nagylepke diverzitás között. Ugyanakkor tapasztalataink szerint az erdei növényzet borítása jelentős hatással van az éjszakailepke faunára.

Kulcsszavak: Lepidoptera, fénycsapda, diverzitás-összehasonlítás, Soproni-hegyvidék

STUDY ON THE DIVERSITY OF NOCTURNAL MACROLEPIDOPTERA COMMUNITIES IN DIFFERENT AGE SESSILE OAK – HORNBEAM FORESTS

Abstract

Macrolepidoptera communities and their diversity were compared in different age sessile oak-hornbeam forests, in the Sopron Mountains. The study was carried out in 2012-2013 from the end of March until early November each year, using portable light-traps. Our goal was to find any correlation between Lepidoptera diversity and the age of the forests. We used community and ecological characteristics to determine and compare Lepidoptera assemblages (Shannon and Simpson diversity indices, Pielou's evenness indices, Community dominance indices, Bray-Curtis similarity indices, Rényi's diversity ordering). Our result did not show a direct correlation between the Macrolepidoptera diversity and forests' age. However, our conclusions support the high influence the abundance of different vegetation layers on macromoth communities.

Keywords: Lepidoptera, light-trap, diversity-comparing, Sopron Mountains

Levelező szerző/Correspondence:

Horváth Bálint, H-9400 Sopron, Ady E. u. 5., email: hbalint@emk.nyme.hu



BEVEZETÉS

Számos kutatót foglalkoztatott már, hogy mely tényezők befolyásolják a biológiai sokféleséget. A válasz igen összetett, de ismereteink alapján a növényzetnek meghatározó szerepet tulajdonítunk. Különösen igaz ez az erdei ökoszisztémákra, ahol a biodiverzitás fenntartását erősen befolyásolja a vegetáció összetétele és struktúrája (Thomas és Packham 2007; Schowalter 2011). Egy adott erdőállomány összetétele, struktúrája az idő előrehaladtával folyamatosan változik. A változásokat egyrészt a természetes erdődinamikai folyamatok, másrészt az erdészeti beavatkozások határozzák meg alapvetően. A lombkoronaszint struktúrája meghatározza a cserjeszint és az aljnövényzet összetételét és borítását (Kenderes és Standovár 2003; Spiecker 2003; Decocq és mtsai 2005; Tinya és mtsai 2009), melyek jelentős hatást gyakorolnak a herbivor szervezetekre (Horák 2011; Horváth 2013; Regnery és mtsai 2013; Summerville és mtsai 2013).

A növényevő állatok legnagyobb részét a rovarok alkotják, amelyek sok esetben speciális környezeti feltételekhez adaptálódtak (pl.: tápnövény-specialisták). Mivel többségük igen gyorsan reagál környezetük változására, alkalmasak lehetnek, hogy a biológiai sokféleség indikátorai legyenek (Wood és Storer 2003; New 2009; Park és mtsai 2009). Az erdei ökoszisztémák egyik legfontosabb rovarcsoportját a lepkék képezik (Summerville és mtsai 2013), melyek közül a mérsékeltövi erdei ökoszisztémákban elsősorban az éjszakai lepkék szerepe meghatározó (Scoble 1992; Schmitt 2003).

Jelen munkánkban különböző korosztályú gyertyános-kocsánytalantölgyes erdőállományok lepkéközösségét hasonlítottuk össze. Célunk az éjszakai-nagylepke-diverzitás és az erdők korosztályviszonyai közötti kapcsolatok meghatározása volt. Feltételezésünk szerint az éjszakai nagylepkék diverzitása változik az erdő korával.

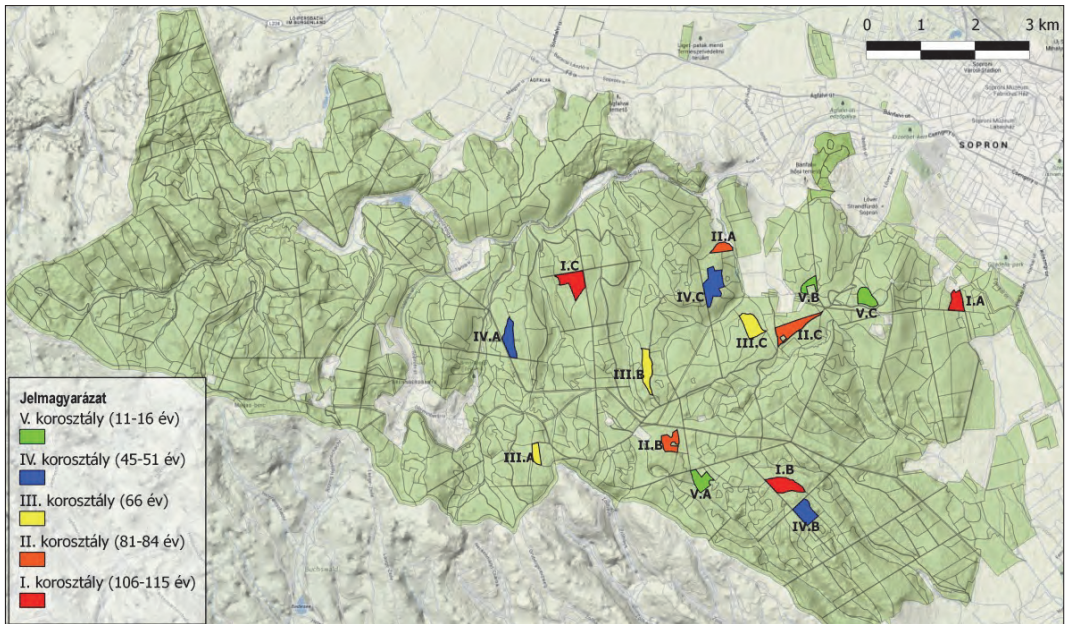
ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati terület

A vizsgálatot az 5400 ha kiterjedésű Soproni-hegység kistájban végeztük, melyben az erdős területek aránya magas, közel 90% (Dövényi 2010). Az Alpok keleti nyúlványát képező Soproni-hegység ennél jóval nagyobb, mintegy 18500 ha, de megközelítőleg 2/3-a Ausztria területén fekszik. A 12-13. századtól intenzív erdőhasználat volt jellemző a területre, elsősorban tűzifa és épületfa nyeres céljából, ami hosszútávon az erdők túlhasználatahoz vezetett. Az 1850-es évek után a leromlott sarjerdők feljavítása érdekében nagy területű átalakítás kezdődött (Szmorad 2011), melyben jelentős szerepet kaptak a fenyők is. A lombhullató erdők aránya csak az 1980-as évek után kezdett ismét növekedni, amihez a lucosokban bekövetkezett nagyarányú pusztulás is hozzájárult (Lakatos 1997). Ennek köszönhetően a Soproni-hegyvidék erdőállományainak fajokösszetétele napjainkban is folyamatosan változik (Szmorad 2011).

Mintavételi pontjainkat a hegység magyarországi oldalán jelöltük ki (1. ábra). A vizsgálathoz 5 különböző korcsoportba tartozó gyertyános-kocsánytalantölgyes erdőállományt választottunk, korosztályonként 3-3 (összesen 15) mintaterülettel (korosztályok: I.: 106-115 év; II.: 81-84 év; III.: 66 év; IV.: 45-51 év; V.: 11-16 év) (1. táblázat). A mintaterületek domináns faja a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea agg.*). Az erdészeti üzemterv alapján, a lombkoronaszint jellemző elegyfajai mintaterületenként eltérő arányban a fenyőfélék (*Pinus sylvestris*, *Larix decidua*, *Picea abies*), illetve szálanként előfordulnak más lombos fajok is (*Fagus sylvatica*, *Betula pendula*, *Cerasus avium*, *Castanea sativa*, *Tilia cordata* és *Acer campestre*).

A mintaterületek kijelölésekor figyelemmel voltunk a fenyőfélék minél alacsonyabb elegyarányára, illetve arra, hogy a vizsgálat ideje alatt erdészeti beavatkozás ne történjen az adott erdőállományokban.



1. ábra: A mintavételi területek elhelyezkedése a Soproni-hegyvidéken. Készült: Google Physical layer felhasználásával.
 Figure 1: Sampling sites in the Sopron Mountains. Made using Google Physical layer.

1. táblázat: A vizsgált erőrészek fontosabb adatai.
 Table 1: The most important characteristics of the sampled forest stands.

Korosztály	Mintaterület	Tag	Részlet	Kor	Terület (ha)	Kitettség	Tszfm (m)	KTT (%)
	I./A	79	A	115	3,4	K	300	90
I.	I./B	99	G	109	6,2	K	400	100
	I./C	125	D	106	6,8	Ny	500	85
	II./A	114	A	81	2,4	Változó	300	82
II.	II./B	107	F	84	4	K	500	87
	II./C	90	C	82	6,6	K	400	84
	III./A	130	D	66	2,3	K	500	95
III.	III./B	110	J	66	5,2	Változó	400	86
	III./C	113	F	66	5,4	Változó	400	94
	IV./A	134	B	49	5	Ny	400	78
IV.	IV./B	100	A	45	5,1	K	400	92
	IV./C	114	E	51	3,8	Ny	500	96
	V./A	103	G	11	4,2	Ny	500	72
V.	V./B	88	F	15	2,1	Változó	400	74
	V./C	85	P	16	4,2	É	400	59



Vizsgálati módszer

A kutatás a pozitív fototaxisú éjszakai nagylepkékre terjedt ki, melyeket hordozható fénycsapdákkal vizsgáltunk 2011-2012-ben, március végétől november elejéig. A mintavételi időpontok kijelölésekor figyelembe vettük a hazai éjszakai lepké-fauna szezonálisát, illetve kerültük a heves esőket. Évente 15 mintavételt végeztünk (összesen 30 mintavétel), mintaterületenként 2 csapda használatával (összesen 60 minta/mintaterület). A csapdákat a talajszintre helyeztük, mindig azonos helyre, minimum 30 m távolságra egymástól. Mivel a vizsgálati területet többnyire egybefüggő erdőtakaró borítja, nem zárható ki a mintaterületekkel szomszédos erdőrészekből származó lepkék jelenléte a gyűjtött mintákban. Ennek mérséklésére a csapdákat a lehető legnagyobb távolságra helyeztük a vizsgált erdőrészlet határaitól. A mintaterületek és a csapdák magas száma miatt nem volt lehetséges minden erdőrészletet azonos napokon vizsgálni. Ezért egy mintavétel két egymást követő éjszakán történt. Az azonos korosztályba tartozó erdőket mindig egy időben vizsgáltuk. Ennek megfelelően az I., III. és IV. korosztályba tartozó erdőkben a mintavétel első napján, míg a II. és V. korosztályba sorolt erdőkben a második napon gyűjtöttünk. A csapdák 3 W-os UV LED-fényforrással (max. hullámhossz: 400-410 nm) és 4,5 V-os akkumulátorral üzemeltek. A megfigyelések szerint a rovarok eltérő intenzitással vonzódnak a különböző mesterséges fényforrásokhoz (Nowinszky és Ekk 1996; Puskás és Nowinszky 2011; Pintérné 2013), aminek oka az adott fényforrások hullámhossza. Ismereteink alapján az éjszakai lepkék intenzívebben reagálnak a rövid hullámhosszú fényre (ultraibolya – UV), mint a hosszabb hullámhossz-tartományra (Nowinszky és mtsai 2003; Nation 2008). Ez az oka, hogy az UV-fényű csapdák a legelterjedtebb eszközei az éjszakai lepké-közösségek megfigyelésének (Summerville és Crist 2003). Az eltérő teljesítményű – de azonos spektrális összetételű – mesterséges fényforrások különböző távolságból vonzzák a lepkéket. Ezt a távolságot nehéz pontosan megállapítani, a fény terjedését és a fénycsapda határfokát számos környezeti tényező befolyásolja (Nowinszky és mtsai 2003; Nowinszky 2007). Tapasztalatok szerint egy 15 W-os UV-fényforrásra 20 méteres távolságon túl már csak kis mértékben reagálnak az éjszakai lepkék (Truxa és Fiedler 2012). Ezek alapján feltételezzük, hogy az általunk használt 3 W-os UV-fényforrás gyűjtési távolsága <20 m.

A mintavételek napnyugtától napkelteig tartottak. A csapdák által gyűjtött lepkéket etil-acetáttal elkábítottuk, majd a határozásig fagyasztóban tároltuk.

A legtöbb egyed határozását makro-morfológiai bélyegek alapján végeztük. Kivételt képeztek az *Eupithecia* és *Mesapamea* fajok, illetve az erősen sérült szárnyú egyedek, melyeket az ivarszervek vizsgálata segítségével azonosítottunk.

A kiértékelés módszerei

A gyűjtött mintákat közösségi és ökológiai paraméterek alapján elemeztük: fajgazdagság, abundancia-viszonyok, Shannon diverzitás (Shannon és Weaver 1949), Simpson diverzitás (Simpson 1949), kiegyenlítettség (Pielou 1966), közösségidominancia-index (KDI), Bray-Curtis hasonlósági index, illetve diverzitás összehasonlítások. A közösségidominancia-index egy egyszerű karakterisztika, amely megmutatja, hogy a dominancia-sorrend első két fajának dominanciaösszege hány %-a az összdominanciának (Krebs 1978). A Bray-Curtis hasonlósági index a jelenlét-hiány és abundancia adatok alapján hasonlítja össze a mintákat (Bray és Curtis 1957).

