

# Silva naturalis

Vol. 6.



# Silva naturalis

A folyamatos erdőborítás elméleti alapjainak  
és gyakorlati megvalósításának sorozata

Series on Theory and Practice of Continuous Forest  
Cover

Szerkeszti – Editors:

BARTHA DÉNES és PUSKÁS LAJOS

Vol. 6.



Sopron

2014

ISSN 2064-1168  
ISBN 978-963-334-208-4

Alapítva – Founded:  
2013

A szerkesztőség címe – Editorial office:

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar  
University of West-Hungary, Faculty of Forestry  
H-9401 Sopron, Pf.: 132.



Kiadó – Published by:  
Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó  
Felelős kiadó – Responsible publisher:  
Dr. Varga László tudományos és külügyi rektorhelyettes

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

Nyomdai munkák – Printed by:

PÁTRIA Nyomda ZRt.  
1117 Budapest, Hunyadi J. u. 7.  
Felelős vezető: Orgovány Katalin vezérigazgató

**Silva naturalis**  
**Vol. 6., 2014**

**A**  
**folyamatos erdőborítás**  
**megvalósításának ökológiai,**  
**konzervációbiológiai,**  
**közjóléti és**  
**természetvédelmi**  
**szempontú vizsgálata**

**A kutatási részprojektek szakmai**  
**beszámolóí**

## **Szerkesztette:**

BARTHA DÉNES – PUSKÁS LAJOS

## **A szerkesztésben közreműködött:**

KOVÁCS MIKLÓS

## **Szerzők:**

ANDRÉSI DÁNIEL	JANIK GERGELY	SALAMON-ALBERT
BARTHA DÉNES	KALICZ PÉTER	ÉVA
BENDE ATTILA	KÁMPEL JÓZSEF	SÁNDOR GYULA
BIDLÓ ANDRÁS	KIRÁLY BOTOND	SÁRÁNDI-KOVÁCS
BOGNÁR CSABA	GERGELY	JUDIT
BOLODÁR-VARGA	KIRÁLY GÉZA	SASS VIVIEN
BERNADETT	KISPÁL DÓRA	SCHMIDT DÁVID
BOROVICS ATTILA	KOLLÁR TAMÁS	SIFFER SÁNDOR
BRATEK ZOLTÁN	KORDA MÁRTON	SIPOS GYÖRGY
BROLLY GÁBOR	KOVÁCS GÁBOR	SZABÓ ÉVA
CSEKE KLÁRA	KOVÁCS TIBOR	SZABÓ ILONA
CSÉPÁNYI PÉTER	LAKATOS FERENC	SZABÓKY CSABA
CSICSEK GÁBOR	LETT BÉLA	SZŐCS LEVENTE
CSISZÁR ÁGNES	LŐRINCZ PÉTER	SZÚCS PÉTER
CSÓKA GYÖRGY	MANNINGER MIKLÓS	TARI TAMÁS
DANKÓ TIBORNÉ	MOLNÁR DÉNES	TESZLÁK PÉTER
EREDICS ATTILA	MERKL OTTÓ	TIBORCZ VIKTOR
FOLCZ ÁDÁM	MOLNÁR MIKLÓS	TIMÁR GÁBOR
FRANK NORBERT	MOLNÁR ZSÓFIA	TÓTH VIKTÓRIA
GÁL JÁNOS	NAGY BÁLINT	TUBA KATALIN
GRIBOVSKY ZOLTÁN	NÁHLIK ANDRÁS	VARGA SZABOLCS
HEIL BÁLINT	NÉMETH ESZTER	VEPERDI GÁBOR
HIRKA ANIKÓ	NÉMETHNÉ-POGÁNY	WINKLER DÁNIEL
HORVÁTH ADRIENN	CSILLA	ZAGYVAI GERGELY
HORVÁTH BÁLINT	NÓTÁRI KRISZTINA	ZAGYVAINÉ-KISS
HORVÁTH GYÖZŐ	ORTMANNÉ-AJKAI	KATALIN
IVANA ŠIMKOVA	ADRIENNE	ZAXNÉ SIMON
JÁGER LÁSZLÓ	PARCZEN BENEDEK	ERZSÉBET
JAMBRICH ISTVÁNNÉ	RÁSÓ JÁNOS	

## **A kötetet lektorálta:**

KOVÁCS MÁTYÁS – MARKOVICS TIBOR

## Tartalom

<b>Előszó</b>	<b>8</b>
<b>I. alprojekt: ÖKOLÓGIAI KUTATÁSOK</b>	
<b>1.1. részprojekt: Mikroklimatikus tényezők vizsgálata</b> EREDICS ATTILA	
<b>Mikroklimatikus viszonyok vizsgálata</b>	<b>10</b>
<b>1.2. részprojekt: Hidrológiai viszonyok vizsgálata</b> KALICZ PÉTER – ZAGYVAINÉ KISS KATALIN – GRIBOVSKI ZOLTÁN – KIRÁLY GÉZA – BROLLY GÁBOR – KOLLÁR TAMÁS – MANNINGER MIKLÓS	
<b>A folyamatos erdőborítás hidrológiai szempontú vizsgálata</b>	<b>34</b>
<b>1.3. részprojekt: Fényviszonyok vizsgálata</b> KOLLÁR TAMÁS – FRANK NORBERT – KIRÁLY BOTOND GERGELY – FOLCZ ÁDÁM – MOLNÁR MIKLÓS – MOLNÁR DÉNES	
<b>Fényviszonyok vizsgálata</b>	<b>51</b>
<b>1.4. részprojekt: Termőhelyi vizsgálatok, talajban bekövetkező le- bontási folyamatok vizsgálata</b> BIDLÓ ANDRÁS – BOLODÁR-VARGA BERNADETT – HORVÁTH ADRIENN – NÉMETH ESZTER – IVANA ŠIMKOVÁ – SZŰCS PÉTER	
<b>Talajvizsgálatok dunántúli erdőállományok lékjeiben</b>	<b>65</b>
HEIL BÁLINT – BOGNÁR CSABA – SZABÓ ÉVA – MOLNÁR ZSÓFIA – BRATEK ZOLTÁN	
<b>Talajban bekövetkező lebontási folyamatok talajbiológiai jellemzése</b>	<b>86</b>
<b>II. alprojekt: BIOBIVERZITÁS KUTATÁSOK</b>	
<b>2.1. részprojekt: Különböző szempontú erdőművelési beavatkozások faállomány genetikai szerkezetére gyakorolt hatásainak elemzése egy intenzíven mintázott kocsánytalan tölgyesben</b> BOROVICS ATTILA – CSEKE KLÁRA	
<b>Különböző szempontú erdőművelési beavatkozások faállomány ge- netikai szerkezetére gyakorolt hatásainak elemzése egy intenzíven mintázott kocsánytalan tölgyesben</b>	<b>101</b>
LAKATOS FERENC – TÓTH VIKTORIA	
<b>A gazdanövény genetikai tulajdonságainak hatása a lombfogyasztó rovarok genetikai mintázatára</b>	<b>114</b>
<b>2.2. részprojekt: A folyamatos erdőborítás fajösszetétel és fajdiverzitás vizsgálata</b> BARTHA DÉNES – CSISZÁR ÁGNES – KORDA MÁRTON – ZAGYVAI GERGELY – TIBORCZ VIKTOR – KISPÁL DÓRA – SCHMIDT DÁVID – NÓTÁRI KRISZTINA – PARCZEN BENEDEK – NAGY BÁLINT – BENDE ATTILA – SIFFER SÁNDOR – CSÉPÁNYI PÉTER	
<b>A folyamatos erdőborítás fajösszetétel és fajdiverzitás vizsgálata</b>	<b>119</b>
<b>2.3. részprojekt: A holtfa szerepe a diverzitás fenntartásában</b>	

LAKATOS FERENC – TUBA KATALIN – SZABÓ ILONA – VARGA SZABOLCS – SIPOS GYÖRGY – MOLNÁR MIKLÓS – SÁRÁNDI-KOVÁCS JUDIT – ANDRÉSI DÁNIEL – NÉMETHNÉ POGÁNY CSILLA – JAMBRICH ISTVÁNNÉ – DANKÓ TIBORNÉ – CSÓKA GYÖRGY – HIRKA ANIKÓ – JANIK GERGELY – SZÓCS LEVENTE – KOVÁCS TIBOR – SZABÓKY CSABA – MERKL OTTÓ	
<b>A holtfa szerepe a diverzitás fenntartásában</b>	<b>148</b>
<b>2.4. részprojekt: Különböző üzemmódú állományok erdődinamikai és erdőtermészetességi vizsgálata</b>	
ORTMANN-NÉ AJKAI ADRIENNE – HORVÁTH GYŐZŐ – SASS VIVIEN – CSICSEK GÁBOR	
<b>A kocsányos tölgy (<i>Quercus robur</i> L.) felújulása az Ormánságban: lékes kísérletek a spontán felújulás táji léptékű vizsgálata</b>	<b>165</b>
<b>2.5. részprojekt: Fás- és lágyszárú növényfajok ökofiziológiai vizs- gálata</b>	
SALAMON-ALBERT ÉVA – LÓRINCZ PÉTER – TESZLÁK PÉTER – CSISZÁR ÁGNES	
<b>A fásszárú újulat szén- és vízforgalmi válaszainak vizsgálata négy magyarországi lombhullató erdőtípusban – a folyamatos erdőborítás funkcionális ökológiai megközelítése</b>	<b>178</b>
<b>2.6. részprojekt: A folyamatos erdőborítás társulás és táj szintű vizsgálata</b>	
NÓTÁRI KRISZTINA – BENDE ATTILA – CSISZÁR ÁGNES – ZAGYVAI GERGELY – BARTHA DÉNES	
<b>A folyamatos erdőborítás hatásának elemzése tájmetriai módszerekkel a Királyréti Erdészet területén</b>	<b>202</b>
<b>III. alprojekt: CÉLZOTT ALAPKUTATÁSOK</b>	
<b>3.1. részprojekt: A folyamatos erdőborítás modellezési vonatkozásai</b>	
GÁL JÁNOS – KOVÁCS GÁBOR – FRANK NORBERT	
<b>A folyamatos erdőborítás modellezési vonatkozásai</b>	<b>222</b>
<b>3.2. részprojekt: Közjóléti, társadalmi és fenntarthatósági vonatkozások vizsgálata</b>	
VEPERDI GÁBOR – LETT BÉLA – JÁGER LÁSZLÓ	
<b>Közjóléti, társadalmi és fenntarthatósági vonatkozások vizsgálata</b>	<b>233</b>
<b>3.3. részprojekt: A folyamatos erdőborítással történő erdőgazdálkodás vadgazdálkodási kérdései</b>	
NÁHLIK ANDRÁS – SÁNDOR GYULA – TARI TAMÁS	
<b>A folyamatos erdőborítással történő erdőgazdálkodás vadgazdálkodási kérdései</b>	<b>251</b>

<b>3.4. részprojekt: Természetvédelmi és konzervációbiológiai vonatkozások elemzése</b>	
BARTHA DÉNES – KORDA MÁRTON – KOVÁCS GÁBOR – TÍMÁR GÁBOR – PARCZEN BENEDEK – NAGY BÁLINT	
<b>A természetvédelmi és konzervációbiológiai vonatkozások elemzése</b>	<b>270</b>
<b>3.5. részprojekt: A diverzitás, természetesség és a stabilitás, ellenállóképesség elemzése a folyamatos erdőborításnál</b>	
KÁMPEL JÓZSEF – CSÓKA GYÖRGY – HIRKA ANIKÓ – RÁSÓ JÁNOS	
<b>Az újulat egészségi állapotának felmérése lékekben és zárt állományban</b>	<b>291</b>
LAKATOS FERENC – TUBA KATALIN – SIPOS GYÖRGY – HORVÁTH BÁLINT – NÉMETHNÉ POGÁNY CSILLA – JAMBRICH ISTVÁNNÉ – DANKÓ TIBORNÉ	
<b>Faállományviszonyok és lékek hatása a lepkefauna összetételére</b>	<b>304</b>
CSISZÁR ÁGNES – ZAXNÉ SIMON ERZSÉBET – KORDA MÁRTON – ZAGYVAI GERGELY – WINKLER DÁNIEL – BARTHA DÉNES	
<b>A diverzitás, természetesség és a stabilitás, ellenállóképesség elemzése a folyamatos erdőborításnál</b>	<b>306</b>



## Előszó

Az ezredfordulón bekövetkező paradigmaváltás miatt a vágásos erdőgazdálkodás mellett egyre nagyobb teret követelnek a folyamatos erdőborításon alapuló erdőkezelési módok. A társadalmi elvárások, valamint az erdők közjóléti és védelmi funkciójának erősítése mellett a szakmai kihívás is motiválta az erdész-kollégákat, így nem véletlen, hogy a 2009. évi hatályos erdőtörvényünkben több paragrafust is kapott már ez a fontos témakör. Az is tény, hogy az erdészeti gyakorlat ezen a téren megelőzte a kutatást és az oktatást is. Ezt az ellentmondást feloldandó adtuk be pályázatunkat, amit sikerült 2012-ben elnyernünk. Ma is valljuk, hogy alapkutatásainkhoz alkalmazott kutatásoknak is kell kapcsolódnia, s erre már a projekt struktúrájának megálmodása során is nagy hangsúlyt fektettünk, így szolgálva az „elmélettel a gyakorlatért” örök elvet. Kutatási témánk azért is különleges, mert egy nagy monolitikus területet, a folyamatos erdőborítás megvalósítását sokszempontú elemzésnek vetjük alá. Tisztában vagyunk az- zal, hogy a projekt rövid futamideje miatt (2 év) főként csak rész-eredményekkel tudunk szolgálni, de a beállított kutatások tovább folytathatók és folytatandók, így ismereteink gyarapodásának nincs akadálya.

A projekt keretében végzett vizsgálataink három fő csoportba oszthatók:

- a. ökológiai, elsősorban az élettelen tényezők vizsgálatára irányulók,
- b. biodiverzitás-kutatások, az élő komponensek elemzését végzők,
- c. alkalmazott kutatások, melyek közjóléti, ökonómiai, vadgazdálkodási, természetvédelmi vonatkozásokat tárnak fel. E három alprojektben belül 4, 6 ill. 5 részprojektet képeztünk, amelyek egy-egy nagyobb témakört boncolgattak.

A projekt megvalósítása során indított periodikánk, a *Silva naturalis* VI. kötetében az egyes részprojektek művelői számolnak be az elvégzett feladatokról, az elért eredményekről. Nem állítjuk, hogy maradéktalanul sikerült megvalósítani eredeti célkitűzéseinket, amely okai között egyes kutatók kételkedő és kevésbé lelkes hozzáállása, a projektlebonyolítás nehéz körülményei, a rövid futamidő is ott szerepel. Nem jelenthetjük ki, hogy minden részprojekt esetében fajsúlyos, s az erdészeti és természetvédelmi gyakorlat számára is közvetlenül hasz-

nosítható eredményeket produkáltunk. Nem hisszük, hogy nem lehetett volna több kísérletet beállítani, jobb eredményeket elérni, színvonalasabb publikációkat megjelentetni. Minden kezdet nehéz! – nyugtathatjuk meg magunkat, s reménykedünk abban, hogy a megkezdett úton haladva a jövőben jelentősebb kutatási eredményeket, szilárdabb szakmai meggyőződésekkel könyvelhetünk majd el.

A „Silva naturalis – A folyamatos erdőborítás megvalósításának ökológiai, konzervációbiológiai, közjóléti és természetvédelmi szempontú vizsgálata” című TÁMOP-projekt vezetése ezúton mond köszönetet minden projektrésztvevőnek, s abban a reményben nyújtja át ezt a kötetet, hogy a Silva naturalis periodika folyamatosan jelenik meg a jövőben is az egyre gyarapodó eredmények közkinccsé tétele céljából. Az, hogy egyre több hallgatói, doktoranduszi és fiatal kutatói munka kapcsolódik témájában a folyamatos erdőborítás megvalósításához, mind azt mutatják, hogy a nem is olyan rég taposott keskeny ösvény jelentősége a jövőben egyre nagyobb lesz.

BARTHA DÉNES – PUSKÁS LAJOS

## 1.1. Mikroklimatikus tényezők vizsgálata

Részprojekt felelős szervezeti egység: EMK Környezet- és  
Földtudományi Intézet

### MIKROKLIMATIKUS VISZONYOK VIZSGÁLATA

EREDICS ATTILA

Nyugat-magyarországi Egyetem,  
Erdőmérnöki Kar  
Környezet- és Földtudományi Intézet  
9400 Sopron, Cházár András tér 1.

#### Bevezetés

A folyamatos erdőborítás céljait szolgáló egyik gyakran alkalmazott természetes erdőfelújítási eljárás a lékes felújító vágás. Az újulat megmaradása és fejlődése szempontjából kiemelkedő szerepe van a környezeti tényezőknek, és elsősorban a szélsőséges körülményeknek. A lékekben sajátos mikroklíma alakul ki, melyet befolyásol a lék mérete, alakja és a környező állomány szerkezete. Kutatásaink során különböző méretű lékek mikroklíma alakító hatását tanulmányoztuk.

#### A lékek sajátos viszonyai

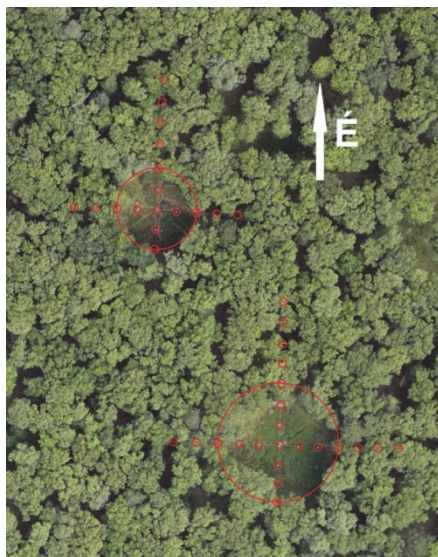
A lékek fontos tulajdonsága, hogy méretétől függően a fizikai környezete jelentősen eltér a környező erdőállománytól, amit az erdész igyekszik a saját céljai érdekében felhasználni. A lékek egyik legjellemzőbb méretbeli tulajdonsága az átmérőjének ( $D$ ) és a környező állomány famagasságának ( $H$ ) a hányadosa, az ún.  $D/H$  érték. Ezen felül fontos még a lékek alakja és kitettsége, melyek együttesen határozzák meg a lék mikroklímáját (RUNKLE, 1985). A famagasságnál nagyobb átmérőjű lékekben az eltérő biotikus és abiotikus viszonyoknak köszönhetően az élőhely jelentősen megváltozik (ULANOVA, 2000). A legfontosabb, hogy a lékméret növekedésével egyre több fény jut be a lékbe. Ez a besugárzás növekedés a  $D/H = 2$  méret

(vagyis a kétszeres famagasságú átmérő) eléréséig számottevő. A kisméretű lékekben a talajnedvesség megnő a környező állományhoz képest (+20% illetve +5%-kal, MINCKLER – WOERHEIDE, 1965) a lecsökkent evapotranspiráció, és a lombzat intercepciójának hiánya miatt. De a nagyméretű lékek középső zónájában a nagyobb besugárzás és a szélszárító hatása lecsökkentheti a talajnedvességet, különösen a felső talajrétegekben (MARQUIS, 1973). Egy lék tehát nem csak a lombkorona szintben jelent különbséget, hanem ezzel együtt egy „földalatti lék” is kialakul, amit elsősorban a talajnedvesség értékei különítenek el (WEBB, 1999). De a talajnedvesség eloszlása a talaj heterogenitása miatt gyakran nem rajzol ki olyan egyértelmű zónákat, mint pl. a besugárzás (GÁLHIDY et al., 2006). A megnövekedett besugárzás és talajnedvesség felgyorsítja a szerves anyagok lebontását is (CANHAM – MARKS, 1985; WEBB, 1999). Magyarországon, több helyen is folyik lékek különböző szempontú vizsgálata, elsősorban bükkös állományokban (pl. KENDERES et al., 2008; KENDERES et al., 2009; HAGYÓ – RAJKAI, 2004; GÁLHIDY et al., 2006).

### A kutatások helyszíne

A mikroklíma kutatásokat a Sopron 80/C erdőrészletben található lékekben, és közeli vágásterület híján az erdőrészlet szomszédságában elterülő harkai legelőn végeztük. A terület tengerszint feletti magassága a lékeknél 280 m, kitétsége keleti, lejtése átlagosan 10°-os.

A mérésekhez két többé-kevésbé kör alakú léket jelöltünk ki, melyeket 2012 telén már korábban bontott lékek megnagyobbításával hoztunk létre. A lékek átmérője körülbelül 20 m ( $D/H \approx 1$ ), illetve 30 méter ( $D/H \approx 1,5$ ). Az erdőrészlet állománya kocsánytalan tölgy, néhol csoportos elegyben feketefenyővel, a lékek környezetében azonban a kocsánytalan tölgy dominál. Az állomány átlagos magassága 21 m, kora 88 év. A kísérleti terület kerítése 2013 júniusában készült el, a folyamatos mikroklíma mérések pedig 2014 áprilisában kezdődtek el. A nyílt területi mérőállomás a lékektől körülbelül 200 méterre helyezkedik el.



1. **ábra:** A 20 méteres és a 30 méteres lékek elméleti határvonala és a mikroklíma mérési pontok.  
(Az ortofotó forrása: Király Géza)

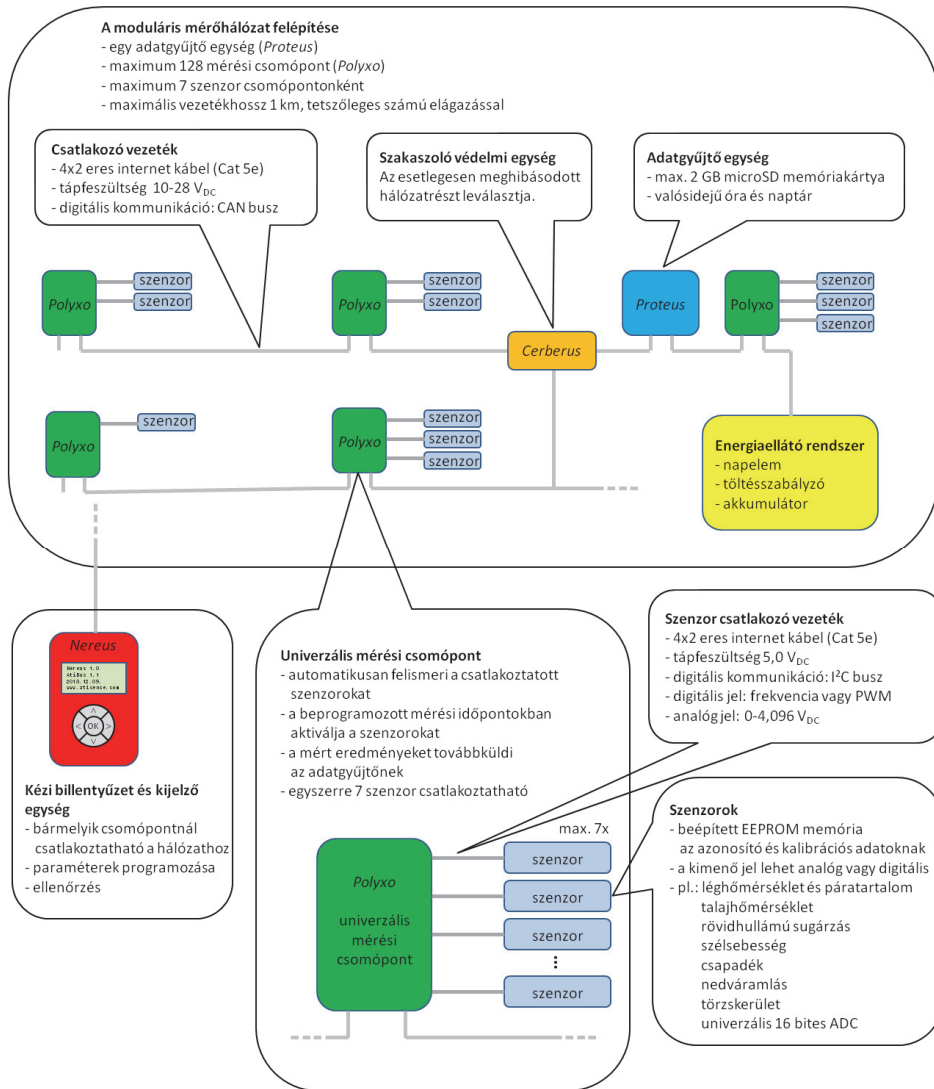


2. **ábra:** Mérési csomópontok a 30 méteres lék középpontjában és a Ny-i transzekt mentén

## A mérőhálózat

A lékekben és a környező állomány alatt a mikroklíma mintázatát szabályos elrendezésű mérőhálózatokkal vizsgáltuk (1. ábra). A hálózatok középpontja a lécek közepén helyezkedik el, és ettől indul a négy égtáj irányába négy transzekt, melyek mentén 5 méterenként telepítettünk egy-egy mérési csomópontot (2. ábra). A 30 méteres lék esetében az északi transzekt 35 méteres, a keleti és a nyugati 25 méterese, a déli pedig 15 méteres, ami összesen 21 mérési pontot jelent. A 20 méteres lék esetében az északi transzekt 30 méteres, a keleti és a nyugati 20 méterese, a déli pedig 10 méteres, ami összesen 17 mérési pont a lékben. A legelőn, ami nyílt referencia területként szolgált, egy mérési pontot állítottunk fel.

A mikroklímatis paraméterek folyamatos mérése automata szenzorokkal történik. A nagyszámú érzékelő kezeléséhez egy saját tervezésű moduláris mérőhálózatot fejlesztettünk ki. A mérőrendszerben (3. ábra) az univerzális mérési csomópontok (Polyxo) egy az autópárhuzban és az ipari automatizálásban elterjedt hálózaton (CAN: Controller Area Network) kommunikálnak egymással és az adatgyűjtő egységgel (Proteus), egy szintén saját fejlesztésű, a mérőhálózatra optimalizált kommunikációs protokoll (AtiBus) segítségével. Az intelligens szenzorok analóg (feszültség) és digitális jelekkel (PWM: Pulse Width Modulation, I<sup>2</sup>C: Inter-Integrated Circuit) csatlakoznak az univerzális mérési csomópontokhoz. Az intelligens szenzorok beépített memóriában (EEPROM) tárolják az azonosító és kalibrációs adataikat, így egy szenzor cseréje vagy áthelyezése nem igényli a csatlakozási csomópont átprogramozását. Univerzális analóg-digitális feszültség átalakító (ADC) egységekkel pedig szinte bármilyen hagyományos, kereskedelmi forgalomban kapható szenzor csatlakoztatható a rendszerhez. A hálózat része lehet még több szakaszoló védelmi egység (Cerberus) amely az esetlegesen meghibásodott hálózatrészt leválasztja és riasztást küld. A terepi ellenőrzésre és kommunikációra hordozható számítógép, vagy egy kézi billentyűzet és kijelző egység (Nereus) szolgálhat.



**3. ábra:** A saját fejlesztésű moduláris mérőhálózat vázlatos felépítése

Az egyes egységek áramköreinek tervezését, megépítését, tesztelését, és a mikrovezérlők programozását is magunk végeztük. A saját fejlesztésű szenzorokat kalibrálási bizonyítvánnyal rendelkező érzékelők (Vaisala HMP155) segítségével kalibráltuk. A léghőmérséklet és páratartalom szenzorok esetében a maradék bizonytalanság max.  $\pm 0.1$  °C illetve  $\pm 0.7\%$  a kalibrációs pontokban. A talajhőmérők maradék mérési bizonytalansága kalibrálás után max.  $\pm 0.2$  °C a kalibrációs pontokban.

Minden mérési pontban mérjük a léghőmérsékletet és a relatív páratartalmat 1 méteres magasságban. Ez a mérési magasság eltér a meteorológiai gyakorlatban szokványos 2 méteres magasságtól, mert elsősorban a talaj közeli, vagyis az újulatra ható körülményeket kívántuk vizsgálni. A nyílt referencia területen az 1 méteres érzékelők felett elhelyeztünk szenzorokat 2 méteren is, hogy a jövőben esetleg külső meteorológiai adatokkal is össze lehessen hasonlítani az eredményeket. Minden mérési pontban szintén mérjük a talajhőmérsékletet a talaj felszínén (0 cm), valamint 5 cm és 10 cm mélyen. Kísérletek folynak közvetlenül a talajfelszín feletti levegő hőmérsékletének mérésére is 2 centiméteres magasságban.

A felsorolt 236 darab érzékelő a nap 24 órájában 5 percenként végez méréseket, ami összesen napi 67 968 mérési adat. Így lehetővé válik, hogy a lékek pillanatnyi mikroklimatikus mintázatát, és a paraméterek időbeli változását is folyamatosan regisztráljuk.

### **Adatfeldolgozási módszerek**

A nagyszámú mérési adat kezelése és feldolgozása csak egyedi programozási módszerekkel történhetett, melyhez a programokat Scilab környezetben írtuk. A nyers adatokon elvégeztük a kiugró hibás értékek szűrését, majd a hiányzó adatokat pótoltuk. Az adathiányok oka általában egy-egy szenzor meghibásodása vagy megbízhatatlan működése volt. Az adatpótlásra kétféle módszert használtunk a hiányzó adatpontok számától függően. Rövid adatsor (csak egy vagy néhány hiányzó adat) pótlására lineáris interpolációt alkalmaztunk az adott paraméter meglévő idősora alapján. Hosszabb adathiányok esetében a hiányos paraméter idősorát összehasonlítottuk a többi hasonló típusú paraméter idősorával, és ezeket a Pearson R féle korrelációs tényező (amely a lineáris kapcsolat erősségét fejezi ki) alapján rangsoroltuk. Elvégeztük a legmagasabb korrelációt mutató adatsor és a hiányos adatsor közötti lineáris regressziót, és az így nyert függvény segítségével számítottuk a hiányzó értékeket. Ha a legmagasabb korrelációt mutató adatsorral nem sikerült az összes adathiányt kipótolni, mert voltak egyidejű adathiányok is, akkor az eljárást megismételtük a rangsorban következő adatsorral. Ezt addig folytattuk, míg minden adathiányt kipótoltuk az adott adatsorban. A regresszióval történő korrekcióhoz csak mért, vagy interpolált mérési adatokat használtunk fel, hogy a sorozatos regresszióból adódó hibahalmazódást elkerüljük.

Az 5 perces mérési adatsort  $\pm 10$  perces ablakú mozgóátlaggal simítottuk, hogy a szélsőértékek vizsgálatához a véletlen zajt csökkentjük. A simított adatsorból különféle átlagolási idejű (1 óra – 16 nap) adatsorokat számí-



tottunk, és vizsgáltuk az adott időszak szélsőértékeit (minimum és maximum) valamint a változások nagyságát (ingás).

A lécek mikroklimatikus mintázatát legjobban kétdimenziós ábrázolással, vagyis térképszerűen lehet megjeleníteni. A mérési pontok sajátos elhelyezkedése azonban (két egymásra merőleges vonal mentén) nem tette lehetővé az általános 2D interpolációs eljárások használatát, mivel azok szabályos rácspontokban elhelyezkedő kiindulási adatokat igényelnek. És bár a szabálytalan rácspontokra kidolgozott Shepard-interpoláció további peremfeltételekkel kiegészítve működőképes volt, de túl sok „hullámzást” vitt az interpolált adatokba, melyek biztosan nem valóságok. Ezért ahhoz, hogy a két transzekt mérési adatait kiterjeszthessük a lék teljes területére és a környező állományra is, saját 2D interpolációs algoritmust fejlesztettünk ki.

Az algoritmus a következő feltételezésből indul ki: mivel a lécek nagyjából kör alakúak és a mikroklima különbségeit leginkább a léken besütő nap okozza, ezért a mikroklima mintázata várhatóan koncentrikus lesz a lékkel. Ezért a koordinátarendszerünk kezdőpontját a lék középpontjába helyeztük úgy, hogy az északi transzekt felfelé mutat ( $y$  tengely), a keleti transzekt pedig jobbra ( $x$  tengely). Az eredeti mérési pontok 5 méterenként helyezkednek el, és a célunk egy sűrűbb (pl. 1 méteres) rácshálózat minden pontjában kiszámolni a paraméter becsült értékét úgy, hogy a rácsháló a teljes léket és annak környezetét is lefedje. Ehhez nem csak interpolálni, hanem a transzekteken túl bizonyos távolságig extrapolálni is kell az adatokat.

Egy-egy transzekt mentén a mért  $M(d_i)$  adatokat monoton köbös spline interpolációval sűrítettük, hogy elkerüljük a túllövéseket. A monotonitás feltétele, hogy az  $S(d)$  köbös spline interpolációs függvény teljesítse az alábbi feltételeket:

- ha  $M(d_i) < M(d_{i+1})$  akkor  $S(d)$  nő a  $[d_i, d_{i+1}]$  tartományon
- ha  $M(d_i) > M(d_{i+1})$  akkor  $S(d)$  csökken a  $[d_i, d_{i+1}]$  tartományon
- ahol  $M(d_i)$   $i$ -edik mért adat a transzekt mentén
- $S(d)$  köbös spline interpolációs függvény
- $d$  tetszőleges pont távolsága a transzekt mentén az origótól indulva
- $d_i$  az  $i$ -edik mérési pont távolsága a transzekt mentén az origótól indulva

A transzekt végeinél a további adatokat úgy extrapoláltuk, hogy azok egyenlők az utolsó mért adattal. Vagyis:

- ha  $d > d_{max}$  akkor  $I(d) = M(d_{max})$
- ha  $0 \leq d \leq d_{max}$  akkor  $I(d) = S(d)$
- ahol:  $I(d)$  a transzekttek mentén interpolált vagy extrapolált adat

$d_{max}$  a legtávolabbi mérési pont távolsága az origótól az adott transzekt mentén

Mivel két egymásra merőleges transzekt mentén mértük az adatokat, ezért két független spine-t számítottunk, egy  $S_{\acute{E}-D}(d)$  függvényt az  $\acute{E}$ -D-i, és egy  $S_{K-Ny}(d)$  függvényt a K-Ny-i transzekt adataiból.

A transzektok közötti ténnyedekben egy az origótól  $r$  távolságra lévő tetszőleges pont értékét egy origó középpontú  $r$  sugarú körív mentén lineárisan interpoláltuk azokból az adatokból, melyeket a körív metszett ki a két szomszédos transzektból ( $I_{K-Ny}(r)$  és  $I_{\acute{E}-D}(r)$ ). A körív mentén történő lineáris interpolációt az adott ponthoz húzott sugárnak a szomszédos transzektokkal bezárt szöge alapján számítottuk, mivel a középponti szög arányos az ívhosszal. Tetszőleges térbeli pont interpolált  $I(x, y)$  értéke tehát az alábbi egyenlet szerint számítható:

$$I(x, y) = I_{K-Ny}(r) + [I_{\acute{E}-D}(r) - I_{K-Ny}(r)] \cdot \frac{2\alpha}{\pi}$$

ahol  $x$  és  $y$  a pont térbeli koordinátái  
 $I(x, y)$  interpolált érték az  $(x, y)$  helyen  
 $r = \sqrt{x^2 + y^2}$  az origóból a ponthoz húzott sugár  
 $I_{\acute{E}-D}(r)$  az  $\acute{E}$ -D-i transzektben az adott ténnyedben az origótól  $r$  távolságban interpolált adat  
 $I_{K-Ny}(r)$  a K-Ny-i transzektben az adott ténnyedben az origótól  $r$  távolságban interpolált adat  
 $\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{|x|}{r}\right)$  az  $r$  sugár K-Ny-i transzektrel bezárt szöge

Az eljárást tetszőleges sűrűségű rácspontokon mind a négy ténnyedben elvégezve számítható az adott paraméter transzektok közötti interpolált értéke.

A vázolt eljárással számított 2D térképek mintázata határozott koncentrikusságot mutat a lékkel, de nem feltétlenül szimmetrikus a tengelyekre. Fontos megjegyezni, hogy az  $\acute{E}$ -D-i és K-Ny-i transzekt mentén a mérési pontokban a ténnyeges mért adatok szerepelnek, míg ezek között egyfajta becslés található a térben legközelebbi mért adatok alapján.

## A mikroklíma mérés eredményei

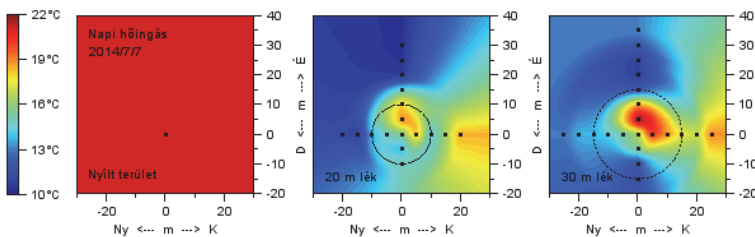
### *Egy tipikus nyári napi menet*

A mikroklimatikus paraméterek nagy felbontású térbeli és időbeli változását egy tipikus nyári nap, 2014. július 7. példáján szemléltetjük, mivel aznap nem volt jelentős szél, ami összemosta volna a finom térbeli változásokat.

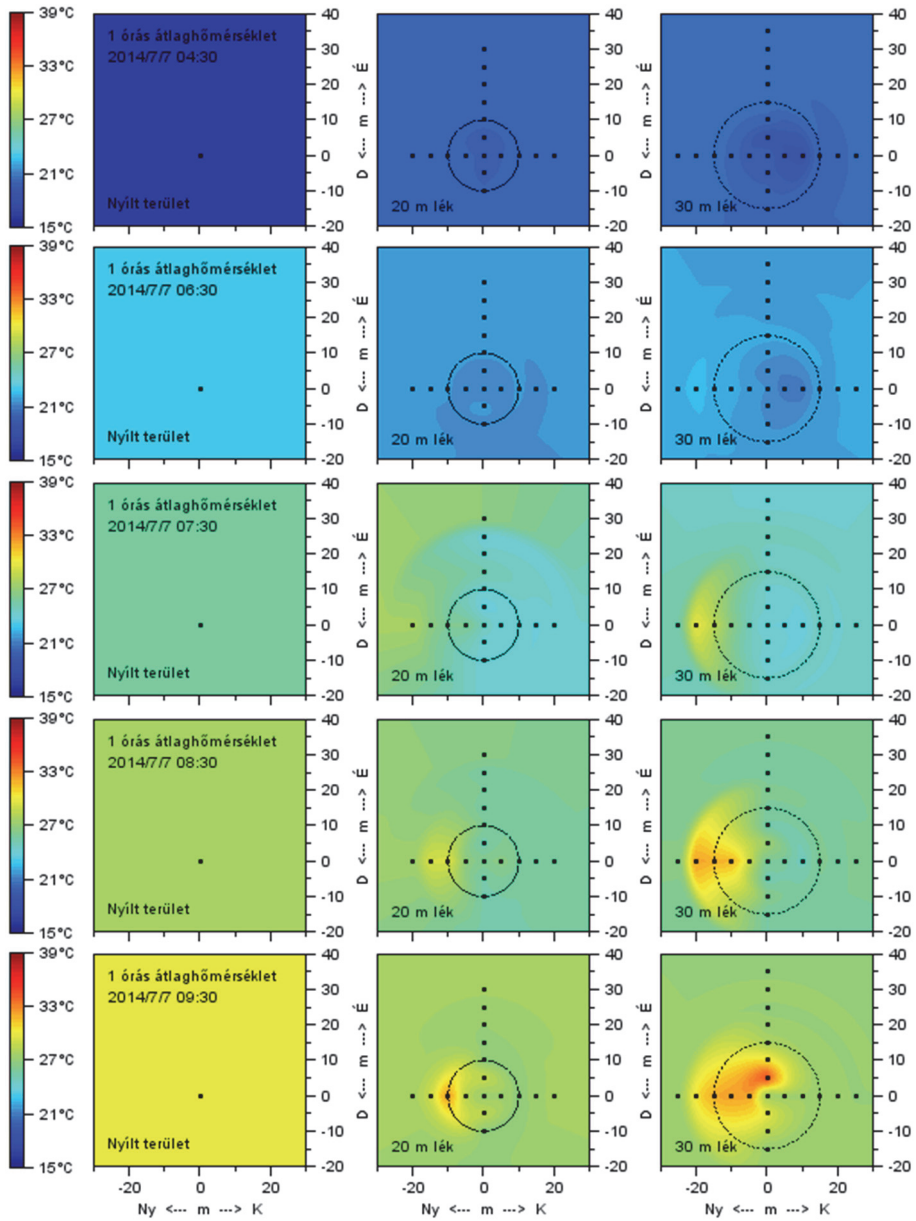
Az 1 méteren mért léghőmérséklet mintázatának tipikus napközbeni változása az 5.1–3 ábraszorozaton követhető nyomon. Jól megfigyelhető, hogy hajnalban a nyílt terület hűl le legjobban a csillagos égboltnak köszönhetően, mivel nincs felhőtakaró, ami visszaverné a talajfelszín kisugárzását. A lécek középpontjában, és főleg a 30 méteres lékben hasonló mértékű a kisugárzásból adódó hőmérséklet csökkenés, de az állomány alatt mérsékeltőbb a lehűlés, mivel a levelek a kisugárzott hő egy részét visszaverik a talajra. Napkelte után először a 30 méteres lék nyugati oldala kezd el felmelegedni, mivel ide süt be legelőször a Nap. Egy órával később már a 20 méteres lék nyugati felén is megindul a hőmérsékletemelkedés. Ahogyan a Nap halad az égbolton keletről nyugat felé, úgy melegszik egyre inkább a lécek északi oldala, és a 30 méteres léknek a közepe is.

Délután a legmelegebb terület fokozatosan áthúzódik a lécek keleti oldalára, és késő délután már nem is a lékben, hanem a léken kívül keleti irányban van a legmelegebb. Naplemente után a területi különbségek gyorsan eltűnnek, és mindhárom terület egyenletesen hűl, bár nem azonos mértékben: a lehűlés gyorsabb a nyílt területen és a 30 méteres lék közepén.

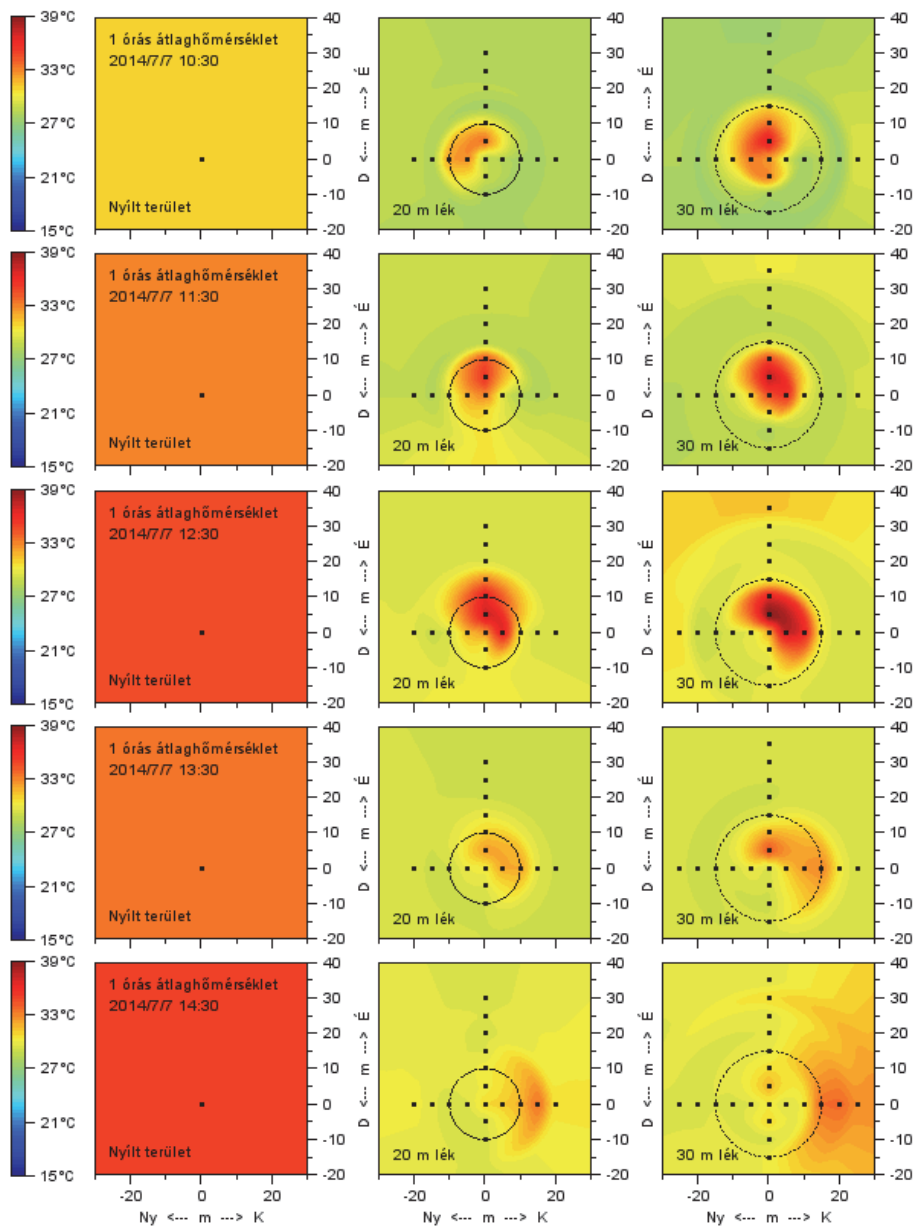
A napi maximum és minimum hőmérséklet különbségét, vagyis a napi hő ingást a 4. ábra szemlélteti. A 30 méteres lék É-i oldalán a hő ingás megközelíti, sőt egy pontban meg is haladja a nyílt terület hő ingását. Ennek oka valószínűleg a környező állomány által lecsökkentett szélesebbesség, így a felmelegedett levegő megül a lékben. Ezzel szemben a nyílt területen erőteljesebb a levegő mozgása és keveredése.



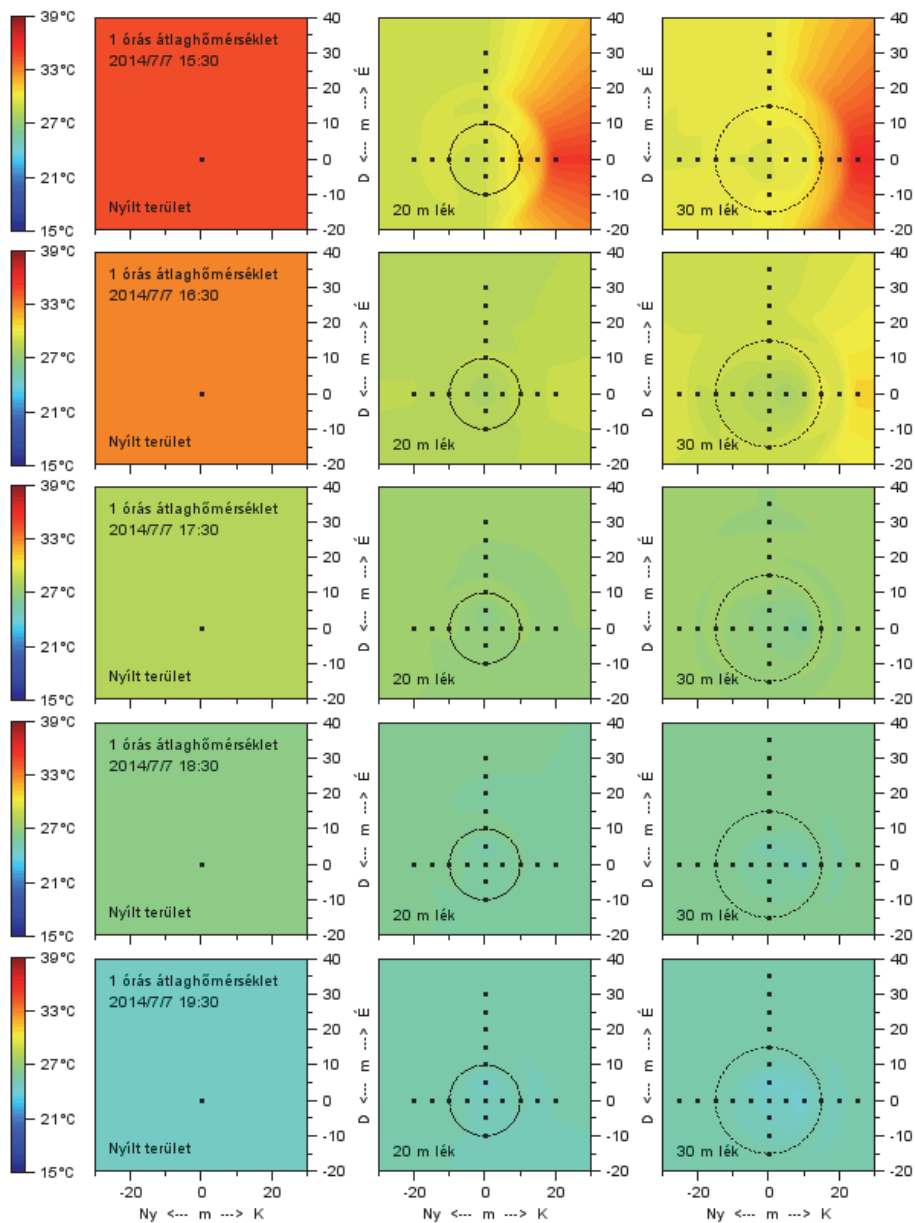
4. ábra: Az 1 méteren mért léghőmérsékletek napi ingásának térbeli mintázata  
A mérési helyeket fekete pont, a lécek határvonalát pontvonal jelöli



**5.1 ábra:** Az 1 méteren mért léghőmérséklet mintázatának tipikus változása egy meleg nyári nap folyamán. A feltüntetett értékek 1 órás átlaghőmérsékletek, az időpont (UTC+1) az intervallum közepét jelzi. A mérési helyeket fekete pont, a lékek határát pontvonal jelöli



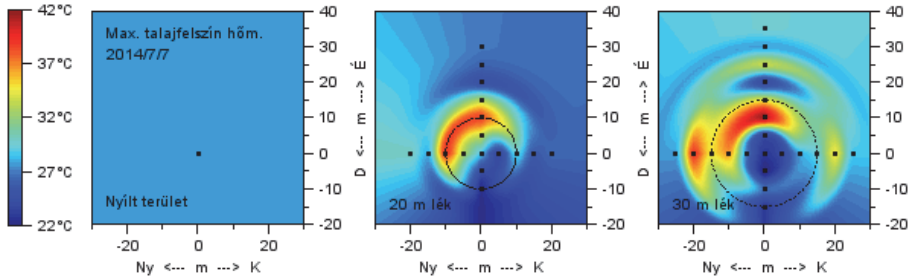
**5.2 ábra:** Az 1 méteren mért léghőmérséklet mintázatának tipikus változása egy meleg nyári nap folyamán. A feltüntetett értékek 1 óras átlaghőmérsékletek, az időpont (UTC+1) az intervallum közepét jelzi. A mérési helyeket fekete pont, a lécek határvonalát pontvonal jelöli



5.3 ábra: Az 1 méteren mért léghőmérséklet mintázatának tipikus változása egy meleg nyári nap folyamán. A feltüntetett értékek 1 óras átlaghőmérsékletek, az időpont (UTC+1) az intervallum közepét jelzi. A mérési helyeket fekete pont, a lékek határvonalát pontvonal jelöli

Az 1 méteren mért relatív páratartalom változásának mintázata szinte teljesen megegyezik a léghőmérséklet mintázatával, mindössze a változások előjele fordított: amikor nő a léghőmérséklet, akkor a relatív páratartalom csökken.

A talajhőmérséklet alakulását nagyban befolyásolja a felszín borító növénytakaró, és mivel a lékekben helyenként jelentős mennyiségű a szeder, ennek árnyékoló hatása érezhető a mérési eredményeken is. A lékek peremén és az állomány alatt nincsen szeder, csak lágyszárú növényzet, ezért a talaj a léteken kívül jóval nagyobb mértékben fel tud melegedni, mint a lékek közepén, amit jól szemléltet a napi maximális talajfelszín hőmérséklet ábrája (6. ábra). Ez alól kivételt jelentenek azok a lékekben lévő mérési pontok, amelyeket nem fed szeder, így a növényborításuk hasonló a környező állományéhoz. Az aljnövényzet árnyékoló hatásának hiányát pedig a 30 méteres lék középpontjától 10 méterre északra található mérési pontján (É<sub>10</sub>) lehet megfigyelni. Itt ugyanis nagyon ritka a növényzet, és a csupasz talajfelszín a napsugárzás erősen fel tudja melegíteni, így a léghőmérséklet az adott napon a 41 °C-ot is meghaladta, míg ugyanazon lékben, a középpontban 23 °C alatt maradt a hőmérséklet. Ezzel szemben a nyílt terület talajfelszínének hőmérsékleti maximuma hasonló volt az állomány alatti területekhez, köszönhetően az egyöntetű gyeptakarónak.



**6. ábra:** A napi maximális talajfelszín hőmérséklet (0 cm) térbeli mintázata  
A mérési helyeket fekete pont, a lékek határvonalát pontvonal jelöli

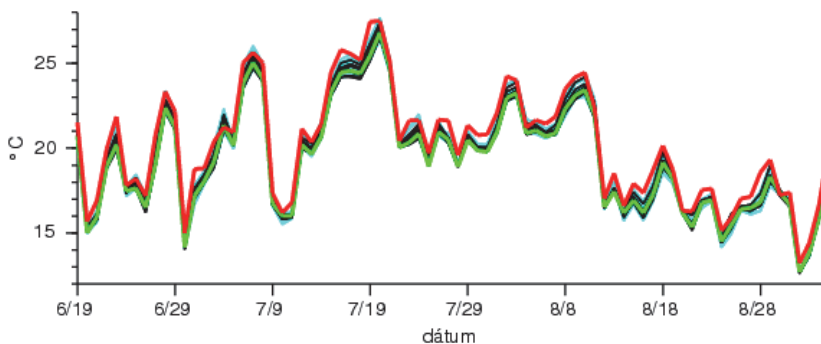
A talajfelszínen, valamint az 5 és 10 cm mélyen mért talajhőmérsékletek napi ingásának mintázata nagyon hasonlít a napi maximumok mintázatához. A lékek nyugati és északi oldalán a legnagyobb a hőmérséklet-változás, és jól megfigyelhető a lékek közepén a szedertakaró árnyékoló hatása: az állomány alatt illetve a lékek peremén nagyobb a napi hő ingás, mint a lékek közepén. Ez a hatás a 30 méteres lékben erőteljesebb, ennek oka, hogy itt a szedertakaró is sűrűbb.

## Napi átlag és szélsőértékek menete

A továbbiakban a 2014. június 19. és szeptember 4. között, tehát egy 78 napos periódus alatt mért eredményeket közöljük, mert ekkor már teljes kiépítettséggel működött a mérőhálózat mindhárom helyszínen: a nyílt területen, valamint a 20 méteres és a 30 méteres lékekben. A továbbiakban a „lékek mérési pontjai” alatt csak a közvetlenül a lékben, vagy a lék határán található pontokat értjük. Állomány alatti pontok alatt pedig az összes lékperemen kívüli pontot, illetve ezek átlagát nevezzük. Az időbeli változást szemléltető ábrákon a zárt állomány viszonyait az összes állomány alatti pont átlagával jellemezzük, ezzel szemben a lékek különböző pontjain mért adatokat mind külön görbeként tüntettük fel. Ennek célja, hogy megfigyelhető legyen a lékek pontjai közötti nagy különbség (lásd pl. 13. és 14. ábra), mert egy átlagérték eltüntetné a szélsőséges viszonyokat, pedig azok esetleges korlátozó szerepe jóval erőteljesebb a növényzetre nézve.

### Léghőmérséklet

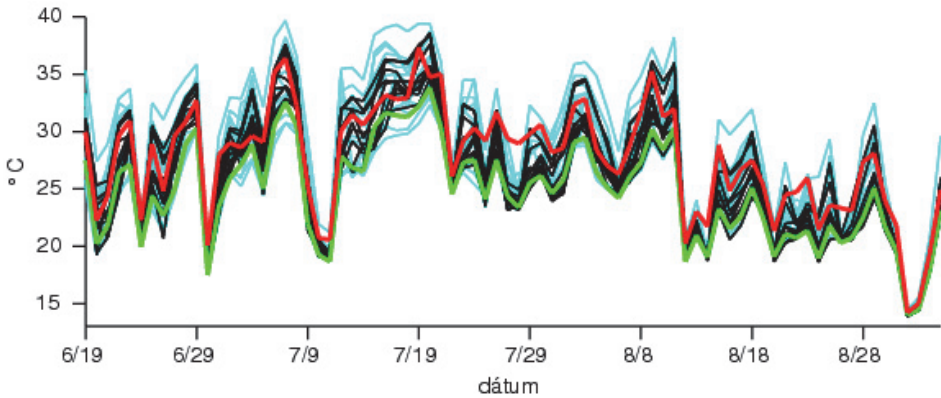
Az 1 méteren mért léghőmérsékletek napi átlagát a 7. ábra mutatja a vizsgált időintervallumban. A két lék mérési adatai jól fedik egymást, a nyílt területen mért napi átlaghőmérséklet pedig a lékek legmelegebb pontjaival fut együtt, sőt sokszor meg is haladja azokat. A zárt állományhoz képest a 20 méteres és 30 méteres lékek átlaghőmérséklete 0,1 °C-kal volt magasabb, de a lékek legmelegebb pontjain 0,4 °C illetve 0,6 °C volt a különbség. A nyílt terület átlaghőmérséklete pedig 0,8 °C-kal volt magasabb a zárt állománynál a napi átlagokat tekintve. A lékek és a nyílt terület léghőmérsékletének eltérését a zárt állomány viszonyaitól az 1. táblázat foglalja össze.



**7. ábra:** Az 1 méteren mért léghőmérsékletek napi átlagértékeinek menete: **Zöld vonal:** zárt állomány, **Piros vonal:** nyílt terület, **Fekete vonalak:** 20 méteres lék, **Kék vonalak:** 30 méteres lék

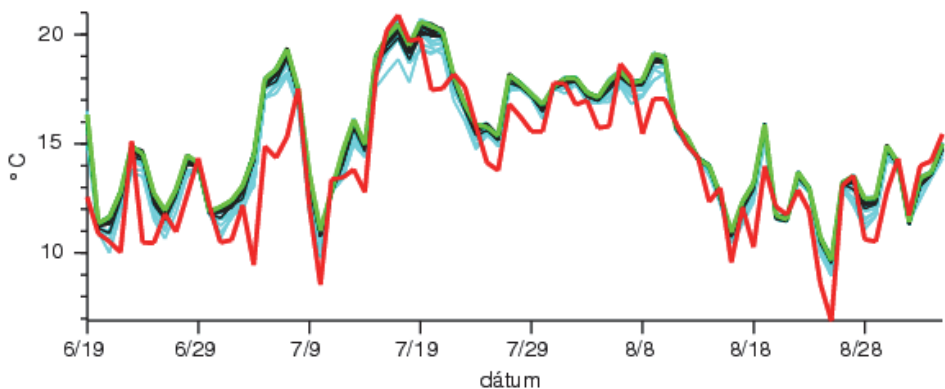


A léghőmérsékletek napi maximumait a 8. ábra szemlélteti, melyen jól látszik, hogy mind a 20 méteres, mind pedig a 30 méteres lék jó néhány pontja sokkal jobban felmelegszik, mint a nyílt terület. A 30 méteres lék legmelegebb pontja átlagosan 5,8 °C-kal, maximum 8,7 °C-kal volt magasabb a zárt állománynál. A 20 méteres lékben mérsékeltőbbek a viszonyok, a legmelegebb pontja átlagosan 3,6 °C-kal, maximum 6,2 °C-kal volt magasabb a zárt állománynál. A nyílt terület napi maximumhőmérséklete közelíti leginkább a zárt állományt, mert ez csak átlagosan 2,9 °C-kal, maximum 5,6 °C-kal volt magasabb a zárt állománynál.



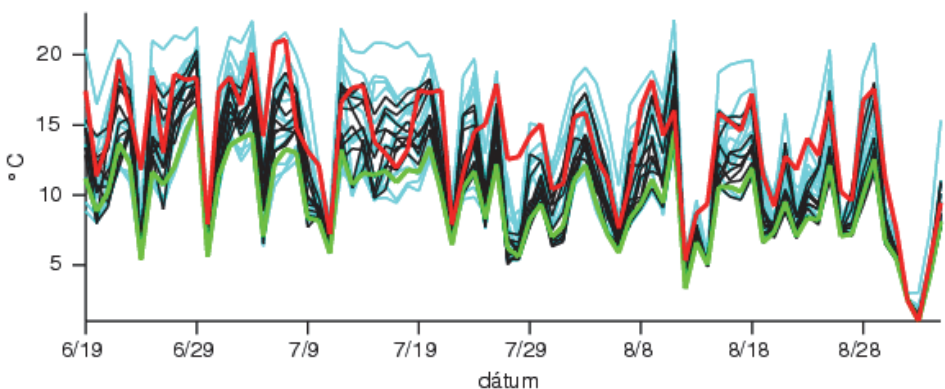
**8. ábra:** Az 1 méteren mért léghőmérsékletek napi maximumainak menete: **Zöld vonal:** zárt állomány, **Piros vonal:** nyílt terület, **Fekete vonalak:** 20 méteres lék, **Kék vonalak:** 30 méteres lék

A napi minimumhőmérsékleteket a 9. ábra szemlélteti. Egyértelműen látszik, hogy a nyílt terület sokkal jobban lehül éjszakánként, mint a lékek legtöbb pontja, a 20 méteres lék pontjainak minimum hőmérséklete pedig szinte megegyezik a zárt állományéval. A 30 méteres lék napi minimum hőmérséklete átlagosan 0,8 °C-kal, maximálisan 1,8 °C-kal volt alacsonyabb, mint a zárt állomány, a 20 méteres lék napi minimum hőmérséklete pedig átlagosan 0,3 °C-kal, maximálisan 0,7 °C-kal volt alacsonyabb a zárt állománynál. A nyílt területen átlagosan 1,6 °C-kal, maximálisan pedig 5,0 °C-kal volt hidegebb, mint a zárt erdőben.



**9. ábra:** Az 1 méteren mért léghőmérsékletek napi minimumainak menete: **Zöld vonal:** zárt állomány, **Piros vonal:** nyílt terület, **Fekete vonalak:** 20 méteres lék, **Kék vonalak:** 30 méteres lék

A léghőmérséklet napi ingása az 10. ábrán látható. Megfigyelhető, hogy a lékek legmelegebb pontjain még a nyílt területnél is nagyobb lehet a napi hőingás: ez a 30 méteres lékben átlagosan  $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal, de szélsőséges esetben akár  $9,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal is nagyobb, mint az állomány alatt. A 20 méteres lékben pedig átlagosan  $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal, maximálisan pedig  $6,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal nagyobb a napi hőingás, mint a környező állomány alatt. A teljes képhez azonban hozzá tartozik, hogy vannak a lékeknek olyan pontjai is, amelyek napi hőingása ugyanolyan kiegyenlített (vagyis kismértékű), mint a környező állományé.



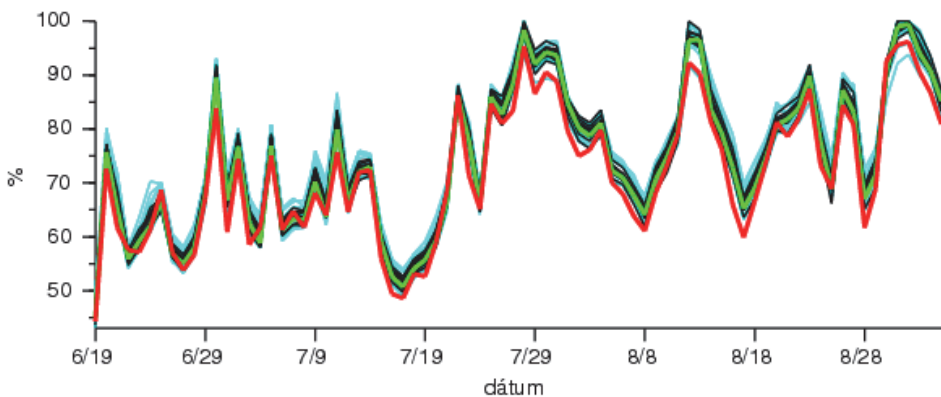
**10. ábra:** Az 1 méteren mért napi hőingás menete: **Zöld vonal:** zárt állomány, **Piros vonal:** nyílt terület, **Fekete vonalak:** 20 méteres lék, **Kék vonalak:** 30 méteres lék

**1. táblázat:** A 30 méteres és 20 méteres lécek, valamint a nyílt terület léghőmérsékletének eltérése a zárt állomány viszonyaitól

°C	Leghidegebb pont (napi minimumok különbsége)		Átlagos pont (napi átlagok különbsége)		Legmelegebb pont (napi maximumok különbsége)	
	átlagos különbség	legnagyobb különbség	átlagos különbség	legnagyobb különbség	átlagos különbség	legnagyobb különbség
<b>Átlagos léghőmérséklet a zárt állományhoz viszonyítva a</b>						
30 méteres lékben	-0.2	-0.6	0.1	0.4	0.6	1.2
20 méteres lékben	-0.2	-0.4	0.1	0.3	0.4	0.8
nyílt területen			0.8	<b>2.0</b>		
<b>Maximális léghőmérséklet a zárt állományhoz viszonyítva a</b>						
30 méteres lékben			2.0	3.6	5.8	<b>8.7</b>
20 méteres lékben			1.6	3.7	3.6	<b>6.2</b>
nyílt területen			2.9	<b>5.6</b>		
<b>Minimális léghőmérséklet a zárt állományhoz viszonyítva a</b>						
30 méteres lékben	-0.8	-1.8	-0.3	-0.8		
20 méteres lékben	-0.3	-0.7	-0.1	-0.3		
nyílt területen			-1.2	<b>-5.0</b>		
<b>Napi léghőmérséklet ingás a zárt állományhoz viszonyítva a</b>						
30 méteres lékben	-0.6	-2.3	2.3	3.9	6.5	<b>9.7</b>
20 méteres lékben	-0.1	-1.8	1.7	3.8	3.8	<b>6.6</b>
nyílt területen			4.1	<b>8.6</b>		

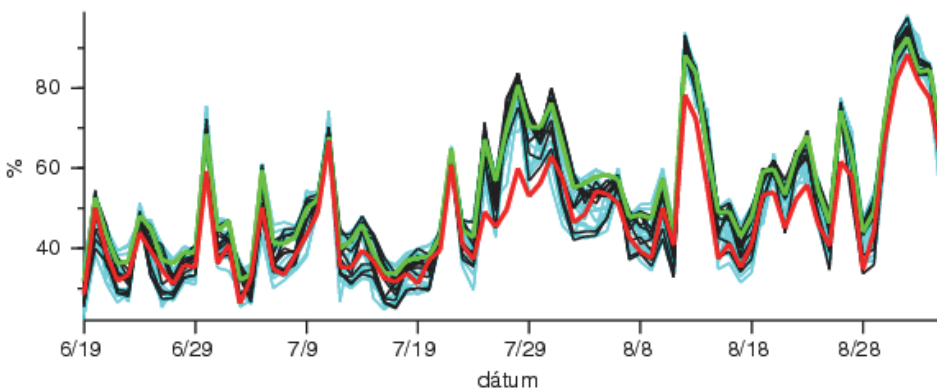
### **Relatív páratartalom**

Az 1 méteren mért relatív páratartalom napi álagait a 11. ábra mutatja be. A két lék mérési adatai itt is jól fedik egymást, az állományhoz képest az eltérés nem jelentős. De a nyílt területen mért relatív páratartalom átlagosan 2,3%-kal volt alacsonyabb az állomány alatt mért adatoknál. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy a 20 illetve 30 méteres lék átlagos páratartalma 2,8 illetve 2,9%-kal magasabb a nyílt területnél. A lécek és a nyílt terület relatív páratartalmának eltérését a zárt állomány viszonyaitól a 2. táblázat foglalja össze.



**11. ábra:** Az 1 méteren mért relatív páratartalom napi átlagainak menete: **Zöld vonal:** zárt állomány, **Piros vonal:** nyílt terület, **Fekete vonalak:** 20 méteres lék, **Kék vonalak:** 30 méteres lék

A páratartalom maximuma általában nem korlátozó tényező a növények szempontjából, bár bizonyos betegségek terjedésének kedvezhet. Sokkal inkább meghatározó az alacsony páratartalom, melyet a napi minimális páratartalom ábrája szemléltet (12. ábra). Elmondható, hogy a zárt állomány napi minimumához képest a nyílt terület relatív páratartalmának minimuma átlagosan 7%-kal (extrém esetben 21%-kal), a 20 méteres lék minimuma 8%-kal (extrém esetben 15%-kal), a 30 méteres lék minimuma pedig 10%-kal (extrém esetben 21%-kal) volt kevesebb a vizsgált időszakban.



**12. ábra:** Az 1 méteren mért relatív páratartalom napi minimumainak menete: **Zöld vonal:** zárt állomány, **Piros vonal:** nyílt terület, **Fekete vonalak:** 20 méteres lék, **Kék vonalak:** 30 méteres lék

**2. táblázat:** A 30 méteres és 20 méteres lécek, valamint a nyílt terület relatív páratartalmának eltérése a zárt állomány viszonyaitól

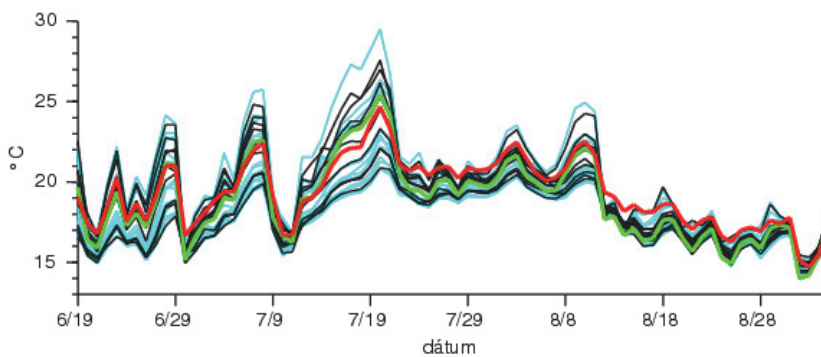
%	Legszárazabb pont (napi minimumok különbsége)		Átlagos pont (napi átlagok különbsége)		Legnedvesebb pont (napi maximumok különbsége)	
	átlagos különbség	legnagyobb különbség	átlagos különbség	legnagyobb különbség	átlagos különbség	legnagyobb különbség
<b><i>Átlagos relatív páratartalom a zárt állományhoz viszonyítva a</i></b>						
30 méteres lékben	-2.3	<b>-7.1</b>	0.6	2.0	3.7	8.4
20 méteres lékben	-1.4	-2.8	0.5	1.4	2.3	3.8
Nyílt területen			-2.3	<b>-6.9</b>		
<b><i>Maximális relatív páratartalom a zárt állományhoz viszonyítva a</i></b>						
30 méteres lékben			0.9	4.1	4.2	12.6
20 méteres lékben			0.7	2.5	2.0	5.9
nyílt területen			3.7	20.6		
<b><i>Minimális relatív páratartalom a zárt állományhoz viszonyítva a</i></b>						
30 méteres lékben	-9.8	<b>-20.6</b>	-2.7	-7.1		
20 méteres lékben	-7.6	<b>-15.1</b>	-2.2	-6.3		
nyílt területen			-6.9	<b>-20.7</b>		
<b><i>Napi relatív páratartalom ingás a zárt állományhoz viszonyítva a</i></b>						
30 méteres lékben	-11.3	-3.2	3.8	8.4	13.3	21.8
20 méteres lékben	-7.1	-1.5	2.9	7.4	8.5	15.6
nyílt területen			10.9	26.5		

### ***Talajfelszín- és talajhőmérséklet***

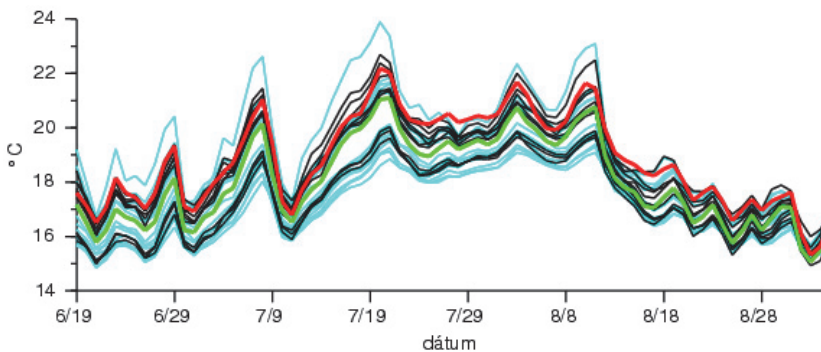
A különböző helyszíneken mért talajfelszín (0 cm) és talajhőmérsékletek (-5 cm és -10 cm) arányai eltérnek a léghőmérsékletek arányaitól (13. és 14. ábra). A két lék talajfelszín hőmérsékletei itt is jól együtt mozognak, a léteken belüli nagy eltéréseket az eltérő szeder illetve lágyszárú borítás okozza. A nyílt terület átlaghőmérséklete a meleg napokon körülbelül a lécek átlagos hőmérsékletének felelt meg, de hűvösebb napokon a nyílt terület melegebb volt a léceknél. A 30 méteres lék kiugróan magas adatsora az  $E_{10}$  pontból származik,

ennek magyarázatát már korábban vázoltuk. A zárt állomány és a lécek átlagos talajhőmérsékletei 0,2 °C-on belül megegyeznek mindhárom mérési szinten, de a nyílt terület átlagosan 0,6–0,8 °C-kal melegebb ezeknél. A lécek és a nyílt terület talajfelszín hőmérsékletének eltérését a zárt állomány viszonyaitól a 3. táblázat foglalja össze.

A legnagyobb maximális talajfelszín hőmérsékleteket a lécekben lehetett mérni: a zárt állományhoz képest a 30 méteres lékben átlagosan 7,4 °C-kal (extrém esetben 15,9 °C-kal), a 20 méteres lékben átlagosan 6,5 °C-kal (extrém esetben 12,9 °C-kal) volt magasabb a maximális talajfelszín hőmérséklet. Ezzel szemben a nyílt területen átlagosan 0,5 °C-kal (extrém esetben 3,7 °C-kal) volt csak melegebb. 5 és 10 cm mélyen az arányok hasonlóak, csak a változások értéke kisebb.



**13. ábra:** Az talajfelszín hőmérsékletek napi átlagértékeinek menete: **Zöld vonal:** zárt állomány, **Piros vonal:** nyílt terület, **Fekete vonalak:** 20 méteres lék, **Kék vonalak:** 30 méteres lék



**14. ábra:** Az 10 cm mélyen mért talajhőmérsékletek napi átlagértékeinek menete: **Zöld vonal:** zárt állomány, **Piros vonal:** nyílt terület, **Fekete vonalak:** 20 méteres lék, **Kék vonalak:** 30 méteres lék

**3. táblázat:** A 30 méteres és 20 méteres lécek, valamint a nyílt terület talajfelszín hőmérsékletének eltérése a zárt állomány viszonyaitól

°C	Leghidegebb pont (napi minimumok különbsége)		Átlagos pont (napi átlagok különbsége)		Legmelegebb pont (napi maximumok különbsége)	
	átlagos különbség	legnagyobb különbség	átlagos különbség	legnagyobb különbség	átlagos különbség	legnagyobb különbség
<i>Átlagos talajfelszín hőmérséklet a zárt állományhoz viszonyítva a</i>						
30 méteres lékben	-1.3	0.2	-0.2	0.7	1.8	4.1
20 méteres lékben	-1.2	0.2	0.0	0.7	1.4	2.9
nyílt területen			0.6	1.8		
<i>Maximális talajfelszín hőmérséklet a zárt állományhoz viszonyítva a</i>						
30 méteres lékben			-0.1	1.1	<b>7.4</b>	<b>15.8</b>
20 méteres lékben			0.4	1.9	<b>6.5</b>	<b>12.9</b>
nyílt területen			<b>0.5</b>	<b>3.7</b>		
<i>Minimális talajfelszín hőmérséklet a zárt állományhoz viszonyítva a</i>						
30 méteres lékben	-0.7	-2.4	0.0	-1.2		
20 méteres lékben	-0.4	-1.9	0.2	-0.9		
nyílt területen			0.6	-1.7		
<i>Napi talajfelszín hőmérsékletingás a zárt állományhoz viszonyítva a</i>						
30 méteres lékben	-3.9	<b>-8.1</b>	-0.1	<b>1.0</b>	7.2	<b>15.4</b>
20 méteres lékben	-4.1	<b>-9.0</b>	0.3	<b>2.2</b>	6.2	<b>12.7</b>
nyílt területen			0.0	<b>3.1</b>		

A napi hőingás mértéke is a 30 és 20 méteres lécek bizonyos pontjain volt a legnagyobb, akár 15,4 °C-kal illetve 12,7 °C-kal nagyobb, mint az állomány alatt. Ezzel szemben a lécek bizonyos pontjainak talajfelszín hőmérséklete jóval kisebb ingást mutatott (vagyis kiegyenlítettebb volt) mint a zárt állomány. Ennek oka elsősorban a magas aljnövényzet és szedertakaró védő hatása.

## A mérési eredmények összefoglalása

A vizsgált időszak viszonylagos rövidegsége (78 nap: 2014. június 19. – szeptember 4.) ellenére jól érzékelhetők a mikroklíma különbségei a nyílt terület, a 20 méteres és a 30 méteres lék, valamint a zárt erdőállomány között. Bár a meteorológiai paraméterek átlagértékei is mutatnak bizonyos szisztematikus eltérést, de a szélsőértékekben sokkal erőteljesebbek a különbségek.

Az átlagos léghőmérséklet a 20 méteres lékben csak +0,3 °C-kal, a 30 méteres lékben +0,4 °C-kal illetve a nyílt területen +2,0 °C-kal volt melegebb a zárt erdőnél. Ezzel szemben a napi maximumhőmérséklet a 20 méteres lékben akár +6,2 °C-kal, a 30 méteres lékben +8,7 °C-kal, a nyílt területen pedig +5,6°C-kal is meghaladta a legmelegebb napokon a zárt állomány léghőmérsékletét. A napi hőingás pedig +6,6°C-kal, +9,7 °C-kal illetve +8,6 °C-kal volt nagyobb a 20 és 30 méteres lékekben illetve a nyílt területen a zárt állomány hőingásához képest. Viszonylag szélcsendes napokon a meleg levegő jobban megül a lékben, így annak hőmérséklete jóval a nyílt terület hőmérséklete fölé emelkedhet. Ez a hatás a 30 méteres léknél erőteljesebben jelentkezett.

A relatív páratartalom a hőmérséklethez hasonló, csak ellenkező előjelű változásokat mutat: a minimális páratartalom a 20 méteres lékben -15%-kal, a 30 méteres lékben és a nyílt területen akár -21%-kal is alacsonyabb lehetett, mint a zárt állomány alatt.

A talajfelszín és a talaj mélyebb rétegeinek hőmérséklete a lékekben igen változatos képet mutat, függően a növényborítástól. Vastag szedertakaró alatt például a talajhőmérsékletek a 30 méteres lék közepén még a zárt állománynál is kiegyenlítettebben, vagyis nagy szélsőségek nélkül változnak. Ezzel szemben a lékek azon mérési pontjain, ahol a lágyszárú szint még a nyílt területnél is kisebb borítású, a talajfelszín akár +12,9 °C-kal (20 méteres lék), illetve +15,8 °C-kal (30 méteres lék) a zárt állomány maximális hőmérséklete fölé emelkedett, míg a nyílt területen az eltérés mindössze +3,7 °C volt.

A megfigyelt eltérő térbeli mintázatok megfelelnek a várakozásoknak, mert a besugárzás mértéke és így a felmelegedés is függ a lék méretétől (MINCKLER – WOERHEIDE, 1965; COLLINS – PICKETT, 1987), a maximális értékek pedig a lék középpontjához képest É – ÉNy-i irányban eltolódva mérhető, ami egybevág a korábbi vizsgálatokkal (pl. COLLINS et al., 1985).



## Összefoglalás

A kutatás során egy kocsánytalan tölgyes állomány különböző méretű lékeiben folytattunk nagy idő-, és térbeli felbontású mikroklimatológiai méréseket. A lékek átmérője 20 illetve 30 méter, ami körülbelül egyszeres, illetve másfélszeres fmagasságnak felel meg. A lékekben, az állomány alatt, és a nyílt referencia területen a speciális feladatra optimalizált saját fejlesztésű moduláris mérőhálózatot építettünk ki. A mérési adatok nyár végi idősorait elemezve és a térbeli mintázatokat megvizsgálva kimutattuk, hogy a különböző méretű lékek és a nyílt terület átlagos viszonyai nem mutatnak jelentős eltéréseket, de a növényzet életfolyamatait sokkal inkább korlátozó tényezők, a hőmérsékleti maximumok és relatív páratartalom minimumok a lékek bizonyos pontjain sokkal erőteljesebben jelentkeznek, mint a nyílt területen. Ez a hatás elsősorban a lékek Ny-i, É-i és K-i felén jelentkezett, de a 30 méteres lékben a lék közepét is érintette. A léken kívül a szélsőségek hamar elenyésznek, vagyis a lék peremétől néhány méterre már a zárt állomány viszonyai uralkodnak.

## Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani dr. Drüszler Áronnak a kutatás koncepciójának kidolgozásáért, valamint dr. Rasztovits Ervinnek és dr. Móricz Norbertnek a mérőhálózat tartóelemeinek felállításában nyújtott segítségért. A kutatást a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 „Silva naturalis – A folyamatos erdőborítás megvalósításának ökológiai, konzervációbiológiai, közjóléti és természetvédelmi szempontú vizsgálata” projekt támogatta.

## Irodalom

- CANHAM, C. D. – MARKS, P. L. (1985): The Response of Woody Plants to Disturbance: Patterns of Establishment and Growth. In: PICKETT, S. T. A. – P. S. WHITE, (eds.): The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. – Academic Press, Orlando, Florida, pp. 17–33.
- COLLINS, B.S. – PICKETT, S.T.A. (1987): Influence of canopy opening on the environment and herb-layer in a northern hardwoods forest. – *Vegetatio* **70**: 3–10.
- COLLINS, B. S. – DUNNEAND, K. P. – PICKETT, S. T. A. (1985): Responses of forest herbs to canopy gaps. In: PICKETT, S. T. A. – P. S. WHITE (eds.) 1985. The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. – Academic Press. Orlando, Florida, pp. 217–234.
- GÁLHIDY, L. – MIHÓK, B. – HAGYÓ, A. – RAJKAI, K. – STANDOVÁR, T. (2006): Effects of gap size and associated changes in light and soil moisture on the understorey vegetation of a Hungarian beech forest. – *Plant Ecology*. **183**(1): 133–145.

- HAGYÓ A. – RAJKAI K. (2004): A talajnedvesség-tartalom alakulása egy bükkös erdőben és benne kialakított lékekben. – *Agrokémia és Talajtan* **53** (1–2): 17–34.
- KENDERES, K. – KRÁL, K. – VRŠKA, T. – STANDOVÁR, T. (2009): Natural gap dynamics in a Central European mixed beech-spruce-fir forest. – *Ecoscience* **16**(1): 39–47.
- KENDERES, K. – MIHÓK, B. – STANDOVÁR, T. (2008): Thirty years of gap dynamics in a Central European beech forest reserve. – *Forestry* **81**: 111–123.
- MARQUIS, D. A. (1973): The effect of environmental factors on advance regeneration of Allegheny hardwoods. – Ph.D. Thesis, Yale University, New Haven, Connecticut.
- MINCKLER, L. S. – WOERHEIDE, J. D. (1965): Reproduction of hardwoods 10 years after cutting as affected by site and opening size. – *Journal of Forestry* **63**: 103–107.
- RUNKLE, J. R. (1985): Disturbance Regimes in Temperate Forests. In: PICKETT, S.T.A. – P.S. WHITE (eds.): *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. – Academic Press. Orlando, Florida, pp. 17–33.
- ULANOVA, N. (2000): The effect of windthrow on forests at different spatial scales: a review. – *Forest Ecology and Management* **135**: 155–167.
- WEBB, S. (1999): Disturbance by wind in temperate-zone forests. In.: WALKER, L. R. (eds.): *Ecosystems of disturbed ground*. – Elsevier, pp. 187–222.

## 1.2. részprojekt: Hidrológiai viszonyok vizsgálata

**Részprojekt felelős szervezeti egységek: EMK  
Geoinformatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet;  
NAIK Erdészeti Tudományos Intézet**

### **A FOLYAMATOS ERDŐBORÍTÁS HIDROLÓGIAI SZEMPONTÚ VIZSGÁLATA**

KALICZ PÉTER<sup>(1)</sup> – ZAGYVAINÉ KISS KATALIN<sup>(1)</sup> – GRIBOVSZKI ZOLTÁN<sup>(1)</sup> –  
KIRÁLY GÉZA<sup>(1)</sup> – BROLLY GÁBOR<sup>(1)</sup> – KOLLÁR TAMÁS<sup>(2)</sup> – MANNINGER  
MIKLÓS<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Nyugat-magyarországi Egyetem  
Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

<sup>(2)</sup> Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ  
Erdészeti Tudományos Intézet  
9600 Sárvár, Várkerület 30/A.