A mintavételek számának megfelelőségét a megfigyelt fajsám növekedési ütemével jellemezhetjük, melyet a fajakkumulációs görbék (sample rarefaction) ábrázolnak (Colwell és mtsai 2004). A fajsám várható növekedési ütemét a mintaszám növelése mellett a Michaelis-Menten extrapolációs modell alapján ($y=ax/(b+x)$) ábrázoltuk (Raaijmakers 1987).

A megfigyelt lepkéfajok gyakoriságát a rang-abundancia diagramok szemléltetik, amiket az illeszkedés-vizsgálat eredményei alapján ($p<0,05$) logaritmikussal ábrázoltunk (Krebs 1989).

A diverzitások összehasonlítását Rényi-féle diverzitási rendezéssel (Tóthmérész 1997) végeztük el. A módszer különböző diverzitás-családok grafikus ábrázolásán alapszik. Egy közösség akkor diverzebb a másiknál, ha a profilja a másiké fölött fut. Abban az esetben, ha a diverzitás-profilok metszik egymást, az összehasonlított közösségek diverzitás szempontjából nem rangsorolhatók egyértelműen (Tóthmérész 1995).

Mivel a vizsgálat célja a különböző korú faállományok összehasonlítása volt, az elemzéseket a korosztályonként átlagolt adatokon végeztük. A mintákat a Past statisztikai program (Paleontological Statistic Software 2.17) segítségével elemeztük (Hammer és mtsai 2001).

EREDMÉNYEK

A vizsgálat során 509 éjszakai nagylepke faj 55 771 egyedét detektáltuk. Az átlagolt fajszámok alapján legtöbb fajt a II. korosztályban figyeltünk meg, ezt követték a IV., III., I. és V. korosztályok. Az egyedszám és a fajszám között nem találtunk összefüggést. A legmagasabb egyedszám a IV. korosztályban fordult elő, majd a III., II., I. és V. korosztály következett. A diverzitási indexek szintén eltérő eredményt mutattak. Míg a Shannon diverzitás értéke a II. korosztályban, addig a Simpson-féle diverzitásé az V. korosztályban volt a legmagasabb (2. táblázat).

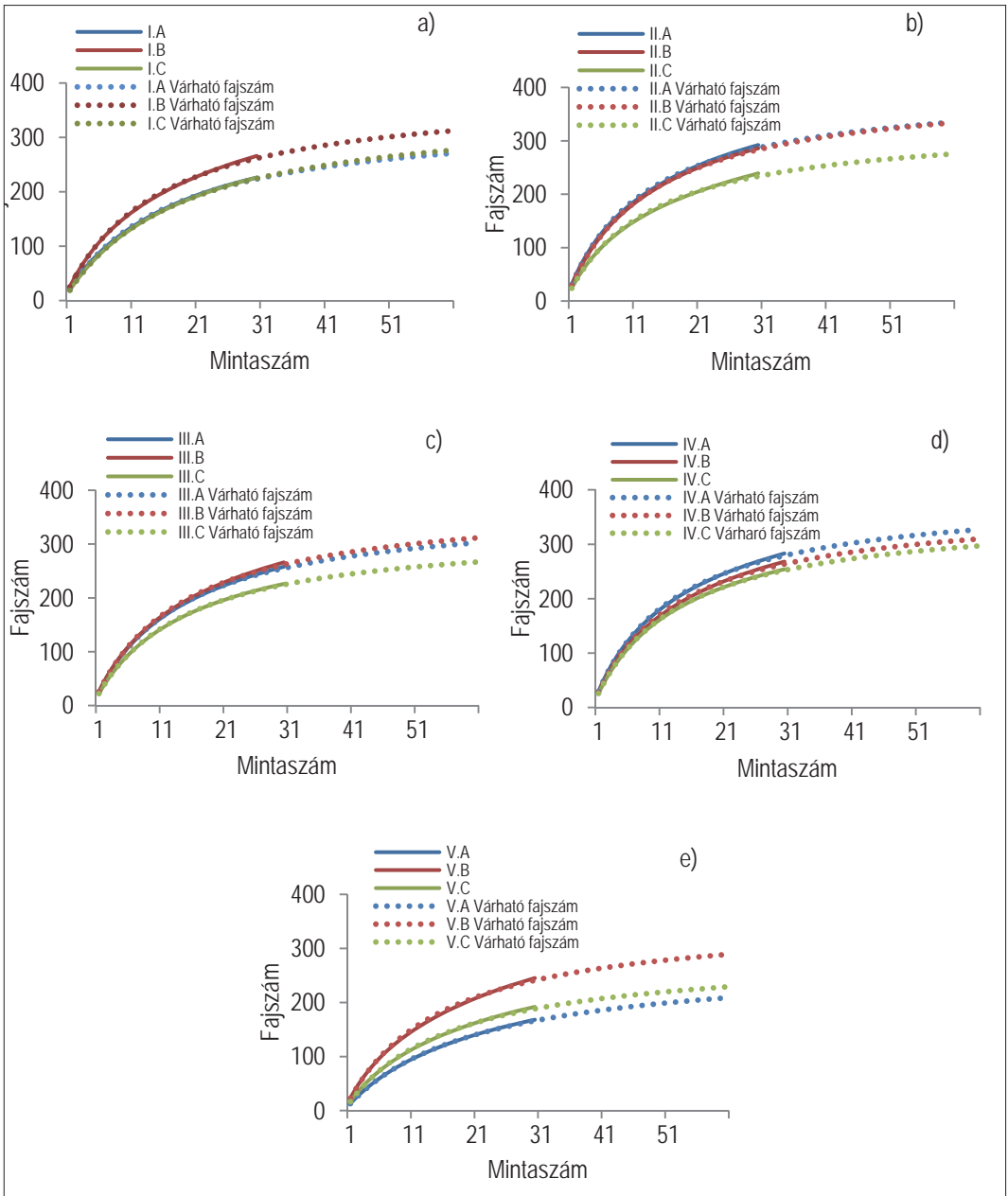
2. táblázat: A vizsgált lepkéközösségek fontosabb jellemzői a korcsoportonként átlagolt adatok alapján.
Table 2: *Lepidoptera* community characteristics, based on the average abundance in each age class.

	S	N	D	H'	J	KDI (%)
I. kor	266	3350	0,940	3,976	0,712	27,77
II. kor	302	4108	0,966	4,335	0,759	26,17
III. kor	272	4339	0,952	3,996	0,713	24,80
IV. kor	286	4429	0,959	4,228	0,748	23,76
V. kor	221	2271	0,971	4,253	0,788	14,96

Jelmagyarázat: S – fajszám; N – egyedszám; D – Simpson diverzitási index; H' – Shannon diverzitási index; J – egyenletesség; KDI – közösségdominancia-index (%)

Abbreviations: S – species number; N – abundance; D – Simpson diversity indices; H' – Shannon diversity indices; J – Pielou's evenness indices, KDI – community dominance indices (%)

A fajszám és a mintavételek számának összefüggését a fajakkumulációs görbék szemléltetik (2. ábra). Minél inkább ellaposodnak a görbék, annál alacsonyabb a fajszám-növekedés, tehát a mintavétel reprezentatívnek tekinthető. A mintaszám elméleti növelésének esetén látható alacsony fajszám-növekedési ütem a kiértékelt minták megfelelő számára enged következtetni (2. ábra).



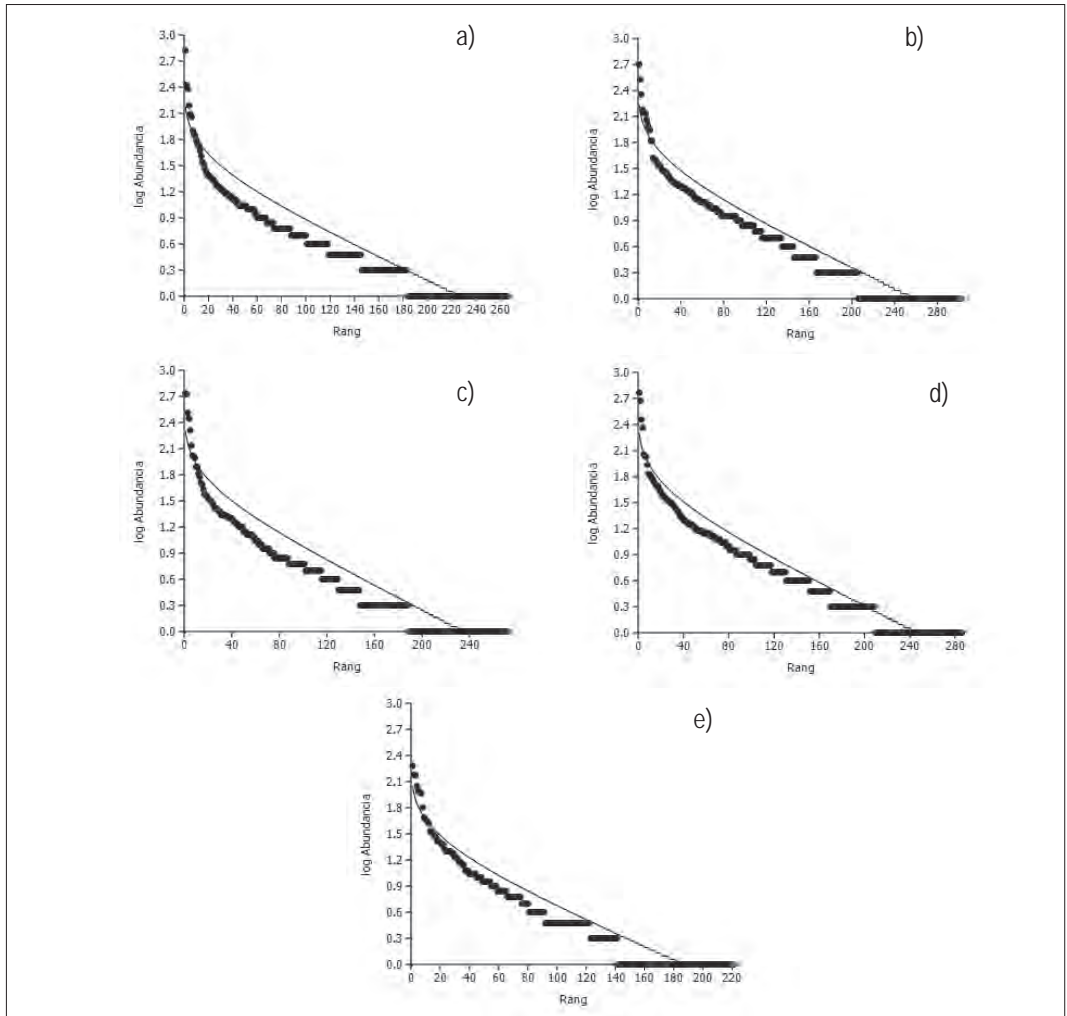
2. ábra: A megfigyelt lepkefajok fajakkumulációs görbéi (sample rarefaction), illetve megnövelt fajszám esetén a fajszám várható növekedési üteme (Michealis-Menten extrapolációs modell alapján).

a) I. korosztály; b) II. korosztály c) III. korosztály, d) IV. korosztály, e) V. korosztály

Figure 2: Species accumulation curves (sample rarefaction) of macrolepidoptera communities. The estimated species richness in the course of further sampling is illustrated by Michealis-Menten extrapolation model.

a) I. age-class; b) II. age-class; c) III. age-class; d) IV. age-class; e) V. age-class

A vizsgált korosztályokban megfigyelt lepközösségek között további különbséget mutat a domináns és ritka fajok aránya. A rang-abundancia görbék jól szemléltetik, hogy mind az öt korosztály lepközösségében a ritka fajok vannak többségben, de számuk és arányuk eltérő (3. ábra).



3. ábra: A különböző korosztályok rang-abundancia diagramjai.

a) I. korosztály; b) II. korosztály c) III. korosztály, d) IV. korosztály, e) V. korosztály

Figure 3: Rank-abundance plots in the different forest age-classes.

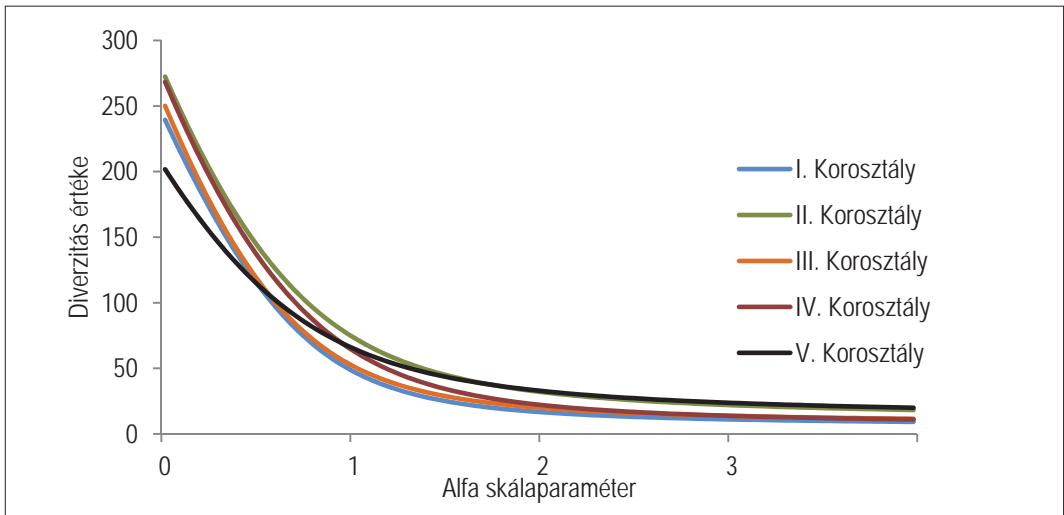
a) I. age-class; b) II. age-class; c) III. age-class; d) IV. age-class; e) V. age-class

A jelenlét-hiány és az abundancia adatok alapján legnagyobb hasonlóságot a III. és IV. korosztály között tapasztaltunk. A legfiatalabb (V.) korosztály mind a négy további korosztálytól határozottan elkülönült (3. táblázat).

3. táblázat: A vizsgált erdőkorosztályok éjszakailepke-közösségének hasonlósági mutatószámai (Bray-Curtis-index)
 Table 3: Bray-Curtis similarity indices for between age-classes comparisons of the Lepidoptera communities.

	II. kor	III. kor	IV. kor	V. kor
I. kor	0,67	0,70	0,72	0,57
II. kor		0,71	0,72	0,58
III. kor			0,82	0,52
IV. kor				0,53

A Rényi-féle diverzitásrendezések szerint a II. korosztály rendelkezik a legmagasabb éjszakai-nagylepke diverzitással. Ezt követik a IV., III. és I. korosztályok. A legfiatalabb (V.) korosztály azonban nem rangsorolható egyértelműen a többi erdőkorosztályokhoz képest. Az ábrázolt diverzitásprofilok alapján az I. és III. korosztály éjszakai-nagylepke diverzitása hasonlít leginkább egymáshoz (4. ábra).



4. ábra: Az éjszakai-nagylepke közösségek diverzitás profiljai az egyes korosztályokban.
 Figure 4: Diversity profiles of macromoth communities in the different forest age-classes.

MEGVITÁTÁS

Sopron környékének lepkekutatásai elsősorban faunisztikai jellegűek (Mészáros és Szabóky 1981; Leskó és Ambrus 1998; Sáfian és mtsai 2006; Sáfian és Szegedi 2008; Sáfian és mtsai 2009), a lepkéken végzett kvantitatív összehasonlító munkák száma alacsony (Ambrus 1979; Horváth 2013; Horváth és mtsai 2013).

A kutatást gyertyános-kocsánytalan tölgyes erdőállományokban végeztük, aminek az az oka, hogy tölgyfajokon kiemelkedően sok lepkefaj fejlődik (Csóka 1998). Csóka és Szabóky (2005) 308 hazai lepkefajról számol be, melyek különböző tölgyfajokon fejlődnek, legtöbbjük a jelen munkában is vizsgált kocsánytalan tölgyön (119 faj). Valószínűleg ennek is köszönhető, hogy viszonylag kis területen a hazai éjszakai-nagylepke fauna 46%-át figyeltük meg (509 fajt az 1102-ből) (Varga 2010).

Éjszakai lepkék diverzitása

A vizsgálat során nem találtunk egyértelmű kapcsolatot az erdőállományok kora és az éjjeli lepkék diverzitása között. Sem a diverzitás-értékek, sem a diverzitás-összehasonlítás nem mutatott olyan eredményt, amely alapján minden korosztályt egyértelműen értékelni lehetne. Különösen igaz ez a legfiatalabb (V.) korosztályra, amely diverzitásprofilja metszette a további korosztályok profiljait (4. ábra). A diverzitás-rendezés szerint az I.–IV. korosztályok elkülönülnek ugyan egymástól, ez azonban nem hozható összefüggésbe a vizsgált erdők korával.

A Shannon és Simpson diverzitási mutatókat a fajszám és az egyedszám mellett az adott lepkéközösség eloszlásának egyenletessége is befolyásolja, ami megmagyarázza a legfiatalabb (V.) korosztály diverzitás értékeit. Mind a Pielou-féle egyenletességi index, mind a közösségidominancia-index az V. korosztály lepkefajainak egyenletesebb eloszlását mutatja (2. táblázat). Minden bizonnyal ez okozta a fiatal korosztály magasabb diverzitás értékeit. A fiatal erdőkben észlelt ritka fajok magas száma olvasható le a rang-abundancia diagramról is (3.e ábra).

Több tanulmány is foglalkozott éjszakai lepkék diverzitásával, melyek a különböző erdőtypusok (Choi 2008; Horváth 2013), a vegetáció struktúra (Axmacher és mtsai 2009), a biogeográfiai történet (Summerville és Crist 2003), a zavarás mértéke (Nöske és mtsai 2008), illetve számos egyéb szempont alapján hasonlítottak össze erdei élőhelyeket (pl.: Usher és Keiller 1998; Beck és Khen 2007; Hawes és mtsai 2009; Park és mtsai 2009). Azonos típusba tartozó, de különböző korú erdők lepkediverzitása azonban kevésbé kutatott, így nem áll módunkban eredményeinket más munkákkal összehasonlítani.

Fajgazdagság és abundancia-viszonyok

Az idősebb erdők nagyobb lomblevél-produktumáról több szerző is beszámol (Powers 2001; Thomas és Packham 2007), amelyek – véleményünk szerint – magasabb egyedszámú herbivor rovarközösséget képesek eltartani. Eredményeink azonban ellentmondanak ennek. Az átlagos korosztályonkénti egyedszám az V. korosztálytól eltekintve a kor növekedésével csökkenő tendenciát mutatott. Az általunk vizsgált idős erdőállományokban (I. korosztály) a cserjeszint és a második lombkoronaszint hiányzik, az első lombkoronaszint záródása 60-80 %. A II. és III. korosztályok záródása valamivel magasabb (70-85 %), míg a IV. korosztályé 80-95 %. A II.-IV. korosztályokban jellemzően magasabb volt a cserjeszint és a második lombkoronaszint borítása is, mint az idős erdőkben. Megfigyeléseink azt igazolják, hogy a lepkék abundancia-viszonyait az adott korosztály vegetációs szintjeinek borítása jelentős mértékben befolyásolta.

A vizsgált fiatal erdőállományok (V. korosztály) alacsonyabb lomblevélproduktuma – a magas záródás ellenére – vélhetően alacsonyabb egyedszámú és fajszámú éjszakai lepkét képes eltartani. Ugyanakkor a gyepszintben még előfordultak a vágásterületek jellemző növényfajai, ami magasabb számú éjszakai lepké-fajnak jelenthet fejlődési lehetőséget. Azonban a gyepszint önmagában nem feltétlenül játszik meghatározó szerepet az éjszakai lepké-közösségek szempontjából (Horváth és mtsai 2013), ami okozhatta a fiatalabb erdőkben tapasztalt alacsonyabb fajszámot. A Bray-Curtis index értékei jól szemléltetik eredményeinket, amely alapján az V. korosztály a fajszám és egyedszám tekintetében jól elkülönült a további korosztályoktól, a hasonlóság <60%.

KÖVETKEZTETÉSEK

Eredményeink szerint a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek éjszakai-nagylepke diverzitását nem az erdőállomány kora határozza meg annak ellenére, hogy egy idősebb erdőben több idő állt rendelkezésre a lepkéfajok megtelepedéséhez. Számos szerző eredményei rámutattak már az erdészeti kezelések (pl.: Mag-



ura és mtsai 2000; Summerville és Crist 2002; Reemer 2005; Dolek és mtsai 2009; Yoshimura 2009) és az erdődinamikai folyamatok (pl.: Ings és Hartley 1999; Axmacher és mtsai 2004) rovarokra gyakorolt hatására. A vizsgálati területhez hasonló gyertyános-kocsánytalantölgyes erdőkben elvégzett nevelővágások lepkékre gyakorolt hatásáról azonban kevés ismerettel rendelkezünk, és jelen munkában sem vizsgáltuk. Eredményeink alapján mégis arra következtethetünk, hogy az éjszakai-nagylepke közösségeket nem az erdőállomány kora befolyásolja elsősorban, hanem egyéb tényezők. Ilyen például a vegetáció borítása és fajösszetétele, melyet több szerző összefüggésbe hozott az erdődinamikai folyamatokkal és az erdészeti kezelésekkel (pl.: Spiecker 2003, Decocq és mtsai 2005, Kelemen és mtsai 2014). Ez utóbbi konklúzió megértése és tisztázása további kutatásokat igényel.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetünket fejezzük ki Forgács Mariannának és Németh Tamás Mártonnak a mintavételezésben nyújtott segítségért. Továbbá hálásak vagyunk a vizsgálathoz, valamint a dolgozat elkészítéséhez nyújtott ötletekért és tanácsokért Sáfián Szabolcsnak, Kovács Gyulának, Winkler Dánielnek és Tóth Viktóriának. A kutatás anyagi háttérét a Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kara, illetve a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 projekt biztosította.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ambrus A. 1979: Újabb adatok a Soproni hegyvidék lepke-faunájához (Összehasonlító elemzés soproni és zalai erdő-társulások lepke-faunája között, különös tekintettel a bükkös ökoszisztémákra). TDK dolgozat, Erdészeti és Faipari Egyetem.
- Axmacher, J.C.; Brehm, G.; Hemp, A.; Tünte, H.; Lyaruu, H.V.M.; Müller-Hohenstein, K. and Fiedler, K. 2009: Determinants of diversity in afrotropical herbivorous insects (Lepidoptera: Geometridae): plant diversity, vegetation structure or abiotic factors. *Journal of Biogeography*, 36: 337–349.
- Axmacher, J.C.; Tünte, H.; Schrupf, M.; Müller-Hohenstein, K.; Lyaruu, H.V.M. and Fiedler, K. 2004: Diverging diversity patterns of vascular plants and geometrid moths during forest regeneration on Mt Kilimanjaro, Tanzania. *Journal of Biogeography*, 31: 895–904.
- Beck, J. and Khen, C.V. 2007: Beta-diversity of geometrid moths from northern Borneo: effects of habitat, time and space. *Journal of Animal Ecology*, 76: 230–237.
- Bray, J.R. and Curtis, J.T. 1957: An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27:325–349.
- Choi, S.-W. 2008: Diversity and composition of larger moths in three different forest types of Southern Korea. *Ecological Research*, 23: 503–509.
- Colwell, R.K.; Mao, C.X. and Chang, J. 2004: Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85: 2717–2727.
- Csóka Gy. 1998: A Magyarországon honos tölgyek herbivor rovaregyüttese. *Erdészeti Kutatások*, 88: 311–318.
- Csóka, Gy. and Szabóky, Cs. 2005: Cheklist of Herbivorous Insects of Native and Exotic Oaks in Hungary I. (Lepidoptera). *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 1: 59–72.
- Danszky I. 1973: Erdőművelés. Irányelvek, eljárások, technológiák II. Erdőnevelés-erdővédelem. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest.
- Decocq, G.; Aubert, M.; Dupont, F.; Bardat, J.; Wattez-Franger, A.; Saguez, R.; de Foucault, B.; Alard, D. and Delelis-Dusollier, A. 2005: Silviculture-driven vegetation change in a European temperate deciduous forest. *Annals of Forest Science*, 62: 313–323.
- Dolek, M.; Freese-Hager, A.; Bussler, H.; Floren, A.; Liegl, A. and Schmidl, J. 2009: Ants on oaks: effects of forest structure on species composition. *Journal of Insect Conservation*, 13: 367-375.