### **Bevezetés**

Ha nyílt területtel (rét, szántó, tarvágás) hasonlítjuk össze, a zárt erdő sajátos módon megváltoztatja a terület hidrológiáját térben és időben egyaránt. A lombkorona hatalmas levélfelülete a leérkező csapadék térbeli mintázatát jelentősen módosítja. Kisebb csapadék akár teljes egészében fennmaradhat a lombkoronában, amit az esőt követően az érdes koronafelszín gerjesztette örvénylő áramlás gyorsan el is párologtat a levelekről (koronaintercepció folyamata, KUCSARA, 1998). A nagyobb csapadékesemények nem csak a levelek között áthullva, vagy azokról lecsöpögve, hanem az ágakon végigfolyva koncentrált módon is elérhetik a felszínt. Az avartakaró a rajta átszivárgó vízből, megelőző nedvesség tartalmától függően több-kevesebb vizet visszatarthat (avarintercepció folyamata, ZAGYVAINÉ et al., 2014). A lombsátor és az avar védelmében, a talajlakó élőlények tevékenysége következtében az erdei talaj porozitása magas. A nagyobb összefüggő járatokból és az elhalt gyökerek helyén kialakulnak a beszivárgási folyamatokban jelen-

tős szerepet játszó makropórusok. E közegbe leérkező csapadékvíz jelentős tér- és időbeli különbségekkel szivárog mélyebbre, növelve a talaj nedveségkészletét, gyarapítva a talajvizet. A fent leírt úton gyarapodó vízkészletből merítve napközben a fák hatalmas levélfelületükön párologtatnak, sajátos napi periódusú mintázatot okozva a vízkészletben (GRIBOVSZKI et al., 2008). Éjszaka a napközben kialakult vízpotenciálbeli különbségek fajtól függő módon (ZAPATER et al., 2011) kiegyenlítődhetnek, a nagyobb nedveségtartalmú vagy talajvíz közeli rétegekből a gyökerek hálózatán víz utazik a kisebb potenciálú felszíni rétegek felé (HORTON, 1998).

A természetes módon kidőlő fák helyén kialakuló, vagy az erdőgazdálkodó által kiválasztott technológiával megnyitott lék az erdő hidrológiai folyamatait jelentősen módosítja. Korona híján, a csökkenő mennyiségű avar mellett az intercepció kevésbé jelentős, megnő a talajfelszín közvetlenül elérő csapadék aránya. Nagyobb lékekben viszont a talajt elérő közvetlen napfény energiája növelheti a párologást, s a lék nyitását követően a fény hatására megjelenő növények, jobb esetben az újulat transzspirációja idővel egyre jelentősebbé válik. A lék szegélyéhez közeledve a zárt állomány hidrológiai folyamatai egyre erősödnek. A gyökerek vízfelvétele, az említett éjszakai hidraulikus emelés és az intercepció, a felverődő növényzet végső soron a felnövekvő csemeték számára rendelkezésre álló talajnedvesség léken belüli eloszlását teszik változatosabbá. Méréseinkkel a talajnedvesség térbeli és időbeli változásainak feltárásán túl a vízmérleg bevételi és kiadási oldalainak sajátosságait is megkíséreltük rögzíteni.

## Vizsgálati területek

A hidrológiai vizsgálatok négy nagy helyszín köré csoportosíthatók: a Soproni-hegység, a Kisalföld, a Bükk és az Ormánság.

Sopronban két helyszínen, a várostól nyugatra a Hidegvíz-völgyben, valamint délre, a Dalos-hegyen végeztünk vizsgálatokat. A Hidegvíz-völgyi Hídrometeorológiai Mérőállomáson (HHM) és környékén talajvízszint, talajnedvesség, relatív páratartalom, léghőmérséklet rögzítése történik állomány alatt, és erdészeti tevékenységből kivett kontroll területen, ahol a szabadterületi csapadékmérő is felállításra került. A műszerekkel jól felszerelt terület négy oldalán erdőállománnyal körbevett. A hosszú idejű adatsorok és a folyamatos mérés okán egyik teszt területünknek választottuk, s itt telepítettük a szegélyhatást vizsgáló kútsort. A közelében vízhozam mérések, valamint éger állományban áthulló csapadék- és törzsi lefolyásmérések zajlanak. 170/A erdőrészletben található a fiatal tölgyes állomány, 171/G erdőrészletben a bükkös intercepciós kert. Ezek közelében a Szent István-akna sza-

badterületi csapadékmérő hely található Hellmann csapadékmérővel. Az intercepciós kertekben áthulló csapadék és avaron átfolyó csapadék mérése történik, valamint a bükkös állományban törzsi lefolyás, és tömegmérésen alapuló avarintercepciós mérés is.

Az Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar több tanszékével, a projekt több résztémájával közösen, a Dalos-hegyen egy kocsánytalan tölgyesben vizsgáltunk lékeket. A 80/C erdőrészletben található a folyamatos erdőborítás vizsgálatának céljából nyitott három különböző méretű (10m, 20m, 30m) lék. A lékekben egységes metodika alapján, két merőleges transekt mentén helyeztük el eszközeinket. Az erdőtömb közelében, tarvágást szimulálva, szabadterületi csapadékmérő hely található, ahol egy Hellmann csapadékmérőt helyeztünk el, mely kiegészül az avarintercepció méréseére használt egyszerű mérőeszközzel a jobb összehasonlíthatóság végett. Az állományban áthulló csapadék, állományban és lékben is avar alá jutó csapadékhányad mérése folyik. Kézi talajnedvesség-mérővel alkalmanként talajnedvesség-meghatározás történt a lékben a transekt mentén és az állományban a talaj felső 7–8 cm-ében, valamint a G2-es lékben tavasszal és nyáron 24 órás expedíciós mérést végeztünk a talajnedvesség lékben belüli napi változásának vizsgálatára. A tavaszi mérés (2014.05.22.–23.) során kiegészítettük a méréseket a lék közepén 6 pontos talajnedvesség-méréssel (10, 20, 30, 40, 60 és 100 cm mélységben), a nyári mérést (2014. 07. 01.–02.) pedig sűrített mérőponthálózattal végeztük, a transektkekhez képest további két „átlót” (ÉK–DNY, ÉNY–DK) bevonva a vizsgálatokba.

A Kisalföldön, két mintaterületen (Bejczyertyános 13/A erdőrészletben 81 éves gyertyános kocsánytalan tölgyes és Vép 32/D erdőrészlet 70 éves csertölgy állományában) végeztünk talajnedvesség-méréseket 2013 és 2014 évek vegetációs időszakában 4 db 2011 tavaszán mesterségesen kialakított közel azonos méretű lékben és 2 db zárt lombkoronával rendelkező kontrollterületen. Mintaterületenként egy észak-déli irányú és egy kelet-nyugati irányú, egy fahossz hosszúságú, és fél fahossz szélességű, tehát körülbelül 30×15 méter területű, ellipszis alakú lékekben történt vizsgálat, illetve ezek mellett egy-egy zárt állományú kontroll területen, állandósított hálózatban, mintapontként négyszeres ismétléssel. A lékekben 41 mintapontot helyeztünk el, a kontroll területek 16 mintapontot foglaltak magukba. A hullott csapadékot a mintaterületek középpontjában mértünk csapadékmérő tölcse-rek segítségével. A tölcse-rek elhelyezkedése 1 méteres magasságban volt, a lékek középpontjában, illetve a zárt területű kontrollterület középpontjában. A csapadék mennyiségi mérését a talajnedvesség mérések alkalmával végeztük, az így nyert időszaki csapadékadatokat napi adatokká alakítottuk szabadon hozzáférhető meteorológiai honlapok információi alapján ([www.idojaras.hu](http://www.idojaras.hu), [www.idokep.hu](http://www.idokep.hu)).

Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Biológiai Intézet kutatási területén bekapcsolódtunk ártéri erdőtürsulásokban készített lék monitorozásába. Ezen a területen a lék növényzetének és a környező erdőállománynak a vízfogyasztását vetettük össze talajvízkútba helyezett automaták segítségével. A 33. sz. Bükkhát Erdőrezervátum magterületének szomszédságában az Intézet munkatársai kiválasztottak a hidrológiai vizsgálatok számára alkalmasnak tűnő 0,5 ha-os léket. Az Erdőrezervátum az Ormánság erdőgazdasági tájban, Vajszló, Páprád, Sámod és Baranyahídvég község határában található. A Fekete-víz és a Kónica-patak keretezik a területet. Jellemző erdőtürsulásai ártéri gyertyános-kocsányos tölgyesek (*Circaeo-Carpinetum* BORHIDI – KEVEY, 2006), a mélyebb részeken tölgy-kóriszil ligeterdők (*Carici brizoidis-Ulmetum* KEVEY, 2008). Az erdőrezervátum mai formájában 2002-ben lett kijelölve, 2007-ben nyilvánították védetté. Korábban (1997–98-ig) vágásos üzemmódban kezelték. Teljes területe 452 ha, amiből a két különálló magterület összesen 58 ha. A terület részletes leírása ORTMANN-AJKAI (1998, 2012) munkáiban található meg.

A Bükkben mikroklíma mérésekhez kapcsolódóan vizsgáltunk hidrológiai jellemzőket három helyszín összehasonlításával. A szabad területi mérőállomás a Bélapátfalva 21/D erdőrészlet végvágott területére került. A második állomást a Bélapátfalva 19/D zárt bükkösében, a harmadikat a vele szomszédos, azonos kitétséggű és lejtésű Bélapátfalva 19/C erdőrészlet 2005-ben nyitott lékében telepítettük. A szabad területen mérjük a talaj nedvességtartalmát 0–20 cm-es talajrétegben, illetve a csapadékot. A zárt állományban és a lékben azonos rendszert telepítettünk.

A Dalos-hegyi méréshez hasonlóan a Keszthelyi-hegységben is történt egy alkalommal (három lékben) talajnedvesség-mérés, növényteni felvételhez kapcsolódóan Vállus 71/F erdőrészletben szintén transztek mentén.

## Eredmények

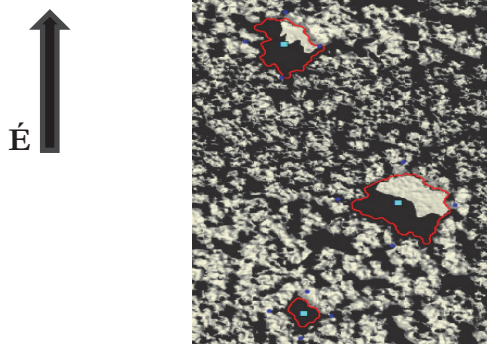
### *Lombkorona hidrológiai hatása*

Az erdőállomány lombkoronája a hidrológiai viszonyokat összetett módon befolyásolja. A megvilágítás, mint energiabevétel, a párolgás sebességének egyik meghatározója, a lomb záródásának függvénye. A lombkorona azonban, mint csapadék-visszatartó, tározó felület szintén alapvető szerepet tölt be a talajt elérő csapadék mennyiségének meghatározásában. Lék keletkezésével megváltozik a terület fény-, tápanyag- és vízellátása, és kiemelt fontosságú ezen megváltozott elemek léken belüli térbeli mintázata is,

amelynek a vizsgálatához a földi lézeres letapogatás (*Terrestrial Laser Scanning – TLS*) kiválóan alkalmas.

A projekt keretében a három dalos-hegyi mesterséges lékben végeztünk geodéziai előkészítő méréseket 2013.04.10-én egy Leica Smart Station 1200-as GNSS-szel kombinált mérőállomással, valamint egy nappal később az egyetem Geoinformatikai Karának Leica ScanStation C10-es berendezésével történtek meg a lézeres felmérések. A nyers eredményeként létrejövő 3-dimenziós pontfelhőből előállítottuk a digitális domborzatmodellt (DDM) az aktív felületek módszerével, valamint a borított felszín modelljét (BFM) egy saját fejlesztésű, legfeljebb másodfokú polinomos közbesítéssel. A borított felszínmodell alapján modelleztük a lékek megvilágítását, amelyből kitűnik, hogy a legkisebb L1-es lékbe még a nyári napfordulón sem süt be a nap (1. ábra). Modelleztük a lékekből való kilátás horizont-korlátozását is, amelyet terepi hemiszférikus felvételekkel vetettünk össze.

A lékek méretét meghatároztuk egyrészt a borított felszínmodell és a domborzatmodell különbségeként előállt lombkorona magassági modell (*Canopy Height Modell – CHM*) alapján, ahol a 2 m-es magasságot körbehatároló izovonalat vettük alapul, és ennek különböző mértékben generalizált változatait. A lékek környezetében az általunk korábban fejlesztett módszerekkel (KIRÁLY – BROILLY, 2007), az ún. holdsarló módszerrel és a szabad formájú poligonok módszerével (FFP) meghatároztuk az egyes fák helyzetét és mellmagassági átmérőjét is. A lékek körüli tövek alapján is meghatároztuk a lékek méretét. A lékek méretének összehasonlítását tartalmazza az alábbi táblázat (1. táblázat).



**1. ábra:** Megvilágítási ábra a dalos-hegyi különböző méretű lékek esetére

1. táblázat: A dalos-hegyi lékek méretének összehasonlítása

Lék	L1 (10 m)	L2 (20 m)	L3 (30 m)
Névleges terület	79 m <sup>2</sup>	314 m <sup>2</sup>	707 m <sup>2</sup>
2 m-es izovonal	57 m <sup>2</sup>	251 m <sup>2</sup>	407 m <sup>2</sup>
generalizálás 0,3 m	57 m <sup>2</sup>	248 m <sup>2</sup>	405 m <sup>2</sup>
generalizálás 1 m	53 m <sup>2</sup>	230 m <sup>2</sup>	394 m <sup>2</sup>
tövek alapján	203 m <sup>2</sup>	390 m <sup>2</sup>	674 m <sup>2</sup>

### *Csapadékviszonyok*

A talajnedvesség, intercepció és talajvíz-vizsgálatok szempontjából elengedhetetlen a hullott csapadék mennyiségének ismerete.

A csapadékeloszlás jellemzőit három mérőhely – Dalos-hegy, Hidegvíz-völgy és Sellye – adatai alapján elemezzük röviden, mivel a hidrológiai vizsgálatok során ez adja a bevételi oldalt. A hidegvíz-völgyi kútsornál mért csapadékok 2013 augusztusa és 2014 augusztusa között (erre az időszakra állt rendelkezésre mindhárom mérőhelyről folyamatos adatsor) 862 mm csapadék hullott, a sellyei (bükkháti méréseinkhez legközelebbi meteorológiai állomás) csapadékadatok szerint 751 mm, míg ugyanezen időszak dalos-hegyi csapadékösszegének 518 mm-t mértünk.

A sellyei adatok szerint a 2013-as év február március és szeptember hónapok csapadékösszege 100 mm felett volt, és a július, október és december hónapok zártak 20 mm alatt. A többi hónapban 50–80 mm közötti havi összegek adódtak. A 2014-es évben a március volt a legszárazabb hónap (20 mm), legcsapadékosabb a május (150,5 mm) és a szeptember (200 mm felett).

Országos szinten a 2013-as évben az év első 3 hónapja kifejezetten csapadékos volt, míg a nyár száraz, a július különösen csapadékszegény volt, amihez magas hőmérséklet is társult. A csapadékosabb ősz után egy száraz december következett. 2014-ben csapadékosnak adódtak a február és május hónapok, míg a június szárazabb volt.

### *Intercepció*

Az erdőállomány lombkoronája és avarja nagy tározó felületével a csapadék egy részét visszatartja és elpárologtatja. A dalos-hegyi mérések részeként mértük a tölgy állomány alatt az effektív csapadékot (az a csapadékhányad, ami eléri a talajfelszín, vagyis a teljes intercepcióval csökkentett csapadékmennyiség). Ezzel párhuzamosan a közepes méretű lékben elhelyezett mérőedényzettel a lék közepén mértük az effektív csapadékot, valamint a közeli referenciaterületen a szabad területi csapadékot Hellmann-



rendszerű csapadékmérővel. A saját fejlesztésű csapadékgyűjtők (állomány alatt, lékben és a szabad területen a Hellmann csapadékmérő mellett az összehasonlíthatóság miatt) egy felső, avart is tartalmazó részből, mely alulról szunyoghálóval borított és egy alsó csapadékgyűjtő edényből állnak. Lék közepében kevesebb az avar, így az avarintercepció is kisebb, mint az állomány alatt. Várakozásainknak megfelelően az állomány alatt mértük a legkisebb csapadékösszeget azonos időszakra (2013. augusztus végétől 2014. augusztus elejéig), a lehulló csapadéknak közel egyötöde jelentkezik párolgási veszteségként. A szabadterületi és a lék közepében elhelyezett csapadékmérők kisebb csapadékok esetén közel azonos csapadékösszeget mértek, a különbség nem érte el az 5 mm-t. A nagy csapadékok esetén több bizonytalansággal számolhatunk. Egyrészt a lékben a gyűjtőedényzet kapacitása kisebb, és a nagy csapadékok esetén túlcordul, másrészt a csapadékeseemény és az adatgyűjtés közötti időben, ha a víz az avart is ellepi, nagyobb párolgási veszteség léphet fel.

A bükki mérések során ősztől tavaszig előfordult, hogy a lékben, illetve a zárt állományban több volt a csapadék, mint a szabad területen, ami elsősorban a ködszítalással, zúzmarával magyarázható. A lékben elhelyezett mérőeszközök szélből jobban védettek, ezért kisebb csapadékok esetén az is előfordul, hogy a lékben valamivel több csapadék mérhető, mint a szabad területen. Ez az oka annak, hogy a tárolási időszakban, a lékben a 0–2 mm-es kategóriában több a csapadék, mint a szabad területen. A teljes mért időszakra vonatkoztatva a zárt állományban az intercepció, azaz a párolgás, benedvesítés miatt talajra nem jutó csapadék aránya a bélapátfalvi mérőhely esetén 32,2%, míg a lékben átlagosan 8,0%-kal kevesebb csapadék esik, mint a szabad területen. A lék és a zárt erdő csapadékbevétele között tehát átlagosan mintegy 24% a különbség az előbbi javára. A vegetációs időszakban az intercepció a 0–5 mm-es napi csapadékok esetében megnövekszik, aránya a zárt bükkösben eléri az 41–72 %-ot. A kis csapadékok esetében gyakori, hogy a szabad területi csapadékból semmi sem jut le a zárt erdő talajára (az intercepció eléri a 100%-ot a 0–2 mm-es csapadékok 50%-ában).

### *Talajnedvesség*

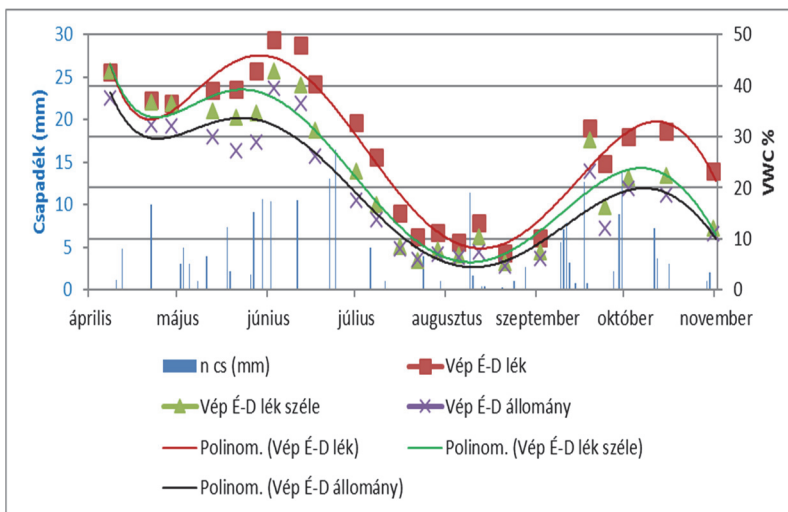
A projekt finanszírozásával az NAIK-ERTI és az NymE GEVI részére beszerzésre került egy-egy speciális, hordozható, könnyen kezelhető, változtatható talajmélységekben mérni tudó talajnedvesség mérő műszer (Field Scout TDR 300). A Field Scout TDR 300 talajnedvesség mérő a talaj térfogat százalékában (VWC% – Volumetric Water Content) adja meg a talajnedvességet. A műszer pontossága  $\pm 3,0\%$ . A mérési tartomány 0–50% közötti. A mérési adatokat digitálisan tárolja. A mérési mélység cserélhető

mérő rudak alkalmazásával 3,8 cm, 7,6 cm, 12 cm és 20 cm lehet. A műszer alap beállításai szerint mérhető talajnedvesség standard talajokon illetve magas agyagtartalmú talajokon, vagy mérhető periódikus mérés, amikor a műszer csak a fázisidőt menti el, melyhez bolygatatlan talajminták felhasználásával, laboratóriumi kalibrálással nyerhető egy kiértékelő egyenlet, melyel ezen értékek átválthatóak talajnedvesség értékekre. Jelen kutatásban ezt a módszert nem alkalmaztuk, a mérésekkor a standard talajon használható gyári kalibráció szerint mértünk. A standard vizsgálati mélységet 7,6 cm-es rúd hosszban határoztuk meg (a mérőrudtörések elkerülése végett), erre a mélységre váltottuk át a kapott eredményekből számított átváltási egyenletek segítségével.

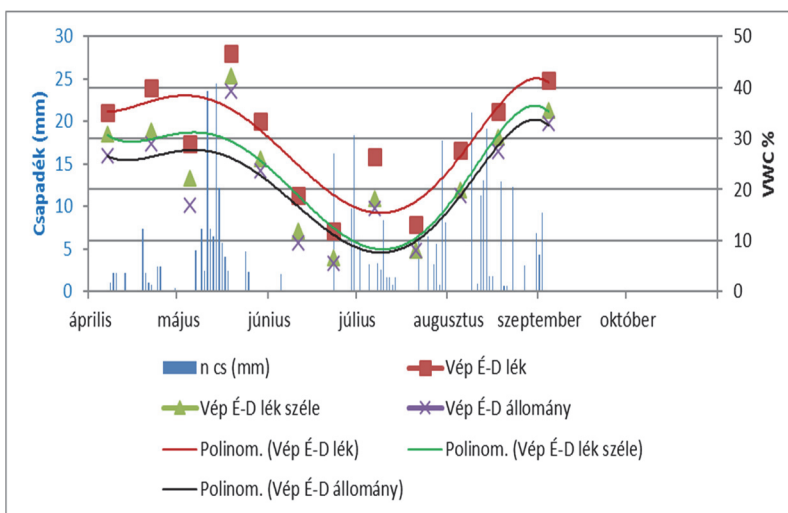
A NAIK-ERTI területein egy szisztematikus mérési hálózat kitűzése mellett végeztük a talajnedvesség méréseket. Ezen hálózat pontjait használtuk egyéb ökológiai változók felvételezésére is, melyek ez által összeköttetéseket teremtettek az 1.3. Fényviszonyok vizsgálata alprojekttel, és a 3.5. A diverzitás, természetesség és a stabilitás, ellenálló képesség elemzése a folyamatos erdőborításnál alprojekttel is. A soproni területeken szintén más részprojektekkel (1.1. Mikroklímatis viszonyok vizsgálata, 1.4. Termőhelyi vizsgálatok, talajban bekövetkező lebontási folyamatok kutatása, 2.2. A folyamatos erdőborítás fajösszetétel és fajdiverzitás-vizsgálata részprojektekkel) együttműködve a kitűzött transzektek mentén, és azokat kiegészítve végeztük a méréseket.

### *Éves változás*

A vépi és bejcggyertyánosi mintaterületeken 2013. április 8. és 2014. szeptember 4. közötti időszakban, két vegetációs időszakban 34 terepi napon végeztünk méréseket. A mérési időszakot mindkét évben április elejétől október végéig terveztük, az utolsó mérési szakasz még nem zárult le. A méréseket folytatjuk a 2014 évi vegetációs időszak lezárulásáig. Ez összesen közel 27 000 mérést jelent eddig, ami igen jelentős adatmennyiség. A két vegetációs időszak jelentős eltérést mutatott a hullott csapadék mennyiségében. Míg 2013-ban április elejétől szeptember elejéig 231 mm csapadék hullott, addig 2014 év ugyanezen időszakában 482 mm, tehát az előző évi- nek több mint kétszerese. Ez jelentősen befolyásolta a talaj nedvességtartalmát, melyet az 2. és 3. ábrán mutatjuk be egy kiválasztott mintaterület (Vép 32/D erdőrészlet, É–D-i lék) példáján. Az 2. és 3. ábrákon trendvonalak mutatják a talajnedvesség időszakos változását a léken belül, a lék szélén, és a zárt állományban. A napi csapadékmennyiségeket a bal oldali tengelyen, míg a térfogatarányos talajnedvesség százalékát a jobboldali tengelyen tüntettük fel.



2. ábra: 2013 évi talajnedvesség adatok ábrázolása a Vép 32/D erdőrésztlet É-D-i tájolású lékjében



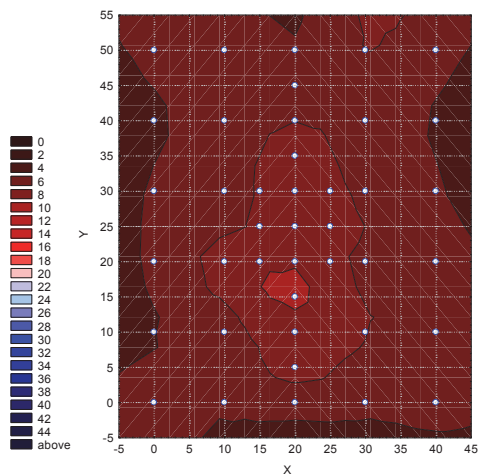
3. ábra: 2014 évi talajnedvesség adatok ábrázolása a Vép 32/D erdőrésztlet É-D-i tájolású lékjében

A két diagram összehasonlításakor szembeűnő a csapadékesemények változó intenzitása a két évben. Míg az 2. ábrán ritkásan, heti vagy kétheti rendszerességgel fordulnak elő maximum 17 mm napi csapadékot hozó esők, addig a 3. ábrán bemutatott 2014 évben 24 mm volt a legnagyobb napi csapadékesemény, és az esős napok száma jóval koncentráltabban, több napon át is folyamatosan tartottak. Mindezek hatására, míg 2013-ban egy hosszán elhúzódó, aszályos időszakot tapasztaltunk július elejétől szeptember közepéig, addig 2014-ben egyedül június hónap volt csapadékban szegény, amikor visszaesett a talajnedvesség mértéke, azonban ez a rövid száraz periódus hamar újra felnedvesedett. Szeptember elejére már elérte a maximálisnak nevezhető talajnedvességi állapotot, miközben 2013 évben október végéig sem érte el a talaj ezt a telítettséget.

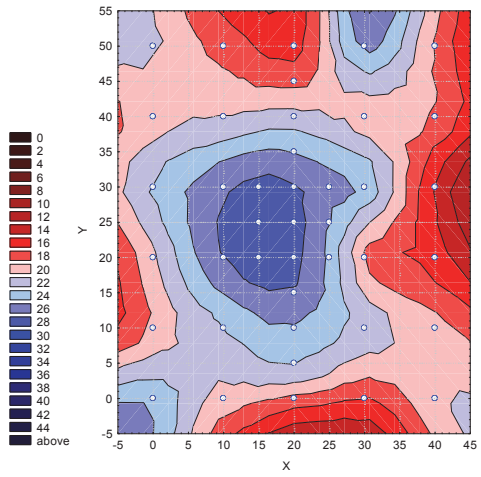
#### *Léken belüli változatosság*

A mérési napokon tapasztalt talajnedvességek térbeli változatosságát jól szemléltető diagramok készültek minden egyes felvételt követően. A példaképp kiválasztott Vép 32/D erdőrésztlet, E–D-i lékjének néhány felmérési napjának eredményeit a 4–7. ábrákon mutatjuk be. A skála beosztása 2%-os osztásközökkel mutatja a térfogatarányos talajnedvesség mértékét.

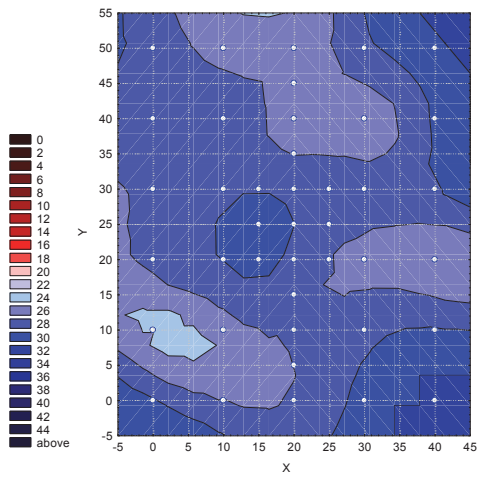
Az ábrákon szemléletesen kirajzolódik a lék középpontjának nedvesebb állapota, melyet a legszárazabb időszakban is megőriz. A talaj telítődési pontja körül, az őszi és tavasz eleji időszakokban ezek a különbségek csökkennek.



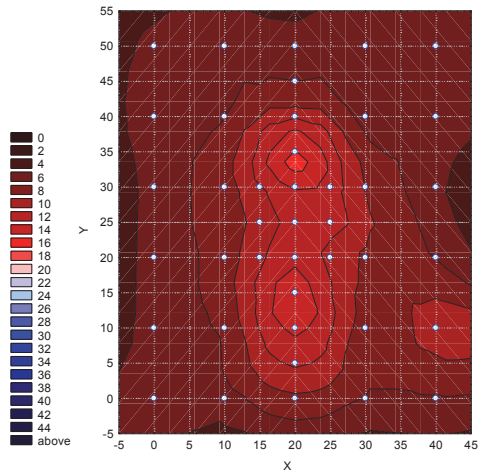
4. ábra: 2013.08.21. A legszárazabb mért talajállapot



5. ábra: 2013.10.15. Egy közepesen nedves talajállapot



6. ábra: 2014.04.22. Nedves talajállapot



7. ábra: 2014.06.23. A 2014-es év legszárazabb talajállapota

2. táblázat: Talajnedvesség átlagos értékei a felvételi időszakban a lék részterületein

	Bejcgertyános 13/A			Vép 32/D			Átlag
	É-D	K-NY	Kontrol	É-D	K-NY	Kontrol	
Lék közepe	24	29		28	27		27
Lék széle	18	23		23	21		21
Állomány	17	20	17	20	21	21	19

A talajnedvesség e térbeli változásait nagyban befolyásolja a meglévő anyaállomány gyökérszónájának nedvesség felvétele, melyet a lékekbe beeső fényszárító hatása nem ellensúlyozza.

Az adatok alapján a lék széle átlagosan 6%-al, míg a zárt állomány további 2%-al szárazabb a lék közepén mért adatokhoz képest ezeken a mintaterületeken a felvételi időszakok átlagában, 7,6 cm-es talajmélységben. Az eredményeket a 2. táblázatban foglaltuk össze.

A kapott eredményeket összevetjük különböző biológiai és ökológiai paraméterekkel, melyeket egyéb alprojektek részeként vizsgáltunk, mint például a lékek nyitottsága, a mintapontokra bejutó fény mennyisége aránya, az újulat mennyisége és magassága, a lágyszárú vegetáció borítása, rovarcsapdák és károsítók térbeli eloszlása a mintaterületeken.

A sűrített ponthálózattal végzett dalos-hegyi vizsgálat lehetővé tette, hogy a talajnedvesség léken belüli változását (a bejcgertyánosi és vépi vizsgálathoz hasonlóan) feltérképezzük. A mérési eredmények szerint a lék dél,

dél-kelet felőli oldala nedvesebb, ami egybevág a földi lézeres letapogatás eredményeivel, vagyis a benapozott részeken szárazabb a talaj.

Terepi megfigyelések tapasztalatai szerint több helyen a fásszárú cserjeszint befolyásolta a talajnedvességet azáltal, hogy árnyékoló hatást fejtett ki. A talajnedvesség és a növényzet kölcsönhatását a Keszthelyi hegységben végzett mérésekkel terveztük kimutatni. A Növénytani és Természetvédelmi Intézettel (NTI) közös vizsgálatban az NTI kutatói által kidolgozott módszertanhoz kapcsolódóan minden növénytani felvételezéssel érintett (transz-ektek menti) egységben (ezek mérete 0,5–0,5 m<sup>2</sup> volt) 5–5 talajnedvességmérést végeztünk, majd összevetettük ezek átlagos értékeit a megjelenő lágyszárú és fás szárú növényekkel. A kiértékelés során nem találtunk összefüggést a növényfajok megjelenése és az általunk vizsgált felszíni talajréteg felméréskori talajnedvesség értékei között.

### *Talajnedvesség napi változása*

A talajnedvesség napon belüli változásának vizsgálatára 24 órás mérést végeztünk hosszabb száraz periódus után, egy kb. 50 mm-es csapadékesemény után tíz nappal. A tavaszi előzetes mérés során a mérőhelyek a lék középpontjától azonos távolságokra (egymástól irányonként 5–5 m-re) kerültek kitűzésre, irányonként 2–4 mérőhellyel, így a környező állományba is benyúlva. Egy-egy mérőhelyen 5 mérés történt egy időpontban, ezek átlaga képezte a további vizsgálatok alapját. A lék középpontját és attól a transz-ektek mentén 4 irányban 2–2 pontot vonva a vizsgálatba képeztük az adott időpontra (órára) jellemző átlagértékeket (azaz összesen 45 mérési adatból időpontonként). Az éjszakai mérések ritkábbak voltak. Jellemzően 19–25% átlagos térfogatarányos talajnedvesség-értékek mutatkoztak a nap során. A napi változás a következőképpen alakul: a talajnedvesség reggel 8 órakor volt a legmagasabb, majd a napon belüli melegedéssel egyre csökkenő tendenciát mutat a kora délutáni órákig (13–14 h), feltehetőleg a benapozottság szerint. Ezután az esti órákig lassan emelkedő talajnedvesség-értékeket mérünk, majd a (viszonylag korai) harmatképződéssel gyorsabb emelkedés jelentkezett. Az éjszakai talajnedvesség-változás ez alapján a mérés alapján nem egyértelmű, így a mérés ismétlése mellett döntöttünk sűrített ponthá-lózáttal.

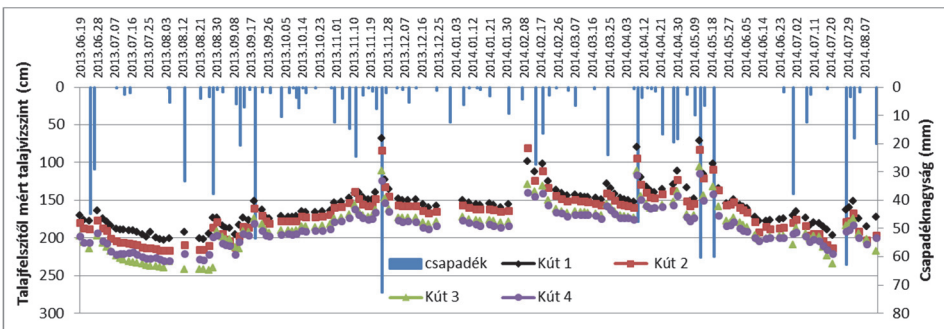
Talajnedvesség változását a mélyebb rétegekben kisebb gyakorisággal követtük a dalos-hegyi és a hidegvíz-völgyi mérőhelyeken. A kapacitív elven működő DeltaT PR2-es szenzort használtuk, amely hat szintben (10, 20, 30, 40, 60, 100 cm mélységben) mér. A mérések eredményeként a faállomány nagyobb vízfogyasztását, és az intercepció miatt a talajra jutó kevesebb állományi csapadékbevételt igazoltuk. A lék közepén általában kisebb talaj-

nedvesség-értékek mutatkoztak a hat szintben, mint a szabadterületi mérőhelyen, ami a környező faállomány hatását mutathatja.

## *Talajvízszint*

### *Szegélyhatás a talajvízszintek alakulásában*

A hidegvíz-völgyi mintaterületen égeres állomány esetén vizsgáltuk a szegélyhatást négy talajvízfigyelő kút létesítésével (8. ábra). A kutak számozása a nyílt területtől az állomány felé növekvő sorrendben alakul. A kutak egyenes mentén helyezkednek el. Az 1. 2. kút a lékként azonosított területen, a 3. kút az állományszegélyben, míg a 4. az állományban található. Mérőnapokon (nyári félévben heti 3 alkalommal, téli félévben heti két alkalommal) optikai kézi szintmérővel történt az adatgyűjtés. Az eredmények egyértelmű különbséget mutattak az állomány alatti (4. kút) és a szabad terület (1. kút) talajvízszint értékeiben, vagyis az állomány alatt mélyebben volt a talajvízszint. A szegélyben fúrt kút (3. kút) néhol a 4. kútnál alacsonyabb vízszintet, néhol az 2. kútnál magasabb szintet mutatott. A vizsgált időszakban mért szélsőértékek különbsége az állomány alatt 116 cm, a szabad területen 134 cm volt. A talajfelszíntől mért távolsága a talajvíznek 68 cm és 202 cm között volt az 1. kút esetében, 115 és 231cm között volt a 4. kút kapcsán. Az állomány alatti kút szintje volt a legkiegyenlítettebb, és az állományszegélyben létesített kút szintje a legváltozékonyabb azt az időszakot tekintve, melyben már mind a négy kút működött (2013.06.19.–2014.08.13.).



8. ábra: Hidegvíz-völgyi kútsor talajvízszintjei a 2013. 06. 19.–2014. 08. 07. közötti időszakra a helyben mért csapadékadatokkal

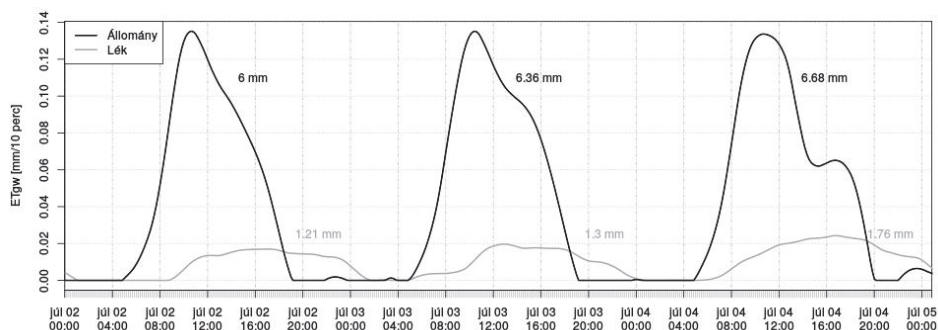


## Talajvízjárás

Az Ormánságban a Pécsi Egyetem kutatóival többszöri egyeztetés után 2013. június 25-én a vajszlói községhatár 13/B erdőrészletben található lék közepén készítettünk egy 3,25 m talpmélységű kutat. A léket övező erdőállomány monitorozására, a magterület felé eső oldalon (Vajszló 13/A) fúrtuk egy 3,95 m talpmélységű kutat. A két egymástól mintegy 60 méterre eső kutat szűrőzött PVC csővel béleltük ki. Az állandósított kutakba adatgyűjtővel ellátott nyomásmérő szondákat telepítettünk. Az eszközök segítségével 10 perces gyakorisággal követtük a talajvízszint ingadozását. Mindkét adatgyűjtő idősora folyamatos volt. A lékben található kút 2014-es adatsora a többszöri tisztítás ellenére berakódott iszapzavaró hatása miatt nem értékelhető.

Évszakos szinten mindkét kútban jelentős a talajvíz-szint változása. Az erdőállomány alatt meghaladja az egy métert, s a lékben is megközelíti. A két kút segítségével nem lehet pontosan megítélni, hogy a hosszabb időtávon bekövetkező jelentős ingadozás mennyiben köszönhető a közeli Fekete-víz és Kónica-patak hatásának. A rögzített talajvíz állás idősor jól tükrözi a vízkészlet kora őszig tartó kiürülését és a nyugalmi időszak feltöltődését mind a lékben, mind az állomány alatt.

Mindkét mérőponton rögzített adatsorban jól felismerhető a növényzet párologtatása következtében kialakuló, napi periódusú vízszintingadozás. Az állomány alatti kút esetében az ingadozás erősebb, a szárazabb napokban meghaladja a 3,5 cm-t. A lékben megtalálható ingás jóval gyengébb csak a szárazabb időszakokban haladja meg az 5 mm-t. Az evapotranszspiráció keltette napi ingadozás segítségével visszakövetkeztethetünk a növények párologtatására GRIBOVSKI et. al. (2008) módszere segítségével. Az anyaállomány párologtatása a szárazabb időszakban meghaladta a 6 mm-t naponta, míg ugyan ezen időszak alatt a lékben ennek a harmadát sem használták fel a növények (9. ábra). Ez a határozott különbség fennáll az egész vegetációs időszakban. A napi periódusú ingadozás csak augusztus végén, szeptember elején tűnik el, amikor az egymást követő csapadékesemények már elfedik az egyre kisebb amplitúdójú jelet.



9. ábra: A talajvízszint ingadozás alapján becsült párologtatás

## Összefoglalás

A részprojekt célja összehasonlító hidrológiai mérések végzése zárt állományban és erdészeti tevékenységekkel, lékes felújítással és (mikro)tarvágással érintett területeken. A mérések különböző helyszíneken (Soproni-hegység, Keszthelyi-hegység, Ormánság, Kisalföld és Bükk) és állományokban (kocsánytalan tölgy, bükk, éger, gyertyános kocsánytalan tölgyes és cser) történtek és kiterjedtek a lombkorona és az avar hatásának elemzésére, a talajnedvesség és a talajvíz vizsgálatára. Az eddigi eredmények mutatják a szabadterületi, lék közepén mért csapadék és az avaron átjutó rész méréseiből előálló különbségeket. A léken belül és az állomány alatt a talajnedvesség-értékekben is jellemző trend jelentkezik. A talajnedvesség különbségei részben a talajfelszín elérő csapadékhányad mennyiségi különbségéből adódik. A talajvíz napi járásában megjelenő különbség kimutatható az állomány alatti és az erdészeti tevékenységgel érintett területen létesített talajvízfigyelő kút között. A mintaterületek közelében szabadterületi csapadékmérések biztosították a kontrollméréseket vagy a legközelebbi meteorológiai mérőhely a kiegészítő adatokat (Vajszló mérési hely esetében).

## Irodalom

- GRIBOVSKI Z. – KALICZ P. – SZILÁGYI J. – KUCSARA M. (2008): Vízfolyás-menti területek evapotranszpirációjának becslése a talajvízszintek napi periódusú változása alapján. – Hidrológiai Közlemény **88**(4): 517.
- HORTON, J. L. – HART, S. C. (1998): Hydraulic lift: a potentially important ecosystem process. – *Tree* **13**(6): 32–235.
- KIRÁLY, G. – BROLLY, G. (2007): Tree Height Estimation Methods for Terrestrial Laser Scanning in a Forest Reserve. In: Proceedings of the ISPRS Workshop on Laser

- Scanning 2007 and SilviLaser 2007. – Espoo, September 12-14, 2007, Finland, pp. 211–215.
- KUCSARA M. (1998): Az erdő csapadékviszonyainak vizsgálata. – Vízügyi közlemények **80**(3): 456–477.
- ORTMANN-NÉ AJKAI A. (1998): Vegetation mapping as a base of botanical GIS applications II: Vegetation map of Vajszló forest (SW Hungary). – Acta Botanica Hungarica **41**(1–4): 193–227.
- ORTMANN-NÉ AJKAI A. – CSICSEK G. – BÖLÖNI J. – HORVÁTH F. (2012): Merre tart a Bükkhát Erdőrezervátum? – Természetvédelmi Közlemények **18**: 415–424
- ZAGYVAINÉ KISS, K. A. – KALICZ, P. – CSÁFORDI, P. – GRIBOVSZKI, Z. (2014): Forest Litter Interception Model for a Sessile Oak Forest. – Acta Silv. Lign. Hung. **10**(1): 91–101.
- ZAPATER, M. – HOSSANN, C. – BRÉDA, N. – BRÉCHET, C. – BONAL, D. – GRANIER, A. (2011): Evidence of hydraulic lift in a young beech and oak mixed forest using 18 O soil water labelling. – Trees **25**: 885–894.

### **1.3. részprojekt: Fényviszonyok vizsgálata**

**Részprojekt felelős szervezeti egységek: NAIK Erdészeti Tudományos Intézet; EMK Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet**

#### **FÉNYVISZONYOK VIZSGÁLATA**

KOLLÁR TAMÁS<sup>(1)</sup> – FRANK NORBERT<sup>(2)</sup> – KIRÁLY BOTOND GERGELY<sup>(2)</sup> –  
FOLCZ ÁDÁM<sup>(2)</sup> – MOLNÁR MIKLÓS<sup>(2)</sup> – MOLNÁR DÉNES<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Erdészeti Tudományos Intézet  
Ökológiai és Erdőművelési Osztály  
9600 Sárvár, Várkerület 30/A.

<sup>(2)</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

#### **Probléma felvetés**

A csemeték növekedésének elengedhetetlen feltétele a megfelelő környezeti paraméterek megléte. A beavatkozásaink hatására kialakuló mikroklimatikus feltételek és a kifejlődő növényzet kölcsönhatásainak megértésére vizsgálatokat végeztünk a lékekben, illetve száraló szerkezetű erdőkben az uralkodó megvilágítottság viszonyok feltárására.

#### **A mérőműszer és a mérési metodika bemutatása**

A projekt finanszírozásával az NAIK-ERTI részére beszerzésre került egy speciális, hordozható, könnyen kezelhető, Winscanopy hemiszférikus fényképező rendszer. A rendszer alapja egy nagy felbontású, kalibrált halsszemoptikával rendelkező fényképezőgép, hozzá tartozó szintező állvánnyal, és természetesen a digitális fényképek feldolgozásához szükséges szoftverekkel. A projekt időtartama alatt a műszer minden lehetséges alkalmazási módozatait teszteltük, a gyakorlati tapasztalatokkal folyamatosan finomítva

a felvételi metodikát. A fényképezés egy hagyományos fényképezőgép állványra rögzített, libellával ellátott szintezőn elhelyezkedő, halszemoptikával felszerelt nagy felbontású (24 Megapixel, ebből a hemiszférikus fénykép hasznos területe 12,56 MP, a fénykép mindössze 52%-a) digitális fényképezőgéppel történik. A szintező biztosítja, hogy a fényképezőgép a lombkorona irányában vízszintes állásban, mozdulatlanul álljon. Az így beállított fényképezési magasság 170 cm. A fényképezés távirányítással történik, automatikus beállításokkal, ezáltal biztosítva hogy a fényképezőgép nem mozdul meg a fénykép rögzítésekor. A fénykép szélén egy piros színű Led fény mutatja az északi irányt, mely a digitális feldolgozás során szükséges információ a kép tájolásához. Az így készült fénykép egy félgömb alakban belátja a fényképezőgép körüli erdőterületet (180°-os látószög), ezáltal vizsgálhatóak a lombkoronák, és a jellemző fényviszonyok. A félgömb alakú látószög miatt az oldal megvilágítás szerepe is vizsgált. A hagyományos erdőbecslésben használt szemmel becsült záródás az oldalzáródást nem veszi figyelembe, ezért a két különböző módon meghatározott érték eltérhet egymástól.

A fényképek készítéséhez ideális időszak elméletileg a napfelkelte előtti és napnyugta utáni rövid periódus (kb. fél-egy óra), amikor még megfelelően világos van, de a nap nem látható a horizonton. Szintén ideális a homogén égkép, tehát felhőtlen, vagy zárt felhőzetű égboltozat. Beláthatjuk, hogy ezen ideális fényképezési lehetőségek alkalmazása a mindennapi kutatásban nem kivitelezhető. Ez nem jelenti azt, hogy nem tudunk megfelelően elemzhető képeket készíteni az ideálistól eltérő időpontban, azonban a fényképek feldolgozása változó megvilágítottsági feltételek között megbízhatóan csak időigényesebb manuális képfeldolgozás mellett lehetséges, mely során a fénykép sötétebb és világosabb részein különböző küszöbértékek beállításával tudjuk elválasztani a vegetáció (törzs, ágak, lombzat) által kitakart, és a nem takart tiszta égbolt pixeljeit. A takart és nem takart pixelek arányából áll össze a lombkorona nyitottsága (vagy záródása). Fényképenként bemenő adat az erdőrészlet földrajzi helyzete (GPS koordináta), állvány magassága, tengerszint feletti magassága, kitettsége és lejtésszöge (amennyiben nem sík terület), vegetációs periódus (vagy tetszőlegesen vizsgált időszak) kezdő és végző dátuma, mely tényezők alapján a program számítja nyitottság mellett a besugárzási értékeket, levélfelület index értékeket is. Nappályák segítségével meghatározhatjuk a nap helyzetét az adott fényképen az év bármely szakában (nem csak a felvétel időpontjában)

Fontos megjegyezni, hogy a hosszú idejű vizsgálatok során is szükséges az állandó feldolgozó program és eszközpark megtartása. A technika folyamatos fejlődésével csábító gondolat egy-egy újabb fényképezőgépre, optikára vagy szoftverre beruházni, azonban ezek eredményei bizonyos esetekben nem lesznek kompatibilisek egymással, esetleg az adatsorok egymáshoz való

átkonvertálása válhat szükségessé. Ilyen konverziót volt szükséges elvégeznünk a projektet megelőző más típusú műszerpark és szoftvercsomag adatainak átkonvertálására.

## Mintaterületek és eredmények leírása

Az alprojekt keretében történt vizsgálatokat alapvetően kétfelé szükséges bontanunk. A kutatás egyik felében mesterségesen kialakított lécek fényviszonyait vizsgáltuk, míg a másik témakör a száraló szerkezetű erdők különböző fázisainak vizsgálatát foglalja magába.

### Lécek fényviszonyainak vizsgálata

Két mintaterületen (1. táblázat) végeztünk nagy felbontású hálózatban hemiszférikus fényképezéseket 2013 és 2014 évek vegetációs időszakában 4 db mesterségesen kialakított közel azonos méretű lékben és 2 db zárt lombkoronával rendelkező kontrollterületen. Mintaterületenként egy észak-déli irányú és egy kelet-nyugati irányú, egy fahossz hosszúságú, és fél fahossz szélességű, tehát körülbelül 30×15 méter területű, ellipszis alakú lékekben történt vizsgálat, illetve ezek mellett egy-egy zárt állományú kontroll területen, állandósított hálózatban, mintapontonként négyszeres ismétléssel. A lékekben 41 mintapontot helyeztünk el, a kontroll területek 16 mintapontot foglaltak magukba.

Ezen hálózat pontjait használtuk egyéb ökológiai változók felvételezésére is, melyek ez által összeköttetéseket teremtettek az 1.2. Hidrológiai viszonyok vizsgálata alprojekttel és a 3.5. A diverzitás, természetesség és a stabilitás, ellenálló képesség elemzése a folyamatos erdőborításnál alprojekttel is.

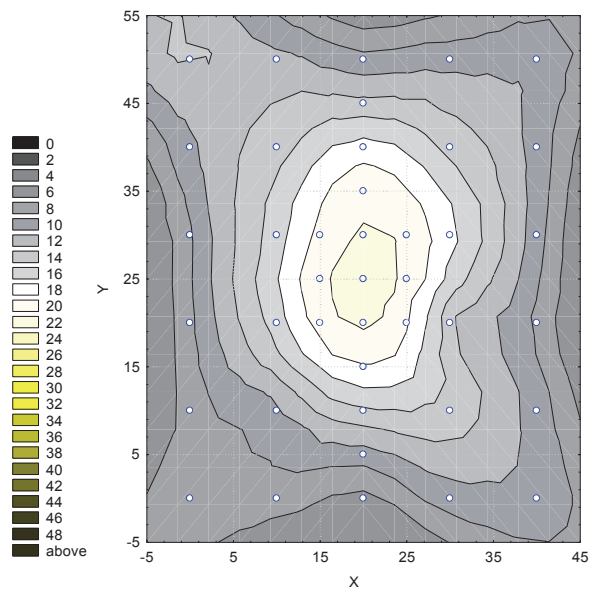
1. táblázat: A vizsgált mintaterületek erdőtervi adatai

Erdőrészlet	Áll. típus	Kor	Talaj	Fiz.	Fto.	Lék nyitása
Bejcgertyános 13/A	GY-KTT	81	ABE	V	2	2011 tavasz
Vép 32/D	CS	70	PGBA	V	2	2011 tavasz

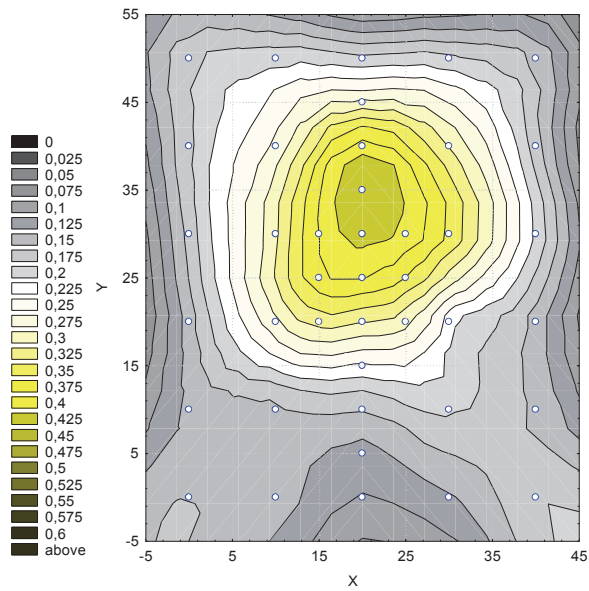
Ezen adatsorok alapján részletes nyitottsági és besugárzási modelleket készítettünk a vizsgált lécekről mind a lombos mind lombnélküli fenológiai fázisokban, melyeket a Vép 32/D erdőrésztlet észak-déli tájolású lékjének példáján keresztül az 1–4. ábrán mutatjuk be. Az ábrákon a nyitottsági vi-

szonyokat és a teljes fénybesugárzás (direkt és szórt fény összege) lombkorona alá jutó részének arányát ábrázoltuk.

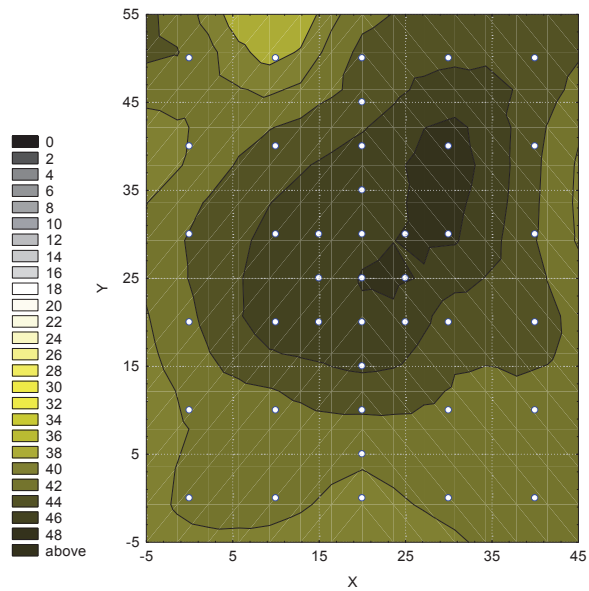
A példaként bemutatott lék nyitottsági viszonyai látványosan kirajzódnak a diagramokon a nyári lombos időszakban, azonban a téli időszakban ez a fajta jól látható elkülönülés jóval kisebb mértékben mutatkozik meg. Míg a nyári időszakban a lék középső részén az átlagos nyitottsági érték 20%, a lék szélén 12%, a zárt állományban pedig már csak 9% körüli, tehát a legnyitottabb és legzártabb területek között 11% a különbség, addig télen ez az arány 45%–43%–41%-ra változik, és a különbség már csak 4%.



2. ábra: É–D-i lék nyitottsága 2013 nyarán

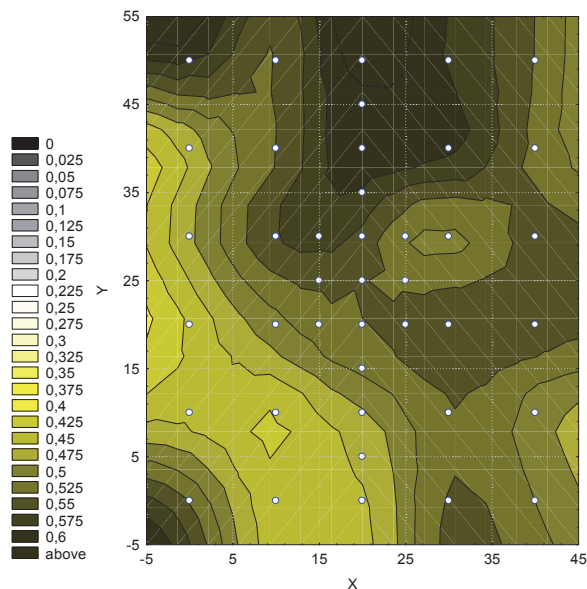


3. ábra: É–D-i lék teljes fénybesugárzás aránya 2013 nyarán



4. ábra: É–D lék nyitottsága 2013–2014 telén





5. ábra: É–D-i lék teljes fénybesugárzás aránya 2013–2014 telén

A teljes fénybesugárzás arányát bemutató diagramon észlelhető, hogy a sík területen elhelyezkedő lék esetén enyhe északi eltolódást mutat a maximális fény mennyiséget kapó terület a nyár folyamán. Azonban ez az eltolódás nem több 5 méternél, ami a teljes lék hosszának alig egyötöde. Míg a nyári időszakban a lék középső részén az átlagos fénybesugárzási arány 36%, a lék szélén 23%, a zárt állományban pedig már csak 15% körüli, tehát a legfénygazdagabb és legfényszegényebb minta között 21% a különbség, addig télen ez az arány 53%–52%–51%-ra változik, és a különbség már csak 2%, szinte elhanyagolható.

Hasonló tapasztalatokat észleltünk a kelet-nyugati tájolású lék esetében is ugyanazon erdőrészletben, illetve a Bejczygyertyánosi erdőrészlet mintaterületein is.

Az intenzív mintavételezésű 4 db léken kívül további 125 darab léket is vizsgáltunk kilenc erdőrészletben 4 tájolást és állandó méretet alkalmazva, háromszoros ismétléssel (2. táblázat). Az erdőrészletek a Szombathelyi Erdőgazdasági ZRt. és a HM Kaszó Erdőgazdaság ZRt. gazdálkodási területén helyezkednek el. A kitűzött lékméretet közelítőleg egy fahossz hosszúságú, és fél fahossz szélességű téglalapként volt meghatározva 2010-ben, a lékek megnyitásakor, ez az összehasonlítás végett minden erdőrészletben 30×15 méteres téglalaprak felelt meg, tehát a maximális lékméret elméletileg 450 m<sup>2</sup>. A téglalapok kitűzésekor fő szempont volt, hogy inkább kisebb legyen a lék, minthogy túlhaladjuk ezt a méretet néhányal több fa kitermelésével.

A használt tájolások É–D, ÉK–DNy, K–Ny, ÉNy–DK. A lékeket egy erdő-részleten belül úgy jelöltük ki, hogy a részleteket 50×50 méteres parcellákra osztottuk, és ezek középpontjában tűztük ki a különböző tájolású lékeket, véletlenszerű elosztásban. Ahol a szükséges háromszoros ismétlés betartása mellett maradtak üres parcellák, azokat kontrollterületként érintetlenül hagytuk. A lékek az erdő-részletek területének maximum 3–9%-át érintették.

A mintaterületek lékjei változó fafajú állományokban állnak (2. táblázat), változatos termőhelyi környezetben, így nem célunk egy mindenre igaz következtetések definiálása.

**2. táblázat:** A vizsgált mintaterületek adatai

Erdőgazdaság	Erdőrészlet	Állomány-típus	Kor	FTO	Utolsó termelés	Lékek száma	Kísérleti elrendezés
HM Kaszó Erdőgazdaság ZRt.	Inke 27/D	KST	66	3	2011	24	1 méret, 4 tájolás, kerített és
	Szenta 37/F	KST	74	3	2011	24	kerítettlen, 3x ism.
	Szenta 1/B	CS	65	2	2011	13	1 méret, 4 tájolás, kerített 2x ism. és kerítettlen 1x ism.
Szombathelyi Erdészeti ZRt.	Nádasd 3/A	GY-KTT	11 6	3	2011	12	1 méret, 4 tájolás, kerítettlen, 3x ism.
	Nádasd 50/A	EF-GY-KTT	69	3	2011	12	
	Körmend 4/C	EF-GY-KTT	96	3	2011	12	
	Vép 32/D és 37/A	CS	69	2- 3	2011	24	1 méret, 4 tájolás, kerítettlen, 6x ism.
	Bejcgertyános 13/A	GY-KTT	80	2	2011	8	1 méret, 4 tájolás, kerítettlen, 2x ism.

Minden lék középpontjában és a lékek közötti zárt állományú kontrollterületeken készült fényképfelvétel 2013 és 2014 évek vegetációs időszakban, lombos állapotban, illetve az ezek közötti téli időszakban készültek fényképfelvételek a Szombathelyi Erdészeti ZRt. által kezelt erdők mintaterületein. A fényviszonyok adatai mellett vegetációborítási és újulat mennyiségi és magassági adatsorokat vettünk fel minden egyes lékben. Terjedelmi korlátok miatt a 3. és 4. táblázatban a 2013 év nyári és a 2013–2014 évek telén készült fényképek adatait közlöm.

**3. táblázat:** A vizsgált mintaterületek nyitottsági értékei

Erdőgazdaság	Erdőrészlet	Nyitottság							
		Lombos állapotban lék középpontban		Lombos állapotban kontrol pontokon		Lombmentes állapotban lék középpontban		Lombmentes állapotban kontrol pontokon	
		átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
HM Kaszó Erdőgazdaság ZRt.	Inke 27/D	23	2	14	3				
	Szenta 37/F	20	2	12	3				
	Szenta 1/B	18	2	9	2				
Szombathelyi Erdészeti ZRt.	Nádasd 3/A	17	3	5	1	40	3	36	0
	Nádasd 50/A	18	2	4	1	33	2	28	1
	Körmend 4/C	16	3	4	1	45	2	40	3
	Vép 32/D	17	3	6	1	49	3	42	4
	Vép 37/A	21	1	11	2	50	2	47	2
Bejcgertyános 13/A	17	3	6	1	45	2	40	2	

**4. táblázat:** A vizsgált mintaterületeken a teljes fénybesugárzás aránya a lombkorona alatt

Erdőgazdaság	Erdőrészlet	Teljes fénybesugárzás aránya							
		Lombos állapotban lék középpontban		Lombos állapotban kontrol pontokon		Lombmentes állapotban lék középpontban		Lombmentes állapotban kontrol pontokon	
		átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
HM Kaszó Erdőgazdaság ZRt.	Inke 27/D	39	6	22	4				
	Szenta 37/F	31	7	17	4				
	Szenta 1/B	25	7	12	3				
Szombathelyi Erdészeti ZRt.	Nádasd 3/A	26	8	7	1	43	6	42	4
	Nádasd 50/A	32	7	7	4	32	4	31	3
	Körmend 4/C	27	5	8	3	49	6	44	2
	Vép 32/D	29	8	11	2	56	4	52	6
	Vép 37/A	37	5	15	3	59	2	58	4
Bejcgertyános 13/A	26	3	10	2	45	6	42	4	

Az erdőrészetek zárt kontrol pontjain a nyitottság értékek átlagos értékei 4–14% között változtak, a lékekben 17–23% közöttiek. A léknyitás minimum 8, maximum 14%-nyi nyitottság növekedést eredményezett a vizsgált erdőrészetekben. Az újulat szempontjából fontos lombkorona alatti teljes fény mennyiség aránya is hasonló eredményeket mutat. Az erdőrészetek zárt kontrol pontjain az átlagos értékek 7–22% között változtak, a lékekben 25–39% közöttiek. A léknyitás minimum 13, maximum 25%-nyi fény mennyiség növekedést eredményezett a vizsgált erdőrészetekben. A legnagyobb nyitottsági és fény mennyiségbeli növekedés léknyitás után a Nádasd 50/A erdei fenyő elegyes gyertyános tölgyes erdőrészetben volt tapasztalható. A legkisebb nyitottsági és fény mennyiségbeli növekedés léknyitás után az elegyetlen erdőrészetekben mutatkozik. Ezek a részetek jellemzően nyitottabbak léknyitás előtti állapotban is a hiányzó második lombkoronaszint miatt.

A téli lombmentes fényképek elemzése során alig néhány százalékos eltéréseket tapasztaltunk a lékek és a zárt területű kontroll pontok nyitottsági és fénybesugárzási arányai esetében.

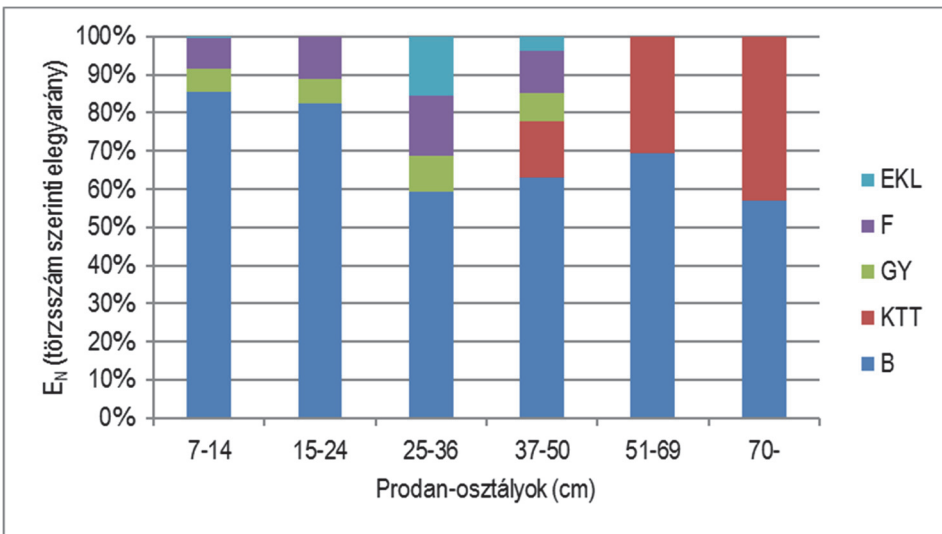
### **Erdőszerkezeti vizsgálatok szálaló szerkezetű erdőkben**

A kutatások során a Sopron 152/A, 153/B, 153/C és 182/B erdőrészetek kerültek felvételezésre a mintakörös élőfakészlet-meghatározás módszerével. Mindhárom erdőrészetben összesen 28 db mintakört (hektáronként 1–1 darab) jelöltünk ki, középpontjaikat számozott karóval állandósítottuk, GPS koordinátáikat bemértük és térképre vittük. Ezen pontokon végeztük el a hemiszférikus fényképezéseket is. A szerkezetátalakítás alatt álló kísérleti területeken hektáronként egy 500 m<sup>2</sup>-es mintakört jelöltünk ki, szabálytalan eloszlásban. A mintaterületeken belül minden faegyedet megvizsgáltunk a következők szerint: 7 cm-es mellmagassági átmérő felett: fafaj, mellmagassági átmérő, magasság, ágtszta törzsmagasság, koronanagyság; 7 cm-es mellmagassági átmérő alatt: fafaj, magasság, 1,5 m-es magasság felett átmérő illetve tőátmérő, 1,5 m-es magasság alatt az egyedeket az újulati szintbe soroltuk. Mivel a folyamatos erdőborítás szolgálatában végzett átalakítási tevékenység sok évtizedes munkát igényel, egy egyszeri állapotfelvétel nem elegendő a folyamat jellemzéséhez. Összegyűjtöttük azokat a korábban dokumentált állományjellemzőket, amelyek összehasonlítható adatsort adnak. Ezen felül Field-Map rendszer használatával lehetővé tettük a 2003-ban már felvett és sorszámozott faegyedek térképi megjelenítését, koronavevülettel együtt, valamint ezeket a faegyedeket a terület egészén felvételeztük.

A mintaterületek középpontjában 100 m<sup>2</sup>-es, kör alakú mintaterületen vizsgáltuk az aljnövényzetet, cönológiai felvételek készítésével. A felvéte-

lezést a terület aszpektális változatosságára való tekintettel évi két időpontban (április és június) is elvégeztük. Az aljnövényzet borítását a terepen A–D értékekkel becsültük. A mikológiai vizsgálatokhoz az NBmR erdőrezervátum-kutatás protokollja nagygombák vizsgálatára alkalmazott módszerét vettük alapul, melynek lényege, hogy 500m<sup>2</sup>-es mintaterületeken fajlista és abundancia becslés készül évente legalább három alkalommal.

Legpontosabb adatokkal és legmegalapozottabb következtetésekkel a Sopron 182/B erdőrészletből rendelkezünk. 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 száraló modelljét vettük, amely a különböző átmérőosztályok hektáronkénti törzsszámát értékeli. Az átmérő-adatok alapján a terület faállománya jól közelíti az elméleti száraló modellt. A terület a fentiek alapján – természetesen csak nagyobb területléptékben (>1 ha) – alkalmas a száraló üzemmódú kezelés állomány-szerkezeti vizsgálatára.



6. ábra: Törzsszám szerinti elegyarány a Prodan-féle átmérőosztályokban a vizsgálati területen

A Prodan-féle átmérőosztályok törzsszám szerinti elegyarány-viszonyai alapján (5. ábra) a területen a (potenciális erdőtársulásnak megfelelő) bükk az uralkodó fafaj. A kocsánytalan tölgy törzsszám szerinti elegyaránya 3,4%, körlep szerinti elegyaránya 22,2%, amely jól mutatja, hogy csak az idősebb korosztályokban van jelen, és kiszorul az átalakítási folyamatban. Az elegy-

fajok 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. Roth Gyula 1951-ben az állományt lucfenyő elegyes bükkösnek írta le, amelyben a bükkön kívül a luc, a gyertyán, esetenként a kocsánytalan tölgy és a hegyi juhar is újult. Ha mindezt összehasonlítjuk a jelen állapottal, elmondhatjuk, hogy a szálalóvágásos kezelés elsősorban a bükknek kedvez, a fényigényes lombos fajok (pl.: kocsánytalan tölgy) nem újulnak a területen, a gyertyán visszaszorítható, a lucfenyő pedig egészségi állapotának következtében szorul ki a területről.

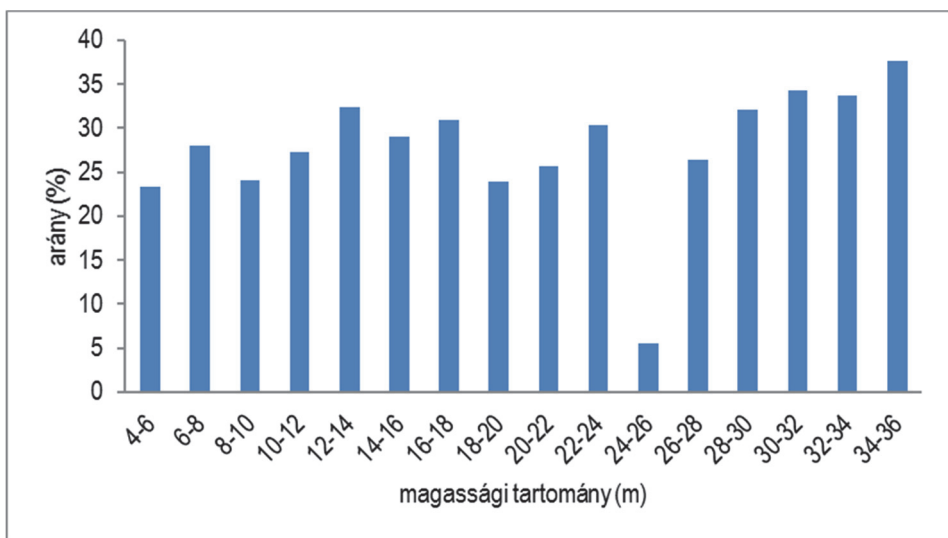
Az erdő heterogén szerkezete, a vegyes korúság és színteztettség általában nagyobb növekedést biztosít egy-egy faegyednek. A bükk a szerkezeti változásokhoz jól alkalmazkodó fafaj koronája még lábas életfázisban is képes pár éven belül benőni a koronája számára rendelkezésre álló teret, kisebb lékeket. A szabadabb állású egyedek könnyen fattyúhajtásosodnak és böhöncösödnek. Ezek az egyedek nagy növekedéssel, terebélyes koronájuk, gyakran korhadó 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 (6. ábra). Az ágtszta törzshossz alacsony aránya arra enged következtetni, hogy a szabadabb állásban nevelt törzsek műszaki minősége és alaki tulajdonságai gazdasági szempontból elmaradnak a vágásos erdőben fejlődő átlagos habitusú egyedektől, ökológiai szempontból azonban kedvezőek, mert elősegítik az erdőtársulások térbeli strukturálódását. Fafajtól függetlenül megvizsgálva a különböző átmérő kategóriákba (Prodan-osztályok) tartozó egyedek korona részarányát azt kapjuk, hogy a magasabb tartományokban egyre nagyobb az eltérés az optimálistól (0,3–0,5). A P2, P3 kategóriába tartozó fák 0,6–0,7-es értéket mutattak. A következő három osztály értékei 0,7–0,8 között változtak, holott ezekbe az osztályokba tartozó faegyedek szolgáltatják az értékadó fűrészárut.

Mivel a kijelölt mintakörök az átalakítási folyamat különböző fázisait érintik, célszerű volt azok egyenkénti vizsgálata is. Az erdő jelenleg szálalóvágásos 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 magasság adatok szórása ennek megfelelően mintaterületenként igen eltérő képet mutat (5. táblázat).

5. táblázat: Átmérő és magasság értékek mutatói a vizsgált állományban

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

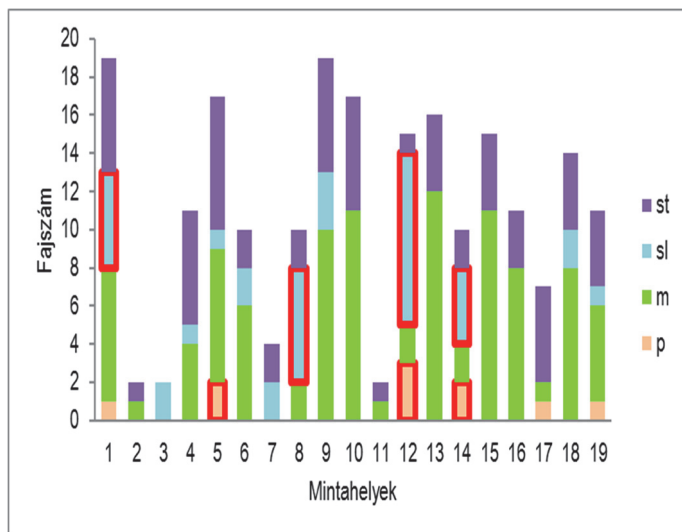
Elvégeztük a Sopron 182/B erdőrészlet 2003-as állományfelvételi vizsgálati során kapott adatbázis elektronikus bevitelét. Tíz vegetációs időszakkal ezelőtt minden 20 cm-t meghaladó mellmagassági átmérővel rendelkező faegyed felvételezésre került. Mellmagassági átmérőt (cm-ben) minden egyednél, magasságot (0,1 m pontossággal) az állomány több mint felénél mérték. Mivel a fákat sorszámozták (1-től 2571-ig), a 2013/14-ben végzett vizsgálatok eredményei egyedenként és állomány szinten is összehasonlíthatóak. Tapasztalataink azt mutatják, hogy nem minden fafaj alkalmas a szálaló szerkezet kialakítására. A fafaj-összetételt a gazdálkodó tevékenységén felül az ökológiai korlátok jelentősen befolyásolják, a minőségi faanyagtermesztés nem lehet elsődleges szempont egy idős erdő átalakítása során. A többkorú és többszintes utódállomány azonban ökológiai szempontból kívánatos, a folyamatos erdőborítás a társadalomban is jobban elfogadott.



7. ábra: Különböző magassági kategóriájú bükk csoportok ágiszta törzshosszának aránya a vizsgálati területen

Az aljnövényt felmérésével kapcsolatos vizsgálatok bizonyították, hogy a száraló struktúra hatással van a lágyszárúszint felépítésére. A borítás és fajszám valamint egyes állományszerkezeti mutatók között lineáris kapcsolatot kerestünk. Az összesített koronavetület és a lágyszárú borítás gyenge korrelációs kapcsolatban van egymással, az alacsony értéket elsősorban a mérési metodika okozhatja (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 faállományszerkezeti mutató és a lágyszárúak fajszáma közti kapcsolat.

A mintaterületeken összesen 90 lágyszárú faj előfordulását állapítottuk meg, amely egy bükkös erdőrészt tekintve jelentősnek nevezhető. Az átlagos fajszám 14, míg a kiugróan legmagasabb érték (43) egy véletlenszerűen bekerült erdőszegélymaradványhoz köthető. Az aljnövényzet összetételét szociális magatartás típusok 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, özönnövények, összesen 27 faj) mindössze 1 mintában dominánsak (ott is egy őshonos zavarástűrő faj révén ilyen magas az érték), további 6 mintában (32%) érik el a 2-es A–D értéket.



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



A mintaterületeken a záródás növekedésével mind a fajsúly, mind az aljnövényzet borítása csökkent, de a szociális magatartás-csoportok szerint eltérő mértékben. Az „erdei” csoport esetében a záródás növekedésével a fajsúly minimálisan, míg az összborítás érzékelhetően csökkent. A gyom jellegű csoport esetében mindkét mutató csökkenése az erdei fajokénál markánsabb volt.

A Sopron 182/B erdőrészlet egészéről 162 bazídiumos nagygomba előfordulását sikerült kimutatni, a 19 mintaterületen 108 faj került elő. A mintaterületek gombaközösségeinek életforma szerinti megoszlását a 7. ábra mutatja. Az ábráról látható, hogy egyes pontokban kiemelkedően magas a lignikol és nekrotróf parazita gombák aránya, ami minden pont esetében egyértelműen korrelál az adott ponton megfigyelt álló vagy fekvő holtfa és tuskók jelenlétével.

### Szálló szerkezetű erdő fényviszonyai

A kísérletbe bevont erdőrészletek 28 mintapontjában készített hemiszférikus fényképekkel a szálló szerkezet különböző fázisait tudtuk megmintázni a fényviszonyok tükrében. Eredményeinket a 6–7. táblázatokban foglaltuk össze.

Erdőrészlet	Nyitottság							
	Lombos állapotban				Lombmentes állapotban			
	min.	max.	átlag	szórás	min.	max.	átlag	szórás
Sopron 182/B	1	33	9	8	17	55	39	11
Sopron 153/A–B–C	3	26	11	8	29	46	40	5

6. táblázat: Soproni mintaterületek nyitottsági értékei

Erdőrészlet	Teljes fénybesugárzás aránya							
	Lombos állapotban				Lombmentes állapotban			
	min.	max.	átlag	szórás	min.	max.	átlag	szórás
Sopron 182/B	3	57	15	15	15	74	53	14
Sopron 153/B–C	6	50	18	15	16	57	40	14

7. táblázat: A soproni mintaterületek teljes fénybesugárzás aránya a lombkorona alatt

Lékek vizsgálatával összehasonlítva a szálló szerkezetű mintapontok jelentős szórásokat mutatnak, mely összefügg azzal, hogy frissen kialakított változatos méretű lékektől kezdve, a már záródott újulatfoltokig szinte minden fázist mintázni tudtunk.

## 1.4. részprojekt: Termőhelyi vizsgálatok, talajban bekövetkező lebontási folyamatok vizsgálata

Részprojekt felelős szervezeti egység: EMK Környezet- és  
Földtudományi Intézet

### TALAJVIZSGÁLATOK DUNÁNTÚLI ERDŐÁLLOMÁNYOK LÉKJEIBEN

BIDLÓ ANDRÁS<sup>(1)</sup> – BOLODÁR-VARGA BERNADETT<sup>(1)</sup> –  
HORVÁTH ADRIENN<sup>(1)</sup> – NÉMETH ESZTER<sup>(1)</sup> – IVANA ŠIMKOVÁ<sup>(3)</sup> –  
SZŰCS PÉTER<sup>(2)</sup>

<sup>1</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Környezet- és Földtudományi Intézet  
Termőhelyismerettani Intézeti Tanszék  
9400 Sopron, Bajcsy Zsilinszky u. 4.

<sup>2</sup>Eszterházy Károly Főiskola  
TTK, Biológiai Intézet  
Növénytani és Ökológiai Tanszék  
3300 Eger, Leányka utca 6.

<sup>3</sup>Technical University in Zvolen  
Institute of Forest Ecology of the Slovak Academy of Sciences  
960 53 Zvolen, Ul. T. G. Masaryka 2117/24

### Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben előtérbe kerültek a folyamatos erdőborítást lehetővé tevő erdőkezelési módszerek, amelyek a természet „erejének” a jobb kihasználásával próbálnak meg eredményt elérni. Ezek közül is kiemelendő a szálaló üzemmód, amely régóta ismert (ROTH, 1935; MAYER, 1977; BONDOR, 1989) az erdészeti gyakorlatban, de elterjedése az utóbbi évtizedben vett újabb lendületet. A folyamatos erdőborítás gondolatai között szerepel a talaj termőképességének állandó fenntartása, melynek révén biztosítani

tudjuk a fanövekedésre hatással lévő tényezők folyamatos és harmonikus együttműködését (TROUP, 1927; HELLIWELL, 1997; CSÉPÁNYI, 2012).

A folyamatos erdőborítás elméletében és gyakorlatában igen fontos a léceken lejátszódó folyamatok jobb megismerése. Az erdőállományokban történő emberi beavatkozások jelentős változást okoznak az erdő mikroklímájában, a biogeokémiai ciklusban, a talajtulajdonságokban és a vegetációban (PICKET – WHITE, 1985; KIMMINS, 2004). A léceken zajló ökológiai folyamatokról, köztük a talajt érintő változásokról kevés ismerettel rendelkezünk, ezért ezek figyelemmel kísérése kiemelten fontos, hiszen nem csak az erdei vegetáció és biodiverzitás alakulására vannak kihatással, hanem a fanövekményt is jelentősen meghatározzák (BINKLEY – FISHER, 2013; HELLIWELL, 1997). Ennek fontosságára már TROUP (1927) is rávilágított az „örökerdő” kapcsán, aki Müllertől eredő alapelvek alapján kiemelte például a talaj termőképességének állandó fenntartását (CSÉPÁNYI, 2012).

A lékvizsgálatok a legtöbb kutatás esetén az abiotikus tényezők közül elsősorban a fényre és a mikroklímára összpontosítanak (BAUHUS – BARTSCH, 1995; COLLINS – PICKETT 1987; CANHAM, 1988; CANHAM et al., 1990; MCCARTHY, 2001; DIACI, 2002; RITTER et al., 2005; GÁLHIDY et al., 2006; GRAY – SPIES 1996; SCHMIDT et al., 1996; RITTER et al., 2005; GRAY et al., 2002). A talajnedvességi (CLINTON, 2003) és -hőmérsékleti viszonyok kevésbé vizsgáltak (pl. GRAY et al., 2002; PORTE et al., 2004; RITTER et al., 2005; DEVINE – HARRINGTON, 2007), és a kapott eredmények nagyon eltérő tér- és időbeli felbontású vizsgálatokból származnak (HAGYÓ, 2007). Szintén csak néhány tanulmány foglalkozik a lécek talajaiban lejátszódó kémiai és fizikai folyamatokkal (pl. BAUHUS et al., 2004; RITTER – VESTERDAL, 2006; SCHARENBRUCH – BOCKHEIM, 2007; DUAN et al., 2009; KOOCH et al., 2010; ÖZCAN – GÖKBULAK, 2014). A léceken lehulló avar mennyiségét és lebomlásának folyamatát OGDEN – SCHMIDT (1997), DIDHAM (1998) valamint PATRICIO et al. (2012) vizsgálták. Hazánkban BIDLÓ et al. (2012) végeztek talajkémhatás-, humusz és nedvességtartalmi vizsgálatokat a Pilis-hegység lékjeiben (BIDLÓ et al., 2014d).

Jelen közleményben az elmúlt években a soproni, a zánkai, a csörötneki, a szalafői és a pilisszentkereszti erdőállományokban (1. ábra) és lékjeiben végzett talajfizikai és kémiai vizsgálatok eredményeit ismertetjük kettős céllal, egyrészt megpróbáljuk jellemezni a lécek talajában lejátszódó folyamatokat, illetve adatokat kívánunk szolgáltatni az egyes területek termőhelyi viszonyairól.