- Dövényi Z. (szerk.) 2010: Magyarország kistájainak katasztere – Második, átdolgozott és bővített kiadás. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T. and Ryan, P.D. 2001: PAST – Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 1-9.
- Hawes, J.; da Silva Motta, C.; Overal, W.L.; Barlow, J.; Gardner, T.A. and Peres, C.A. 2009: Diversity and composition of Amazonian moths in primary, secondary and plantation forests. *Journal of Tropical Ecology*, 25 (3): 281-300.
- Horák, J. 2011: Response of saproxylic beetles to tree species composition in a secondary urban forest area. *Urban Forestry & Urban Greening*, 10: 213-222.
- Horváth B. 2013: Különböző erdőállományok diverzitásának összehasonlítása az éjszakai nagylepke közösségek alapján (Lepidoptera: Macroheterocera) fénycsapdák alkalmazásával. *Erdészettudományi Közlemények*, 3: 229-237.
- Horváth, B.; Tóth, V. és Kovács, Gy. 2013: The Effect of Herb Layer on Nocturnal Macrolepidoptera (Lepidoptera: Macroheterocera) Communities. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 9: 43-56.
- Ings, T.C. and Hartley, S.E. 1999: The effect of habitat structure on carabid communities during the regeneration of a native Scottish forest. *Forest Ecology and Management*, 119: 123-136.
- Kelemen, K.; Kriván, A. and Standovár, T. 2014: Effects of land-use history and current management on ancient woodland herbs in Western Hungary. *Journal of Vegetation Science*, 25: 172-183.
- Kenderes, K. and Standovár, T. 2003: The impact of forest management on forest floor vegetation evaluated by species traits. *Community Ecology*, 4 (1): 51-62.
- Krebs, C.J. 1978: *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 6th ed. Benjamin Cummings, San Francisco, USA.
- Krebs, C.J. 1989: *Ecological Methodology*. Harper and Row Publisher, New York.
- Lakatos F. 1997: Szűkárósítások alakulása a Soproni-hegyvidéken. *Erdészeti Lapok*, 132 (10): 325-326.
- Leskó K. és Ambrus A. 1998: Sopron környékének nagylepkefaunája fénycsapdás gyűjtések alapján. *Erdészeti Kutatások*, 88: 273-304.
- Magura, T.; Tóthmérész, B. and Bordán, Zs. 2000: Effects of nature management practice on carabid assemblages (Coleoptera: Carabidae) in non-native plantation. *Biological Conservation*, 93: 95-102.
- Mészáros Z. és Szabóky Cs. 1981: A Fertő-tó nádrontó lepkéi. *Növényvédelem*, 17 (9): 372-375.
- Nation, J.L. 2008: Eyes and Vision. 1381-1892. In: Capinera, J.L. (ed.): *Encyclopedia of Entomology*. Second Edition. Volume 4, S-Z. Springer Science+Business Media B.V.
- New, T.R. 2009: *Insect Species Conservation*. Cambridge University Press, New York.
- Nowinszky L. 2007: A Jermy-típusú fénycsapda gyűjtési távolsága fényszennyezett környezetben. *Növényvédelem*, 43 (1): 31-36.
- Nowinszky L. és Ekk I. 1996: Normál és UV fénycsapdák Macrolepidoptera anyagának összehasonlítása. *Növényvédelem*, 32 (11): 557-567.
- Nowinszky L., Ekk I. és Puskás J. 2003: Az alkalmazott fény spektrális összetétele. In: Nowinszky L. (szerk.): *A Fénycsapdázás Kézikönyve*, Savaria University Press, Szombathely, p. 66-69.
- Nöske, N.M.; Hilt, N.; Werner, F.A.; Brehm, G.; Fiedler, K.; Sipman, H.J.M. and Gradstein, S.R. 2008: Disturbance effects on diversity of epiphytes and moths in a montane forest in Ecuador. *Basic and Applied Ecology*, 9: 4-12.
- Park, M.; An, J.-S.; Lee, J.; Lim, J.-T. and Choi, S.-W. 2009: Diversity of Moths (Insecta: Lepidoptera) on Bogildo Island, Wando-gun, Jeonnam, Korea. *Journal of Ecology and Field Biology*, 32 (2): 129-135.
- Pielou, E.C. 1966: The measurement of diversity in different types of biological collection. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-144.
- Pinténné Nagy E. 2013: Különböző fényforrások hatásának vizsgálata a rovarokra eltérő megvilágítottaságú területeken Jermy-típusú fénycsapdával. *Erdészettudományi Közlemények*, 3: 239-249.
- Powers, R.F. 2001: Assessing Potential Sustainable Wood Yield. 105-128. In: Evans, J. (ed.): *The Forests Handbook*. Volume 2. Applying Forest Science For Sustainable Management. Blackwell Science Ltd., London, UK.
- Puskás, J. and Nowinszky, L. 2011: Light-trap catch of Macrolepidoptera species compared the 100 W normal and 125 W BL lamps. *e-Acta Naturalia Pannonica*, 2 (2): 179-192.
- Raaijmakers, J.G.W. 1987: Statistical analysis of the Michaelis-Menten equation. *Biometrics*, 43: 793-803.



- Reemer, M. 2005: Saproxylic hoverflies benefit by modern forest management (Diptera: Syrphidae). *Journal of Insect Conservation*, 9: 49-59.
- Regnery, B.; Paillet, Y.; Couvet, D. and Kerbiriou, C. 2013: Which factors influence the occurrence and density of the microhabitats in Mediterranean oak forests? *Forest Ecology and Management*, 295: 118-125.
- Sáfián Sz. és Szegedi B. 2008: A behurcolt tölgy-selyemlepké (Antheraea yamamai Guérin-Méneville, 1861) (Saturniidae: Lepidoptera) megjelenése a Soproni-hegyvidéken. *Szélkiáltó*, 13: 29.
- Sáfián Sz.; Ambrus A. és Horváth B. 2009: Új fajok Sopron környékének éjjeli nagylepkefaunájában (Lepidoptera: Macroheterocera). *Praenoria Folia Historico-Naturalia*, 11: 189-201.
- Sáfián Sz.; Hadarics, T.; Szegedi B. és Horváth Á. 2006: Ritka lepkefajok (Lepidoptera) előfordulási adatai egy Fertőrákos melletti mészköbányából. *Szélkiáltó*, 12: 28-32.
- Schmitt, T. 2003: Influence of forest and grassland management on the diversity and conservation of butterflies and burnet moths (Lepidoptera, Papilionoidea, Hesperidae, Zygaenidae). *Animal Biodiversity and Conservation*, 26 (2): 51-67.
- Schowalter, T.D. 2011: *Insect Ecology. An Ecosystem Approach*. Third Edition. Academic Press, London, 656 pp.
- Scoble, M.J. 1992: *The Lepidoptera: Form, Function, and Diversity*. Oxford University Press, New York.
- Shannon, C.E. and Weaver, W. 1949: *The mathematical theory of communication*. Urbana, Illinois, Univ. Illinois Press.
- Simpson, E.H. 1949: Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- Spiecker, H. 2003: Silvicultural management in maintaining biodiversity and resistance of forests in Europe-temperate zone. *Journal of Environmental Management*, 67: 55-65.
- Summerville, K.S. and Crist, T.O. 2002: Effects of timber harvest on forest Lepidoptera: Community, guild, and species responses. *Ecological Applications*, 12 (3): 820-835.
- Summerville, K.S. and Crist, T. O. 2003: Determinants of lepidopteran community composition and species diversity in eastern deciduous forests: roles of season, eco-region and patch size. *Oikos*, 100: 134-148.
- Summerville, K.S.; Saunders, M.R. and Lane, J.L. 2013: The Lepidoptera as predictable communities of herbivores: a test of niche assembly using the moth communities of Morgan-Monroe State Forest. 237-252. In: Swihart, R.K.; Saunders, M.R.; Kalb, R.A.; Haulton, G.S. and Michler, C.H. (eds.): *The Hardwood Ecosystem Experiment: a framework for studying responses to forest management*. General Technical Report NRS-P-108. Newton Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station.
- Szomorad F. 2011: A Soproni-hegység erdeinek történeti, növényföldrajzi és cönológiai vizsgálata. *Tilia*, 16: 1-205.
- Thomas, P.A. and Packham, J.R. 2007: *Ecology of Woodlands and Forests. Description, Dynamics and Diversity*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Tinya, F.; Mihók, B.; Márialigeti, S.; Mag, Zs. and Ódor, P. 2009: A comparison of three indirect methods for estimating understory light at different spatial scales in temperate mixed forests. *Community Ecology*, 10: 81-90.
- Tóthmérész, B. 1995: Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetable Science*, 6: 283-290.
- Tóthmérész B. 1997: *Diverzitási rendezések*. Scientia Kiadó, Budapest.
- Truxa, C. and Fiedler, K. 2012: Attraction to light – from how far do moths (Lepidoptera) return to weak artificial sources of light? *European Journal of Entomology*, 109: 77–84.
- Usher, M.B. and Keiller, S.W.J. 1998: The macrolepidoptera of farm woodlands: determinants of diversity and community structure. *Biodiversity and Conservation*, 7: 725-748.
- Varga Z. (szerk.) 2010: *Magyarország nagylepkéi*. Heterocera Press, Budapest.
- Wood, D.L. and Storer, A.J. 2003: Forest Habitats. 442-454. In: Resh, V. H. and Cardé, R. T. (eds.): *Encyclopedia of Insects*, Academic Press, London.
- Yoshimura, M. 2009: Impact of secondary forest management on ant assemblage composition in the temperate region in Japan. *Journal of Insect Conservation*, 13: 563-568.

*Érkezett: 2014. március 17.
Közlésre elfogadva: 2014. július 15.*

A SERTÉS BUZOGÁNYFEJŰ FÉRGÉNEK ELŐFORDULÁSA DUNÁNTÚLI VADDISZNÓÁLLOMÁNYOKBAN EGYES KÖRNYEZETI TÉNYEZŐK FÜGGVÉNYÉBEN

Nagy Gábor¹, Ács Kornél², Cshivincsik Ágnes³, Varga Gyula² és Sugár László¹

¹Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar

²SEFAG Zrt., Vadgazdálkodási- és Vadászati Osztály

³Somogy Megyei Kormányhivatal, Élelmiszerlánc-biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóság

Kivonat

A 2012-13-as vadászati szezonban a SEFAG Zrt. 7 vadászterületén vizsgáltuk a *Macracanthorhynchus hirudinaceus* előfordulását vaddisznó-populációkban. Munkánk során 618 vaddisznószigert (*Sus scrofa*) boncoltunk fel. A féreg jelenlétét 4 területen, elsősorban homoktalajokhoz kötődően tapasztaltuk. A fertőzöttség mértéke területenként változó, 4,3-100% volt. A *M. hirudinaceus* előfordulása elsősorban homoktalajokhoz kötődött. A féreggel fertőzött területeken a cserebogarak (*Melolontha* spp.) magas sűrűsége és folyamatos károkozása is jellemző.

Kulcsszavak: *M. hirudinaceus*, vaddisznó, cserebogár, homoktalaj

THE OCCURRENCE OF THORNY-HEADED WORM *MACRACANTHORHYNCHUS HIRUDINACEUS* IN TRANSDANUBIAN WILD BOAR POPULATIONS IN RELATION TO CERTAIN ENVIRONMENTAL FACTORS

Abstract

During the hunting season 2012-13 we investigated occurrence of the Thorny-headed Worm *Macracanthorhynchus hirudinaceus* in 7 hunting areas. We dissected 618 wild boar (*Sus scrofa*) viscera. Worms were present in 4 areas, with a prevalence varying between 4.3-100%. *M. hirudinaceus* mostly occurred in areas characterised by sandy soils and a high density of cockchafer (*Melolontha* spp., *Rhizotrogus* spp.).

Keywords: *M. hirudinaceus*, wild boar, cockchafer, sandy soil



BEVEZETÉS

A sertések buzogányfejű férgé a *Macracanthorhynchus hirudinaceus* (Pallas, 1781) világszerte elterjedt, gócosan előforduló parazita. A faj rendszertanilag az állatok országába, az *Acanthocephala* törzsbe, az *Archiacanthocephala* osztályba, az *Oligacanthorhynchida* rendbe, az *Oligacanthorhynchidae* családba, a *Macracanthorhynchus* rendbe tartozó obligát endoparazita féreg. Nőtényei általában 20-40 cm hosszúak, a hímek kisebbek, 6-10 cm-esek. Testük kissé lapított, harántgyűrűzött, alapvetően fehér/szürkésfehér, enyhén kékes, olykor rózsaszínes árnyalattal. Petéi mandula alakúak, jellegzetesen barnás színűek, 70-110 µm hosszúak, kiürüléskor L1 lárvát tartalmaznak. A vastag peteburoknak köszönhetően szélsőséges környezeti viszonyoknak is ellenállnak, a talajban több évig fertőzőképesek maradnak (Kates 1942).

A féreg gazdaspektruma elsősorban a sertésfélékre, ritkábban a kutyafélékre, igen ritkán pedig az emberre is kiterjed (Kassai 2003). Fejlődése közvetett, a teljes biológiai ciklushoz köztigazdára van szüksége, melyek testében a felvett peték L1 lárvái L3-as fertőző lárvává alakulhatnak. Jelenlegi ismereteink szerint a *M. hirudinaceus* biológiájában 33 faj játszhat köztigazda szerepet (Kennedy 2006), főként a ganajtúrófélék családjába (*Scarabaeidae*) tartozó bogarak.

A végleges gazdák az L3-as lárvákat tartalmazó köztigazdák elfogyasztásával fertőződnek. A juvenilis férgek ormányukkal (proboscis) a bélnyálkahártyába fúródva kapaszkodnak meg. A gazdaszervezetben kifejlődött adult egyedek ivaros szaporodásából származó peték a gazda bélsarával kerülnek ki a külvilágba.