## Anyag és módszer



1. ábra: Gyűjtési helyszínek fehér négyzettel jelölve  
(forrás: Google Earth)

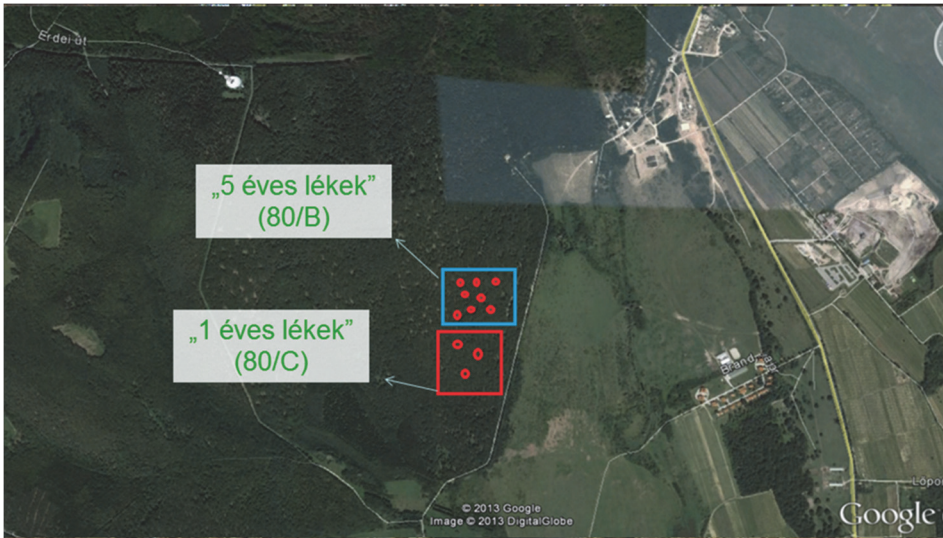
Az egyes területeken igyekeztünk hasonló módszerrel elvégezni a mintavételt, a laboratóriumi vizsgálatokat, valamint ezek kiértékelését. Az eltérő vizsgálatokat külön jelezzük. A területeken a termőhely jellemzésére talajszelvényeket nyitottunk, amelyekben leírtuk a termőhelyi tényezőket, illetve mintákat vettünk. A szelvények és az egyes szintek helyszíni leírását talajszelvény és állomány fotókkal egészítettük ki. A laboratóriumba vitt mintáknál, a szokásos módon (BELLÉR, 1997; SZABOLCS, 1966) meghatároztuk a talajok kémiai ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ , szénsavas mésztartalom, hidrolitos és kicserélődési aciditás) és fizikai (szemcseeloszlás) tulajdonságait, valamint humusz- és tápanyagtartalmukat. A terepi leírások és a talajminták laboratóriumi vizsgálata alapján meghatároztuk a termőhelytípus változatot.

Az erdőkezelések hatására a talajban bekövetkező változások általában a talaj legfelső rétegeit érintik. Az egyes területeken ezért kiemelten vizsgáltuk az avartakaróban, illetve a talaj felső 30 cm-es rétegeiben bekövetkező változásokat. A kismértékű változásokat, a termőhely mozaikossága miatt, csak megfelelő ismétlés számban megszedett mintákkal tudjuk kimutatni. Vizsgálataink során lékekben, illetve egymás mellett elhelyezkedő, különböző állományokban (pl. rét-erdő, lék-erdő, vagy vágás terület-erdő) vettünk fel mintavételi pontokat a változások nyomon követésére. Az egyes pontokban avarmintákat gyűjtöttünk, amelyeknek laboratóriumban meghatároztuk a nedves és száraz tömegét ( $\text{g}/\text{m}^2$ ), a relatív nedvesség tartalmát (%), a kémhatását ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) és egyes esetekben összes szerves szén (C %), illetve nitrogéntartalmát (N%). A kijelölt pontokon 4 talajmélységből (0–5,

5–10, 10–20, 20–30 cm) 3 ismétlésben vettünk Vér-féle hengerrel bolygatatlan talajmintákat. Ezeknek laboratóriumban meghatároztuk a száraz és nedves tömegét ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), a kémhatását ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) és a humusztartalmát (H%). A laboratóriumi vizsgálatokat a Magyar Szabvány, illetve az irodalmakban (BELLÉR, 1997; STEFANOVITS et al., 1999) leírt módszerek alapján végeztük.

### *Sopron, Dalos-hegy*

A soproni Dalos-hegy 80/C erdőrészletben – a termőhelyi viszonyok jellemzésére – hat talajszelvényt nyitottunk, írtunk le és mintáztunk meg. A területen három nagyobb méretű léket (2. ábra) vettünk fel olyan módon, hogy azokra egy koordinátarendszert illesztettünk és egymástól 2 méter távolságban jelöltünk ki pontokat a lécek belsejében és a léken kívül eső zárt erdőállományban. A három lékben összesen 345 pontot jelöltünk ki, ahol avarmintákat gyűjtöttünk, illetve összesen 1 380 bolygatatlan talajmintát vettünk. A lécek megnyitása és a talajmintavétel között közelítőleg fél év telt el.



**2. ábra:** A soproni (Dalos-hegy) kutatási helyszínek

A szomszédos 80/B erdőrészletben 8 db 5 éves lécekben vettünk összesen 192 db bolygatatlan talajmintát a legfelső 0–5 cm talajszintből (2. ábra).

## ***Zánka***

A talajviszonyok megismerése érdekében a területen négy talajszelvényt nyitottunk. A lékvizsgálatok során 4 talajszintből (0–5, 5–10, 10–20, 20–30 cm) vettünk bolygatatlan talajmintákat VÉR-henger segítségével 5-5 ponton, 3 ismétléssel a lék belsejében és léken kívüli zárt állományban. Ugyanezeket a pontokon avarmintákat is gyűjtöttünk 30×30 cm-es felületen. A begyűjtött talajmintákat laboratóriumban vizsgáltuk be.

## ***Csörötnek***

Csörötnek községhatár 43/D erdőrészletének egy kiválasztott lékjében és a szomszédos zárt erdőállományban végeztünk avar- és talajmintavételt. A kiválasztott 5–5 ponton vettünk 4 talajmélységből 3 ismétléssel összesen 40 talajmintát és 10 avarmintát. A begyűjtött talajmintákat laboratóriumban vizsgáltuk be.

## ***Szalafő***

Szalafő Erdőrezervátumban a termőhely jellemzésére talajszelvényeket nyitottunk, majd vizsgáltuk a növényzet (rét illetve erdő) hatását a talajtulajdonságokra. A területen egy egyenest jelöltünk ki, amelynek 5–5 pontja erdőállományba, 10 pontja az erdőállomány között elhelyezkedő rétre esett. A begyűjtött avar- és talajmintákat a szokásos módon vizsgáltuk meg laboratóriumban.

## ***Pilisszentkereszt***

A Pilis-hegyen található Pilisi Örökerdőben az első szálalóvágást még 1998-ban kezdték meg (CSÉPÁNYI, 2007), és jelenleg mintegy 2000 hektáros területet kezelnek úgy, hogy a folyamatos erdőborítás biztosítva legyen. A termőhelyi viszonyok jellemzésére a területen 10 talajszelvényt nyitottunk, amelyekben leírtuk a termőhelyi tényezőket, illetve mintákat vettünk. A lékekben lejátszódó folyamatok vizsgálatára két különböző méretű lékben és a mellettük álló állományban vettünk mintákat (BIDLÓ et. al., 2014c).

Az egyes területeken kapott eredményeket EXCEL és STATISTICA programok segítségével értékeltük ki.

## Eredmények

A következőkben megpróbáljuk összefoglalni legfontosabb eredményeinket. Egyes területek vizsgálati eredményeiről már korábban beszámoltunk, így ezek esetén igyekszünk hivatkozni a megjelent (illetve megjelenés alatt) álló publikációkra, amelyek az eredményeket részletesebben bemutatják.

### *Sopron, Dalos-hegy*

A Sopron, Dalos-hegy 80/C erdőrészletben (3. ábra) vizsgált talajszelvények alapján megállapítható volt, hogy a terület alapkőzete gneisz volt, ugyanakkor a szelvények anyagának kialakításában jelentős szerepet játszott az erózió, amely magasabb térszintekből hozta le a törmelékét (BIDLÓ et al., 2014a).



**3. ábra:** Sopron Dalos-hegy vizsgált erdőállomány

Az egyes szelvényekben a termőréteg vastagsága eltérő volt (4. ábra). Az alapkőzetnek és a klimatikus viszonyoknak megfelelően a talaj kémhatása erősen savanyú, illetve savanyú volt, a legalacsonyabb vizes kémhatás 4,1, míg a legmagasabb 5,7 volt. A szelvényekben kilúgzás érvényesült, ennek ellenére nem a legfelső szint, hanem az alatta található szint volt általában a

legalacsonyabb kémhatású. A kémhatásnak megfelelően magasak voltak a kicserélhető savanyúság (átlag: 15,6) és hidrolitos savanyúság (átlag: 9,3) értékei. Mivel a területet jelenleg is lombos állomány borítja a savanyú kémhatás elsősorban az alapkőzetre és a klimatikus viszonyokra vezethető vissza.

A szemcseeloszlási vizsgálatok alapján a szelvények talajának fizikai félesége homok, homokos vályog és vályog volt. Az egyes szintekben a leiszapolható részek, azaz a 0,02 mm alatti részek aránya, 13 és 37% közötti, átlagosan 24,5% volt. A kisebb értékeket az egyes szelvények alsó szintjéből, azaz az alapkőzet közeli szintből mértük, amelyek még kevésbé mállottak el. A szelvényekben gyenge agyagvándorlás figyelhető meg. A fenti fizikai féleség – figyelembe véve, hogy a felső szintek agyagosabbak voltak – kedvező a növényzet számára. A felső szinteknek viszonylag magas a humusztartalma, de a legfelső szint alatt a szervesanyag-tartalom gyorsan csökken. Ennek ellenére tápanyag-ellátottsági gondokkal nem kell számolni a területen. A terepi és a laboratóriumi vizsgálatok alapján barna erdőtalajokat, ezen a főtypuson belül agyagbemosódásos barna erdőtalajt találtunk, amely kedvező körülményeket teremt az erdőállományok számára. Ezen talajok megfelelő víz- és tápanyagkészlettel rendelkeznek.



4. ábra: Vizsgált talajszelvények Dalos-hegyen

A 3 lék vizsgálati eredményei azt mutatták, hogy fél éves lécek közül kettőben az avar tömege nagyságrendileg kétszer akkora léken kívül, mint a lécekben. A harmadik (kisebb méretű) lékben közelítőleg azonos volt az avar tömege a lécekben és a zárt erdőállományban egyaránt. Az avarminták



relatív nedvesség-értékei között nem mutatkozott érdemi eltérés, közel azonosak voltak a lékekben és léken kívül. Az avar nitrogéntartalma a lékekben gyűjtött minták esetében kissé alacsonyabb értéket mutatott, a léken kívüli mintákhoz képest, de az eltérés igen csekély. Az egyes talajsintek kémhatása között nincsen szignifikáns eltérés, gyakorlatilag azonos pH-értékeket mértünk a lékekben és a szomszédos zárt erdőkben. Hasonló mondható el a talajminták humusztartalmáról, hogy nem tapasztalható érdemi különbség a léken belül és kívül gyűjtött talajmintáknál.

Összességében megállapítható, hogy a fél éves lékeknél az avar és talajminták fizikai és kémiai változói között nem mutatkozott jelentős eltérés, azok közel homogénnek tekinthetők.

A Dalos-hegy 80/B erdőrészlet 5 éves léket vizsgálva megállapítható volt (SZÜCS et al., 2014), hogy a feltalaj vizes pH-értékek 4,6 és 5,6 közöttiek, az átlag pedig 5,1, amely a savanyú kémhatásnak felel meg. Az elvégzett statisztikai vizsgálat alapján a lékben mért vizes kémhatás szignifikánsan magasabb (t-érték: 2,88; p-érték: 0,005) a léken kívüli minták pH értékeihez képest. A feltalaj kálium-kloridos pH-ja 3,5 és 4,8 közötti, átlag pedig 4,0, amely a savanyú kémhatásnak felel meg. A KCl-es kémhatás vizsgálatnál a rejtett savanyúság nem jelenik meg. A mért kémhatás eredmények megfelelnek a terület termőhelyi adottságainak.

A feltalaj humusztartalma 2,9 és 12,7% közötti, az átlag pedig 6,6%, amely a humuszos kategóriának felel meg. A 8 db lék közül 6-nál egyértelműen magasabb humusztartalmat mértünk a léken kívüli zárt állományokban, másik 2 léknél pedig léken belül mértünk magasabb humuszértékeket. Az elvégzett t-próba alapján, az eltérés nem szignifikáns (t-érték: -1,55; p-érték: 0,13). Ennek elsődleges oka a mért értékek nagy szórásában keresendő.

A lékek talaj-kémhatásának változása és a humusztartalomban mért eltérés feltehetőleg az avar mennyiség csekély jelenlétére és talajfelszín érő többlet csapadékmennyiség és intenzívebb napsugárzás hatására vezethetők vissza, melynek hatására felgyorsulhatnak a mineralizálódási folyamatok a talaj felső szintjében. Fenti eredményeink azt mutatják, hogy viszonylag rövid idő alatt számottevő talajfejlődési folyamat indulhat meg a lékek talajának felső szintjében.

## Zánka

Bár a vizsgált szelvények talaja a felszínen erősen savanyú, illetve savanyú volt (3,8–5,0  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ), a talaj felszínének kémhatását nagyban befolyásolta az alapkőzet (BIDLÓ et al., 2014b). Azokban a szelvényekben, ahol a mélyebb talajrétegek meszesek voltak (1. és 2. szelvény) (5. ábra), a felszíni savanyúság kisebb volt, mint azokban – a végig vörös homokkővet tartalmazó – szelvényekben, ahol a mélyebb szintek vizes kémhatása sem emelkedett 4,7 fölé. Az 1. és a 2. szelvényben a mélyebb szintek gyengén lúgosok és különösen a 2. szelvényben jelentős (25–38 %  $\text{CaCO}_3$ ) mésztartalmúak. Ez a mész valószínűleg a pannonüledékből származik, amely jelentős terület borít a környéken. A vizsgált talajok felső szintjének jelentős (6,4–21,5% H) a humusztartalma, ami részben a savanyú feltalaj miatt gátolt humuszlebomlásból eredhet. A vizsgált tápelemekből (nitrogén, foszfor, kálium) a talajok általában gyengén ellátottak, de ennek ellenére sem kell az erdőben tápelem-ellátottsági gondokkal számolni.



1.  
számú szelvény

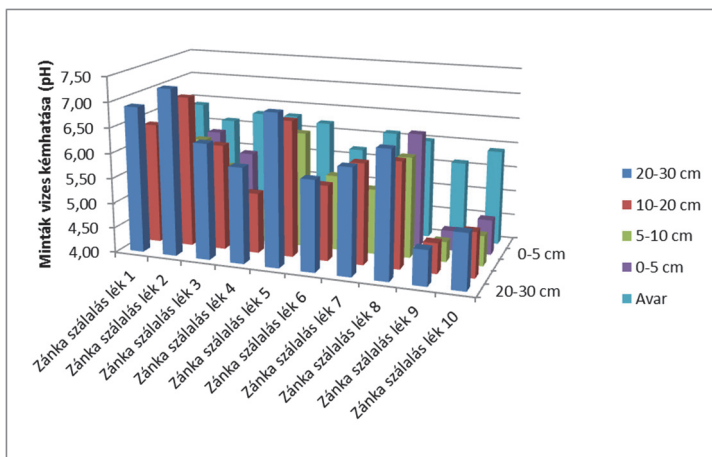
2.  
számú szelvény

3.  
számú szelvény

4.  
számú szelvény

**5. ábra:** Vizsgált talajszelvények Zánka községhatárban

A terepi és a laboratóriumi vizsgálatok alapján, a területen a kőzethatású talajokhoz tartozó homokkő rankert, illetve barna erdőtalajok fő típusához tartozó barna földeket találunk. Ezek képződésében jelentős szerepet játszott az erózió is. Termőképességük a viszonylag csekély termőréteg és a kedvezőtlen klimatikus körülmények miatt gyenge.



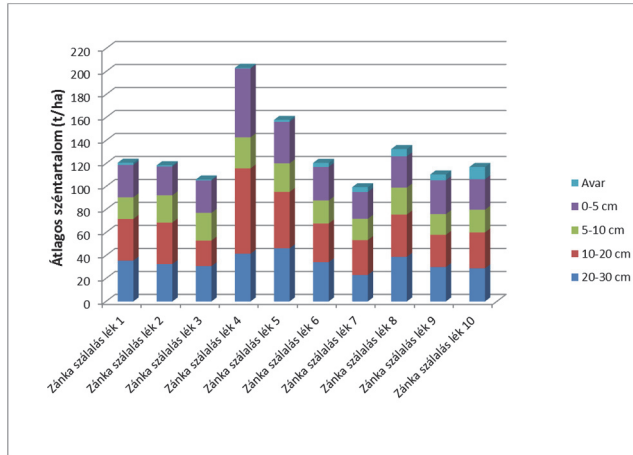
6. ábra: A talaj vizes kémhatása Zánka községhatárba vizsgált lékben



7. ábra: A vizsgált lék Zánka községhatárban

Zánkán 5–5 pontban lékben és léken kívül vizsgáltuk a talajok tulajdonságait (7. ábra). Az avarminták átlagos kémhatása 6,1 volt, a legnagyobb érték 6,4 a legalacsonyabb 5,6 volt (6. ábra). Ezek az értékek a gyengén savanyú kémhatásnak felelnek meg. Lefelé haladva a talajminták a kémhatása folyamatosan nőtt. A legfelső, 0–5 cm-es rétege 5,28, 5–10 cm-es 5,39, a 10–20 cm-es rétege 5,85, míg a 20–30 cm-es rétege 6,16 volt. Az átlagok nem mutatják, de igen jelentős különbség volt az egyes pontok, illetve az egyes rétegek között. A vizsgált területen a legalacsonyabb kémhatást a 9. pontban mértük, ahol 4,4 és 4,7 között volt a talaj vizes kém-

hatása, míg a 2. pontban 6,0 és 7,3 közötti. Ez az eltérés csak a termőhely mozaikosságával magyarázható, emiatt a lékekben lejátszódó talajkémiai folyamatokat nem tudtuk kiértékelni, mivel a bekövetkező finom változásokat elfedi a termőhely változatossága.



8. ábra: A talaj felső rétegének széntartalma Zánka községhatárban

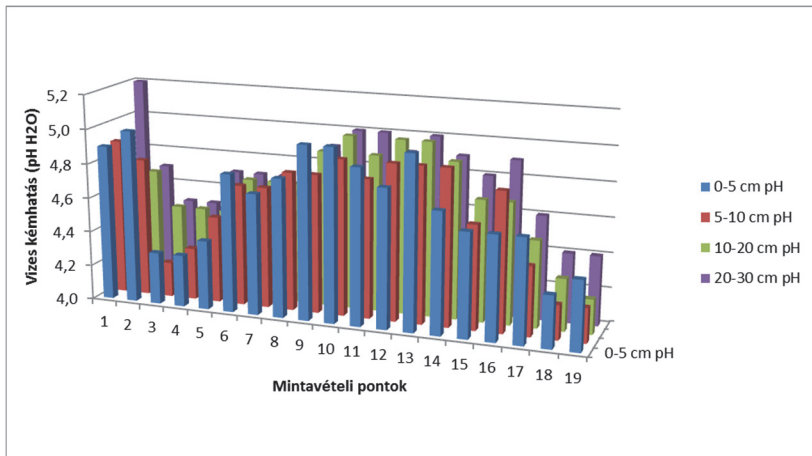
A területen az átlagos széntartalom 128,6 t/ha volt (8. ábra). Nagy különbséget tapasztaltunk a legmagasabb (203,3 t/ha) és a legalacsonyabb (99,4 t/ha) széntartalom között. Ugyanakkor a legtöbb érték átlag körüli volt. Az avar átlagos széntartalma 3,6 t/ha, a 0–5 cm rétegé 31,3 t/ha, az 5–10 cm rétegé 21,8 t/ha, a 10–20 cm-é 37,8 t/ha, míg a 20–30 cm rétegé 34,1 t/ha volt. A száraz tölgyesben talált magas széntartalom oka az, hogy a talaj viszonylag gyorsan kiszárad, így a lebontási folyamatok az év egy részében gátlódnak. Ez teszi lehetővé, hogy a viszonylag kis biomassza termelés ellenére nagy mennyiségben halmozódjon fel szerves szén a talajban.

### *Szalafő*

A területen végzett termőhelyfeltárás és talajtérképezés alapján a terület többletvízhatástól független, illetve változó vízellátottságú hidrológiai kategóriával jellemezhető. Mindkét esetben a növényzet csak a csapadékból származó vízre van utalva. Egyes esetekben a csapadékvíz a mélyebb szintek gyenge vízáteresztő képessége miatt a felszínen is megmaradhat. Kis területen előfordul szivárgó vizes hidrológia is, amelynél a lejtő irányban többletvíz jelentkezik a növényzet számára. A földtani adottságok, a klíma és a növényzet hatására elsősorban barna erdőtalajok, ezen belül is agyagbemosódásos barna erdőtalaj, illetve pszeudoglejes barna erdőtalaj alakult ki a

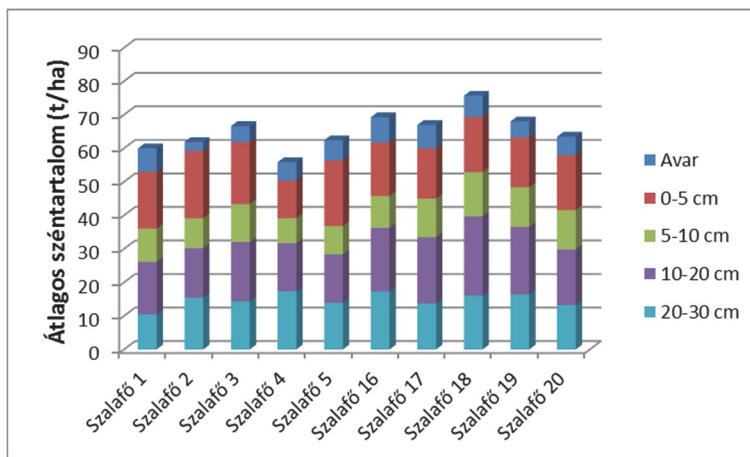
területen. E talajok kedvező víz- és tápelem-ellátottságot nyújtanak a növényzet számára. A területen a fenti két talajtípus különböző átmeneti formái is megjelennek. Kis kiterjedésben a területen megtalálható a lejtőhordalék erdőtalaj is.

Az erdőállomány alól vett avarminták átlagos kémhatása 5,6 ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) volt, jelentős különbség az egyes minták között nem volt, így a legalacsonyabb 5,4 ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ), a legmagasabb 5,8 ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) volt. Az értékek, így a gyengén savanyú – savanyú kémhatás határán helyezkednek el. A talajmintákat vizsgálva az egyes rétegek között nem találtunk jelentős eltérést. A legfelső, 0–5 cm-es réteg vizes kémhatása átlagosan 4,7, az alatta fekvő 5–10 cm-es rétegé 4,6, a 10–20 cm-es rétegé 4,7, míg a 20–30 cm-es rétegé 4,8 volt. Mindegyik kémhatási érték a savanyú kategóriába tartozik. Az egyes minták között nem találtunk jelentős különbséget, így a legmagasabb érték 5,2, a legalacsonyabb 4,2 volt.



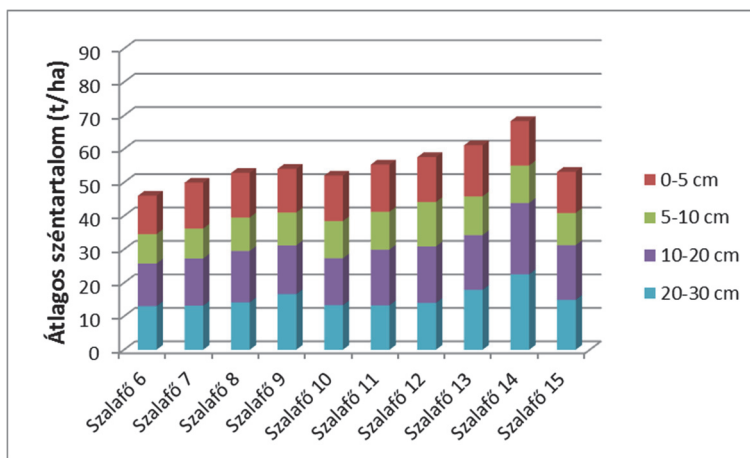
9. ábra: Talajminták vizes kémhatása Szalafő erdőrezervátumban

Az erdő és a rét alatt vett talajminták vizes kémhatásának átlagában nem találtunk jelentős különbséget (9. ábra). Ugyanakkor az eredményeket ábrázolva úgy tűnik, hogy az erdők alatt a kémhatás kissé alacsonyabb (1–5, illetve 16–20 pont), míg a rét alatt (6–15 pont) magasabb lenne. Ez utalhat az erdő talajsavanyító hatására is.



10. ábra: Szalafő községhatárban az avar- és talajrétegek szénkészlete az erdő alatt (C t/ha)

Az erdő alatt vett minták átlagos széntartalma 65,0 t/ha volt (10. ábra). Az egyes pontok között nem volt jelentős eltérés, így a legmagasabb széntartalom 75,7 t/ha, a legalacsonyabb 55,9 t/ha volt. Az avartakaróban átlagos 5,7 t/ha, a 0–5 cm rétegben 16,5 t/ha, az 5–10 cm rétegben 10,4 t/ha, a 10–20 cm rétegben 17,6 t/ha, míg a 20–30 cm rétegben 14,9 t/ha szén volt.



11. ábra: Szalafő községhatárban az avar- és talajrétegek szénkészlete a rét alatt (C t/ha)

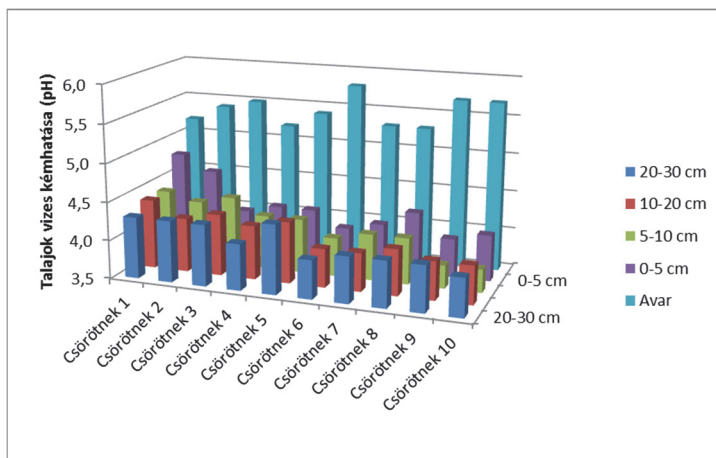
A réten a mintavételi pontok átlagos széntartalma 55,0 t/ha (11. ábra), ami közel 10 t/ha-ral alacsonyabb, mint az erdők alatt mért érték. A különbség csak részben magyarázható az avartakaróval, mivel annak széntartalma

„csak” 5,7 t/ha. A rét alatti 0–5 cm-es réteg átlagos széntartalma 13,4 t/ha, az 5–10 cm-es rétege 10,5 t/ha, a 10–20 cm-es szinté 15,8 t/ha, ehhez hasonló volt a 20–30 cm-es rétege, amelynek széntartalma 15,3 t/ha.

### *Csörötnek*



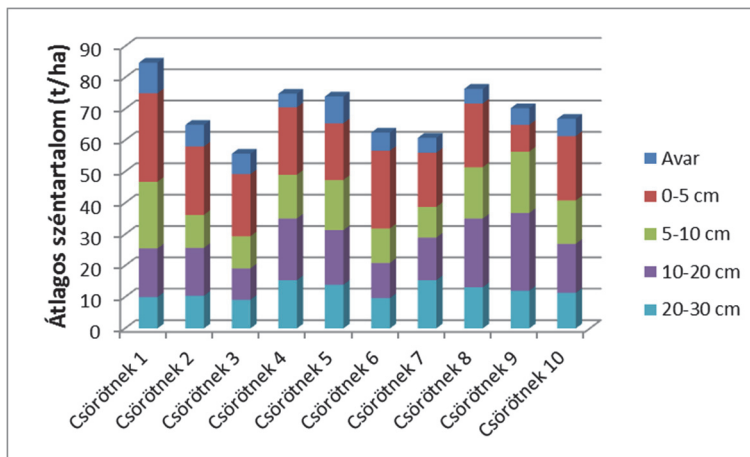
12. ábra: Csörötnek községhatárban vizsgált állomány



13. ábra: Csörötnek községhatárban az avar- és talajrétegek vizes kémhatása

Csörötnek községhatárban (12. ábra) az avartakaró és a talaj kémhatását vizsgálva megállapítható volt, hogy az egyes pontok között nem volt jelentős eltérés (13. ábra). A legmagasabb vizes kémhatást az avartakaróban mértük, ennek átlaga 5,5 pH<sub>(H2O)</sub> volt. Az avartakaróban mért maximális érték

5,8  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ , minimális érték 5,2  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  volt. Az egyes talajrétegek kémhatása nem különbözött egymástól, így az egyes rétegek vizes kémhatásának átlaga (fentről lefelé haladva): 4,2, 4,1, 4,2 illetve 4,2. A talajokban a maximális értéket (4,8  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ ) a 0–5 cm-es rétegben, a minimális értéket (3,8  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ ) az 5–10 cm-es rétegben mértük. Ezek alapján a terület erősen savanyú, az avartakaróban savanyú kémhatású. Ez az eredmény megfelel a földtani és a klimatikus körülményeknek, valamint az erdőállomány alapján vártaknak. A lékben és a zárt állományban vett minták kémhatása között nem volt eltérés.



14. ábra: Csőrötnek községhatárban az avar- és talajrétegek szerves szénkészlete (C t/ha)

Csőrötnek községhatárban a talajok átlagos szerves széntartalma 69,1 t/ha (14. ábra), a legmagasabb széntartalom 84,8 t/ha, a legalacsonyabb széntartalom 55,7 t/ha volt. Az egyes szinteket vizsgálva az avar átlagos széntartalma: 6,2 t/ha, a 0–5 cm-es szint átlagos széntartalma 20,1 t/ha, az 5–10 cm-es réteg átlagos széntartalma 14,2 t/ha, a 10–20 cm-es réteg átlagos széntartalma 16,5 t/ha, míg a 20–30 cm-es réteg átlagos széntartalma 12,1 t/ha volt. Az eredményekből jól látható, hogy az előzetes várakozásoknak megfelelően a széntartalom fentről lefelé csökken. Ugyanakkor az egyes mintavételi pontok között viszonylag nagy különbség jelenhet meg, ami felhívja a figyelmet a talajtulajdonságok térbeli mozaikosságára. A lékben és a zárt állományban vett minták szerves széntartalma között nem volt eltérés.



## *Pilisszentkereszt*

A vizsgált 10 talajszelvény közül 4 szelvényben találtunk rendzina talajt, ezen belül kettőben fekete rendzina, kettőben barna rendzina altípust (BIDLÓ et al., 2014c). Öt szelvényben típusos agyagbemosódásos barna erdőtalajt és egy szelvényben pszeudoglejes agyagbemosódásos barna erdőtalajt írtunk le. A terület talajai dolomiton alakultak ki. A dolomit kőzetdarabok egy-két helyen a felszínen is megjelentek. Ugyanakkor a vizsgált állomány nagy részében a dolomitot kisebb-nagyobb vastagságú talajréteg fedte. A tömör dolomit alapkőzetten nagy kiterjedésben alakultak ki rendzina talajok (STEFANOVITS et. al., 1999, SZODFRIDT, 1993), amelyre jellemző, hogy az alapkőzetnek meghatározó jelentősége van a talajok tulajdonságainak kialakításában. A terület talajainak nagyobb része a közép- és délkelet-európai barna erdőtalajok főtípusába tartozó agyagbemosódásos barna erdőtalaj típus volt (STEFANOVITS et. al., 1999). Ezen szelvények talajának kémhatása savanyú, gyengén savanyú, illetve a mélyebb szintekben semleges és gyengén lúgos volt. A felsőbb szintek kémhatása 4,3 és 6,2 közötti, míg az alsóbb szinteké 6,8 és 8,2 közötti. 34 mintában találtunk hidrolitos aciditást (STEFANOVITS, 1992), amely mennyisége 5,4 és 43,7 közötti. A nagyobb értékeket a talajok legfelső szintjében találtuk. Véleményünk szerint, elsősorban az avartakarónak köszönhető, hogy a legnagyobb aciditási értékeket nem a legfelső, hanem az ez alatti (általában 10 cm alatt) szintekben találtuk. A kicserélődési aciditási értékeket 20 mintában határoztuk meg, ezek mennyisége 2,0 és 35,5 közötti. Az egyes szelvényekben jól meg lehetett figyelni a kilúgzás és savanyodás hatását, amit jól mutat a fentről lefelé növekvő kémhatás. A fizikai talajféleség vizsgálatok alapján a szelvényekben az agyagtartalom 15 és 45%, az iszap tartalom 20 és 36% között volt, ami vályog fizikai féleségre utal. Ez kedvező vízháztartási tulajdonságokat jelez. A szelvényekben az agyagbemosódás jelenségét is le tudtuk írni, ami azt jelenti, hogy a mélyebb szintek felé nőtt az agyag mennyisége. Ennek eredményeképpen a talaj a csapadékvizet jól átveszi, majd a mélyebb szintjében megtartja azt. A szelvényekben a legfelső szintek humusztartalma általában 5 és 6% közötti. A humusztartalom alapján a szelvények kedvező tápelem-ellátottságúak (BIDLÓ et al., 2014c).

A lékekben végzett vizsgálatok elsődleges célja a két különböző méretű lékben lejátszódó folyamatok összehasonlítása volt, de vizsgáltuk a léken belüli különbségeket is, ennek megfelelően mutatjuk be eredményeinket. A két vizsgált lékben felvettük az egyes pontokban az avar mennyiségét. A kisebb lék esetében jóval nagyobb volt az avar mennyisége, mint a nagyobbik léknél (BIDLÓ et. al., 2014c). A nagyobb lék esetében még az állomány alatt mért avar tömeg sem közelítette meg a kisebbik lék átlagát.

Valószínűleg a különbség inkább a nagyobb lék avar hiányából adódik, és nem a kisebb lékben van jelentős avar többlet. A nagyobb lék avar hiányát több jelenség is előidézheti: a lék túlzott mérete nagyobb légmozgásokat idézhet elő, melyek odébb szállítják az avar. A jóval nagyobb nedvességtartalom adatok és az akadálytalanul a talajra eső napfény is arra engednek következtetni, hogy ebben a lékben a lebomlási folyamatok jóval gyorsabban játszódnak le, mint a kisebb lék esetében. A nagyobbik lékben a magasabb nedvességtartalom valószínűleg arra is visszavezethető, hogy a sűrű szederborítás jelentősen csökkentette a talaj párolgásának lehetőségét (BIDLÓ et al., 2014c).

Az avartakaró nedvességtartalmát vizsgálva megállapítható volt, hogy a lékekben található avar lényegesen nagyobb víztartalommal rendelkezett, mint az állomány alatt található avar. A különbség eloszlását vizsgálva feltűnő volt, hogy, míg a kisebb lékben az egyes pontok között nem lehetett egyértelmű tendenciát felfedezni, addig a nagyobb lékben a lék közepe felé haladva nő a nedvességtartalom és megközelíti a 70%-ot. A különbség részben magyarázható a korona által felfogott csapadékmennyiséggel, de biztosan szerepet játszott az is, hogy a sűrű szeder aljnövényzet a nagyobb lék esetén gátolta a párolgást. A különböző mélységből vett talajmintáknál a kisebb lékben a teljes lék területén alacsony nedvességtartalom adatokat kaptunk, szemben a nagyobb lék „lékközép” felé fokozatosan növekvő eredményeivel szemben, ami természetesen a mintavétel közben lehullott csapadéknak köszönhető. A léken belüli talajnedvességet nagyban befolyásolhatja a talaj átgökerezettség is. Ez a második lék esetében – a lék szélének nagyobb távolsága miatt – nyilván kisebb, mint a kisebb lék esetében, ezért is lehet a talajnedvesség-tartalom a nagyobb középpontjában magasabb.

A lékekben vett minták alapján kiszámítottuk a talajok térfogattömegét az egyes pontokban. Mindkét lékben hasonlóan alakultak a térfogattömeg adatok, tehát a két lék között jelentős eltérés nem volt kimutatható. Szembetűnő eltérés az egyes mintavételi szintek között volt, de ezzel korábbi ismereteink alapján számoltunk is. A talajban egyre mélyebbre haladva egyre nagyobb térfogattömeg értékeket kaptunk.

A vizsgált talajok kémhatása 3,9 és 7,1 között volt, ami erősen savanyú, savanyú és semleges kémhatásnak felel meg. Az egyes rétegek kémhatásában nem volt jelentős különbség, ami arra vezethető vissza, hogy csak a felső 30 cm-es rétegeket vizsgáltuk. Bár a két lék között nincsen jelentős különbség, a kisebb lék értékei némiképp savanyúbb kémhatásra utalnak, illetve kisebb különbség jellemzi a mért értékeket. Különösen igaz ez a mélyebb szintekre vonatkoztatva. A lékekben és a léken kívül mért értékek között nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget.

A talajminták humusztartalma, mind léken kívül, mind a léken belül, az előre vártaknak megfelelően fentről lefelé csökkent. A két lék esetében hasonlóan alakultak a humusztartalom értékek, markáns különbséget nem tapasztaltunk. Az elvégzett t-próba alapján a nagyobbik lék esetében nem mutatkozott szignifikáns különbség a léken belül, illetve léken kívül mért humusztartalom értékek között. A kisebbik lék esetében a legtöbb szintben szignifikáns eltérések mutatkoztak a léken belüli és léken kívüli adatok között. Ez alól egyedül a 10–20 cm mélységben mért humusztartalom adatok a kivételek, mivel ott nem mutatkoztak jelentős eltérések. A nagyobb lék magasabb humusztartalma, esetleg visszavezethető a gyorsabb avarlebomlási folyamatokra is. Összességében azt a megállapítást tehetjük, hogy a lék mérete jelentős hatással van a lebontási folyamatok sebességére (BIDLÓ et al., 2014c).

### **Összefoglalás, következtetések**

A területeken végzett termőhelyfeltárások jól jellemzik az egyes állományok kialakulásában jelentős szerepet játszó talajtani tényezőket. A lékekben és a mellettük fekvő állományokban végzett összehasonlító talajtani vizsgálatunk több tendenciára hívják fel a figyelmet. A lékekben lejátszódó talajtani folyamatok viszonylag lassúak, így a talajokban bekövetkező változások kimutatására több év szükséges. Azokban a lékekben, amelyekben e hatásokat meg tudtuk figyelni, kimutatható volt, hogy a lék nyitása közvetlenül hat az avartakaró mennyiségére és a talaj víztartalmára. Egyes esetekben változást tudtunk kimutatni a talajok szerves szén (humusz) tartalmában és a kémhatásában is. Ezen talajtani változások felhívják a figyelmet arra, hogy még egy „kíméletes” erdőfelújítási módszer is hatással lehet a talajra. A hatások között igen nagy jelentősége van a lék méretének. Ha a lék mérete túl nagy, amit pl. jól mutatott a lékekben megjelenő, az újulatot elnyomó növényzet (pl. szeder), akkor a hatások erőteljesebbek, mint a kis lékben. További lékek vizsgálatát igényli, hogy az adott területen, milyen méretű lenne az „ideális” méretű lék. A lékekben lejátszódó folyamatokban meghatározó hatással van a besugárzás. Az állomány hatása nélkül a lékeken belül a besugárzás is nő, ennek ellenére – az általunk vizsgált méretű lék esetében – a léken belül nagyobb a nedvességtartalom. Az erősebb felmelegedés és nagyobb nedvesség a szerves anyag lebontási folyamatokat meggyorsíthatja, így csökkenhet a talaj humusztartalma. Az így rendelkezésre álló többlet felvehető tápanyag egyes tápanyagigényes növények gyors elszaporodását eredményezheti (pl. szeder), ami megnehezíti a fajok felújulását. A fentiek felhívják a figyelmet a megfelelő lékméret megválasztásának fontosságára, ami faj és termőhely függő.

## Köszönetnyilvánítás

Munkánkat a „Silva naturalis – A folyamatos erdőborítás megvalósításának ökológiai, konzervációbiológiai, közjóléti és természetvédelmi szempontú vizsgálata” (TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004) projekt keretében végeztük. A szerzők köszönetet mondanak Varga Zsófiának, Purger Györgynek és Elmer Tamásnak a terepi és a laboratóriumi feldolgozásában nyújtott segítségéért.

## Irodalom

- BAUHUS, J. – BARTSCH, N. (1995): Mechanisms for carbon and nutrient release and retention in beech forest gaps. I. Microclimate, water balance, and seepage water chemistry. – *Plant and Soil* **168–169**: 579–584.
- BAUHUS, J. – VOR, T. – BARTSCH, N. – COWLING, A. (2004): The effects of gaps and liming on forest floor decomposition and soil C and N dynamics in a *Fagus sylvatica* forest. – *Can. J. For. Res.* **34**: 509–518.
- BELLÉR P. (1997): Talajvizsgáló módszerek. – Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Termőhelyismerettani Tanszék, Sopron, 118 pp.
- BIDLÓ A. – ELMER T. – SZÚCS P. (2014c): Lékek talajában bekövetkezett változások a Pilisi Örokerdőben. – *Erdészettudományi Közlemények*, 2014, megjelenés alatt.
- BIDLÓ A. – HORVÁTH A. – I. ŠIMKOVÁ – SZÚCS P. (2014b): Termőhelyi vizsgálatok Zánka község határán száraz tölgyeseiben. In.: BIDLÓ A. – HORVÁTH A. – SZÚCS P. (szerk): Kari Tudományos Konferencia. – Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, 2014, Sopron, megjelenés alatt.
- BIDLÓ A. – KOVÁCS G. – SCHMIDT P. – SZÚCS P. (2014a): Talajtani vizsgálatok Dalos-hegyi kocsánytalan tölgyesben. In.: BIDLÓ A. – HORVÁTH A. – SZÚCS P. (szerk): Kari Tudományos Konferencia. – Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, 2014, Sopron, megjelenés alatt.
- BIDLÓ, A. – ELMER, T. – SZÚCS, P. (2012): The effect of selection cutting to the soil in Pilis Hills. In: NEMÉNYI, M.; HEIL, B. – KOVÁCS, A. J. – FACSKÓ, F. (eds.): International Scientific Conference on Sustainable Development and Ecological Footprint: The Impact of Urbanization, Industrial and Agricultural Technologies on the Natural Environment, Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem, 1–6. p. (electronic version).
- BIDLÓ A. – ELMER T. – SZÚCS P. (2014d): Lékekben bekövetkezett talajtani változások a Pilisi Örokerdőben. – *Erdészettudományi Közlemények* **4**: megjelenés alatt.
- BINKLEY, D. – FISHER, R. F. (2013): Ecology and Management of Forest Soils. – John Wiley & Sons, West Sussex, 347 pp.
- BONDOR A. (1989): Az erdőgazdálkodás tervezése I-II. – Egyetemi jegyzet, Sopron, 175 pp.
- CANHAM, C. D. (1988): An index for understory light levels in and around canopy gaps. – *Ecology* **69**: 1634–1638.
- CANHAM, C. D. – DENSLOW, J. S. – PLATT, W. J. – RUNKLE, J. R. – SPIES, T. A. – WHITE, P. S. (1990): Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. – *Canadian Journal of Forest Research* **20**: 620–631.

- CLINTON, B. D. (2003): Light, temperature, and soil moisture responses to elevation, evergreen understory, and small canopy gaps in the southern Appalachians. – *Forest Ecology and Management* **186**: 243–255.
- COLLINS, B. S. – PICKETT, S. T. A. (1987): Influence of canopy opening on the environment and herb-layer in a northern hardwoods forest. – *Vegetatio* **70**: 3–10.
- CSÉPÁNYI P. (2007): A természetközeli erdőgazdálkodás és a szálalóerdő. – *Erdészeti Lapok* **142**(9): 281–284.
- CSÉPÁNYI P. (2012): Örökerdők a Pilisi Parkerdőben. – Pilisi Parkerdő ZRt., Visegrád, 27 pp.
- DEVINE, W. D. – HARRINGTON, C. A. (2007): Influence of harvest residues and vegetation on microsite soil and air temperatures in a young conifer plantation. – *Agricultural and Forest Meteorology* **145**: 125–138.
- DIACI, J. (2002): Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation on a silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps. – *Forest Ecology and Management* **161**: 27–38.
- DIDHAM, R. K. (1998): Altered leaf-litter decomposition rates in tropical forest fragments. – *Oecologia* **116**: 397–406.
- DUAN, W. – WANG, J. – LI, Y. (2009): Microenvironmental heterogeneity of physical soil properties in a broad-leaved *Pinus koraiensis* forest gap. – *Frontiers of Forestry in China* **4**(1): 38–45.
- GÁLHIDY, L. – MIHÓK, B. – HAGYÓ, A. – RAJKAI, K. – STANDOVÁR, T. (2006): Effects of gap size and associated changes in light and soil moisture on the understorey vegetation of a Hungarian beech forest. – *Plant Ecology* **183**: 133–145.
- GRAY, A. N. – SPIES, T. A. – EASTER, M. J. (2002): Microclimate and soil moisture responses to gap formation in coastal Douglas-fir forests. – *Canadian Journal of Forest Research* **32**: 332–343.
- GRAY, A. N. – SPIES, T. A. (1996): Gap size, within gap position and canopy structure effects on conifer seedling establishment. – *Journal of Ecology* **84**: 635–645.
- GRAY, A. N. – SPIES, T. A. – EASTER M. J. (2002): Microclimate and soil moisture responses to gap formation in coastal Douglas-fir forests. – *Canadian Journal of Forest Research* **32**: 332–343.
- HAGYÓ A. (2007): Vízforgalom erdő és gyepterületeken. Doktori értekezés. – Szent István Egyetem, Biológia Tudományi Doktori Iskola, Gödöllő, 129 pp.
- HELLIWELL, D. R. (1997): Dauerwald. – *Forestry* **70**: 375–380.
- KIMMINS, J. P. (2004): *Forest Ecology*. – Pearson Prentice Hall, New Jersey, 611 pp.
- KOOCH, Y. – HOSSEINI, S. M. – MOHAMMADI, J. – HOJJATI, S. M. (2010): The Effects of Gap Disturbance on Soil Chemical and Biochemical Properties in a Mixed Beech–Hornbeam Forest of Iran. – *Ecologica Balcanica* **2**: 39–56.
- MAYER H. (1977): *Waldbau*. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York.
- MCCARTHY, J. (2001): Gap dynamics of forest trees: A review with particular attention to boreal forests. – *Environmental Reviews* **9**: 1–59.
- OGDEN, A. E. – SCHMIDT, M. G. (1997): Litterfall and soil characteristics in canopy gaps occupied by vine maple in a coastal western hemlock forest. – *Canadian Journal of Soil Science* **77**: 703–711.
- ÖZCAN, M. – GÖKBULAK, F. (2014): Effect of size and surrounding forest vegetation on chemical properties of soil in forest gaps. – *Forest, Biogeosciences and Forestry*, (early view): e1–e6.
- PATRICIO, M. S. – NUNES, L. F. – PEREIRA, E. L. (2012): Litterfall and litter decomposition in chestnut high forest stands. – *Forest Systems* **21**(2): 259–271.
- PICKETT, S. T. A. – WHITE, P. S. (1985): *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. – Academic Press, Orlando, Florida.

- PORTE A. – HUARD, F. – DREYFUS, P. (2004): Microclimate beneath pine plantation, semi-mature pine plantation and mixed broadleaved-pine forest. – *Agricultural and Forest Meteorology* **126**: 175–182.
- RITTER, E. – STARR, M. – VESTERDAL, L. (2005): Losses of nitrate from gaps of different sizes in a managed beech (*Fagus sylvatica*) forest. – *Canadian Journal of Forest Research* **45**: 308–319.
- RITTER, E. – 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.
- ROTH GY. (1935): Erdműveléstan II. – Röttig-Romwalter, Sopron, pp. 409–971.
- SCHARENBRUCH, B. C. – BOCKHEIM, J. G. (2007): Impacts of forest gaps on soil properties and processes in old growth northern hardwood–hemlock forests. – *Plant and Soil* **294**: 219–233.
- SCHMIDT, W. – WEITERMEIER, M. – HOLZAPFEL, C. (1996): Vegetation dynamics in canopy gaps of a beech forest on limestone. The influence of the light gradient on species richness. – *Verhandlung der Gesellschaft für Ökologie*, pp. 253–258.
- STEFANOVITS P. (1992): Talajtan. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 380 pp.
- STEFANOVITS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY. (1999): Talajtan. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 470 pp.
- SZABOLCS I. (szerk.) (1966): A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve. – Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet, Budapest, 351 pp.
- SZODFRIDT I. (1993): Erdészeti termőhelyismerettan. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 317 pp.
- SZÚCS P. – ŠIMKOVÁ I. – BIDLÓ A. (2014): A lécek és zárt állományok feltalajának összehasonlító vizsgálata a Dalos-hegyen. In.: BIDLÓ A. – HORVÁTH A. – SZÚCS P. (szerk): Kari Tudományos Konferencia. – Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, 2014, Sopron, megjelenés alatt.
- TROUP, R. S. (1927): Dauerwald. – *Forestry* **1**: 78–81.

# TALAJBAN BEKÖVETKEZŐ LEBONTÁSI FOLYAMATOK TALAJBIOLÓGIAI JELLEMZÉSE

HEIL BÁLINT<sup>(1)</sup> – BOGNÁR CSABA<sup>(2)</sup> – SZABÓ ÉVA<sup>(1)</sup> – MOLNÁR ZSÓFIA<sup>(1)</sup> –  
BRATEK ZOLTÁN<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Környezet- és Földtudományi Intézet  
Cházár A. tér 1.

<sup>(2)</sup>Magyar Honvédség  
Egészségügyi Központ  
Honvéd Közegészségügyi és Járványügyi Intézet  
1797 Budapest, Gyáli u. 17–19.

<sup>(3)</sup>Eötvös Lóránd Tudomány Egyetem  
Természettudományi Kar  
Növényélettani és Molekuláris Növénybiológiai Tanszék  
1117 Budapest, Pátmány P. sétány 1/C.

## A talajbiológiai kutatások illeszkedése a *Silva naturalis* projektbe

A folyamatos erdőborítást biztosító üzemmódok (szálalás és az ún. átala-  
kító üzemmód) gyakorlati erdőgazdálkodásban való bevezetése nagyjából az  
elmúlt 10–15 évben kezdett el terjedni hazánkban. Ezen igen rövid idő alatt  
csak korlátozott mennyiségű gyakorlati és kutatási tapasztalat halmozódott  
fel, így vált indokolttá a *Silva naturalis* projekt révén megvalósuló komplex  
vizsgálatok végrehajtása.

Cél a folyamatos erdőborítású erdőgazdálkodási módszerek több szem-  
pontú, összehangolt kutatása volt. Egyrészt arra kerestük a válaszokat, hogy  
mik a különbségek az utóbbi évtizedekben hagyományosan uralkodó vágá-  
sos üzemmódok, valamint a folyamatos erdőborítású gazdálkodási módsze-  
rek között. Másrészt utóbbi esetében részletesen kívántuk vizsgálni a folya-  
matos erdőalak fenntartását lehetővé tévő, kisterületű beavatkozásokból er-  
dő lékeket.

A projekt mind alapkutatási, mind alkalmazott kutatási elemeket tartal-  
mazott. Az alapkutatásokhoz tartozó részprojektet alkotott a termőhelyi  
vizsgálatok témaköre. Ez elsősorban a talajban lezajló, legfőképpen a talajbi-  
ota által végrehajtott lebontási folyamatok jellemzését célozta meg. Bár az  
eredeti kutatási koncepcióban nagyobb hangsúlyt kapott a lebontási folya-  
matokat jelentős mértékben meghatározó, termőhelyi, ill. talajparaméterek  
(pl. talaj hőmérséklet- és fényviszonyai, talaj széntárolása) vizsgálata, az er-

dóállomány adattárban szereplő termőhelyi paraméterek üzemmód szerinti összefüggés-elemzése, a projekt megvalósítása során az edafon összetételének közvetlen vizsgálata is nagyobb hangsúlyt kapott.

### **Kutatási háttér**

Az erdőgazdálkodási üzemmód átalakításának hatására a termőhelyi, talajtani tényezők vélhető változásai egyes talajtulajdonságokat már rövidtávon is érinthetnek. Első sorban a talaj legdinamikusabb, biológiai alegysége lesz a rendszer azon eleme, amely reagálni fog a változásokra. Amennyiben kedvező irányba alakulnak az ökológiai tényezők, a talajbiota életfeltételei javulnak, úgy várhatóan a lebontási folyamatok új egyensúlya alakul ki, amely mellett elsősorban a talajképződés pozitív irányú folyamatai (pl. humuszképződés, stabil talajszerkezet kialakulása, stb.), de részben negatívnak tekinthető jelenségei (pl. talajsavanyodás, kilúgozás, stb.) is fokozódhatnak. A kinetikai rendszernek tekinthető talaj a kedvezőtlen hatásokat kezdetben negatív visszacsatolással próbálja meg pufferolni, visszafordítani. Amennyiben a rendelkezésre álló puffer-kapacitások kimerülnek, beindulhat a pozitív visszacsatolás, amely már a rendszer alapvető tulajdonságainak jelentős megváltozásával járhat. Ez az élő rendszer mindenképpen komplex módon fog reagálni a változásokra.

A termőhelyi körülmények változása kapcsán a kutatók ezért már évek óta kiemelten foglalkoztak a talajbiológiai lebontási folyamatok szabályozásának leírásával különböző gazdálkodási rendszerekben, nagy hangsúlyt helyezve a talajbiota szénkörforgalomban betöltött szerepére (LUKÁCSNÉ – ZSUPOSNÉ, 2004; VANHALA et al., 2011). Általánosan elterjedt hipotézis az, hogy a vágásos üzemmódban elterjedt tarvágás hatására az érintett területen megemelkedő átlaghőmérséklet a talaj lebontó szervezeteinek fokozott aktivitását vonja maga után, ami jelentős C-felszabadulást indukál a korábban stabil szénformákból (SCHINDLBACHERA et al., 2011). Ez például a talajok CO<sub>2</sub>-emisszió mérési módszereinek fejlesztésére adott folyamatos ösztönzést (TÓTH, 2011).

A talajbiota által kontrollált lebontási folyamatok szabályozása egyes eredmények szerint nem közvetve a felszint borító növényzet – erdőgazdálkodási üzemmód átalakítása miatti – közösségi összetétel-változása hatására, sokkal inkább közvetlenül a talaj-mikrokörnyezeti feltételeiben és a mikrobiális közösségi összetételben lejátszódó, gyors léptékű változásoktól függ (RAMIREZ et al., 2010). Mások különbséget tesznek az erdei fás növényzet, valamint a lágyszárú szint fajösszetétel változásának várható hatásai között: VANHALA et al. (2011) szerint a lágyszárú vegetáció közösségi összetétele



várhatóan gyorsabban változik az erdőgazdálkodási üzemmód átalakítása okozta klimatikus változások hatására, mint a fás szárú növényeké. Ez gyors ütemben változtatja meg a talajfelszínen keresztül a talajba kerülő avar mennyiségét és összetételét, ami vélhetően a talajbiota közösségi összetételének, valamint lebontási aktivitásának változásával jár.

A talaj lebontási folyamataiban szukcessziós fázisok társíthatók a különböző élőlény közösségekhez, így a makro-, mezo- és mikroorganizmusok csoportjaihoz (DÁNYI – TRASER, 2007; TRASER et al., 2009). Ez erdőtalajoknál, gyepeknél fokozottabban jelentkezik, mint a szántási mélységig erősen homogenizált szántóföldi talajokban. Mindezt a kutatók olyan multifunkcionális modellek megalkotásával próbálják leírni, amelyek egyrészt a különböző földhasználati módokat, másrészt a erdőgazdálkodási üzemmód változása okozta változásokat is figyelembe tudják venni (CHERTOV et al., 2001).

A szakértők számára nagy kihívást jelentenek az olyan speciális mikro-környezetek, mint a rhizosphaera, amelyről már több mint 100 éve folynak kutatások. A gyökerek növekedése és légzése, a gyökérváladékok kiválasztása, a növényi víz- és táplálékfelvétel hozzájárulnak a talaj biológiai, kémiai és fizikai tényezőinek megváltozásához. Ahogy az általános mikrobiológiai tudományokban is egyre inkább felfedezik a biofilmek, felszíni mikro-környezetek térbeli dimenziójukon messze túlmutató jelentőségét, úgy a talajbiológiai vizsgálatoknak is figyelemmel kell lenniük ezen felismerésekre (GREGORY, 2004; HOMANN et al., 2000).

Ahhoz, hogy az erdőgazdálkodási üzemmód átalakításának a talajbiota által kontrollált lebontási folyamatokra gyakorolt hatását felmérhessék és modellezzék, a kutatóknak igen sokféle módszerrel kell vizsgálniuk a talajbiota összetételét, aktivitását. A korábbi hagyományos mikrobiológiai légzési- és enzimaktivitás mérések (ANDERSON – DOMSCH, 1978; HOFMAN et al., 2004; CZAKÓ-VÉR, 2011) mellett megjelentek a mikroba közösségi összetételt leírni képes kemotaxonómiai (HEIL, 2005; LISÓCZKINÉ HALÁSZ J., 2009) és újabban a genetikai módszerek (BÁLINT, 2002; WAKELIN, S. A., 2007). Utóbbi közösségi vizsgálatok sikerességében döntő azon extrakciós módszerek fejlesztése, amelyekkel vagy a kémiaiilag jellemezhető sejtösszetevőket (pl. foszfolipid-zsírsavak, kinonok), vagy a genetikai információt hordozó DNS molekulákat kivonjuk az igen bonyolult összetételű talajból (BILLS, 1995).

A kutatások jelenlegi állása szerint az erdőgazdálkodási üzemmód változása hatásai régióként eltérő irányúak és nagyságrendűek lesznek. Hazánk medence jellegéből, fekvéséből adódóan több tekintetben jelentős módon eltérő környezeti adottságokkal rendelkezik a környező országokhoz képest. Így az erdőgazdálkodási üzemmód változása talajokra gyakorolt hatásainak

előrejelzéséhez mindenképpen szükséges hazai vizsgálatok minél nagyobb számú kivitelezése. Az erdőgazdálkodási gyakorlatban, hazánkban jelenleg csak igen kis mértékben támaszkodnak a talajbiológiai kutatások eddigi eredményeire. A modern mikrobiológiai kutatási technikákban rejlő potenciálokat pedig sem ágazati szinten, sem az erdészeti és mezőgazdasági felsőoktatáshoz kapcsolódó kutatásban nem aknázzuk ki megfelelően.

A projektben többféle talajökológiai vizsgálati módszer ötvözésével vizsgáljuk a mesterségesen előidézett, az erdőgazdálkodási üzemmód átalakítása okozta termőhelyi változások hatásait a talaj biológiai közösségeire. Egyrészt a hazai talajbiológiai kutatásban újszerű a kérdésfeltevés az erdőgazdálkodási üzemmód változása szimulációja kapcsán. Másrészt a mikrobiológia egyéb vonatkozásai kapcsán már alkalmazott módszerek alapvető felhasználhatóságát vizsgáljuk a talajbiológiai területén.

A talaj aktuális termékenységét nagy részben szabályozó talajbiológiai folyamatok alapvető ismerete egyrészt hozzájárulhat az erdőgazdálkodási üzemmód átalakításának talajtermékenységre gyakorolt várható következményeinek előrejelzéséhez, másrészt részben megteremti az eddigi erdőgazdasági gyakorlathoz képest újszerű gazdálkodási módszerek tudományos alapjait.

### **A kutatások célja**

- talajbiológiai vizsgálati módszertani fejlesztések az erdészeti talajbiológiai kutatások terén, a mikrobiológiai tudományok terén alkalmazott kutatási módszerek adaptációjával;
- az erdőgazdálkodási üzemmód átalakítása termőhelyi/talajtani hatásainak jellemzése a folyamatos erdőgazdálkodás alapegységeit jelentő lékekben;
- az erdőgazdálkodási üzemmód változása következtében megváltozott termőhelyi/talajtani körülmények talajbiota aktivitására / talajbiota közösségi összetételére kifejtett hatásainak vizsgálata.

Az itt vázolt kutatási tevékenységek elsősorban alapkutatási jellegűek, így eredményei nem használhatóak fel közvetlenül az erdészeti ágazat szakirányításában, ill. gyakorlatában. Az eredmények viszont hozzájárulnak az erdőgazdálkodási üzemmód változása várható kihatásainak pontosabb előrejelzéséhez, így közvetve az átállási módok (pl. lékméret kialakítása) kidolgozásához. Ez az erdőgazdálkodásban jelentős lépés, hiszen annak termelési ciklusa az érintett termőhelyeken általában igen hosszú, több évtizedre, akár több mint egy évszázadra is kiterjed. Így a tervezés során már jelenleg is figyelembe kell venni a későbbi évtizedek várható környezeti állapotát.

## Kutatási módszertan

A talajbiota lebontásban részt vevő szervezetei igen sokfélék. Ezek teljes körű vizsgálatára e résztemában természetesen nem volt módunk, e helyett egyrészt a talajban legnagyobb biomasszával és egyedszámmal jelenlévő talajbaktériumok, valamint az erdei fák gyökérzetével kialakított különleges együttélési formájuk miatt szintén nagy jelentőségű ektomikorrhiza gombák csoportjaira koncentráltuk figyelmünket.

A talajbiológiai vizsgálatokat a projekt elején a Soproni-hegységben található Dalos-hegyen, a Sopron 80/C erdőrésztletben kialakított lékekben kezdtük meg. Az állomány főfafaja a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), amely mag eredetű, 85 éves, alatta 2 éves újulat található. A komplexen, tehát egyéb talajtani, klimatikus, hidrológiai (stb.) paraméterek alapján is vizsgált erdőrésztletben egyrészt három különböző méretű lékben, másrészt a lékeket magába foglaló, zárt erdőállományban végeztünk helyszíni vizsgálatokat és mintavételezéseket. A talajbiológiai vizsgálatok e részei egyrészt az alapkutatások közé sorolhatók e vonatkozásban, másrészt nagyrészt arra szolgálnak, hogy a folyamatos erdőborítás alapját képező lékek jellemzéséhez hozzájáruljanak.

### *Talajbaktériumok közösségi összetétele vizsgálatának módszerei*

A bakteriális közösségi összetétel vizsgálata terén elsősorban újszerű, PCR (Polymerase Chain Reaction) technikákra alapuló módszerfejlesztésbe kezdtünk. E területen kezdetben nem is a hagyományos vágásos üzemmódok és a folyamatos erdőborítás üzemmódjai közötti különbségek vizsgálata volt a cél, hanem maguknak az ezen kérdésfeltevés megválaszolására alkalmas módszereknek a fejlesztésére, új eljárások fejlesztésére. A legfontosabb cél az volt, hogy olyan extrakciós módszert fejlesszünk, amellyel minél nagyobb arányban tudjuk kivonni a humuszanyagok miatt nehezen feltárható felső talajszintekből is az ott található baktérium sejtek genetikai örökítő anyagait, hogy azokból a rutinszerűen végrehajtható, igen hatékony polimeráz-láncreakciós módszerrel a bakteriális közösségi összetételnek akár faj szintű meghatározását is lehetővé tegyük. A talajmintákat Sopron 80/C erdőrésztletben, három különböző méretű lék égtájak szerinti sugarainak külső 2/3-ánál vettük 0–20 cm mélységben (lékenként tehát 4–4 minta), valamint a lékeket magukba foglaló zárt erdőállományban, a lékek közötti központi helyzetű részben 5 ponton, szintén 20 cm mélységben.

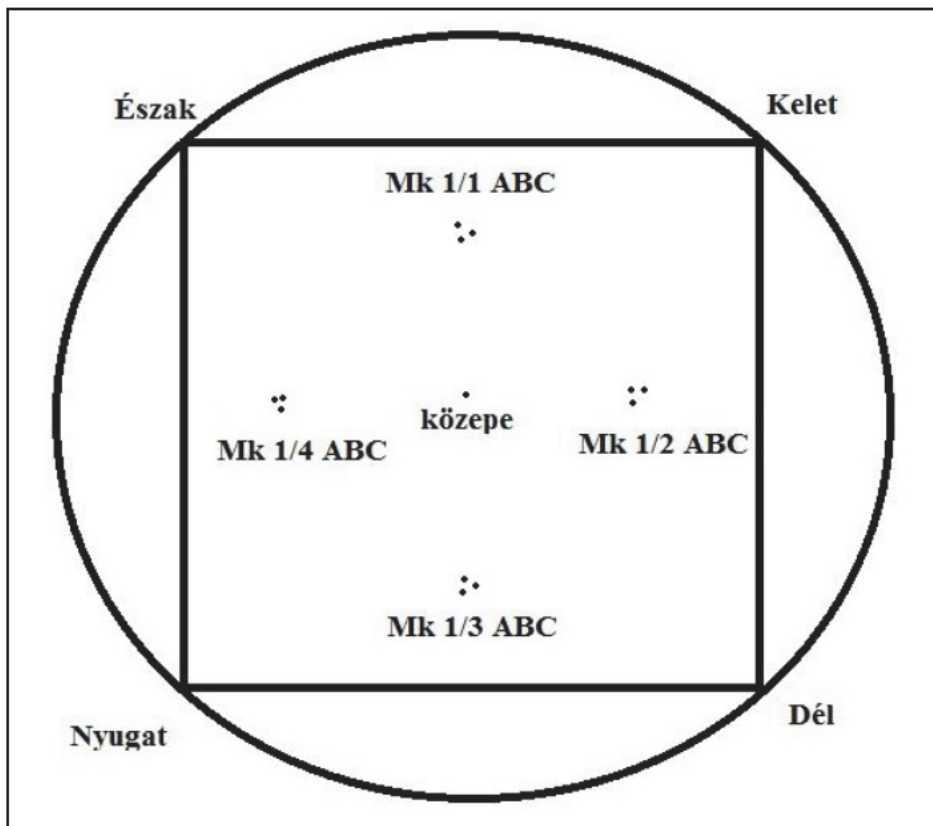
A Soproni-hegységben végrehajtott vizsgálatok során a különböző méretű lékekben és a zárt erdőállományban begyűjtött talajmintákat a projekt során kifejlesztett módszereinkkel, valamint hagyományos tenyésztéses

módszerekkel is vizsgáltuk. A szakirodalom áttanulmányozása után az irodalmi adatokból kiválasztottunk 4 féle talajfeltáró módszert (SZEKI, 1979), valamint egy általunk módosított, új, kísérleti módszert. Kereskedelmi forgalomban lévő általános célú virágföldből 25 kg-t autoklávban, 121 °C-on 35 percig, valamint 25 kg-t 160 °C-on 2 óra hosszat sterilizáltunk. Ezután a talajmintákat 15 g-onként sterilén szétosztottuk. Törzsgyűjteményi *Salmonella enterica* (HNCMB 10036), *Staphylococcus aureus* (HNCMB 112001), *Pseudomonas aeruginosa* (HNCMB 170001), és *Bacillus subtilis* (HNCMB 10008) törzsekből véres agaron, majd CM-Hollmann táplevesben tenyészeteket készítettünk. Ezen tenyészetek különböző hígításaiból ( $10^8, 10^7, 10^6, 10^5, 10^4, 10^3, 10^2$  CFU) 10-10 ml-t adtunk a kétféle képen sterilizált talajminták 15-15 grammjához, Erős vortexelés után a kiválasztott 5 féle feltáró módszerrel kezeltük a mintákat. Az így kezelt talajmintákból tenyésztéssel és saját tervezésű primerek felhasználásával PCR-módszerrel próbáltuk kimutatni a mintákhoz hozzáadott baktériumtörzseket.

### ***Ektomikorrhiza vizsgálatok módszerei***

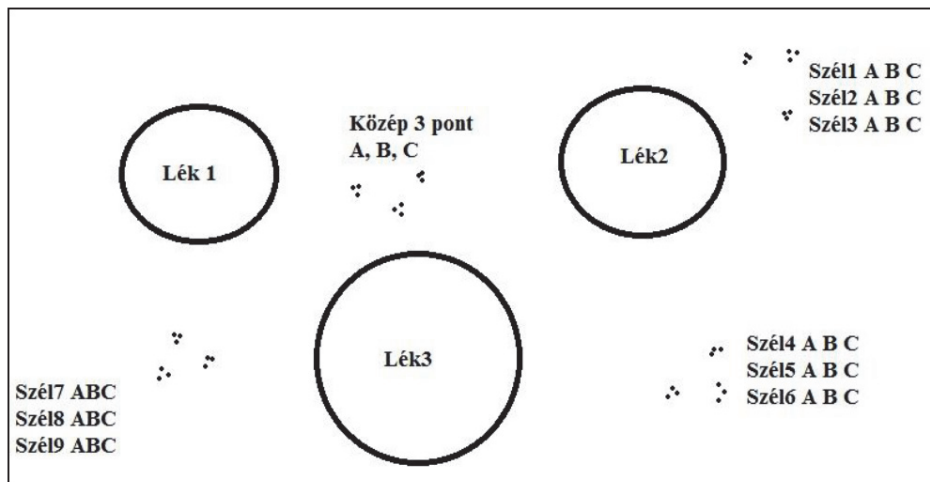
Elsőként a Soproni-hegységben található, komplexen vizsgált kutatási területen (Sopron 80/C erdőrészlet) kocsánytalan tölgy főfafajú állományban került sor az ektomikorrhiza vizsgálatainkra, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karának Növényélettani és Molekuláris Növénybiológiai tanszéke segítségével. Az első mintavételre 2013.06.28-án került itt sor, melyet 2013.09.27-én ugyanitt egy második, az őszi aspektus jellemzése céljából végrehajtott mintázás követett. A projekt későbbi fázisában (2014.03.31-i mintavétellel) vizsgálatainkat kiterjesztettük a Soproni-hegységben egy közeli tarvágásos, tehát még most is hagyományos vágásos üzemmódban kezelt területre, a Sopron 98/O erdőrészletre. Utóbbi lépéssel már a kezdetben leírt azon kérdésre keressük a választ, hogy melyek a különbségek a hagyományos vágásos és a folyamatos erdőborításos üzemmódok talajbiotára gyakorolt hatásai között.

A projekten és a részprojekten belüli, meghatározott költségvetésnek megfelelően első lépésben kizárólag az ektomikorrhizák morfológiai vizsgálatára kerülhetett sor. (A későbbi genetikai vizsgálatok lehetővé tételére megtörtént a szükséges minták tartós tárolása). A terepi talajminta vétel Sopron 80/C erdőállományban 2013.06.28-án lett kivitelezve. Mintavételre a három különböző méretű lék, valamint a lékek körül található zárt erdőállományból négy mintavételi hely lett kijelölve (1. ábra).



1. ábra: A Sopron 80/C erdőrészletben a lékekben végrehajtott ektomikorrhiza mintavétel sematikus ábrája

Minden erdőállományban található mintavételi helyen belül további három pont lett kijelölve (pl. „Szél7”, „Szél8”, Szél9” vagy „Közép1”, „Közép2”, „Közép3”, ahonnan három-három ismétléssel (A, B, C) készült a mintavétel. A három léken belül a 2. ábrán látható elrendezésben történtek a mintavételek. Kivételnek számít a „Lék1” mintavételi hely, mivel itt a mintavételek csupán két ismétléssel történtek, tehát csak „A” és „B” ismétlések. Az elemzések során részben össze lettek vonva az egyes mintavételi pontok, így hét mintavételi helyet létrehozva: 'Lék1', 'Lék2', 'Lék3', 'Közép', 'Szél13' ('Szél1', 'Szél2' és 'Szél3' összevonásából), 'Szél46' ('Szél4', 'Szél5', 'Szél6' összevonásából) és 'Szél79' ('Szél7', 'Szél8' és 'Szél9' összevonásából). Fentiek szerint összesen 71 talajmintavétel történt.



2. ábra: A Sopron 80/C erdőrésztben végrehajtott ektomikorrhiza mintavétel sematikus ábrája

A mintavétel térfogathelyesen, bolygatatlan mintavételt lehetővé tévő, rozsdamentes acél mintavevő hengerrel történt. A mintákból csap alatt vízzel óvatosan lemostuk a gyökérszetről a talajt, elkülönítve a fás- és lágyszárú gyökérszövetet. Az így elkülönített fás szárú gyökereket Petri-csészékbe kerültek. A minták átmeneti, 2–3 napos, 5°C-on hűtőben történő tárolása után – elvégeztük a gyökerek ektomikorrhizáinak mikroszkópos vizsgálatát. Az ektomikorrhizák jellegzetes részei közül a gyökereket körülszővő gombaköpenyt, valamint a különböző megjelenési formájú, extraradikális micéliumok fő explorációs típusait különítettük el, tehát morfológiai tipizálást hajtottunk végre, valamint sor került az ektomikorrhizák és ezen túlmenően a növényi gyökerek sűrűségének becslésére is.

A következő karakterek vizsgálatára került sor: a mikorrhiza felületéről kiágazó hifák jelenléte, rizomorfa jelenléte, annak makro- és mikromorfológiai jellemzői, a mikorrhiza színe, elágazás típusa, köpeny típusa, kiágazó hifákon csat ill. szeptum jelenléte, a mikorrhiza becsült gyakorisága az adott mintán belül. A morfológiai vizsgálatok során az egyes morfortípusokból további molekuláris vizsgálatokhoz több mintát is eltároltunk. A mikroszkópos munkák után a gyökereket 48 órán át 65 °C-on kiszárítottuk, majd analitikai mérleg segítségével lemértük tömegüket, ebből következtettünk a gyökérsűrűség mértékére.

## Kutatási eredményeink

E konferencia kötetben kutatási eredményeinket csak vázlatosan tüntetjük fel, mélyebb elemzés nélkül, a referált folyóiratokban történő közlés lehetőségét fenntartva.

### *Talajbaktériumok közösségi összetételének vizsgálata*

A tenyésztés során 2 féle, a szakirodalomból változtatás nélkül átvett módszerrel kaptunk pozitív eredményt, azonban mindkét módszernél legalább két nagyságrendnyi volt a baktérium veszteség. A PCR kimutatás csak akkor volt sikeres, ha a feltárt mintaszuszpenziókat legalább kétszer Shephadex gélen futtatva tisztítottuk meg a huminsavaktól.

A legjobb kinyerési arányt az általunk módosított feltárási módszer (lizozim enzimes kezelés kombinálva hőkezeléssel) alkalmazásakor kaptuk, azonban ezen esetben a tenyésztés teljesen eredménytelen volt (mivel vélhetően valamennyi baktérium feltáródott).

A megfelelő feltáró módszer kiválasztása és kipróbálása után az alábbi baktérium genusokra terveztünk primereket:

- *Bacillus*
- *Streptomyces*
- *Actinomyces*
- *Nocardia*

A talajbaktériumok ökológiai összetételének vizsgálatához tehát olyan baktérium nemzetségekre terveztünk specifikus primer molekulákat, amelyek a talajokban általánosan előfordulnak. A primer molekulákat a talajmintákból kivont, ismeretlen összetételű DNS sokszorosítására (PCR-rel) használjuk fel, így ellenőrizve adott baktérium nemzetségek jelenlétét. A megfelelő primer az alapján került kiválasztásra, hogy érzékenysége elérte a 10 kópia/mg talaj értéket, miközben specifikussága még nem csökkent a szükséges mérték alá. Ezeket a primer molekulákat – a projekt második évében – a talajmintákból kivont mikroba-DNS sokszorosítására (PCR-ezés) használtuk fel, ez alapján következhetett a kísérleti területek összehasonlítása konkrét baktérium fajok tekintetében.

Ezután a fent már említett sterilizált mintákhoz különböző, ismert mennyiségű *Bacillus subtilis*-t, *Actinomyces israelii*-t, *Streptomyces sp*-t és *Nocardia translucens*-t kevertünk, és a kiválasztott feltárási módszerrel teszteltük primereinket.

A kapott mintákból a fenti feltárási módszert használva DNS-t izoláltunk, és Real Time PCR-módszerrel vizsgáltuk *Bacillus* genus, *Actinomyces* genus, *Streptomyces* genus és *Nocardia* genus irányában.

Valamennyi mintából e baktériumok tenyésztését is elvégeztük. A RT-PCR-el kapot eredményeket a 1. táblázat tartalmazza. Mint az a 1. táblázatból kitűnik, az egyes talajminták között a vizsgált módszerrel és a vizsgált baktériumok esetében számottevő eltérést nem tudtunk kimutatni.

**1. táblázat:** A talaj bakteriális közösségi RT-PCR vizsgálatának eredményei

Minta jelzése	<i>Bacillus</i> genus*	<i>Actynomyces</i> genus*	<i>Streptomyces</i> genus*	<i>Nocardia</i> genus*
L1 Dél	11	26	45	9
L1 Kelet	25	28	25	2
L1 Észak	18	36	15	0
L1 Nyugat	18	19	25	8
L2 Dél	14	24	36	19
L2 Kelet	9	20	29	14
L2 Észak	6	18	15	3
L2 Nyugat	18	19	24	9
L3 Dél	19	24	30	9
L3 Kelet	17	21	26	8
L3 Észak	15	24	19	7
L3 Nyugat	11	26	18	6
Zárt Dél	9	32	32	12
Zárt Kelet	10	19	31	10
Zárt Észak	18	25	30	8
Zárt Nyugat	14	30	26	19
Zárt Közép	11	19	19	12

\*számított kópiaszám/5 µg szuszpenzió<sup>13</sup>

A tenyésztés eredményeit a 2. táblázat tartalmazza. Mint a 2. táblázatból látható, lényeges eltérést a tenyésztéses módszerrel sem tudtunk kimutatni.



2. táblázat: A talaj bakteriális közösségi tenyésztéses vizsgálatának eredményei

Minta jelzése	<i>Bacillus</i> genus <sup>**</sup>	<i>Actinomyces</i> genus <sup>**</sup>	<i>Streptomyces</i> genus <sup>**</sup>	<i>Nocardia</i> genus <sup>**</sup>
L1 Dél	21	12	25	8
L1 Kelet	3	12	32	6
L1 Észak	0	13	25	0
L1 Nyugat	0	23	14	8
L2 Dél	58	25	60	2
L2 Kelet	12	31	21	-
L2 Észak	14	12	14	12
L2 Nyugat	12	15	0	2
L3 Dél	14	0	17	15
L3 Kelet	23	1	19	12
L3 Észak	44	12	15	6
L3 Nyugat	0	0	0	8
Zárt Dél	0	0	14	10
Zárt Kelet	0	14	15	7
Zárt Észak	14	21	32	6
Zárt Nyugat	0	0	36	10
Zárt Közép	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>5</b>

\*\*CFU (Telepképző egység)/1 ml szuszpenzió

A talaj bakteriális közösségi vizsgálatának eredményeit összefoglalva elmondható, hogy elsősorban alapkutatási jelleggel, a módszertani fejlesztések terén értünk el eredményeket. A szakirodalomban eddig ismert módszerekhez képest jelentős javulást tudtunk elérni új lizálási módszerünkkel, amely egy lizozim-alapú, enzimes DNS-kinyerési módszer. Ezzel ugyanis jóval nagyobb arányban tudtuk visszanyerni az előzetesen sterilizált, teszt-mintáinkból az azokra ráoltott vizsgálati baktérium törzseink genetikai örökítő anyagát.

Szintén előrelépést jelentett a talajmintákból kivont baktérium-DNS dúsítására újonnan alkalmazott AMIKON-ULTRA 3000 tesztcsövek használata. A módszer lényege a tesztcsövek többszöri, szükség szerinti (de min. 3-szori) centrifugálása, mely során, a tesztcső alján összegyűlő folyadék a bevitt bakteriális DNS jelentős részét (kb. 80%!) tartalmazta.

A PCR (Polymerase Chain Reaction) vizsgálatok megkezdése előtt a mintákat huminsav-mentesíteni kellett, mivel a talaj humuszában igen nagy

mennyiségben, számban megtalálható huminsavak erős PCR-antagonisták. A kísérletek során a SHEPHADEX-gélen való kétszeri szűrés bizonyult elégségesnek. Függetlenül a vizsgálandó minta színétől és áttetszőségétől (a víztisztának tűnő talajoldatot is szűrni kell!) fenti tisztítás nélkül a PCR-reakció nem játszódik le. Az így kinyert DNS örökítő-anyagok az ez ideig való tárolás (3 hónap) során semmilyen mértékű károsodást nem szenvedtek, amennyiben a tárolás folyamatosan  $-70^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten történt. Erre a gélen való futtatás és DNS-mennyiség mérések eredményeiből következtettünk.

A továbbiakban az alábbi vizsgálatok elvégzése lesz szükséges:

- Közösségi PCR elvégzése a már izolált DNS mintákból;
- A lefagyasztva ( $-20^{\circ}\text{C}$ -on) tárolt mintákból ismételt tenyésztés többféle táptalajra, és a baktérium biota diverzitásának vizsgálata;
- ATP-aktivitás- mérés;
- Gombafonal-szám meghatározás mikroszkópos módszerrel.

### ***Ektomikorrhiza vizsgálatok kezdeti eredményei***

A gyökéren található EM morfortipizálása ill. mennyiségi becslése, valamint a gyökér sűrűség becslése alapján azt a – szakirodalmi háttér alapján felállított – hipotézisünket vizsgáltuk, mely szerint a fafajtól és a környezeti tényezőktől függetlenül, a vizsgált terület nagysága és a terület izolációja (esetünkben a lék nagysága) befolyásolja az EM közösség összetételét.

Az 1. mintavételből származó EM vizsgálatok eredményeként, a mikorrhiza színe, elágazás típusa, köpeny típusa, kiágazó hifákon csat ill. szeptum jelenléte, a mikorrhiza adott mintán belüli becsült gyakorisága alapján 38 morfortípust határoztunk meg (3. táblázat). A morfortípusok területek közötti megoszlásából látható, hogy a lékek kialakítása gyenge EM diverzitásnövelő hatású volt, bár a lékek nagyságának növekedésével minimális diverzitás csökkenés volt megfigyelhető.

**3. táblázat:** A Sopron 80C erdőrészletben meghatározott ektomikorrhiza morfortípusok tipizálása

Morfortípus	Szín	Elágazás	Rizomorfa	Felszín/kiágazó hifák
morf 1	Barna	fésűs	nincs	sima
morf 2	Barna	monopodiális	nincs	sima
morf 3	Barna	nincs	nincs	sima
morf 4	Barna	villás	nincs	sima
morf 5	Barna	fésűs	van	sima
morf 6	Barna	monopodiális	van	sima
morf 7	Barna	nincs	van	sima
morf 8	Barna	villás	van	sima
morf 9	Barna	monopodiális	nincs	szöszös
morf 10	Barna	villás	nincs	szöszös
morf 11	Barna	villás	van	szöszös
morf 12	Barna	nincs	van	szöszös
morf 13	Fehér	monopodiális	nincs	sima
morf 14	Fehér	nincs	nincs	sima
morf 15	Fehér	nincs	van	sima
morf 16	Fehér	nincs	nincs	szöszös
morf 17	Fehér	monopodiális	nincs	szöszös
morf 18	Fehér	nincs	van	szöszös
morf 19	Fehér	monopodiális	van	szöszös
morf 20	Fekete	nincs	nincs	sima
morf 21	Fekete	monopodiális	nincs	sima
morf 22	Fekete	villás	nincs	sima
morf 23	Fekete	villás	van	sima
morf 24	Fekete	monopodiális	van	sima
morf 25	Fekete	nincs	van	sima
morf 26	Fekete	monopodiális	nincs	szöszös
morf 27	Fekete	monopodiális	van	szöszös
morf 28	Fekete	villás	van	szöszös

Azon hipotézist, mely szerint a gyökér sűrűség változásával az EM explorációs típusok megoszlása is változik, statisztikailag szignifikáns mértékben jelen munkában nem tudtuk igazolni, csak gyenge tendenciák voltak leír-

hatók. Egyrészt külön a lágyszárú és a fás szárú gyökérzetet vizsgálva sem adódott különbség a lécek és a zárt állományrészek között, habár a lék nagyságának növekedésével párhuzamosan a lágyszárú gyökérsűrűség kismértékű növekedése volt megfigyelhető. Ezzel párhuzamosan viszont nem változott jelentősen az EM morfortípus- és explorációtípus-beli összetétele. Csak a fásszárú gyökérzetet vizsgálva a rövidebb explorációs típusba tartozó mikorrhizák abundanciája stagnált. Tehát a fás szárú gyökérsűrűségben megmutatkozott, hogy a sűrűbb gyökérzetben a rövid explorációs típusok, míg a ritkább gyökérzetben a távoli explorációs típusok a gyakoribbak. Négy morfortípus volt, aminek egy-egy mintán belüli átlagos gyakorisága meghaladta a 30%-ot, azaz egy mintán belül átlagosan nagy mennyiségben voltak jelen. A legkevesebb morfortípus a lécek közötti zárt állomány alól került elő, míg a legtöbb az 1. számú, legkisebb vizsgált lékből.

Az EM diverzitásának jelentős szerepe lehet az erdő felújulási fázisában az egyes fák tápanyag-ellátása minőségében, mivel az ektomikorrhizális fajok között mind térben, mind időben, mind élettani szinten is funkcionális különbségek adódhatnak. Az elkülönített morfortípusok molekuláris genetikai vizsgálata szükséges ahhoz, hogy rendszertani egységekhez rendelhessük azokat, vagyis hogy megállapíthassuk, hogy több morfortípus egy fajhoz tartozik-e vagy egy morfortípus több fajt is takarhat-e.

A mikorrhiza vizsgálatok terén két további mintavételre is sor került (egyrészt más, azaz őszi aspektusban ugyanazon területen, másrészt összehasonlításként egy közeli tarvágásos területen). Ezeknek a kezdeti eredményekkel történő összehasonlítása még folyamatban van.

## Irodalom

- ANDERSON, J. P. E. – K. H. DOMSCH (1978): A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. – *Soil Biology and Biochemistry* **10**: 215–221.
- BÁLINT M. (2002): Molekuláris biológia III. – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 335. pp.
- BILLS, G. F. (1995): Analyses of microfungus diversity from a users perspective. – *Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne de Botanique* **73** (Suppl. 1 A-D): 33–41.
- CHERTOV, O. G. – KOMAROV A. S. – NADPOROZHSKAYA, M. – BYKHOVETS, S. S. – S. L. ZUDIN (2001): ROMUL – a model of forest soil organic matter dynamics as a substantial tool for forest ecosystem modeling. – *Ecological Modelling* **138**(1–3): 289–308.
- CZAKÓ-VÉR K. (2011): Mikrobiológiai tulajdonságok talajfüggő variabilitása nehézfém szennyezett talajokban. – “A region és a Dunaújvárosi Főiskola válasza az anyagtudomány és a technológia új kihívásaira” Konferencia és workshop, Dunaújváros, 2011. február 2., előadás.
- DÁNYI L. – TRASER GY. (2007): Magyarország ugróvillásai. – In: FORRÓ L. (szerk): A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása. – Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 21–28.

- GREGORY, P. J. (2004): Roots, rhizosphere and soil: the route to a better understanding of soil science? – *European Journal of Soil Science* **57**(1): 2–12.
- HEIL B. (2005): Erdőállományok talajtani és mikrobiológiai vizsgálata a Soproni-hegységben. – Diplomadolgozat, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Mikrobiológus képzés, Budapest.
- HOFMAN, J. – DUSEK, L. – KLANOVA, J. – BEZCHELBOVA, J. – I. HOLOUBEK (2004): Monitoring microbial biomass and respiration in different soils from the Czech Republic - a summary of results. – *Environment International* **30**(1): 19–30.
- HOMANN, P. S. – MCKANE, R. B. – P. SOLLINS (2000): Belowground processes in forest-ecosystem biogeochemical simulation models. – *Forest Ecology and Management* **138**(1–3): 3–18.
- LISÓCZKINÉ HALÁSZ J. (2009): Hulladéklerakók mikrobiológiai szempontú jellemzése. – Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem, Természettudományi Doktori Iskola, Debrecen.
- LUKÁCSNÉ VERES E. – ZSUPOSNÉ OLÁH Á. (2004): A gazdálkodási rendszerek és az agrotechnikai elemek talajbiológiai hatásai. – *Agrárágazat* **4**(4): XXXX.
- RAMIREZ, K. S. – LAUBER, C. L. – KNIGHT, R. – BRADFORD, M. A. – N. FIERER (2010): Consistent effects of nitrogen fertilization on soil bacterial communities in contrasting systems. – *Ecology* **91**(12): 3463–3470.
- SCHINDLBACHERA, A. – RODLERA, A. – KUFFNERB, M. – KITZLERA, B. – SESSITSCHB, A. – S. ZECHMEISTER-BOLTENSTERN (2011): Experimental warming effects on the microbial community of a temperate mountain forest soil. – *Soil Biology and Biochemistry* **43**(7): 1417–1425.
- SZEGI J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 105–127.
- TÓTH E. (2011): Talaj szén-dioxid emissziójának mérése eltérő talajhasználati rendszerekben. – Doktori (PhD) értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Doktori Iskola, Budapest.
- TRASER, GY. – WINKLER, D. – KECSKEMÉTI, G. (2009): A vegetáció és a talaj hatása az ugróvillás sűrűsége a Szárhalmi erdőben – Sopron. NYME Erdőmérnöki Kar, Kari Tudományos Konferencia (2009. október 12.) kiadványa, Sopron, pp. 179–182.
- VANHALA, P. – KARHU, K. – TUOMI, M. – BJORKLOF, K. – FRITZE, H. – HYVARINEN, H. – J. LISKI (2011): Transplantation of organic surface horizon of boreal soils into warmer regions alters microbiology but not the temperature sensitivity decomposition. – *Global Change Biology* **17**(1): 538–550.
- WAKELIN, S. A. – COLLOFF, M. J. – HARVEY, P. R. – MARSCHNER, P. – GREGG, A. L. – S. L. ROGERS (2007): The effects of stubble retention and nitrogen application on soil microbial community structure and functional gene abundance under irrigated maize. – *FEMS Microbiology Ecology* **59**(3): 661–670.

**2.1. részprojekt: Különböző szempontú erdőművelési  
beavatkozások faállomány genetikai szerkezetére  
gyakorolt hatásainak elemzése egy intenzíven mintázott  
kocsánytalan tölgyesben**

**Részprojekt felelős szervezeti egységek: NAIK Erdészeti  
Tudományos Intézet, EMK Erdőművelési és  
Erdővédelmi Intézet**

**KÜLÖNBÖZŐ SZEMPONTÚ ERDŐMŰVELÉSI  
BEAVATKOZÁSOK FAÁLLOMÁNY GENETIKAI  
SZERKEZETÉRE GYAKOROLT HATÁSAINAK ELEMZÉSE  
EGY INTENZÍVEN MINTÁZOTT KOCSÁNYTALAN  
TÖLGYESBEN**

BOROVICS ATTILA – CSEKE KLÁRA

Nemzeti Agrárkutatói és Innovációs Központ  
Erdészeti Tudományos Intézet  
9600 Sárvár, Várkerület 30/A.

**A kutatás tárgya**

Elemeztük egy tölgyes állományszerkezetben mérhető szerkezeti, a fajok szintjén jelentkező faji és a fajon belüli, egyedek között értelmezhető genetikai diverzitás alakulását a különböző szempontú gyéritések hatására. A különböző szempontú gyéritések során a vágásos üzemmód különböző erélyű gyéritését, az átalakító üzemmód különböző méretű lék kialakításának hatással vetettük össze.

**Elvégzett kutatások összefoglalása, eredmények értékelése**

Különböző szempontú erdőművelési beavatkozások biodiverzitás egyes elemeire gyakorolt hatásainak elemzése során fontos előrelépést jelent, a projekt keretében létrehozott kísérleti infrastruktúra, amely mintegy 1 000

egyedből álló olyan kocsánytalan tölgy, cser, bükk és gyertyán elegyes állományt jelent, amelyeknek minden egyes egyedét letérképezve, terepi azonosítással és térinformatikai feldolgozással, a különböző szempontú erdőművelési beavatkozások következményeinek azonnali értékelését teszi lehetővé. A kísérleti („virtuális”) erdő kialakítását követően egyrészt az állományt képező egyedek genetikai jellemzőit nemzetközi viszonylatban is összehasonlításra lehetőséget adó módszertan szerint meghatároztuk, másrészt a terepen, majd a „számítógép monitorján” modellezés szintjén különböző szempontrendszer szerint „gyérítettünk” (pl. növedékfokozó gyérités, készletgondozó, száraló stb. szempontok szerint).

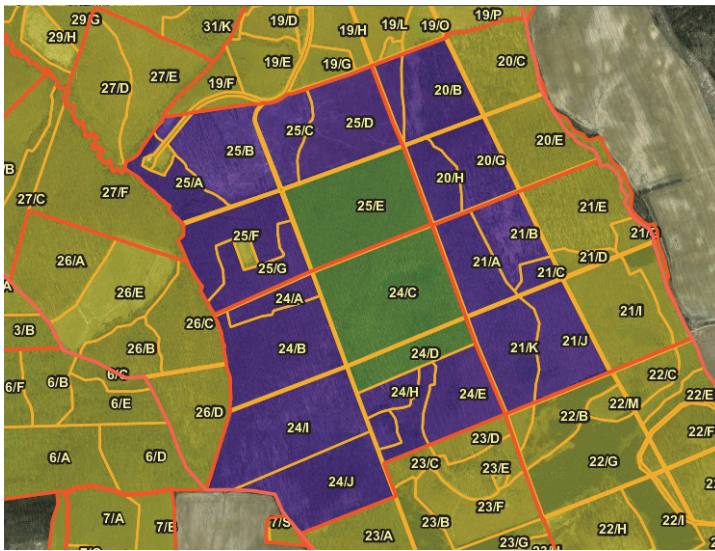
### **Elvégzett kutatási feladatok**

1. Állomány kiválasztása, Nagykapornak E/C/D erdőrészek – erdőrezervátum
2. Az állomány egyes fainak jelölése, sorszámozása (~1 000 egyed)
3. Térképezés
4. Egyes fa felvételek alapján történő teljes állományfelvétel
5. Genetikai vizsgálatokhoz szükséges növényi minták begyűjtése
6. Minták laboratóriumi elemzése
7. Térinformatikai alapú adatbázis létrehozása („virtuális erdő” kialakítása)
8. Virtuális gyéritések, modellezések, erdőkezelési szimulációk lefuttatása
9. A kapott erdőalakok összehasonlítása, értékelése

A gyérített egyedeket a valamennyi egyed képezte teljes halmazból eltávolítva kapjuk a visszamaradó egyedek képezte részpopulációkat. Ezen részpopulációk összehasonlító elemzése adhat választ egy sor eddig jobbra feltételezésen alapuló kérdés megválaszolására. A genetikai következmények azonnal értékelhetővé és térképen ábrázolhatóvá válnak. A „virtuális erdőt” más, az erdőállomány-szerkezetében és faji összetételben lezajló változások elemzésére is fel lehet használni, így képet kaphatunk a faj feletti és faji szinten lezajló diverzitási jellemzők alakulásáról.

## A mintaterület bemutatása

A vizsgálat helyszínéül a Nagykapornak 25/E erdőrésztlet szolgál, melyben egy közel 1 ha területű mintaparcella került kitűzésre a vizsgálatok elvégzéséhez. Az erdőrésztlet az erdőrezervátum magzónájában helyezkedik el, így konkrét fizikai beavatkozások nem történhetnek az állomány, ezen belül a mintaterület fáinak életébe. Éppen ezért a választott terület alkalmas lehet a természetes szelekciós folyamatok megfigyelésére, valamint a virtuális belenyúlásaink hatásainak állományszerkezetre, illetve genetikai változottságra gyakorolt hatásainak vizsgálatára.



9. ábra: Az erdőrésztletek védettség szerinti megoszlása (zöld színnel kiemelve a fokozottan védett magzóna, illetve lila színnel kiemelve a védett védőzóna)

### 8. táblázat: Erdőrészlet adatok

Közelítő (~10m) EOVS koordináták: 498124.12121, 163759.77714

#### ERDŐRÉSZLET INFORMÁCIÓK:

HELYSÉG /KÓD/:	Nagykapornak /9089/	ERDÉSZETI TÁJ:	Kelet-Zalai-Höszvidék /521/
ERDŐTAG:	25	TULAJDONFORMA:	Állami tulajdon
ERDŐRÉSZLET JEL /KÓD/:	E /50/	EL SÖDLEGES RENDELTETÉS:	Természetvédelmi
IGAZGATÓSÁG:	Zala Megyei Kormányhivatal	NATURA 2000:	Része a hálózatnak
ERDŐTERVEZÉSI KÖRZET:	Zalacsányi körzet	VÉDETTSÉG:	Fokozottan védett természeti terület
KÖVETKEZŐ TERVEZÉS ÉVE:	2017	TŰZVESZÉLYESSÉG:	Kismértékben tűzveszélyes faállományok

A mintaterületen 1 197 törzs bemérésére és felszámolására került sor. Ebből 666 db kocsánytalan tölgy, 379 db gyertyán, 35 db cser, 96 db bükk, 16 db madárcseresznye, illetve 1–1 db vadvadkörte és szelídgesztenye. A



genetikai vizsgálatok a kocsánytalan tölgy és a cser egyedeket érintik. A vizsgálatokat az első 500 db kocsánytalan tölgy és cser egyedet magába foglaló részterületen végeztük el.

## **Különböző gyéritések szimulációja**

### ***Állományszerkezeti vizsgálatok - Üzemi gyérités***

A gyérités során a klasszikus erdőnevelési irányelveket követő eljárást kívántuk szimulálni. Mivel az erdőrészletben a korábbiakban nem történtek beavatkozások, a mintaterület fáinak elegyaránya és törzsszáma jelentősen eltér az erdőnevelési modelltablákban megadott eszményi állomány jellemzőihez képest. A tervezett beavatkozást ezért nem tudtuk a modellek adataihoz igazodva végezni, azonban az irányelveket maximálisan szem előtt tartottuk. Ennek értelmében egy elméleti törzskiválasztó gyéritést elvégezve, az állomány jövőbeni növekedéséhez szükséges feltételeket igyekeztünk megteremteni. A közbeszorult, alászorult, illetve kis koronájúvá vált tölgyeket jelöltük kivágásra. Ebben a korban a javafák már a megkívánt biztonsággal kiválaszthatók, így az egyes törzsek minősítésekor ezek figyelembe vétele is megtörtént. A törzskiválasztó gyérités jelölésekor az elegyfajok szabályozásáról sem szabad megfeledkezni. A felső szintben lévő gyertyánok még versenyeznek a tölgyekkel, ezért ezek visszaszorítása is szükséges.

### ***Állományszerkezeti vizsgálatok - lécek nyitása***

A beavatkozással az átalakító üzemmódban alkalmazott eljárások hatásait igyekeztünk szimulálni. Átalakító üzemmódú erdeinkben a cél a szálaló szerkezet irányába való elmozdulás. A többkorú, csoportos szerkezetet leggyakrabban lécek kialakításával kívánjuk megvalósítani. A lécek számára és méretére vonatkozó konkrét utasításokat azonban nem találhatunk, így ezek meghatározása mindig egyedi mérlegelést igényel. Fontos figyelembe vennünk az állomány korát, az átalakítás idejét és ütemét, a meglévő újulat mennyiségét és elhelyezkedését, valamint a terepi sajátosságokat. A lécek kialakításakor átalakító üzemmódban kezelt, középkorú faállományú erdőrészletek üzemtervi előírásait vettük alapul. Ennek értelmében hektáronként 4–6 db, 200–300 m<sup>2</sup> területű lék jelölését kívántuk elvégezni. A lécek helyének meghatározásakor nem volt módunk figyelembe venni az újulatot és a terepi adottságokat. Igyekeztünk viszont a lécekkel a mintaterület határaitól és egymástól megfelelő távolságot tartani.

A területen összesen 4 db, közel azonos méretű, de eltérő tájolású (É–D, K–NY, ÉK–DNY, ÉNY–DK) lék vágását szimuláltuk. A lécek kb. 20–25m

hosszúak, 10–15m szélesek, elnyújtott téglalap, vagy ellipszis alakúak (2. ábra).



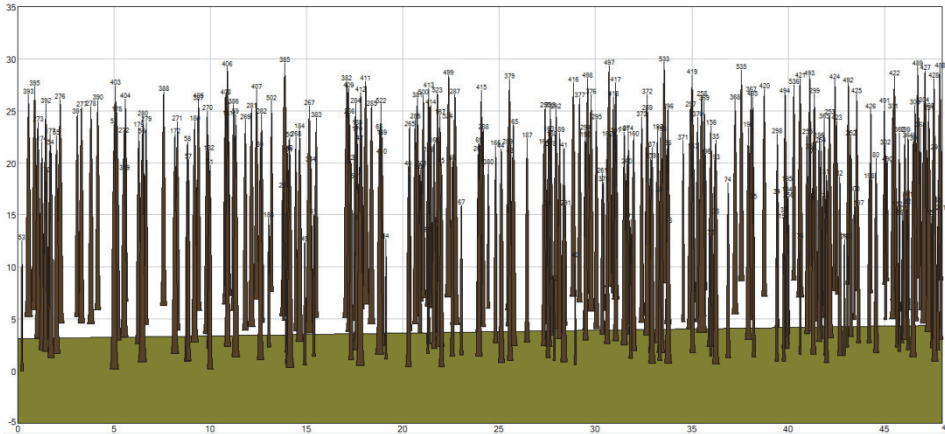
2. ábra: A mintaterület fái léknyítás után

A 854 számozott fát, köztük 500 tölgy és cser egyedek számláló mintaterületről összesen 118 faegyed távolítanánk el. Ennek a fele, 59 db kocsánytalan tölgy volt, tehát a kocsánytalan tölgy szempontjából egy jelentősen csekélyebb belenyúlást jelentene. A kivágásra jelölt fák ebben az esetben csoportosan helyezkednek el, így nagyobb összefüggő záródáshiányok, lékek keletkeznének.

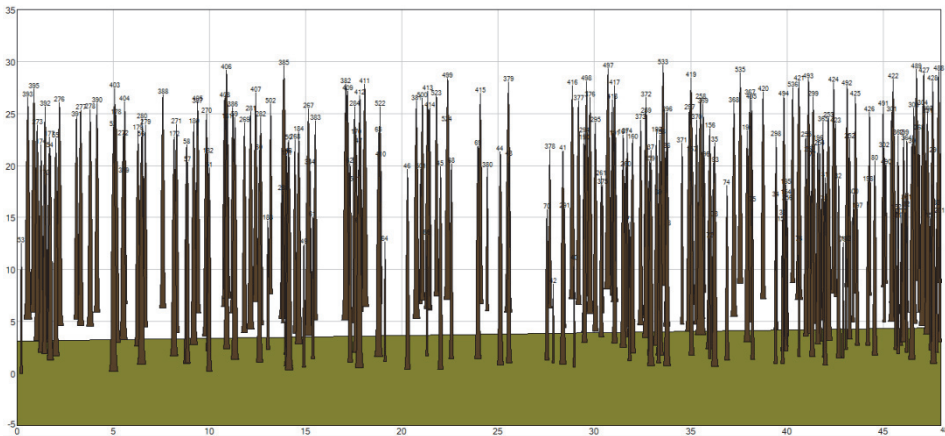
Mivel a lékek kialakításakor a fák minőségi és méreti jellemzőire nem voltunk tekintettel, elvileg egyenlő eséllyel kerülnek ki egyedek valamennyi átmérőtartományból. Ez az állományszerkezeti mutatók változásaiban is megmutatkozik.

A kocsánytalan tölgy esetében a kitermelés 83 törzset érintene egy hektárra vetítve. Mivel ez esetben a vágás jelölésekor a fák méreti jellemzői figyelmen kívül maradtak a fennmaradó állomány átlagátmérője az első esethez viszonyítva nem változott. A hektáronkénti 35,1 m<sup>3</sup>-es kitermelés a körlapösszeg 2,94 m<sup>2</sup>-es csökkenését vonja maga után.

A törzsek számának csökkenésével az átmérőszerkezetben változásokat nem tapasztalunk. A fenti ábrákon az egyes átmérő osztályokba tartozó törzsek számának változását figyelhetjük meg.



3. ábra: Az 1. transzekt gyérítés előtt



4. ábra: Az 1. transzekt gyérítés után

A 166 db-os törzsszám csökkenés egy egyetlen beavatkozás következménye. Az egy egyedre jutó növényteret az esetek többségében nem növeli, viszont a lék szélén álló fákat, illetve a lékekben megtalálható újulatot többlet-forrásokhoz juttatja. Az 1. számú lék kialakításakor végbemenő változásokat könnyedén szemügyre vehetjük a 3. és 4. ábrákon.

### ***Állományszerkezeti vizsgálatok - átmérőszerkezet elnyújtása***

A célunk a lécek nyitásához hasonlóan itt is a többkorú, száraló szerkezetű erdőkép megteremtése felé tett lépések szimulálása. Az eljárás elsősorban árnyéktűrő, valódi törzsenkénti száralásra alkalmas fafajok esetében lenne alkalmazható, de hatásait a kocsánytalan tölgy esetében is érdekes lehet vizsgálnunk. A beavatkozások során a középső átmérőtartományba eső faegyedek körében végezzük el a vágásjelölést. Megmaradnak a kis átmérőjű, eddig elnyomott egyedek, melyek fiatalabb korúnak tűnhetnek, illetve az állományban maradnak a böhöncösödő, nagy átmérőjű, de kedvezőtlen törzsféjlesztésű, terpedt koronájú fák is, melyek idősebb fák benyomását keltik.

### ***Állományszerkezeti vizsgálatok - intenzív üzemi gyérítés***

A beavatkozás során az előzőekben tárgyalt esethez hasonló alapelveket alkalmaztunk azzal a kiegészítéssel, hogy a nevelési osztályokba való besoroláson kívül a fák mellmagassági átmérőjét is figyelembe vettük a vágásjelölésekor. Eltávolításra kerültek az alacsony átmérőjű, feltehetően gyengébb produkcióra képes egyedek.

### ***Állományszerkezeti vizsgálatok - az átmérőszerkezet megbontása - szétválasztó szelekció***

Jelen esetben az előző beavatkozás egy szélsőséges esetét vizsgáljuk, mikor a középső átmérőtartományokba eső fák mindegyikét eltávolítjuk. Ezzel a beavatkozással egy látszólag kétkorú állomány létrehozását szimulálhatjuk.

## **A genetikai vizsgálat során használt anyag és alkalmazott módszer**

### ***Mintagyűjtés***

A genetikai hatásvizsgálatot a mintaparcellán dominánsan előforduló tölgy egyedek (kocsánytalan tölgy – *Quercus petraea* valamint csertölgy – *Quercus cerris*) esetében kívántuk elvégezni. Az intenzív mintagyűjtés során a területen fellelhető összes tölgy egyedet (összesen 672 mintafát) mintáztuk. A genetikai vizsgálatokhoz faegyedenként 10–15 darab, nyugalmi fázisban lévő, téli rügyet gyűjtöttünk.

## ***Mikroszatellit elemzés***

A mikroszatellit vagy SSR (*Simple Sequence Repeat*) markerek kiemelkedő változatossággal bíró DNS szakaszok. Nem kódoló szekvenciák, amelyek pontos funkciója nem ismert. Felépítésüket tekintve egy rövid, 2–4 bázispárból álló motívum nagyszámú ismétlődéséből tevődnek össze, az egyedek között tapasztalható nagyfokú változatosság pedig a motívumok eltérő kópiaszámából, és így az adott markerrégió változó hosszából ered. A módszer felbontóképességére jellemző, hogy 4–6 mikroszatellit marker alkalmazásával egyedi azonosításra alkalmas, ún. DNS ujjlenyomat hozható létre. A nagymértékű variabilitásból adódóan e markerek kiválóan alkalmasak finomléptékű állománystruktúrák (térbeli genetikai mintázat) feltárására, illetve a genetikai diverzitás jellemzésére.

A vizsgálat menete a következő: Első lépésben DNS-t nyerünk ki, majd a vizsgálni kívánt markerrégióhoz specifikusan kapcsolódni tudó indító szekvenciák és egy DNS polimeráz enzim segítségével felszaporítjuk az adott mikroszatellit markert (PCR, polimeráz láncreakció). Ezután megadjuk az így kiemelt és felszaporított DNS szakaszok pontos hosszát (fragmentanalízis). Ehhez a lépéshez egy nagy precizitású genetikai analízátor szükséges (ABI Prism 310), amely bázispár pontosságban teszi lehetővé a DNS fragmentumok hosszának detektálását. A mikroszatellit markerekkel nyert genotípus adatsor ezekből a hosszértékekből áll össze, minden marker esetében két értékkel (diploid testi sejteknél), amelyek homozigóta genotípus esetén azonosak, heterozigótáknál pedig különböznek.

A jelen vizsgálathoz a következő hat mikroszatellit markert alkalmaztuk: ZAG 9, ZAG 11, ZAG 96, ZAG 110, ZAG 112, ZAG 1/5.

## ***Statisztikai értékelés***

A genotípus adatsor értékelését a GenAlEx 6.4 populációgenetikai program segítségével végeztük el. A mikroszatellit markerek esetében első lépésben megadjuk az alkalmazott markerek nyújtotta felbontóképességet a  $P_{ID}$  mutatóval, amely annak a valószínűségét adja meg, hogy két genotípus véletlenszerű egyezést mutat. Minél alacsonyabb (0-hoz közeli) ez az érték annál valószínűbb, hogy az azonosnak ítélt genotípusok valóban azonos egyednek tekinthetők, tehát klóneredetűek (sarjak).

A következő lépésben a vizsgált markerek allélszerkezeti jellemzőit adjuk meg a következő mutatókkal:  $N_a$  megfigyelt allélszám,  $N_e$  effektív allélszám (gyakoriság értékekkel súlyozott mutató), gyakori allélok száma (a gyakoriságértékük 5% vagy annál magasabb),  $N_p$  csak az adott részcsoporthoz jellemző egyedi allélok száma.

Az allélgyakoriság értékekből valamint a heterozigóták részarányából származtatható diverzitási mutatók a  $H_o$  megfigyelt heterozigócia, amely a mintasoron megfigyelhető heterozigóta genotípusok arányát adja meg, valamint a  $H_e$  várt heterozigócia, amely az allélgyakoriság értékekből levezethető, számított érték. A megfigyelt és számított heterozigócia értékek viszonyából adható meg az  $F$  fixációs index. Értéke -1 és 1 között alakul. Véletlenszerű párosodás esetén, egyensúlyi helyzetben értéke 0. Pozitív értéke betenyésztettségre (heterozigóta hiányra) vagy nullallélok jelenlétére utal. Negatív értéket vesz fel heterozigóta többlet esetén. A nullától való jelentősebb eltérés szelekciós hatásokra is utalhat.

## A genetikai vizsgálati eredmények

### *Mikroszatellit vizsgálat*

A begyűjtött 672 tölgy egyed rügmintáiból elvégeztük a DNS kinyerését is. A kiválasztott 6 mikroszatellit marker felszaporítását (PCR reakció) valamint a fragmentumok pontos méretének meghatározását az első 500 minta esetében sikerült elvégeznünk. A hosszértékekből nyert genotípus adatsor statisztikai értékelését is elvégeztük az első 500 egyed esetében. A  $P_{ID}$  érték  $7,1 \times 10^{-9}$  volt, tehát annak a valószínűsége, hogy két genotípus véletlenszerű azonosságot mutasson gyakorlatilag nulla, így az alkalmazott 6 mikroszatellit marker megfelelő változatosságot mutatott az egyedszintű genetikai azonosításhoz.

**2. táblázat:** Az állomány főbb diverzitási mutatói

<b>Eredeti állomány</b>	<b>N</b>	<b>N<sub>a</sub></b>	<b>N<sub>e</sub></b>		<b>H<sub>o</sub></b>	<b>H<sub>e</sub></b>	<b>F</b>
ZAG 112	491	11	1,697		0,397	0,411	0,033
ZAG 96	496	37	11,367		0,905	0,912	0,007
ZAG 110	441	26	7,363		0,844	0,864	0,024
ZAG 9	481	21	6,907		0,827	0,855	0,032
ZAG 11	495	33	4,638		0,733	0,784	0,065
ZAG 1/5	498	29	9,764		0,882	0,898	0,018
<b>Átlag</b>	<b>483,667</b>	<b>26,167</b>	<b>6,956</b>		<b>0,765</b>	<b>0,787</b>	<b>0,030</b>
SE	8,883	3,781	1,420		0,077	0,077	0,008

A vizsgált 500 minta esetében az állomány a következő diverzitási mutatókkal rendelkezik (2. táblázat):

A markerenkénti megfigyelt allélszám ( $N_a$ ) magas volt, 11–37 között alakult. Az effektív allélszámok ( $N_e$ ) alacsonyabb értéke ugyanakkor jelzik a ritka, alacsony gyakorisággal megjelenő allélok magas számát, így átlagosan 7

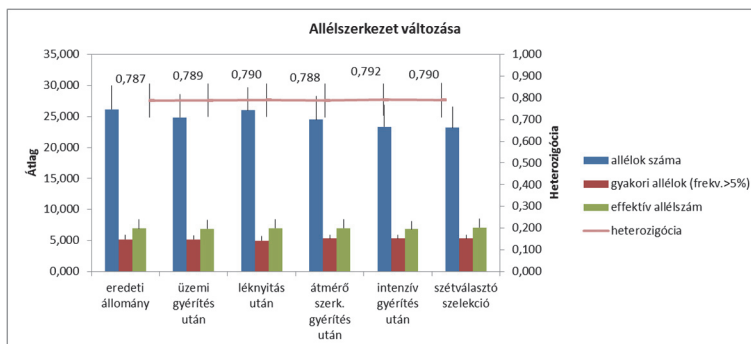
allél dominált a megfigyelt 26-ból. Az heterozigócia értékek magas átlagos értéket mutattak, a fixációs indexek (F) 0 körüli értékei egyensúlyi állapotra utalnak.

A különböző gyérítési beavatkozások eredményeképpen a vizsgált állományrész genetikai szerkezete meglepő módon nem mutatott jelentős diverzitáscsökkenést az eredeti állapothoz képest. A vizsgált gyérítési eljárásokat, valamint az állomány diverzitási mutatóinak alakulását a 3. táblázat foglalja össze.

**3. táblázat:** A különböző gyérítési beavatkozások hatása az állomány genetikai mutatóira markerenkénti bontásban

	Minta- szám	Kitermelt egyedek száma	Allélok száma	Effek- tív allél- szám	Gene- tikai diverzitás	Fixá- ciós index
	N	K	$N_a$	$N_e$	$H_o$	F
Eredeti állomány	500	-	26,167	6,956	0,765	0,030
Üzemi gyérítés után	373	127	24,833	6,917	0,757	0,042
Léknyitás után	445	55	26,000	6,998	0,764	0,032
Átmérő szerkezet alapján végzett gyérítés után	348	152	24,500	6,976	0,757	0,042
Intenzív gyérítés	301	199	23,333	6,840	0,765	0,036
Szétválasztó szelekció	285	215	23,167	7,096	0,766	0,029

A 5. ábrán a gyérítések allélszerkezetre gyakorolt hatását szemléltettük a megfigyelt allélszám ( $N_a$ ), a gyakorisági értékekkel korrigált effektív allélszám ( $N_e$ ), a gyakori allélok számának valamint a heterozigócia értékének feltűntetésével. Mint látható az allélszám mutat ugyan némi változást, azonban a gyakorisági értékek figyelembevételével ez a változás elhanyagolható, és néhány ritka allélt érint. A gyakori allélok arányát kifejező mutatókban nem tapasztaltunk jelentős eltérést. A heterozigócia értékére szintén alig volt hatással a vizsgált öt beavatkozás, sőt inkább egy nagyon enyhe növekedés volt megfigyelhető a heterozigóta genotípusok arányában.



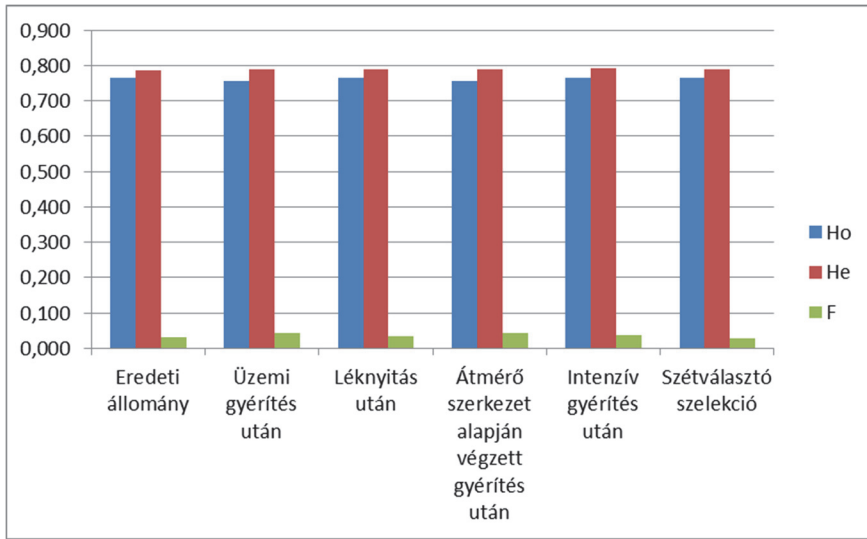
5. ábra A különböző gyéritési eljárások hatása az állomány allélszerkezetére

A 4. táblázat és 6. ábra foglalja össze a legfontosabb heterozigóciával kapcsolatos populációgenetikai mutatót kezelésként. A megfigyelt és számított heterozigócia, valamint a fixációs index értékeinek változását emeltük ki. Ez utóbbi érték minden esetben 0 körüli értékkel szerepel, ami nem jelent drasztikus eltérést a természetes állapottól, vagyis a beavatkozások az egyensúlyhoz közeli állapotban hagyták a populáció genetikai szerkezetét.

4. táblázat: A megfigyelt és számított heterozigócia, valamint a fixációs index értékeinek változása

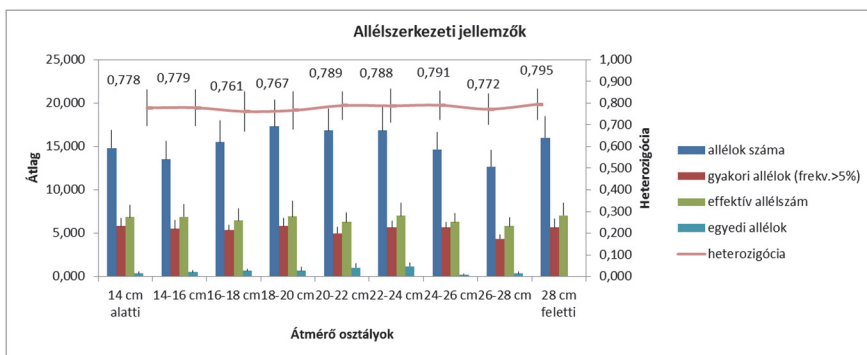
	H <sub>o</sub>	H <sub>e</sub>	F
Eredeti állomány	0,765	0,787	0,030
Üzemi gyérités után	0,757	0,789	0,042
Léknyitás után	0,764	0,790	0,032
Átmérő szerkezet alapján végzett gyérités után	0,757	0,788	0,042
Intenzív gyérités után	0,765	0,792	0,036
Szétválasztó szelekció	0,766	0,790	0,029





6. ábra: A megfigyelt és számított heterozigócia, valamint a fixációs index értékeinek változása

Mivel az eltérő mértékű, de egyenletes gyéritések hatására nem tapasztalunk eltérést az állomány genetikai diverzitásában, ellenőriztük, hogy a különböző méretű egyedek között tapasztalható-e bármiféle genetikai változottság. A mintasort az átmérő adatok alapján csoportosítottuk, és az így képzett átmérőosztályok genetikai mutatóit összevetettük. Az 7. ábrán található az eredmények összefoglalása.



7. ábra: A különböző átmérő osztályok genetikai mutatói

Az eredményekből látható, hogy a különböző méretcsoportok között sem tapasztalható lényeges eltérés.

5. táblázat: Hatásvizsgálati mátrix

	Üzemi gyérités	Intenzív üzemi gyérités	Léknyitás	Átmérő szerkezet elnyújtása	Szétválasztó szelekció
Megfigyelt allélszám ( $N_a$ )	(neg)	(neg)	(neg)	(neg)	(neg)
Effektív allélszám ( $N_e$ )	seml	seml	seml	seml	seml
Megfigyelt heterozigócia ( $H_o$ )	(neg)	seml	seml	(neg)	seml
Fixációs index (F)	seml	seml	seml	seml	seml
Mellmagassági átmérő Dg. (cm)	2	3,2	0	0,5	0,6
Körlapösszeg G ( $m^2$ )	-2,91	-4,45	-2,09	-4,96	-6,88
Körlapösszeg G ( $m^2/ha$ )	-4,10	-6,26	-2,94	-6,98	-9,68
Darabszám N (mintaterület)	-151	-217	-59	-154	-208
Darabszám N (ha)	-213	-305	-83	-217	-293
Fatérfogát V ( $m^3$ )	-32,0	-49,1	-25,0	-56,8	-79,7
Fatérfogát V ( $m^3/ha$ )	-45,0	-69,1	-35,1	-80,0	-112,1

### Összefoglalás

A vizsgálat első részeredményei meglepő módon az állomány olyan mértékű genetikai diverzitására és plaszticitására utalnak, amellyel az állomány még egy intenzívebb beavatkozás hatására kialakuló populációméret-csökkenést is csak kismértékű diverzitásváltozással reagál. Ez vélhetőleg, egyrészt az állomány természetes vagy természet közeli állapotából adódhat, illetve az erdőalkotó fajok kimagasló adaptációs potenciáljából, amelylyel a hosszú életciklusú, helyhez kötött életformák sajátossága. Másrészt, feltételezéseink szerint a nem kódoló mikroszatellit markerek ugyan kimagasló változatossággal bírnak, ami lehetővé teszi az állományokban az egyedszintű azonosítást, ugyanakkor egyértelműen semleges markerek, amelyek nem köthetők adaptív, vagy szelekciós hatásokhoz.

# A GAZDANÖVÉNY GENETIKAI TULAJDONSÁGAINAK HATÁSA A LOMBOGYASZTÓ ROVAROK GENETIKAI MINTÁZATÁRA

LAKATOS FERENC – TÓTH VIKTÓRIA

Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

## Kutatási cél

Meghatározni, hogy a gazdanövény genetikai tulajdonságai milyen hatással bírnak a rajtuk kialakuló herbivor rovarközösség genetikai mintázatára.

## Vizsgálati módszer

Bejegyertyánosan speciálisan kialakított kísérleti területtel rendelkezünk: 3 származási helyről (Magyarország, Franciaország, Skócia); különböző elegyességi fokkal (elegyetlen, 2–, 3– és 6 törzsfáról származó), meghatározott genetikai tulajdonsággal rendelkező faegyedekből hoztunk létre véletlenszerűen elrendezett blokkokat kétszeres ismétléssel (összesen 360 KST egyed, DNS fingerprintig módszerrel meghatározott tulajdonságokkal). A mintaterület kitűnően alkalmas annak vizsgálatára, hogy a gazdanövény genetikai mintázata milyen hatással van a kialakuló rovarközösségre, illetve ezen belül egyes kiválasztott rovarfaj genetikai állományára. A kutatási projekt során két modell rovarfaj begyűjtésre került sor. Az egyik egy kevésbé gyakori levéldarázsfaj (*Profenusa pygmae*), míg a másik egy gyakori és közös levélaknázó lepkefaj (*Tischeria ekebladella*). A 14 anyafa (5 magyar, 5 francia, 4 skót) utódait tekintve 4 magyar, 2 francia és 1 skót anyafa utódairól tudtunk levéldarázs (összesen 30 egyed) és 5 magyar, 4 francia és 2 skót anyafa utódairól tudtunk aknázómoly lárvákat (összesen 40 egyed) gyűjteni.

Faegyedenként maximum 3–3 egyedből vontunk ki DNS-t, így *P. pygmae* esetén 28, *Tischeria ekebladella* esetén 26 egyedből történt DNS kinyerése. *Tischeria ekebladella* esetén a populációgenetikai vizsgálatokhoz kontrollként kiválasztottunk további 3 populációt (Marcali, Palanga, Kaunas), szintén 3–

3 egyeddel. Ezen felül a külső kontrollként a *P. thomsoni* 2 egyedéből, illetve *T. dodonaea* 2 egyedéből nyertünk DNS-t.

## Eredmények

### *Tischeria ekebladella* populációk genetikai vizsgálata

A COI gén 5' vég felőli 623 bp hosszú szakaszára 37 egyed szekvencia adata alapján 12 nukleotid pozícióban találtunk variabilitást, ezek közül 11 csendes mutáció eredménye, a parszimoniailga informatív helyek száma 5, valamint 7 haplotípust csak egy egyed képviselte (singleton), összesen 13 haplotípust tudtunk elkülöníteni (1. táblázat).

**1. táblázat:** A haplotípusok megoszlása a különböző *T. ekebladella* populációkon belül a mitokondriális COI génen

	Össz.	Eur1	Hun1	Hun2	Hun3	Hun4	Hun5	Hun6	Hun7	Hun8	Hun9	Hun10	Lit1	Lit2
Bejc-Hun	9	3	1	1			2	1		1				
Bejc-Scot	4	2							1		1			
Bejc-Fra	7	4						1				2		
Bejgyertyános	20	9	1	1			2	2	1	1	1	2		
Marcali	10	7			1	1		1						
Kaunas	7	4											1	2

**2a. táblázat:** A mitokondriális COI gén szekvenciák divergenciája (%) *Tischeria* populációk között (between group average distance)

Jelmagyarázat: A szürke cellák a csoporton belüli átlagos távolság értékeket tartalmazza (within group average distance), (K2 szubsztitúciós modell, gamma estimation rate) a különböző populációkra vonatkozó adatok

	B	M	L	<i>T. dod.</i>
Bejgyertyános	0,19			
Marcali	0,14	0,10		
Kaunas	0,20	0,16	0,20	
<i>T. dodonaea</i>	9,48	9,40	9,45	n.r.

**2b. táblázat:** A mitokondriális COI gén szekvenciák divergenciája (%) *Tischeria* populációk között (between group average distance) a különböző származású tölgyeken

	Hun	Fra	Scot
Hun	0,23		
Fra	0,19	0,12	
Scot	0,21	0,15	0,16

A 2a. és 2b. táblázatok adatait összevetve a különböző származású tölgyeken előforduló *T. ekebladella* részpopulációk genetikai távolsága között csekély különbség mutatható ki. A magyar származású tölgyeken található *T. ekebladella* részpopuláción belül magasabb divergencia (0,23%) mutatható ki, mint a magyar és a skót (0,21%), vagy a magyar és a francia származású fák rovarközössége között (0,19%), ezért a részpopulációk elkülönítése ilyen módon nem indokolt. A skóciai származású tölgyeken található részpopuláción belül (0,16%), vagy a francia származásúakon (0,12%) belül tapasztalt divergencia értékek és skót, valamint a francia részpopuláció között mért divergencia érték (0,15%) sem indokolja a részpopulációk egyértelmű elkülönítését. A bejcgertyánosi magyar származású tölgyeken található *T. ekebladella* közösségen belül a divergencia jóval magasabb (0,23%), mint a kontrollként választott Marcaliból származó populációban mért genetikai távolság (0,10%).

### ***Profenusa pygmaea* populációk genetikai vizsgálata**

**3. táblázat:** A haplotípusok megoszlása a különböző *Profenusa pygmaea* populációkon belül a mitokondriális COI génen

	Össz.	H1	H2	H3	H4	K1
Bejc-Hun	4	4	2		2	
Bejc-Scot	4	3		1		
Bejc-Fra	3	1	2			
Bejcgertyános	15	8	4	1	2	
Bajti	6	3			3	
Kirgizisztán	4					4

A COI gén 5' vég felőli 552 bp hosszú szakaszára 25 egyed szekvencia adatai alapján 4 nukleotid pozícióban találtunk variabilitást, ezek közül 3 csendes mutáció eredménye, a parszimonialga informatív helyek száma 3,

valamint 1 haplotípust csak egy egyed képviselte (singleton), összesen 5 haplotípust tudunk elkülöníteni (3. táblázat). (A *Profenusa* fajokból nyert minták bázissorrendjének meghatározása nagyon hatásfokkal bír, a szekvencia adatok mintegy 50%-a értékelhetetlen volt.)

**4a. táblázat:** A mitokondriális COI gén szekvenciák divergenciája (%) *Profenusa* populációk között (between group average distance)

Jelmagyarázat: A szürke cellák a csoporton belüli átlagos távolság értékeket tartalmazza (within group average distance), (K2 szubsztitúciós modell, gamma estimation rate) a különböző populációkra vonatkozó adatok

	<b>Be</b>	<b>Ba</b>	<b>Ki</b>	<b><i>P. thom</i></b>
Bejcgertyános	0,15			
Bajti	0,15	0,11		
Kirgizisztán	0,40	0,27	0,00	
<i>P. thomsoni</i>	15,01	15,01	15,01	0,00

**4b. táblázat:** A mitokondriális COI gén szekvenciák divergenciája (%) *Profenusa* populációk között (between group average distance) a különböző származású tölgyeken

	<b>Hun</b>	<b>Fra</b>	<b>Scot</b>
<b>Hun</b>	0,16		
<b>Fra</b>	0,15	0,12	
<b>Scot</b>	0,17	0,17	0,09

A 4a. és 4b. táblázatok adatait összevetve a különböző származású tölgyeken előforduló *P. pygmaea* részpopulációk között nincsen számottevő genetikai távolság. A magyar származású tölgyeken élő rovarközösségen belül magasabb divergencia (0,16%) mutatható ki, mint a magyar származásúak és a skót származású tölgyeken élők (0,14%) között, vagy a magyar és francia származásúakon élők között (0,15%) tapasztalt távolság. Ezért nem indokolt elkülöníteni a részpopulációkat. A francia származású tölgyeken élő *P. pygmaea* közösségen belül mért genetikai távolság értéke (0,12%), valamint a skót származású fák *P. pygmaea* közösségének divergencia értéke (0,09%), kissé alacsonyabb, mint a skót és francia részpopulációk között mért genetikai távolság (0,17%).

## Következtetések

A végső következtetések levonásához be kell fejeznünk a jelenleg folyó statisztikai elemzéseket. Az eddig kapott eredmények a két modell rovarfajnál ellentétes eredményeket hoztak. Bár mindkét faj esetében megfigyelhető a földrajzi távolsággal összefüggő genetikai távolság, a gazdanövény hatása a *Tischeria* fajnál valószínűsíthető, míg a *Profenusa* fajnál kizárható.

Emelni tervezzük a vizsgálatba vont egyedek számát, illetve a származási kísérletbe bevont tölgyegyedek genetikai távolsága és az általunk kapott divergencia adatok között korrelációs elemzést fogjuk még elvégezni.

## 2.2. részprojekt: A folyamatos erdőborítás fajösszetétel és fajdiverzitás-vizsgálata

Részprojekt felelős szervezeti egység: EMK Növénytani és Természetvédelmi Intézet

### A FOLYAMATOS ERDŐBORÍTÁS FAJÖSSZETÉTEL ÉS FAJDIVERZITÁS VIZSGÁLATA

BARTHA DÉNES<sup>(1)</sup> – CSISZÁR ÁGNES<sup>(1)</sup> – KORDA MÁRTON<sup>(1)</sup> –  
ZAGYVAI GERGELY<sup>(1)</sup> – TIBORCZ VIKTOR<sup>(1)</sup> – KISPÁL DÓRA<sup>(1)</sup> –  
SCHMIDT DÁVID<sup>(1)</sup> – NÓTÁRI KRISZTINA<sup>(1)</sup> – PARCZEN BENEDEK<sup>(1)</sup> –  
NAGY BÁLINT<sup>(1)</sup> – BENDE ATTILA<sup>(1)</sup> – SIFFER SÁNDOR<sup>(3)</sup> –  
CSÉPÁNYI PÉTER<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Növénytani és Természetvédelmi Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

<sup>(2)</sup>Pilisi Parkerdő ZRt.  
2025 Visegrád, Mátyás kir. u. 4.

<sup>(3)</sup>Pro Silva Hungaria Egyesület  
3232 Mátrafüred  
Hegyalja u. 14.

### Bevezetés

Az elmúlt évtizedben hazánkban is egyre kifejezettebbé vált az igény a társadalom részéről a folyamatos erdőborítás fenntartása mellett megvalósuló erdőgazdálkodás iránt. Magyarországon a közelmúltig szinte egyeduralgó vágásos gazdálkodás erre nem alkalmas, így a fokozódó társadalmi nyomásra az erdőgazdálkodásban jelentős változások bevezetésére került sor. A folyamatos erdőborítás mellett megvalósuló erdőgazdálkodásra leginkább a szálaló üzemmód alkalmas, azonban a vágásos gazdálkodásból adódóan a hazai erdők többsége homogén szerkezetű és egykorú. Ezek az állománytulajdonságok nem kedveznek a szálalás bevezetésének, így azt



megelőzően ki kell alakítani a szálalószervezetet, vagyis a többszintes, többkorú erdőt. Ezt szolgálja az átalakító üzemmód, melynek célja tehát a szálalás feltételeinek megteremtése, míg eszköze az állományokban eltérő időpontokban kialakított lékek.

A szakma véleménye meglehetősen eltér abban a kérdésben, hogy a különböző erdőtársulás-csoportokba tartozó erdőkben, illetve különböző faállományokban milyen sikerrel lehet a szálalást, illetve az azt megelőző átalakítást bevezetni a gazdasági érdekek kielégítő érvényesülése mellett.

A hazai erdőgazdálkodásban a lékek nyitása mellett történő felújításról elsősorban bükkös állományok esetében van jelentősebb tapasztalat. A többi erdőtársulás-csoportba tartozó erdők esetén vagy egyáltalán nincs, vagy csak egy-két kísérleti jelleggel nyitott lék adatait ismerjük.

Sajátos módon hazánkban üzemi léptékben vezették be az átalakító üzemmódot, még azelőtt, hogy annak hatásait kiterjedt kutatások részletesen feltárták volna. Ez a körülmény azonban igen kedvező a kutatások számára, mert így számos erdőtársulás-csoportba tartozó erdőben nyitottak statisztikai elemzésre alkalmas mennyiségű léket.

Részprojektünk célja elsősorban a korábban nem kutatott társulás-csoportba tartozó erdőkben nyitott lékek felkutatása, felmérése és a kapott eredmények elemzése.

## Célkitűzés

A kutatást megelőző tervezési fázisban célul tűztük ki, hogy minél több átalakító, illetve szálaló üzemmódban kezelt erdőrészletet felkeresünk és egy részletesen kidolgozott módszertan alapján a kialakított lékeket felmérjük. Célunk elsősorban olyan erdők felkutatása és vizsgálata volt, melyekkel kapcsolatban korábbi tapasztalatok nem, vagy csak csekély mértékben álltak rendelkezésre, így a kutatásainkkal a bükkösöket nem érintettük. A mintaterületek kiválasztásánál az is fontos szempont volt, hogy gazdaságilag jelentős, tehát országosan is nagy kiterjedésű társulás-csoportokhoz tartozó állományokat vizsgáljunk. Ez természetvédelmi szempontból is kiemelten fontos, hiszen ezek az állományok a pannon biogeográfiai régiójellemző élőhelyei, melyek kedvező természetvédelmi helyzetének fenntartása Európai Unió kötelezettségünk is. Ebből kifolyólag nem csak természetvédelmi érdek, de gazdálkodói szempontból is alapvető jelentőségű, hogy olyan gazdálkodási mód kialakítására kerüljön sor, mely az élőhelyek hosszú távú megőrzése mellett, azok gazdasági hasznosítását is lehetővé teszi. Mindezeket figyelembe véve végső célunk az volt, hogy adott termőhelyi körülmények között, adott társulás-csoportba tartozó erdők esetén olyan –

elsősorban a lécek kialakítására vonatkozó – ajánlásokat tudjunk adni a gazdálkodóknak, melyek ökológiai és ökonómiai szempontból is kedvezőek.

## Anyag és módszer

A tényleges terepi kutatómunkát megelőző tervezés során két alapvető feladatot kellett megoldani. Egyrészt fel kellett kutatnunk azokat a potenciális mintaterületeket, melyek megfelelnek a céljainknak, másrészt ki kellett dolgoznunk a terepi felvételezés részletes menetét.

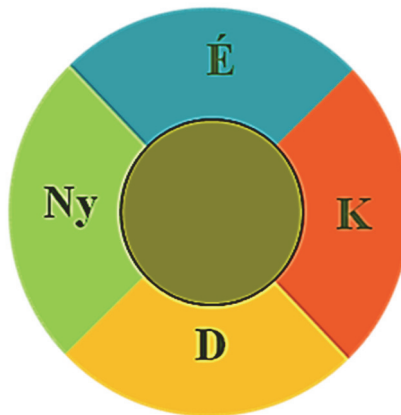
A mintaterületek felkutatása során felvettük a kapcsolatot azokkal az állami és magán erdőgazdálkodókkal, akik a kutatás szempontjából megfelelő földrajzi, illetve termőhelyi adottságokkal rendelkező területen gazdálkodnak, és a területükön átalakító, illetve szálaló üzemmód már bevezetésre került. A kutatás során vizsgált lécek számát és az érintett erdőrészteket az 1. táblázat mutatja erdőtársulás-csoportonként.

**1. táblázat:** A kutatás során vizsgált lécek erdőrésztekenkénti, illetve erdőtársulás-csoportonkénti megoszlása

Mintaterület			Felvett lécek száma (db)	Erdőtársulás-csoport (ÁNER 2011)
Községhatár	Tag	Részlet		
Bejcgertyános	6	A	6	gyertyános-kocsánytalan tölgyes
	7	C	10	
	10	D	4	
Budapest II.	44	A	2	gyertyános-kocsánytalan tölgyes
	45	C	5	
	46	A	11	
Csörötnek	43	D	8	fenyőelegyes tölgyes
Fenyőfő	54	A	5	gyertyános-kocsánytalan tölgyes
Gyula	15	A	5	keményfás ligeterdő
	127	A	5	
	149	A	6	
Pécsely	3	D	5	mész- és melegkedvelő tölgyes
Sopron	80	B	33	gyertyános-kocsánytalan tölgyes
Vállus	71	F	3	sziklaerdő
Vép	32	D	1	cseres-kocsánytalan tölgyes
Zánka	1	B	10	cseres-kocsánytalan tölgyes
	15	A	6	

A felvétel módszertana az erdőben kialakított lékre koncentrál. Mivel viszonylag nagyszámú lék felvételét terveztük, ezért olyan módszer kidolgozására volt szükség, mely nem veszik el a részletekben, de statisztikailag mégis kiértékelhető adatmennyiséget szolgáltat. E vezérelvet követve végül két módszertant dolgoztunk ki.

Az első módszer esetén a lékek növényzetének felmérése során a lékeket 5 darab 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 szegmensre osztottuk. Az így képzett 5 egység területe hozzávetőleg azonos, mivel a lékek nem szabályos kör, hanem leginkább elliptikus alakkal bírnak (1. ábra). A fentiekben ismertetett vizsgálati egységekben feljegyeztük a fajösszetételt, az összborítást, valamint a fajokhoz tartozó borítás értékeket 5%-os pontossággal. Újulat felmérésekor az öt vizsgálati egységben (4 szegmens és központi egység) feljegyeztük az újulat fajait és a fajokhoz tartozó egyedszámot. A lékek gyepszintjének felvételezésére nyáron, júniustól augusztusig, az újulat felmérése szeptember és november között került sor. Az eredmények statisztikai kiértékelését paraméteres és nem paraméteres varianciaanalízissel és Spearman féle rangkorrelációval végeztük (INSTAT, 2003).



**1. ábra:** A lékek vizsgálati egységei: kör: a lék közepe, É: északi szegmens, K: keleti szegmens, D: déli szegmens, Ny: nyugati szegmens

A második módszer szerint a lékek felvételezést két léptékben végeztük; először rögzítettük a lék paramétereit és az egyes növényfajok borítását a lék egészére vonatkozóan, majd a lék átlóira fektetett mintakörök segítségével részletes cönológiai felvételeket készítettünk. Minden lék esetén feljegyeztük

a lék általános adatait: a léknyitás évét, a lék kitettséget, lejtőszögét, a lék szegélyében található fák átlagos magasságát, valamint az észak-déli és kelet-nyugati átlók hosszát. A lék egész területére vonatkozóan feljegyeztük a cserjeszint %-os borítását fajonként, az újulat %-os borítását fajonként, valamint a gyepszint összborítását, a gyepszintben található újulatot is beleértve. A lék egészére vonatkozóan rögzítettük a tíz legnagyobb borítást elérő növényfaj, és az erdőgazdálkodási szempontból jelentős gyomfajok borítási értékeit.

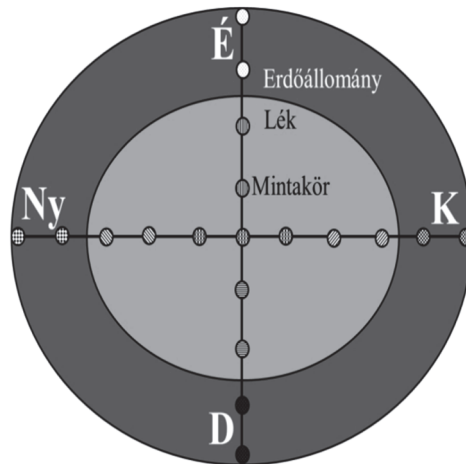
A lékek részletes vizsgálatához minden lékben két transzektet fektettünk le az észak-déli és kelet-nyugati átlók mentén, olyan módon, hogy mindkét transzekt 5–5 méterrel az állomány alatt végződött. A transzekt mentén elhelyezett 80 cm átmérőjű mintakörökben részletes felvételezést végeztünk, az átlók északi, illetve a keleti végén kezdve, a mintakörök között két mintakörnyi terület kihagyásával. A mintakörökön belül rögzítettük a lombkoronaszint, a cserjeszint és a gyepszint összborítását, valamint az egyes szintekben jelenlévő növényfajok borítási értékeit.

Az egyes növényfajok lékbeli mintázatának vizsgálatához a transzekt mentén elhelyezett mintakörök adatait transzektenként 5–5 csoportba soroltuk olyan módon, hogy az eloszlásuk a transzekt mentén szimmetrikus legyen. Az észak-déli átló esetén az első csoportba a transzekt északi végén található, állomány alatti mintakörök, a másodikba a lék északi oldalán található mintakörök, a harmadikba a lék központjában található mintakörök, a negyedikbe a lék déli oldalán található mintakörök, az ötödikbe a transzekt déli végén található, állomány alatti mintakörök kerültek (2. ábra). A másik transzekt esetén a mintakörök adatait az előzővel megegyező módon csoportosítottuk. A lékek alakját az átlók hányadosából képzett lékindexszel jellemeztük (EYSENRODE et al., 1998). Az eredmények statisztikai kiértékelését Spearman féle rangkorrelációval és Friedman teszttel (nem paraméteres varianciaanalízis) végeztük (INSTAT, 2003), a lékparaméterek, a domináns gyomfajok és az újulat közötti kapcsolatot kanonikus korrespondenciaanalízissel (CCA) elemeztük a Past statisztikai programcsomag segítségével (HAMMER et al., 2001).

Mindemellett a lékekben megjelenő újulat vadkárosítottságának mértékét is rögzítettük (MÁRKUS – MÉSZÁROS, 2000) 5 fokozatú skálája szerint:

- Nincs károsítás 0
- A vezérhajtás teljesen ép, az oldalhajtásokon a vadkár (rágás) elenyésző 1
- A vezérhajtás ép, a felső harmad oldalhajtásai jelentős mértékben visszarágottak 2
- A vezérhajtás is sérült, de regenerálódott, az oldalhajtások erőteljesen rágottak 3

- Ismételten visszarágott, torz növéssű fáska, nagysága jelentősen kisebb, mint a kor szerinti magasság 4
- Agyonrágott, elhaló 5



2. ábra: A lék felvételezésének módszere

## Eredmények

A zárójelentés terjedelmi korlátai miatt az egyes mintaterületek esetében nem térünk ki minden felvett és értékelt adatra, csak a kiemelkedő gyakorlati jelentőséggel bíró tényezőkre, tehát a lékek paramétereire, az újulatra és az erdészetileg jelentős gyomokra. Az összes mintaterület esetében bemutatjuk a lékekben felmért újulat, illetve erdészeti jelentőségű gyomok összborítási értékeit.

### *Bejegyertyános*

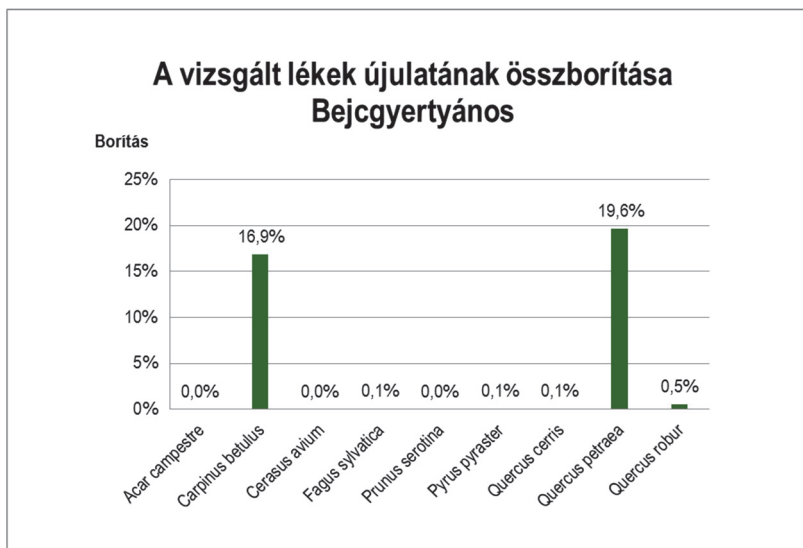
Bejegyertyánoson 3 erdőrészt összesen 20 lékét vizsgáltuk. A vizsgált faállományok 130 év körüli elegyes gyertyános-kocsánytalan tölgyesek. A termőhely gyertyános-tölgyes klímában fekszik, jellemző az agyagbemosódásos barna erdőtalaj és a többletvízhatástól független hidrológia. A 6/A erdőrészt sík, míg a 7/C és a 10/D 2,5–5°-os lejtésű. Az állományok átalakító üzemmódban kezelt természetszerű erdők.

A bejegyertyánosi lékekben az újulat borítását vizsgálva látható, hogy kiemelkedő értékkel van jelen a kocsánytalan tölgy és a gyertyán. A fajszámot tekintve elmondható, hogy az elegyfajok borítása bár nem magas, de

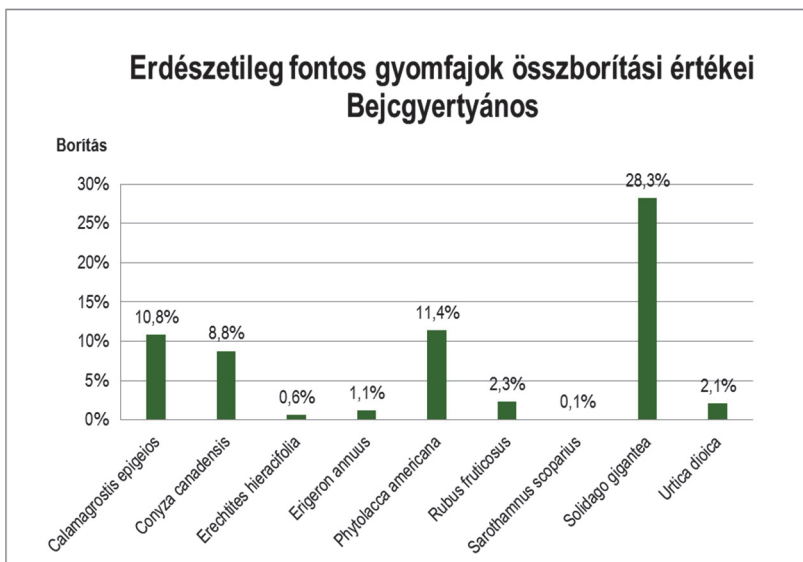
számuk jelentős. Az erdészeti szempontból jelentős gyomfajok közül a magas aranyvessző és az amerikai alkörmös éri el a legnagyobb borítást, de a betyárkóró és a siska nádtippan is jelentős arányban van jelen.

2. táblázat: A bejgyertyánosi lékek fontosabb adatai

Tag/ rész- let	Lék sor- száma	É-D	K-Ny	Terület (m <sup>2</sup> )	Újulat összborítása (%)	Újulat fajszáma (db)	Erdészetileg jelentős gyomfajok borítása (%)
10/D	1	23,4	20,3	372,9	70	2	70
	2	37,3	23,3	682,2	35	3	70
	3	26,0	24,0	489,8	80	2	45
	4	33,1	34,2	888,6	40	3	95
7/C	1	21,9	17,2	295,7	50	3	50
	2	19,1	20,3	304,4	12	3	100
	3	29,3	19,0	437,0	30	2	80
	4	30,0	40,0	942,0	30	4	100
	5	22,5	9,4	166,0	76	5	60
	6	29,5	9,3	215,4	61	5	23
	7	33,0	8,1	209,8	25	3	50
	8	19,2	19,0	286,4	20	2	90
	9	17,2	13,5	182,3	21	3	22
	10	21,0	12,0	197,8	90	2	10
6/A	1	32,8	35,5	914,1	20	2	40
	2	23,3	9,3	170,1	12	4	49
	3	33,5	20,3	533,8	15	2	85
	4	19,0	25,0	372,9	40	2	80
	5	22,0	24,0	414,5	40	2	38
	6	26,0	20,0	408,2	30	2	17



3. ábra: A bejcgertyánosi lékek újulatának összborítása



4. ábra: A bejcgertyánosi lékek erdészeti szempontból jelentős gyomfajainak összborítása

## *Budapest II.*

Budapest II. kerületében 3 erdőrészlet összesen 18 lékét vizsgáltuk. A vizsgált erdők 130–160 év körüli állományok. A 44/A és 45/C erdőrészletek cseres-kocsánytalan tölgyesek, míg a 46/A gyertyános-kocsánytalan tölgyes. A 44/A és 45/C erdőrészletek kocsánytalan tölgyes, illetve cseres klímában,

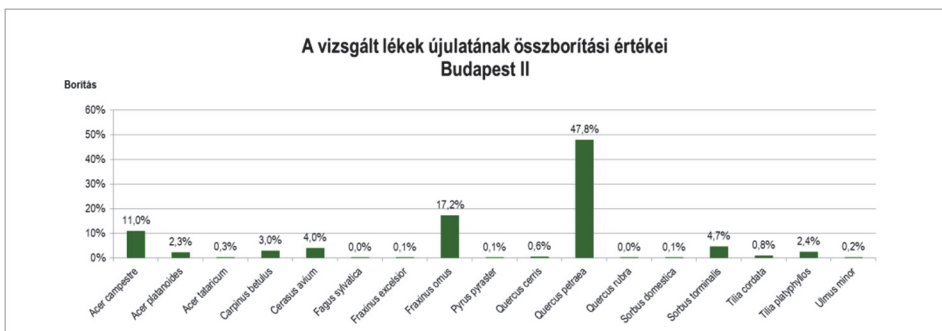
míg a 46/A gyertyános-tölgyes klímában fekszik. A 44/A és 46/A részletekben barna föld, míg a 45/C-ben rendzina a jellemző. A hidrológia mindenhol többletvízhatástól független. A vizsgált erdőrészek változatos, 10–15°-os lejtésűek. A kitétséget tekintve a 44/A részlet változó, a 45/C nyugati, míg a 46/A északi. Az állományok szálaló üzemmódban kezelt származék erdők.

A budapesti lékekben az újulat borítását vizsgálva látható, hogy kiemelkedő értékkel van jelen a kocsánytalan tölgy és a virágos kőris. Az elegyfajok közül a mezei juhar és a barkócaberkenye éri el a legnagyobb borítást, de alacsony borítással számos további elegyfaj is jelen van. Az erdészeti szempontból jelentős gyomfajok közül az erdei iszalag és a földi szeder ér el kimagasló értéket.

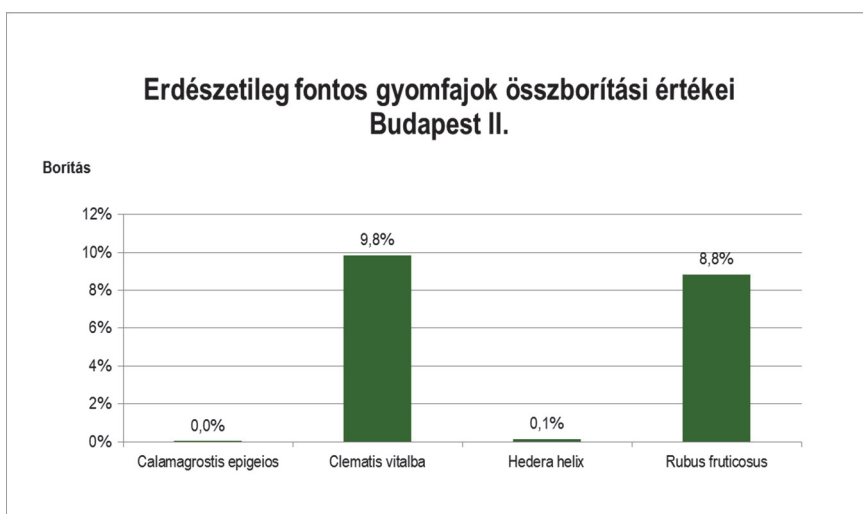
**3. táblázat:** A Budapest II. kerületi lékek fontosabb adatai

Tag/ rész- let	Lék sor- száma	É-D	K-Ny	Terület (m <sup>2</sup> )	Újulat összborítása (%)	Újulat fajszáma (db)	Erdészeti jelentős gyomfajok borítása (%)
44/A	1	7,6	17,2	102,6	65	12	0
	2	18,2	19,5	278,6	28	3	0
45/C	16	12,8	2,8	28,1	100	3	2
	17	10,2	19,5	156,1	50	4	20
	18	5,7	10,9	48,8	55	3	0
	19	17,3	14,3	194,2	75	6	0
	20	19,0	15,5	231,2	37	9	0
46/A	4	12,5	12,5	122,7	28	5	10
	5	20,7	11,0	178,7	29	4	20
	6	19,1	12,5	187,4	42	4	0
	7	9,0	14,5	102,4	25	4	1
	8	9,7	11,1	84,5	61	5	0
	9	13,0	9,4	95,9	77	8	0
	10	14,2	21,8	243,0	66	8	2
	11	20,0	6,9	108,3	57	4	2
	12	19,9	13,2	206,2	60	4	0
	13	58,0	35,0	1 593,6	163	8	42
15	10,5	11,4	94,0	70	8	5	





5. ábra: A Budapest II. kerületi lécek újulatának összborítása



6. ábra: A Budapest II. kerületi lécek erdészeti szempontból jelentős gyomfajainak összborítása

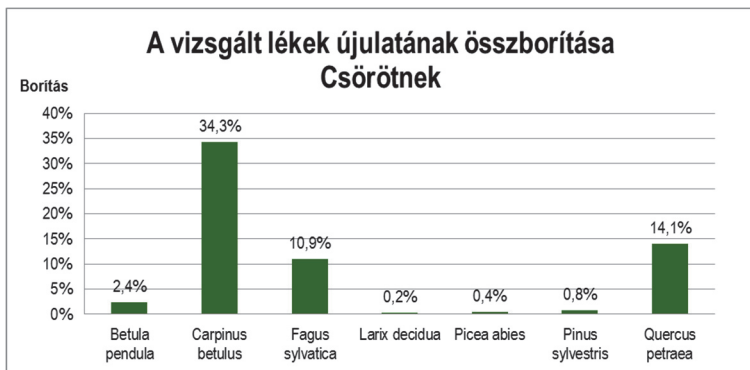
### *Csörötnek*

Csörötneken 1 erdőrészt összesen 8 lékét vizsgáltuk. A vizsgált faállomány 100 év körüli fenyőtelep. A termőhely gyertyános-tölgyes klímában fekszik, jellemző a pseudoglejes barna erdőtalaj és a több-letvízhatástól független hidrológia. A erdőrészt sík. Az állományok átalakító üzemmódban kezelt természetközeli erdők.

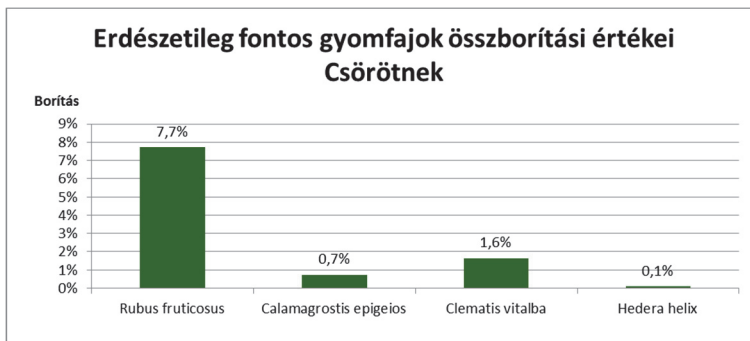
A csörötneki lékekben az újulat borítását vizsgálva látható, hogy messze kiemelkedő értékkel van jelen a gyertyán, jóval alacsonyabb arányban a kocsánytalan tölgy és a bükk. Feltűnő, hogy a társulásra jellemző erdőfenyő szinte hiányzik az újulatból. Az erdészeti szempontból jelentős gyomfajok közül egyedül az erdei iszalag ér el jelentős borítást.

4. táblázat: A csörötneki lécek fontosabb adatai

Tag/ részlet	Lék sor- száma	É-D	K-Ny	Terület (m <sup>2</sup> )	Újulat összborítása (%)	Újulat fajszáma (db)	Erdészetileg jelentős gyomfajok borítása (%)
43/D	1	25,4	22	438,7	41	7	5
	2	13,4	17,1	179,9	85	3	0
	3	14,7	18,5	213,5	105	3	6
	4	12,5	17,1	167,8	66	3	32
	5	9,6	8,0	60,3	25	3	3
	6	10,9	13,5	115,5	100	3	7
	7	7,3	20,0	114,6	17	3	55
	8	17,0	24,5	327,0	61	6	1



7. ábra: A csörötneki lécek újulatának összborítása



8. ábra: A csörötneki lécek erdészeti szempontból jelentős gyomfajainak összborítása

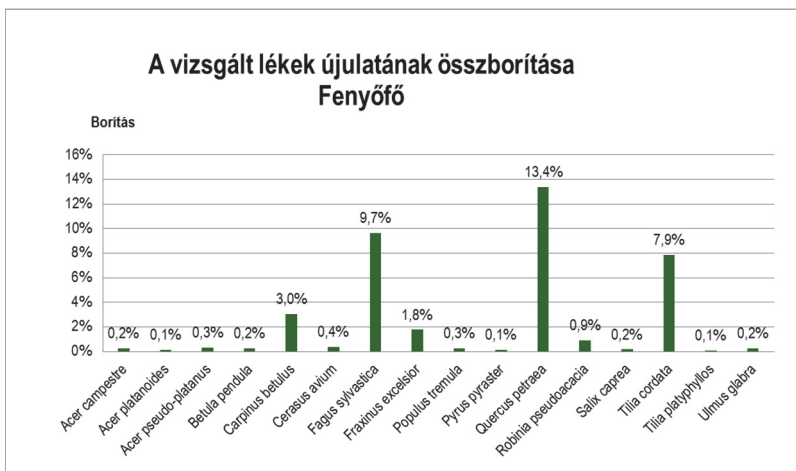
## *Fenyőfő*

Fenyőfőn 1 erdőrésztlet összesen 5 lékét vizsgáltuk. A vizsgált faállomány 110 év körüli elegyes gyertyános-kocsánytalan tölgyes. A termőhely bükkös klímában fekszik, jellemző az agyagbemosódásos barna erdőtalaj és a több-letvízhatástól független hidrológia. Az erdőrésztlet keleti kitétségű, 2,5–5°-os lejtésű. Az állomány átalakító üzemmódban kezelt természetyszerű erdő.

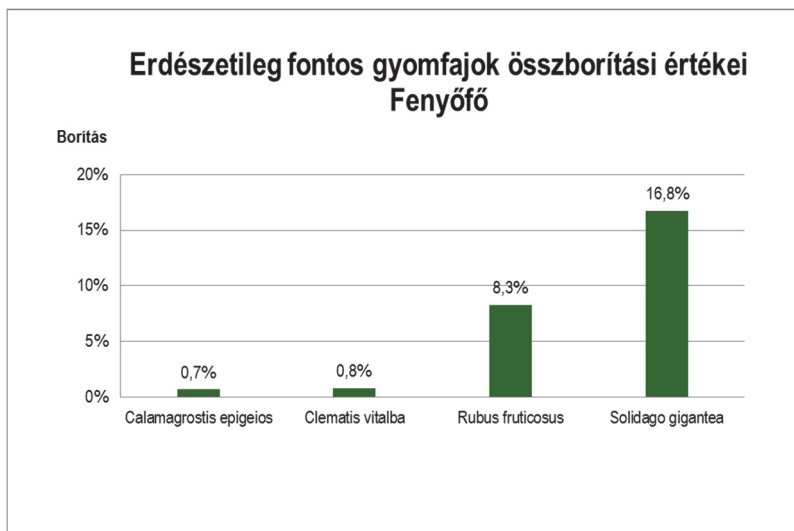
A fenyőfői lékekben az újulat borítását vizsgálva látható, hogy a számos elegyfaj mellett kiemelkedő értékkel van jelen a kocsánytalan tölgy, a bükk, a kislevelű hárs és a gyertyán. Az erdészeti szempontból jelentős gyomfajok közül a magas aranyvessző és a földi szeder éri el a legnagyobb borítást.

**5. táblázat:** A fenyőfői lékek fontosabb adatai

Tag/részlet	Lék sor-száma	É-D	K-Ny	Terület (m <sup>2</sup> )	Újulat összborítása (%)	Újulat fajszáma (db)	Erdészetiileg jelentős gyomfajok borítása (%)
54/A	1	20,9	10,4	170,6	72	6	11
	2	23,4	8,7	159,8	45	4	11
	3	23,8	17,2	321,4	34	13	51
	4	7,0	13,8	75,8	39	7	3
	5	8,8	24,3	167,9	22	8	37
	8	16,1	14,0	176,9	24	9	11



**9. ábra:** A fenyőfő lékek újulatának összborítása



**10. ábra:** A fenyőfői lékek erdészeti szempontból jelentős gyomfajainak összborítása

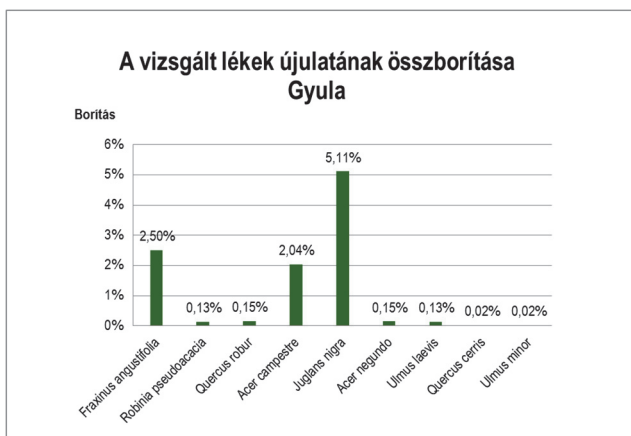
### *Gyula*

Gyulán 3 erdőrészlet összesen 16 lékét vizsgáltuk. A vizsgált erdők 65–110 év közötti keményfás ligeterdők. A felvételezett részletek erdőssztyepp klímában, sík területen fekszenek. A 15/A és a 149/A részletek változó vízellátásúak, míg a 127/A időszakos vízhatás alatt áll. A 15/A erdőrészletre a típusos réti talaj, a fennmaradó két részletre az öntés réti talaj a jellemző. Az állományok átalakító üzemmódban kezelt származék, illetve természetserű erdők.

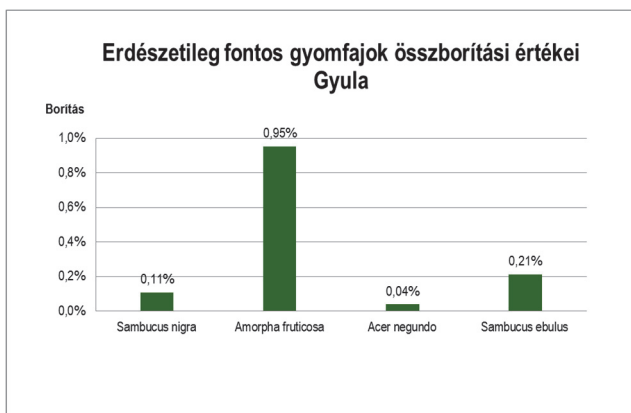
**6. táblázat:** A gyulai lékek fontosabb adatai

Tag/ részlet	Lék sor- száma	É-D	K-Ny	Terület (m <sup>2</sup> )	Újulat összborítása (%)	Újulat fajszáma (db)	Erdészetileg jelentős gyomfajok borítása (%)
149/A	1	11,0	16,0	138,2	1	2	0
	2	9,0	8,0	56,5	5	2	5
	3	17,0	12,0	160,1	2	2	0
	4	20,0	8,0	125,6	2	2	20
	5	13,0	10,0	102,1	5	3	1
	6	28,0	15,0	329,7	41	2	0
127/A	7	20,0	29,0	455,3	2	3	0
	8	24,0	22,0	414,5	2	3	0
	9	17,0	7,0	93,4	4	6	0
	10	13,0	11,0	112,3	2	3	5

Tag/ részlet	Lék sor- száma	É-D	K-Ny	Terület (m <sup>2</sup> )	Újulat összborítása (%)	Újulat fajszáma (db)	Erdészetileg jelentős gyomfajok borítása (%)
15/A	11	11,0	12,0	103,6	2	2	0
	12	12,0	10,0	94,2	2	3	0
	13	11,0	24,0	207,2	1	1	0
	14	9,0	9,0	63,6	6	2	0
	15	18,0	13,0	183,7	50	3	0



11. ábra: A gyulai lécek újulatának összborítása



12. ábra: A gyulai lécek erdészeti szempontból jelentős gyomfajainak összborítása

A gyulai lécekben az újulat borítását vizsgálva látható, hogy kiemelkedő értékkel van jelen a fekete dió, valamint a mezei juhar és a magyar kőris. Az állományalkotó kocsányos tölgy szinte hiányzik az újulatból. Az erdészeti

szempontból jelentős gyomfajok közül a gyalogakác borítása ér el kimagasló értéket.

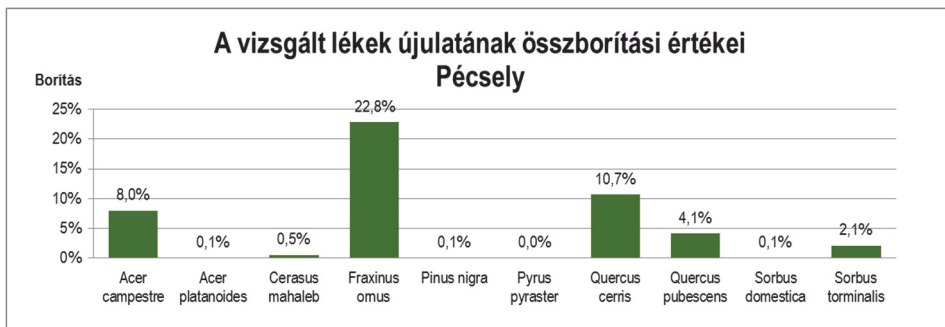
### *Pécsely*

Pécselyen 1 erdőrésztlet összesen 5 lékét vizsgáltuk. A vizsgált faállomány 70 év körüli mész és melegkedvelő tölgyes. A termőhely kocsánytalan tölgyes, illetve cseres klímában fekszik, jellemző rendzina talaj és a többletvízhatástól független hidrológia. Az erdőrésztlet változó kitétséggű, 2,5–5°-os lejtésű. Az állomány száraló üzemmódban kezelt származék erdő.

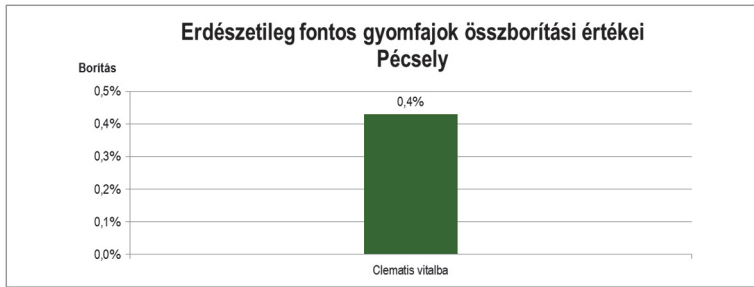
A pécselyi lékekben az újulat borítását vizsgálva látható, hogy a számos elegyfaj között kiemelkedő értékkel van jelen a virágos kőris és jelentős a mezei juhar. Az állományalkotó fafajok közül a cser és a molyhos tölgy borítása számottevő. Az erdészeti szempontból jelentős gyomfajok az erdei iszalag jelen van, de borítása nem számottevő. A lékekre nem volt jellemző a gyomosodás.

7. táblázat: A pécselyi lékek fontosabb adatai

Tag/résztlet	Lék sor-száma	É-D	K-Ny	Terület (m <sup>2</sup> )	Újulat összborítása (%)	Újulat fajszáma (db)	Erdészetiileg jelentős gyomfajok borítása (%)
3/D	1	14,9	17,8	208,2	68	6	1
	2	22,7	12,0	213,8	69	7	1
	4	23,0	23,4	422,5	30	6	0
	12	12,8	8,3	83,4	35	7	2
	21	20,0	12,2	191,5	46	7	0



13. ábra: A pécselyi lékek újulatának összborítása



14. ábra: A pécselyi lékek erdészeti szempontból jelentős gyomfajainak összborítása

### *Sopron*

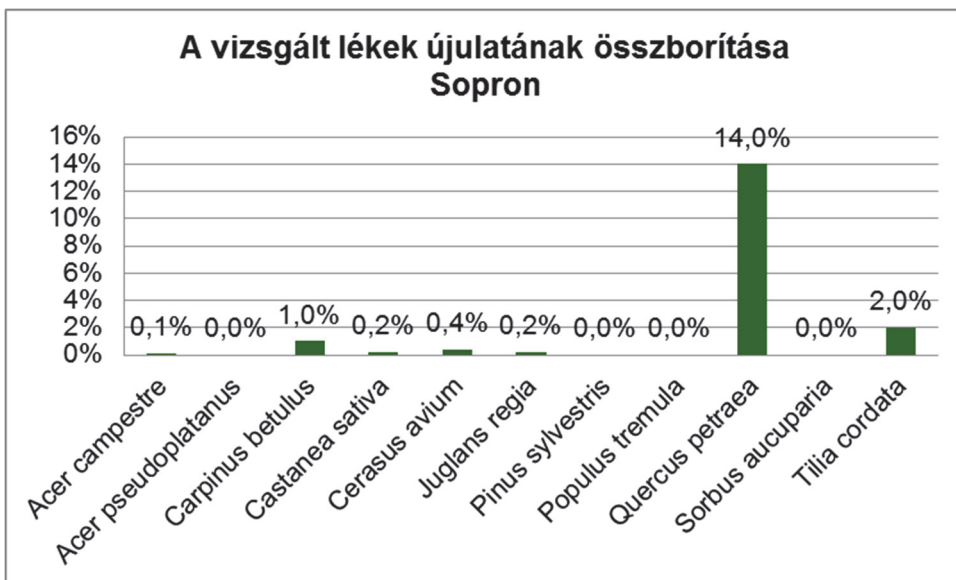
Sopronban 1 erdőrészlet összesen 33 lékét vizsgáltuk. A vizsgált faállomány 90 év körüli gyertyános-kocsánytalan tölgyes, melyből a gyertyán szinte teljesen hiányzik. A termőhely gyertyános-tölgyes klímában fekszik, jellemző az agyagbemosódásos barna erdőtalaj és a többletvízhatástól független hidrológia. Az erdőrészlet keleti kietettséggű, 5–10°-os lejtésű. Az állomány átalakító üzemmódban kezelt származék erdő.