A féreg petéit a köztigazdák földben élő lárvái veszik fel. Bennük az L1 lárvá (acanthor) rövid idő alatt kiszabadul a petéből, és a pajor zsirtestébe vándorol. Itt 2-5 hónap alatt átalakul L2-es (acanthella), majd L3-as (cystacanth) lárvává. A pajorok kumulálhatják testükben a féreglárvákat. A kialakult cystacanthok nem csak a pajorokban, hanem a rovar imágó állapotában is megőrzik fertőzőképességüket. A gazdaszervezetek tehát cystacanthokat tartalmazó pajorok vagy imágók elfogyasztásával egyaránt fertőződhetnek (Kassai 2003, Kennedy 2006, Pavlović és mtsai 2010).

A *M. hirudinaceus*-fertőzés elsősorban a fiatalabb, 1-2 éves korosztályú vaddisznókat érinti. Lefolyása általában enyhe, a nyálkahártya irritációja miatt helyi, gyulladós folyamatok alakulnak ki, melyek kórboncoláskor jellegzetes képet mutatnak. A gyulladt területeken sárgás, granuloma-szerű kiemelkedések figyelhetők meg a savóshártya feől, elsősorban a vékonybél középső szakaszán (jejunum). Ritkán azonban a féreg átfúrja a bélfalat is, aminek következménye a gaza elhullására vezető hashártyagyulladás is lehet (Kassai 2003). Jelentős mennyiségű féreg szintén okozhatja a gazdaszervezet pusztulását (Swales és Gwatkin 1948).

Vizsgálatunkkal a *M. hirudinaceus*-fertőzöttség jellegzetességeiről kívántunk képet alkotni Magyarország egyik legsűrűbb vaddisznó-populációval rendelkező megyéjében.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgált területek bemutatása

Zsitfapuszta, Iharos

Mindkét vadászterület a SEFAG Zrt. Iharosi Erdészetéhez tartozik, együttes nagyságuk 13500 ha. A Zsitfapusztai Vadászterület kiterjedése 7300 ha, az Iharosi Vadászterületé pedig 6200 ha. A tengerszint feletti magasságuk 130-280 m között változik. A területre erős szubmediterrán hatás jellemző, 10,1 °C-os évi középhőmérséklettel és 747 mm éves csapadékmennyiséggel.

Az erdészet területén sokféle talajtípus található. Legnagyobb arányban rozsdabarna erdőtalaj (32,73%) agyagbemosódásos barna erdőtalaj (31,81%), típusos réti talaj (9,63), lápos réti talaj (7,3%) és barna föld (5,02%) fordul elő.

A területet jellemző főbb faállománytípusok az egyéb lágy lombosok (23%), a kocsányos tölgyesek (20,8%), az akácok (19,3%), az egyéb kemény lombosok (12,3%) és a gyertyános-tölgyesek (8,9%).

Lábod, Segesd

A SEFAG Zrt. Lábodi Vadászterületéhez két vadászterület tartozik. A nagyobbik, a Lábodi Vadászterület kiterjedése 48200 ha, a kisebb, a segesdi 6200 ha. A tengerszint feletti magasság 130-160 méter. Klímája jellegzetesen szubmediterrán jellegű. Az évi átlaghőmérséklet 10,2 °C, a csapadékmennyiség pedig 700-800 mm között változik

Főbb talajtípusaik: rozsdabarna erdőtalaj (59,81%), típusos réti talaj (20,7%), humuszos homok (5,62%), illetve lápos réti talaj (5,42%).

Főbb faállománytípusok a területen: égeresek (25,5 %), kocsányos tölgyesek (20,7%), akácok (19%) és erdei fenyvesek (10,9%).

Kelet-Zselic, Nyugat-Zselic

Bár a két vadászterület más-más erdészethez tartozik (Kelet-Zselic – Kaposvári Erdészet, Nyugat-Zselic Zselici Erdészet), tájökölógiai szempontból egységes egésznek tekinthetők. A mintagyűjtést a Szentbalázs-Antalszállás-Somogyhárságy-Visnyeszéplak-Szilvásszentmárton-Szena-Simonfa települések által határolt területen végeztük, amelyen a két vadászterület osztozik.

A mintavételi terület nagy részén szubmediterrán jellegű klímahatás érvényesül, azonban kisebb foltokban szubmontán hatások is megfigyelhetők. Az évi átlagos hőmérséklet 10,0 °C, a csapadékmennyiség pedig 730-760 mm, de az utóbbi években ennél kevesebb, 650-670 mm volt.

A területen található talajtípusok közül az agyagbemosódásos barna erdőtalaj (63,57%) és a barna föld (28,84%) dominál. E két típus aránya meghaladja a 90%-ot. A tengerszint feletti magasság 145-276 m között változik.

A jellemző faállománytípusok és arányuk: tölgyesek (cseres, kocsányos, kocsánytalan) 24,7%, akácok 19,9%, hársak 18%, bükkösök 12%, gyertyánosok 9,6% és gyertyános tölgyesek 7%.

Szántód

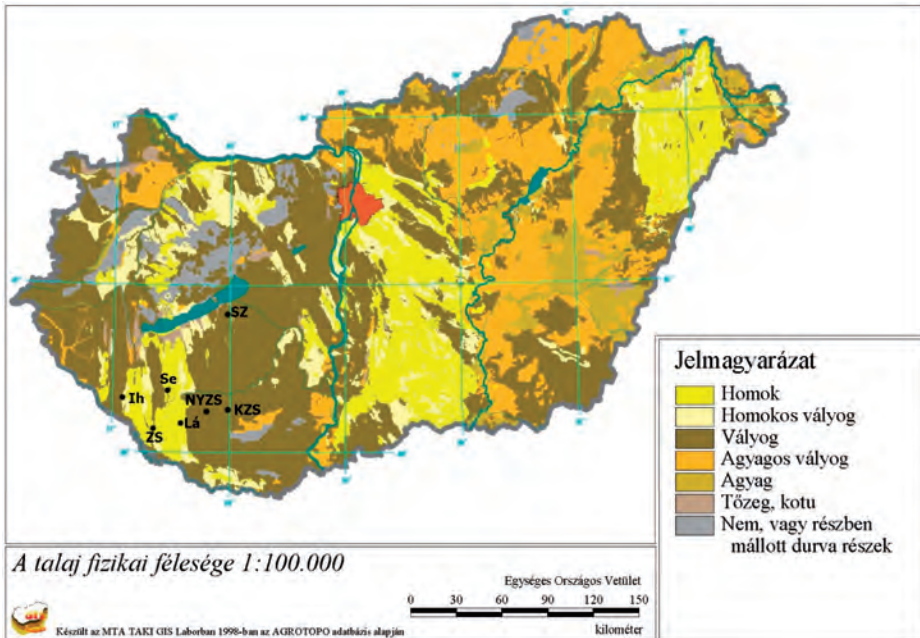
A Szántódi Vadászterület kiterjedése meghaladja a 18 000 ha-t, elsősorban szubmediterrán és részben kontinentális klímahatás érvényesül itt. Az éves átlaghőmérséklet 10,0-10,4 °C között változik, míg a csapadék mennyisége 600-700 mm.

A terület domborzata igen változatos, az átlagos magasság 110 és 310 méter között változik.

A talajtípusok közül a mintavételi területen a barna talajok, agyagbemosódásos barna erdőtalajok, humuszkarbonátos talajok, karbonátos lejtőhordalék talajok, illetve réti erdőtalajok a legjellemzőbbek.

A kialakult jellemző főbb faállománytípusok arányai a következők: tölgyesek (cseres, kocsányos, kocsánytalan) 59%, akácok 15%, egyéb kemény lombosok 10%, fenyvesek 7%, bükkösök 5% és egyéb lágy lombosok 4%.

A vizsgált területek talajainak fizikai féleségeit az 1. ábrán szemléltetjük. Az ábrán látható rövidítések a vizsgált vadászterületeket jelölik (lh= lharos, ZS= Zsifapuszta, Lá= Lábod, Se= Segesd, NYZS= Nyugat-Zselic, KZS= Kelet Zselic, SZ= Szántód).



1. ábra: A vizsgált területek elhelyezkedése és fizikai talajfélesége (jelmagyarázat a szövegben, forrás: <http://mta-taki.hu>).
Figure 1: Sampling areas (see abbreviations in the text) and their soil types (yellow: sand, brown: loam).

Parazitológiai vizsgálatok

A 2012-13. évi vadászati idényben a SEFAG Zrt. 7 vadászterületéről (Szántód, Kelet-Zselic, Nyugat-Zselic, Segesd, Iharos, Lábod és Zsitifapuszta) származó 618 vaddisznó *Sus scrofa* (Linnaeus, 1758) zsigérének boncolásos vizsgálatát végeztük el. A vékonybeleben 603 esetben végeztünk részleges vizsgálatokat. Ezekben az esetekben a zsigerelek helyszínén vizsgáltuk meg a szerveket. A vizsgálatkor a fémeg jelenlétére utaló, jól észrevehető, jellegzetes sárgás, granulomaszerű duzzanatokat (2. ábra) kutattuk.



2. ábra: Jellegzetes, granulomaszerű elváltozások az éhbél savóshártya felőli oldalán.
Figure 2: Characteristic granuloma-like alterations on the serous membrane of jejunum.

A fertőzöttség megállapításához ezeknél a duzzanatoknál a vékonybelet megnyitottuk. Ha láthatóvá váltak a bélnyálkahártyába kapaszkodott férgek, a vaddisznót fertőzöttnek tekintettük (3. ábra). Amennyiben duzzanatot nem találtunk, az éhbelet több helyen hosszanti irányú vágásokkal megnyitottuk. A megnyitott szakaszok között a belet az összeszorított mutató és hüvelykujj között áthúztuk. Így a gazdaszervezet halála miatt a nyálkahártyáról esetleg levált férgeket el lehetett távolítani a bél lumenéből. Amennyiben a nyálkahártyához nem tapadtak férgek, illetve nem sikerült a vágott lyukakon sem férget kiperéselnünk, akkor a vizsgált vaddisznó fertőzésmentesnek minősült.



3. ábra: Nyálkahártyába kapaszkodó *M. hirudinaceus*
Figure 3: *M. hirudinaceus* attached to the mucosa

A vizsgált vaddisznók közül 15 esetben végeztünk teljes boncolást. E példányok zsigereit elszállítottuk, majd a NÉBIH Állategészségügyi Diagnosztikai Igazgatóság Kaposvári Telephely laboratóriumában felboncoltuk. A vizsgálat során a vékonybelet teljes hosszában felnyitottuk, a férgeket megszámláltuk. A fertőzöttség intenzitását az összes meghatározott féregszám alapján állapítottuk meg. A prevalencia és az átlagos intenzitás megállapításakor a statisztikai számításokat a Quantitative Parasitology 3.0 statisztikai szoftverrel végeztük el (Reiczigel és Rózsa 2005). A számolt értékeket 95%-os konfidencia intervallum mellett határoztuk meg (CI95%).

A férgek faji meghatározásához véletlenszerűen kiválasztott 40 egyedet kiemeltünk a jejunum lumenéből, majd ezeket a vizsgálatig fixáló oldatban (95 rész 70%-os alkohol, 5 rész glicerín) tároltuk. A faji meghatározást a proboscisok morfológiája alapján végeztük el. Megmértük minden egyed proboscisának hosszúságát és szélességét, illetve kiszámítottuk a hosszúság és szélesség egymáshoz viszonyított arányát. A mérések előtt a proboscisokat a nyaki résszel együtt levágtuk a férgek testéről, majd rövid időre laktofenolba (1 rész glicerín, 1 rész tejsav, 1 rész kristályos fenol, 1 rész desztillált víz) helyeztük. A méréseket sztereomikroszkóp segítségével végeztük el 25X nagyításon. A hosszúságot a nyak végétől a proboscis végéig, míg a szélességet a proboscis legszélesebb részén mértük. Richardson (2005) vizsgálatai alapján a két felvett paraméter egymáshoz viszonyított arányával megállapítható a faji hovatartozás. A *M. hirudinaceus* esetében ez az arány átlagosan 0,62 és 0,88 között változó egyedi értékekkel.

EREDMÉNYEK

Féreg fajmeghatározása

40 féreg proboscisának mérése alapján a hosszúságok és szélességek arányának átlaga 0,725 (SD = $\pm 0,036$) volt. Ennek alapján kijelenthető, hogy a vizsgált férgek a *Macracanthorhynchus hirudinaceus* fajhoz tartoztak. A hosszúsági méretek átlaga 1090,8 μm (SD = $\pm 86,48 \mu\text{m}$), a szélességi méretek átlaga pedig 793,08 μm (SD = $\pm 77,97 \mu\text{m}$) volt.

Prevalencia

Vizsgálatunkban összesen 618 vaddisznózsiger boncolását végeztük el a *M. hirudinaceus* fertőzöttség mértékének megismerése céljából, melyekből 64 fertőzöttet találtunk (prevalencia 10,4%; CI95% = 8,16-13%). Három vadászterületen (Kelet-Zselic, Nyugat-Zselic, Szántód) nem tapasztaltuk a féreg jelenlétét. A fertőzöttség mértéke az érintett populációkra (Segesd, Iharos, Lábod és Zsifapuszta) vetítve 37,2% (CI95% = 30,2-44,8%). Az érintett területek egyedi elemzése során a legmagasabb prevalenciát Zsifapusztán tapasztaltuk. A 20 vaddisznó vizsgálatakor mindegyik esetben találtunk férgeket a vékonybélben. A lábodi vadászterületen 89 zsigerből 37 bizonyult fertőzöttnek, míg a Segesden a vizsgált 16 vaddisznóból 2 esetben tapasztaltuk a féreg jelenlétét. A legalacsonyabb mértékben az Iharosi Vadászterület bizonyult érintettnek, ahol 47 állat vizsgálatával 2 esetben tapasztaltuk a *M. hirudinaceus* előfordulását (2. táblázat).

1. táblázat: A *macracanthorhynchosis* prevalenciája a vizsgált vadászterületeken.

Table 1: Sample size and prevalence values of *macracanthorhynchosis* in the hunting areas studied.

Terület	Vizsgált zsigerek száma (db)	Prevalencia
Zsifapuszta	20	100% (CI95% = 83,3-100%)
Lábod	89	41,6% (CI95% = 31,4-52,3%)
Segesd	16	12,5% (CI95% = 2,3-37,2%)
Iharos	47	4,3% (CI95% = 0,8- 18,2%)
Kelet-Zselic	42	0
Nyugat-Zselic	178	0
Szántód	226	0

A fertőzöttség mennyiségi viszonyai

Részletes, az összes féregszám meghatározására irányuló boncolást 15 esetben tudtunk elvégezni. A zsigerek közül 11 származott Zsifapusztáról, 2-2 pedig Lábodról és Segesdről. A fertőzéseket jellemző átlagos intenzitásról a 2. táblázat nyújt részletes adatokat.

2. táblázat: A *M. hirudinaceus* átlagos intenzitása a fertőzött vaddisznókban.
Table 2: Sample size and mean intensity of *M. hirudinaceus* in infected wild boars.

Terület	Részletesen boncolt zsigerek száma	Átlagos intenzitás (féregszám)
Zsitifapuszta	11	28,3 (CI95% = 18,8-44,8)
Lábod	2	11,5 (CI95% = 3-11,5)
Segesd	2	32 (CI95% = 22-32)

EREDMÉNYEK MEGVITÁTÁSA

A sertések buzogányfejű férgé (*Macracanthorhynchus hirudinaceus*) világszerte elterjedt faj, de előfordulása sporadikusnak tekinthető. Jelenléte elsősorban a trópusi, szubtrópusi, mediterrán égvben, illetve a temperált égv szubmediterrán klímazonájában tapasztalható.

Az egyes endémiás területeket igen változatos fertőzöttség jellemzi (5-85%). Európában főként a mediterrán térségben okoz fertőzéseket vaddisznóban és házi sertésben (de-la-Muela és mtsai 2001, Foata és mtsai 2005), Nyugat-Európából egyes vélemények szerint (Taylor és mtsai 2006) eltűnt a féregfaj. Kontinensünkön kívül elsősorban Ázsiában fordulnak elő erősen fertőzött területek (Mowlavi és mtsai 2006), ahol a sertésfélék mellett más gazdafajokban is megjelenhet (Sattari és Mottamedi 2006). Vizsgálatainkban az érintett területeken közepes mértékű (37,2%) fertőzöttséget tapasztaltunk a vaddisznó-állományokban. Ez az érték némileg alacsonyabb, mint amelyről Sugár és mtsai (2008) számoltak be a Déli-Bakony térségéből. A Zsitifapusztán megfigyelt 100%-os prevalencia valószínűleg a nem túlzottan magas mintaszámnak (n=20) tulajdonítható.

A *M. hirudinaceus* fertőzöttséget általában nem jellemzi magas átlagos intenzitás a vizsgált gazda-populációkban. De-la-Muela és mtsai (2001), Foata és mtsai (2005), Mowlavi és mtsai (2006), Sugár és mtsai (2008) kutatásaikban az átlagos féregszámot 1-17,89 között találta. Jelen vizsgálatunk során 15 vaddisznózsiger részletes boncolása alapján az elejtett állatokban a fertőzöttség intenzitása 11,5-32 féreg között mozgott.

Kutatásunkban a magas prevalencia és átlagos intenzitás lehetséges magyarázata kettős. Egyrészt a területeken tapasztalt magas sűrűségű cserebogár-populáció, ami biztosíthatja a féreg számára a biológiai ciklusához szükséges nagyszámú köztigazdát. Másik lehetséges ok, hogy a jelenleg tapasztalt fertőzés feltételezhetően nem régen van jelen a területen. Így a vaddisznó-populációk egyedei a féreggel korábban nem találkoztak, immunrendszerük nem tudott megfelelő védelmet kialakítani a fertőzések ellen, aminek eredménye lehet a tapasztalható magas prevalencia és átlagos intenzitás.

A *M. hirudinaceus* fertőzöttség alakulásának egyik kulcspontja a köztigazdák jelenléte. Vizsgálatunkban a lehetséges köztigazdákra vonatkozóan nem végeztünk konkrét megfigyeléseket, azonban úgy véljük, a fertőzöttség jelenlétének és mértékének egyik oka a féreg biológiai ciklusában köztigazdaként is szereplő cserebogár fajok (*Melolontha* spp.) magas populációsűrűsége lehet. A vizsgált területeken évek óta jelentős probléma erdőgazdálkodási szempontból a pajorok és imágók okozta kártétel nagysága és erőssége (Janik és mtsai 2008, Hirka 2010, 2011, 2012, 2013). A legnagyobb probléma évek óta a Lábodi Vadászterületnél és az Iharosi Erdészetnél jelentkezik, míg a rágáskárok mértéke a Szántódi, a Nyugat-Zselici és a Kelet-Zselici Vadászterületeken a legkisebb (3. táblázat). Összevetve a cserebogarak és a *M. hirudinaceus* fertőzöttséget jellemző adatokat, látható, hogy mindkét esetben azonos területeken tapasztalható a legerősebb fertőzöttség. Bár egyéb *Scarabidae* fajokat nem vizsgáltunk, véleményünk szerint, a bemutatott adataink alapján közvetett módon feltételezhető, hogy a vizsgált területeken a buzogányfejű féreg járványtanában a cserebogár populációk meghatározó szerepet játszanak.



A vadászterületek talajainak fizikai talajfélesége eltérő képet mutat. Három területen (Szántód, Kelet-Zselic, Nyugat-Zselic) kizárólag csak vályogtalaj található. Iharos és Segesd esetében a területen vályog és homoktalajok is találhatóak, míg Lábodon és Zsitifapusztán kizárólag csak homoktalajok (1. ábra).

A *M. hirudinaceus* Somogy megyei endémiáját a következőképp foglalhatjuk össze. A féreg az Iharosi Erdészethez és a Lábodi Vadászterülethez tartozó vadászterületeken fordult elő. Ehhez a két erdészethez köthetők a cserebogár pajorok és imágók által okozott legnagyobb kiterjedésű és erősségű károk is. Az Iharosi Erdészetben a kártétel mértéke összesen 775 hektár volt az elmúlt években, míg Lábodon 8343 hektár. Bár a két erdészetben a kártétel nincs területekre bontva, valószínűsíthető, hogy elsősorban a homoktalajokon álló erdőkben keletkezett. Az említett erdészetek Zsitifapusztai- és Lábodi Vadászterületén volt legmagasabb a vaddisznók buzogányfejű férgességének aránya (Zsitifapuszta 100%, Lábod 41,6%). A nagymértékű fertőzöttségnek oka szintén a magas pajor- és imágó létszám.

A magas cserebogár sűrűség elsősorban a talajjal és a gazdálkodás intenzitásával magyarázható, tömeges előfordulásukban, elsősorban a laza textúrájú homoktalajok és a bőséges táplálék-ellátottság játszanak jelentős szerepet, amelyek főként a Lábodi Vadászterülethez és az Iharosi Erdészet Zsitifapusztai területére jellemzőek.

Az Iharosi és a Segesdi Vadászterületen elsősorban vályogtalajok dominálnak, a homoktalajok kisebb arányban fordulnak elő. Valószínűleg a kötöttebb talajok magas arányának köszönhető, hogy a cserebogárpopulációk sűrűsége e két területen alacsonyabb, így a vaddisznók feltételezhetően ritkábban fogyasztanak féreglárvákkal fertőzött cserebogarakat. Ezáltal a kialakult *M. hirudinaceus* fertőzöttség is jóval alacsonyabb (Iharos 4,3%, Segesd 12,5%), mint Zsitifapusztán és Lábodon. A talajtextúra-cserebogár-féregfertőzöttség egy-egy összefüggéseit alátámasztó adatokat a 3. táblázatban mutatjuk be.

3. táblázat: Talajtextúra és cserebogár-kártétel a vizsgált területeken.
Table 3: Soil texture and cockchafer-damages in studied areas.

Terület	Fizikai félesége	Pajorkártétel mértéke (ha)	Imágók károsításának mértéke (ha)
Iharosi Erdészet (Iharos, Zsitifapuszta)	homok, vályog	475	300
Lábodi Vadászterület (Lábod Segesd)	homok, vályog	345	7998
Kelet-Zselic	vályog	0	200
Nyugat-Zselic	vályog	80	50
Szántód	vályog	0	25

Összegezve elmondható, hogy Somogy megyében a vaddisznó-állományok magas *M. hirudinaceus* fertőzöttsége figyelhető meg a nagy kiterjedésű, homoktalajokkal borított területeken, ahol a cserebogár fajok populációinak sűrűsége is igen magas. A cserebogarak tömeges jelenléte tehát nem csak erdészeti károkat okozhat intenzíven művelt, homoktalajú területeken, hanem vadegészségügyi problémákat is. A károk mérséklésére, megoldására mindenképp szükséges egy komplex, széleskörű látásmód kialakítása, mely csak az erdészeti- és vadászati szakemberek összefogásával valósulhat meg.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet mondunk a SEFAG Zrt. Vadgazdálkodási Osztályának, hivatásos vadászainak és a zsigerelest végző szakembereknek a munkánkhoz nyújtott az együttműködésért és végtelen türelmükért, Dr. Hirka Anikónak az Erdészeti Tudományos Intézet tudományos főmunkatársának, aki rendelkezésünkre bocsátotta a cserebogarak kártételéről szóló somogyi adatsorokat, illetve Dr. Nemes Csabának a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Állategészségügyi Diagnosztikai Igazgatóság Kaposvári Telephely laboratórium-vezetőjének és munkatársainak, akik lehetővé tették és segítették vizsgálataink elvégzését!

FELHASZNÁLT IRODALOM

- AGROTOPO – Fizikai talajféleség térkép: <http://mta-taki.hu>
- de-la-Muela, N.; Hernández-de-Luján, S. and Ferre, I. 2001: Helminths of wild boar in Spain. *Journal of wildlife diseases*, 37 (4): 840-843.
- Foata, J.; Culioli, C.-L. and Marchand, B. 2005: Helminth fauna of wild boar in Corsica. *Acta Parasitologica*, 50 (2): 168-170.
- Hirka A. 2010: A 2009. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2010-ben várható károsítások. Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály, Mátrafüred.
- Hirka A. 2011: A 2010. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2011-ben várható károsítások. Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály, Mátrafüred.
- Hirka A. 2012: A 2011. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2012-ben várható károsítások. Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály, Mátrafüred.
- Hirka A. 2013: A 2012. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2013-ben várható károsítások. Erdészeti Tudományos Intézet, NÉBIH Erdészeti Igazgatóság, Mátrafüred.
- Janik G.; Tóth J.; Csóka Gy.; Szabóky Cs.; Hirka A. és Koltay A. 2008: Az erdészeti jelentőségű cserebogarak életmódja. 350-380. in: Az Erdészeti kutatások digitális, ünnepi különszáma az OEE 139. Vándorgyűlésének tiszteletére.
- Kassai T. 2003: Helminológia. Medicina Könyvkiadó, Budapest.
- Kates, K.C. 1942: Viability of eggs of the swine thorny-headed worm (*Macracanthorhynchus hirudinaceus*). *Journal of Agricultural Research*, 4 (2): 93-100.
- Kennedy, C.R. 2006: Ecology of acanthocephala. Cambridge University Press, Cambridge.
- Mowlavi, G.R.; Massoud, J.; Mobedi, J.; Solaymani-Mohammadi, S.; Gharagozlou, M.J. and Mas-Coma, S. 2006: Very highly prevalent *Macracanthorhynchus hirudinaceus* infection of wild boar *Sus scrofa* in Khuzestan province, south-western Iran. *Helminthologia*, 43 (2): 86-91.
- Pavlović, I.N.; Kulišić, Z.B.; Tambur, Z.Ž. and Protić, N.M. 2010: *Scarabidae* – intermediate host for *Macracanthorhynchus hirudinaceus*. *Proceedings for Natural Sciences Matica Srpska*, 119: 89-95
- Reiczigel J. and Rózsa L. 2005: Quantitative Parasitology 3.0. <http://www.zoologia.hu/qp/qp.html>
- Richardson, D.J. 2005: Identification of cystacanths and adults of *Oligacanthorhynchus tortuosa*, *Macracanthorhynchus ingens*, and *Macracanthorhynchus hirudinaceus* based on proboscis and hook morphometrics. *Journal of Arkansas Academy of Science*, 59: 205-209.
- Sattari, A. and Motamedi, G. 2006: A study on intestinal helminthes of dogs, foxes and jackals in the western part of Iran. *Veterinary Parasitology*, 142 (1-2): 129-133.
- Sugár L.; Kovács A. és Tóth Cs. 2008: Keszthelyi és bakonyi vaddisznók buzogányfejű férgessége. 19. In: MTA Állatorvostudományi Bizottsága Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Doktori Iskola, Akadémiai Beszámoló, Parazitológia, halkórtan.
- Swales, W.E. and Gwatkin, R. 1948: Experiments to determine the role of the thorny-headed worm, *Macracanthorhynchus hirudinaceus*, in the occurrence of disease of pigs in Canada. *Canadian Journal of Coaptive Medicals*, 12 (11): 297-299.