A soproni lékekben az újulat borítását vizsgálva látható, hogy kiemelkedő értékkel van jelen a kocsánytalan tölgy. Az elegyfajok közül a gyertyán és a kislevelű hárs borítása számottevő. A fajszámot tekintve elmondható, hogy az elegyfajok borítása bár nem magas, de számuk jelentős. Az erdészeti szempontból jelentős gyomfajok közül a földi szeder jelenik meg jelentős borítási értékkel.

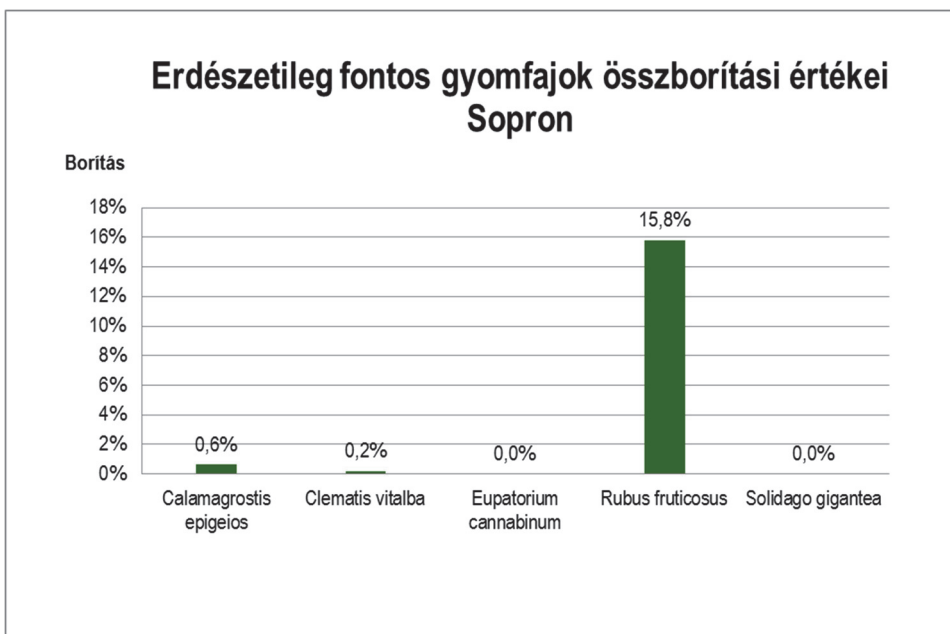
8. táblázat: A soproni lécek fontosabb adatai

Tag/ rész- let	Lék sor- száma	É-D	K-Ny	Terület (m <sup>2</sup> )	Újulat összborítása (%)	Újulat fajszáma (db)	Erdészetileg jelentős gyomfajok borítása (%)
80/B	1	15,6	9,0	110,0	28	6	2
	2	17,8	17,0	237,5	52	7	1
	3	13,2	12,6	130,6	46	6	10
	4	17,0	3,0	40,0	7	5	10
	5	16,9	14,1	187,1	32	6	10
	6	19,2	9,8	147,7	50	2	5
	7	22,3	10,0	175,1	30	2	40
	8	15,5	13,0	158,18	1	1	5
	9	15,0	14,5	170,7	45	2	1
	10	17,5	14,0	192,3	17	6	5
	11	17,0	9,6	128,1	16	3	5
	12	15,5	13,8	167,9	20	1	10
	13	12,9	29,0	293,7	11	2	10
	14	19,6	12,0	184,6	15	1	5
	15	23,0	16,5	297,9	15	1	1
	16	21,6	11,8	200,1	5	2	65
	17	24,7	14,0	271,5	5	2	5
	18	7,4	12,0	69,7	5	1	5
	19	25,2	24,3	480,7	5	1	25
	20	29,2	16,6	380,5	10	1	20
	21	25,5	24,5	490,4	20	1	50
	22	19,0	13,7	204,3	10	1	5
	23	26,6	14,3	298,6	15	1	10
	24	23,1	15,4	279,3	10	1	2
	25	16,0	14,0	175,8	15	1	5
	26	13,3	10,0	104,4	5	1	20
	27	14,5	12,4	141,2	21	3	40
	28	28,3	11,0	244,4	16	4	60
	29	13,2	12,3	127,5	16	5	15
	30	19,2	11,0	165,8	25	3	1
	31	14,3	17,0	190,8	16	4	5
	32	17,0	7,7	102,8	15	2	0
	33	22,1	7,3	126,6	21	3	10





15. ábra: A soproni lécek újulatának összorítása



16. ábra: A soproni lécek erdészeti szempontból jelentős gyomfajainak összorítása

## Vállus

Vállusban 1 erdőrészlet összesen 3 lékét vizsgáltuk. A vizsgált faállomány 80 év körüli sziklaerdő. A termőhely Bükkös klímában fekszik, jellemző a rendzina talaj és a többletvízhatástól független hidrológia. Az erdőrészlet dél-keleti kitettségű, 5–10°-os lejtésű. Az állomány száraló üzemmódban kezelt természetszerű erdő. A vizsgált állomány egy elegyes karszterdő. A benne kialakított lékek újulati szint fajösszetétele nagyon változatosan alakult. A magasabban elhelyezkedő lékben a virágos kőris újulata volt a meghatározó (60).

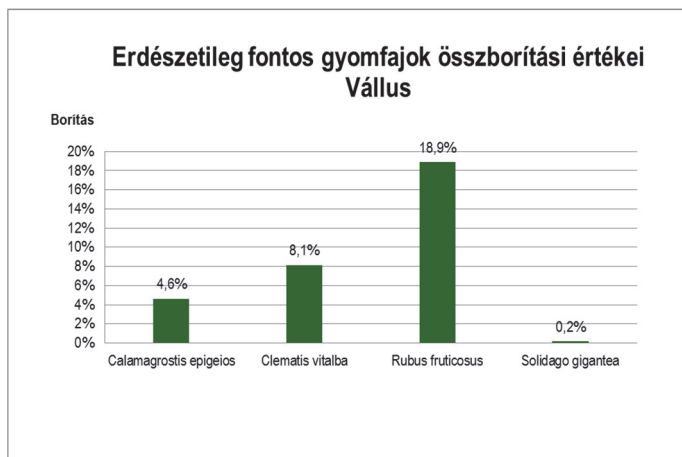
A vállalusi lékekben az újulat borítását vizsgálva látható, hogy a főfafajok közül kiemelkedő értékkel van jelen a bükk, míg az elegyfajok közül a gertyán és a virágos kőris borítása számottevő. Az erdészeti szempontból jelentős gyomok közül a szeder borítása e legjelentősebb, de az erdei szalag és a siska nádtippan is számottevő borítást ér el.

9. táblázat: A vállalusi lékek fontosabb adatai

Tag/részlet	Lék sor-száma	É-D	K-Ny	Terület (m <sup>2</sup> )	Újulat összborítása (%)	Újulat fajszáma (db)	Erdészetiileg jelentős gyomfajok borítása (%)
15/A	1	16,2	24,3	309,0	112	11	25
	2	14,0	18,0	197,8	76	8	7
	3	19,5	16,0	244,9	40	8	60



17. ábra: A vállalusi lékek újulatának összborítása



18. ábra: A vállalusi lékek erdészeti szempontból jelentős gyomfajainak összborítása

### *Vép*

Vépen 1 erdőrészt összesen 1 lékét vizsgáltuk. A vizsgált faállomány 70 év körüli cseres-kocsánytalan tölgyes. A termőhely gyertyános-tölgyes klímában fekszik, jellemző a pseudoglejes barna erdőtalaj és a többletvízhatástól független hidrológia. Az erdőrészt sík. Az állomány átalakító üzemmódban kezelt származék erdő.

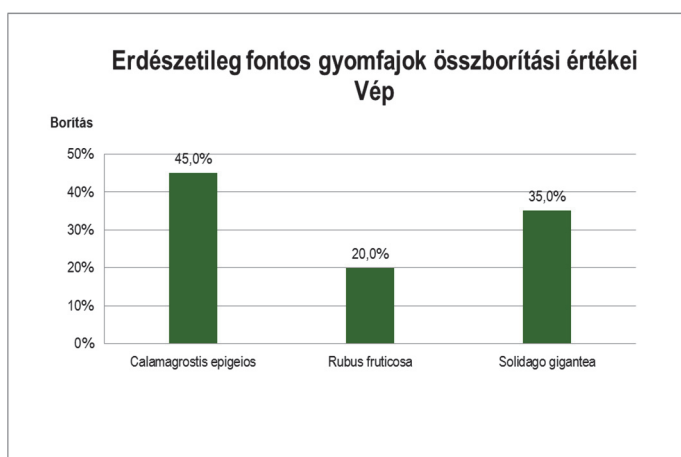
A vépi lék az újulat borítását vizsgálva látható, hogy kiemelkedő értékkel van jelen a cser. Az elegyfajok közül a mezei juhar és a gyertyán borítása számottevő. Az erdészeti szempontból jelentős gyomfajok közül a siska nádtippan, a magas aranyvessző és a földi szeder jelenik meg jelentős borítási értékkel.

10. táblázat: A vépi lékek fontosabb adatai

Tag/ rész- let	Lék sor- száma	É-D	K-Ny	Terület (m <sup>2</sup> )	Újulat összborítása (%)	Újulat fajszáma (db)	Erdészetileg jelentős gyomfajok borítása (%)
32/D	7	31	15,6	379,6	44	7	100



19. ábra: A vépi lékek újulatának összbortítása



20. ábra: A vépi lékek erdészeti szempontból jelentős gyomfajainak összbortítása

### *Zánka*

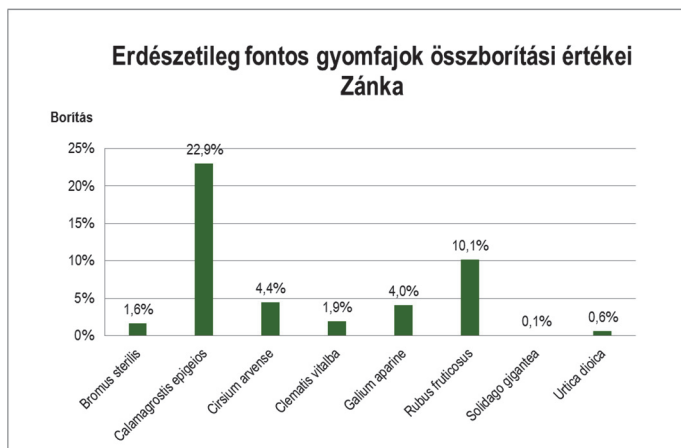
Zánkán 2 erdőrészlet összesen 16 lékét vizsgáltuk. A vizsgált faállományok 75–95 év körüli cseres-kocsánytalan tölgyesek. A termőhely kocsánytalan-tölgyes, illetve cseres klímában fekszik, jellemző a savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj, és a többletvízhatástól független hidrológia. Az 1/B erdőrészlet 2,5–5° lejtésű és északi kitettségű, míg a 15/A részlet sík. Az állományok száraló üzemmódban kezelt természetsterű, illetve származék erdők.

11. táblázat: A zánkai lékek fontosabb adatai

Tag/részlet	Lék sor-száma	É-D	K-Ny	Terület (m <sup>2</sup> )	Újulat összborítása (%)	Újulat fajszáma (db)	Erdészetileg jelentős gyomfajok borítása (%)
15/A	1	10,5	10,6	87,4	27	5	3
15/A	2	18,0	18,2	257,2	65	6	27
15/A	3	9,0	14,8	104,6	21	4	43
15/A	4	15,6	9,7	118,8	19	2	0
15/A	5	16,9	16,6	220,2	119	10	41
1/B	1	16,6	17,6	229,4	23	5	40
1/B	2	11,5	10,7	97,0	41	4	65
1/B	3	15,0	18,6	219,0	36	6	3
1/B	4	20,3	14,4	229,5	41	6	1
1/B	5	12,7	17,3	172,5	43	7	41
1/B	6	16,9	14,0	185,7	22	8	20
1/B	7	18,0	15,4	217,6	21	5	10
1/B	8	26,8	21,4	450,2	42	6	71
1/B	9	20,5	24,8	399,1	28	6	1
1/B	10	29,7	13,7	319,4	35	3	2



21. ábra: A zánkai lékek újulatának összborítása



**22. ábra:** A zánkai lécek erdészeti szempontból jelentős gyomfajainak összborítása

A zánkai lécekben az újulat borítását vizsgálva látható, hogy a számos elegyfaj között kiemelkedő értékkel van jelen a virágos kőrís és a mezei juhar. A főfafajok közül a cser borítása jelentős, míg a kocsánytalan tölgy lényegesen kisebb arányban jelenik meg. Az erdészeti szempontból jelentős gyomfajok közül a siska nádtippán és a földi szeder jelenik meg jelentős borítási értékkel.

### Az eredmények statisztikai kiértékelése

Az egyes lécek újulatában mutatkozó különbségek feltárása érdekében megvizsgáltuk a lécekben előforduló újulat összborításának, fajsámának, valamint a jelentősebb újulati fajok borításának és mintakörönkénti csemeteszámának korrelációját az átlók hosszával, a lékindexszel, a lékterülettel, az átlagos lékszéli famagassággal és az erdőgazdasági szempontból fontos gyomfajok borításával (4. táblázat). A statisztikai elemzés eredményeként minden egyes vizsgált paraméter esetén szignifikáns korreláció volt kimutatható. A csörötneki fenyőlegyes tölgyes lékjeiben mindkét átló hossza és a lécek területe is pozitívan korrelált a lécekben megjelenő újulat fajsámával; a K–Ny átló hosszának növekedésével nőtt a lécek mintakörökben a közönséges gyertyán egyedszáma. A pécselyi mintaterületen az átlagos lékszéli famagasság növekedésével korrelációban nőtt az újulatot alkotó fajok száma; a lékterület növekedésével nőtt a csertölgy magoncainak száma a mintakörökben. A vállusi büккеlegyes tölgyes lékjeiben a statisztikai elemzés nem mutatott ki korrelációt a lékparaméterek és az újulat jellemzői között, ennek magyarázata valószínűleg az alacsony mintaelemszám, és a

mintákban megmutatkozó alacsony variancia. A gyulai ligeterdő lékjeiben a többi mintaterülettel ellentétes tendencia volt megfigyelhető, itt az átló hosszának növekedésével negatívan, a famagasság növekedésével pozitívan korrelált az újulat borítása. A legtöbb és legszignifikánsabb korrelációs kapcsolatot a gyertyános-tölgyes mintaterületek esetén sikerült kimutatni, ennek magyarázatául szolgálhat az erdőtürsulás csoport magas mintaelem száma, az elemzésbe összesen hetvenhét léket vontunk be. Az újulatot biztosító fajok száma az É–D átló hosszával és a területtel korrelált pozitívan. Az újulatban legnagyobb egyedszámban megjelenő két fafaj, a kocsánytalan tölgy és a közönséges gyertyán korrelatív kapcsolatai egymástól jelentősen elkülönültek. Az elemzés eredménye szerint a kocsánytalan tölgy egyedszáma az átlagos lékszéli famagasság növekedésével nőtt (4. ábra); míg a gyertyán borítása és egyedszáma az átlók hosszának növekedésével, a lékterület növekedésével (5. ábra), emellett a famagassággal és a gyomborítással is pozitívan korrelált. A cseres-tölgyesben kialakított lékek esetén az újulat fajszáma a K–Ny átló hosszával pozitívan korrelált, a két legfontosabb fafaj korrelációs kapcsolatai a gyertyános-tölgyesben tapasztalathoz hasonlóan szintén elkülönültek. A virágos kőris borítása és egyedszáma az átlóhosszak és a lékterület növekedésével nőtt, míg a csertölgy borítása a lékindexszel mutatott pozitív korrelációt.

**12. táblázat:** Az újulat borítása, fajszáma, valamint a jelentősebb újulati fajok borítása és csemeteszáma (db / mintakör) és a lékparaméterek közötti összefüggés korrelációs együtthatói erdőtürsulás csoportonként.

Jelmagyarázat: \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,0001$ ; NS – nem szignifikáns

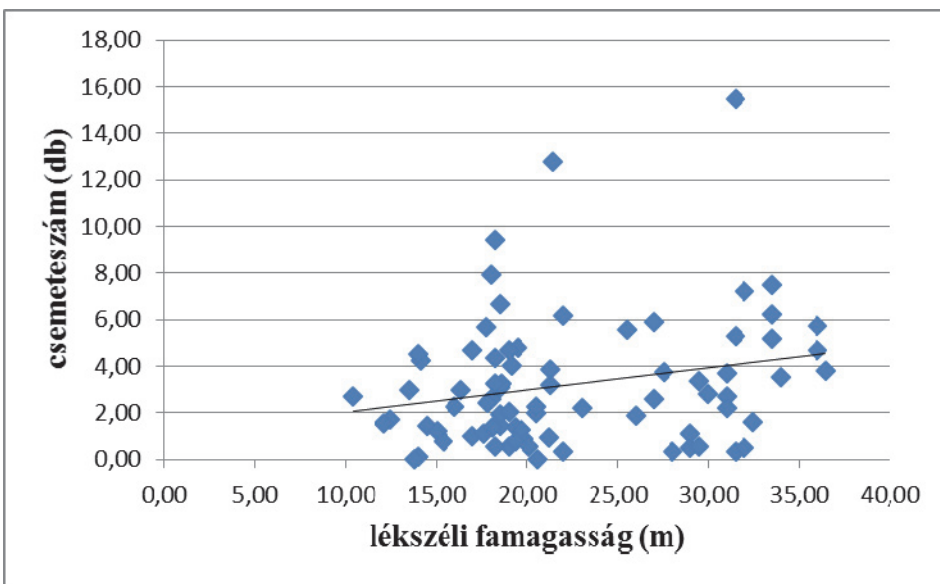
Állomány-jellemzők	É–D átló hossza (m)	K–Ny átló hossza (m)	Lékindex	Lékterület (m <sup>2</sup> )	Átlagos lékszéli famagasság (m)	Gyomfajok borítása (%)
<b>Fenyőelegyes tölgyes</b>						
Újulat borítása (m <sup>2</sup> )	0,4279 NS	0,6191 NS	0,7520 NS	0,4618 NS	0,9768 NS	0,7930 NS
Újulat fajszáma (db)	0,0368*	0,0458*	0,6191 NS	0,0368*	0,9349 NS	0,3894 NS
<i>Carpinus betulus</i> lékbeli borítása (m <sup>2</sup> )	0,6191 NS	0,4279 NS	0,8401 NS	0,7033 NS	0,9349 NS	0,6191 NS
<i>Quercus petraea</i> lékbeli borítása (m <sup>2</sup> )	0,3599 NS	0,9349 NS	0,4618 NS	0,3268 NS	0,8820 NS	0,8401 NS
<i>Carpinus betulus</i> átl. csemeteszáma/kör	0,3599 NS	0,0458*	>0,9999 NS	0,3268 NS	0,9768 NS	0,8401 NS

Állomány-jellemzők	É-D átló hossza (m)	K-Ny átló hossza (m)	Lékindex	Lékterület (m <sup>2</sup> )	Átlagos lékszéli fmagasság (m)	Gyomfajok borítása (%)
<i>Quercus petraea</i> átl. csemeteszám/kör	0,7033 NS	0,6646 NS	0,5364 NS	0,7930 NS	0,9768 NS	0,2992 NS
<b>Mész- és melegkedvelő tölgyes</b>						
Újulat borítása (m <sup>2</sup> )	0,9500 NS	0,6833 NS	0,2333 NS	>0,9999 NS	0,7833 NS	0,7833 NS
Újulat fajszáma (db)	0,6833 NS	0,0833 NS	0,0833 NS	0,3500 NS	0,0833 NS	0,7833 NS
<i>Fraxinus ornus</i> I lékbeli borítása (m <sup>2</sup> )	0,6833 NS	0,9500 NS	0,4500 NS	0,5167 NS	0,9500 NS	0,7833 NS
<i>Quercus cerris</i> lékbeli borítása (m <sup>2</sup> )	0,3500 NS	0,9500 NS	0,5167 NS	0,7833 NS	0,1333 NS	0,1333 NS
<i>Fraxinus ornus</i> átl. csemeteszám/kör	0,7833 NS	0,3500 NS	0,4500 NS	0,9500 NS	0,5167 NS	0,7833 NS
<i>Quercus cerris</i> átl. csemeteszám/kör	0,1333 NS	0,5167 NS	0,9500 NS	0,0833 NS	0,9500 NS	0,5167 NS
<b>Sziklaerdő</b>						
Újulat borítása (m <sup>2</sup> )	>0,9999 NS	0,3333 NS	0,3333 NS	>0,9999 NS	0,3333 NS	>0,9999 NS
Újulat fajszáma (db)	>0,9999 NS	0,3333 NS	0,3333 NS	0,3333 NS	>0,9999 NS	>0,9999 NS
<i>Carpinus betulus</i> lékbeli borítása (m <sup>2</sup> )	>0,9999 NS	>0,9999 NS	>0,9999 NS	0,3333 NS	>0,9999 NS	>0,9999 NS
<i>Fagus sylvatica</i> lékbeli borítása (m <sup>2</sup> )	>0,9999 NS	0,3333 NS	0,3333 NS	>0,9999 NS	0,3333 NS	>0,9999 NS
<i>Carpinus betulus</i> átl. csemeteszám/kör	>0,9999 NS	>0,9999 NS	>0,9999 NS	0,3333 NS	>0,9999 NS	>0,9999 NS
<i>Fagus sylvatica</i> átl. csemeteszám/kör	>0,9999 NS	0,3333 NS	0,3333 NS	>0,9999 NS	0,3333 NS	>0,9999 NS
<b>Keményfás ligeterdő</b>						
Újulat borítása (m <sup>2</sup> )	0,7850 NS	-0,0438*	0,7368 NS	0,1512 NS	0,7986 NS	0,4669 NS
Újulat fajszáma (db)	0,1506 NS	0,5583 NS	0,7978 NS	0,8467 NS	0,0731 NS	0,9682 NS

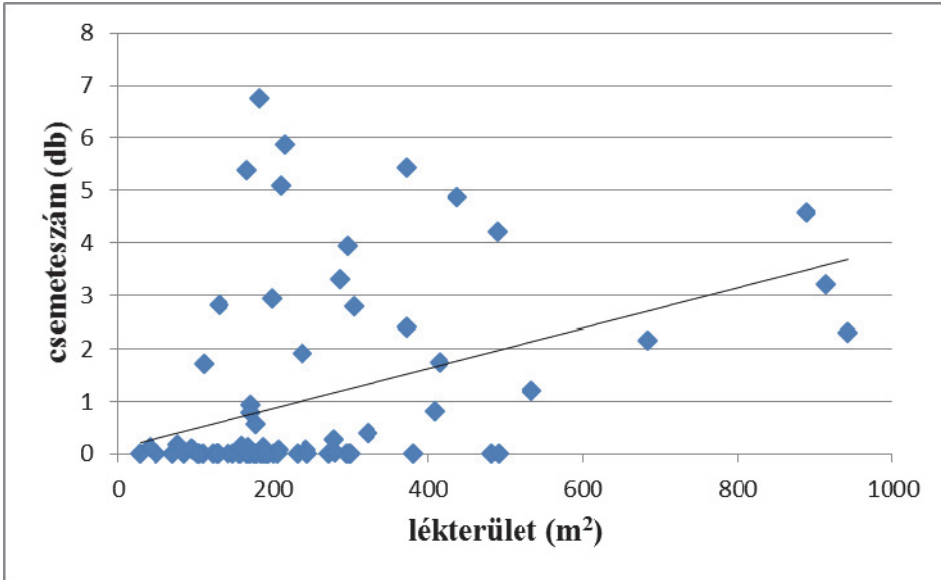


Állomány-jellemzők	É-D átló hossza (m)	K-Ny átló hossza (m)	Lékindex	Lékterület (m <sup>2</sup> )	Átlagos lékszéli famagasság (m)	Gyomfajok borítása (%)
<i>Fraxinus angustifolia</i> lékbeli borítása (m <sup>2</sup> )	0,9056 NS	0,2768 NS	0,7758 NS	0,4633 NS	0,0358*	0,6197 NS
<i>Quercus robur</i> lékbeli borítása (m <sup>2</sup> )	0,7258 NS	0,2581 NS	0,9538 NS	0,2337 NS	0,9040 NS	0,4518 NS
<i>Fraxinus angustifolia</i> átl. csemeszám/kör	0,1148 NS	0,2790 NS	0,8543 NS	0,1320 NS	0,9475 NS	0,6599 NS
<i>Quercus robur</i> átl. csemeszám/kör	0,9879 NS	0,5332 NS	0,9010 NS	0,5043 NS	0,9438 NS	0,5593 NS
<b>Gyertyános-tölgyes</b>						
Újulat borítása (m <sup>2</sup> )	0,7119 NS	0,8955 NS	0,7936 NS	0,3327 NS	0,9576 NS	0,2613 NS
Újulat fajszáma (db)	0,0111*	0,2657 NS	0,3222 NS	0,0029**	0,3388 NS	0,1189 NS
<i>Carpinus betulus</i> lékbeli borítása (m <sup>2</sup> )	0,0003**	0,0353*	0,4989 NS	0,0009**	p<0,0001***	p<0,0001***
<i>Quercus petraea</i> lékbeli borítása (m <sup>2</sup> )	0,7951 NS	0,9444 NS	0,9963 NS	0,6731 NS	0,3761 NS	0,0684 NS
<i>Carpinus betulus</i> átl. csemeszám/kör	0,0002***	0,0315*	0,3070 NS	0,0002***	p<0,0001***	p<0,0001***
<i>Quercus petraea</i> átl. csemeszám/kör	0,8983 NS	0,6283 NS	0,2539 NS	0,8909 NS	0,0705 NS	0,5975 NS
<b>Cseres-tölgyes</b>						
Újulat borítása (m <sup>2</sup> )	0,3800 NS	0,1226 NS	0,3432 NS	0,1392 NS	0,4303 NS	0,1872 NS
Újulat fajszáma (db)	0,5095 NS	0,0422*	0,2388 NS	0,2936 NS	0,8515 NS	0,4511 NS
<i>Fraxinus ornus</i> lékbeli borítása (m <sup>2</sup> )	0,1279 NS	0,0843 NS	0,9795 NS	0,0598 NS	0,3797 NS	0,3515 NS
<i>Quercus cerris</i> lékbeli borítása (m <sup>2</sup> )	0,1005 NS	0,9790 NS	0,0927 NS	0,1859 NS	0,7205 NS	0,5675 NS

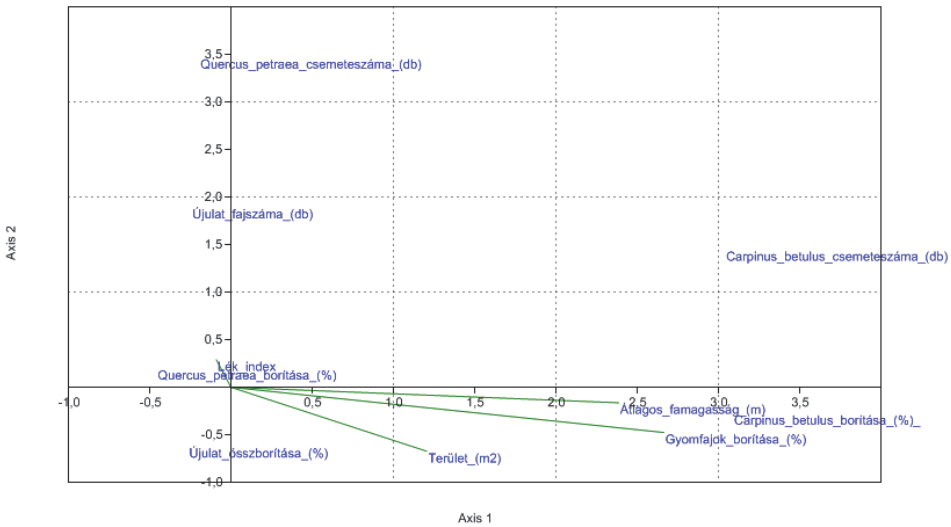
Állomány-jellemzők	É-D átló hossza (m)	K-Ny átló hossza (m)	Lékindex	Lékterület (m <sup>2</sup> )	Átlagos lékszéli fmagasság (m)	Gyomfajok borítása (%)
<i>Fraxinus ornus</i> átl. csemeteszám/kör	0,0449*	0,1625 NS	0,1574 NS	0,0372*	0,3724 NS	0,4133 NS
<i>Quercus cerris</i> átl. csemeteszám/kör	0,6128 NS	0,6708 NS	0,5683 NS	0,5668 NS	0,4256 NS	0,2005 NS



23. ábra: A lékszéli fmagasság terület és a kocsánytalan tölgy csemeteszámának összefüggése



24. ábra: A lékterület és a közönséges gyertyán csemeteszámának összefüggése



25. ábra: Az újulat borítása, fajszáma, valamint a jelentősebb újulati fajok borítása és a lékparaméterek közötti kapcsolat vizsgálata korrespondencia-analízissel (CCA)

Az újulati fajok léken belüli borítását nem csak egy, hanem több paraméter együttes hatása is meghatározhatja, ezért a lékek legfontosabb jellemzőinek hatását kanonikus korrespondencia-analízissel vizsgáltuk (25. ábra). A minták elemszáma csak a gyertyános tölgyes erdőtársulásokban kialakított

lékek elemzését tette lehetővé kanonikus korrespondencia-analízissel (CCA). Az elemzésbe a budapesti, a bejegygyertyános, a fenyőfői és a soproni mintaterületeken kialakított, összesen hetvenhét lék adatai vontuk be. Az elemzés során a lékterület, a lékindex, a lékszéli átlagos famagasság, valamint az erdőgazdasági szempontból fontos gyomfajok hatását vizsgáltuk a kocsánytalan tölgy és a közönséges gyertyán lékbeli borítására és mintakörönkénti csemeteszámára, valamint az újulat fajszáma és összborítására nézve. A magyarázott variancia csak a vízszintes tengely esetében adódott magasnak (95,12%). A lékterület gradiens mentén az erdészetiileg jelentős gyomfajok borítása és az újulat borítása, illetve fajai jól láthatóan elkülönülnek. A lékterület növekedésével nőtt a közönséges gyertyán és az erdőgazdasági szempontból jelentős, lágyszárú gyomfajok borítása a lékben, míg az újulat összborítása fajszáma, valamint a kocsánytalan tölgy magoncainak borítása és egyedszáma csökkent. Az átlagos lékszéli famagasság növekedésével nőtt a közönséges gyertyán borítása és egyedszáma, a kocsánytalan tölgyé ezzel szemben csökkenő tendenciát mutatott. Jelen vizsgálat során a lékindex meghatározó szerepe sem a gyom-, sem pedig az újulat fajainak borítása estén nem igazolódott be. A vizsgált gyertyános-tölgyes mintaterületek esetén a nagyobb területű lékek a közönséges gyertyán és a lágyszárú gyomfajok terjedésének kedveztek, míg kisebb területű lékek a kocsánytalan tölgy borítását és egyedszáma gyakoroltak kedvező hatást.

## Irodalom

- CSISZÁR Á. – KORDA M. – ZAGYVAI G. – WINKLER D. – TIBORCZ V. – SÜLE P. – ŠPORČIĆ D. – NAÁR D. – BARTHA D. (2014): Gyertyános-tölgyesben kialakított lékek újulatának vizsgálata a Soproni-hegység területén. –Erdészettudományi Közlemények **4**(1): megjelenés alatt.
- CSISZÁR Á. – ZAXNÉ SIMON E. – ZAGYVAI G. – KORDA M. – WINKLER D. – BARTHA D. (2013): Gyertyános-tölgyesben kialakított lékek gyomnövényzetének és újulatának vizsgálata a sárvári Farkas-erdőben – Magyar Gyomkutatás és Technológia **14**(2): 26–42.
- HAMMER, Ř. – HARPER, D. A. T. – RYAN, P. D. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. – Palaeontologia Electronica **4**(1): 9.
- INSTAT (2003): GraphPad InStat, Version 3.06, for Windows. GraphPad Software, Inc., San Diego.

## 2.3. részprojekt: A holtfa szerepe a diverzitás fenntartásában

**Részprojekt felelős szervezeti egységek: EMK  
Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet; NAIK Erdészeti  
Tudományos Intézet**

### **A HOLTFA SZEREPE A DIVERZITÁS FENNTARTÁSÁBAN**

LAKATOS FERENC<sup>(1)</sup> – TUBA KATALIN<sup>(1)</sup> – SZABÓ ILONA<sup>(1)</sup> –  
VARGA SZABOLCS<sup>(1)</sup> – SIPOS GYÖRGY<sup>(1)</sup> – MOLNÁR MIKLÓS<sup>(1)</sup> –  
SÁRÁNDI-KOVÁCS JUDIT<sup>(1)</sup> – ANDRÉSI DÁNIEL<sup>(1)</sup> – NÉMETHNÉ POGÁNY  
CSILLA<sup>(1)</sup> – JAMBRICH ISTVÁNNÉ<sup>(1)</sup> – DANKÓ TIBORNÉ<sup>(1)</sup> – CSÓKA GYÖRGY<sup>(2)</sup>  
– HIRKA ANIKÓ<sup>(2)</sup> – JANIK GERGELY<sup>(2)</sup> – SZŐCS LEVENTE<sup>(2)</sup> –  
KOVÁCS TIBOR<sup>(2)</sup> – SZABÓKY CSABA<sup>(2)</sup> – MERKL OTTÓ<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

<sup>(2)</sup>Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ  
Erdészeti Tudományos Intézet  
9600 Sárovar, Várkerület 30/A.

<sup>(3)</sup>Magyar Természettudományi Múzeum  
1083 Budapest, Ludovika tér 2–6-

### **Kutatási cél**

A téma hazai feltártsága messze elmarad a nemzetközi színvonalától. Az utóbbi évtizedben néhány speciális kérdés (pl. holt faanyag mennyisége különböző hazai erdőtípusban, mohaközösségek és holt fa kapcsolata) vizsgálata ugyan megkezdődött, de hiányzik a kérdést komplex módon megközelítő, az erdő egészségi állapotát, illetve immunrendszerét is figyelembe vevő vizsgálati sor. Ennek megfelelően az első feladatunk a fellelhető hazai szakirodalom összegyűjtése és elemzése volt.

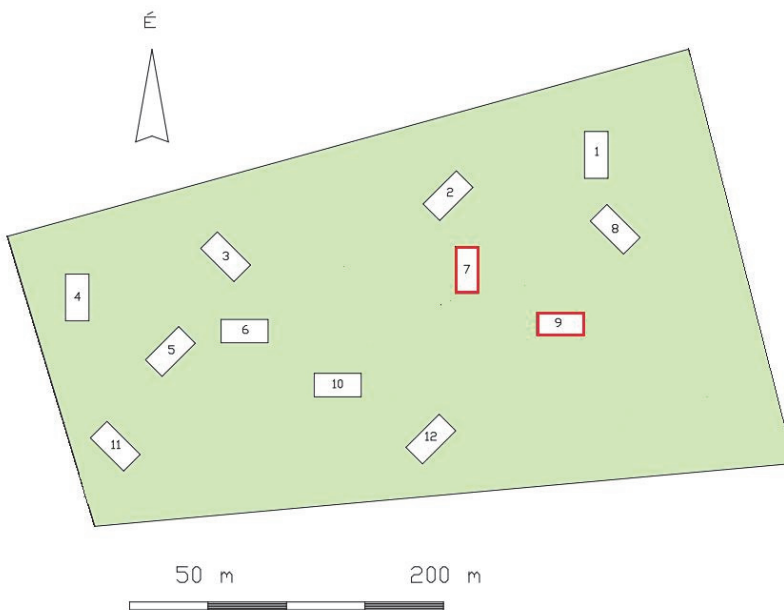
A kutatás főbb célkitűzései három fő témakör köré csoportosíthatók:

- Védett/ritka ízeltlábúak (futóbogarak és pókok) tápanyag preferenciája (EMEVI);
- Taplógombák rovarfaunája (erősen specialista rovarközösség) (EMEVI – NAIK ERTI);
- Holt fa jelentősége a hasznos ragadozó és parazitoid ízeltlábúak szempontjából (erdők egészségi állapota) (NAIK ERTI).

## Védett/ritka ízeltlábúak (futóbogarak és pókok) tápanyag preferenciája

### *Vizsgálati módszerek*

A vizsgálatok jelentős részét a projekt által preferált régiók mintaterületein hajtottuk végre (Soproni-hegység (TÁEG ZRt.) és a Farkaserdő (Szombathelyi Erdészeti ZRt.) különböző erdőállományaiban, valamint Zánka térségében (magánerdő birtokosság)). Olyan mintaterületek kerültek kijelölésre, ahol más jellegű vizsgálatok is folynak, ami lehetővé teszi a kapott adatok többszempontú kiértékelését (1. ábra).



1. ábra: Kijelölt lécek a bejagyertyánosi mintaterületen

## *Terepi vizsgálatok*

- Védett/ritka ízeltlábúak (futóbogarak és pókok) tápanyag preferenciája:  
Négy erdőtümbben (Sopron, Sárvár, Vép, Zánka) 7 mintaterületen talajcsapdák kerültek kihelyezésre. Darabszámuk a lék méretétől függően 6–15/lék. Elhelyezkedésük igazodik a lék alakjához, illetve az egyéb mérések mintavételi helyéhez. A csapdázás 0,5 literes műanyag pohárral történt, ölő- és konzerváló anyagként 2 dl 10%-os ecetsav oldatot használtunk.  
A kihelyezett csapdákat a projekt ideje alatt kéthetente ürítettük, a begyűjtött rovarokat alkoholban tároltuk a meghatározás idejéig. Az eredeti javaslatban csak a futóbogarak elemzését terveztük, de a vizsgálatokat mindhárom területen kiegészítettük a pókfauna felmérésével.

## **Eredmények**

Kialakítottuk a tenyésztési időszak során begyűjtendő vizsgálati anyag laboratóriumi keltetéséhez szükséges helyiséget (hőmérséklet és páratartalom kontroll), illetve beszereztük a keltető edényeket.

## *Futóbogarak*

### *Farkaserdő (Vép és Bejcgertyános)*

A két mintaterület (Vép, Bejcgertyános) lékeibe kihelyezett csapdák több mint húszezer futóbogár egyedét fogtak. A 2013-ban csapdázott egyedeket már meghatároztuk, a 2014-ben gyűjtöttek határozása jelenleg is folyik. A statisztikai elemzést a második év adatainak feldolgozása után fogjuk megkezdeni.

### *Zánka*

Vizsgálataink során a Balaton-felvidéken leírt 237 fajtól 20 faj 4 357 egyedét határoztuk meg.

A csapdák összehasonlítása során elkülönítettük az üde foltban, a zárt erdőben, a lékszegélyben, valamint a lékben található csapdákat. 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 lékszegélyen (1 308 db) volt a legtöbb egyed, míg a legkevesebb a lék északi részén (690 db).

A *Carabidae* családon belül legnagyobb fajszámmal a *Carabini* nemzetség képviselte magát 8 fajjal (1. táblázat). Valamennyi mintaterületen a kis selymes futrinka (*C. convexus convexus*) fordult elő legnagyobb egyedszámmal (1 450 db). A lék déli részén lévő csapdákból a selymes futrinka mellett az aranyos bábrabló (*C. sycophanta*) is hasonló egyedszámmal volt jelen. A csapdaürítések során mindig előkerült a *C. coriaceus coriaceus* és a *C. nemoralis nemoralis*.

A dominancia viszonyokat vizsgálva megállapítottuk: 5 faj (*C. convexus convexus*, *C. nemoralis nemoralis*, *A. parallelepipedus*, *C. inquisitor*, *C. sycophanta*) eudomináns, 3 faj (*C. coriaceus*, *C. bortensis*, *H. rufipes*) szubdomináns és a fennmaradó 12 faj szórványos volt a területen. A domináns és a ritka kategóriába egy faj sem tartozott.

Az általunk talált futóbogarak élőhelyigényei jól tükrözik a megfigyelt előfordulásokat. Az üde foltban jelent meg a lapos rótfutó (*P. rufus*), mely erdőben és nyílt társulásokban, legtöbbször üde, nedves élőhelyeken él. Az erdei bársonyfutót (*O. laticollis*) szintén az üde foltban fogtuk, a faj országszerte elterjedt, de csak szórványos előfordulású, erdőben él és többnyire üde nedves élőhelyeken fordul elő.

Feltételezhetően a lékeknek köszönhetően jelent meg a nagy pöfögőfutrinka (*B. crepitans*), mely a könnyen felmelegedő helyeket kedveli. Az azúrkék közfutót (*A. saphyrea*) szintén csak a lékben fogtuk. Ez a faj melegkedvelő erdőben és erdőszéleken él.

A fogott futóbogárfajok faunaelemek szerinti megoszlása alapján (2. 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.

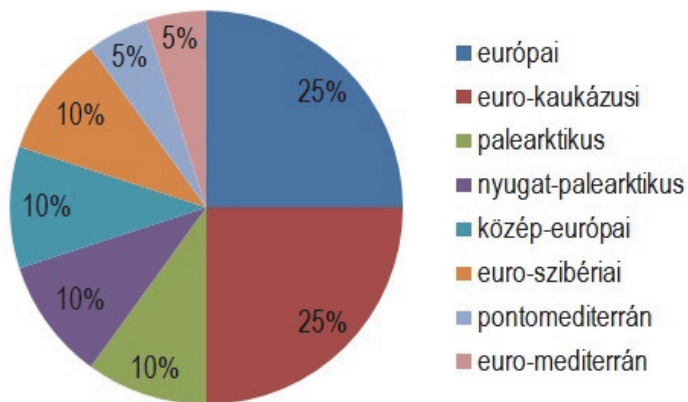
**1. táblázat:** A csapdázott futóbogárfajok összesített egyedszáma és dominanciája az egyes élőhelyeken

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



Faj	Úde 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 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
<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
<b>Összesen</b>	<b>803</b>	<b>100</b>	<b>835</b>	<b>100</b>	<b>1308</b>	<b>100</b>	<b>690</b>	<b>100</b>	<b>721</b>	<b>100</b>

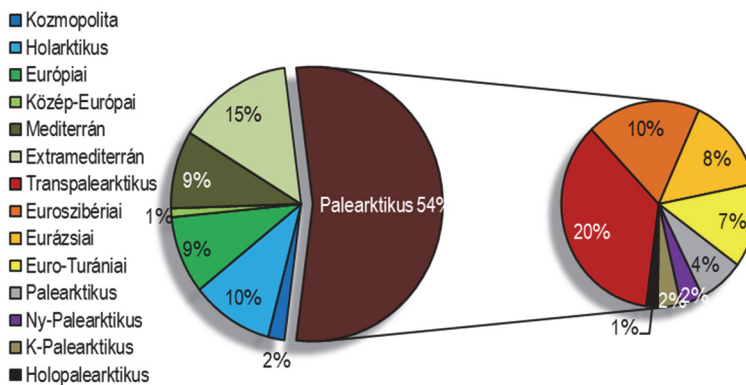
Jelmagyarázat: E: egyedszám, D%: dominancia



2. ábra: A csapdázott futóbogár fajok faunaelemek szerinti megoszlása

### Pókok

A 30 db vépi csapdában 4 949 db pókot sikerült kimutatni, ezek közül azonban 64 db pók alacsony egyedfejlettségi fokú volt, így faji szinten nem lehetett meghatározni azokat. Végeredményben 22 család 98 fajának 4 885 egyede került meghatározásra. A vizsgálatok két különböző tájolású lék mentén történtek. Lékek szerint vizsgálva az észak-déli tájolású lék mentén 82 faj 2 199 egyedét mutattuk ki, míg a kelet-nyugati tájolású lék mentén 72 faj 2 750 egyedét. A legfajgazdagabb család a *Lynphiidae* család volt, 26 fajának 258 egyede került meghatározásra. A legnagyobb egyedszámban a *Pardosa alacris* faj fordult elő 912 egyeddel (3. ábra). Az eddigi feldolgozott pókokból az eredmények publikálása folyamatban van, illetve egy diplomadolgozat készült.

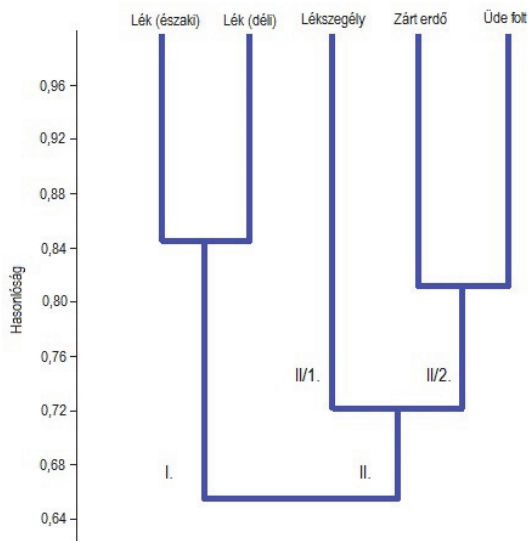


3. ábra: A csapdázott pókfajok faunaelemek szerinti megoszlása

## Következtetések

Kutatásunk során 20 futóbogárfaj 4357 egyedét mutattunk ki, melyek közül 8 faj védett. 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 egyedet a lékszegélyben lévő csapdákkal. A lékben több olyan faj jelent meg, melyek elsősorban nyílt élőhelyeken élnek. Legnagyobb arányban európai és euro-kaukázusi faunaelemekhez sorolható fajokat fogtunk.

A diverzitás értékek alacsonyak 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 csapdától (4. ábra).



4. ábra: A vizsgált lékek hasonlósága (Bray-Curtis) hierarchikus klaszteranalízis alapján

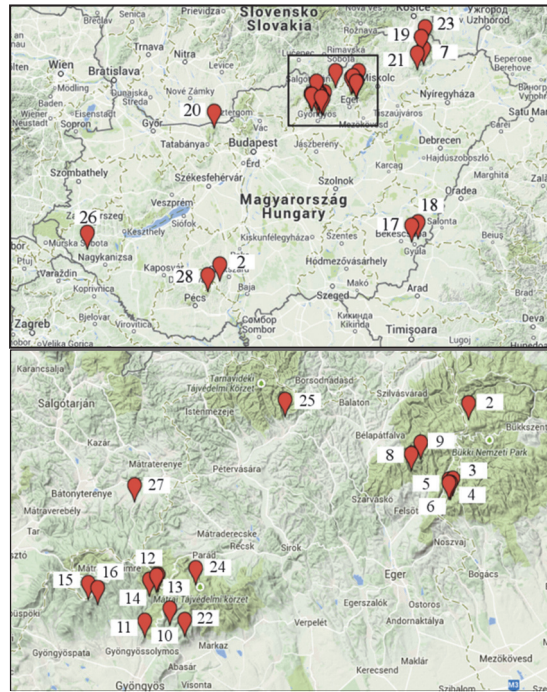
## Taplógombák rovarfaunája

A 94 taplógomba termőtestből a decemberi ellenőrzések alkalmával 34 taplótenyészetet számoltunk fel, mivel ezeket a gomba termőtesteket a rovarok már teljesen felélték. Így megszüntetésre kerültek a például a *Trametes gibbosa*, *T. versicolor*, *Ganoderma applanatum*, *G. adspersum* stb. tenyészetek. Az eddig kigyűjtött rovarok száma több ezer. Előzetes

vizsgálataink szerint a legtöbb kinevelt faj, illetve egyed a Mycetophagidae, Ciidae és a Tenebrionidae családból került elő.

### Vizsgálati módszer

Az ország számos pontjáról, több fafajról gyűjtöttük be a taplógombák termőtesteit. A gyűjtőhelyeket az 1-es, illetve 2-es számú térkép (5.–6. ábra) szemlélteti. A terepen megtalált termőtesteket a törzsről levágtuk vagy leválasztottuk, feljegyeztük az aljzat fafaját, a fa élő vagy holt állapotát, meghatároztuk a tapló fajtát, majd tüllhálóval fedett műanyag nevelőedénybe helyeztük. Az edényekben kikelő rovarokat havonta összegyűjtöttük. A bogarak határozását Dr. Merkl Ottó a Természettudományi Múzeum koleopterológusa végezte.



5-6. ábra: A taplógombák gyűjtési helyei. A téglalapon belüli pontokat (Mátra és Bükk) a nagy sűrűségre való tekintettel külön is ábrázoljuk

**2. táblázat:** A taplógombák gyűjtési helyei

Gyűjtőhely	Sorszám a térképen
Bonyhád EVH1 terület	1
Bükk fennsík	2
Bükkzsérc 41B	3
Bükkzsérc 41D	4
Bükkzsérc 42A	5
Bükkzsérc 42B	6
Erdőhorváti 112A	7
Felsőtárkány 40B	8
Felsőtárkány 53A	9
Gyöngyös 27B	10
Gyöngyössolymos 110A	11
Gyöngyössolymos 41B	12
Gyöngyössolymos 41C	13
Gyöngyössolymos 57C	14
Gyöngyöstarján 3E	15
Gyöngyöstarján 5TI	16
Gyula Póstelek	17
Gyula Városerdő	18
Háromhuta 10C	19
Lábatlan 22A	20
Mád 18A	21
Mátra, Abasár	22
Nagyhuta 10C	23
Parád 42B	24
Szentdomonkos 11B	25
Szentpéterfölde 21A	26
Szuha	27
Zengővárkony 13A	28

## Eredmények

**3. táblázat:** A taplókból kinevelt rovarok példányszámai gazdafajonként

Fajnév	<i>Bjerkandera adusta</i>	<i>Daedalea quercina</i>	<i>Daedaleopsis confragosa</i>	<i>Fomes fomentarius</i>	<i>Fomitopsis pinicola</i>	<i>Ganoderma lucidum</i>	<i>Inonotus hispidus</i>	<i>Phellinus igniarius</i>	<i>Phellinus robustus</i>	<i>Trametes gibbosa</i>	<i>Trametes hirsuta</i>	<i>Trametes versicolor</i>	<i>Fomes fomentarius</i>	Összesen
<i>Anisotoma humeralis</i>					2									2
<i>Bolitophagus reticulatus</i>				68							1			69
<i>Cerylon histerooides</i>				3										3
<i>Cis boleti</i>	1	1		4					1	3	41	6	5	62
<i>Cis castaneus</i>			3	26		1					1			31
<i>Cis fissicollis</i>			1											1
<i>Cis fusciclavis</i>			1											1
<i>Cis jacquemarti</i>			1	12										13
<i>Cis micans</i>			8	3							11	3		25
<i>Corticaria</i> sp.						1			1					2
<i>Corticeneus unicolor</i>				1										1
<i>Cryptophagus</i> sp.				4										4
<i>Dacne bipustulata</i>			1											1
<i>Dasytes</i> sp.							1							1
<i>Dendrophilus punctatus</i>				1										1
<i>Dorcatoma dresdensis</i>				3		1		1						5
<i>Dorcatoma minor</i>				10		1					1			12
<i>Dorcatoma minor</i>				1										1
<i>Dorcatoma robusta</i>				8										8
<i>Dorcatoma setosella</i>									1					1
<i>Dorcatoma setosella setosella</i>									2					2
<i>Eledonoprius armatus</i>				1			1							2
<i>Ennearthron cornutum</i>				2					2					4
<i>Epuraea</i> sp.				1										1
<i>Ernobius mollis</i>											1			1
<i>Leptura aurulenta</i>											1			1
<i>Mycetophagus multipunctatus</i>			2											2
<i>Mycetophagus picens</i>			1	1										2
<i>Mycetophagus populi</i>			2											2
<i>Mycetophagus quadripustulatus</i>			1											1
<i>Neomida</i> sp.				8										8
<i>Octotemnus glabriculus</i>									1	1	23		3	28
<i>Orchesia micans</i>							1							1
<i>Paromalus flavicornis</i>											1			1
<i>Pinus sexpunctatus</i>				1										1

Fajnév	<i>Bjerkandera adusta</i>	<i>Daedalea quercina</i>	<i>Daedaleopsis confragosa</i>	<i>Fomes fomentarius</i>	<i>Fomitopsis pinicola</i>	<i>Ganoderma lucidum</i>	<i>Inonotus hispidus</i>	<i>Phellinus igniarius</i>	<i>Phellinus robustus</i>	<i>Trametes gibbosa</i>	<i>Trametes hirsuta</i>	<i>Trametes versicolor</i>	<i>Fomes fomentarius</i>	Összesen
<i>Pinus</i> sp.				1										1
<i>Rhizophagus bipustulatus</i>			1		1									2
<i>Rhizophagus dispar</i>				2							1			3
<i>Ropalodontus perforatus</i>	1			54		1			1		2			59
Scolytidae sp.											1			1
Scolytidae sp.				1										1
<i>Sepedophilus</i> sp.				2										2
Staphylinidae indet.											1			1
Staphylinidae sp.												1		1
<i>Sulcacis fronticornis</i>		2	5	2					1	1	7	2		20
<i>Sulcacis nitidus</i>		1								1	8			10
<i>Uleiota planatum</i>			1											1
<b>Összesen</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>220</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>101</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>403</b>

4. táblázat: A táplókból kinevelt rovarok gyűjtőhelyei

Tapló	Fajnév	Gyűjtőhely
<i>Bjerkandera adusta</i>	<i>Cis boleti</i>	10
	<i>Ropalodontus perforatus</i>	10
<i>Daedalea quercina</i>	<i>Cis boleti</i>	27
	<i>Sulcacis fronticornis</i>	27
	<i>Sulcacis nitidus</i>	27
<i>Daedaleopsis confragosa</i>	<i>Cis castaneus</i>	10
	<i>Cis fissicollis</i>	10
	<i>Cis fusciclavis</i>	10
	<i>Cis jacquemarti</i>	10
	<i>Cis micans</i>	21, 10
	<i>Dacne bipustulata</i>	10
	<i>Mycetophagus multipunctatus</i>	10
	<i>Mycetophagus piceus</i>	10
	<i>Mycetophagus populi</i>	10
	<i>Mycetophagus quadripustulatus</i>	10
	<i>Rhizophagus bipustulatus</i>	10
	<i>Sulcacis fronticornis</i>	10
	<i>Uleiota planatum</i>	10
	<i>Fomes fomentarius</i>	<i>Bolitophagus reticulatus</i>
<i>Cerylon histerooides</i>		10, 14, 16
<i>Cis boleti</i>		7, 10, 14, 25

Tapló	Fajnév	Gyűjtőhely
	<i>Cis castaneus</i>	7, 10, 14, 16, 23
	<i>Cis jacquemarti</i>	7, 10, 16, 23
	<i>Cis micans</i>	10, 14, 23
	<i>Corticeus unicolor</i>	2
	<i>Cryptophagus</i> sp.	14, 21, 23
	<i>Dendrophilus punctatus</i>	10
	<i>Dorcatoma dresdensis</i>	14, 16
	<i>Dorcatoma minor</i>	2, 6, 7, 10, 23
	<i>Dorcatoma minor</i>	7
	<i>Dorcatoma robusta</i>	10
	<i>Eledonoprius armatus</i>	21
	<i>Ennearthron cornutum</i>	10, 14
	<i>Eपुरaea</i> sp.	14
	<i>Mycetophagus piceus</i>	21
	<i>Neomida haemorrhoidalis</i>	6, 10, 23, 25
	<i>Octotemnus glabriculus</i>	10
	<i>Pinus sexpunctatus</i>	25
	<i>Pinus</i> sp.	21
	<i>Rhizophagus dispar</i>	2, 14
	<i>Ropalodontus perforatus</i>	2, 6, 7, 7, 10, 14, 16, 20, 23, 24, 25
	<i>Scolytidae</i> sp. (töredék)	10
	<i>Sepedophilus</i> sp.	14
	<i>Sulcacis fronticornis</i>	14, 23
<i>Fomitopsis pinicola</i>	<i>Anisotoma humeralis</i>	21
	<i>Rhizophagus bipustulatus</i>	21
<i>Ganoderma lucidum</i>	<i>Cis castaneus</i>	22
	<i>Corticaria</i> sp.	22
	<i>Dorcatoma dresdensis</i>	22
	<i>Dorcatoma minor</i>	22
	<i>Ropalodontus perforatus</i>	22
<i>Inonotus hispidus</i>	<i>Dasytes</i> sp.	27
	<i>Eledonoprius armatus</i>	27
	<i>Orchesia micans</i>	27
<i>Pbellinus igniarius</i>	<i>Dorcatoma dresdensis</i>	10
<i>Pbellinus robustus</i>	<i>Cis boleti</i>	2
	<i>Corticaria</i> sp.	2
	<i>Dorcatoma setosella</i>	2
	<i>Dorcatoma setosella setosella</i>	19
	<i>Ennearthron cornutum</i>	2, 14
	<i>Octotemnus glabriculus</i>	2
	<i>Ropalodontus perforatus</i>	2
	<i>Sulcacis fronticornis</i>	2
<i>Trametes gibbosa</i>	<i>Cis boleti</i>	24
	<i>Octotemnus glabriculus</i>	24
	<i>Sulcacis fronticornis</i>	1
	<i>Sulcacis nitidus</i>	1



Tapló	Fajnév	Gyűjtőhely
<i>Trametes hirsuta</i>	<i>Bolitophagus reticulatus</i>	25
	<i>Cis boleti</i>	10, 25
	<i>Cis castaneus</i>	10
	<i>Cis micans</i>	10
	<i>Dorcatoma minor</i>	10
	<i>Ernobius mollis</i>	10
	<i>Leptura aurulenta</i>	10
	<i>Octotemnus glabriculus</i>	10
	<i>Paromalus flavicornis</i>	10
	<i>Rhizophagus dispar</i>	10
	<i>Ropalodontus perforatus</i>	10
	<i>Scolytidae</i> sp.	10
	<i>Staphylinidae</i> indet.	10
	<i>Sulcacis fronticornis</i>	10
	<i>Sulcacis nitidus</i>	10, 25
<i>Trametes versicolor</i>	<i>Cis boleti</i>	10, 16
	<i>Cis micans</i>	10
	<i>Staphylinidae</i> sp.	16
	<i>Sulcacis fronticornis</i>	10

5. táblázat: Taplókból kinevelt molyok

	1	2	3	4	5	6
<i>Bjerkandera adusta</i>		x				
<i>Daedaleopsis confragosa</i>		x	x			
<i>Fomes fomentarius</i>	x	x	x			x
<i>Fomitopsis pinicola</i>						x
<i>Innonotus dryadeus</i>	x					x
<i>Inonotus hispidus</i>		x				
<i>Phellinus robustus</i>	x	x				
<i>Trametes gibbosa</i>	x					
<i>Trametes hirsuta</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Trametes versicolor</i>			x			

1: *Morophaga choragella*; 2: *Nemapogon cloacellus*; 3: *Nemapogon hungaricus*; 4: *Niditinea fuscella*; 5: *Schiffermuelleria schaefferella*; 6: *Triaxomera parasitella*

28 gyűjtőhelyről begyűjtött 13 taplógombából összesen 47 rovarfajt neveltünk ki. Ezek túlnyomó többsége mikofág faj, de vannak közöttük ragadozók is. Legtöbb gyűjtőhelyről a *Ropalodontus perforatus* (Coleoptera, Ciidae) került elő. Legnagyobb fajgazdagságot (26 faj) a várakozásoknak megfelelően a bükktaplóban (*Fomes fomentarius*) találtuk. Egyrészt ebből a fajból származik a legtöbb minta, másrészt pedig nagyméretű termőteste is a

gazdagabb rovarfauna irányába hat. Megjegyzendő, hogy taplókból kinevelt lepidopterák esetében a lepketapló (*Trametes versicolor*) mutatta a legnagyobb fajgazdagságot. Ebből a gazdából az összes kinevelt taplómoly faj előkerült. Már az eddigi eredmények is egyértelműen azt bizonyítják, hogy a holtfákon élő taplógombák nagyon gazdag, specialista rovarközösségeket tartanak fent, azaz az erdei diverzitás szempontjából kifejezetten nagy jelentőségű mikrohabitatok.

Neveléseink a taplógombák rovarfaunájára vonatkozóan adtak számos új adatot. Az új adatok egyrészt új gazda/rovar kapcsolatokat tártak fel, másrészt pedig korábban nem ismert elterjedési adatokat szolgáltatottak. Ez különösen azért fontos, mert a taplógombák rovarfaunájára vonatkozóan Magyarországról inkább csak szórvány-adatok ismeretesek, a célirányos kutatások eddig hiányoznak. Kutatásaink folytatásával a jövőben várhatóan további új adatokat nyerhetünk, illetve ökológiai összefüggéseket tárhatunk fel.

### **Holt fa jelentősége a hasznos ragadozó és parazitoid ízeltlábúak szempontjából**

Az erdei holtfa különböző megjelenési formái igen sok erdővédelmi szempontból hasznos ízeltlábú fajnak biztosítanak bújóhelyet, telelőhelyet, illetve közvetve alternatív táplálékforrást. Ennek megfelelően az erdei holtfa jelentős szerepet játszhat a hasznos ízeltlábú szervezetek megtelepedésében. Vizsgálataink során terepi gyűjtésekkel, illetve kinevelésekkel gyűjtöttünk adatokat arra vonatkozóan, hogy a holtfa milyen szerepet tölt be egyes ragadozó és parazitoid fajok életében.

A 5. táblázatban ennek az adatgyűjtésnek a legfontosabb eredményeit foglaljuk össze. További jelentős mennyiségű kinevelt rovar, illetve adat még feldolgozás alatt áll. A táblázatban csak eredeti adatok szerepelnek, szakirodalomból származó információkat itt nem közlünk.

Ezen adatok alapján is levonható a következtetés, miszerint a holtfa változatos megjelenési formái számos, erdővédelmi szempontból is kifejezetten jelentős parazitoid és ragadozó ízeltlábú életfeltételeinek biztosításában játszanak fontos szerepet.

6. táblázat: Ragadozó és parazitoid ízeltlábúak jelentősége és holtfához való kötődése (eredeti adatok)

Faj	Rend/Család	Jelentőség	Holtfa-kötődés
<i>Calosoma inquisitor</i>	<i>Coleoptera Carabidae</i>	lepkeshernyők (pl. gyapjaslepke) jelentős ragadozója	Erősen korhadt, de még egyben lévő holtfában találtak telelőpéldányait.
<i>Calosoma sycophanta</i>	<i>Coleoptera Carabidae</i>	lepkeshernyők (pl. gyapjaslepke) jelentős ragadozója	Erősen korhadt, de még egyben lévő holtfában ( <i>Quercus, Populus</i> ) találtak telelőpéldányait:
<i>Carabus inquisitor</i>	<i>Coleoptera Carabidae</i>	ragadozó	Korhadt holtfában lévő lárvajáratokban találtak több telelő példányát.
<i>Thanaximus formicarius</i>	<i>Coleoptera Cleridae</i>	fenyőkön élő szűk ragadozója	elhalt lucok palástján, illetve kérge alatt
<i>Cucujus cinnabarinus</i>	<i>Coleoptera Cucujidae</i>	kéreg alatt élő xilofág lárvák ragadozója	különböző fafajú elhalt fák ( <i>Quercus, Populus, Salix</i> ) leváló kérge alatt
<i>Stenagostus rhombus</i>	<i>Coleoptera Elateridae</i>	cincér- és más xilofág lárvák ragadozója	elhalt fák fellazult kérge alatt
<i>Hololepta plana</i>	<i>Coleoptera Histeridae</i>	kéreg alatt élő lárvák ragadozója	elhalt <i>Populus</i> leváló kérge alatt
<i>Platysoma elongatum</i>	<i>Coleoptera Histeridae</i>	szű- és cincérlárvák ragadozója	elhalt fenyők ( <i>Pinus nigra, P. sylvestris</i> ) kérge alatt
<i>Ptychbroa coccinea</i>	<i>Coleoptera Pyrochroidae</i>	kéreg alatt élő xilofág lárvák ragadozója	elhalt fák leváló kérge alatt
<i>Ptychbroa serraticornis</i>	<i>Coleoptera Pyrochroidae</i>	kéreg alatt élő xilofág lárvák ragadozója	
<i>Rhizophagus dispar</i>	<i>Coleoptera Rhizophagidae</i>	szűbogararak fakultatív ragadozója	Mikofág/ragadozó életmódú, taplógombákban, de holtfa kérge alatt is megtaláljuk.
<i>Phosphuga atrata</i>	<i>Coleoptera Silphidae</i>	ragadozó	Vörös, morszás fakorhadékban találtak telelő példányait több helyen.
<i>Corticus fraxini</i>	<i>Coleoptera Tenebrionidae</i>	lárva és az imágó fenyőkben élő szűk ragadozója	Elhalt erdei és fekete fenyő leváló kérge alatt tömegesen találtak, számos különböző helyszínen.
<i>Medetera</i> sp.	<i>Diptera Dolichopodidae</i>	szürlárvák ragadozói	Elhalt erdei és fekete fenyő leváló kérge alatt, több helyszínen

Faj	Rend/Család	Jelentőség	Holtfa-kötődés
<i>Zabrubia</i> sp.	Diptera Stratiomyidae	szülárva ragadozó	Elhalt erdei és fekete fenyő leváló kérge alatt.
<i>Xylophagus ater</i>	Diptera Xylophagidae	kéreg alatt élő xilofág lárvák és bábok ragadozója	elhalt erdei és fekete fenyő leváló kérge alatt
<i>Atanycolus initiator</i>	Hymenoptera Braconidae	jelentős xilofág rovarok (pl. <i>Agrius viridis</i> , <i>A. angustulus</i> , <i>A. biguttatus</i> ) parazitoidja	Holtfában élő szaproxilofág rovarokban (cincérlárvák, diszbogár lárvák) is kifejlődik.
<i>Lasius brunneus</i>	Hymenoptera Formicidae	kisebb rovarok generalista ragadozója	elhalt, földön fekvő fák ( <i>Pinus</i> , <i>Quercus</i> ) leváló kérge alatt
<i>Lasius fuliginosus</i>	Hymenoptera Formicidae	generalista ragadozó, kéreg alatt xilofág lárvákat, de lombfogyasztókat is zsákmányol	Talajközeli, korhadt odvakban épít fészket
<i>Formica rufa</i>	Hymenoptera Formicidae	erősen generalista, számos jelentős fajt ( <i>L. dipar</i> , <i>O. brumata</i> , <i>C. pennaria</i> , <i>N. vertiger</i> , stb.) zsákmányol tömegesen.	Kidőlt, korhadó fára, tuskóra építi bolyát
<i>Formica polyctena</i>	Hymenoptera Formicidae	generalista, számos jelentős lombfogyasztó rovat is zsákmányol tömegesen.	Kidőlt, korhadó fára, tuskóra építi bolyát
<i>Lasius emarginatus</i>	Hymenoptera Formicidae	generalista, kisebb lombfogyasztókat is zsákmányol	Elhalt fák leváló kérge alatt is megtalálhatók fészkei.
<i>Liometopum microcephalum</i>	Hymenoptera Formicidae	generalista, lombfogyasztókat is zsákmányol	Főként tölgyeken, de időnként más fajokon is ( <i>Populus</i> , <i>Tilia</i> ), rovarjártatokban. Különösen kedveli a nagy hőszcincér lárvajáratait.
<i>Ibalia leucospoides</i>	Hymenoptera Ibalidae	fadarazsak ( <i>Sirex juvenicus</i> és <i>S. noctilio</i> ) parazitoidja	1-2 éve pusztult erdei és fekete fenyőkből neveltük ki

Faj	Rend/Család	Jelentőség	Holtfa-kötődés
<i>Pimpla</i> sp.	<i>Hymenoptera</i> <i>Ichneumonidae</i>	többek között lepkéhernyók parazitoidjai	Vörös, morzsás fakorhadékban találtak telelő példányait több helyen
<i>Rhyssa persuasoria</i>	<i>Hymenoptera</i> <i>Ichneumonidae</i>	fadarazsak ( <i>Sirex juvenis</i> és <i>S. noctilio</i> ) parazitoidja	1-2 éve pusztult erdei és fekete fenyőkből neveltük ki
<i>Megarhyssa emarginatoria</i>	<i>Hymenoptera</i> <i>Ichneumonidae</i>	nagytermetű, fenyőben élő fadarazsak ( <i>Urocerus gigas</i> ) parazitoidja	1-2 éve pusztult lucból
<i>Lathobius forficatus</i>	<i>Lathrobiumorpha</i> <i>Lathrobidae</i>	generalista ragadozó	Elhalt fák ( <i>Quercus</i> , <i>Pinus</i> ) leváló kérge alatt
<i>Phaenostigma notata</i>	<i>Neuroptera</i> <i>Raphidiidae</i>	generalista ragadozó	Elhalt fenyők ( <i>Pinus</i> ) leváló kérge alatt

## 2.4. részprojekt: Különböző üzemmódú állományok erdődinamikai és erdőtermészetességi vizsgálata

Részprojekt felelős szervezeti egység: PTE Biológiai Intézet

### A KOCSÁNYOS TÖLGY (*QUERCUS ROBURL.*) FELÚJULÁSA AZ ORMÁNSÁGBAN: LÉKES KÍSÉRLETEK ÉS A SPONTÁN FELÚJULÁS TÁJI LÉPTÉKŰ VIZSGÁLATA

ORTMANN-NÉ AJKAI ADRIENNE – HORVÁTH GYŐZŐ – SASS VIVIEN – CSICSEK GÁBOR

Pécsi Tudományegyetem  
Természettudományi Kar  
Biológia Intézet  
Ökológiai és Hidrobiológiai Tanszék  
7624 Pécs, Ifjúság útja 6.

#### Bevezetés

Folyamatos erdőborítás mellett a tölgygel való gazdálkodás az egyik legnehezebb feladat (CSÉPÁNYI, 2008), ami mind a gyakorló erdészeket, mind az erdőkutatókat komoly kihívás elé állítja. Kocsánytalan tölgy tekintetében egyre szaporodnak a követhető példák (Csépanyi 2008, 2013b). Ártéri kocsányos-tölgyes (keményfás) erdőkben alig ismerünk kísérleti jellegű lékes felújítást<sup>1</sup>. Vizsgálati területünkön kívül (ORTMANN-AJKAI et al., 2012) a szintén ormánsági Szentegáti erdőben (BODOR – GENCSY, 2001), a Nyír-

---

<sup>1</sup> A kocsányos tölgy felújítása céljából gyakorlati tapasztalatok alapján kialakított 0,1 – 0,5 ha körüli „lékek” akár nagyságrenddel is nagyobbak, mint a természetes vagy a bükkösökben használt mesterséges lékek, főleg ha figyelembe vesszük, hogy a felújítás következő lépéseiben bővítésükre kerülhet sor. Tanulmányunkban a vizsgált KST állományok vonatkozásában, az egyszerűség és a gyakorlat szóhasználatához való alkalmazkodás érdekében ebben az értelemben fogjuk használni a ”lék” kifejezést; nem tagadva, hogy szükség lenne egy közmegegyezésen alapuló új szakkifejezés megalkotására és elterjesztésére.

ségben (TÓTH – KAULÁK, 2013); magas kőrises ártéri erdőben: CSÉPÁNYI (2008) ismerünk ilyeneket. A nehézségek okai között említhető a túltartott vadállomány, a termőhely szárazodása, a lékek kocsányos tölgy számára kedvezőtlen mikroklímája, az elégtelen makktermés, a lisztharmat károsítása, szeder túlburjánzása, idegenhonos fajok inváziója.

A téma kutatottsága kezdeti stádiumának megfelelően vizsgálataink elsősorban exploratív, hipotézisgeneráló jellegűek voltak, eredményeink további vizsgálatok elméleti alapozását, intenzív, kísérletes vizsgálatok tervezésének támogatását szolgálják. Pályázati vállalásainkhoz illeszkedve a következő logikai rendben, 2 térléptékben mutatjuk be őket:

1. Kísérleti lékek és a befogadó erdőállományok vizsgálata, különös tekintettel az 50 méteres hatásvonalára: transzekt menti mikrocönológiai vizsgálatok: lágyszárúak és újulati elemek közötti interspecifikus kapcsolatok feltárása; diverzitás, fajkompozíció és texturális mintázatok; trait vizsgálatok; degradációs jelenségek (gyomosodás, özöngyomok megjelenése, terjedése); újulati elemek egyedi morfológiai felvételezése, különös tekintettel a vadkárta; a befogadó erdőrészeket TERMERD módszertanú felmérése; abiotikus tényezők mérése, különös tekintettel talajparaméterekre, a pályázati vállalásokon túl mikorrhiza-vizsgálatokkal és az 1.2. munkacsoport által végzett talajvízszint méréssel kiegészítve; valamint kisemlős-vizsgálat.

2. Táj lépték: a tágabb környék, a kísérleti erdőrészeket magába foglaló táj erdőfejlődési – erdőgazdálkodási mintázatának vizsgálata: vadhatás; kontrollként szolgáló erdőrezervátum-magterületek; új elemként a kocsányos tölgy spontán felújulására alkalmas spontán cserjésedő, erdőződő területek vizsgálata.

## **Kísérleti lékek és a befogadó erdőállományok vizsgálata, különös tekintettel az 50 méteres hatásvonalára**

### ***Vizsgálati terület, módszerek***

Lékvizsgálataink színhelye a Bükkhát Erdőrezervátum védőzónája volt. A 33. sz. Bükkhát Erdőrezervátum az Ormánság erdőgazdasági tájban, Vajszló, Páprád, Sámod és Baranyahídvég községhatárokban található (45°52'43.83"É; 18°00'28.27"K). Jellemző erdőtársulásai ártéri gyertyános-kocsányos tölgyesek (*Circaeo-Carpinetum* BORHIDI em. KEVEY 2006), a mélyebb részeken tölgy-kőrisszil ligeterdők (*Carici brizoidis-Ulmetum* KEVEY 2008). Mindkét társulás közösségi jelentőségű (NATURA 2000) élőhely. A terület részletes leírása: ORTMANN-AJKAI (1998), ORTMANN-AJKAI et al. (2012). Az erdőrezervátum mai formájában 2002-ben lett kijelölve, 2007-

ben a 11/2007 (III. 30.) KvVM rendelettel nyilvánították védetté. Korábban (1997–98-ig) vágásos üzemmódban kezelték. Teljes területe 452 ha, amiből a két különálló magterület összesen 58 ha.

A Mecsekerdő ZRt 2002 óta folyamatosan kísérletezik lékes felújítással, ami lehetőséget kínál arra, hogy 10 éves időtávlatban is értékelhessünk. Vizsgálatainkba 8 léket vontunk be: 2011–12-ben nyitott (továbbiakban: fiatal) 0,12–0,25 ha közötti lékeket gyertyános-tölgyes (4 db, L1–L4 jelű lékek) és keményfaliget jellegű (2 db, L7 és L8 jelű lékek) termőhelyeken, és 2 db 2002–2003-ban nyitott (továbbiakban: idős), kb. 0,8 ha területű léket a mélyebb termőhelyen (L5 és L6 jelű lékek). A fiatalabb lékeket a vágás után 1–2 évig vaddisznókerítéssel védték, ami ezután elbontásra került. Az idős lékek szarvaskerítést kaptak, ami az évek során átjárhatóvá vált.

A lékekben a Silva Naturalis projekt módszertana szerint transzekt menti felvételezéssel dolgoztunk. A kiválasztott lék középpontjának kijelölése után, a középponttól É-i, Ny-i, D-i és K-i irányokba transzektet jelöltünk ki. A transzektet a lék széléig futottak, majd onnan még 50 méterre a területet körülvevő hatásvonaláig. A kihúzott mérőszalag mentén 240 cm-nként lehelyezett 80 cm átmérőjű (0,5 m<sup>2</sup> területű) mintakörökben végeztük el a következő felméréseket: 1. mikrocönológia: minden előforduló faj (50 cm-nél alacsonyabb újulati elemeket is beleértve) borítása Braun-Blanquet skálán; fásszárúak egyed szintű morфомetriája: magasság (cm), rágáskár mértéke MÁRKUS – MÉSZÁROS (2000) módszere szerint. A lékeket magukban foglaló erdőrészekben TERMERD adatlapot is kitöltöttünk.

Az abiotikus háttértényezők közül a talajra koncentráltunk, az akkreditált laborban végzett méréseket a pályázat vállalásain túl mikorrhiza-vizsgálatokkal is kiegészítettünk (SASS et. al., 2014). Mikroklíma-mérések néhány alkalommal, tájékozódó jelleggel, a mecseki lékekkel megegyező módszertannal történtek (CSETE et. al, ebben a kötetben).

A 2.5 részfeladat keretében a mintaterület egyik legfajgazdagabb lékjében (L2) helyszíni szezonális gázcsera mérések történtek az erdőtípusra jellemző 7 fásszárú taxonra: közönséges gyertyán (*Carpinus betulus* L.), madárcseresznye (*Cerasus avium* L.), amerikai kóris (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.), kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.), hamvas szeder (*Rubus caesius* L.), földi szeder (*Rubus fruticosus* agg.), kecskefűz (*Salix caprea* L.). A helyszíni szén-dioxid és vízgőz forgalom méréséből számítható, funkcionális ökológiai szempontból legfontosabb működési paraméterek (asszimiláció, transzspiráció, fotoszintetikus vízhasznosítás) alapján megadható a taxonok habitat specifikus öko-fiziológiai viselkedése. Az eredményekből folyamatosan készülnek magyar és idegen nyelvű publikációk (pl. SALAMON-ALBERT et. al., 2014), bővebben lásd a 2.5. részfeladat fejezetében.



2014. június 25-én a 7. sz. lékünk (Vajszló 13/B) talajvízszint monitorozására két kutat létesítettek Kalicz Péter és munkatársai (1.2. munkacsoport), a NymE Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézettel (GEVI) közösen. Az egyik kút a lék geometriai középpontjában, a másik, mintegy 60 méterre a 13/A erdőrészletben az állomány alatt, a Bükkhát Erdőrezervátum déli magterületének DF-21 erdő+h+a+l+ó pontján helyezkedik el. A kutakba a soproni Intézet a talajvízszint monitorozására adagyűjtővel ellátott nyomásmérő szondákat telepített. A talajvízszint idősorból, a növényi vízfogyasztás hatására bekövetkező napi ingadozás segítségével, a lék és a szomszédos anyaállomány párolgási viszonyaira GRIBOVSZKI et. al. (2008) módszere alapján lehet következtetni. A vizsgálat részletei az 1.2 résztema fejezetében találhatóak.

A kisemlősök vizsgálatát elevenfogó dobozcsapdákkal, fogás-jelölés-visszafogás (capture-mark-recapture=CMR) módszerrel végeztük 3 fiatal lékben és a velük szomszédos zárt erdőállományokban (kontroll). Minden területen 7×7-es csapdahálóban, 12 méteres csapdatávolsággal, összesen 294 csapdával dolgoztunk. A mintavételezést 2013-ban négy hónapban (július-október), 5 éjszakai napi periódusokban végeztük. A csapdaháléhoz illesztve saját fejlesztésű módszerrel (O. AJKAI – CSICSEK, publikálatlan) hálórendszerű botanikai és mikroélőhely-felmérés készült. A bükkhát erdőtümbben, a jelenleg vizsgált lékektől néhány 100 m távolságra, az 1990-es évek óta folynak kisemlős vizsgálatok (HORVÁTH et. al., 1996a,b; 2000), így évtizedes léptékű populációdinamika tanulmányozásra is lehetőség van.

## Előzetes eredmények

### *Mikrocönológia*

Az igen gazdag mikrocönológiai felvételi anyag (8 lékben és hatásonájában készült összesen 1 167 db 0,5m<sup>2</sup> mintakörben Braun-Blanquet skálájú tömegességi adatok) kiértékelése még folyamatban van, néhány előzetes eredményről tudunk beszámolni.

Összesen 180 edényes növényfajt találtunk, a tömegességi viszonyok alapján „jellemzően erdei”, „átmeneti” és „jellemzően lék” fajcsoportokba osztottuk őket. Az egyes csoportok fajszáma (37/26/117) jelzi a lékek flóragazdagító hatását. Az erdei fajok között a generalisták, a lékfajok között a természetes zavarástűrők uralkodnak, a szegélyfajok esetében a két csoport részesedése közel egyenlő. 13 invazív fajt találtunk, melyek főleg lékfajok. A három fajcsoport mindegyikében 2–2 specialista faj fordul elő. Ökológiai indikátorok alapján a lék és az erdőbelső között a fény- és a talajnedvesség-

mutató értékei tértek el szignifikáns mértékben (SASS et. al., 2014a; MAGYAROS, 2014).

További terveink között szerepel a lécek természetvédelmi szerepének további elemzése, alfa- és béta diverzitás vizsgálatok, a funkcionális és gyakorlati szempontból (optimális lékméret-meghatározás) kiemelkedően fontos hatásvonára vizsgálata a Kőszegi-forrás Erdőrezervátum adatsorain már tesztelt csúszó ablakos (MSW) módszerrel (ERDŐS et. al., 2014), különböző stratégiájú növényfajok kolonizációja és rekolonizációja, kerítéses kísérletek és ismételt egyedalapú újulatfelmérés.

### ***Az újulat és cserjeszint összetételének, illetve a vadnyomás mértékének vizsgálata***

A cserje és az újulati szint vizsgálatába 4 db léket vontunk be. A 4 db 2011-ben nyitott 0,12–0,3 ha-os mintaterületen (L1–L4), és az azokat körülvéző hatásvonában 2013 nyarán végzett mérések legfőbb eredményei a következők voltak.

Összesen 606 db mintakörben 27 fa- és cserjefaj 1 985 egyedét mértük fel. A lék leggyakoribb fajtája a telepített *Quercus robur*, mellette a spontán megtelepedett fajok közül a *Carpinus betulus*, és a *Cornus sanguinea* egyedszáma jelentős. A hatásvonára leggyakoribb fajtái a következők: *Carpinus betulus*, *Acer campestre*, *Cornus sanguinea*, *Ligustrum vulgare*. A lékben a fajok száma 23, a hatásvonában 21. Egyes fénykedvelő, pionír fajok kizárólag a lékekben fordulnak elő, (pl. *Populus alba*, *Populus canescens*, *Populus termula*, *Salix alba*, *Salix caprea*), ezek a fajok a teljes fajkészlet 17%-át teszik ki. Három idegenhonos faj jelenlétét bizonyítottuk a területen: *Fraxinus pennsylvanica*, *Robinia pseudoacacia*, *Prunus cerasifera*. A fő- és elegyfajfajok hektáronkénti egyedszáma a lék területén 55 347 db/ha, a hatásvonában 30 400 db/ha.

A természetközeli felújulás és a mesterséges felújítás sikerességének szempontjából kiemelkedő fontosságú vadnyomás mértékének vizsgálata során megállapítottuk, hogy az általunk vizsgált 1 985 db egyedből, 705 db volt ép és 1 280 db egyeden talákoztunk valamilyen mértékű rágáskár nyomaival. A vizsgált területen a vadnyomás mértéke 64,5%, a léken belül 62,7%, a hatásvonában 66,9%. A rágáskár mind a főfajokat, mind az elegyfajokat jelentős mértékben érinti. A legnagyobb mértékű vadnyomást az *Ulmus minor*, az *Acer campestre*, az *Euonymus europaeus* és a *Carpinus betulus* egyedek esetében mértünk, ezen fajok esetében a vizsgált egyedek több mint 80%-án rágás nyomait észleltük (CSICSEK et. al., 2013; CSICSEK – O. AJKAI, 2014).

## *Talaj- és mikorrhiza vizsgálatok*

A talaj- és mikrobiológiai vizsgálatokat az L1, L7 fiatal és az L6 idős lékben végeztük; kontrollként a szomszédos kezelt állományokból és a déli magterület DF-21 erdő+h+á+1+ó pontjából is vettünk mintákat. A munkánk során vizsgáltuk a 0–30 cm-es rétegből származó talajminták laboratóriumban kitenyészhető összcsíra- és mikrogombaszámát (MSZ 21470/77-1988), valamint a közösségi mikrobiális aktivitást (MSZ-08-721/3-86). A jelentős talajbolygatással járó erdőfelújítás és bizonyos esetekben a végvágások komoly mértékben károsíthatják mikrobiológiai szempontból az erdei életközösséget (BALOGHNÉ et. al., 2000). A 2013 tavaszán és őszén gyűjtött talajmintákból nem tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni a zárt állomány és a lékek összcsíra- és mikrogombaszáma között, ahogy a mikrobiális aktivitást jellemző dehidrogenáz enzimaktivitás értékei esetében sem.

A területen sikerült igazolni a tölgyek arbuszkuláris mikorrhiza-kolonizációját (TROUVELOT et. al., 1985). Azt tapasztaltuk, hogy kolonizáció igen kismértékű ( $M\%=1,1 - 13,23\%$ ,  $A\%=0,16 - 8,95\%$ ) mind a fiatal egyedek, mind pedig az idősebb fák esetén. Valószínűleg ez az oka, hogy a lékes és erdős kontroll területek összehasonlításánál nem találtunk szignifikáns különbséget a mikorrhiza-borítottság ( $M\%$ ) és az arbuszkulum-gazdagság ( $A\%$ ) tekintetében. A szezonális dinamika vizsgálata során kimutattuk, hogy a talajminták kitenyészhető összcsíraszám és mikrogombaszáma tavaszról ősze szignifikánsan nőtt, a kocsányos tölgyek gyökérmintáiban az arbuszkulum-gazdagság pedig szignifikánsan csökkent ( $p<0,05$ ). A talajkémiai elemzést akkreditált laboratóriumban végezték. A vizsgált paraméterek közül csak a pH-ban és a Mn-tartalomban következett be szignifikáns változás. Az értékeik a lékekben jellemzően magasabbak voltak, ezen kívül tendenciát tekintve a N és  $P_2O_2$ -tartalom is itt volt magasabb.