Taylor, M.A.; Jackson V.; Zimmer I.; Huntley S.; Tomlinson A. and Grant R. 2006: Qualitative Veterinary Risk Assessment: Introduction of Exotic Diseases (other than Rabies) in the UK. Veterinary Surveillance Team, Central Science Laboratory, Sand Hutton, York.

Érkezett: 2014. március 6.

Közlésre elfogadva: 2014. szeptember 15.

AZ ACTA SILVATICA & LIGNARIA HUNGARICA 9. KÖTETÉBEN 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 9. kötetének (2013) tartalmát mutatjuk be a megjelent írások címével és absztraktjával. A közlemények teljes terjedelmükben elérhetők és letölthetők a <http://aslh.nyme.hu> honlapról.

9-24. oldal: **A referencia párolgás néhány becselő módszerének összehasonlító vizsgálata** – Rácz Csaba – Nagy János – Dobos Attila Csaba

Számos tudományterület és kutatási téma, valamint gyakorlati alkalmazás számára bír alapvető fontossággal a növényállományok, természetes ökoszisztémák evapotranspirációjának ismerete. A nagyszámú módszer és a változó felhasználói igények összeegyeztetése azonban gyakran problémát okoz. A vizsgálatok célja az volt, hogy helyi viszonyok között is megismerhessük az eltérő fizikai megközelítést tükröző modellek kimeneti értéktartományát, érzékenységet. Leíró statisztikai-, valamint érzékenységvizsgálatot végeztünk 10 gyakran alkalmazott becselő modell eredményeire, ezek egyikének esetében két modellváltozatra is. Vizsgáltuk a kiválasztott módszerek korrelációját egymáshoz, illetve mért adatsorhoz képest. Értékeljük a modellkimenetek nagyságrendjét, azok változékonyságát, valamint az egyes légköri paraméterek változására adott reakcióját. A vizsgált módszerek közül a Priestley–Taylor, Penman–Monteith–FAO-56, Shuttleworth–Wallace (egyedi sugárzási egyenleggel parametrizálva), Szász és Makkink modell bizonyult a legérzékenyebbnak. Szisztematikus hiba tekintetében a Makkink és a Shuttleworth–Wallace mutatta a legjobb egyezést a mért értékekkel, míg a Penman–Monteith–FAO-56 módszert referenciaként választva ahhoz a Shuttleworth–Wallace, a Blaney–Criddle és a Makkink modell állt a legközelebb.

25-33. oldal: **Az avar mennyiségének hatása egy cseres-tölgyes erdő talajában a dehidrogenáz enzim aktivitására** – Veres Zsuzsa – Kotroczó Zsolt – Magyarors Kornél – Tóth János Attila – Tóthmérész Béla

A talajenzimek a talajban lévő szerves anyag (SOM) bomlásának „szenzorai”, mivel információt adnak a talaj mikrobiológiai és fizikai-kémiai állapotáról. Egy magyarországi mérsékelt övi tölgyerdőben mértük a dehidrogenáz enzim aktivitását az avar mennyiségének csökkentésével és növelésével. A Síkfőkút DIRT Projectben (Detritus Input and Removal Treatments) az alábbi kezeléseket alkalmaztuk: dupla mennyiségű levél avar, dupla mennyiségű ágavár, valamint levél és gyökér megvonásos kezelések, ahol a gyökereknek a parcellákra történő benövését akadályozzuk meg. Azt feltételeztük, hogy a megnövelt avar input hatására megnövekszik a talajban a labilis, azaz a könnyen bontható szén szubsztrátok mennyisége és az enzimek aktivitása. Különösen a dehidrogenáz enzim aktivitásának változását vártuk, ami az egyik legáltalánosabban használt mutató a talaj mikrobiális aktivitásának mérésére. Továbbá azt feltételeztük, hogy a talaj enzim aktivitása csökkenni fog az avarmegvonásos kezelésekből, a labilis szén szubsztrátok mennyiségének csökkenésével. Eredményeink azt mutatják, hogy tíz év elteltével az avar produkció csökkenése ebben az erdei ökoszisztémában

a talaj dehidrogenáz enzim aktivitásának csökkenését okozta, ugyanakkor az avarprodukciónak növekedése nem okozott szignifikáns változást az enzim aktivitásában.

35-42. oldal: **Mikroszaporított fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) klónok fiatalkori növekedése és morfológiai jellemzői száraz termőhelyeken** – Rédei Károly – Keserű Zsolt – Csiha Imre – Rásó János – Kamandiné Végh Ágnes – Antal Borbála

Magyarországon a fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) fontos állományalkotó egzóta fafaj, főként az erdőgazdálkodás számára kedvezőtlen termőhelyeken. A klímaváltozás hatásai miatt a fafaj jelentősége folyamatosan növekszik több más országban is. Egy szelekciós program eredményeként új akác klónokat állítottunk elő klónkísérletek létesítése céljából. Jelen tanulmányban négy mikroszaporítással előállított akác klónt értékeltünk fiatalkori növekedésük, továbbá morfológiai és fenológiai jellemzőik alapján Közép-Magyarországon száraz termőhelyi viszonyok között. Szignifikáns különbséget ($P < 5\%$) találtunk a mellmagassági átmérő és a megmaradási értékek tekintetében. 7 éves korban az R.p. 'Bácska' ('KH 56A 2/5') klón különösen ígéretesnek tűnik a tömegszaporításra. A szövettenyésztéses szaporítási eljárás megfelelő eszköznek tekinthető az ültetvényes fatermesztés területén kiváló minőségű egyedek klónos elszaporítására, új távlatokat nyújtva ezzel a kiválasztott genotípusok gyors klónozására.

43-56. oldal: **Éjszakai nagylepke közösségek (Lepidoptera: Macroheterocera) és a gyepszint diverzitásának kapcsolata** – Horváth Bálint – Tóth Viktória – Kovács Gyula

Az erdei ökoszisztémák éjszakai lepkeközösségének összetételét a lombkoronaszint alatti növényzet erősen befolyásolja, amely közvetett úton az erdészeti kezelések következménye. A szerzők jelen dolgozatban egy idős és egy fiatal, kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) által dominált erdőállomány gyepszintjének és éjszakai nagylepke közösségének kapcsolatát vizsgálták. Összesen 15 alkalommal történt éjszakai lepke mintavétel, 2011 márciusától novemberéig, hordozható fénycsapdák alkalmazásával. A vizsgálat során 257 nagylepke faj 5503 egyedét figyeltük meg. Fajokban leggazdagabb az araszoló lepkék családja (Geometridae) volt, ezt követték a bagolylepkék (Noctuidae) és a púposzövőök (Notodontidae) családja. A gyepszint növényzetét 20 darab 1 méter sugarú mintavételi körben vizsgáltuk, a csapdák 10 méteres körzetében. A mintavételezést 2011 májusától júliusáig végeztük. Az éjszakai nagylepkék egyedszáma az idős erdőben volt magasabb, ami az idősebb fák nagyobb biomassza produktumával magyarázható. Ugyanakkor a gyepszint növényfajainak abundanciája alacsonyabb volt az idős erdőben. A gyepszint és az éjszakai nagylepkék diverzitási indexei szignifikánsan magasabb értéket mutattak a fiatal erdőben, az éjszakai nagylepkék fajszámát az idős erdőben találtuk magasabbnak. További elemzéseket végeztünk a gyepszintben (illetve a gyepszintben is) fejlődő lepkefajokon, mint modellcsoporton, de sem a fajszámában, sem a mintánkénti átlagos egyedszámában nem volt szignifikáns különbség a mintaterületek között. Eredményeink alapján arra következtethetünk, hogy a gyepszint önmagában nem meghatározó tényezője az éjszakai nagylepke közösségeknek, a vizsgáltakhoz hasonló hazai kocsánytalan tölgyes erdőkben.

57-69. oldal: **Phytophthora fajok gyakorisága és diverzitása egy pusztuló feketedió állományban Magyarországon** – Kovács Judit – Lakatos Ferenc – Szabó Ilona

A tanulmány egy pusztuló nyugat-magyarországi fekete dió (*Juglans nigra*) állományban előforduló Phytophthora fajokról, és azok faállományra gyakorolt hatásáról tudósít. A szerzők vizsgálták a faállomány egészségi állapotát, illetve talajmintákat gyűjtöttek a fák gyökérszínájából a Phytophthora fajok kitenyésztése céljából. A vizsgálatokat 20 megjelölt fán végezték, 2011-ben és 2012-ben, évente 2–2 alkalommal. Az izolátumok azonosítása morfológiai és molekuláris genetikai módszerekkel történt. *Phytophthora cactorum*-ot

és *Phytophthora plurivora*-t találtak, mint a pusztulás valószínűsíthető okát. A két faj gyakorisága eltérő volt a különböző mintavételi időpontokban, feltehetően az eltérő időjárási viszonyok miatt. A két faj diverzitását az izolátumok ITS1 – 5.8S – ITS2 szekvenciái alapján becsülték.

71-83. oldal: **Taplógombák előfordulása és gazdanövényköre Magyarországon I. – *Ganoderma*** – Papp Viktor – Szabó Ilona

A taplók közül a *Ganoderma P. Karst. 1881* gazdasági szempontból az egyik legfontosabb nemzetség, tekintettel növénykórtani jelentőségükre, valamint a gyógyászatban betöltött szerepükre. Jelen munkában feldolgoztuk és revideáltuk a Magyarországi gyűjteményekben elhelyezett hazai fungáriumi mintákat, továbbá újabb, korábban nem publikált adatokat is közlünk. A cikk tartalmazza a hazánkban előforduló hat *Ganoderma* faj (*Ganoderma adspersum*, *G. applanatum*, *G. carnosum*, *G. cupreolaccatum*, *G. lucidum*, *G. resinaceum*) nomenklaturai helyzetét, az elkülönítő morfológiai bélyegeket, aljzataik gyakorisági megoszlását és a fungáriumi példányok részletes adatait megyék szerint csoportosítva. Összesen 215 *Ganoderma taxon* herbáriumi mintáját vizsgáltuk meg és 10 Magyarországon korábban nem ismert gazdanövényen való előfordulási adatot közlünk. Az eddig egyetlen hazánkból ismert *Ganoderma carnosum* mintának (IZ3122) lelőhelyét és gyűjtésének időpontját, valamint két további hazai minta adatát első alkalommal publikáljuk.

85-96. oldal: **Három klímazonális faj hazai potenciális elterjedésének modellezése jelenlegi és jövőbeni klímában** – Móricz Norbert – Rasztovits Ervin – Gálos Borbála – Berki Imre – Eredics Attila – Loibl Wolfgang

A bükk, a kocsánytalan tölgy és a csertölgy potenciális elterjedését és elegyarányát vizsgáltuk Magyarországon a jelenlegi és a jövőben (2036–2065 és 2071–2100) várható klimatikus körülmények között. A vizsgált fajok jelenlegi elegyarányának (az erdőrésztletben elfoglalt terület aránya, %) és a klímának (az Ellenberg index-el kifejezve) az összefüggését használtuk a fajok elterjedésének modellezéséhez. A REMO regionális klímamodellel történt szimuláció a bükk és a kocsánytalan tölgy elterjedési területének és elegyarányának jelentős csökkenését mutatta a 21. század folyamán. A század közepére a jelenlegi bükk állományok 35%-a, a kocsánytalan tölgy állományok 75%-a maradna a jelenlegi alsó elterjedési határunk felett. A század végére a bükk szinte teljesen eltűnhet Magyarország területéről és a kocsánytalan tölgy is a magasabb hegyvidékekre és a délnyugati határ menti területre húzódhat vissza. Ellenben a csertölgy jelenlegi állományait várhatóan nem érinti számottevően a klímaváltozás, viszont az elterjedési területe a jelenlegi kocsánytalan tölgyes állományok helyét foglalhatja el.