Az általunk vizsgált talajmikrobiológiai és talajkémiai jellemzők alapján megállapítottuk, hogy nem következett be jelentős talajkémiai romlás a lékek talajában a környező zárt állományokhoz, mint kontroll területhez viszonyítva. Tájékoztató talajmikrobiológiai vizsgálatok azt mutatják, hogy ezen a területen a lékes felújítás talajökológiai szempontból kíméletes erdőgazdálkodási módszer (SASS et. al., 2014b).

## *Kisemlős vizsgálatok*

A kisemlősök (cickányok, egerek, pockok) potenciális indikátorai a természetvédelmi érdekeket is előtérbe helyező erdőművelésnek. Jelentős szerepük van a magok, vagy a makktermések terjesztésében, melynek megítélése kettős: egyes vizsgálatok szerint ezzel hozzájárulnak az erdők természetes megújulásához, mások szerint a magról történő generatív erdőfelújítás esetén a makkok kiásásával jelentős károkat tudnak okozni. Ezért a kisemlősök felméréseket is végeztünk, vizsgálva a lékekben és a környező zavartalan erdőfoltokban megtalálható kisemlős együtteseket összetételét, illetve a fajok élőhely használatát és térbeli szegregációját.

A mikroélőhely hálótérkép alapján mind a lékek, mind a zárt erdőtagokat tekintve nyolc-nyolc mikroélőhely foltot különítettünk el, melyeket négy-négy nagyobb élőhely-folt kategóriába soroltunk. Az erdei kvadrátokon belül elkülönítettünk alacsony, közepes és magas cserjeszintű mikrohabitatokat, továbbá szeder dominanciájú területeket. A lékekben található kvadrátoknál elkülönítettük a lékek belső területeit, továbbá három szegélyterületet, melyeket erdős, magas cserjeszintű, illetve szeder dominanciájú csoportokra különítettünk el.

A zárt erdőfoltokban 4 (sárganyakú erdeiegér, *Apodemus flavicollis* (MELCHIOR, 1834), pirók erdeiegér, *A. agrarius* (Pallas, 1771), közönséges erdeiegér, *Apodemus sylvaticus* (LINNAEUS, 1758), vöröshátú erdeipocok, *Myodes glareolus* (SCHREBER, 1780), míg a mesterséges lékek területén további 5 kisemlősfajt tudunk kimutatni, ami ez utóbbi élőhelyek nagyobb mértékű variabilitásának köszönhető. A leggyakoribb négy faj ezeken az élőhelyeken is az erdőfoltokban is megjelent négy rágcsálófaj volt. A négy faj élőhelyhasználatát eltérő volt, a sárganyakú erdeiegér a zárt erdőket, a pirók erdeiegér és az erdeipocok a lékek területét preferálta jobban, míg a közönséges erdeiegér az év során az erdőterületek nagyobb mértékű használatáról egyre inkább a lékek preferálására tért át. A mesterséges lékekben az aljnövényzet sokkal inkább kifejezett, sűrű és magas borítása volt jellemző, azonban vizsgálati eredményeink azt mutatták, hogy ennek ellenére a lékek belső foltjait az erdeipocok nem használta, viszont pozitív preferenciát mutatott a mesterséges lékek területén elkülönített erdőszegély jellegű és a magasabb borítású szedres mikroélőhely foltok irányába (TÓTH, 2014). Vizsgálataink folytatása fontos új információkat szolgáltat a területen előforduló kisemlős fajok ökológiájáról, továbbá a lékvágások állatközösségre, ezen keresztül a teljes biodiverzitásra gyakorolt hatásáról.

## *Táji lépték*

Vállalásaink között szerepelt a teljes környék, a kísérleti erdőrészeket magába foglaló táj erdőfejlődési – erdőgazdálkodási mintázatának vizsgálata. Ennek keretében három irányban vizsgáltunk: vadhatás; azonos tájban elhelyezkedő erdőrezervátum-magterületek, mint vizsgálata; új elemként a kocsányos tölgy spontán felújulására alkalmas spontán cserjésedő, erdőszedő területek vizsgálata.

### *Vadhatás táji léptékben*

A vadkár vizsgálata táji szinten is szükséges (KENDERES – STANDOVÁR, 2007), ezért 2014 tavaszától, az Ormánság különböző korú, és eltérő üzemmódban kezelt erdeiben további vizsgálatokat kezdtünk az újulat és cserjeszint összetételére, és a vad által okozott kár mértékére vonatkozólag. Közel 50 erdőrészletben, több mint 120 almintában végeztük el a cserje és az újulati szint felmérését a korábban ismertetett módszerrel. A további vizsgálatok célja, hogy megállapítsuk a különböző üzemmódban kezelt erdőállományok közötti lehetséges különbségeket a cserjeszint összetételében és a szarvasfélék által okozott rágáskár mértékében.

### *Kontrollként szolgáló erdőrezervátum magterületek spontán dinamikájának leírása és összehasonlítása*

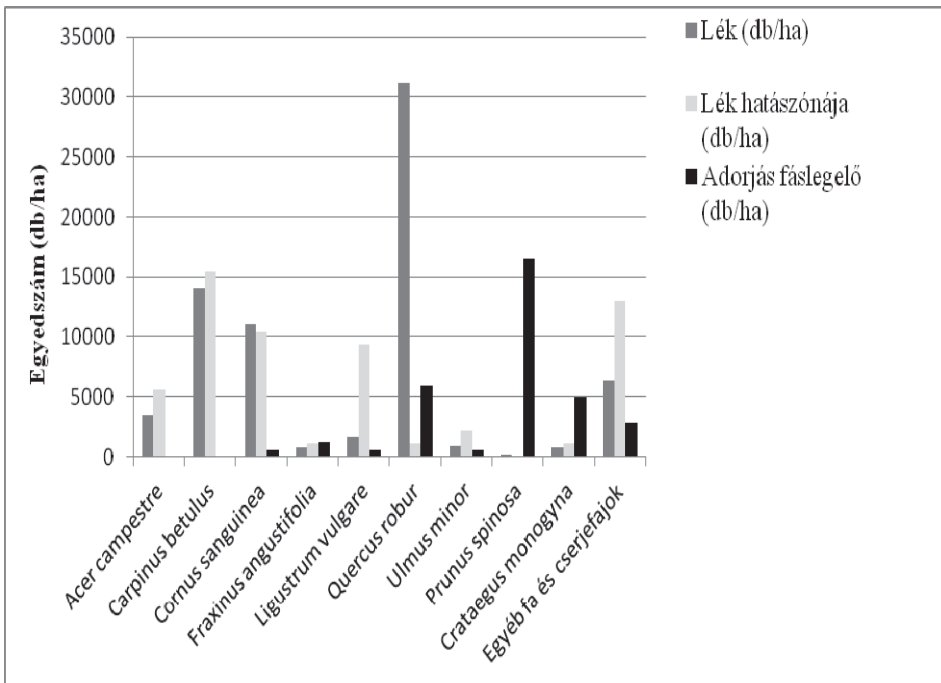
Az Erdőrezervátum program (BARTHA et. al., 2001) eredményeinek felhasználása, kutatóhelyszíneikhez és módszertanához való kapcsolódás lehetőséget biztosít arra, hogy a mesterséges lékekben zajló folyamatokhoz természetes referenciákat rendeljünk, figyelembe véve, hogy a felhagyott és kezelt erdők összehasonlíthatósága több feltétel teljesülését igényli (BRANG, 2005). Rezervátum-referenciákkal mind az ormánsági kocsányos-tölgyesek, mind a mecseki bükkösök esetében rendelkezünk, így lehetőségünk van arra, hogy ugyanazon régió belül a két kulcsfontosságú fafaj és erdőtípus természetes felújulását ne csak külön-külön, de egymással összehasonlítva is vizsgálhassuk. Várható eredményeink tudományos érvekkel támaszthatják alá azt az igényt, hogy az Erdőtörvény kezelje differenciáltan a különböző fafajokat és állományait.

A lékes felújítás alapjául szolgáló természetes felújulási folyamatokat az ormánsági kísérleti lékek közvetlen közelében, azonos termőhelyen található erdőrezervátum magterületen vizsgáltuk, ahol 2012-ben elkészült a faállomány-, cserje- és aljnövényzeti szint erdőrezervátum protokoll szerinti felmérése (HORVÁTH et. al., 2012; ORTMANN-AJKAI et. al., 2011), ami jelen

vizsgálattal összevethető adatokat (fajok tömegessége, rágottság) szolgáltatott. A mecseki bükkös lécek esetében referenciának alkalmas a lécektől kilométeres távolságban található márévári mintaterület (M47A), ami bár nem rezervátum, de több mint 20 éve gazdálkodásból kivett terület (ORTMANN-AJKAI et al., 2013); és a szintén hasonló termőhelyű, szintén mecseki és kb. 20 éve felhagyott Kőszegi-forrás erdőrezervátum. A Kőszegi-forrás magterületén készült az Erdőrezervátum Program egyik első faállomány-szerkezeti felmérése (MÁNYOKI, 2009; HORVÁTH et al., 2012), és elkészült az aljnövényzeti felmérés is (ORTMANN-AJKAI et al., 2010). Magterületén 2008 óta folynak kisémlős vizsgálatok a bükkháti felméréssel megegyező módszertannal (GÁBOR, 2014, PAPP, 2014). Az erdők spontán dinamikájának kutatásához évtizedekre van szükség. Ilyen időtávlatú helyi felmérések hiányában robusztus trendek megfoghatók tér-idő helyettesítés módszerével is. Mivel mindhárom referenciaterület a szokásos vágásos üzemmódban kezelt erdő volt, a spontán dinamikai folyamatok kiindulópontjaként használhatók hasonló állományokban készült klasszikus cönológiai felvételek is (ormánsági kocsányos tölgyesek: (KEVEY, 2007a, b,) Bükkháton közvetlenül a vizsgált erdőtümbben: (ORTMANN-AJKAI, 1998; mecseki bükkösök: KEVEY, 2012, 2013); így azok közelítő értékelésére lehetőségünk van.

*A kocsányos tölgy spontán felújulására alkalmas spontán cserjésedő, erdőszedő területek vizsgálata*

A kocsányos tölgy folyamatos erdőborítás melletti felújításának számos nehézsége, szemben azzal a ténnyel, hogy a kocsányos tölgy ezeken az élőhelyeken évezredek óta természetes, domináns faj, felveti azt a lehetőséget, hogy természetes, spontán felújulása nem a kis erdőciklus, hanem más mechanizmus alapján történik. Alternatív lehetőség, hogy a kocsányos tölgy felújulása nagyobb tér- és időléptékű, nyílt és cserjés fázisokat is magában foglaló ciklusban történhet (VERA, 2000), ahol a nagy létszámú legelő állatnak kulcsszerepe van (VERA et al., 2006). A kocsányos tölgy cserjék alatti újulása a régi hazai szakirodalomból is ismert (ILLÉS, 1905). A Bükkhát Erdőrezervátum magterületén több olyan tényező: magas vadlétszám, lékésedés, a lécekben a kocsányos tölgy újulása helyett szűrős cserjék megjelenése figyelhető meg, ami alapján feltételeztük, hogy itt kisebb léptékben a Vera hipotézissel összevethető folyamatok játszódnak le. Korábbi erdőrezervátum adataink ilyen szempontú elemzését hazai és külföldi konferencián is bemutattuk (ORTMANN-AJKAI et al., 2014a, b), de a nagyívű hipotézis korrekt bizonyítása vagy elvetése még alapos további kutatást igényel.



1. ábra: Fásszárú fajok megoszlása a lékekben, lékek hatászónájában és spontán cserjésedő legelőszegélyben  
A lékekben a KST magas egyedszáma telepítésnek köszönhető

Tereptapasztalataink és irodalmi adatok összekapcsolásával az alábbi, konkrét kutatás megalapozására alkalmas logikai keretet alakítottuk ki. A kocsányos tölgy zárt állományban, és kis -- természetes vagy mesterséges -- lékekben rendkívül alacsony egyedszámban újul. Felújulása lényegesen gyakrabban megfigyelhető erdőszegélyekben vagy (szúrós) cserjésekben, cserjésedő legelőkön. A folyamatban szerepet játszhat – a mikroklíma-viszonyok mellett – a „szomszédvédelem” (associational resistance, OLFF et. al., 1999) jelensége is. A 2014-es terepszezonban, a pályázati vállalásokon túl, exploratív felméréseket kezdtünk a fentiek vizsgálatára. Pilot jelleggel 9 legelő, fáslegelő, szegély és egyéb spontán cserjésedő területen készítettünk a Silva Naturalis projekt során használt módszerrel egyedalapú magasságmérést és vadkár-felmérést. Az eredmények kiértékelése még tart (1. ábra), de a spontán cserjésedő, betöltődő területek további, részletes vizsgálatát ígéretes kutatási irányoknak tartjuk.

## Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-2014 pályázat támogatta. Köszönetünket fejezzük ki Horváth Ferencnek (MTA ÖK ÖBI, Erdőrezervátum Program); a Mecsekerdő ZRt vezetőinek és munkatársainak (Várady István, Burián Endre, Molnár Tamás, Pyber Attila); Czakóné Vér Klárának (PTE TTK) a talaj- és mikorrhiza vizsgálatok témavezetéséért; Lőrincz Péternek sokoldalú segítségével; valamint a terepmunkában résztvevő hallgatónak: Grám Renáta, Hollós Roland, Lukács Márió, Magyaros Viktor, Rogács Eszter, Tiffán Dóra, Vida Alexandra (PTE); Kovács Réka (BCE).

## Irodalom

- BALOGHNÉ BOKOR ZS. – TÓTH J. – KONCZ CS.-NÉ MOLNÁR A. – GENCSI Z. (2000): Különböző erdőfelújítási módok hatása észak-alföldi gyertyános-kocsányos tölgyes gyepszintjére, talajfaunájára és talajlakó mikroorganizmusaira. – *Erdészeti Lapok* **135**: 142–145.
- BARTHA D. (2001): Veszélyeztetett erdőtársulások Magyarországon. – *WWF Füzetek* **18**: 1–30.
- BARTHA D. – BIDLÓ A. – BORHIDI A. – BÖLÖNI J. – CZÁJLIK P. – HORVÁTH F. – KOVÁCS G. – MÁZSA K. – SOMOGYI Z. – STANDOVÁR T. (2001): Mit jelent számunkra az erdőrezervátum? – ER, Az erdőrezervátum-kutatás eredményei **1**(1): 3–4.
- BODOR L. – GENCSI Z. (2001): Sík- és dombvidéki gyertyános-kocsányos tölgyesek. In: BARTHA D. (szerk.): A természetszerű erdők kezelése. Átmenet a természeti folyamatokra épülő erdőkezelés felé. – *TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest*, pp. 97–109.
- BRANG, P. (2005): Virgin forests as a knowledge source for Central European silviculture: reality or myth? – *For. Snow. Landsc. Res.* **79** (1–2): 19–30.
- CSÉPÁNYI P. (2008): A tölgy és a folyamatos erdőborítás. – *Erdészeti Lapok* **143**: 294–297.
- CSICSEK G. – ORTMANN-AJKAI A. (2014a): Study of species composition and game damage in the regrowth layer of a gap-managed floodplain *Quercus robur* forest. – 23rd Workshop of European Vegetation Survey. (2014. május 8–11. Ljubljana) 145 pp.
- CSICSEK G. – ORTMANN-NÉ AJKAI A. (2014b): Az újulat összetételének és rágottságának vizsgálata lékes felújítógátásokkal kezelt alföldi kocsányos tölgyesben. In: SCHMIDT D. – KOVÁCS M. – BARTHA D. (szerk.): X. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia absztraktkötete. – Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 144–145.
- ERDŐS L. – VIDA, A. – KÖRMÖCZI, L. – BÁTORI, Z. – TÖLGYESI, CS. – ORTMANN-AJKAI A. (2014): Vegetation pattern along a topographical gradient in a beech forest reserve in the Mecsek Mts (Hungary). – *Austrian Journal of Forest Science* **131**: 85–106.
- GÁBOR A. (2014): Domináns rágcsálófajok mikro-élőhely asszociáltságának vizsgálata a Kőszegi-forrás Erdőrezervátum (Mecsek-hegység) területén. – XIV. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencián (Pécs, 2014. április 23–25).



- GRIBOVSKZI Z. – KALICZ P. – SZILÁGYI J. – KUCSARA M. (2008): Vízfolyás-menti területek evapotranszspirációjának becslése a talajvízszintek napi periódusú változása alapján. – Hidrológiai Közöny **88**(4): 5–17.
- HORVÁTH F. – LUKÁCS M. – CSICSEK G. – VIDA A. – SASS V. (2012): A Bükkhát Erdőrezervátum faállomány-szerkezeti felmérésének adatlapjai. – Kézirat, Vácraót, ER archívum.
- HORVÁTH, F. – BIDLÓ, A. – HEIL, B. – KIRÁLY, G. – KOVÁCS, B. – MÁNYOKI, G. – MÁZSA, K. – TANÁCS, E. – VEPERDI, G. – BÖLÖNI, J. (2012): Abandonment status and long-term monitoring of strict forest reserves in the Pannonian biogeographical region. – Plant Biosystems **146**: 189–200.
- HORVÁTH GY. – MÁTICS R. – TÖLGYESI M. – TRÓCSÁNYI B. (1996): Kisemlősök cönológiai vizsgálata egy erdei vegetációban a Dráva-menti síkság területén. – Vadbiológia **5**: 122–132.
- HORVÁTH GY. – TÖLGYESI M. (2000): A nyílt és a robusztus populáció becslési módszer összehasonlító elemzése az *Apodemus flavicollis* tanulmányozásában. – Vadbiológia **7**: 83–92.
- HORVÁTH, GY. – TRÓCSÁNYI, B. – TÖLGYESI, M. – MÁTICS, R. (1996): Contribution to striped field mouse *Apodemus agrarius* population dynamics in forest edge habitat. – Polish Ecological Studies **22**: 159–172.
- ILLÉS N. (1905): A tölgyesek kiképzéséről. – Erdészeti Lapok **44**:293–301.
- KENDERES K. – STANDOVÁR T. (2007): Természetes lécek felújulásának vizsgálata a bükki Óserdő Erdőrezervátumban. – Természetvédelmi Közlemények **13**: 101–108.
- KEVEY B (2012): A Kelet-Mecsek bükkösei. Beech woods in the eastern Mecsek Mountains [Helleboro odori-Fagetum (A. O. Horvát 1958) ]. – e-Acta Naturalia Pannonica **3**: 27–48.
- KEVEY B. (2007a): A baranyai Dráva-sík tölgy-kőris-szil ligeterdei (Fraxino pannonicae-Ulmetum Soóó in Aszód 1935 1935 corr Soó 1963). – Natura Somogyiensis **10**: 11–39.
- KEVEY B. (2007b): A baranyai Dráva-sík gyertyános-tölgyesei (Circaeo-Carpinetum Borhidi 2003 em.Kevey 2006. – Natura Somogyiensis **10**: 41–71.
- KEVEY B. (2008): Magyarország erdőtársulásai. – Tília XIV, Sopron, 488 pp.
- KEVEY B. (2013): A Nyugat-Mecsek bükkösei Beech woods in the Western Mecsek Hills [Helleboro odori-Fagetum (A. O. Horvát 1959) Soó & Borhidi in Soó 1960. – e-Acta Naturalia Pannonica **5**: 11–32.
- MAGYAROS V. (2014): Fénymutatók és a szociális magatartás típusok közötti kapcsolat vizsgálata a Bükkhát Erdőrezervátumban. – XIV. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencián (Pécs, 2014. április 23–25).
- MÁNYOKI G. (2009): A Kőszegi-forrás Erdőrezervátum faállomány-szerkezeti felmérésének adatlapjai. – Kézirat, Vácraót, ER archívum.
- MÁRKUS L. – MÉSZÁROS K. (2000): Erdőérték számítás. Az erdőértékelés alapjai. – Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- OLFF, H. – VERA, F.W.M. – BOKDAM, J. – BAKKER, E.S. – GLEICHMAN, J.M. – DEMAERYER, K. – SMIT, R., (1999): Shifting mosaics in grazed woodlands driven by the alternation of plant facilitation and competition. – Plant Biology **1**: 127–137.
- ORTMANN-AJKAI A. – CSICSEK G. – BÖLÖNI J. – HORVÁTH F. (2012): Merre tart a Bükkhát Erdőrezervátum? – Természetvédelmi Közlemények **18**: 415–424.
- ORTMANN-AJKAI A. – CSICSEK G. – HOLLÓS R. – MAGYAROS V. – ROGÁCS E. – TIFFÁN D. (2012): Bükkhát rdőrezervátum (ER-33) - Aljnövényzet felmérés 30 kis kiskörös ER protokoll szerint. – Kézirat, Vácraót, ER Archívum.
- ORTMANN-AJKAI A. - CSICSEK G. – LUKÁCS M. – HORVÁTH F. (2014a): Drivers of spontaneous dynamics in a floodplain *Quercus robur* forest in the Pannonian ecoregion: field data support the Vera hypothesis. – 23rd Workshop of European Vegetation Survey. (2014. május 8–11. Ljubljana) 56 pp.

- ORTMANN-AJKAI A. – NAGY D. – SIROK A. – KÓHIDI P. – SASS V. – TRAPP K. – VIDA A. (2010): Kőszegi-forrás Erdőrezervátum (ER-35) - Aljnövényzet felmérés 30 kiskörös ER protokoll szerint. – Kézirat. Vácrátót, ER Archívum (2010/D-011).
- ORTMANN-AJKAI A. – TÓTH I. ZS. – SIROK A. – NAGY D. – KULCSÁR P. – PARTOS K. (2013): Egy ismeretlen „öserdő” a Kelet-Mecsekben: 25 éve felhagyott bükkös aljnövényzetének térbeli mintázatai. – A kaposvári Rippl-Rónai Múzeum Közleményei **1**: 65–70.
- ORTMANN-NÉ AJKAI, A. (1998): Vegetation mapping as a base of botanical GIS applications II: Vegetation map of Vajszló forest (SW Hungary). – Acta Botanica Hungarica **41**(1–4): 193–227.
- ORTMANN-NÉ AJKAI A. – CSICSEK G. – LUKÁCS M. (2014b): Miért nem működik a lékes felújítás ártéri kocsányos-tölgyesekben? Egy lehetséges magyarázat: a Vera hipotézis. In: SCHMIDT D. – KOVÁCS M. – BARTHA D. (szerk.): X. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia absztraktkötete. – Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 20–21.
- PAPP G. (2014): Domináns rágcsálófajok mikroélőhely asszociáltságának vizsgálata a Kőszegi-forrás Erdőrezervátum (Mecsek-hegység) területén. – XIV. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencián (Pécs, 2014. április 23–25).
- SALAMON-ALBERT É. – LÓRINCZ P. – CSISZÁR Á. (2014): A földi szeder (*Rubus fruticosus* agg.) fényklimára adott szén- és vízforgalmi válaszai mérsékelt övi lombhullató erdők kísérleti lékjeiben. Carbon input and water balance responses of blackberry (*Rubus fruticosus* agg.) in gaps of temperate deciduous forest communities. – e-Acta Naturalia Pannonica **7**: 157–172.
- SASS V. – CSICSEK G. – O. AJKAI A. (2014a): Síkvidéki kocsányos-tölgyeseinek lékflórája: ökológiai indikáció és természetvédelmi értékelés (Gap flora of pedunculate oak forest: ecological indication and nature conservation assessment). – X. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében. Előadás- és poszterösszefoglalók.
- SASS V. – IMRI Á. – KOVÁCS M. – CSICSEK G. – ORTMANN-AJKAI A. – CZAKÓ-VÉR K. (2014b): Talajmikrobiológiai vizsgálatok a Bükkhát Erdőrezervátum lékjeiben. – Magyar Talajtani Társaság Vándorgyűlése, Keszthely.
- TÓTH D. (2014): Kisemlősök élőhely-használatának vizsgálata lékvágásos gazdálkodással kezelt erdőrezervátumi védőzónában. – XIV. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencián (Pécs, 2014. április 23–25).
- TÓTH J. – KAULÁK G. (2013): A szatmár-beregi kocsányos tölgyesek erdőgazdálkodási tapasztalatai. In: XXI. Kutatói nap: Tudományos eredmények a gyakorlatban. – Alföldi Erdőkért Egyesület, pp. 32–38.
- TROUVELOT, A. – KOUGH, J.L. – GIANINAZZI-PEARSON, V. (1985): Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. In: Symp. Europ. Sur les Mycorrhizes. – INRA, Paris, pp. 217–221.
- VERA, F. W. M. (2000): Grazing Ecology and Forest History. – CABI Publishing, 505 pp.
2009. évi XXXVII. törvény az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról. <http://net.jogtar.hu/megtekintve:2014.marcius.5>.
- 92/43/EGK IRÁNYELV (1992. május 21.) a természetes élőhelyek, valamint a vadon élő állatok és növények védelméről <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:02:31992L0043;HU:megtekintve.2014.marcius.6>.
- 11/2007 (III. 30.) KvVM rendelet a Bükkhát természetvédelmi terület létesítéséről és erdőrezervátummá nyilvánításáról. <http://www.opten.hu/jogiforum/light/torvtar/torvszoveg.php?twich=14269> megtekintve 2014. március 6.

## **2.5. részprojekt: Fás- és lágyszárú növényfajok ökoфизиологичеs vizsgálata**

**Részprojekt felelős szervezeti egység: PTE Biológiai  
Intézet**

### **A FÁSSZÁRÚ ÚJULAT SZÉN- ÉS VÍZFORGALMI VÁLASZAINAK VIZSGÁLATA NÉGY MAGYARORSZÁGI LOMBHULLATÓ ERDŐTÍPUSBAN – A FOLYAMATOS ERDŐBORÍTÁS FUNKCIONÁLIS ÖKOLÓGIAI MEGKÖZELÍTÉSE**

SALAMON-ALBERT ÉVA<sup>(1)</sup> – LÓRINCZ PÉTER<sup>(2)</sup> – TESZLÁK PÉTER<sup>(3)</sup> –  
CSISZÁR ÁGNES<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Pécsi Tudományegyetem  
Természettudományi Kar  
Biológiai Intézet  
7624 Pécs, Ifjúság u. 6.

<sup>(2)</sup>Radnóti Miklós Közgazdasági Szakközépiskola  
7633 Pécs, Esztergár L. u. 6.

<sup>(3)</sup>Pécsi Tudományegyetem  
Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet  
7634 Pécs, Pázmány P. u. 4.

<sup>(4)</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Növényteni és Természetvédelmi Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

### **Bevezetés és célkitűzések**

A TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 sz. pályázat 2.5 részfeladatában az erdei kísérleti lékekben megjelenő, a felújulási dinamikában fontos szerepet játszó fajok funkcionális ökológiai vizsgálatát tűztük ki célul. Választ kerestünk a lékekben fennálló legfontosabb abiotikus környezeti tényezőkre adott szén- és vízforgalmi gázcsere válaszok alakulására,

a taxonok ökofiziológiai karakterére, és ezek ismeretében a folyamatos erdőborítást célzó természetes erdőregenerációban játszott aktuális és potenciális szerepükre. Vizsgálatainkat az őshonos fafajok természetes újulataira koncentráltuk (4–8 éves csemeték), tekintettel az erdőtípus kialakításában elsődlegesen jellemző és színező elemként megjelenő fajokra, kibővítvé az adott lokalitásban előforduló természetes vagy idegenhonos inváziós fásszárúakkal. A kísérleti lombkorona-lécek Magyarország 4 jellemző, különböző abiotikus helyzetben lévő erdőtípusában helyezkedtek el, ezek rövid leírását és a vizsgálatba vont taxonok listáját adjuk meg elsőként. A jellemzéshez a hivatkozott irodalmi források mellett a mintaterületekről származó, a pályázat keretében vizsgált talajminták adatait, valamint az OMSZ elmúlt 40-éves klíma adatait és a mérési időszakokra vonatkozó éghajlati jellemzőket is felhasználtuk.

### Kelet-Mecsek: mázai erdőtömb

(Máza N46°14'19.9" E18°22'56.3"), mecseki bükkös [*Helleboro odori-Fagetum* (A. O. Horvát 1958) SOÓ – BORHIDI in SOÓ 1960].

Éghajlati helyzete szerint mérsékelten meleg klímában (11,3 °C), magasabb éves csapadékösszeg mellett (748 mm), az alacsony hegyvidék magasságában (398 m) helyezkedik el (1/a ábra). A mérési évben a hőmérséklet és a csapadék éves járása szerint arid időszak a nyári szezonban (június-augusztus) fordult elő (1/e ábra). A levegő páratartalma szezonálisan ingadozó, nyári minimummal (tavasz: 73 RH%, nyár: 53 RH%, ősz: 70 RH%, OMSZ adat). Az erdőállomány mészkő alapkőzeten, félnedves-üde barna erdőtalajon alakult ki. A mérési terület (kísérleti lék) mérete: 1 800 m<sup>2</sup>, észak-keleti lejtőn (NE 30°), kissé kisavanyodó (pH: 4,8–5,6), sekélyebb, laza, morzsalékos szerkezetű erdőtalajon helyezkedik el. A lombkoronaszint (18–22 m) állandó fajai a közönséges bükk (*Fagus sylvatica* L.), a közönséges gyertyán (*Carpinus betulus* L.) és a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl), mellettük mezei (*Acer campestre* L.), korai (*A. platanoides* L.) és hegyi juhar (*A. pseudo-platanus* L.), madárcseresznye (*Cerasus avium* L.), magas kőris (*Fraxinus excelsior* L.), csertölgy (*Quercus cerris* L.), nagylevelű (*Tilia platyphyllos* L.) és ezüst hárs (*T. tomentosa* L.) jelenik meg elegyfaaként (KEVEY, 2012). A kísérleti lécekben a földi szeder (*R. fruticosus* agg.) tömeges lehet (15–40%). A mintaterület vizsgálatba vont taxonjai: *Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, *Rubus fruticosus* agg., *Tilia tomentosa*.

## Ormánság: Bükkhát Erdőrezervátum

(Páprád N45°52'44.1" E18°00'29.3"), gyertyános kocsányos-tölgyes [*Fraxino pannonicae-Carpinetum* SOÓ – BORHIDI in SOÓ 1962].

Eghajlati helyzete szerint mérsékeltén hűvös klímában (10,9 °C), mérsékeltén magas éves csapadékösszeg mellett (670 mm), a folyómenti síkság magasságában (97 m) helyezkedik el (1/b ábra). A mérési évben a hőmérséklet és a csapadék éves járása szerint arid időszak a nyári szezomban (július) fordult elő (1/f ábra). A levegő páratartalma általában magas, szezonálisan kiegyenlített (tavasz: 76 RH%, nyár: 68 RH%, ősz: 81 RH%, OMSZ adat). A lokális klímát és a vegetáció fenológiáját a tartósan jelenlévő talajvíz is befolyásolja. Az erdőállomány homok alapkőzeten, folyómenti öntéstalajon képződött állandóan nedves erdőtalajon található. A mérési terület (kísérleti lék) mérete: 3000 m<sup>2</sup>, kitettség nélkül, kissé kisavanyodó (pH: 4,8–5,1), termőhelyen helyezkedik el. A lombkoronaszint (22–25 m) társulásalkotó fajai a kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.), a közönséges gyertyán (*Carpinus betulus* L.) és a magyar kőris (*Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis* Pouzar). Elegeyfajokban is igen gazdag, színező elemként megtalálható a madárcezesznye (*Cerasus avium* L.), a mezei juhar (*Acer campestre* L.), a vénic szil (*Ulmus laevis* L.) és a csertölgy (*Quercus cerris* L.) (BORHIDI et al., 2012). A kísérleti lékekben a földi szeder (*Rubus fruticosus* agg.) tömeges (20–70%), a hamvas szeder (*Rubus caesius* L.) szórványos, a kecskefűz (*Salix caprea* L.) természetes pionír, az amerikai kőris (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.) ideghonos inváziós fajként jelenik meg. A mintaterület vizsgálatba vont taxonjai: *Carpinus betulus*, *Cerasus avium*, *Fraxinus angustifolia* subsp. *danubialis*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Quercus robur*, *Rubus caesius*, *Rubus fruticosus* agg., *Salix caprea*.

## Balaton-felvidék: Bálint-hegy

(Zánka, N46°52'40.5" E17°39'24.7"), dunántúli középhegységi cseres-tölgyes [*Fraxino orno-Quercetum cerridis* KEVEY et SONNEVEND 2008].

Eghajlati helyzete szerint meleg klímában (12,0 °C), mérsékelt és ingadozó éves csapadékösszeg mellett (660 mm), a hegylábi dombvidék magasságában (262 m) helyezkedik el (1/c ábra). A mérési évben a hőmérséklet és a csapadék éves járása szerint arid időszak a nyári (július) és az őszi szezomban (október-november) fordult elő (1/g ábra). A levegő páratartalma szezonálisan ingadozó volt, nyári minimummal (tavasz: 74 RH%, nyár: 57 RH%, ősz: 70 RH%, OMSZ adat). Az erdőállomány permi homokkövön, felszáráz barna erdőtalajon alakult ki. A mérési terület (kísérleti lék) mérete 240 m<sup>2</sup>,

enyhe észak-keleti lejtésű területen (NE <5°), közepesen kisavanyodó (pH: 4,6–4,9), sekély rétegű erdőtalajon helyezkedik el. Az erdőtípus lombkorona szintjében (15–8 m) xero-mezofil fafajok jelennek meg, állományalkotó a csertölgy (*Quercus cerris* L.) és a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), elegyfajok a virágos kőris (*Fraxinus ornus* L.) és a mezei juhar (*Acer campestre* L.), színező elemek a barkóca berkenye (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz), a házi berkenye (*Sorbus domestica* L.), a vadkörte (*Pyrus pyraster* L.) és a molyhos tölgy (*Quercus pubescens* agg.) (KEVEY, 2008; SIFFER, 2012). A kísérleti lécek fényben, gazdag foltjaiban a földi szeder (*R. fruticosus* agg.) megjelenik (10–20%). A mintaterület vizsgálatba vont taxonjai: *Carpinus betulus*, *Fraxinus ornus*, *Quercus cerris*, *Quercus petraea*, *Rubus fruticosus* agg., *Sorbus torminalis*.

### Soproni-hegység: Dalos-hegy

(Sopron, N47°39'39.28" E16°35'8.75"), hegyvidéki gyertyános-tölgyes [*Cyclamini purpurascenti-Carpinetum* CSAPODY ex BORHIDI et KEVEY 1996]

Vizsgálatainkat a Soproni-hegység területén, a Dalos-hegyen, a Tanulmányi Erdőgazdaság ZRt. Soproni Erdészete által átalakító üzemmódban kezelt gyertyános-kocsánytalan tölgyesben végeztük. A mintaterületet magába foglaló Soproni-hegység erősen tagolt domborzattal rendelkezik, fő kőzetei a gneisz, a csillámpala, a fillit és a csillámkvarcit. Éghajlata mérsékelt hűvös (10,4 °C), mérsékelt nedves (650 mm) (BORHIDI, 2014). A vizsgált Sopron 80/B erdőrészlet agyagbemosódásos barna erdőtalaja igen mély termőrétegű, vályog fizikai talajféleségű, termőhelye többlet vízhatástól független, keleti kitettségű, cc 10 fokos lejtésű. Az erdőrészlet faállományát 1914–15-ben letermelték, a felújítást több részletben, fenyőkkel elegyesen végezték. A 20. sz. második felétől a fenyők jelentős része kikerült az állományból a gyérítések és az aszályos évek következtében (MOLLAY – MOLNÁR, 2011). A 2003-as üzemtervi adatok alapján az erdőrészlet domináns fajai a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* Matt. Liebl.; 73%), az erdefenyő (*Pinus slyvestris* L.; 10%), a közönséges gyertyán (*Carpinus betulus* L.; 9%) és a fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.; 8%), A faállomány átlagos magassága 17–22 méter, a lombkorona záródása a lécek nyitását megelőzően 77% (ÁESz 2007). Színező elemként megjelenik a szelídgesztenye (*Castanea sativa* L.), a csertölgy (*Quercus cerris* L.), a madárcseresznye (*Cerasus avium* (L.) Moench), a kislevelű hárs (*Tilia cordata* Mill.) és a királydió (*Juglans regia* L.). A terepi funkcionális ökológiai mérésekhez több, különböző méretű kísérleti léket is felhasználtunk, amelyekben a vizsgálatba vont

taxonok: *Carpinus betulus*, *Castanea sativa*, *Quercus petraea*, *Rubus corylifolius* voltak.

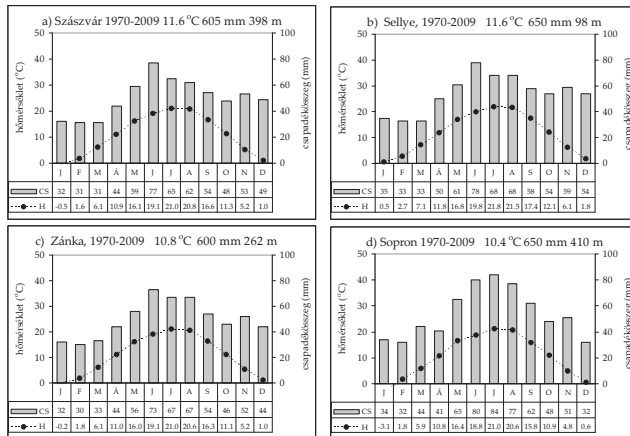
Funkcionális ökológiai kutatásainkat a fent jelzett erdőtípusok lékjei megjelölt taxonjain végeztük a 2013 és 2014 év vegetációs időszakában. A vizsgálatok négy irányban folytak:

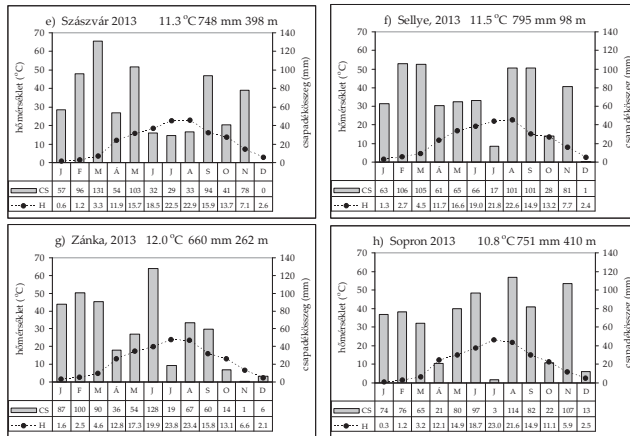
1) helyszíni (terepi, lékes) gázcsere mérések a pillanatnyi (aktuális) szén-dioxid és vízforgalom értékeléséhez az adott termőhelyeken;

2) klímakontrollált (laboratóriumi, tenyészedényes) gázcsere mérések az abiotikus környezeti tényezőkre adott egyensúlyi (potenciális) szén-dioxid és vízforgalmi válaszok rögzítésére;

3) fénystressz-jelző pigmentek helyszíni vizsgálata (terepi, lékes és erdei) a lokális, extrém fényklíma növényzetre gyakorolt funkcionális háttérének kimutatására;

4) fluoreszcencia görbék felvétele (laboratóriumi, tenyészedényes) a standardizált fénystressz helyzetekre adott egyensúlyi válaszok tanulmányozására. Továbbiakban e vizsgálatípusok módszereit, célját és a pályázatban kapott elsődleges eredményeit mutatjuk be jellemző példákon keresztül a négy erdőtípusból származó példa taxonokon.





**1. ábra:** A mérési helyszínek ombrotermikus diagramja. a-d) 40-éves klímaátlag (1970-2009), e-h) aktuális időjárás a mérési időszakban (2013). a,e = Kelet-Mecsek mintaterület (Szászvár); b,f = Ormánság mintaterület (Sellye); c,g = Balaton-felvidék mintaterület (Zánka); d,h = Soproni hg. mintaterület (Sopron). Adatok forrása: a-d) Borhidi et al. 2014; e-f, h) OMSZ adat, g) Siffer S. saját mérés. Az oszlopok a havi csapadékösszeget, a pontok a havi átlaghőmérsékletet ábrázolják

## Eredmények

### *Helyszíni gázcseré mérések*

A részfeladat kiemelt fontosságú kutatási témáját képezte a kiválasztott erdőtípusok - hegyvidéki bükkös, hegy- és síkvidéki gyertyános-tölgyes, cseres-tölgyes - kísérleti lékjeiben regenerálódó fásszárú újulat ökofiziológiai válaszainak tanulmányozása és értelmezése. Az abiotikus környezet legfontosabb, közvetlenül mérhető tényezőinek (fény, hőmérséklet, szén-dioxid koncentráció, talaj és növény tápanyagtartalma) valamint a funkcionális szempontból legfontosabb szén- és forgalmi jellemzőinek mérésével kerestük a válaszokat a kérdésekre. A kapott adatsorok és eredmények a taxonok aktuális, sokváltozós ökológiai térben mutatott válaszait rögzítették, amelyek értékelését két vonulat mentén végeztük el:

1) a környezeti tényezők relatív fontosságának értékelése a gázcseréparaméterekre gyakorolt hatásuk alapján,

2) a legfontosabb abiotikus paraméterre adott gázcseré válaszok jellemzése és összehasonlító értékelése a taxonokra illetve élőhelyekre vonatkozóan. Továbbiakban e gondolatmenethez illeszkedve mutatunk be példákat a négy erdőtípusból a vizsgált taxonok és helyzetek közül.



A terepi adatgyűjtést a korábban jellemzett négyféle erdőtípus kísérleti lékjeiben, a spontán erdőregeneráció kezdeti stádiumában végeztük (4–6 éves lékek). A mérésekhez a fajok megfelelő egyedszámban jelenlévő, azonos fejlettségű egyedek leveleit választottuk ki ( $n=5-25$ ). A gázcsere válaszokat jellemző adatokat az abiotikus környezeti stressz hatásától mentes, sztómás limitáció nélküli időszakokban gyűjtöttük (napkeltétől a déli depresszióig), az adott helyzetben lehetséges maximális teljesítmény legjobb becslése érdekében. A lék abiotikus mikrokörnyezetében ún. helyszíni pillanatnyi gázcsere adatokat rögzítettünk hordozható infravörös gázanalizátorral (IRGA LCA-2 ADC UK; 2. ábra). Szezonálisan jellemző és a mérések szempontjából ideális időjárási feltételek mellett mértük illetve számoltuk a leggyakrabban használt szén- és vízforgalmi paramétereket: az asszimilációs rátát ( $A$ ;  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), a transpirációs rátát ( $E$ ;  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) és hányadosukat, a fotoszintetikus vízhasznosítást ( $A/E=p\text{WUE}$ ;  $\mu\text{mol mmol}^{-1}$ ). Az adatgyűjtéssel egyidőben közvetlenül mért környezeti paraméterek (PPFD,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ;  $T$ , °C;  $[\text{CO}_2]$ , ppm) hatásának erősségét korrelációelemzéssel állapítottunk meg (Pearson's  $r$  érték). A részletes analíziseket az elsődleges fontosságúnak bizonyuló környezeti változóra, a fényre (PPFD = Photosynthetic Photon Flux Density,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) vonatkozóan végeztük el az ún. fényválasz görbék készítésével és elemzésével. A mérési pontok halmazára a pillanatnyi megvilágítási értékekhez tartozóan (0-3000 PPFD között) telítési függvényt illesztettünk (ExpDec 1), ezekből fényválasz-görbét szerkesztettünk és meghatároztuk az ökológiai szempontból legfontosabb határértékeket: a teljes fényintenzitáson mutatott maximumot, a kapacitást ( $A_{\text{max}}$ ,  $E_{\text{max}}$ ,  $p\text{WUE}_{\text{max}}$ ) és a 2) funkciók szerinti telítési fényintenzitást (fénytelítési érték), amely megadja azt a megvilágítási határértéket, ahonnan kezdve a fényválaszok már nem elsődlegesen fényszabályozottak. A fénytelítési érték két funkcionális tartományra osztja a fényválaszokat (dependens és szaturációs tartomány), amelyek külön-külön is további analíziseknek vethetőek alá a további környezeti változók hatásának értékelésére. Jellemeztük illetve összehasonlítottuk a taxon asszimilációs, transpirációs és vízhasznosítási válaszait és kapacitásait szezonálisan és élőhelyenként. Elsődleges célunk a fénykörnyezet funkciókra gyakorolt hatásainak jellemzése, összehasonlítása és a termőhelyeken mutatkozó különbségek, továbbá ezek lehetséges okainak feltárása volt. A feltárt funkcionális okokat a különböző erdőtípusokban mutatott eltérő jelenlét, növekedés, tömegesség jelenségei értelmezésének háttereként kívánjuk felhasználni.



a.)



b.)



c.)



d.)

**2. ábra:** Helyszíni gázcsere mérések az erdőtüpusok kísérleti lékjeiben hordozható gázanalizátorral (LCA-2, ADC UK). a) hegyvidéki bükkös a Keleti-Mecsekben, b) síkvidéki gyertyános-tölgyes az Ormánságban, c) dunántúli cseres-tölgyes a Balaton-felvidéken, d) hegyvidéki gyertyános-tölgyes a Soproni-hegységben  
Fotók: Salamon-Albert É.

A vizsgált környezeti tényezők közül a hőmérséklet és a fény bizonyult elsődleges fontosságúnak a gázcsere paraméterek kialakításában, amelyet a korrelációs együtthatók igazoltak, például a földi szeder (*Rubus fruticosus* agg.) esetében is (3. ábra). A mecseki bükkösben (3/a ábra) a tavaszi időszak működései elsődlegesen hőmérsékleti szabályozás alatt álltak, majd őszi folyamatosan a fény vette át a főszerepet. A gázcsere funkciók között legszorosabb kapcsolatot minden évszakban az asszimiláció (A) és a fotoszintetikus vízhasznosítás (pWUE) között sikerült igazolni, amely rámutat arra, hogy a növény vízgazdálkodásának jellegét elsősorban a szén-dioxid beépítésének aktuális üteme határozza meg. A dunántúli cseres-tölgyes lombkorona lékjében a környezeti szabályozottság sokkal kevésbé szigorú, jelentős korrelációkat elsősorban a nyári időszakban találtunk (3/b ábra). Ekkor a hőmérséklet volt az elsődleges, a fény pedig a másodlagos szabályozó tényező. Az asszimiláció és a fotoszintetikus vízhasznosítás legszorosabb korrelációja itt is minden szezonban kimutatható volt, hasonlóan a bükkös erdő lékjéhez. A két erdőtüpus összehasonlításából kitűnik, hogy a szezonális különbségek a lék-környezetek abiotikus különbözőségét, a funkcionális korrelációk hasonlóságai a taxon működési jellegét igazolják.

BÜKKÖS - tavasz	T	PPFD	A	E
A	* 0.873	0.738		
E	** 0.882	* 0.756	0.849	
pWUE	* 0.782	0.625	*** 0.963	0.698

BÜKKÖS - nyár	T	PPFD	A	E
A	** 0.920	* 0.756		
E	*** 0.955	* 0.827	*** 0.955	
pWUE	* 0.871	0.673	*** 0.985	** 0.919

BÜKKÖS - ősz	T	PPFD	A	E
A	* 0.815	** 0.877		
E	* 0.811	** 0.873	* 0.818	
pWUE	0.708	0.726	*** 0.953	0.630

a) \* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

CSERES - tavasz	T	PPFD	A	E
A	0.741	0.675		
E	0.663	0.542	* 0.807	
pWUE	0.672	0.591	*** 0.958	0.682

b)

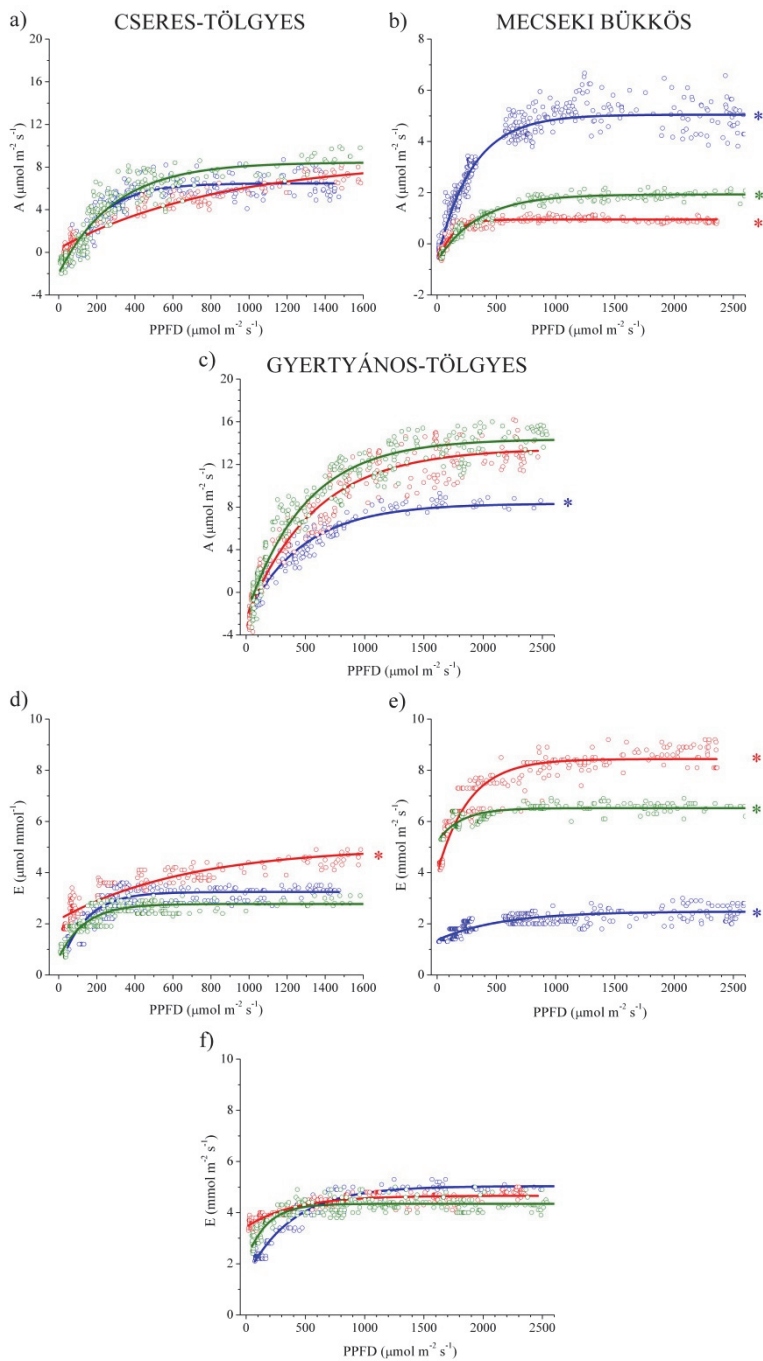
CSERES - nyár	T	PPFD	A	E
A	** 0.938	** 0.898		
E	** 0.943	* 0.846	** 0.942	
pWUE	** 0.927	* 0.824	*** 0.979	** 0.899

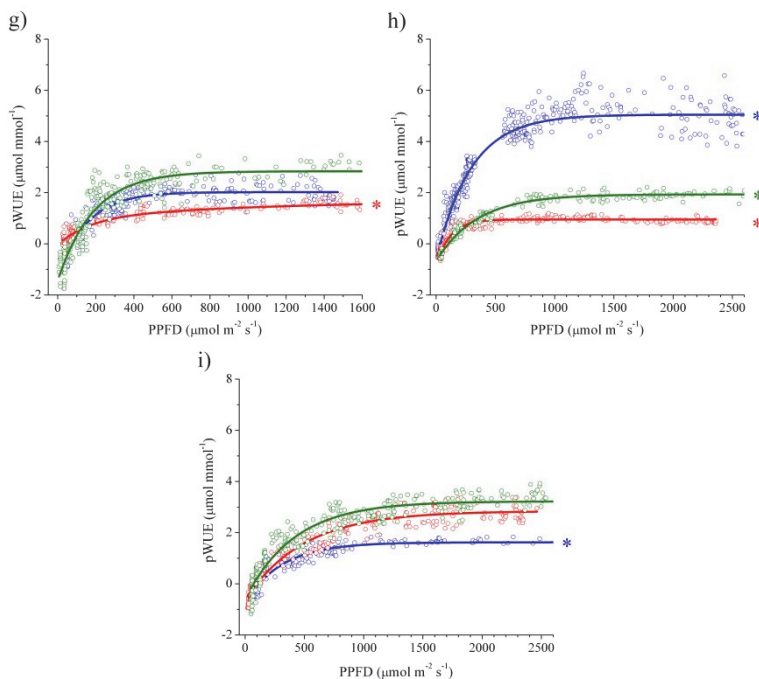
CSERES - ősz	T	PPFD	A	E
A	0.489	* 0.783		
E	0.358	0.643	* 0.866	
pWUE	0.327	0.694	*** 0.971	* 0.864

\* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

**3. ábra:** Környezeti tényezők és helyszíni gázcsere paraméterek korrelációi a földi szeder (*Rubus fruticosus* agg.) példáján két erdőtípusban (Pearson-féle korrelációs együtthatók). a) mecseki hegyvidéki bükkös, b) dunántúli cseres-tölgyes. T = levélhőmérséklet, PPFD = fény, A = asszimilációs ráta, E = transzpirációs ráta, pWUE = fotoszintetikus vízhasznosítás

Továbbiakban a gázcsere működések szezonális fényválaszait mutatjuk be a földi szeder (*Rubus fruticosus* agg.) példáján három erdőtípusok lékjében (4. ábra). Elöljáróban érdemes megjegyezni, hogy a három erdőtípus és a kísérleti lombkorona lék különbséget mutatott a méretében, a hőmérsékletében, a nedvesség-állapotában és a fénytartományok relatív megoszlásában. A cseres-tölgyesben kisméretű volt a lék, magas hőmérséklettel, alacsony és változó légköri páratartalommal, az alacsony fénytartományok kis arányával. A mecseki bükkösben közepes méretű volt a lék, alacsony hőmérséklettel, közepes és változó légköri páratartalommal, az alacsony és magas fénytartományok hasonló arányával. A síkvidéki gyertyános-tölgyesben nagyméretű volt a lék, magas hőmérséklettel, magas és kiegyenlített légköri páratartalommal, a magas fénytartományok nagy arányával.





**4. ábra:** A földi szeder (*Rubus fruticosus* agg.) fényválaszai szezonális variabilitása az erdőtüpusokban. a-c) asszimiláció, d-e) transzspiráció, g-i) fotoszintetikus vízhasznosítás. PPFD = fény, kék = tavasz, piros = nyár, zöld = ősz, kör szimbólum = mérési pont, folytonos vonal = illesztett válaszgörbe, \* a szignifikánsan különböző szezonális választ jelöli (KW ANOVA,  $p < 0.05$ )

Az asszimiláció (A) változatossága a száraz tölgyesben nem mutatott évszakonként különbséget, mindhárom esetben közepes mértékű volt (4/a ábra). A másik két erdőtüpusban egy-egy szezon variációjára szignifikánsan különbözött: a bükkösben a nyári (4/b ábra), a gyertyános-tölgyesben a tavaszi (4/c ábra) válasz volt szignifikánsan alacsonyabb. A párologtatás (E) a síkvidéki gyertyános-tölgyesben nem mutatott időbeli változatosságot (4/f ábra). Szignifikánsan magasabb variancia jellemezte a cseres-tölgyest (4/d ábra), évszakonként és páronként is eltérő átlagok adódtak a mecseki bükkösben (4/e ábra). A fotoszintetikus vízhasznosítás (pWUE) mindhárom erdőtüpusban mutatott szignifikáns eltéréseket. Cseres-tölgyesben a nyári (4/g ábra), síkvidéki gyertyános-tölgyesben a tavaszi szezon (4/i ábra) variációjára volt szignifikánsan alacsonyabb. A bükkösben évszakonként és páronként is eltérő különbség adódott a válaszokban, tavaszi maximummal és nyári minimummal (4/h ábra). Összegezve az erdőtüpusokban kapott szezonális fényválaszokat, a cseres-tölgyesben a nyári szezon párologtatása és vízhasznosítása tér el szignifikánsan. A gyertyános-tölgyesben a tavaszi időszak asszimilációja és vízhasznosítása különbözik jelentősen. A bükkös-

ben mindhárom gázcsere paraméter válasza szezonálisan variábilisak, különösen a nyári párologtatás és a tavaszi vízhasznosítás, kiemelkedően magas abszolút értékekkel. Az egyes gázcsere funkciók tekintetében az asszimiláció mutat legkisebb, a fotoszintetikus vízhasznosítás a legnagyobb változottságot a vegetációs időszakon belül. Utóbbi jelenséget elsősorban a változatos párologtatás okozta, amely a szezonális hőmérsékletek által is befolyásolt.

### ***Klímakontrollált gázcsere mérések***

A vizsgálat célja az abiotikus környezeti tényezőkre adott potenciális szén-dioxid és vízforgalmi válaszok tanulmányozása volt. Ennek ismeretben pontosabban ítélni meg és jósolni az adott taxon terepi feltételek mellett mutatott funkcionális ökológiai viselkedése és az ettől való eltérések értelmezése. A vizsgálatokhoz élő növényanyag került begyűjtésére a munka legelső időszakában, 2012 őszén a négy erdőtípusból. A későbbi mérésekhez fontos szempont volt: a csemeték életkora (-8 éves korig), a taxonra és a lokalításra jellemző fejlettségi állapot (átlagos és tipikus), a megfelelő növekedési környezet (pl. „árnyékegyedek” elkerülése), a megfelelő mintaszám (5–10 egyed/taxon). A földlabdás kiemelést követően a növényegyeket azonos méretű (18×18 cm), azonos összetételű, optimális növekedési feltételeket biztosító földkeveréket tartalmazó konténerbe kerültek. A tenyészedényes növényanyag a PTE Botanikus Kertjében nyert elhelyezést az erdei lékekhez hasonló mikroklímával rendelkező faiskolai részlegben (5/a ábra). Az első tél alatt lezajló akklimatizációt követően itt tartottuk és gondoztuk őket a vizsgálatok teljes ideje alatt. Öntözést a száraz időszakokban heti egyszeri alkalommal kaptak a klimatikus szárazság-stressz kivédése érdekében. Kórokozók elleni védekezésésként évi kétszeri permetezésben részesültek a fogékony időszakokban. Hozzáadott tápanyag-kezelést az első évben nem kaptak, a második évben is csak visszapótlás jelleggel. A laboratóriumi mérések ideje alatt is természetes abiotikus környezetben helyeztük el a növényeket (pl. fényperiódizmus biztosítása), az adatgyűjtéshez szükséges legrövidebb ideig.

A lombkorona lékekben fellépő abiotikus hatások markáns szabályozó tényezőként és differenciáltan jutnak érvényre. Irodalmi adatokból és terepi tapasztalatok alapján tudjuk, hogy a lékekben magasabb és szélsőségesebb fény, hőmérséklet, páratartalom, szén-dioxid koncentráció alakulhat ki a zárt erdőállományokhoz képest. A mérések során a növények funkcionális válasza kialakítása szempontjából négy legfontosabb abiotikus környezeti tényező közvetlen hatását vizsgáltuk, ún. ökofiziológiai válaszgörbék felvételével. A környezeti tényező sztenderdizált skálájú értékei mellett rögzí-

tettük a három legfontosabb szén- és vízforgalmi paraméter egyensúlyi értékeit. A kapott működési értékekre egy megfelelő függvényt (pl. telítési, exponenciális, polinomiális) illesztettünk, amely leírta a funkcionális válasz karakterisztikáját. Az ebből nyerhető potenciális alkalmazkodási tartományok, a maximum, a minimum és optimum helyek kijelölése illetve a működési tartományok határértékeinek megállapítása fontos elméleti háttérrel szolgált az aktuális (terepi) gázcseré működés pontosabb magyarázatához és a taxon potenciális működési jellemzőinek leírásához.



a.)



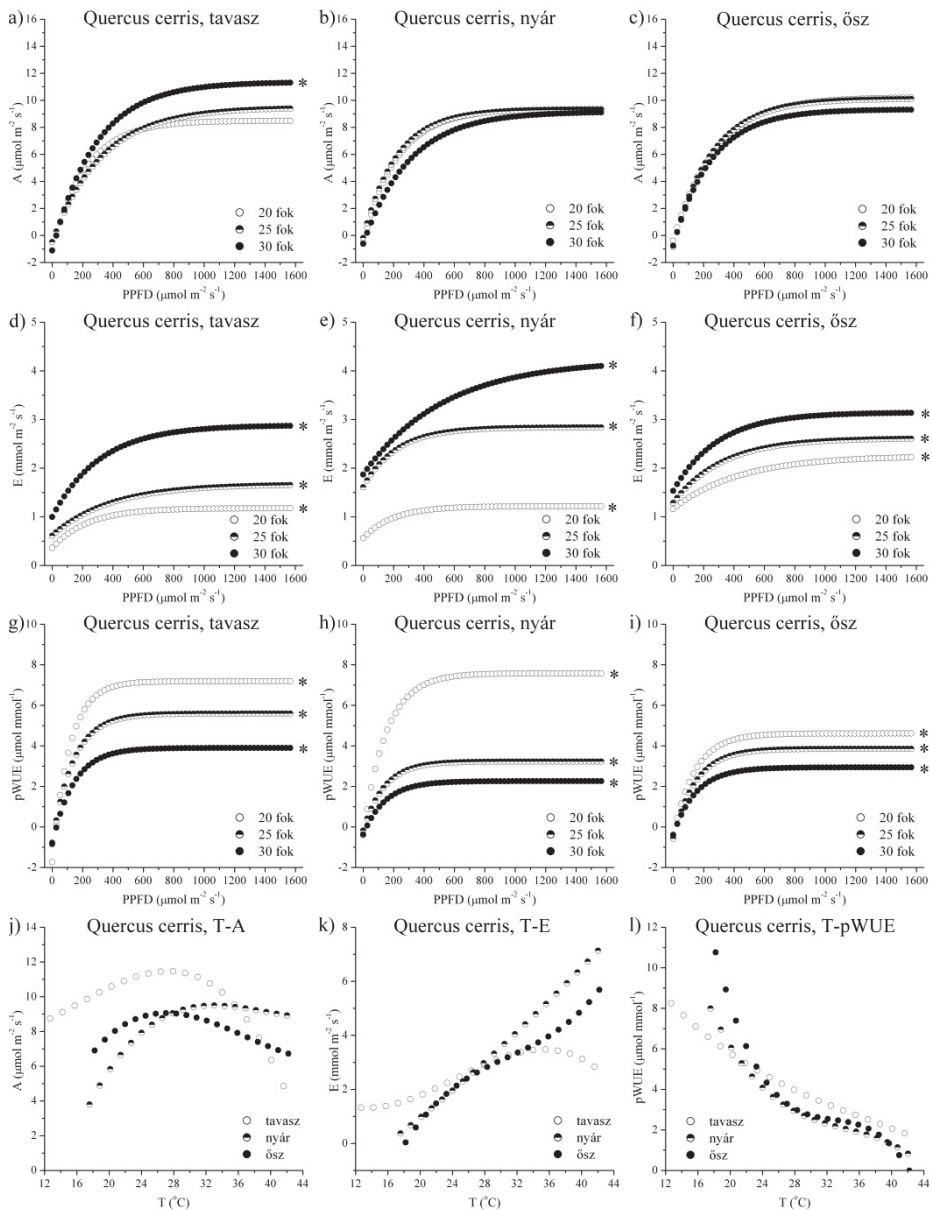
b.)

**5. ábra:** a) Tenyészedényes növényanyag a PTE Botanikus kertben, b) Klímaszabályozott gázcseré-mérésekhez használt gázanalizátor (LC-Pro+, ADC BioScientific Ltd. UK)

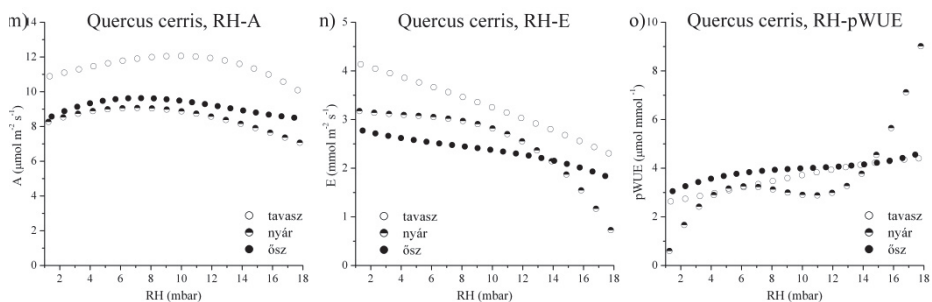
Fotók: Salamon-Albert É.

A méréseket a szezonok jellemző időszakában (tavasz, nyár, ősz) az abiotikus paraméterek (fény, hőmérséklet, páratartalom, szén-dioxid) szerint szabályozható, infravörös sugárforrással ellátott, nyílt rendszerű, hordozható gázanalizátorral végeztük (FIELD et al., 1991) a tenyészedényes növényanyagon (5/a–b ábra). A szén-dioxid és vízgőz áramok mérésekor kalkulálható legfontosabb funkcionális ökológiai paraméterek: a nettó asszimilációs ráta ( $A$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), a transzspirációs ráta ( $E$ ,  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) és a fotoszintetikus vízhasznosítás ( $pWUE$ ,  $\mu\text{mol mmol}^{-1}$ ) volt. A négy abiotikus paraméter szerint egyesével külön-külön szabályozott skálán egyensúlyi válaszgörbéket vettünk fel a taxonokról. A fényválaszokat 12 lépéses skálán ( $0\text{--}1\ 800\ \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), három hőmérsékleten ( $20\ ^\circ\text{C}$ ,  $25\ ^\circ\text{C}$ ,  $30\ ^\circ\text{C}$ ), állandó páratartalom ( $12\ \text{mbar}$ ) és szén-dioxid koncentráció ( $370\ \text{ppm}$ ) mellett rögzítettük. A hőmérséklet válaszokat 10–12 lépéses skálán ( $18\text{--}40\ ^\circ\text{C}$ ), állandó fényintenzitás ( $1\ 400\ \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), páratartalom ( $12\ \text{mbar}$ ) és szén-dioxid koncentráció ( $370\ \text{ppm}$ ) mellett gyűjtöttük. A páratartalom válaszokat 12–15 lépéses skálán ( $2\text{--}16\ \text{mbar}$ ), állandó fényintenzitás ( $1\ 400\ \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), hőmérséklet ( $25\ ^\circ\text{C}$ ) és szén-dioxid koncentráció ( $370\ \text{ppm}$ ) mellett gyűjtöttük. A szén-dioxid válaszokat 16 lépéses skálán ( $0\text{--}2\ 000\ \text{ppm}$ ), állandó fényintenzitás ( $1\ 400\ \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), páratartalom ( $12\ \text{mbar}$ ) és

hőmérséklet (25 °C) mellett vettük fel. Az így nyert válaszgörbék alkalmasak a vizsgált taxonok ökofiziológiai profiljának értékelésére, továbbá a gázcsere viselkedés összehasonlítására más taxonokkal a funkcionális paraméterek szerint. A továbbiakban a szezonális fény-, hőmérséklet, páratartalom és szén-dioxid válaszokat mutatjuk be és értékeljük a csertölgy (*Quercus cerris* L., dunántúli cseres-tölgyes) példáján.







**6. ábra:** A csertölgy (*Quercus cerris* L.) klímaszabályozott ökofiziológiai válaszai a gázcserre funkciók szerint. a-c: fény-asszimiláció (PPFD-A), d–e: fény-traszpiráció (PPFD-E), f-h: fény-fotoszintetikus vízhasznosítás (PPFD-pWUE) különböző hőmérsékleteken; j: hőmérséklet-asszimiláció (T–A), k: hőmérséklet-traszpiráció (T–E), l: hőmérséklet-fotoszintetikus vízhasznosítás (T-pWUE) válaszok, m: páratartalom-asszimiláció (RH-A), n: páratartalom-traszpiráció (RH-E), o: páratartalom-fotoszintetikus vízhasznosítás (RH-pWUE) válaszok a szezonokban. \* szignifikánsan különböző fényválaszok (KW ANOVA teszt alapján)

A csertölgy ökofiziológiai profilját (6. ábra) a három legfontosabb abiotikus paraméter szerint az alábbiakban jellemezhetjük. A szén-dioxid megkötés intenzitása (6/a–c ábrák) szezonálisan és a hőmérsékletek szerint sem alakul változatosan, csupán a tavaszi időszakban mutatható ki magasabb aktivitás az emelkedő hőmérséklet hatására (6/a ábra).

Az asszimilációs válaszok szezonális jellegéről elmondható, hogy tavasszal az emelkedő hőmérséklet hatása kifejeződik ebben a paraméterben, a nyári és őszi időszakban viszont az alacsonyabb hőmérsékletek kedvezőbbek a faj számára. A párologtatás tekintetében (6/d–f ábrák) mindhárom szezonban igen erős hőmérsékleti hatás igazolható, a transzpirációs ráták minimuma és maximuma a növekvő hőmérséklettel egyre magasabbra emelkedik. Legerősebb differenciáló hatás a nyári időszakban tapasztalható (6/e ábra). Tavasszal csak magasabb hőmérsékleten mutatkozik kiugró maximum (6/d ábra), az őszi szezonban a legkevésbé szélsőséges a párologtatás hőmérséklet-válasz mintázata (6/f ábra). Elsősorban a változatos párologtatásnak köszönhetően a fotoszintetikus vízhasznosítás szezonális mintázatai is nagy variabilitást mutatnak (6/g–i ábra). Átlagosan a tavaszi időszak mutatkozik legkedvezőbbnek (6/g ábra), nyáron csak a legalacsonyabb hőmérsékleten teljesít a tavaszi időszakhoz hasonlóan a növény (6/h ábra). A magasabb hőmérsékleteken mutatott nyári visszaesés az őszi időszakhoz teszi hasonlóvá a vízhasznosítást, a 30 fokos hőmérsékletre tartozó nyári aktivitás abszolút értelemben is a legalacsonyabb. Az őszi időszak vízhasznosítás válaszgörbéi mérsékeltén magasra ívelnek, az emelkedő hőmérséklettel csak kis mértékben csökkennek (6/i ábra). Értékei egyik időszakban sem érik el vagy közelítik meg a kritikusnak tekinthető határértéket

( $A/E=1$ ), amely a vegetatív növekedés legmarkánsabb limitációját jelenti. A hőmérsékleti válaszokban az asszimiláció optimuma tavasszal és ősszel alacsonyabb értékeknél (25–28 fok), nyáron a magasabb tartományban (30 fok felett) alakul ki (6/j ábra). A párologtatás szoros összefüggést mutat a szezonális hőmérséklettel, a válaszgörbe a nyári időszakban emelkedik legmeredekebben (6/k ábra). Tavasszal egy működési maximumot elérő, nyáron és ősszel 40 fok felett is emelkedő transzpiráció aktivitás mérhető. Utóbbi jelenség a nyári és az őszi vízhasznosítást a kritikus határérték ( $A/E=1$ ) alá csökkenti (6/l ábra). Ennek a paraméternek éppen ellentétes szezonális aktivitása mutatható ki a hőmérsékleti tartományokban: alacsony hőmérséklet esetén az őszi időszakban, magas hőmérséklet esetén a nyári időszakban a legkedvezőbbek az értékek. A termőhelyeken kialakuló légköri páratartalom az asszimiláció számára széles optimum tartományokat határoz meg (6/m ábra). Tavasszal magasabb, nyáron és ősszel alacsonyabb RH értékeken optimális a szerves anyag termelés intenzitása. A párologtatás páratartalom szabályozottsága igen erős, a transzpiráció mindhárom szezonban meredeken csökken a páratartalom növekedésével (6/n ábra). Legmarkánsabb hatást a tavaszi és nyári szezonban tapasztalhatunk a válaszgörbék nagy meredeksége okán. A fotoszintetikus vízhasznosítás a tavaszi és őszi időszakban mérsékelten emelkedő trendet mutat a páratartalom növekedésével. Nyáron a hatás sokkal határozottabb: extrém alacsony páratartalom mellett kritikus értékek is kialakulhatnak, az extrém magas páratartalom kiemelkedően jó vízhasznosítással párosul. Összefoglalóan megállapítható, hogy a csertölgy fényre adott funkcionális válaszaiban az ökofiziológiai paraméterek környezeti szabályozottsága eltérő mértékben valósul meg. A szerves anyagtermelés képességét jelző asszimilációs ráta szezonálisan mérsékelten hőmérsékletfüggő, a növény a vegetációs időszak folyamán kiegyenlítően teljesít. Széles skálájú hőmérsékleti válaszaiban az asszimiláció szezonokhoz igazodó optimum-eltolódása figyelhető meg, amely jól példázza a faj működési alkalmazkodását. Az emelkedő hőmérséklet hatása – a transzpirációs ráta szezonálisan állandó markáns különbségei mellett – a vízhasznosításban okoz lényeges eltéréseket: a kedvező tavaszi maximumok nyáron már csak alacsonyabb hőmérsékleten maradnak meg, az őszi időszakban a működés stabilizálódik. A légköri páratartalom asszimilációra és transzspirációra kifejtett hatása mérsékeltebb, legmarkánsabb különbségeket a nyári vízhasznosításban okozhat. Összefoglalóan megállapítható, hogy a csertölgy csemete szén-dioxid és vízforgalmi kapacitásai alapján legjobban a hűvös-mérsékelt termőhelyeket hasznosíthatja, de magasabb hőmérsékleteken is eredményesen növekedhet. Kritikus környezeti limitációk extrém magas hőmérsékletek és alacsony páratartalom esetén alakulhatnak ki, amelyek elsősorban a nyári időszakban prognosztizálhatók. Optimális, gáz-

csere működésében nem stresszelt illetve időszakosan limitált forráshasznosítás mellett a faj sikeresen túlélhet és növekedhet az erdei lécek környezetében.

### *Fénystressz-jelző pigmentek helyszíni vizsgálata*

A lombkorona lécek extrém abiotikus környezetét jellemző megnövekedett fényintenzitásra adott növényi pigment-kompozíciós vizsgálatokat két, a lécek kialakítása és az abiotikus tényezők érvényre jutása szempontjából kontrasztos mintaterületen végeztük el. A mintaterületek markáns különbségei a lécek méretében és kitettségében mutatkoztak meg: Ormán-ág–Bükkhát Erdőrezervátum: nagyméretű lék (3 000 m<sup>2</sup>) kitettség és lejtés nélkül, Kelet-Mecsek - mázai erdőtömb: közepes méretű lék (1 800 m<sup>2</sup>) ÉK-i kitettség 30 fokos lejtő.



a.)



b.))

**7. ábra:** a) flavonoidok okozta vörös színeződés a levélen a lombkorona lékben (közönséges bükk, *Fagus sylvatica*); b) helyszíni pigment mérés a Keleti-Mecsekben  
Fotók: Salamon-Albert É.

A vizsgálatba vont taxonok azonosak voltak a helyszíni gázcseremérésekbe bevont fajokkal, az egyedeket – ahol erre lehetőség volt – a lék belsejéből (teszt) és a határoló erdőállományból (referencia) egyaránt kiválasztottuk (n=5–5 db). A terepi méréseket 2014-ben a növekedési időszakokhoz igazodva szezonálisan (tavasz, nyár, ősz) végeztük el egy helyszíni méréseket lehetővé tevő, pillanatnyi adatokat rögzítő, nem-destruktív mérési módszert alkalmazó optikai pigmentmérő eszközzel (Dualox-4, FORCE-A, France) (7/a ábra).

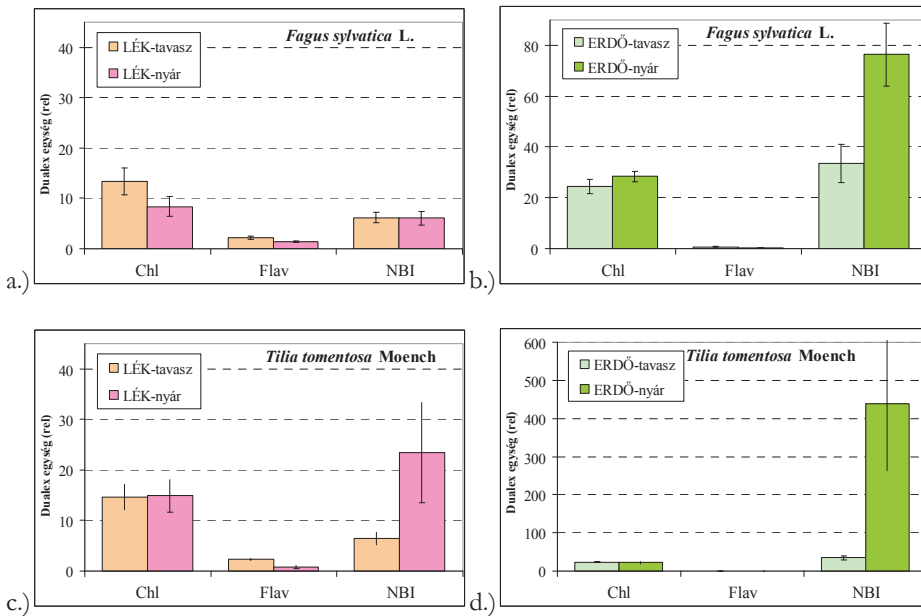
Az optikai pigmentmérő eszköz alkalmas a levelek alapszövetének klorofill-tartalma (chl-a + chl-b) és a bőrszövetben UV-sugárzás hatására felhalmozódó színes flavonoidok relatív mennyiségének meghatározására (GOULAS et al., 2004) különböző ökofiziológiai helyzetekben. A flavonoidok a növényi bőrszövetben felhalmozódva természetes UV-szűrőként mű-

ködnek, mennyiségük a vörös (IR) és az ultraibolya (UV) tartományban mérhető klorofill-fluoreszcencia hányadosával arányos, abból számítható (flavonoid index:  $I_n$ ). A relatív klorofill tartalom az infravörös és vörös tartományokban mért átbocsájtások arányából adható meg (klorofill index:  $I_{chl}$ ). A két mennyiség hányadosaként az ún. nitrogén-egyensúly index definiált ( $NBI = I_{chl} / I_n$ ), amely megadja a növényi rész nitrogén-státuszát. Magas értékei a klorofillok aktív működésére épülő intenzív szerves anyag termelésre, alacsony értékei a felhalmozott flavonoidok magas arányát tükröző intenzív fényvédelmi aktivitásra utalnak. A helyszínen mért relatív pigment-tartalmak ( $I_n$ ,  $I_{chl}$ ) abszolút értékeit laboratóriumi kalibrációval utólagosan lehet meghatározni, amennyiben ez szükségesnek mutatkozik. A pigment-vizsgálatokat a helyszíni gázcsere mérések értelmezésének pontosítása érdekében végeztük el a lombkorona lékekben és a zárt lombsátor alatt. A pigment-mennyiség laboratóriumi kalibrációjához szükséges levélmintákat a helyszíni méréseket követően begyűjtöttük, a pigmentek abszolút mennyiségét, etilalkoholos kioldást követően: <http://chps.fsid.cvut.cz/pt/2011/pdf/1100011-1.pdf>), a megfelelő fénytartományokban spektrofotométerrel megmértük. Az elsődleges eredményekben a „klorofill-index”, a „flavonoid-index” és a „nitrogén-egyensúly index” alapján történt összehasonlításokat mutatjuk be egy, az erdei lékekben és a zárt lombsátor alatt egyaránt előforduló, két jellemző példa taxon esetében.

A közönséges bükk (*Fagus sylvatica* L.) relatív pigment-indexei a lombkorona lékben komponensenként eltérő mennyiségeket mutatnak (8/a ábra). Mindkét pigment-féleség mennyisége a tavaszi szezonban magasabb volt, a nitrogén-egyensúly állandó értéken stabilizálódott. Az erdei szituációban, zárt lombsátor alatt hasonló klorofill-mennyiség elhanyagolhatóan alacsony flavonoid tartalom mellett kiugróan magas nitrogén-egyensúly indexet eredményezett a nyári időszakban, jelezve a kedvező szerves anyag termelési aktivitást (8/b ábra).

Az ezüst hárs (*Tilia tomentosa* MOENCH) esetében szezonálisan változatlan klorofill-tartalom mellett mért tavaszi flavonoid többlet a növekedés kezdetén alacsonyan tartja a nitrogén-egyensúly indexet. A nyári időszakban viszont kedvezővé válik ez a mutató a jelentősen alacsonyabb flavonoid tartalom miatt (8/c ábra). A faj zárt lombsátor alatt mutatott relatív pigment-kompozíciója hasonló a lékben tapasztaltakhoz, az arányok azonban – az extrém alacsony flavonoid mennyiségek következtében – még jobban eltolódtak a nyári kedvező szerves anyag termelés irányába (8/d ábra). A két faj összehasonlításából megállapítható, hogy a zárt lombsátor alatt mindketten a nyári időszakban mutatnak magasabb szerves anyag termelő aktivitást. Az ezüst hárs ezt a funkciót lényegesen gazdaságosabban valósítja meg az alacsonyabb klorofill- és flavonoid mennyiségek felhasználásával. A lékek-

ben az ezüst hárs a klorofilok mennyiségének állandó szinten tartására, a bükk a tavaszi magasabb flavonoid tartalom mellett magasabb klorofilmennyiségen keresztül a nitrogén-egyensúly index stabilizálására törekszik. Az elemzésekből összességében megállapítható, hogy a két faj lombátor alatt mutatott pigment-funkcióiban hasonló, a lékekben mutatott működéseikben viszont alapvetően különböző stratégiát mutat.



**8. ábra:** Pigment tartalom szezonális változása a kelet-mecseki mintaterület fajainál a lék (LÉK) és a zárt lombátor (ERDŐ) viszonylatában (átlag±szórás). a-b) közönséges bükk (*Fagus sylvatica* L.), c-d) ezüst hárs (*Tilia tomentosa* MOENCH). Chl = klorofilok, Flav = flavonoidok, NBI = nitrogén-egyensúly index

### Fluoreszcencia válaszok vizsgálata

A vizsgált területekről begyűjtött fiatal, többéves csemetek azonos méretű tenyészedenyekben, természetes körülmények között, szabadföldi nevelésben álltak rendelkezésre. A méréseket szezonálisan (május, augusztus, szeptember) végeztük a növények tavaszi, nyári és őszi fejlettségi állapothoz igazodva.

A lékekre és a zárt erdőterületekre jellemző abiotikus tényezők (pl. fénymikroklima) jelentős mértékben befolyásolhatják a különböző fafajok egyedek alapvető élettevékenységeit. Az eltérő fényellátottságból eredő hatásokra érzékenyen reagál a fotoszintézis, illetve annak egyes részfolyamatai. A fotoszintézis fizikai-kémiai alapjainak vizsgálatára alkalmas módszer a

klorofill-a fluoreszcencia mérés, amely az élő növényen, akár annak természetes környezetében elvégezhető, a növényi részek károsítása nélkül („non-destructive” vizsgálati módszer). Az eltérő fényintenzitás hatására fellépő válaszreakciók során a növényekben jellegzetes fluoreszcencia sajátosságokkal rendelkező metabolitok is felhalmozódnak. Ezek olyan anyagok, melyek a kék és a zöld spektrális tartományban emittálnak. A magas fényintenzitás - közvetve vagy közvetlenül - a fotoszintetikus apparátus módosulását, vagy akár károsodását is okozhatja, ezért a legfontosabb fotoszintetikus pigment, a klorofill-a fluoreszcencia jellemzőit is megváltoztatja. A fluoreszcencia mérését - elsősorban a vörös és a távoli vörös régióban - kiterjedten alkalmazzák a fotoszintetikus apparátus működésének pontos jellemzésére. E célra kidolgozott speciális technikákkal olyan, a fotoszintetikus működést jellemző paraméterek is közvetlenül meghatározhatók, mint az általunk vizsgált „elektron transzport ráta - ETR” (GENTY – MEYER, 1994; SCHREIBER, 2004).

A fluoreszcencia indukciós kísérleteket impulzus amplitúdó moduláció elvén működő PAM-2100 típusú klorofill fluorométerrel (Heinz Walz GmbH, Germany) végeztük (9. ábra). A kifejlett, ép és egészséges leveleket 20-30 perc sötétadaptáció után kis intenzitású (kb.  $1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , kb.  $10 \text{ mW m}^{-2}$ ), szaggatott, 1,6 kHz frekvenciájú vörös fényvel világítjuk meg. A kibocsátott fluoreszcenciát fotodióda detektálja. Mind a fluoreszcens, mind a gerjesztő fényt száloptikán keresztül vezetjük. A készülék a jelet ugyancsak szaggatottan (1,6 kHz), a mérőfényvel szinkronban, szelektíven erősíti (amplitúdó moduláció). Az amplitúdó moduláció teszi lehetővé, hogy olyan kis intenzitású modulált mérőfényt alkalmazhatunk, ami nem okoz észlelhető fluoreszcencia átmeneteket. Így jutunk az  $F_0$ , azaz a kiindulási fluoreszcencia-hozamhoz. A maximális ( $F_m$ ) fluoreszcencia értéket 0,7 s időtartamú, a PSII elektrontranszportot telítő (kb.  $3\ 500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR érték, minden PSII reakciócentrum zárt állapotban), fehér fényfelvillanás hatására kapjuk meg (fényforrás: Schott, KL 1 500 electronic). Az indukciós görbe felvétele alatt telítési intenzitású fényfelvillanásokat adunk, hogy meghatározhassuk a fényadaptált levelek maximális fluoreszcencia ( $F_m'$ ), illetve minimális fluoreszcencia értékét ( $F_0'$ ). A paramétereket a következő egyenletek alapján számoljuk, melynek során a van KOOTEN – SNEL (1990) által leírt nomenklatúrát követjük: A PSII maximális kvantumhatékonysága  $(F_v/F_m) = (F_m - F_0)/F_m$ . A kísérletbe bevont fajok levelein ún. fénytelítési görbéket felvételeztünk az ETR értékek alapján. A fényválasz görbék mérése során a leveleket fokozatosan egyre magasabb intenzitású fényvel világítottuk meg 0 és  $2\ 600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  közötti PAR tartományban. A műszeres méréseket számítógépen keresztül, PAM-WIN szoftver segítségével irányítottuk, a mért adatokat közvetlenül a számítógépre mentettük.

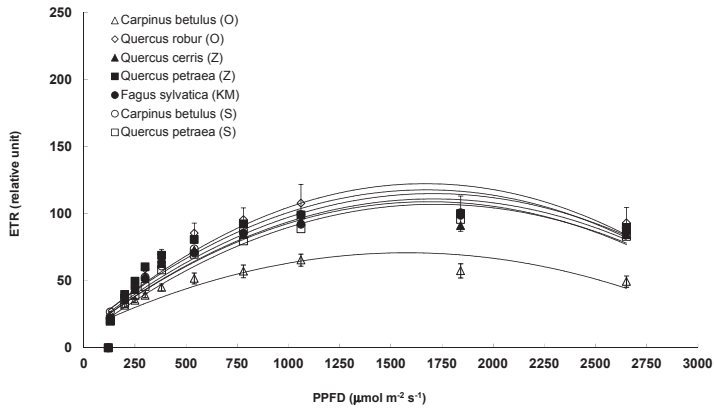
A klorofill fluoreszcencia fényválasz görbék felvételezését a bevezetésben felsorolt fajokon elvégeztük. Ezek közül az erdészeti szempontból kiemelten fontos taxonokat emeltük ki, és a fajokra jellemző ETR értékeket elemeztük a tavaszi és a nyári időszakból származó mintavételekre alapozva. A tavaszi időszakban egyértelműen alacsonyabb ETR maximum értékek voltak jellemzőek mindegyik fajt estében a második mintavételi időszakhoz hasonlítva (10/a ábra). A 100  $\mu\text{mol}$  közelében maximumra futó ETR értékek a növények relatív alacsony-közepes fotoszintetikus teljesítményére utaltak. A tavaszi időszakban a gyertyán (*Carpinus betulus*), a bükk (*Fagus sylvatica*) és a tölgy (*Quercus* sp.) fajok között szignifikáns különbséget nem lehetett kimutatni a levelek klorofill fluoreszcenciája alapján. Nagyon érdekes megfigyelés volt, hogy a gyertyánra, a többi fajhoz viszonyítva hozzávetőlegesen 50%-kal alacsonyabb ETR érték jellemző a tavaszi időszakban.



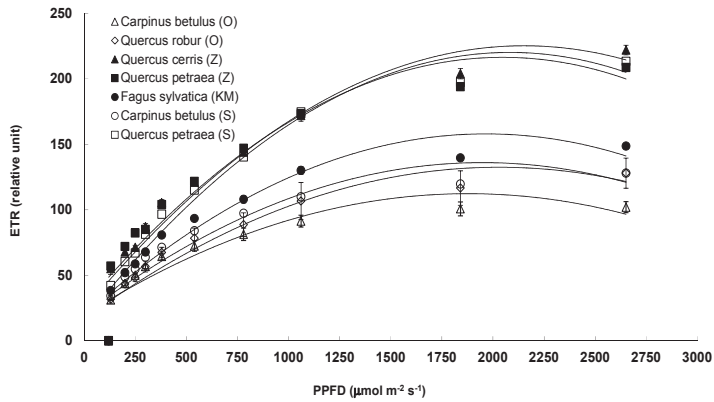
**9. ábra:** Fluoreszcencia mérésekhez használt PAM-2100 hordozható fluorométer ([http://www.walz.com/downloads/manuals/pam-2500/A\\_Leaf\\_Holder\\_Manual01.pdf](http://www.walz.com/downloads/manuals/pam-2500/A_Leaf_Holder_Manual01.pdf))

A nyári időszakban lényegesen magasabb fotoszintetikus elektron-transzport ráta jellemezte a fajokat (10/b. ábra), több esetben a duplájára emelkedett az ETR maximum értéke az első mintavételi időponthoz képest. A fényválasz görbék fluoreszcencia adatai alapján megállapítható, hogy az intenzívebb fotoszintetikus teljesítmény mellett, a nyári időszakban a fajok ETR értékei már szignifikáns különbségeket mutatnak. A legmagasabb (200  $\mu\text{mol}$  feletti) ETR értéket a csertölgy (*Quercus cerris*) és a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) mutatta. A soproni és a zánkai mintavételi területről származó kocsánytalan tölgy növények közel azonos fényválasz reakciót mutattak. Általánosan jellemző volt, hogy az egyes fajokat tekintve a különböző mintavételi területekről származó egyedek fluoreszcencia értékei között szignifikáns különbség nincs, tehát a mintaterületek az ETR értékek alapján nem különíthetők el. A nyári időszakban is a legalacsonyabb ETR értékeket a gyertyán esetében mértük. A különböző területekről származó gyertyán egyedek között nincs jelentős eltérés. A kocsányos tölgy ETR értékei inkább közelebb állnak a gyertyánra jellemző értékekhez, mint pl. a

másik tölgyfajok értékeihez. A bükk fotoszintetikus teljesítménye a gyertyán-kocsányos tölgy és a csertölgy-kocsánytalan tölgy ETR tartománya között helyezkedik el, mindkét „csoporttól” szignifikánsan elkülönülve. A bükk ETR maximum értékei több mint 50%-kal alacsonyabbak a csertölgyhöz vagy a kocsánytalan tölgyhöz viszonyítva, ami arra utal, hogy a bükk a két tölgyfajhoz képest már alacsonyabb fényintenzitás mellett (1 000-1 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  közötti PAR) is elérheti a maximális fotoszintetikus teljesítményét.



a.)



b.)

**10. ábra:** ETR válaszok a hivatkozott fajok esetében folyamatosan emelkedő fényintenzitás mellett. a) tavaszi időszak (első mintavételi időpont), b) nyári időszak (második mintavételi időpont). n=3, a hibásávok a szórást jelölik, (O)= Ormánság, (Z)= Zánka, (KM)= Kelet-Mecsek, (S)= Sopron



## Összefoglalás

A részfeladatban vállalt kutatási feladatokat: a különböző erdőtüpusok kísérleti lékjei regenerációjában szerepet játszó legfontosabb fásszárú taxonok helyszíni (aktuális) és laboratóriumi (potenciális) ökofiziológiai vizsgálatát a pályázat időtartama alatt elvégeztük. Mindvégig törekedtünk arra, hogy a lék-szituációban illetve a laboratóriumi referencia helyzetekben egyaránt megtaláljuk és felhasználjuk a normál (stresszmentes) ökofiziológiai működés időszakait és feltételrendszerét. A lombkorona lékekben azonban kivédhetetlenül fellép egy tartós, extrém magas és UV sugárzást tartalmazó megvilágítás, amellyel a növényeknek is számolni kell. Ezért a kutatás második évében vizsgálataink egy újszerű szemponttal egészültek ki: a fénystressz hatásának leképeződése a növényi pigment-összetételben. Ez értékes háttérinformációkat nyújthat a terepi környezetben zajló gázcsere válaszok pontosabb interpretációjához és a mechanizmusok feltárásához.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk a terepi gázcsere mérések és pigment vizsgálatok feltételeinek biztosításához Partos Kálmán erdőgondnoknak (Mecsekerdő ZRt., Pécsváradi Erdészet), Pyber Attila kerületvezető erdésznek (Mecsekerdő ZRt., Sellyei Erdészet), Siffer Sándor erdésznek (Balaton-felvidék, Zánka), Gergác Péter kerületvezető erdésznek (TAEG ZRt., Soproni Erdészet). Szeretnénk köszönetünket kifejezni Roszik Róbertnek és Schmidt Dávidnak a soproni mintaterület mérési időszaki meteorológiai adatai közzétételéért.

Köszönjük a PTE Botanikus Kert munkatársai, Babayné Boronkai Erzsébet PTE-TTK (kertészmérnök, kertvezető) és Kiss Gabriella PTE-TTK (kertészmérnök) munkáját a tenyészedényes növényanyag elhelyezésében és gondozásában.

A részfeladat megvalósításában közreműködtek: Salamon dr. Albert Éva egyetemi docens, PTE-TTK BI (kutató, részfeladat koordinátor); Lőrincz Péter középiskolai tanár (kutató); Dr. Csiszár Ágnes egyetemi docens, NYME-EMK NTI (kutató); Dr. Teszlák Péter egyetemi adjunktus, PTE-TTK SZBK (kutató); Dr. Borhidi Attila akadémikus, PTE-TTK BI (szaktanácsadó); Dr. Hideg Éva egyetemi tanár, PTE-TTK BI (szaktanácsadó); Dr. Jeges Sára ny. főiskolai tanár, PTE-EFK (kutató); Mintál Kitti PTE-TTK (egyetemi hallgató), Lévai Kata PTE-TTK (egyetemi hallgató), Nagy Dóra PTE-TTK (egyetemi hallgató); Kiss Árpád PTE-TTK BI (műszerész technikus).

## Irodalom

- Állami Erdészeti Szolgálat (ÁESz): Országos Erdőállomány Adattár 2007.
- BORHIDI, A. – KEVEY, B. – LENDVAI, G. (2012): Plant communities of Hungary. – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- BORHIDI A. – DOBOR L. – HORVÁTH F. (2014): A klímaváltozás hatásai az erdőzónák várható eltolódására és az erdőszerkezetek alakulására. – Szakértői jelentés. Kézirat, Pécs, 38 pp.
- FIELD, C. B. – BALL, J. T. – BERRY J. A. (1991): Photosynthesis: principles and field techniques. In: PEARCY, R. W. – EHLERINGER, J. – MOONEY, H. A. – RUNDEL P. W. (ed): Plant Physiological Ecology. Field Methods and Instrumentation. – Chapman and Hall, London, pp. 209 – 253.
- GENTY, B. – MEYER, S. (1994): Quantitative mapping of leaf photosynthesis using chlorophyll fluorescence imaging. – *Australian Journal of Plant Physiology* **22**: 277–284.
- GOULAS, Y. – CEROVIC, Z. G. – CARTELAT, A. – MOYA, I. (2004): Dualex: a new instrument for field measurements of epidermal ultraviolet absorbance by chlorophyll fluorescence. – *Applied Optics* **43**: 4488–4496.
- KEVEY B. (2008): Magyarország erdőtársulásai. In: BARTHA D. (szerk.): Tilia XIV. – Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Növénytani Tanszék, Sopron, pp. 342–344.
- KEVEY, B.(2012): A Kelet-Mecsek bükkösei. Beech woods in the eastern Mecsek Mountains [Helleboro odori-Fagetum (A. O. HORVÁT 1958) Soó & Borhidi in Soó 1960]. – e-*Acta Naturalia Pannonica* **3**: 27–48.
- KIRÁLY G. (2008): Soproni-hegység. In: KIRÁLY G. – MOLNÁR ZS. – BÖLÖNI J. – CSIKY J. – VOJTKÓ A. (szerk.): Magyarország földrajzi kistájainak növényzete. – MTA-ÖBKI, Vácrátót, p. 224.
- LAMBERS, H. – CHAPIN III, F. S. – PONS T. L. (2008): Plant Physiological Ecology. – Springer Verlag, 604 pp.
- MOLLAY J.-NÉ – MOLNÁR Á. (2011): A Sopron hegyvidéki erdők állományainak változása 1955-2005 között. In: BARTHA D. – OROSZI S. (szerk.): A Soproni-hegység erdőállományainak története. – TAEG Tanulmányi Erdőgazdaság, Sopron, pp. 122–239.
- SCHREIBER, U. (2004): Pulse-amplitude-modulation (PAM) fluorometry and saturation pulse method: an overview. In PAPAGEORGIOU, G. C. G. (ed): Chlorophyll fluorescence: a signature of photosynthesis. – Kluwer, Dordrecht, pp. 279–319.
- SIFFER S. (2012): Szálalás száraz tölgyesekben. In: GYÖNGYÖSSY P. (szerk.): Múlt és jövő IV. Tartamosság, természetszerűség, társadalmi kontroll. – Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, pp.121–133.
- TAMÁS J. (2011): A Sopron hegyvidéki erdők történelmi fejlődése, tájleírásai a fafaj, elegyarány és korosztály viszonylatában napjainkig (1955). In: BARTHA D. – OROSZI S. (szerk.): A Soproni-hegység erdőállományainak története. – TAEG Tanulmányi Erdőgazdaság, Sopron, pp. 5–121.
- VAN KOOTEN, O. – SNEL, J. F. H. (1990): The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. – *Photosynthesis Research* **25**: 147–150.

## **2.6. részprojekt: A folyamatos erdőborítás társulás és táj szintű vizsgálata**

**Részprojekt felelős szervezeti egység: EMK Növénytani és Természetvédelmi Intézet**

### **A FOLYAMATOS ERDŐBORÍTÁS HATÁSÁNAK ELEMZÉSE TÁJMETRIAI MÓDSZEREKKEL A KIRÁLYRÉTI ERDÉSZET TERÜLETÉN**

NÓTÁRI KRISZTINA – BENDE ATTILA – CSISZÁR ÁGNES – ZAGYVAI  
GERGELY – BARTHA DÉNES

Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Növénytani és Természetvédelmi Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

#### **Bevezetés**

Az elmúlt évtizedekben, hazánkban és nemzetközileg is egyre jelentősebbé vált az erdők sokoldalú rendeltetésének (multifunkcionalitás) biztosítása, melynek eredményeként az erdőgazdálkodás feladatai is átrendeződtek (SOLYMOS, 2008; POMMERENING – MURPHY, 2004). Erősödött az ökoszisztéma-szemlélet, előtérbe került a természeti folyamatokra az eddigieknél jobban támaszkodó erdőgazdálkodás szükségessége (STANDOVÁR, 2006; DIACI, 2006; KENDERES et al., 2007; SOLYMOS, 2011; BARTHA – PUSKÁS, 2012), az eddig szinte kizárólagosan alkalmazott vágásos üzemmód mellett megjelent a szálalás és az átalakító üzemmód is. A korábbi vágásos üzemmódok és a jelenlegi folyamatos erdőborítást eredményező üzemmódok hatásai az eltérő technológiákból adódóan eltérő hatást gyakorolnak az egyes erdőtársulásokra, emellett hatásuk táj szinten is nyomon követhető. Ez utóbbi hatás szemléltetése a tájmetria eszközeivel válik lehetővé és kvantitatív módon értékelhetővé.

A tájmetriai vizsgálatok, a tájat felépítő szerkezeti és funkcionális alapegységek területi mintázatával kapcsolatos hazai kutatások mindössze három évtizedre tekintenek vissza (MAROSI, 1980; MEZŐSI et al., 1993; MEZŐSI –

RAKONCZAI, 1997; CSORBA, 1989, 1997, 2008a; JAEGER, 2000; LÓCZY, 2002), történeti áttekintésüket SZABÓ (2009) ismerteti. A tájmetriai kutatások célja korábban főként a tájesztétikai vizsgálatok megalapozása volt, elsősorban a táj esztétikai értékének kvantitatív meghatározását szolgálták. A tájmetriai mérések célja idővel tovább bővült (CSORBA, 2006ab; CSORBA et al., 2006, KOLLÁNYI, 2006; BÍRÓ et al., 2010; KOLLÁNYI et al., 2012), az elemzések során előtérbe került a táj ökológiai szempontú értékelésének igénye, a táj szerkezetének, funkciójának ökológiai vizsgálata (PHILLIPS – SHURE, 1990; VASAS, 2007; JORDÁN et al., 2007; CSORBA, 2008b). A tájat alkotó elemek, tájfoltok ökológiai szempontú vizsgálatának célja a táj biogeocönózisra, illetve ezen belül az egyes élőlénycsoportokra (növény, állat, gomba), gyakorolt hatásainak feltárása. A táj elemeinek kvantitatív értékelése által vizsgálhatóvá válik az egyes fajok megtelepedését és terjedését befolyásoló tényezők, illetve megtudhatjuk, hogy a tájfoltok mely tulajdonságai járulnak hozzá a biogeocönózis stabilitásához, melyek szolgálják az egyes fajok ökológiai igényeinek teljesülését. Az ökológiai tájszerkezet és tájműködés jellemzésére szolgáló táji adottságok indikátorait CSORBA et. al. (2006), a tájmetriai mérőszámok alkalmazási lehetőségeinek kritikai revízióját SZABÓ (2009) részletesen ismerteti. Ilyen jellegű vizsgálatokat hazánkban elsősorban antropogén hatás alatt álló tájfoltok vizsgálatára alkalmaztak (CSORBA, 2005ab; FILEPINÉ et al., 2012), így a folyamatos erdőborítás táj szintű hatásainak vizsgálatához új szemléletű módszertan kidolgozása szükséges, melyhez az előbb említett kutatások hasznos kiindulópontot szolgáltathatnak.

A táji adottságok ökológiai szempontú értékelésének első lépcsője a különböző homogén tájfoltok, a tájfoltokat összekötő és határoló folyosók és a tájfoltokat magába foglaló mátrix lehatárolása. A folyamatos erdőborítást célzó üzemmódok táj szintű hatásának vizsgálatakor a tájfoltokat elsősorban nem antropogén létesítmények (utak, vasutak, települések), hanem az erdőrészleten belüli lécek, tisztások, nyiladékok, erdei utak, zártabb erdőfoltok képviselik. Az egyes fajok populációinak működéséhez, életben maradásához meghatározott nagyságú tájfoltokra van szükség, ezért vizsgálatainkat különböző tájfoltok nagyságának meghatározásával folytattuk. A tájfoltok terület-kerület aránya szintén hasznos információkkal szolgál az adott életközösség stabilitásáról, melyből az ökogeográfiai stabilitási szám is meghatározható. Az egyes tájfoltok, például a lécek alakja többek közt az újulat megjelenése és megmaradása szempontjából lehet jelentős. A folt-nagyság, a foltkerület és a teljes vizsgálati terület nagysága közötti kapcsolatból származtatható a tájfelszabdaltsági index, mely az adott vizsgálati objektum minősítésére is szolgál. Az egyes tájfoltok degradáltságának, antropogén és természetes bolygatottságának, hemeróbiaszintjének meghatározása elősegítheti az egyes tájfoltok jellemzését abból szempontból, hogy

milyen szerepet játszhatnak a növényfajok terjedésében; például vannak-e olyan területek, amelyek inváziós növényfajok terjedésének forrásai, illetve vannak-e a terjedésüket elősegítő folyosók (vasutak, autóutak stb.). A tájfoltok konnektivitása, például a lékek közötti távolság is fontos eleme az ökológiai kutatásoknak, mivel meghatározhatja a különböző terjedési stratégiákkal rendelkező növény- és állatfajok eljutási valószínűségét, gyakoriságát az egyik lékből a másikba, ezáltal az egyes populációk vagy részpopulációk túlélési esélyét is. A lékek közötti optimális távolság vizsgálata az új lékek kialakítására vonatkozó hasznos, gyakorlati ismeretekkel szolgálhat, hiszen a lékek közötti távolság meghatározhatja az egyes gyomfajok terjedését vagy az újulattal táplálkozó herbivorok mozgását egyik lékből a másikba. A különböző tájfoltok érintkezési zónáinak, a szegélyeknek a hossza, jellege szintén meghatározó jelentőségű, mivel befolyásolja egyes gyomnövények terjedési esélyeit. A hasonló jellegű tájfoltokat összekötő ökológiai folyosók hossza, szélessége, felszabdaltsága, valamint az általuk összekötött foltok nagysága szintén fontos jellemzők az egyes fajok terjedése szempontjából. Mindezen paraméterekből meghatározható a táj mintázata, a foltűrűségi index és a folteloszlás (CSORBA et al., 2006; SZABÓ 2009, 2011).

A folyamatos erdőborítást célzó üzemmódok táj szintű hatásait az Ipoly Erdő ZRt. Királyréti Erdészetének területén végzett vizsgálatokkal szeretnénk szemléltetni. A területen hosszú idő óta, számos, szerteágazó témájú kutatás folyik, a lékek sok szempontú vizsgálatából több doktori értekezés is született (ASZALÓS, 2003, MIHÓK, 2007; GÁLHIDY, 2008, KENDERES, 2008). A Börzsöny hegységben 1996-ban és 2001-ben bekövetkezett jégtörés, valamint a 1999-es széldöntés okait és hatásait ASZALÓS et. al. (2001, 2003, 2004) ASZALÓS (2003), KENDERES et al. (2007b) vizsgálták. A nagy intenzitású természetes bolygatások elemzésének eredményeként predikciós céllal a vizsgálati területre valószínűségi térképek is készültek (ASZALÓS, 2003), melyekről leolvasható, hogy egy adott területen mekkora a valószínűsége egy hasonló bolygatás kialakulásának. KENDERES (2008) disszertációjában az intenzív természetes bolygatások tájléptékű vizsgálatát végezte el a Királyréti Erdészet területén, távérzékeléses és terepi vizsgálatának összehasonlítása által megállapította, hogy a terepen rajzolt foltok mérete átlagosan kb. kétszerese volt a távérzékeléssel megtaláltnak. Statisztikai elemzés segítségével vizsgálta a jégtörések, valamint a domborzat és a különböző állomány-változók összefüggését. Az eredmények kiértékelése során a jégtörés intenzitása és a vizsgált topográfiai, valamint állományváltozók között szignifikáns kapcsolatot mutatott ki. A korábbi kutatásokra alapozva (ASZALÓS, 2003) vizsgálta az 1996. évi jégtörés alapján készült predikció hatékonyságát a 2001. évi jégtörés előrejelzésében.

Jelen kutatás során vizsgálataink célja a különböző üzemmódban kezelt erdőterületek (vágásos, átalakító, szálaló, faanyagtermelést nem szolgáló) tájmetriai jellemzése és a különböző erdőművelési módszerek táj szintű hatásának kimutatása volt. A vizsgálat során választ kaphatunk arra a kérdésre is, hogy vannak-e olyan erdőgazdaságilag is jelentős, állományalkotó fafajok, amelyek az egyes tájmetriai mutatókat jól indikálják, ezáltal alkalmasak az egyes életközösségek stabilitásának vagy degradáltságának jellemzésére.

## Anyag és módszer

Vizsgálataink helyszínéül az Ipoly Erdő ZRt. Királyréti Erdészete által kezelt területét választottuk, mivel a területen számos természetes bolygatás (jégtörés, széldöntés) és mesterséges beavatkozás (folyamatos erdőborítást célzó üzemmódok) következtében táji léptékben rendkívül változatos, kisebb-nagyobb lécekkel tagolt felszín jött létre (MIHÓK, 2007). A Királyréti Erdészet a Börzsöny délkeleti részének 5 090 ha-os területét kezeli, az 1940-ben készített üzemtervezési tervzet szerint "a gazdálkodás rendszeres, az erdőt szálerdő üzemmódban kezelik, fokozatos felújító vágással." Az elemzés helyszínéül választott 1 300 hektáros mintaterület a Magas-Börzsöny délkeleti előterében található, jelenleg az erdőterület jelentős részén nagy számban található lécek.

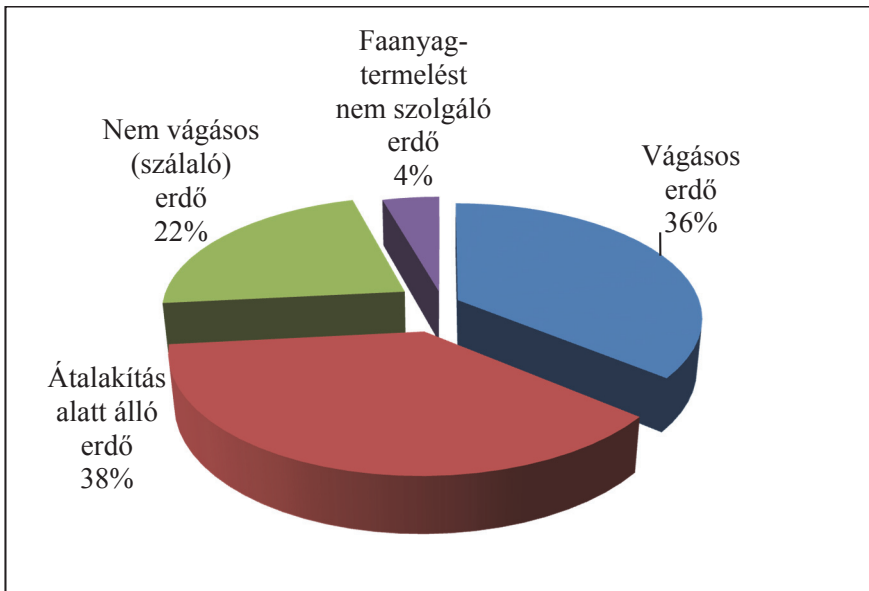
A vizsgálati területen 194 erdőrészt jelöltünk ki, amelyekre vonatkozóan a rendelkezésünkre álló 2007. évi üzemtervi adatok (MGSZH, 2007) értékelését az Excel táblázatkezelő program (MICROSOFT® EXCEL, 2007) segítségével végeztük. Az elemzés során meghatároztuk a léknyitás előtti és az azt követően jelentkező területváltozás arányát, valamint a szegélyterületek növekedésének mértékét, továbbá az egyes üzemmódok, valamint az egyes főfafajok összterületből való részesedésének arányát. Kategóriánként – vagyis faállományonként és üzemmódonként – határoztuk meg a korviszonyok statisztikai jellemzőit.

A tájmetriai elemzés során meghatároztuk a tájfoltok területét egyenként és kategóriánként (CA: Class Area), illetve a teljes kutatási terület területének százalékában is kifejeztük az egyes kategóriák részesedését (PLAND: Percentage of Landscape). Ugyancsak foltonként és kategóriánként kiszámítottuk a kerületet és meghatároztuk kerület-terület arányt (PARA: Perimeter-Area Ratio). A terület és foltszám hányadosaként kiszámítottuk a folt-sűrűséget (PD: Patch Density), az egységnyi területre jutó szegélyhosszt, szegély-sűrűséget (ED: Edge Density), a diverzitást mérő dominanciaindexet ( $D_1$ ), valamint a vizsgálati egység legnagyobb foltjának és teljes területnek a

hányadosát (LPI: Largest Patch Index), végezetül meghatároztuk a tájfel-szabdaltsági indexet (LDI) is (SZABÓ, 2009; MEZŐSI et al, 2008).

### Eredmények és értékelésük

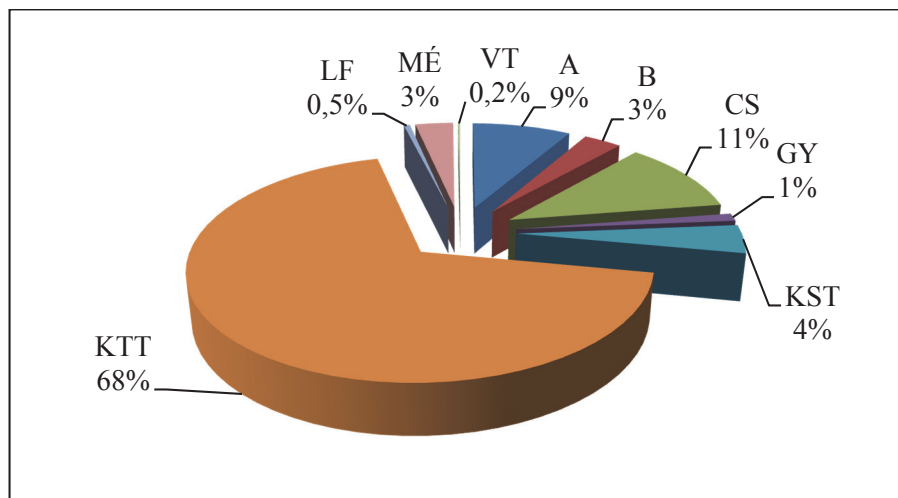
A Királyréti Erdészet kezelésében lévő és az általunk vizsgált erdő-részletekre vonatkozóan feltüntetett üzemmódonkénti megoszlást (1. ábra) vizsgálva szembevetnő az átalakítás alatt álló erdők összterületből való magas részesedési aránya (38%), amelyet a hagyományos vágásos üzemmódban kezelt erdőterületek követnek (36%). Mindez a 2007-től kezdődő üzemi léptékű vágásos gazdálkodási rendszert felváltó koncepció kezdeti időszá-kának eredménye. A hosszú távú célkitűzést jelentő szálaló szerkezet az általunk vizsgált erdő részletek vonatkozásában meghatározó (22%-os) a-rányt képvisel, mindemellett a faanyagtermelést nem szolgáló erdők része-sedése (4%) elenyészőnek tekinthető.



1. ábra: Az eltérő üzemmódok részesedése az összterületből (PLAND)

A következőkben a vizsgálati területen előforduló fő fafajok egymáshoz viszonyított területarányát vizsgáltuk az erdő részletek üzemtervi adatai alapján (2. ábra). Az elemzés eredményeként megállapítható, hogy több mint kétharmados többségével a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (MATT.) LIEBL.) (68%) a legjelentősebb fő fafaj a területen. A csertölgy (*Quercus cerris*

L.) részese (11%) még meghatározó a fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) (9%) térfoglalásának aránya mellett. A többi faj részese az említettektől jelentősen elmarad a kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.), a mézgás éger (*Alnus glutinosa* L.) vagy a közönséges bükk (*Fagus sylvatica* L.) 4, illetve 3–3 %-ot, a többi faj ennél is kisebb területrészesedést ér el.



**2. ábra:** A főfafajok területi részesedése (PLAND)

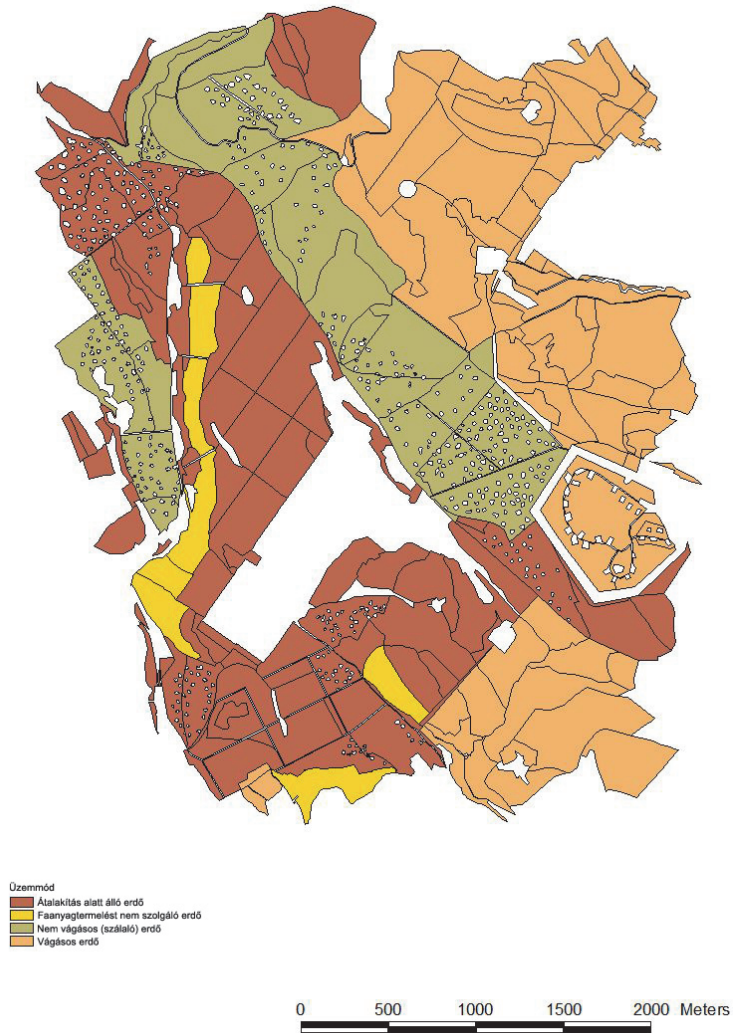
**A:** fehér akác, **B:** közönséges bükk, **CS:** csertölgy, **GY:** közönséges gyertyán, **KST:** kocsányos tölgy, **KTT:** kocsánytalan tölgy, **LF:** közönséges lucfenyő, **MÉ:** mézgás éger, **VT:** vörös tölgy

A vizsgálati területen található erdőrészek üzem módok szerinti megoszlását a 3. ábra szemlélteti. Faanyagtermelést nem szolgáló erdőállományok egy észak-déli lefutású, a terület keleti részén húzódó árokban, illetve a terület két, szintén meredek oldalú erdőrésztében vannak. Szálaló erdőt a terület nyugati szélén és a középső részén, északnyugat-délkeleti irányú sávban találunk. A vágásos erdők a terület északkeleti és délkeleti részén helyezkednek el, a többi erdőrésztet jelenleg átalakító üzem módban kezelik.

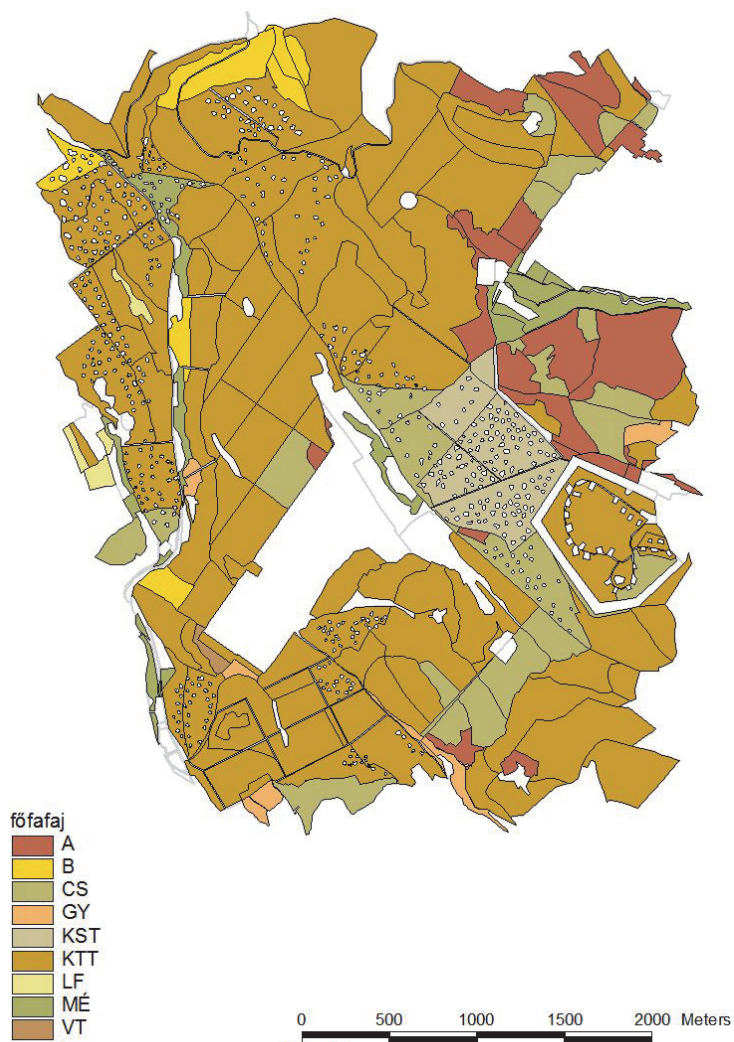
A 4. ábra a fő fajok területi elhelyezkedését mutatja. Az erdőterület 68 %-át borító kocsánytalan tölgy majdnem az összes átalakító üzem módban kezelt erdőrésztet fő faja, emellett jelentős területarányal szerepel a többi üzem módban kezelt erdőrésztetekben is. A csertölgy területaránya a vágásos és a szálaló üzem módban kezelt erdőrésztetekben jelentősebb, az átalakító üzem módban kezelt és a faanyagtermelést nem szolgáló erdőrésztetekben csekélyebb. A fehér akác legjelentősebb állományai a vágásos erdőkben, a kocsányos tölgyé a nem vágásos, szálaló üzem módban kezelt erdőrésztetekben található. A bükk fő fajú erdőrésztetek kizárólag a faanyagter-



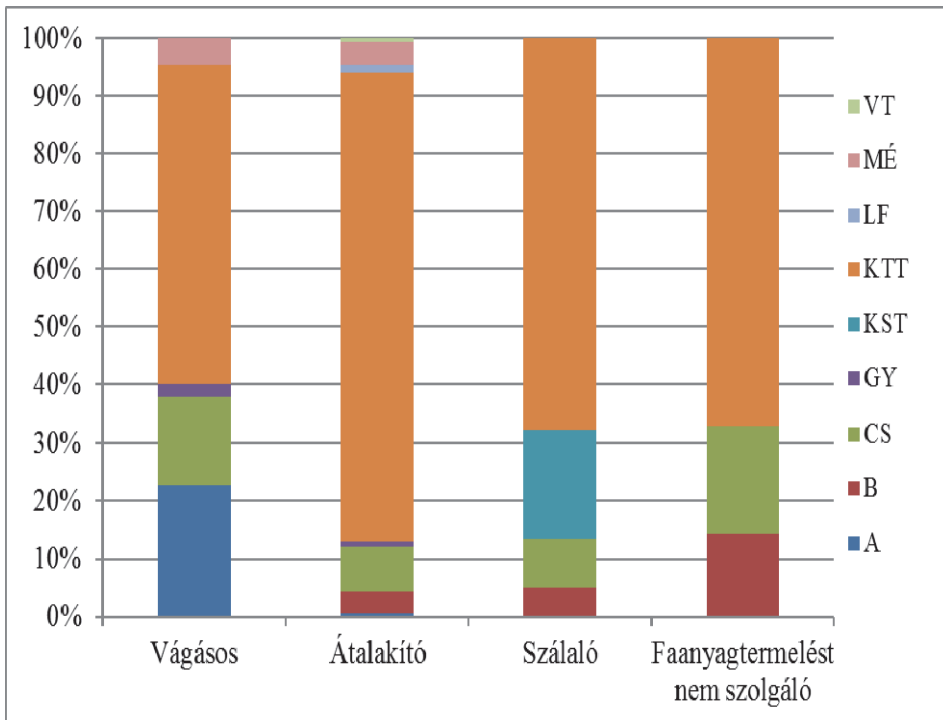
melést nem szolgáló, átalakító vagy szálaló üzemmódban kezeltek, vágásos üzemmódban már nem fordulnak elő. A mézgás éger állományok a szálaló üzemmódban kezelt erdőrészek kivételével mindhárom erdőtípusban előfordulnak.



**3. ábra:** A vizsgálati területen található erdőrészek megoszlása az üzemmódok szerint



**4. ábra:** A vizsgálati területen található erdőrészek megoszlása a fő fafajok szerint  
**A:** fehér akác, **B:** közönséges bükk, **CS:** csertölgy, **GY:** közönséges gyertyán, **KST:** kocsányos tölgy, **KTT:** kocsánytalan tölgy, **LF:** közönséges lucfenyő, **MÉ:** mézgás éger, **VT:** vörös tölgy



5. ábra: A fő fafajok részesedése a különböző üzemmódban kezelt erdőrészek területéből

A: fehér akác, B: közönséges bükk, CS: csertölgy, GY: közönséges gyertyán, KST: kocsányos tölgy, KTT: kocsánytalan tölgy, LF: közönséges lucfenyő, MÉ: mézgas éger, VT: vörös tölgy

Az 5. ábra a fő fafajok részesedését szemlélteti a különböző üzemmódban kezelt erdőrészek területéből. A hagyományos vágásos üzemmódban kezelt erdőrészek esetén legnagyobb részben a kocsánytalan tölgy (*Quercus petrea* (MATT.) LIEBL.) (55,2%) volt meghatározó, amit az akác (*Robinia pseudoacacia* L.) (22,8%), majd a csertölgy (*Quercus cerris* L.) részesedése (15,0%) követett. A többi faj vonatkozásában említésre méltó területi részesedéssel a mézgas éger (*Alnus glutinosa* L.) (4,6%), valamint a gyertyán (*Carpinus betulus* L.) (2,4%) bírt. A szálaló szerkezet kialakításához vezető átalakító üzemmód területéből legnagyobb arányban a kocsánytalan tölgy (*Quercus petrea* (MATT.) LIEBL.) (81,0%) részesedett. A vizsgált állományokat alkotó többi főfafaj vonatkozásában számottevő térfoglalással csupán a csertölgy (*Quercus cerris* L.) (7,9%) és a mézgas éger (*Alnus glutinosa* L.) (4,0%), valamint a bükk (*Fagus sylvatica* L.) (3,8%) esetében számolhatunk. A vizsgált lécek közül a szálaló üzemmódban kezelt összes területéből a legnagyobb arányban szintén a kocsánytalan tölgy (*Quercus petrea* (MATT.) LIEBL.) (68,4%) képviseltette magát, amit a kocsányos tölgy (*Quercus robur*

L.) részesedése (19,2%) követett. Meghatározó volt továbbá a csertölgy (*Quercus cerris* L.) (8,4%) és a bükk (*Fagus sylvatica* L.) (5,1%) területi részaránya a fent említett nem vágásos üzemmód összes területéből. A faanyagtermelést nem szolgáló üzemmód esetében – a fentiekben részletezett üzemmódokhoz hasonlóan – a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (MATT.) LIEBL.) térfoglalása a legnagyobb (67,1%), amit a csertölgy (*Quercus cerris* L.) (19,0%) és a bükk (*Fagus sylvatica* L.) (14,4%) követett.

Az üzemmódonkénti korszerkezet viszonyait vizsgálva (9. táblázat) az aritmetikai átlag tekintetében jelentős eltérést találhatunk. A legnagyobb átlagkor (109 év) a faanyagtermelést nem szolgáló üzemmód állományaiban jelentkeztek, amitől némiképp elmarad a szálaló üzemmódú állományok átlagkora (86 év). A vágásos gazdálkodással kezelt erdőrészek korátalaga bizonyul a legalacsonyabbnak (57 év), ezt az átalakítás alatt álló erdőrészek azonos mutatója mindössze két évvel előzi meg. A fentieknek megfelelően a legnagyobb szórás értéket (33 év) a faanyagtermelést nem szolgáló üzemmódban tapasztaltunk, hiszen 30–140 évig terjedő intervallumban változnak az ide tartozó erdőrészekben az állománykorok. A legkiegyenlítettbb korstruktúrát mégis ebben az üzemmódban kezelt állományok mutatták, hiszen az átlagkor a módusz és a medián értéke közötti különbség ebben az esetben a legkisebb, tehát a koreloszlás a legkevésbé aszimmetrikus, hasonlóan a nem vágásos üzemmódhoz.

9. táblázat: A korviszonyok statisztikai jellemzői üzemmódonként (2007)

Üzemmód	Átlag	Módusz	Medián	Szórás
Vágásos	57	32	50	31
Átalakító	59	75	58	28
Nem vágásos (szálaló)	86	71	78	21
Faanyagtermelést nem szolgáló	109	115	117	33

A fajok átlagkorának megoszlása (10. táblázat) esetében a két szélső-értéket a rövid vágásfordulóval kezelt fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) (28 év) valamint a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (MATT.) LIEBL.) (96 év) és a bükk (*Fagus sylvatica* L.) (97 év) hosszú vágásfordulóval kezelt állományai jelentik. A legszimmetrikusabb koreloszlást mutató vörös tölgy (*Quercus rubra* L.) esetében csak egy erdőrészlet került felvételre, így ilyen módon nem értékelhető, ellenben figyelemre méltók a bükk (*Fagus sylvatica* L.) és a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (MATT.) LIEBL.) esetében a korok megoszlásának szimmetriaviszonyai. A lucfenyő (*Picea abies* L.) állományai kiterjedésükénél fogva – a vörös tölgyhöz (*Quercus rubra* L.) hasonlóan – elenyésző

területi részesedést (0,5%) mutatnak, szabályos koreloszlásuk erre vezethető vissza. 120 évesnél idősebb faállomány csupán néhány erdőrészletben található.

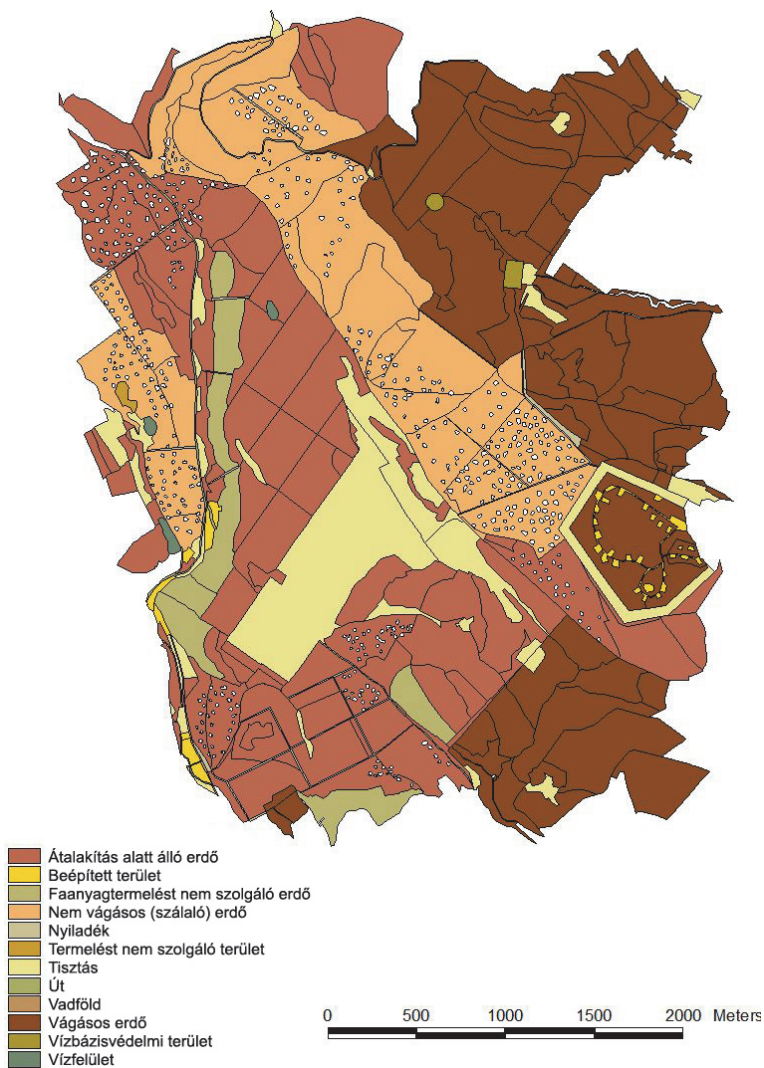
A száraló üzemmódú erdők jelentős része 60 és 120 év közötti. Az átalakító üzemmódú állományoknak e korcsoportba eső részleteiben már megkezdtek a lécek vágását, míg a fiatalabb, 21–60 év közötti állományokban még nem. A vágásos üzemmódú erdőkben minden korcsoport előfordul a legidősebb kivételével. A terület keleti részén húzódó meredek falú árok faanyagtermelést nem szolgáló erdeje a 61–120 éves korosztályba tartozik (6. ábra).

**10. táblázat:** A vizsgált erdőrészletek fő fafajainak korviszonyai (2007)

Fafaj	Átlag	Módusz	Medián	Szórás
Fehér akác ( <i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	28	33	29	10
Közönséges bükk ( <i>Fagus sylvatica</i> L.)	97	102	102	48
Csertölgy ( <i>Quercus cerris</i> L.)	63	38	61	29
Közönséges gyertyán ( <i>Carpinus betulus</i> L.)	61	85	69	23
Kocsányos tölgy ( <i>Quercus robur</i> L.)	96	101	101	13
Kocsánytalan tölgy ( <i>Quercus petraea</i> (MATT.) LIEBL.)	69	75	75	30
Közönséges lucfenyő ( <i>Picea abies</i> L.)	54	55	55	10
Mézgás éger ( <i>Alnus glutinosa</i> L.)	57	66	48	20
Vörös tölgy ( <i>Quercus rubra</i> L.)	45	45	45	0



**6. ábra:** A vizsgálati területen található erdőrészek megoszlása a faállományok kora szerint



7. ábra: A tájmetriai elemzésben szereplő tájfoltok

A vizsgálat céljaul választott tájmetriai elemzésben nemcsak az üzemtervezett erdőrészletek, hanem egyéb tájfoltok is szerepelnek (7. ábra). Ezek közül a beépített területek, a nyiladékok és az utak a tájfoltokat körülvevő mátrix elemei, míg a négyféle üzemmódú erdőrészletek mellett a tisztások, a vízfelületek, a vízbazisvédelmi területek, a vadföld és a termelést nem szolgáló terület szerepelnek, mint tájfoltok. Az elemzés során összehasonlítottuk a jelenlegi, számos léket tartalmazó tájmintázatot a lékvágás előttivel. Az ehhez szükséges terület- és kerületszámítások eredményeit a 3. táblázat

és a 4. táblázat mutatja be, míg az ezek alapján számított tájindikátorok az 5. táblázatban találhatóak.

**11. táblázat:** A tájmetriai indikátorokban szereplő mennyiségek folttípusonként 1  
Jelmagyarázat: T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>: összterület, K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>: összkörület

Tájfolt típusa	Folt- szám (db)	Léknyitás előtt		Léknyitás után	
		T <sub>1</sub> (ha)	K <sub>1</sub> (km)	T <sub>2</sub> (ha)	K <sub>2</sub> (km)
Átalakítás alatt álló erdő	84	438,13	102,90	431,20	116,93
Beépített terület	9	9,38	9,64	9,38	9,64
Faanyagtermelést nem szolgáló erdő	8	49,70	10,85	49,70	10,85
Lék	567	0,00	0,00	19,43	40,54
Nyiladék	26	7,49	20,21	7,47	20,22
Szálaló erdő	26	260,23	42,16	247,92	66,95
Termelést nem szolgáló terület	1	1,03	0,51	1,03	0,51
Tisztás	33	125,24	32,64	125,24	32,64
Út	10	7,85	23,55	7,83	23,56
Vadföld	1	0,62	1,93	0,62	1,93
Vágásos erdő	74	395,63	90,97	395,63	90,97
Vízbazisvédelmi terület	2	2,31	0,82	2,31	0,82
Vízfelület	4	1,85	1,58	2,43	1,87
<b>Mindösszesen</b>	<b>845</b>	<b>1299,47</b>	<b>337,75</b>	<b>1300,20</b>	<b>417,43</b>

**12. táblázat:** A tájmetriai indikátorokban szereplő mennyiségek folttípusonként 2

Tájfolt típusa	Átlag T <sub>1</sub> (ha)	Átlag K <sub>1</sub> (km)	Átlag T <sub>2</sub> (ha)	Átlag T <sub>2</sub> (km)	Átlagos T <sub>1</sub> /K <sub>1</sub> (m <sup>2</sup> /m)	Átlagos T <sub>2</sub> /K <sub>2</sub> (m <sup>2</sup> /m)
Átalakítás alatt álló erdő	5,22	1,23	5,13	1,39	39,05	35,37
Beépített terület	1,04	1,07	1,04	1,07	14,25	14,24
Faanyagtermelést nem szolgáló erdő	6,21	1,36	6,21	1,36	46,09	46,09
Lék	0,00	0,00	0,03	0,07	0,00	4,61
Nyiladék	0,29	0,78	0,29	0,78	3,89	3,88
Szálaló erdő	10,01	1,62	9,54	2,57	57,61	36,08
Termelést nem szolgáló terület	1,03	0,51	1,03	0,51	20,24	20,25
Tisztás	3,80	0,99	3,80	0,99	21,15	21,15
Út	0,78	2,36	0,78	2,36	3,28	3,27



Tájfolt típusa	Átlag T <sub>1</sub> (ha)	Átlag K <sub>1</sub> (km)	Átlag T <sub>2</sub> (ha)	Átlag T <sub>2</sub> (km)	Átlagos T <sub>1</sub> /K <sub>1</sub> (m <sup>2</sup> /m)	Átlagos T <sub>2</sub> /K <sub>2</sub> (m <sup>2</sup> /m)
Vadföld	0,62	1,93	0,62	1,93	3,22	3,22
Vágásos erdő	5,35	1,23	5,35	1,23	37,31	37,31
Vízbázisvédelmi terület	1,16	0,41	1,16	0,41	27,58	27,57
Vízfelület	0,46	0,39	0,61	0,47	15,40	15,40

A kutatási terület legnagyobb foltja a Szokolya 77 TI tisztás, melynek területe 60,7 ha. Ennek a teljes területből (1 300 ha) való részesedése (LPI) 5%. A vizsgálati terület kerülete 27 km, a lékvágás nélkül számítva a foltok összes szegélyhossza ennek a 12,5-szerese, mintegy 340 km, a lékeket is számítva 15,5-szerese, 417 km. A lékvágás hatására a foltsűrűség (PD) kb. háromszorosára nőtt, a kerület-terület arány (PARA) és az egységnyi területre jutó szegélyssűrűség (ED) a lékek kis mérete ellenére jelentős számuk miatt 23%-kal emelkedett. A tájfelszabdaltsági index (LDI) 0,0062 m/m<sup>2</sup>-ről 0,0071 m/m<sup>2</sup>-re emelkedett. A táj diverzitását mérő dominanciaindex (D<sub>1</sub>) több mint négyszeresére emelkedett az 567 lék hatására, amik az összes (845) folt 67%-át kiteszik, ugyanakkor csak eggyel növelik a kategóriák számát.

**13. táblázat:** A vizsgált terület tájmetriai indikátorai

Tájmetriai mutató	Mértékegység	Léknýtás	Léknýtás
Foltsűrűség (PD)	db/ha	0,21	0,65
A folt teljes területből való részesedése (LPI)	%	5,00	5,00
Egységnyi területre jutó szegélyssűrűség (ED)	m/ha	259,92	321,05
Tájfelszabdaltsági index (LDI)	m/m <sup>2</sup>	0,0062	0,0071
Dominanciaindex (D <sub>1</sub> )	-	1044,35	4639,41
Kerület-terület arány (PARA)	m/m <sup>2</sup>	0,0260	0,0321

## Összefoglalás

A Királyréti Erdészet területén vizsgált erdőterületek több mint harmada átalakítás alatt álló, a szálaló és a faanyagtermelést nem szolgáló erdőkkel együtt így a folyamatos erdőborítású részek aránya közel kétharmadnyi. A területek csaknem 70%-án a kocsánytalan tölgy a fő fafaj, ezen kívül jelentősebb területarányal még a csertölgy és a fehér akác fordul elő, a további hat fő fafaj területi részesedése csekély. Üzemmodonként az egyes főfafajok

részesedését tekintve a nagy területarányából következően a kocsánytalan tölgyé a legnagyobb. A csertölgy területaránya a vágásos és a szálaló üzemmódban kezelt erdőrészekben jelentősebb. Akác főfafajú erdő csak vágásos üzemmódban van, míg bükkös csak a másik három üzemmódban. A mézgás éger főfafajú erdők fele vágásos, fele átalakító üzemmódú. A legmagasabb korú erdők a faanyagtermelést nem szolgálók, míg a vágásos üzemmódban kezelt erdőrészek átlagéletkora a legalacsonyabb; utóbbihoz hasonló az átalakító üzemmódú erdők átlagéletkora. A tájmetriai elemzésbe az erdőrészekben kívül egyéb tájoltokat és az ezeket körülvevő mátrix elemeit is bevontuk. A folyamatos erdőborítást célzó lékvágások hatására a számított terület- és kerületadatokból képzett valamennyi tájmetriai mutató (PD, ED, LDI, PARA, D<sub>1</sub>) értéke növekedett. A léknyitás következtében növekvő folt-sűrűség (PD), kerület-terület arány (PARA), szegély-sűrűség (ED) vagy tájfelszabdaltsági index (LDI) hatása az erdei ökoszisztéma egyes élőlénycsoportjai számára nagyon eltérő hatású, jelentőségű lehet. A lékek számának, területének, az erdőszegélyek hosszának növekedése különböző módon hat az újulat megjelenésére, többek között befolyásolhatja a terméshozadékot, a propagulumok terjedési esélyeit vagy – a megváltozott mikroklíma által – az újulat lékbeli növekedését, túlélését is. Szintén más hatással számolhatunk az újulatot veszélyeztető gyomnövények terjedési esélyeit vagy az újulatot fogyasztó nagyvad tekintetében.

A léknyitás következtében megváltozott tájmetriai mutatók hatásának elemzésekor a vizsgálati területünkön korábban zajlott kutatások nyújthatnak hasznos támpontot, elsősorban a lékméret újulatra és gyepszintre gyakorolt hatását illetően. MIHÓK (2007) a lékek fénymintázatát és növényzeti regenerációját vizsgálva az tapasztalta, hogy a lékek kialakítása a bükkösökben jelentős fajszám- és borításnövekedést okozott, a változás nem csupán a lékekre, hanem azok környezetére is jelentős hatással volt. A lékméret szintén meghatározónak bizonyult a gyepszint összborításának növekedésében, a fényviszonyok növekedése elsősorban a fényigényes, zavarástűrő fajok megjelenését segítette elő. GÁLHIDY (2008) a Királyréti Erdészeti területén mesterséges és természetes lékjeinek vizsgálata során azt tapasztalta, hogy egyes növényfajok (ún. „fény fajok”) a nagy lékek legnagyobb megvilágítású foltjain érték el legnagyobb borításukat, más fajok a lékek középső zónájában voltak dominánsak, szintén más fajok legnagyobb borítási értékeiket kis lékekben, vagy a zárt lombkorona alatt érték el. A lékek szerepe a vadállomány szempontjából is meghatározó, mivel nagyvadjaink táplálékának jelentős részét a cserjeszint fás szárú fajai biztosítják (MÁTRAI – KABAI, 1989; CASTLEBERRY et al., 2000; SZEMETHY et al., 2003; MÁTRAI et al., 2004; KATONA et al., 2009ab). KATONA et al. (2009a) a királyréti átalakító üzemmód első évi tapasztalatai alapján cseres-tölgyesben kialakított

lékekben és büккеgyes gyertyános–tölgyesben vizsgálták a lékek aljnövényzetének és újulatának szerepét a gímszarvas táplálkozásában. Vizsgálataik szerint a lékekben a felújuláshoz megfelelő mennyiségű tölgycsemete jelent meg, a lékekben előforduló csemetéken a rágások mértéke összességében alacsonyabbnak bizonyult, mint a kontrollterületen. KOVÁCS et. al. (2013) a Királyréti Erdészet által átalakító üzemmódban kezelt 52 erdőrészletben 124 mesterséges lék esetén vizsgálták a lékek méretét, elhelyezkedését, az újulat borítását és vadkárosítottságát, az anyaállomány korának, domináns fafajának és a léknyitás idejének figyelembe vételével. A lékekben 23 faj újulatát jegyezték fel, a rágottság különösen a sarjeredetű újulat és az elegyfajok esetében volt meghatározó.

Jelen részprojekt keretén belül a Királyréti Erdészet területén nem végeztünk cönológiai vagy egyéb, az újulatra vonatkozó kutatásokat; a tájmetriai mutatók, ezen belül elsősorban a lékek jellemzőinek hatását „A folyamatos erdőborítás fajösszetétel és fajdiverzitás-vizsgálata” részprojekt keretén belül, többek között a Soproni-hegyvidéken és a sárvári Farkas-erdőben vizsgáltuk. Soproni-hegység területén, átalakító üzemmódban kezelt gyertyános-kocsánytalan tölgyes erdőrészletben, mesterségesen kialakított 33 lék vizsgálata során a lékindex pozitív és a lékterület negatív korrelációját tapasztaltuk a csemeteszámmal, vagyis a lékek hosszának növekedése növelte, a lékterület növekedése pedig csökkentette az egy négyzetméterre eső újulat darabszámát (CSISZÁR et al., 2014). A vizsgálat erdőrészletben a kisebb méretű lékek is jelentős újulattal rendelkeztek, míg a növekvő lékméret az újulat számának csökkenéséhez vezetett, ezért az újulat megtelepedése és megmaradása szempontjából az 50–250m<sup>2</sup> nagyságú, elnyújtott alakú lékek bizonyultak a legoptimálisabbnak. A sárvári Farkas-erdő gyertyános-kocsánytalan tölgyes erdőrészleteiben kialakított húsz lék gyomnövényzet és újulat vizsgálatának eredményei alapján a domináns gyom-, illetve újulati fajok a léken belüli borításukat meghatározó tényezők tekintetében jelentősen elkülönültek. A lékterület növekedése a gyomfajok borításának kedvezett, a lék területének csökkenése az újulat, ezen belül főként a kocsánytalan tölgy borítását befolyásolta kedvezően. Az elnyújtottabb lékek a közönséges gyertyán esetén bizonyultak kedvezőbbnek, az amerikai alkörmös (*Phytolacca americana* L.) és a siska nádtippán (*Calamagrostis epigeios* (L.) ROTH) borítása inkább az alacsonyabb lékindexű, kerekdedebb lékek esetén volt meghatározó (CSISZÁR et al., 2013). Természetesen vizsgálataink által csupán a szukcessziós folyamatok és a lékregeneráció kezdeti folyamatáról szerezhetünk ismereteket, a természetes felújítás érdekében alkalmazott módszerek komplex értékeléséhez és további javaslatok megfogalmazásához hosszabb távú vizsgálatok és további kutatások szükségesek.

## Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 támogatta.

## Irodalom

- ASZALÓS R. – STANDOVÁR T. – RUFF J. – BARTON Z. (2001): Jégtörések és széldöntések a Börzsöny erdeiben. A termőhely, a faállomány és az erdészeti kezelés szerepe a dölések kialakulásában. In: MÁTYÁS CS. – FÜHRER E. – TÓTH J. (szerk.) Gondolatok az erdővédelemről az ezredfordulón. – ERTI, Budapest, pp. 103–116.
- ASZALÓS, R. – STANDOVÁR, T. – RUFF, J. – BARTON, ZS. (2003): Natural Disturbances (Ice and Wind) in the Forest of Börzsöny). – NatMan Working Report **27**: 1–15.
- ASZALÓS R. – STANDOVÁR T. – RUFF J. – BARTON ZS. (2004): A Börzsönyi jégtörések okairól az országosan egyre nagyobb területet érintő jégtörések fényében. In: MÁTYÁS CS. – VÍG P. (eds.) Erdő és Klíma IV. – Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, pp. 249–262.
- ASZALÓS R. (2003): Növényzeti mintázatok predikciója középhegységi tájban, statisztikai modellekkel. – PhD disszertáció, ELTE Biológia Doktori Iskola, Budapest, 160 pp.
- BARTHA D. – PUSKÁS L. (2012): A folyamatos erdőborítás kutatása hazánkban. – Erdészeti Lapok **147**(12): 375–376.
- BÍRÓ M. – HORVÁTH F. – BÖLÖNI J. – MOLNÁR ZS. (2010): Vegetációs adatbázisok és a Corine felszínborítási térkép szintézisének módszertani kérdései az Ipoly-vízgyűjtő növényzeti térképe kapcsán. – Tájökológiai Lapok **8**: 607–622.
- CASTLEBERRY, S.B. – FORD, W.M. – MILLER K.V. – SMITH, W.P. (2000): Influences of herbivory and canopy opening size on forest regeneration in a southern bottomland hardwood forest. – Forest Ecology and Management **131**: 57–64.
- CSISZÁR Á. – KORDA M. – ZAGYVAI G. – WINKLER D. – TIBORCZ V. – SÜLE P. – NAÁR D. – BARTHA D. (2014): Gyertyános-tölgyesben kialakított lékek újulatának vizsgálata a Soproni-hegység területén. – Erdészettudományi Közlemények (megjelenés alatt).
- CSISZÁR Á. – ZAXNÉ SIMON E. – ZAGYVAI G. – KORDA M. – WINKLER D. – BARTHA D. (2013): Gyertyános-tölgyesben kialakított lékek gymnővényzetének és újulatának vizsgálata a sárvári Farkas-erdőben. – Magyar gyomkutatás és technológia **14**(2): 25–42.
- CSORBA P. – SZABÓ SZ. – CSORBA K. (2006): Tájmetriai adatok tájökológiai célú felhasználása. Földrajzi tanulmányok Dr. Lóki József tiszteletére. – Debrecen, pp. 24–34.
- CSORBA P. (1989): Tájstabilitás és ökoгеográfiai stabilitás. – Földrajzi Értesítő **38**(3-4): 395–410.
- CSORBA P. (1997): Tájökológia. – Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 113 pp.
- CSORBA P. (2005a): Magyarország út- és vasúthálózatának ökológiai tájfragmentációs hatása. – ÖKO **13**(3-4): 102–112.
- CSORBA P. (2005b): Kistájaink tájökológiai felszabdaltsága a településhálózat és a közlekedési infrastruktúra hatására. – Földrajzi Értesítő **54**: 243–263.
- CSORBA P. (2006a): Hazai tájak ökológiai szempontú szerkezetének vizsgálata. – A III. Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei, MTA FKI, Budapest, 2006. szeptember 6-7. CD melléklet, ISBN 963 9545 120.
- CSORBA P. (2006b): Indikátorok az ökológiai tájszerkezet és tájműködés vizsgálatához. In: KISS A. – MEZŐSI G. – SÜMEGI P. (szerk.) Táj környezet és társadalom, Ünnepi

- tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzorasszony tiszteletére. – Szeged, pp. 117–122.
- CSORBA P. (2008a): A Tájhatárok kijelölése és változása. – *Földrajzi Közlemények* **132**(2): 220–226.
- CSORBA, P. (2008b): Potential applications of landscape ecological patch-gradient maps in nature conservational landscape planning. – *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment* **2**: 160–169.
- 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, 178 pp.
- FILEPNÉ K. K. – NAGY G. G. (2012): Tájfunkciók elemzése a Csornai kistérségben. In: SALLAY Á. (szerk.): *Tájmetria/Tájértékelés*. – Budapesti Corvinus Egyetem, Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék, Budapest, pp. 19–28.
- 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, 79 pp.
- JAEGER, J. A. G. (2000): Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. – *Landscape Ecology* **15**(2): 115–130.
- JORDÁN, F. – MAGURA, T. – TÓTHMÉRÉSZ, B. – VASAS, V. – KÖDÖBÖCZ, V. (2007): Carabids (Coleoptera: Carabidae) in a forest patchwork: a connectivity analysis of the Bereg Plain landscape graph. – *Landscape Ecology* **22**: 1527–1539.
- KATONA K. – SZEMETHY L. – ARSALAN E.K. – TERHES A. – RUFF J. (2009a): Mit ér egy lék a szarvasnak? A királyréti átalakító üzem mód első évi tapasztalatai. – *Erdészeti Lapok* **149**: 176–177.
- KATONA K. – SZEMETHY L. – HAJDÚ M. – CSÉPÁNYI P. (2009b): A folyamatos erdőborítás és a vadállomány harmonikus kapcsolata a Pilis-tető bükkösein. – *Erdészeti Lapok* **149**: 240–242.
- KENDERES K. – ASZALÓS R. – RUFF J. – BARTON Z. – STANDOVÁR T. (2007b): Effects of topography and tree stand characteristics on susceptibility of forests to natural disturbances (ice and wind) in the Börzsöny Mountains (Hungary). – *Community Ecology* **8**: 209–220.
- KENDERES K. – TÍMÁR G. – ÓDOR P. – BARTHA D. – STANDOVÁR T. – BÖDONCZI L. – BÖLÖNI J. – SZMORAD F. – ASZALÓS R. (2007a): A természetvédelem hatása középhegységi erdeinkre. – *Természetvédelmi Közlemények* **13**: 69–80.
- KENDERES K. (2008): Kelet-közép európai bükkösök természetes dinamikája. – Doktori értekezés. ELTE TTK, Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, Budapest, 150 pp.
- KOLLÁNYI L. – JOMBACH S. – FILEPNÉ K. K. – NAGY G. G. (2012): Tájindikátorok alkalmazása a tájképvédelmi területek lehatárolására és a tájkarakter meghatározására. In: SZENTELEKI K. – SZILÁGYI K. (szerk.): *Fenntartható fejlődés. Élhető régió. Élhető táj*. – Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, pp. 175–188.
- KOLLÁNYI L. (2006): Tájindikátorok és alkalmazási lehetőségeik a tájértékelésben in 4D Tájépítészeti és – Kertművészeti Folyóirat: 39–44.
- KOVÁCS B. – KELEMEN K. – RUFF J. – STANDOVÁR T. (2013): Üzemi léptékben alkalmazott átalakító üzem mód lékes felújításának tapasztalatai a Királyréti Erdészet területén. – *Erdészettudományi Közlemények* **3**(1): 55–70.
- LÓCZY D. (2002): Tájértékelés, földértékelés. – *Studia Geographica Series. Dialóg Campus*, Budapest–Pécs, 307 pp.
- MAROSI S. (1980): Táj kutatási irányzatok, tájértékelés, tájtipológiai eredmények különböző nagyságú és adottságú hazai típusú területeken. – Akadémiai Doktori Értekezés, Budapest, 162 pp.

- MÁTRAI, K. – KABAI, P. (1989): Winter plant selection by red and roe deer in a forest habitat in Hungary. – *Acta Theriologica* **34**: 227–234.
- MÁTRAI, K. – SZEMETHY, L. – TÓTH, P. – KATONA, K. – SZÉKELY, J. (2004): Resource use by red deer in lowland nonnative forests, Hungary. – *Journal of Wildlife Management* **68**: 879–888.
- MEZŐSI G. – BARTA K. – BÓDIS K. – GÉCZI R. – M. TÓTHNÉ FARSANG A. (2008): A táji mintázatok kvantitatív elemzése = quantitative analysis of land mosaics. – OTKA kutatási zárójelentés, pp. 1–12.
- MEZŐSI G. – KEVEI-BÁRÁNY I. – BALOGH I. – MUCSI L. – FARSANG A. (1993): A geoökológia és a geoökológiai térképezés néhány elvi és gyakorlati kérdése. – *Földrajzi Közlemények* **117**(3): 163–176.
- MEZŐSI G. – RAKONCZAI J. (szerk.) (1997): *Geoökológiai térképezés elmélete és gyakorlata*. – JATE, Szeged, 193 pp.
- MGSZH (2007): *A Diósjenő-Királyréti körzet erdőterve 2007–2016*. – Váci Erdőtervezői Iroda, Vác.
- MIHÓK B. (2007): *Lécek fénymintázata és növényzeti regenerációja bükkös állományokban*. – Doktori értekezés. ELTE TTK, Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, Budapest, 144 pp.
- PHILLIPS, D. L. – SHURE, D. J. (1990): Patch-Size Effects on Early Succession in Southern Appalachian Forests. – *Ecology* **71**: 204–212.
- POMMERENING, A. – MURPHY, S. T. (2004): A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. – *Forestry* **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* **166**(6): 656–662.
- SZABÓ SZ. (2009): *Tájmetriai mérőszámok alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata a tájanalízisben*. – Habilitációs értekezés, Debrecen, 107 pp.
- SZABÓ SZ. (2011): Szomszédsági mérőszámok a tájmetriában – Az indexek módszertani vizsgálata. – *Tájökológiai Lapok* **9**(2): 285–300.
- SZEMETHY, L. – MÁTRAI, K. – KATONA, K. – OROSZ, SZ. (2003): Seasonal home range shift of red deer hinds *Cervus elaphus*: are there feeding reasons? – *Folia Zoologica* **52**(3): 249–258.
- VASAS V. – MAGURA T. – TÓTHMÉRÉSZ B. – JORDÁN F. – KÖDÖBÖCZ V. (2007): A Beregsík erdőfragmentumainak élőhelyszerkezeti elemzése a futóbogár fauna alapján. – *Természetvédelmi Közlemények* **13**: 109–118.

### **3.1. részprojekt: A folyamatos erdőborítás modellezési vonatkozásai**

**Részprojekt felelős szervezeti egységek: EMK Erdővagyon-gazdálkodási és Vidékfejlesztési Intézet; Környezet- és Földtudományi Intézet; Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet**

#### **A FOLYAMATOS ERDŐBORÍTÁS MODELLEZÉSI VONATKOZÁSAI**

GÁL JÁNOS<sup>(1)</sup> – KOVÁCS GÁBOR<sup>(2)</sup> – FRANK NORBERT<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Erdővagyon-gazdálkodási és Vidékfejlesztési Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

<sup>(2)</sup> Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Környezet- és Földtudományi Intézet  
9400 Sopron, Cházár A. tér 1.

<sup>(3)</sup> Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

#### **Irodalmi áttekintés, irodalomjegyzék összeállítása**

Az irodalmi áttekintés során mind a faállományok modellezésével, mind pedig az átalakító és szálaló üzemmódú erdők modellezésével kapcsolatos főként nemzetközi irodalmat tanulmányoztuk át. Az irodalmi tanulmányok eredménye egyrészt egy 26 oldalas irodalomjegyzék, amelyet főként angol és német nyelvű irodalmi hivatkozásokat tartalmaz. Az irodalomjegyzékbe olyan tételeket is felvettünk, amelyek ugyan közvetlenül nem kapcsolódnak a modellezéshez, de elengedhetetlenek annak elméleti megalapozásához, valamint a szálaló és az átalakító üzemmód kvantitatív értékeléséhez. A faáll-

mányok fejlődésének modellezésén kívül a gyűjtemény tartalmaz az átalakítás folyamatának modellezésével kapcsolatos munkákat is. Az irodalmi áttekintés hasznos forrás mindazok számára, akik a faállományok fejlődésének modellezésével kívánnak foglalkozni valamint felhasználható az oktatásban és az alap kutatásban.

## Modell leltár

Az irodalmi elemző munkával párhuzamosan folyt egy modell leltár összeállítása. A leltár elején ismertetésre kerülnek a modellek főbb típusai valamint azon ismérvek magyarázata, amelyek szerint megadásra kerülnek a modellek jellemzői. A leltár közel 100 különböző faállományfejlődési modell rövid, címszószerű ismertetését valamint alkalmazási területeiket, lehetőségeiket tartalmazza.

Az irodalmi elemzés alapján a faállományok modelljeit három fő csoportban sorolhatjuk:

- állomány modellek
- eloszlás modellek
- egyesfa modellek

Az állomány modellek a faállományok átlagértékeinek változását modellezik. Minél távolabb kerülünk az átalakítás során az egykorú állományszerkezettől annál kevésbé alkalmasak, ezek a modellek a folyamatok leírására.

Az eloszlás modellek valamely állományalkotó jellemző mérete, mint például a mellmagassági átmérő szerinti darabszám-megoszlását vizsgálják, illetve modellezik. Ennek azért nagy a jelentősége, mert mint az egykorú állományoknak, mint pedig a szálaló állományoknak jellemző megoszlástípusai vannak, valamint a szálaló üzemmódban a darabszám-megoszlás az állományszabályozás alapja is lehet.

Mint ahogy nevük is mutatja az egyesfa modellek a faegyedek növekedését modellezik vegetációs időszakonként és faegyedenként számos tényező függvényében. Az évenkénti egyesfa adatokból aztán eloszlásokat és állomány átlag adatokat számíthatunk. A modellek átvizsgálása során arra a következtetésre jutottunk, hogy ez a modell típus a leginkább alkalmas a folyamatos erdőborítás modellezésére.



## Eloszlás modell input adatainak vizsgálata a hidegvízvölgyi kísérlet alapján

A vizsgálat során a Sopron 152/A, 153/B, 153/C és 182/B erdőrészek kerültek felvételezésre a Veperdi Gábor által kidolgozott mintakörös élőfakészlet-meghatározás módszerével. Mindhárom erdőrészletben összesen 28 db mintakört (hektáronként 1–1 darab) jelöltünk ki, középpontjaikat számozott karóval állandósítottuk, GPS koordinátáikat bemértük és térképe vittük. Mivel az erdőrészek faállományának korintervalluma széles spektrumot ölel fel a felvételi pontokat úgy tűztük ki, hogy az állományfoltok minőségi és szerkezeti különbségei a mintakörökben reprezentálva legyenek. Állandó sugarú mintaköreink területe  $500 \text{ m}^2$ , melyeknek vízszintes sugara 12,62 m. A mintaterületek határaihoz közel álló fák esetében lézeres távolságmérő készülékkel, kérdéses esetben a központi karóhoz rögzített, 12,62 m hosszúságú zsineggel döntöttük el, hogy a faegyed törzsének középpontja benne van-e a mintakörben; a lejtők függvényében korrigáltuk a zsineggel kimért ferdetávolságot.

A szerkezetátalakítás alatt álló kísérleti területeken hektáronként egy  $500 \text{ m}^2$ -es mintakört jelöltünk ki, szabálytalan eloszlásban. A mintaterületeken belül minden faegyedet megvizsgáltunk.

7 cm-es mellmagassági átmérő felett:

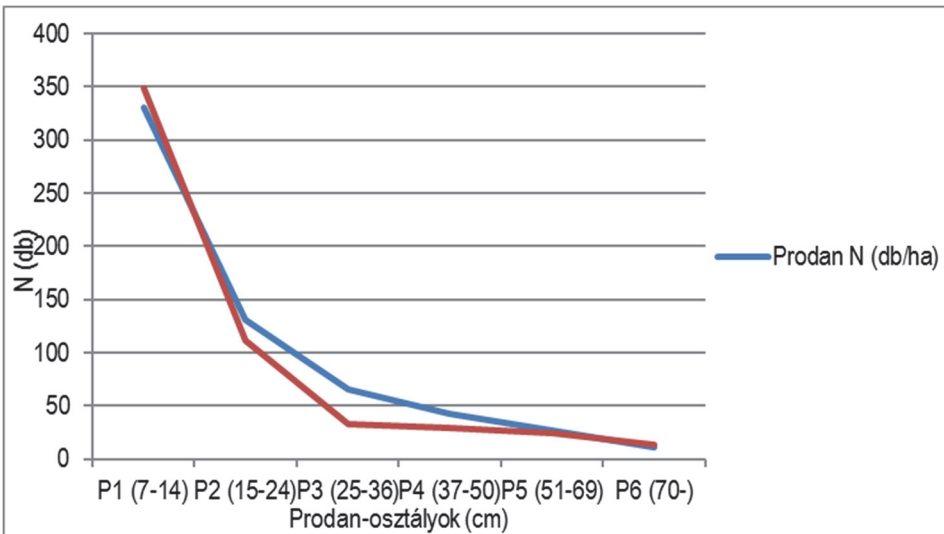
- fafaj
- mellmagassági átmérő (mm pontossággal)
- magasság (0,1m pontossággal)
- ágtszta törzsmagasság (0,1m pontossággal)
- koronamagasság (észak-dél, kelet-nyugat kiterjedéssel)

7 cm-es mellmagassági átmérő alatt:

- fafaj
- magasság (0,1 m pontossággal)
- 1,5 m-es magasság felett átmérő illetve tőátmérő, attól függően, hogy a korona 1,3 m felett vagy az alatt kezdődik
- 1,5 m-es magasság alatt az egyedeket az újulati szintbe soroltuk, újulatszámítás a mintakör közepéhez rögzített  $10 \text{ m}^2$ -es körben végeztünk.

Mivel a folyamatos erdőborítás szolgálatában végzett átalakítási tevékenység sok évtizedes munkát igényel, egy egyszeri állapotfelvétel nem elegendő a folyamat jellemzéséhez. Összegyűjtöttük azokat a korábban dokumentált állományjellemzőket, amelyek összehasonlítható adatsort adnak. Ezen felül Field-Map rendszer használatával lehetővé tettük a 2003-ban már felvett és sorszámozott faegyedek térképi megjelenítését, koronavetülettel együtt, valamint ezeket a faegyedeket a terület egészén felvételeztük.

Az eredmények tárgyalását a Sopron 182/B erdőrészlettel kezdjük. 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 száraló modelljét vettük, amely a különböző átmérőosztályok hektáronkénti törzsszámát értékeli. Az átmérő-adatok alapján a terület faállománya jól közelíti az elméleti száraló modellt, egyedül a középső átmérőtartományokban tapasztalható csekély készlethiány (1. ábra). A terület a fentiek alapján – természetesen csak nagyobb területléptékben (>1 ha) – alkalmas a száraló üzemmódú kezelés állomány szerkezeti vizsgálatára.



1. ábra: Törzsszám-eloszlás, valamint a Prodan-féle átmérő-eloszlástól való eltérés a vizsgálati területen

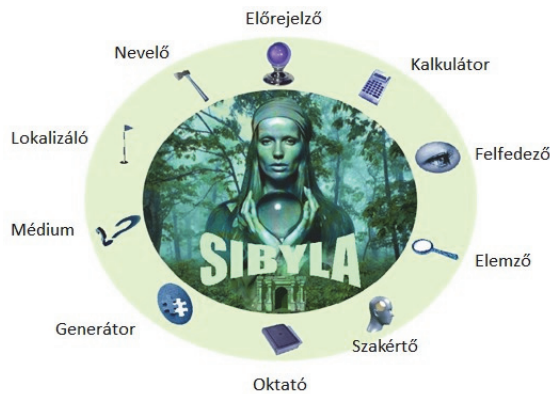
Az 1. ábrából látható, hogy a felvételi módszer segítségével jól jellemezhető a darabszám megoszlása az egyes átmérő kategóriákban, és hogy ez a megoszlás közel van a Prodan-féle darabszám-megoszláshoz.

A módszer alkalmas arra, hogy a folyamatos erdőborítással kezelt állományok szerkezetének változását kövessük, illetve a módszerrel nyert adatok eloszlás-modellek inputjai legyenek.

További eredménye az összehasonlításnak, hogy rögzítésre kerültek a Sopron 182/B erdőrészlet 2003-as állományfelvételi vizsgálatai. Tíz vegetációs időszakkal ezelőtt minden 20 cm-t meghaladó mellmagassági átmérővel rendelkező faegyed felvételezésre került. Mellmagassági átmérőt (cm-ben) minden egyednél, magasságot (0,1 m pontossággal) az állomány több mint felénél mérték. Mivel a fákat sorszámozták (1-től 2571-ig), a 2013–2014-ben végzett vizsgálatok eredményei egyedenként és állomány szinten is összehasonlíthatóak. Az ilyen összehasonlításokkal ellenőrizhetők az egyesfa modellek növedék adatai.

## Egyesfa modellek vizsgálata, az alkalmazandó modelltípus kiválasztása

A kutatásnak célkitűzése volt olyan modellek megalkotása, amelyek alkalmasak a faállományok változásainak modellezésére, valamint a modell paramétereinek meghatározására, és a modell tesztelése. Az eddig megalkotott egyesfákra vonatkozó modellek vizsgálata során kiderült, hogy ezek egyrészt nagyon összetettek, megalkotásuk nagyon időigényes, másrészt a már kész modellek paraméterek és bizonyos algoritmus-részek módosításával használhatók hazai viszonyaink között is.



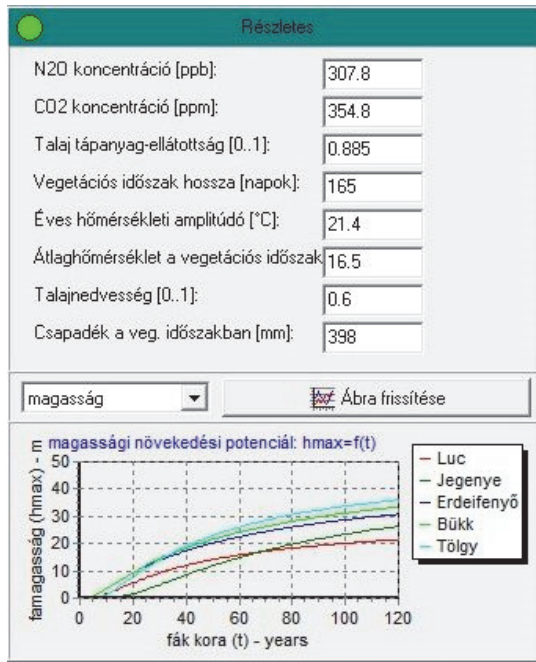
2. ábra: a Sibyla program főmenüje

A modell-leltárban szereplő egyesfa modellek közül a Sibyla modellt választottuk további tanulmányozásra és adaptálásra. A modell fejlesztését

Marek Fabrika professzor koordinálja a Zólyomi Műszaki Egyetem Erdészeti Karán. A fejlesztésben több intézmény és egyetem is részt vesz, adaptálása megtörtént a németországi, csehországi és romániai klimatikus és termőhelyi viszonyokra. A program főmenüje és egyben moduljainak listája a 2. ábrán látható.

Az adaptálás első lépéseként elkészült a menürendszer, a beviteli űrlapok, az eredménylapok, és a segítség magyar fordítása. Folyamatban van a modellhez kapcsolódó tudásbázis, az algoritmusok leírásának valamint a kapcsolódó irodalomnak a fordítása is. A program a kutatási feladatok ellátása mellett jól használható az oktatásban is.

### A magyarországi klíma és termőhelyi viszonyok adaptálása a Sibyla modellbe



3. ábra: A Sibyla lokalizáló moduljának párbeszédablaka

A 3. ábrán látható a klimatikus és termőhelyi paraméterek bevitelének párbeszédablaka. Ezek azok a paraméterek, amelyek alapján az egyes fák növekedését szimulálja a növekedési algoritmus, amelyet a Sibyla modellbe a Pretsch professzor által megalkotott Silva modellből építettek be.