97-109. oldal: **Erdei utak teherbírásának mérése a Benkelman-gerenda továbbfejlesztett változatával** – Markó Gergely – Primusz Péter – Péterfalvi József

Az erdészeti szállításban mértékadónak tekinthető tehergépjármű állomány az elmúlt évtizedekben nagy tengelyterhelésű járművekre cserélődött le; ez a folyamat a szállítópályák leromlását felgyorsította. Mindezek miatt az erdőfeltárás témakörében a hangsúly a feltáráshálózatok bővítéséről áthelyeződött a meglévő utak fenntartására és fejlesztésére. Az Erdőfeltárási Tanszéken folyó kutatások – az erdőgazdaságok által megrendelt kutatás-fejlesztési megbízásokkal párhuzamosan – követik ezt a trendet; a cikk az aszfalt kopóréteggel rendelkező pályaszerkezetek teherbírásának roncsolásmentes meghatározása területén elért legújabb eredményeket mutatja be.

111-117. oldal: **A fakéreg hőszigetelési tulajdonságai** – Pásztory Zoltán – Ronyecz Ildikó

Manapság egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a különböző szigetelőanyagok javítására. A tanulmány bemutatja a különböző lombos- és tűlevelű fajok kérgének hőszigetelő képességét. Öt fajt vizsgáltunk meg: az akácot, a Pannonia nyár klónt, az erdeifenyőt, a vörösfenyőt és a lucfenyőt. A tanulmány mind a kezdő nedvességtartalmú, mind a 12%-os nedvességtartalomra szárított kérgeket vizsgálja. A kutatás megmutatta, hogy a fakéreg hasonló hőszigetelési tulajdonságokkal rendelkezik, mint más, általánosan használt szigetelő anyagok. A fakéreg feldolgozása alacsony energiafelhasználással jár és CO₂ mérlege is lényegesen jobb, mint a hagyományos szigetelő anyagok.

119-133. oldal: **Légifelvelelek osztályozása vizes élőhelyek térképezése céljából** – Kollár Szilvia – Vekerdy Zoltán – Márkus Béla

A tanulmány célja légifelvelelek elemzésére szolgáló módszer kidolgozása vizes élőhelyek vegetációtérképezéséhez, melyet a szigetközi folyómenti mintaterületen vizsgáltunk. A hagyományos terepi felméréssel szemben a távérzékelés lehetővé teszi vizes élőhelyek megközelítően objektív és gyors térképezését nagy felbontású légifelvelelek és kiegészítő botanikai és erdészeti adatok felhasználásával. A mintavételen alapuló fél-automatikus képosztályozás eredményesnek bizonyult a kiválasztott három képre alkalmazva (adott teszterület három időpontra). A vegetációs célosztályok heterogén természetéből adódik, hogy a spektrális jellemzők (vegetációs index) vizsgálata mellett texturális jellemzők bevonására is szükség van az osztályozási algoritmusok kialakításához. A legjelentősebb paramétereket a Jeffries-Matusita statisztikai kiválasztó módszer segítségével határoztuk meg. Megbízhatósági elemzés alapján a spektrális és texturális jellemzők együttes alkalmazása adta a legjobb osztályozási eredményeket a kizárólag spektrális vagy texturális paraméterek felhasználásával szemben. Hasonló ártéri területek növényzeti térképezéséhez a kiválasztott jellemzők alapértelmezett alkalmazása javasolt.

135-146. oldal: **Erdei újulat térképezése földi lézeres letapogatás adataiból** – Brolly Gábor – Király Géza – Czimber Kornél

Az erdei újulati foltok helye, kiterjedése, borítottsága és törzsszáma kulcsfontosságú tényezők az erdődinamikai folyamatok feltárásában és a többkorú faállományok kezelésében. A fatermési modellek előállítására, az üzemi gyakorlatban végzett erdőművelés valamint erdőfeltárás pontos és objektív módszereket kíván az újulat helyének meghatározására. A földi lézeres letapogatás kiválóan alkalmas törzstérképek előállítására, ám az adatok feldolgozásához szükséges eljárásokat eddig csak szálerdőkre fejlesztettek ki. A tanulmány olyan automatikus eljárást mutat be, ami 3–6 méter magasságú faegyedek lézeres letapogatás adataiból történő azonosítást teszi lehetővé. Három, különböző jellegű újulati foltban létesített mintaterületen a pontthalmaz vizuális interpretációjával azonosított törzsek 79–90%-át sikerült automatikus úton felismerni. Az eljárás teljesítményét a vizsgált állományjellemzők közül elsősorban a törzsszám befolyásolta, míg az ágak mennyiségének hatása elenyésző. Az elért eredmények rámutatnak, hogy a földi lézeres letapogatás alkalmas az újulat mennyiségének felmérésére, így a folyamatos borítású erdők leírásának ígéretes eszköze lehet.

147-156. oldal: **Cs-137 mélységi és területi eloszlása a Soproni hegység egy kis vízgyűjtőjének talajában** – Kiss Ervin – Volford Péter

A tanulmány bemutatja a Farkas-árok, a Soproni-hegység egy kis vízgyűjtője, erdei talajában a Cs-137 aktivitáskoncentráció mélységi és területi eloszlását 2001 és 2010-ben, valamint az aktivitáskoncentráció változás lehetséges okát. A Cs-137 aktivitás értékek 2001-ben 30, 2010-ben 5 helyen lettek mérve. 2001-ben a mérés-

si helyek Cs-137 aktivitáskoncentrációjának mélységi eloszlása a talajban csökkenő exponenciális függvény szerint alakult. A 2010-es mérések adataiban látható volt, hogy a legmagasabb Cs-137 aktivitáskoncentráció a felső rétegekből lejjebb tolódott, és a mélységi eloszlás 4–6 cm mélységig egy növekvő, vagy stagnáló függvény (lejtőszög függvényében), majd egy csökkenő függvény szerint változott. 2001-ben a felszíni talajrétegek (0–2 cm) aktivitáskoncentrációja a mintavételi pontokban 15 és 609 Bq/kg között, míg 2010-ben 26 és 72 Bq/kg között változott. A felszíni talajréteg aktivitáskoncentrációja és a lejtőszög között összefüggést lehetett kimutatni. A területi eloszlás lejtőszög függéséből azt a következtetést vontuk le, hogy a Cs-137 aktivitáskoncentráció területi eltéréseinek egyik fő oka az eltérő mértékű talajvándorlás volt.

161-169. oldal: **Minőségi kockázatok elemzése komplex hálózatok segítségével** – Csiszér Tamás

A tanulmány bemutatja a minőségügyi kockázatok közötti kapcsolatok elemzésére használható NTS hálózatot, amelynek segítségével - a kockázati események valós előfordulása alapján - értékelhetők és javíthatók a minőségi kockázatok elemzésének eredményei. Az NTS alkalmazása a hálózattudomány újszerű megközelítésén alapul, amely gráfok segítségével modellezi a komplex rendszereket. Az NTS elemeinek, az ún. N-, T- és S-gráfoknak a használatával azonosíthatók azok a kockázati események, amelyek speciális szerepet játszanak a kockázatmenedzsment rendszerben. Ismerve a jellegzetességeiket, az események közötti potenciális okozati kapcsolatok újraértelmezhetők, amelynek eredményeképpen megbízhatóbb előrejelzés adható az egyes események előfordulási gyakoriságára.

HELYREIGAZÍTÁS

Az Erdészettudományi Közlemények 2. évfolyam (2012) 1. szám 21-34. oldalán közlésre került cikk (Kolozs László és Veperdi Gábor: Élőfakészlet- és növedékmeghatározás a szálaló, illetve átalakító üzemmódú erdőkben egyváltozós fatérfogatfüggvény alkalmazásával) 30-31. oldalán található 2b és 2c táblázatában az alábbi hibákat észleltük:

- A 2B táblázat utolsó (8-ik) oszlopának hatodik adatsorában (Kőris, Kisalföld, b2 paraméter) a helyes paraméterérték: 1.26489062289053E-03
- A 2c táblázat ötödik oszlopában véletlenül a negyedik oszlop adatai ismétlődnek. Az ötödik oszlopban szereplő paraméterek helyes értékei:

Fafajok, fajaj-csoportok	Erdőgazdasági nagytípusok
	(Nyugat-Dunántúl)
	b1
B	-4.02714183482784E-02
CS	-1.69512064215858E-02
KTT	-2.68241009419687E-02
KST	-1.53976254868946E-02
GY	-1.59691582928788E-02
KŐRIS	-9.82019643446359E-03
JUHAR	-7.88180297139097E-03
SZIL	—
A	-9.13481193933032E-03
EKL	-1.42657571988033E-02
NYI	-6.11212488842863E-03
ÉGER	-1.25255550197501E-02
HÁRS	-6.67726631567169E-03
HNY	-1.41926578264223E-02
FUZ	-5.60704406288529E-04
EF	-9.97006414366972E-03
FF	-0.01156610710602
LF	-9.93583301949182E-03
VF	-8.37782903086303E-03

A hibáért elnézést kérünk!

A szerzők és a szerkesztők.

TARTALOMJEGYZÉK

(folytatás a hátsó borítóról)

- 171 **Futóbogár-együttesek vizsgálata egy Balaton-felvidéki mesterségesen kialakított lékben –**
Andrési Dániel és Lakatos Ferenc
- 185 **Éjszakai nagylepkék diverzitásának vizsgálata különböző korú gyertyános-kocsánytalan töl-
gyes erdőállományokban –***Horváth Bálint és Lakatos Ferenc*
- 197 **A sertés buzogányfejű férgének előfordulása dunántúli vaddisznó állományokban egyes kör-
nyezeti tényezők függvényében –***Nagy Gábor, Ács Kornél, Csigvicsik Ágnes, Varga Gyula és
Sugár László*
- 207 **Az Acta Silvatica & Lignaria Hungarica 9. kötetében (2013) megjelent tanulmányok címei és
kivonatai**

Útmutató a szerzők számára

Az Erdészettudományi Közlemények évente legalább egy alkalommal megjelenő tudományos lap. Lektorált **magyar nyelvű, elsősorban hazai, illetve közép-európai vonatkozású** tudományos publikációkat közöl a **tágabban értelmezett erdészettudomány** témaköréből. A Lapban való megjelenés szükséges minimális feltételei:

- a lap profiljához illeszkedő témájú kézirat,
- a formai előírásoknak megfelelő kézirat,
- magyar és angol nyelvű összefoglalók,
- magyar és angol nyelvű kulcsszavak,
- magyar és angol nyelvű ábraalírások,
- szabályszerű szövegekőzi szakirodalmi hivatkozások,
- a hivatkozott szakirodalom szabályszerű felsorolása.

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

- 7 **A potenciális természetes erdőtársulások és az aktuális faállománytípusok összevetése országos szinten** – *Bartha Dénes, Korda Márton, Kovács Gábor és Timár Gábor*
- 23 **Gyertyános-tölgyesben kialakított lékek újulatának vizsgálata a Soproni-hegység területén** – *Csiszár Ágnes, Korda Márton, Zagyvai Gergely, Winkler Dániel, Tiborczi Viktor, Süle Péter, Šporčić Dean, Naár Dénes és Bartha Dénes*
- 37 **Összefüggések egy szálalóvágással kezelt szubmontán bükkös állományszerkezete, gyepszintje és nagygomba-fajkészlete között** – *Molnár Dénes, Folcz Ádám, Frank Norbert és Király Gergely*
- 47 **Összehasonlító vizsgálatok a magyar kőrös (*Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*) és a magas kőrös (*Fraxinus excelsior*) generatív szervein** – *Silnicki Ádám, Zagyvai Gergely és Bartha Dénes*
- 63 **Homoki szürke nyár elegyes akácok fatermése: esettanulmány** – *Rédei Károly, Rásó János, Keserű Zsolt és Juhász János*
- 73 **Fatérfogat-tarifa tábla ezüsthársas-bükkös állományokra** – *Frank Norbert, Fülöp Tamás és Folcz Ádám*
- 83 **A fásszárú újulat ökofiziológiai válaszai cseres-tölgyes lék-regenerációja során** – *Salamon-Albert Éva, Lőrincz Péter és Csiszár Ágnes*
- 95 **A hazai faipari termékekben tárolt szén mennyiségének és készletváltozásának becslése a 2013 IPCC Supplementary Guidance módszertana alapján** – *Király Éva és Kottek Péter*
- 109 **Az energetikai faültetvények hozamának vizsgálata** – *Horváth-Szováti Erika és Vágvölgyi Andrea*
- 119 **Mésszel stabilizált földmű hatásainak vizsgálata egy kísérleti útszakaszon** – *Péterfalvi József, Primusz Péter, Markó Gergely, Kisfaludi Balázs és Kosztka Miklós*
- 135 **Erdészeti utak forgalmának meghatározása kamerás megfigyeléssel** – *Kisfaludi Balázs*
- 147 **A TruPulse lézeres távolságmérő alkalmazhatósága erdészeti térképezési feladatokra** – *Bazsó Tamás, Primusz Péter és Németh Márk*
- 159 **Asiska nádtippán (*Calamagrostis epigeios*) erdőgazdasági jelentőségének vizsgálata kérdőíves módszerrel** – *Molnár Miklós*

A Tartalomjegyzék a hátsó borító belső oldalán folytatódik.

English table of contents can be found on page 5.

www.erdtudkoz.hu