Az egyesfák növekedését az egyedek közötti versengés mellett két légköri, 4 klimatikus és két talajparaméter befolyásolja.

A légköri paramétereket (N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> koncentráció) állandónak tekinthetjük, de lehetőség van ezek változásának szimulálására is.

A klimatikus paraméterek erdőgazdasági tájanként kerültek meghatározásra erdőgazdasági tájakra átlagolt 100×100 méteres felbontású raszterekből az 1981–2010 évi OMSZ (Kárpátklíma adatbázis) klímaadatbázis alapján. A klímaadatok számítását Czimber Kornél végezte, és az eredményeket átadta a magyarországi erdőgazdasági tájak térképeivel együtt.

**1. táblázat:** Klíma adatok erdőgazdasági tájanként, kivonat

Kód	Erdőgazdasági táj	Veg. időszak hossza	Évi hőm. ampl.	Átl. hőm. veg.	Csap. veg. id.
171	Zempléni-hegység	177	21,96	14,84	414,3
172	Szerencsi-dombság	201	22,92	16,65	352,4
181	Borsodi-dombság	182	22,30	15,23	392,4
182	Cserhát	195	22,68	16,24	380,9
191	Aggteleki-karszt	178	22,14	14,84	417,8
192	Rudabánya-Szalonnai-hegység	187	22,46	15,61	394,5
200	Heves-Borsodi-dombság	183	22,01	15,35	386,3
211	Központi-Bükk	171	20,95	14,34	415,0
212	Bükkalji-dombságok	192	22,55	15,98	356,1
220	Mátra	189	21,70	15,77	368,4
230	Gödöllői-dombság	199	21,82	16,30	331,2
241	Nyugati-Cserhát-vidék	194	21,79	16,05	345,1
242	Középső-Cserhát-vidék	195	21,96	16,08	350,0
243	Karancs-Medves-vidék	174	21,32	14,57	389,2
244	Ipoly-medence	197	22,10	16,26	346,8
250	Börzsöny	182	21,03	15,05	374,6
260	Visegrádi-hegység	188	21,63	15,73	347,2
270	Pilis-Budai-hegység	195	21,46	16,02	328,3
280	Gerecse	188	21,10	15,62	355,8
290	Vértes	196	21,07	16,08	353,8
301	Velencei-hegység	205	21,86	16,78	317,1
302	Velence-vidéki dombvidékek és medencék	203	21,87	16,72	325,3
311	Devecseri-Bakonyalja	205	21,20	16,77	405,9
312	Pápai-Bakonyalja	204	21,47	16,61	402,8
313	Súri-Bakonyalja	204	21,62	16,53	373,4
314	Pannonhalmi-dombság	196	21,38	16,04	373,0
315	Vértesalji-dombság	204	21,72	16,74	351,3
320	Magas-Bakony	193	20,61	15,71	412,9
330	Keleti-Bakony	194	21,30	15,98	361,7
340	Déli-Bakony	198	20,82	16,11	407,8
350	Balaton-felvidék	195	21,04	15,86	370,9
361	Keszthelyi-dolomitvonulat	189	20,73	15,62	402,1
362	Tátika-csoport	185	20,65	15,20	429,8

A program adaptálásában szoros együttműködést alakítottunk ki Fabrika professzorral, ő a számára megküldött térképeket és klíma adatokat

beépítette a programrendszerbe, így már lehet magyarországi erdőgazdasági tájakat választani a klimatikus adatok megadásánál. Természetesen a program van lehetőség egyedi, csak az adott állományra jellemző klímaadatok megadására is. A 1. táblázatban ezek a klímaadatok láthatók néhány erdőgazdasági tájra.

A modell használatához a 3. ábra beviteli panelje szerint még szükség van a talaj tápanyag- illetve nedvesség-tartalmára. Ezeket a paramétereket a szlovákiai modellben az erdőtípus függvényében adják meg, 0 és 1 közé eső érték formájában.

A paramétereket Magyarországon a termőhely típus-változat alapján határozzuk meg melynek egyes elemei a klíma, a hidrológiai viszonyok és a talajadottságok.

Kidolgoztuk a tápanyag ellátottság és talajnedvesség paraméterek közötti kapcsolatot. Ennek eredményeként erdészeti vonatkozásban két fontos fafajunkra, a bükkre és a kocsánytalan tölgyre dolgoztuk ki az egyes modellparaméterek 10 kategóriás értékeit, melyek átszámíthatók a 0–1 intervallumba.

A termőhelyi tényezők skálázása a termőhelyi tényezők összhatásaként jelentkező fafajonkénti fatermőképességből indul ki. Valamennyi erdőrészletben rendelkezünk a víz- és tápanyag ellátottság becslését közvetetten szolgáló termőhelyi paraméterekkel, mint a klíma, hidrológia, genetikai talajtípus, termőréteg vastagság és fizikai talajféleség.

### *Talajnedvesség és tápanyag-ellátottság skálázás*

A talajnedvesség és a termőhelyi tényezők összhatása a fatermőképességen keresztül úgy vezethető le, hogy a növények számára meghatározó diszponibilis víz egy adott erdőrészletben leginkább a talajok termőréteg vastagságától és a fizikai talajféleségétől függ. Ez a talajnedvesség egy elméleti potenciális maximumot ad a termőréteg és a fizikai talajféleség alapján és a továbbiakban, hogy egy adott időszakban ebből a potenciálisan rendelkezésre álló vízmennyiségből a növényzet mennyit tud hasznosítani, az a klíma és a hidrológiai viszonyok függvénye. Így a talajok vízellátottságának vonatkozásában csak a potenciális vízellátottságot tudjuk skálázni, nevezetesen azt, hogy egy adott termőhelyen mennyi lehet a maximálisan a talajban tárolható diszponibilis víz összes mennyisége. Azonban ha a fatermőképességgel végezzük el a skálázást, abban az esetben már a fatermőképesség az alábbi összefüggés alapján írható le:

fatermőképesség ( $\text{m}^3/\text{ha}/\text{év}$ )  $\rightarrow$   $f(\text{domborzati viszonyok, klíma, hidrológia, termőréteg vastagság, fizikai talajféleség})$

A fizikai talajféleség függvénye a szemcseméretnek, a pórusrendszernek, így a térfogattömeg és a humusztartalom alapján a diszponibilis víz egységnyi mélységre számolható. Ez vályog esetén agyagbemosódásos barna erdőtalaj 10 cm-es talajrétegeire átlagosan 22 mm. Az egységnyi vízmenyiség a termőréteg vastagsággal kombinálva az abszolút mennyiséget adja meg termőhelyenként, ezért a két tényező, mint potenciális bemeneti paraméter figyelembe veendő.

A tápanyag-ellátottság skálázása ugyancsak a fatermő-képességi adatok alapján történt, hiszen a tápanyag-ellátottság a vízellátottságtól nem választható el, mivel a tápanyagok a víz közvetítésével jutnak el a gyökerekhez. Természetesen a vízellátottság mellett a tápanyag-tőke, a tápanyag-potenciál valamint a talajok kémhatása a meghatározó ebben a vonatkozásban.

Mivel a fatermőképesség alakulásában a vízellátottság mellett a tápanyag-ellátottság is megjelenik, ezért a két talajparaméternek a skálázását úgy vetjük, hogy az adott kódszámok mind a talajok vízellátottságára, mind pedig a tápanyag ellátottságára érvényesek.

**2. táblázat:** Talajok víz- és tápanyag ellátottságának kategóriái a termőképesség alapján

<b>KTT fajaj, GY-T klíma, TVFLEN hidrológia – ABE genetikai talajtípus</b>											
		<b>Termőréteg vastagsága</b>					<b>Termőréteg vastagsága</b>				
		<b>ISE</b>	<b>SE</b>	<b>KME</b>	<b>MÉ</b>	<b>IME</b>	<b>ISE</b>	<b>SE</b>	<b>KME</b>	<b>MÉ</b>	<b>IME</b>
		<i>fatermőképesség m<sup>3</sup>/ha/év</i>					<i>Sibyla-kód (10-es skála)</i>				
Fizikai talajféleség	TÖ	.	.	.	.	.	-	-	-	-	-
	DH	.	.	.	.	.	-	-	-	-	-
	H	.	6,2	10,3	9,2	7,5	-	4	7	6	5
	HV	.	7,1	9,6	9,9	.	-	4	6	7	-
	V	.	8,4	9,7	10,6	11,0	-	5	6	7	8
	AV	.	.	9,3	9,8	10,4	-	-	6	7	7
	A	.	7,6	8,5	9,0	9,2	-	5	5	6	6
	AH	.	.	.	8,4	.	-	-	-	5	-
	HA	.	.	.	.	.	-	-	-	-	-

Az 2. táblázat adatai alapján látható, hogy egy 10 fokozatú skálán a kocsánytalan tölgy a gyertyános-tölgyes klímában, többletvízhatástól független hidrológia mellett, mély termőréteg és vályog fizikai féleségnél „8” kóddal szerep, ami jelzi, hogy ilyen termőhelytípus változaton a termőhelyek átlagában a potenciális fatermőképesség kihasználása az elméleti maximumhoz képest 80 %-os.

A 2. táblázathoz hasonló táblázatok készültek fafajonként (KIT, B), klímánként és hidrológiánként a főbb genetikai talajtípusokra, és ezek is beépítésre kerültek a Sibyla programba.

A klíma és talaj paraméterek adaptálása után ellenőrző programfutásokat végeztünk tölgy és bükk fafajokra. A modell részletes információkkal szolgál vegetációs periódusonként a modellezett faállományokról, mintaterületekről, hiszen minden egyes faegyed jellemzői kiszámításra kerülnek minden vegetációs periódusban, ebből a különféle eloszlások és állomány átlagok könnyen számíthatók.

A Sibyla modell által a klímaadatok alapján generált magassági növekedésmentek ellenőrzésére erdőgazdasági tájanként elvégeztük a magassági növekedésmentek vizsgálatát. A vizsgálatához az országos erdőállomány adattár 2013. január 1.-i adatait használtuk fel.

Azokat a fafaj-erdőgazdasági táj kombinációkat vettük figyelembe, amelyeknél az 50%-ot meghaladó elegyarányú fafajsortok száma nagyobb volt, mint 500. A kor-magasság értékpárookra a módosított Chapman-Richards növekedési függvényt illesztettük. A függvény egyik paramétere megadja a magassági növekedés aszimptotikus értékét, a másik két paraméter a görbe alakját befolyásolja. Az aszimptotikus értékeket vizsgálva lehet következtetni az egyes erdőgazdasági tájakban az adott fafaj teljesítőképességére. A magassági növekedésmenteket összehasonlítva megállapítható, hogy a klimatikus paraméterek által generált magassági növekedésmentek jó illeszkednek a tapasztalati-statisztikai alapon levezetettekhez. További kutatások szükségesek a tényleges, ismételt felvételeken vagy törzselemzésekben alapuló magassági növekedésmentekkel való összehasonlításra.

### **A Sibyla modell használata a lékek, felújító vágások modellezéséhez**

A modell rendelkezik felújulást szimuláló modullal is, melyet alapvetően szlovákiai viszonyokra parametrizáltak. A felújítási modellel végzett teszt-futások azt mutatták, hogy további kutató munkára van szükség a Magyarországon is jó eredményt adó felújítási modell megalkotásához. A felújítás modellezésének pontosításához jól használhatók a kutatási projekt más alprojektjeiben gyűjtött adatok.



## Szakértői értékelés a termőhelyi tényezők folyamatos erdőborításban betöltött szerepének gyakorlati szempontú megítéléséről

A rendelkezésre álló erdőállomány adatok, valamint a már folyamatban levő átalakító üzemmódban kezelt faállományok alapján meghatározható az átalakítás sikere valamint a termőhelyi tényezők közötti összefüggés. A sikeresség alapján a rendelkezésre álló adatokat részhalmozokra bonjuk, megadjuk azokat a termőhelyi feltételeket, amelyek mellett az átalakítás sikeres lehet. Ehhez a már hazánkban, a gyakorlatban is működő, folyamatos erdőborításhoz kapcsolódó gyakorlati szakemberek kérdőíves megkeresését és értékelését is elvégeztük.

Összességül megállapítható, hogy:

- a folyamatos erdőborítás az összterület 1-30%-át teszi ki gazdálkodónként,
- a területek kiválasztásánál a termőhelyi tényezők alárendelt szerepet játszottak,
- leginkább a gyenge- ill. közepes fatermőképességű termőhelyeket kellene kijelölni ilyen célra,
- leginkább a talajvédelmi rendeltetésű erdőket kellene folyamatos erdőborításúvá alakítani,
- az újabb területek kiválasztásánál a termőhelyi tényezők valamennyiét figyelembe vennék,
- az újabb területek kijelölésekor fő szempont az állományok fafajösszetétele lenne,
- a folyamatos erdőborítás az erdőssztyepp klímában nehezen valósítható meg,
- a jó fatermőképességű termőhelyeken a legkevésbé gazdaságos a folyamatos erdőborítás bevezetése.

## 3.2. részprojekt: Közjóléti, társadalmi és fenntarthatósági vonatkozások vizsgálata

Részprojekt felelős szervezeti egység: EMK Erdővagyon-gazdálkodási és Vidékfejlesztési Intézet

### KÖZJÓLÉTI, TÁRSADALMI ÉS FENNTARTHATÓSÁGI VONATKOZÁSOK VIZSGÁLATA

VEPERDI GÁBOR – LETT BÉLA – JÁGER LÁSZLÓ

Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Erdővagyon-gazdálkodási és Vidékfejlesztési Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

#### A részprogram célkitűzései a kutatási tervben

A folyamatos erdőborítást biztosító szálaló és átalakító üzemmódú erdő-tömbök vastagsági méretcsoportokra is kitérő **faállomány-szerkezeti leírása**, gyorsabb és pontosabb növedékbecslési módszerek vizsgálata, bevezetése. A választott módszer: a szálaló és átalakító üzemmódú erdő-tömbök faállomány-szerkezeti vizsgálata. A FEB esetén az erdők közgazdasági hasznait három szempont, a jövedelmezőség és vagyonérték, a foglalkoztatási potenciál és a közjóléti szolgáltatások alapján értékeljük.

A FEB-t nyújtó erdőművelési módszerek **jövedelmezőségre és vagyonértékre** gyakorolt hatását, valamint a foglalkoztatási potenciált modellezéssel tervezzük feltárni. A modell felépítése az erdőművelési eljárások és az erdészeti munkák technológiai folyamatainak rendszerezésével történik. A modell számszerűsítését több mintaterületen végzett retrospektív adatgyűjtés segítségével végezzük el. A modellnek kontrollként el kell készülnie a nem FEB esetére is.

A kutatás eredményei kiegészítik azokat a nemzetközi eredményeket, amelyek elsősorban fenyő főfafajú erdőkre és főleg azok jövedelemtermelő képességére vonatkozóan értek el. Az általunk kitűzött vizsgálatok elsősorban elegyes lombos állományokra készülnek és a magyarországi erdőállomány és gazdasági viszonyokat veszik alapul.

Az erdők **közjóléti hasznainak** azok percepciója által keletkezik értéke, ezért a kutatás során fel kívánjuk tárni, hogy mely tényezők határozzák meg a lakosság közérzetét a leginkább, és milyen erdőképeket társítanak az erdőkhez kapcsolódó minőséget jellemző fogalmakhoz, mint például természetesség, őshonosság, változatosság stb. Ezeket a kérdéseket mélyinterjúkkal, fókuszcsoportokkal, és összehasonlító erdőkép felmérésekkel tervezzük megvizsgálni.

### Faállományszerkezeti vizsgálatok

Közismert, hogy a szálaló üzemmódú erdőkben a folyónövedéknek megfelelő fatérfogatot lehet kitermelni. Ezekben az erdőtömbökben tehát – ellentétben a vágásos üzemmódú erdőkkel - fontosabb a növedék, mint a fakészlet ismerete.

A megfelelő becslési mód kiválasztásánál ugyancsak szem előtt kell tartanunk, hogy a szálaló üzemmóddal kapcsolatos tervezési munkákhoz elengedhetetlen a faállomány vastagsági méretcsoportok szerinti megoszlásának ismerete. Ez eleve kizár több olyan hatékony erdőbecslési módot, mint pl. az egyszerű körlapozás (átlagfa és alakszám alkalmazásával), illetve a fatermési táblás becslés. Biztosítani kell a becslési folyamat ellenőrizhetőségét is, hogy a gazdálkodó és a hatóság kölcsönösen meggyőződhesen egymás becslési munkájának pontosságáról. Tekintettel arra, hogy e becslési eljárás elsősorban a növedék megállapítására szolgál, azt 5–10 évenként meg kell ismételni. A feladat tehát adott: gazdaságos visszatérő és ellenőrizhető becslési módszer kidolgozása és alkalmazása, a faállomány vastagsági méretcsoportok szerinti megoszlásának ismeretével.

A kiértékelés módszerét a Pilisi Parkerdőgazdaság Budakeszi Erdészeti területén szálaló és átalakító üzemmódra kijelölt erdőtömbjeinek (összesen: 1 060 ha) példáján szemléltetjük. A Budakeszi Erdészeti területén a Szénás hegycsoport térségében alakítottak ki szálalóerdő üzemosztályt, amelynek területe 2006-ban 1 022,7 ha volt. Az évente kitermelhető fakészlet a körzeti erdőterv alapján az évi folyónövedék 96%-a, vagyis 4 642 m<sup>3</sup>.

A vastagsági méretcsoportok vonatkozásában megemlítjük, a szálaló erdő ellenőrizhetősége és tervezhetősége érdekében fontos ennek ismerete, mivel a szálaló erdőben minden korcsoport jelen van egy időben, eltérő vastagsági méretekkel. Ezt már régen felismerték, és ki is alakult több rendszer, például a couvet-i vagy hasliwald-i (mindkettő svájci modell), de a jelen értékelés során – a Pilisi Parkerdő ZRt. gyakorlatához igazodva egy harmadikat vettünk alapul, a németországi thüringiai-t, mert ez hasonlítható a legjobban a hazai állományok modelljéhez (szintén lombos állományokról lévén szó).

Ez alapján négy vastagsági méretcsoportot különítenek el: I. utánpótlás, II. vékony, III. közepes, IV. méretes. Az átmérő, a darabszám és a fatérfogat vastagsági csoportonkénti eloszlását az alábbi táblázat mutatja be (a legvékonyabb I. csoporttal nem foglalkozunk, mivel azt legfeljebb területegységben lehetne mérni).

**1. táblázat:** A thüringiai szájalóerdő modell (CSÉPÁNYI, 2007)

Vastagsági csoport	$d_{1,3}$ (cm)	N (%)	V (%)
II. Vékony	7,0 – 24,9	60 – 70	10 – 15
III. Közepes	25,0 – 49,9	20 – 30	40 – 45
IV. Méretes	50,0 –	10 – 20	45 – 50

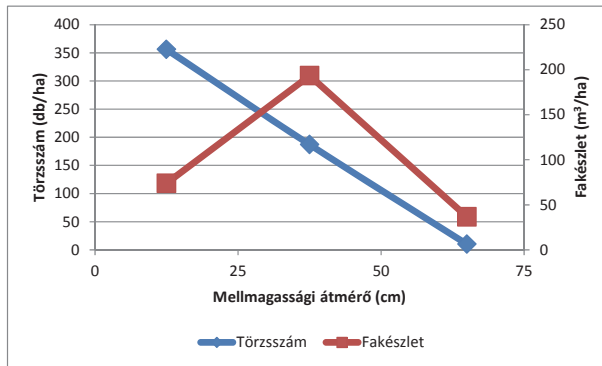
A fentiek értelmében olyan összesítő táblázatokat szerkesztettünk, amelyek fafajonként és a fenti fő méretcsoportok megbontásával összesítik (2. és 3. táblázat):

- a hektáronkénti törzsszámot (db/ha; illetve %);
- a hektáronkénti élőfakészletet ( $m^3$ /ha; illetve %);
- az átlagos mellmagassági átmérőt körlapösszegekből számítva (cm); az átlagos magasságot körlappal súlyozva (m). Mivel magasságmérés nem történt, ez a magassági adat csupán tájékoztató jellegű származtatott érték, a fatérfogatóból, illetve a körlapból faegyedenként alakmagassági függvénnyel számítva.

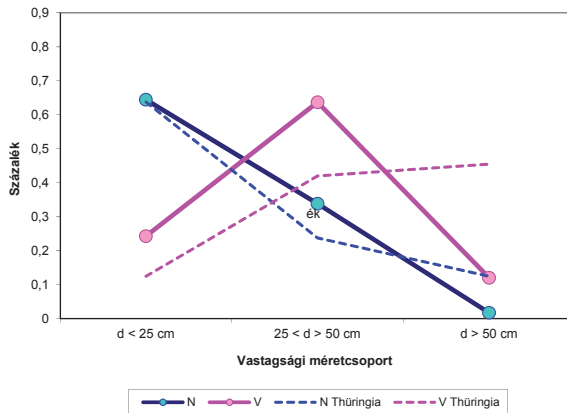


A fenti összesítő táblázat bármely területi egység (erdőtömb, erdőrészlet, száraló tömb, stb.) vonatkozásában alkalmazható. Ugyanakkor a Pilisi Parkerdő ZRt. jelenleg e vastagsági méretcsoport rendszert (Thüringiai modellt) alkalmazza, amely nézetünk szerint – mint fentebb kifejtettük – megfelel a hazai faállomány-viszonyoknak.

A könnyebb áttekinthetőség végett a fenti táblázatok adatai természetesen grafikusán is megjeleníthetők, tetszőleges formában. A hektáronkénti törzsszám és a hektáronkénti fakészlet méretcsoportonkénti arányát a teljes száralótömbre (3. táblázat) vonatkoztatva az alábbi ábrákon szemléltetjük.



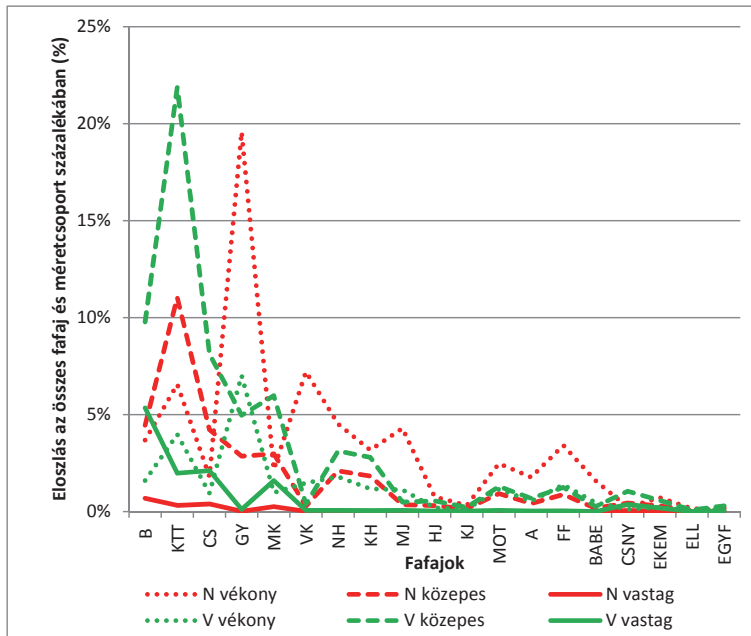
**1. ábra:** A Pilisi Parkerdő ZRt. Budakeszi Erdészeténél száralásra és átalakító üzemmódra kijelölt erdőtümbök hektáronkénti törzsszámának és fakészletének eloszlása vastagsági méretcsoportok szerint



**2. ábra:** A Pilisi Parkerdő ZRt. Budakeszi Erdészeténél száralásra és átalakító üzemmódra kijelölt erdőtümbök hektáronkénti törzsszámának és fakészletének százalékos eloszlása vastagsági méretcsoportok szerint, egybevetve a Thüringiai modellel

A 2. ábra jól szemlélteti, hogy az adott erdészet általunk vizsgált erdőtömbje faállomány-szerkezeti szempontból egyelőre inkább az átalakító üzemmódnak felel meg, mintsem a szálaló üzemmódnak. A törzsszám-eloszlást tekintve idővel csökkenni fog a közepes méretcsoport aránya a vastag méretcsoportba történő átnövésével. A fakészlet-arányokat vizsgálva megállapítható, hogy jelenleg még túl magas a vékony és a közepes méretcsoportba tartozó fakészlet aránya.

A fenti két ábrán áttekinthető arányok ismeretében nem érdektelen az egyes fafajok vastagsági méretcsoportonkénti eloszlásának vizsgálata (100% = az összes fafaj összes méretcsoportjának együttes adata).

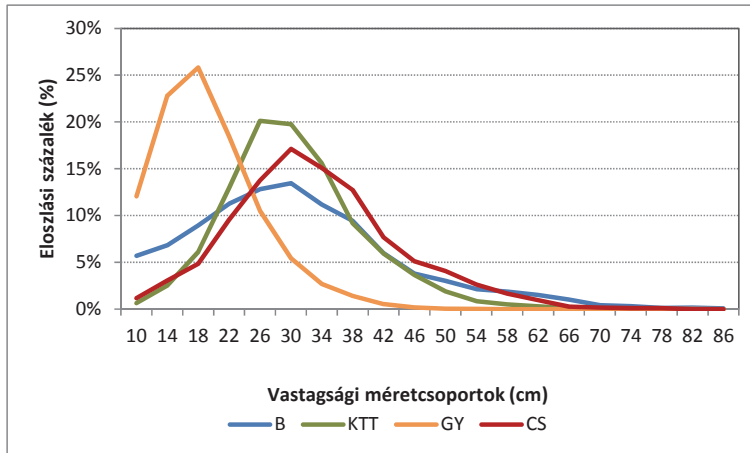


**3. ábra:** A Pilisi Parkerdő ZRt. Budakeszi Erdészeténél szálalásra és átalakító üzemmódra kijelölt erdőtömbök hektáronkénti törzsszámának és fakészletének százalékos eloszlása vastagsági méretcsoportok és fafajok szerint

A 3. táblázat és a 3. ábra jól szemlélteti, hogy melyik fajok érnek el magas törzsszámot, mégis mennyire kis részét képezik a fakészletnek. Jellemző ez a gyertyánra, a virágos kőrisre, a mezei juharra vagy a barkóca berkenyére. Az is jól látható, hogy melyik fajok rendelkeznek tekintélyes méretekkel. A márdárcseresznye, bár törzsszáma jóval alul marad a virágos kőriséhez képest, majdnem ugyanakkora arányát képezi az összes fakészletnek, de ugyanez az arány elmondható a mezei juharral kapcsolatban is. Fontos adat még, amit jól tükröz az ábra, a kocsánytalan tölgy dominanciája mind törzsszám, mind

fakészlet szempontjából. Szerintem ez azt bizonyítja, hogy a későbbi erdőművelési munkák során érdemes nagy hangsúlyt fektetni a fajok gondos nevelésére, természetesen az elegyfajok arányának megtartásával, esetenkénti növelésével.

A négy leggyakrabban előforduló faj (bükk, kocsánytalan tölgy, gyertyán, cser) darabszámának 4 cm-s méretcsoportonkénti százalékos eloszlását az 4. ábra mutatja be.



4. ábra: A Pilisi Parkerdő ZRt. Budakeszi Erdészeténél szálalásra és átalakító üzem módra kijelölt erdőtömbök B, KTT, GY és CS mintafák darabszámának 4 cm-s méretcsoportonkénti százalékos eloszlása

A harang alakú eloszlási görbe a vágásos erdők mutatója, viszont a kisebb meredekségű lefutás mutatja a szálalás jegyeit. Egyedül a gyertyán emlékeztet a jellegzetes szálaló erdőszervezetet mutató görbére, de ez inkább a miatt van, mert a véderdőkben magas a kis átmérőjű egyedeinek a száma, és nem tudatos nevelési munka eredménye.

A bükk lefutása már kezd hasonlítani a szálaló szerkezetű erdőre, bár a vékonyabb faegyedek száma – az eddigi vágásos üzem mód következtében – alacsony. A tölgy még a vágásos erdő képét mutatja. Ismét felhívjuk a figyelmet arra, hogy a vastagabb méretcsoportnál jellemző kisebb meredekségű lefutás biztató jel az átalakulás kezdetére. Egyértelmű, hogy a bükk esetében sem kielégítő a vékonyabb méretcsoport aránya, a tölgnél ez fokozottan jellemző. Közismert azonban, hogy egy ilyen fényigényes faj esetében nehéz a megfelelő számú újulat biztosítása.



## **A folyamatos erdőborítással kapcsolatos erdőrendezési szempontú javaslatok**

A szálaló és az átalakító üzemmódok esetén célszerű minél nagyobb erdőrészeket kialakítani, akár több tucat hektárnyi méretben. A gazdálkodó hosszú távon amúgy is a tömbösített erdőkezelésre törekszik, nincs értelme a néhány hektárnyi kisebb területű erdőrészek megtartásának. Idővel az erdőrészek akár meg is szűnhetnek, és csak az erdőtagok maradnának meg a megfelelő – a gazdálkodást, közelítést, vadgazdálkodást, tűzvédelmet stb. elősegítő – nyiladékkendszerrel, az egyéb feltáró utak mellett.

### ***Erdőrészlet leíró lap***

A szálaló és az átalakító üzemmódra kijelölt faállományok esetén feltétlenül ismernünk kell a törzsszám, illetve a fakészlet vastagsági méretcsoportonkénti eloszlását, hogy azt egybe tudjuk vetni a gazdálkodó által választott szálaló modell (pl.: a Thüringiai modell) adataival.

Kiinduló javaslatként alábbi rendszer állítható fel:

a) A bemutatott esetben túl sok a fafaj, ezek nagy részét össze lehetne vonni oly módon, hogy az adott körzetre leginkább jellemző fafajt, illetve fafajcsoportot tartalmazza, 6–8 sorban (pl.: B, KTT, GY, CS, Kóris, EKL, ELL, Fenyők)

b) A táblázatokban megjelenített méretcsoportok a Thüringiai modell (vékony, közepes, vastag) szerint lettek kialakítva. Természetesen egyéb méretcsoportok is kialakíthatók, akár 2 vagy 4 cm szélességben, grafikusán is megjelenítve. Ez utóbbi esetekben azonban számolnunk kell azzal, hogy az oszlopok száma jelentősen megnőhet, ami viszont zavarhatja a gyors áttekintést.

c) A bemutatott táblázatok a számadatok mellett a százalékokat is tartalmazták. Ez sok esetben elősegíti az értékelést, viszont duplájára emeli a számadatok mennyiségét, és ez megnehezítheti az áttekinthetőséget.

### ***Jövedelmezőségi és vagyonérték számítások***

A folyamatos erdőborítás pénzügyi vonatkozásait a nemzetközi szakirodalomban elsősorban német szerzők elemzik. SCHIBERNA (2012) cikkében vizsgálja HANEWINKEL (2011), DAVIES – KERR (2011), illetve KNOKE – PLUSCZYK (2001) adatait. A szerzők magyarországi adatok alapján a vágásos és szálaló erdők különböző pénzügyi viszonyait elemzik.

**3. táblázat:** Bükk főfafajú, vágásos üzemmódban kezelt erdőállomány pénzáramai és annuitása ( $p=0,02$ )

Beavatkozás	Kor	Fahozam	Egységárak és díjak		Pénzáramok				Annuitás
			Ár	Fakitermelési díj	Árbevétel	Fakitermelési költség	Erdőfelújítási költség	Egyenleg	
	év	nm <sup>3</sup> /ha	Ft/nm <sup>3</sup>	Ft/nm <sup>3</sup>	Ft/ha	Ft/ha	Ft/ha	Ft/ha	Ft/ha/év
NFGY I.	50	30	10500	4100	315 000	123 000	-	192 000	1 609
NFGY II.	70	60	11000	4100	660 000	246 000	-	414 000	2 335
FVB I.	90	70	11300	4050	791 000	283 500	100 000	407 500	1 546
FVB II.	100	75	14000	4000	1 050 000	300 000	100 000	650 000	2 024
FVV	110	260	14500	4000	3 770 000	1 040 000	150 000	2 580 000	6 589
Összes:	-	495	-	-	6 586 000	1 992 500	350 000	4 243 500	14 102

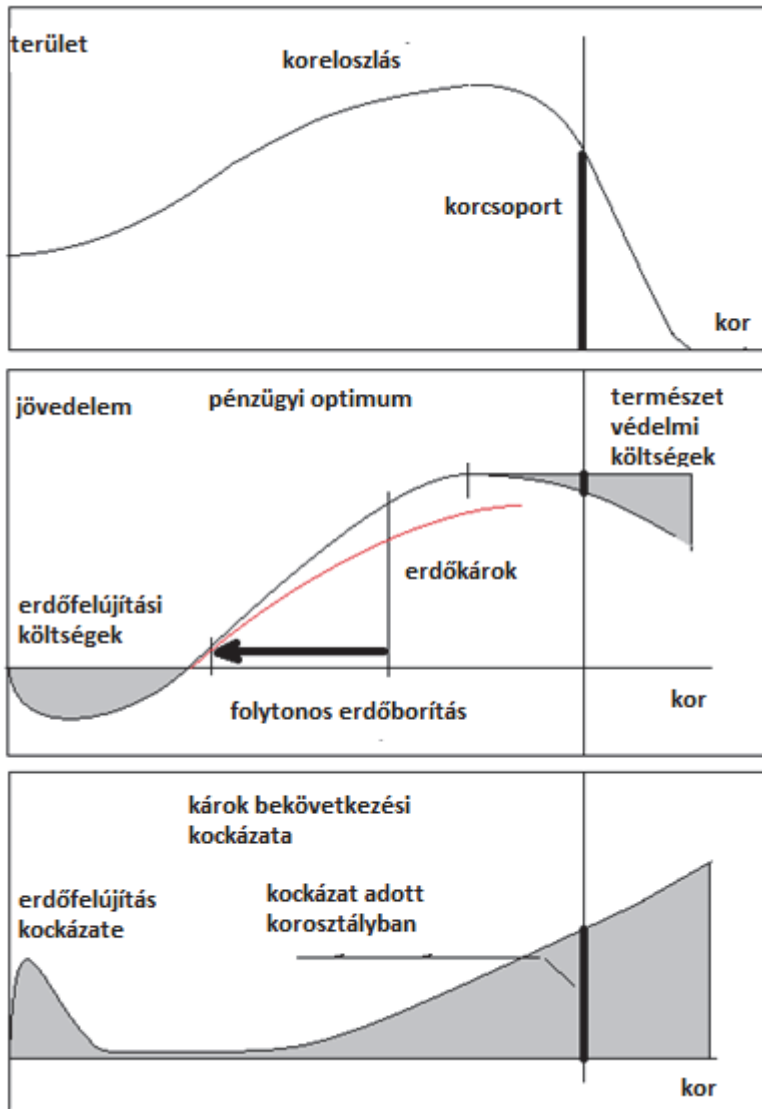
**4. táblázat:** Bükk főfafajú, szálalás üzemmódban kezelt erdőállomány pénzáramai és annuitása pesszimista szemléletben ( $p=0,02$ )

Beavatkozás	Kor	Fahozam	Egységárak és díjak		Pénzáramok				Annuitás
			Ár	Fakitermelési díj	Árbevétel	Fakitermelési költség	Erdőfelújítási költség	Egyenleg	
	év	nm <sup>3</sup> /ha	Ft/nm <sup>3</sup>	Ft/nm <sup>3</sup>	Ft/ha	Ft/ha	Ft/ha	Ft/ha	Ft/ha/év
Szálalás	10	45	11 000	4100	495 000	184 500	30 000	280 500	
Összesen:	-	45	11 000	4 100	495 000	184 500	30 000	280 500	25 617
110 évre		495	-	-	5 445 000	2 029 500	330 000	3 085 500	-

Az annuitás számítás alapján levont következtetések abban az esetben helyesek, ha olyan vágásos erdőt hasonlítunk össze a szálalóerdővel, amely most került telepítésre. Ebben az esetben az alkalmazott kamatláb jelentősége kétségtől megkérdőjelezhető, mivel a jövedelmek nagy részét 110 évre kell átszámítani. Amennyiben a Lett Béla javaslata alapján az erdőrészt alapú szemléletről áttérünk erdőállomány szemléletre, abban az esetben egyértelmű, hogy a fenti modellben 110 hektár szálaló erdő évi 3 milliós jövedelmével a vágásos erdő 4.2 milliós jövedelemtermelő képessége áll szemben. A különbség azonban nem elsősorban a vágásmódtól függ, hanem a vágásos üzemmódban rendelt magasabb faárak következménye. A modell tehát nem bizonyítja egyértelműen a vágásos erdők gazdasági előnyét a szálalóvágással szemben.

A szálalóvágás gazdasági modelljének tehát nem elsősorban az optimális eset költségeinek és hozamainak összevetéséből kell állnia, mivel itt számotvető különbségre nem lehet számítani. PUKKALA – GADOV (2011) folya-

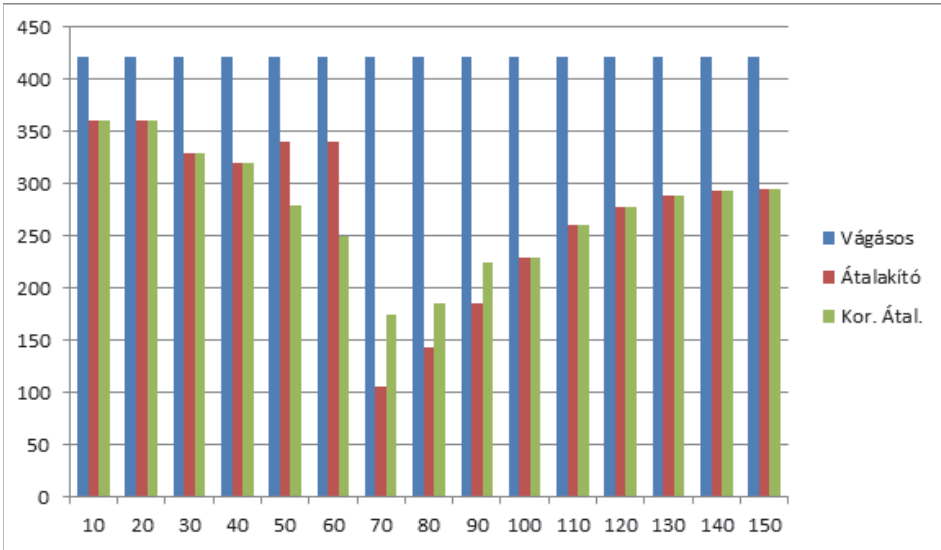
matos erdőborításról szóló könyvében a két üzemmód közti kockázatkezelési különbségek jelentőségét hangsúlyozza. A szálalóvágás jelentőségét elsősorban a felújítási költségek elmaradásában, illetve az erdészeti kockázatokkal szembeni alacsonyabb kitettségekben kereshetjük.



5. ábra: Szálalóvágás kockázatainak matematikai modellje

Ugyanakkor a korosztály-szerkezet jelentős megváltozására hívja fel a figyelmet az a rövid idő, 7 periódus alatt végrehajtott átalakítás üzemi

szinten jelentős átmeneti és tartós mérsékelt fakitermelés elmaradással jár, amelyet néhány évtized fakitermelési korrekciója sem egyenlít ki.



6. ábra: A vágásos - átalakító üzemmód erdőtest modell.  
(MAROSI–JUHÁSZ–LETT)

Ha ehhez hozzávesszük a bükk állományok jelenlegi korosztály-szerkezetét, amely jelentős többletet mutat a 100 év feletti állományok esetén, akkor látható, hogy jelenlegiformájában az átalakító üzemmód a szabályos korszerkezettől való további távolodást eredményez, ami az erdőgazdálkodási kockázatok további növekedésével jár együtt.

## A folyamatos erdőborítás társadalmi megítélése

### *A korábbi hasonló jellegű kutatások áttekintése*

A nemzetközi erdészeti irodalomban az erdővel kapcsolatos közvélemény-kutatásnak nagy gyakorlata van. A német és svájci irodalmi források szerint a felmérések különösen a '80-as évektől váltak rendszeressé, ahogy a közjóléti orientáció egyre erősebben jelent meg a társadalomban (SCHMITT-HÜSEN, F. – DUHR, M. – SEELAND, K., 1993).

Ebben az időben általánosan megfigyelhető, hogy az erdőpusztulást az ember által okozott természeti kárként tartják számon, és a vadászatot ellenzik. A természetet a civilizáció ellentétéként értelmezik, az erdészeket elé-

télik, ugyanakkor a fát, mint nyersanyagot pozitívnak tartják (BRAUN, A., 2000).

A német kutatók vizsgálatai összegzik, hogy az interjúk során megkérdezettek döntő többségénél az erdő a kikapcsolódás és a szabadidő, a nyugalom és a feltöltődés színtere (SEILER, A. – ZUCCHI, H., 2007). Az erdő a természet kiemelt jelentőségű alkotóeleme, a természet központi elemeként tartják számon az erdőt, valamint az egyes fát is. (LANTERMANN, E. – RUESSWIG, D. F. – SCHUSTER, K. – SCHWARZKOPF, J., 2002). Ezzel összhangban a természet iránti fogékonyság a megkérdezetteknel mindig az erdőhöz való viszonyból volt levezethető. Mivel a természet az emberek többsége számára nehezen definiálható, elvont fogalom, a természethez való viszonyt az erdő konkrét példáján keresztül vizsgálták – ehhez az emberek többségét konkrét élmények fűzik, érzelmi kötődésük erősebb (DUHR, M., 2006). Az irodalmi források igazolják, hogy a nyugat-európai irodalomban az erdőgazdasági funkcióihoz képest egyre erősebben jelenik meg a közjóléti igény. A tarvágás társadalmi ellenzése az angolszász irodalomban is ténykérdésként kezelt BLISS, J. C. (2000).

Választ kerestünk arra, hogy az erdőben pihenők milyen szerkezetű erdőt látogatnak szívesen. A kapott válaszok teljesen egybeesnek a budapesti erdők

388

kiránduló központjainak tanulmányozásánál tapasztaltakkal. A válaszolók közül

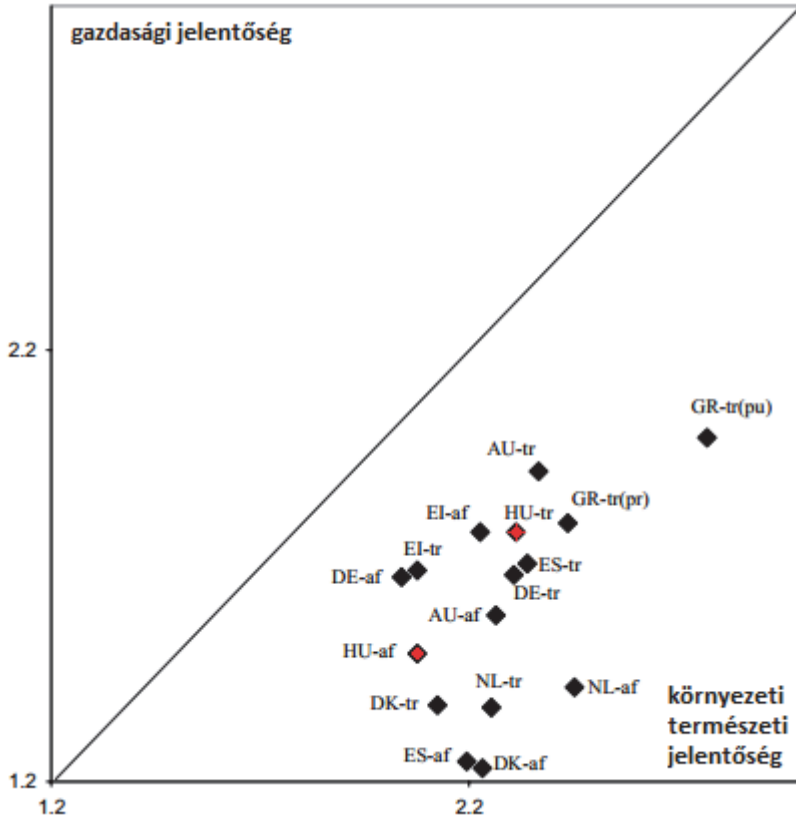
sűrű, zárt erdőt	13,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
lomberdőt	15,1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
fenyveseket	17,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
ligetes, tisztásokkal tarkított erdőt	34,6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
nagy kilátást biztosító facsoportokkal borított területeket	18,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

részesít előnyben. Világosan kerülnek előtérbe az üdülés minőségét befolyásoló tényezők, ennek is az esztétikai vonatkozásai. Az erdők szociális-üdülési funkcióinak fejlesztése az élmények sokaságát nyújtó erdőtjak kialakítását sürgeti. A tájtervezők feladata változatossá, vonzóvá tenni tájainkat, kiemelve, hangsúlyozva a lényegét, háttérbe szorítva a szürke egyhangút. A fajokban gazdag, biológiailag stabil erdők, a bennük alkalmazott vágásmódok, az erdőrészetek összhangja, a fák, fasorok, facsoportok, a takarás és a rálátás, a kilátás és a belső zárt tisztások, az erdőszegélyek önmagukban is külön értékei a tájnak. A tájalakító vágások, az erdőfeltárások, a szegélyek formálása, a tájplasztika stb. sok-sok lehetőséget kínálnak tájképeink gazdagításához.

7. ábra: Tóth Sándor cikke Az Erdő 1974. évi 9 számából

A magyarországi viszonyok között a rendszerváltozást követően erősödött fel a társadalmi vélemények ismeretének igénye. Ugyanakkor Az Erdő 1974. évi 9. számában Dr. Tóth Sándor közöl cikket az alábbi címmel: „Az erdészeti közvélemény-kutatás az erdők üdülési funkciójának vizsgálat céljából.” (TÓTH S., 1974).

1998–2001 között egy kilenc országra kiterjedő kutatás keretében belül az erdők vidékfejlesztésben betöltött szerepét vizsgálták. A Multifor.RD megnevezésű kutatás célja regionális erdészeti stratégiák keretfeltételeinek kidolgozása volt, a társadalmi és tulajdonosi igények figyelembevételével, melyek meghatározzák az erdő szerepét a vidékfejlesztésben.



8. ábra: Az erdők gazdasági és környezeti jelentőségének megítélése egyes európai országokban 2001. Multifor.RD . (HU-tr – Szentgál; HU-af: Kerekegyháza)

A korábbi kutatások szinte mindegyike azonos eredményeket kapott a következő kérdésekben: a társadalom általános véleménye alapján, Magyarországon az erdőterület folyamatosan csökken, az erdők egészségi állapota kedvezőtlen. A társadalom a faanyagok felhasználását pozitív dolognak tartja, de nem képes a fakitermelés és a faanyag közti kapcsolatot érzékelni. Jellemző az állam szerepének túldimenzionálása, és az ellentétes igények egyszerre történő megfogalmazása (pl. alacsonyabb adók, magasabb szintű

közszolgáltatások). A fentiek fényében a kutatás során az alábbiakra törekedtünk:

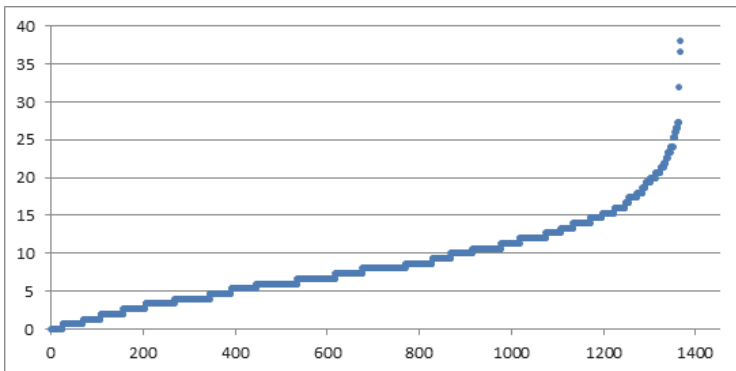
- eldöntendő válaszok alkalmazása
- egész társadalom véleményének feltárása
- egyszerű kérdések alkalmazása

### Koherencia vizsgálatok

Tekintettel arra, hogy az adatok egy része online módon került összegyűjtésre, a kutatás során vizsgálni kellett, hogy a kapott válaszok koherenciája megfelelő-e. A személyes adatgyűjtés során a kérdezőbiztos bizonyos mértékig ellenőrzi, hogy a kitöltés ideje megfelel-e a válaszadó hozzáállása, a kérdések végigolvasása megvalósul-e; ilyen ellenőrzésre az online adatgyűjtés során nem került sor.

A koherencia vizsgálat során azt vizsgáljuk, hogy a válaszadó a hasonló jellegű, témájú kérdésekre hasonló, vagy azonos válaszokat adott. Ennek értékelése során négy témacsoportot képeztünk az alábbi témakörökben:

- az erdők természetessége,
- a fakitermelések megítélése
- fatermékek felhasználása
- erdőgazdálkodás szabályozottsága.

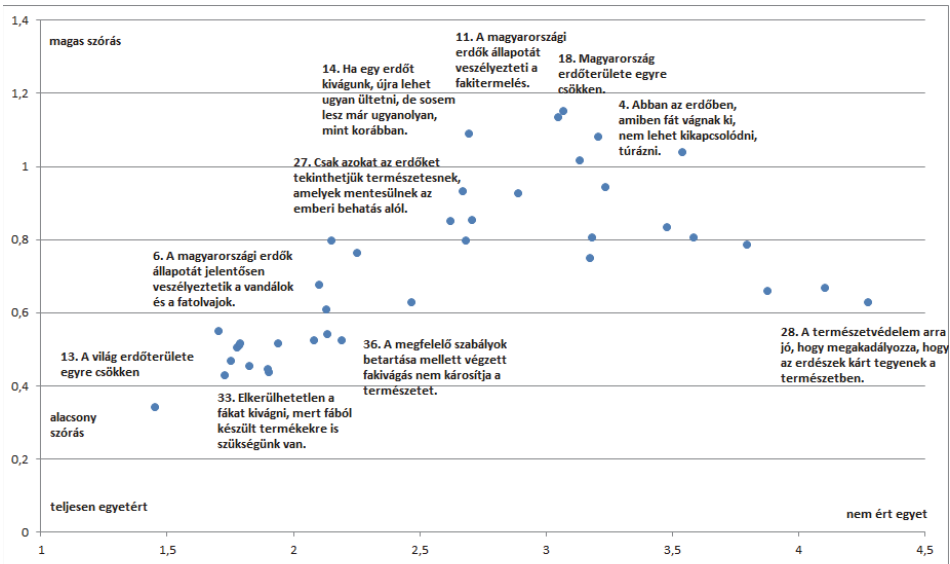


9. ábra: Nonkoherencia-érték válaszadóként

Hipotézisünk szerint a koherens válaszadó az egyes témakörökben a hasonló kérdésekre azonos, vagy hasonló választ ad. A vizsgálat során a három kérdésre adott válaszok átlagától az egyes válaszok eltérésének négyzetösszegét képezve kiszűrhetők a véletlenszerűen kitöltött kérdőívek.

Tekintettel arra, nem tekinthető hibának, ha a válaszadó az összetartozó kérdések közül egyikkel teljes mértékben egyetért, másikkal 'inkább egyetért' /vagy azt nem tudja eldönteni, ezért a vitatható koherenciájú válaszok azok, melyek több csoportban is szélsőséges eltérést mutat (teljesen nem ért egyet – teljesen egyetért). Az ábráról elolvasható, hogy ezek aránya a mintában az 5%-ot sem éri el, az adatgyűjtés szempontjából az internetes adatgyűjtés is megbízható adatokat biztosít.

## A kapott adatok kiértékelése

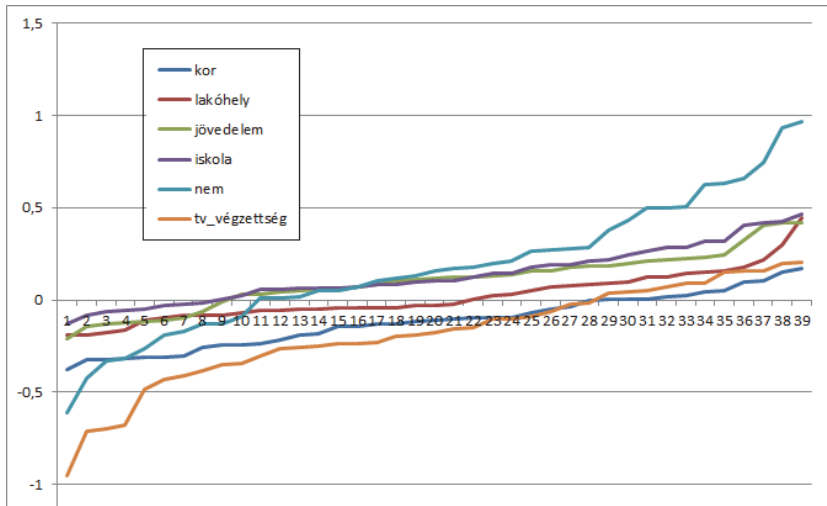


10. ábra: A kapott válaszok megoszlása a szórás függvényében

A kérdőívek kiértékelése elsődleges kérdés a minta reprezentativitása. A reprezentativitás a minta súlyozásával javítható. Azok kérdések esetén, melyekre a válaszadók jelentős része azonos választ adott, a súlyozásnak nincs jelentősége. Ezért elsősorban azt célszerű meghatározni, hogy mely részhalmozatok mutatnak eltérő válaszokat egyes kérdések során.

Tipikus csoportképző tényezők a kor, iskolai végzettség, nem, lakóhely.





11. ábra: A minta rétegzettsége egyes csoportképző tényezők szerint

Amennyiben a mintát a 10. ábra szerint két részre osztjuk a vizsgált csoportképző tényezők alapján (szegény–gazdag; budapesti–vidéki, férfi–nő; diplomás–nem diplomás), akkor a görbe lefutása mutatja, hogy az egyes kérdések során mekkora különbség mutatható ki a kapott válaszokban a csoportképző szerinti elkülönítésben. A két csoport közötti jelentős különbségeket a meredek lefutású görbe jelzi. Ebből következően az erdők természetvédelmi megítélése során viszonylag kis különbség mutatható ki a társadalmon belül a kor, az iskolai végzettség és jövedelem szempontjából. Talán természetes, hogy a természetvédelmi végzettség elsősorban az erdészek megítélését befolyásolja. Legjelentősebb csoportképző különbség a nem.

Kérdések	Férfi	Női	Különbség
A magyarországi erdők állapotát veszélyezteti a fakitermelés	3,42	2,67	0,75
Egészséges fák kivágása erkölcsileg elfogadhatatlan	3,88	2,94	0,93
Magyarország erdőterülete egyre csökken	3,43	2,47	0,97
Az erdőket jobb állapotban hagyjuk az unokáinkra, mint ahogyan...	2,80	3,42	-0,61
Az erdőgazdálkodás során, minden kivágott erdőt újraültetnek	2,46	2,89	-0,43

Ebből következően állíthatjuk, hogy a természetvédelmi szemlélet első-sorban érzelmi kérdés, az egyén szemléletmódjának következménye, amelyet nem az elsődlegesen mérhető statisztikai csoportképzők határoznak meg.

## Irodalom

- BLISS, J. C. (2000). Public perceptions of clearcutting. – *Journal of forestry* **98**(12): 4–9.
- DUHR, M. (2006) Das Kulturphänomen Wald. Der Wald als Bildungsressource für die Schule, In: CORLEIS – FRANK (Hrsg.): *Schule: Wald. Der Wald als Ressource einer Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule, – Schulbiologie- und Umweltbildungszentrum Lüneburg SCHUBZ*, p. 225.
- ELANDS, B. H. – WIERSUM, K. F. (2001). Forestry and rural development in Europe: an exploration of socio-political discourses. – *Forest policy and economics* **3**(1): 5–16.
- ESZTÓ K. (2011): „Megalapozó faállomány-szerkezeti vizsgálatok előkészítése a Pilisi Parkerdő ZRt. Pilisszentkereszti Erdészetének területén tervezett szálaló erdőtümbben” – Diplomaterv. Belső konzulens: Dr. Veperdi Gábor egyetemi docens, Dr. Gál János egyetemi docens, Horváth Tamás intézeti munkatárs; külső konzulens: Csépanyi Péter, PPZRt., termelési és természetvédelmi főmérnök.
- KELECSÉNYI SZ. (2014) Faállomány-szerkezeti vizsgálatok a Pilisi Parkerdő ZRt. Budakeszi Erdészetének területén tervezett szálaló erdőtümbben. – Diplomaterv. Tanszéki konzulens: Dr. Horváth Tamás egyetemi adjunktus, Dr. Veperdi Gábor ny. egyetemi docens; külső konzulens: Csépanyi Péter, PPZRt., termelési és természetvédelmi főmérnök.
- KOLOZS L. – VEPERDI G. (2013) Élőfakészlet- és növedékmeghatározás a szálaló, illetve átalakító üzemmódú erdőkben egyváltozós fatérfogat-függvény alkalmazásával. – Erdészettudományi közlemények XXXXX.
- KOREN B. (2013): „Megalapozó faállomány-szerkezeti vizsgálatok előkészítése a Pilisi Parkerdő ZRt. Visegrádi Erdészetének területén tervezett szálaló erdőtümbben” – Diplomaterv. Belső konzulens: Dr. Veperdi Gábor egyetemi docens, Dr. Gál János egyetemi docens, Horváth Tamás intézeti munkatárs; külső konzulens: Csépanyi Péter, PPZRt., termelési és természetvédelmi főmérnök.
- LANTERMANN, E. – RUESSWIG, D. F. – SCHUSTER, K. – SCHWARZKOPF, J. (2002): *Lebensstile und Naturschutz. Zur Verankerung des Naturschutzes in der modernen Umweltkommunikation. – Endbericht für das Bundesamt für Naturschutz, Kassel/Potsdam, März 2002.*
- PALOTAY I. (1958): Szálalóerdők erdőrendezési kérdései. – Előadás, Zalaegerszeg, 1958. X. 19. ([http://www.aesz.hu/pdf/szal\\_hazai.pdf](http://www.aesz.hu/pdf/szal_hazai.pdf))
- PALOTAY I. (1965): Fatömeg-tarifák. – *Az Erdő* **14**(9): 385–388.
- PUKKALA T. – VON GADOW, K. (2011) *Continuous Forest Cover. – Springer Science & Business Media.* 304 pp.
- SCHMITHÜSEN, F. – KAZEMI, Y. – SEELAND, K. (1997): Perceptions and Attitudes of the population towards Forests and their Social Benefits. / Perception et attitudes de la population envers la forêt et ses prestations sociales. – Occasional Paper, IUFRO, Vienna **7**: 64 pp.
- SEILER, A. – ZUCCHI, H. (2007) *Kinder begegnen der Natur. Ein Projekt in der Stadt Osnabrück mit Anregungen für die Kindergartenpraxis. –Bristol Stiftung; Zürich, Bern, Stuttgart, Wien Haupt,* 126 pp.

- SOPP L. – KOLOZS L.. (szerk.) (2000): Fatömeg-számítási táblázatok. – Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest
- VEPERDI G. (2010): Mintakörös élőfakészlet-meghatározás a szálaló, illetve átalakító üzemmódú erdőkben egyváltozós fatérfogat-függvény alkalmazásával. In „Múlt és jövő II. Tarvágásból a szálalásba” – Kiadó: Szabó Vendel.
- ZIMMERMANN, W. (1996): Public Perception of Mountain Forestry and Forest Policy. In: GLÜCK, P. – WEISS, G. (ed) Forestry in the Context of Rural Development - Future Research Needs. – European Forest Institute, Joensuu / Finland , EFI Proceedings **15**: 107–120.

### **3.3. részprojekt: A folyamatos erdőborítással történő erdőgazdálkodás vadgazdálkodási kérdései**

**Részprojekt felelős szervezeti egység: EMK  
Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézet**

## **A FOLYAMATOS ERDŐBORÍTÁSSAL TÖRTÉNŐ ERDŐGAZDÁLKODÁS VADGAZDÁLKODÁSI KÉRDÉSEI**

NÁHLIK ANDRÁS – SÁNDOR GYULA – TARI TAMÁS

Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

### **Célkitűzés**

A folyamatos erdőborítás elérése átalakító és/vagy szálaló üzemmód bevezetésével komoly kihívás az erdészszakma részére. Különösen nehéz a megvalósítása tölgyesekben, ezen belül is síkvidéki kocsányos tölgyesekben. Ennek oka a kisebb mennyiségű újulat, a gyeperjes és cserjeszint nagyobb borítása, illetve nem utolsó sorban a tölgyfajok és a tölgycesmeték nagyvad általi preferenciája a bükkal szemben.

Az utóbbi miatt, a folyamatos erdőborítás kialakítása és fenntartása a gazdálkodóktól nem csak erdészeti, de vadgazdálkodási és vadászati szempontból is új kihívásokat fogalmaz meg és új gyakorlati problémákat vet fel. Kutatásunk célja, olyan kérdések megválaszolása, mint:

- a nagytestű növényevők számára rendelkezésre álló természetes táplálék mennyiségének és minőségének meghatározása különböző, eddig nem vizsgált üzemmódú és állománytípusú erdőkben;
- Az átalakító és szálaló üzemmódú erdőszerkezet hatása nagyvadfajok diszperziójára és élőhely-választására;
- A kutatási területeken jelenlévő nagytestű növényevő fajoknak a folyamatos erdőborítás fenntartásában betöltött szerepe (gátló-nehezítő, előnyös, vagy közömbös szerepkör);

- A nagytestű kérődzők rágásának intenzitása a lékekben különböző állománysűrűség mellett.

## Anyag és módszer

A vizsgálat során több kutatási módszert alkalmaztunk és eltérő élőhelyi adottságú területeket vontunk be az elemzésekbe.

### *Kizárásos kísérletek*

A nagyvad természetes felújításra gyakorolt hatásának vizsgálatához kizárásos kísérleteket állítottunk be két különböző élőhelyen. Egyrészt vizsgáltuk a TAEG ZRt. Hegyvidéki erdészetének területén található kocsánytalan tölgyeseket (*Quercus petraea*). Ez összesen négy, lékes, átalakító üzemmódban kezelt erdőrészletet érintett. A felújítás 3 erdőrészlet esetében kisebb méretű lékekkel (10×10m) történt, egy esetben alkalmaztak nagyobb (30×40 m) méretet. Erdőrészletenként egy-egy minta és kontrolterületet jelöltünk ki. Mindkettő 5×5 m méretű volt, a mintaterület kerítetlen, míg a kontrol bekerített. A kisméretű lékek esetén egymással szomszédos lékekben kerültek kijelölésre a minta- és kontrolterületek, míg a nagyobb lék esetében egy léken belül. Mindkét esetben véletlenszerű kiválasztás történt.

A második vizsgálati helyszín a Kaszó ZRt. területén volt és három síkvidéki kocsányos tölgyest (*Quercus robur*) érintett. A vizsgált erdőrészletek a soproni területekhez képest nagyobb fajgazdagságot mutattak, megtalálhatóak voltak többek között: csertölgy (*Quercus cerris*), galagonya (*Crataegus laevigata*), gyertyán (*Carpinus betulus*), mogyoró (*Corylus avellana*), nyír (*Betula pendula*), benge fajok (*Rhamnus sp.*), seprűzanót (*Cytisus scoparius*), zselnice meggy (*Prunus padus*).

Az átalakító üzemmódban kezelt, kijelölt erdőrészletek mindhárom esetben elfelezésre kerültek. Az erdőrészletek egyik fele be volt kerítve, a másik nem. A mintaterületek a szabadon hagyott rész lékeiben, míg a kontrolterületek a bekerített terület lékeiben lettek kijelölve. A lékek mérete minden esetben 30×40 m volt. A kerített és nem kerített részében egyaránt 3–3–3 lék, lékenként 3–3–3 5×5 m-es mintakvadrát véletlenszerű kijelölése történt meg.

A soproni területeken 3 őszi és 2 tavaszi felvételezést végeztünk el, Kaszóból 2 őszi és 1 tavaszi adatsor áll rendelkezésünkre. Mind az őszi, mind pedig a tavaszi felvételezés során feljegyzésre kerültek a kvadrátban található csemeték darabszámai (fafajonkénti bontásban), és rágottságuk. Ez utóbbihoz 4 fokozatú skálát alkalmaztunk:

- ép,
- oldalhajtás rágott
- csúcshajtás rágott
- oldal- és csúcshajtás egyaránt rágott.

Az őszi felvételezések során, az előzőek mellett meghatároztuk a csemeték magasságát is. A fásszárú vegetáción kívül, becsültük a cserje és egyéb lágyszárú fajok borítási arányát %-értékben.

### *Táplálékkínálat elemzése*

A vad számára hozzáférhető táplálék mennyiségét és összetételét nagyban befolyásolja az adott állomány kora és az ott elvégzett erdészeti beavatkozások. Vizsgálatunkat a Soproni-hegyvidék bükköseiben végeztük, melynek során összehasonlítottuk a Roth-féle szálaló erdő által nyújtott táplálékkínálatot a különböző korú vágásos erdők kínálatával. Ez utóbbi felvett erdőrészeket korosztályi viszonyai a következőképpen alakultak: újulát (0–5 év), fiatalos (5–10 év), sűrűség korú (10–15 év), vékony rudas (15–25 év), vastag rudas (25–40 év); szálaló erdő (40–80 év) és lábas erdő (80–). A mintavételezés során a területek 5%-át lefedő sáv transzekteket jelöltünk ki, egymástól egyenlő távolságra, szisztematikus módon. A 3 méter széles mintasávokban a fásszárú növényzet minden, a vad számára táplálékul szolgáló hajtását fajonként megszámláltuk. Vad számára hozzáférhetőnek tekintettük a talajszinttől 2,2 m magasságig található, a hajtások utolsó elágazása felett levő részt. A számlált hajtások tömegének megállapításához meghatároztuk az egyes fajok hajtásainak tömegét. Ehhez előzetes vizsgálatot folytattunk melynek során NÁHLIK (1989), a fásszárú fajonként lerágott hajtások átmérőjére vonatkozó eredményeire támaszkodva a terepen fajonként hajtásokat gyűjtöttünk, majd laboratóriumi előkészítés során meghatároztuk azok átlagos hajtástömegét. A terepi felvételezések számadataiból és a laboratóriumi eredményekből meghatároztuk a minta biomasszáját fajonként és összességében, amit ezután a teljes állományra vonatkoztattunk és kg/ha-ban adtuk meg.

### *Élőhely-használat vizsgálata*

A vad élőhely-használatának vizsgálatát a soproni és a kaszói területen végeztük el. Sopronban összehasonlítottuk a szálaló erdő használatát, a különböző korosztályú vágásos üzemű erdőrészek használatával. Kaszón elemeztük a lékek használatát az átalakító üzeműben kezelt erdőrészekben. Az előbbi vizsgálatot, a táplálékkinálat elemzése során már említett különböző korú vágásos üzemű soproni erdőrészekben, valamint a soproni Roth-féle szálaló erdőben végeztük. A lékek használatát a kizárásos kísérleteknél használt kaszói területeken folytattuk. Mindkét esetben az erdőrészek 10%-át összességében lefedő, egymástól egyforma távolságra, szisztematikusan kitűzött 5m széles sávtranszekteket alkalmaztunk. A használat intenzitását a fellelt hullatékcsoportok száma mutatta. A felméréseket tél végén végeztük el, ekkor a sávban haladva feljegyeztük a hullatékcsoportok számát, vadfaj szerinti bontásban. Külön számoltuk a lékekben és az állomány alatt talált hullatékcsoportokat. Ezt követően a sáv hosszának és szélességének ismeretében, meghatároztuk az egységnyi területre eső hullaték számot vadfajonként, vagyis az élőhely-használati indexet (db/ha értékben).

### *Vad viselkedésének elemzése*

A kaszói kutatási helyszínen, 3 kerítetlen mintaterületen, mintaterületenként 1 lékben mozgásérzékelővel ellátott automata kamerákat helyeztünk ki. A készülékek mozgás esetén 30 mp hosszú videofelvételeket készítettek. A felvételt követően újabb képet mozgás esetén csak 15 perc után készített a kamera annak érdekében, hogy a memória ne teljen meg idő előtt. amelyeket elemeztünk, a vad viselkedésének megismerése céljából. A felvételek elemzése során meghatároztuk a lékekben előforduló vadfajokat és egymáshoz viszonyított számbeli arányukat. Feljegyeztük továbbá táplálékfelvételeik számát és annak karakterisztikáját (gyepszintből történő táplálékfelvétel, csemeték rágása).

### **Eredmények**

A kizárásos kísérleteink közül a Soproni-hegyvidéken található mintaterületeink esetében rendelkezünk a leghosszabb adatsorral. 2012–2014 között összesen 3 őszi és 2 tavaszi felvételezést végeztünk. Mivel a rendelkezésre álló adatok a projekt teljes időtartamát ölelték fel, ezért az eredmények bemutatása során arra törekedtünk, hogy a mintaterületeken végbemenő vál-

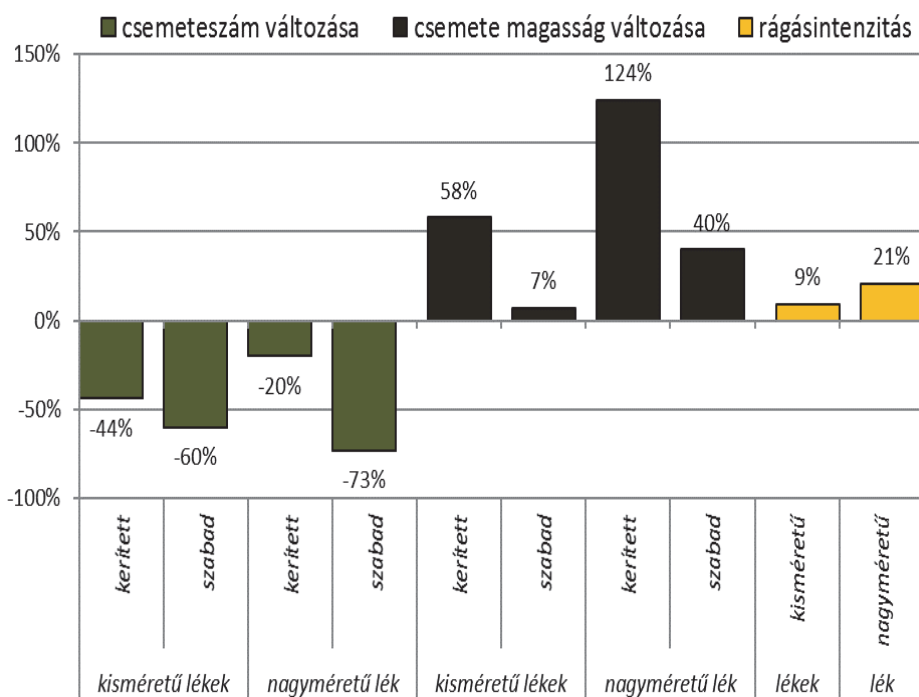
tozások mértékét ismertessük. Ezért a különböző vizsgált tényezők (csemeteszám, csemete magasság, vadragás) változását %-os mértékben adtuk meg. A mintaterületeken dominált a tölgy, csemeték aránya szabadterületen 97%- volt, míg a kerített területen 95,9%. Mivel az egyéb elegyfajok aránya elenyésző volt, ezért elemzéseink során csak a főfafajra koncentráltunk. Külön kezeltük továbbá a két léktípust – vagyis a 3 kisméretű lék adatait és a nagyméretű léket – mivel szembetűnő volt a két típus közötti különbség, ami leginkább a csemeték magasságában jelentkezett. A vizsgálati periódusban mindkét léktípusban növekedett a csemeték átlagmagassága, a kerített és szabad területen egyaránt. A 2012. évi kerített-szabad terület közötti magasság különbségek abból adódtak, hogy a kerítések megépítése egy évvel korábban történt, egy korábbi vizsgálatunk kapcsán. A kiinduláskor még egyforma alapállapotú kerített és szabadon álló mintaterületek csemetéinek magasságnövekedése a kerítés megépülését követően eltérően alakult. A kiindulási és az utolsó évben is statisztikailag igazolhatónak bizonyult a különbség t-próba alkalmazásával (1. táblázat).

**1. táblázat:** Soproni kerített és szabadterületi mintaterületek kocsánytalan tölgy csemetéinek magasságváltozása (cm)

	Nagyméretű lék 2012 ősz	Kisméretű lék 2012 ősz	Nagyméretű lék 2014 ősz	Kisméretű lék 2014 ősz
kerített terület csemetemagasság	13,2	12,3	29,4	19,6
szabadterület csemetemagasság	17,4	11,1	24,3	11,9
magasság különbség	-4,2	1,2	5,1	7,7
szignifikancia	p=0,015	p=0,045	p=0,000	p=0,033

Ugyanakkor a nagyméretű lék esetében a csemeték 2 év alatti növekedése intenzívebb volt a szabadterülethez képest (t-próba, szabad területen 6,1 cm növekedési különbség, p=0,000; kerített területen 8,9 cm-es növekedési különbség, p=0,000)(1. ábra).





1. ábra: Tölgy csemeték számának és magasságának %-os változása, és az átlagos rágásintenzitás alakulása a soproni mintaterületeken 2012–2014

A kisméretű lélek esetén a csemeték átlagmagasságának változása szabadterületen 7% (11,1 cm–11,9 cm) – volt, míg a kerített terület esetében 58% (12,3 cm–19,6 cm). Ugyanezen érték a nagyméretű lék kerített mintaterületén 124% (13,2 cm–29,4 cm), míg a szabadon álló részben 40% (17,4 cm–24,3 cm). Látható ugyanakkor, hogy mindkét esetben a vadtól elzárt mintaterületek csemetéi magasabbak voltak. Ami a csemeteszámot illeti, a minta- és kontrolterületeken egyaránt csökkenés volt megfigyelhető a vizsgált időszakban. A változás dinamikája a kerített és szabadon álló területek között hasonló a magasság esetén megfigyeltekhez, vagyis a csemeték száma a szabadterületen intenzívebben csökkent, mint a kerített mintaterületeken. A két léktípus közötti különbségek ugyanakkor nem annyira szembetűnőek (1. ábra). A kisméretű lélek esetében a szabadon álló területen a csemeték száma 111 600 db/ha-ról, 52 400 db/ha-ra csökkent (60%), míg a kerített esetében ez a szám 94 000 db/ha-ról 52 400 db/ha-ra változott (44%) 2 év alatt. A nagyméretű lék estében a szabad területen bekövetkező csökkenés 70%-os volt (99 600 db/ha -ról 26 400 db/ha-ra), a kerített területeken ugyanakkor 20% (62 400 db/ha-ról 49 600 db/ha-ra). Annak érdekében, hogy vizsgálható legyen a vad szerepe a bemutatott paraméterek változá-

sában, elemeztük a vadragás alakulását, felhasználva az öt felvételezés eredményeinek átlagát. Eszerint a kisméretű lékek esetén a csemeték 9%-a volt érintett a vadragással, a nagyméretű lék esetében ez az érték 21%-volt (1. ábra). Összehasonlítottuk továbbá a csemeték rágottságának fokát, felhasználva a korábban bemutatott osztályozási rendszert. Az eredményeket a 2. táblázat szemlélteti. Megjegyzendő, hogy párosított t-próba alkalmazásával nem sikerült statisztikai összefüggést kimutatni a 2014 évi őszi adatok alakulásában ( $p=0,507$ ).

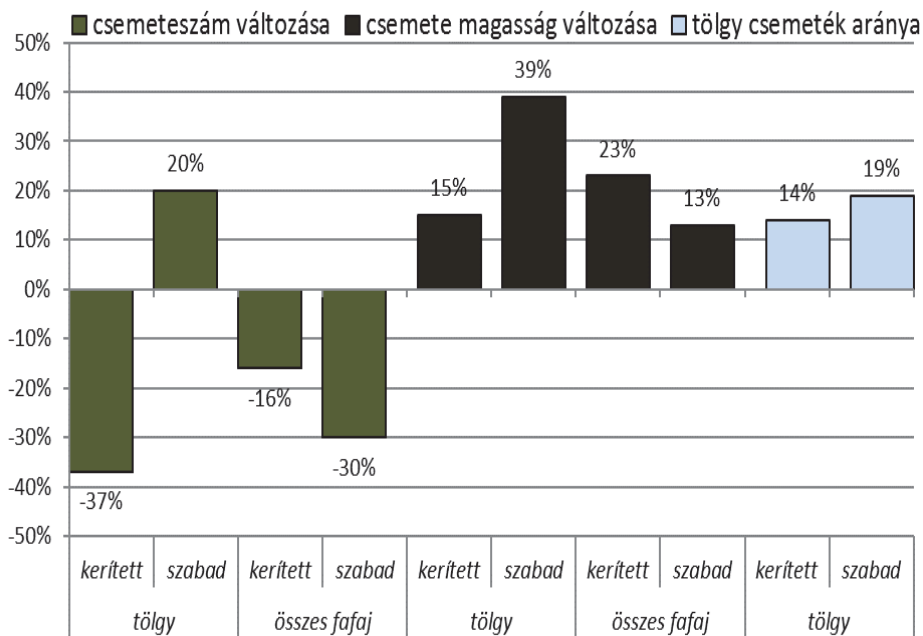
**2. táblázat:** A csemeték károsítási fokának alakulása a soproni mintaterületeken (%)

<b>Károsítás</b>	<b>Nagyméretű lék</b>	<b>Kisméretű lék</b>
1 - nincs károsítás	74,2	87,4
2 – oldalhajtás rágott	7,6	0
3 – csúshajtás rágott	10,6	0,7
4 – oldal és csúshajtás rágott	7,6	11,9

A kaszói mintaterületek esetében három felvételezés (2 őszi és egy tavaszi) adatait volt lehetőségünk elemezni. Az egy év alatt bekövetkezett változások mértékét, az előzőekhez hasonlóan %-értékben adtuk meg. Az adatok bemutatása során ugyanakkor kitérünk a területeken található elegyfajok jellemzőinek alakulására is, mivel a tölgy előfordulási gyakorisága alacsony volt, értéke szabad területen 14%, míg a kerített területeken 19% volt (2. ábra). A csemeték magassága a soproni területekhez hasonlóan, a vad által hozzáférhető területen is növekedést mutatott, itt azonban a szabadterületen található tölgy csemeték magasságának változása viszonylag nagyobb volt (39%, 22,1 cm-ről 30,8-cm-re), a kerített területen ez az érték 15% (36,3 cm–41,7 cm). Amennyiben az összes faját átlagmagasságát vizsgáljuk, akkor a kerített területen, a szabadterületinél nagyobbak bizonyult a növekedés mértéke (23%; 95,3 cm–117,6 cm a kerített területen és 13%; 67,7 cm–75,9 cm a szabad területen). A kerített és szabadterületek közötti különbség vizsgálatakor, három esetben kaptunk statisztikailag igazolható különbséget t-próba alkalmazásával (3. táblázat).

**3. táblázat:** Kaszói kerített és szabadterületi mintaterületek kocsányos tölgy csemeték és összes fajaj csemetéinek magasságváltozása (cm)

	Tölgy 2013 ősz	Összes fafaj 2013 ősz	Tölgy 2014 ősz	Összes fafaj 2014 ősz
kerített terület csemetemagasság	36,3	95,3	41,7	117,6
szabadterület csemetemagasság	22,1	67,7	30,8	75,9
magasság különbség	14,2	27,6	10,9	41,8
szignifikancia	p=0,196	p=0,000	p=0,000	p=0,000

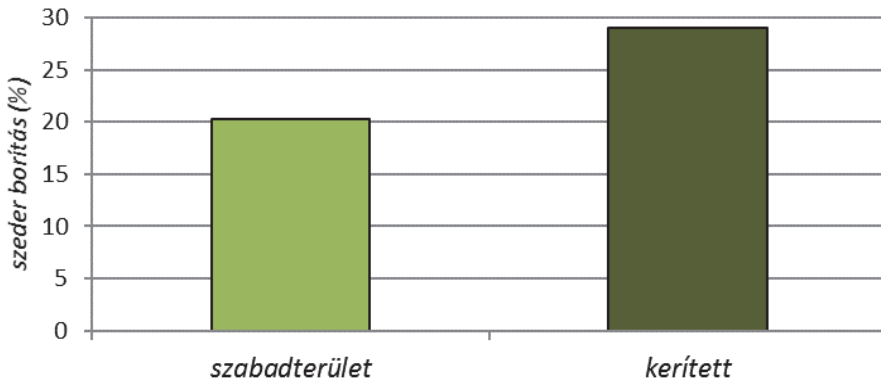


**2. ábra:** Tölgy és egyéb fajajok számának és magasságának %-os változása, és az tölgy csemeték arányának alakulása a kaszói mintaterületeken 2013–2014

Megjegyzendő, hogy a vizsgálat kezdetekor, a szabadterületen található csemeték érintettek voltak a bontás (2011 tavasza) óta eltelt időben bekövet-

kező vadkárral, feltételezhetően ez az oka a kerített területek magasabb kiindulási csemetemagasságának.

A tölgy csemeték darabszámát tekintve, szintén magasabb érték tapasztalható a szabadterületen, mivel a csemeték száma átlagosan 20%-kal emelkedett (400 db/ha, 510 db/ha). Kerített területen ugyanakkor csökkent a számuk (– 37%, 1700 db/ha – 1000 db/ha). Az összes fafajt figyelembe véve szabad- (– 30%, 5570 db/ha – 3800 db/ha) és kerített területen (– 16%, 7800 db/ha – 6400 db/ha) egyaránt csökkenés volt megfigyelhető (2. ábra). A kiugró értékek indokolták tették, hogy a vadrágáson kívül egyéb olyan tényezőket is megvizsgáljunk, amelyek hatással lehetnek a csemeteszám és csemetemagasság alakulására. Ezért megvizsgáltuk a mintaterületek cserjeborítását, azon belül is a szeder borítás arányát is (3. ábra).



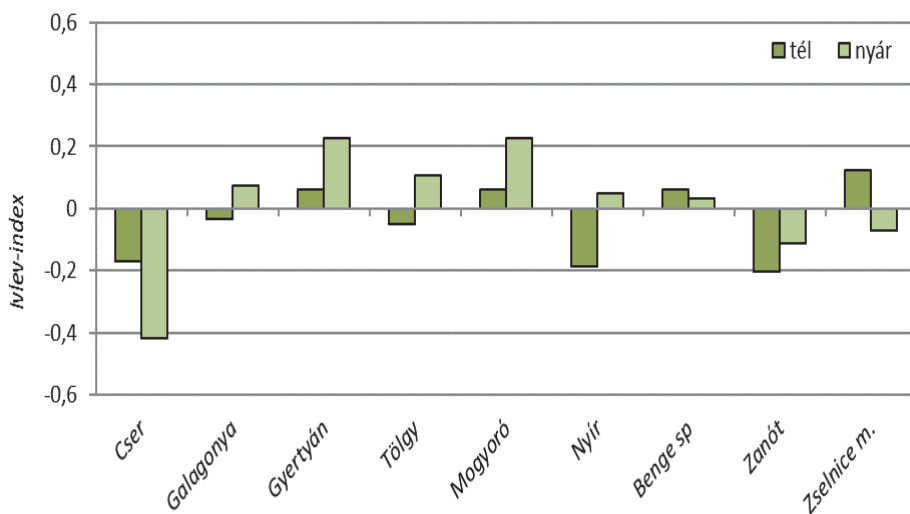
**3. ábra:** Szederborítás alakulása a kaszói mintaterületeken

Az ábrán jól látható, hogy a szeder borítás aránya szabadterületen 20%, míg a kerített területeken ez az érték magasabb 29%, az eltérést t-próba alkalmazásával statisztikailag is igazoltuk ( $p=0,000$ ,  $n=27$ ). A vad hatásának további vizsgálata érdekében elemeztük a területen fellépő rágás mértékét. A rágással érintett csemeték aránya 78,3% volt, ezen belül a tölgy csemeték 30,1% volt rágott. A rágottság fokának vizsgálatakor ANOVA alkalmazásával nem kaptunk statisztikailag igazolható különbséget sem a tölgy ( $p=0,544$ ), sem pedig az összes fafaj esetében ( $p=0,913$ ) a 2014. év őszi felvételek esetében (4. táblázat).

4. táblázat: A csemeték károsítási fokának alakulása a kaszói mintaterületeken (%)

	Tölgy			Összes fafaj		
	<i>I. terület</i>	<i>II. terület</i>	<i>III. terület</i>	<i>I. terület</i>	<i>II. terület</i>	<i>III. terület</i>
1	16,7	100	33,3	17,6	50,6	47,4
2	33,3	0	33,3	13,5	1,3	11,6
3	50,0	0	33,3	12,2	1,3	29,5
4	0	0	0	56,8	46,8	11,6

Megvizsgáltuk az egyes fajok preferáltságát is, télen és nyáron egyaránt. Ehhez Ivlev-indexet alkalmaztunk (IVLEV, 1961), ahol a kínálatot a mintaterületen felvételezett csemeték jelentették fajaj szerinti bontásban, %-ban kifejezve, míg a használatot a rágott csemeték jelentették, szintén %-ban, fajonként külön számolva (4. ábra).



4. ábra: Évszakos fajaj-preferencia a rágással érintett csemeték között

Az eredmények alapján elmondható, hogy gyertyán, mogoró és benge fajok egész évben preferáltak voltak, míg a tölgy, galagonya, nyír fajokat csak nyáron részesítették előnyben a vadfajok. A zselnice megye esetén csak téli kedveltség volt megfigyelhető, míg a cser és a zanót egész évben alulpreferált volt.

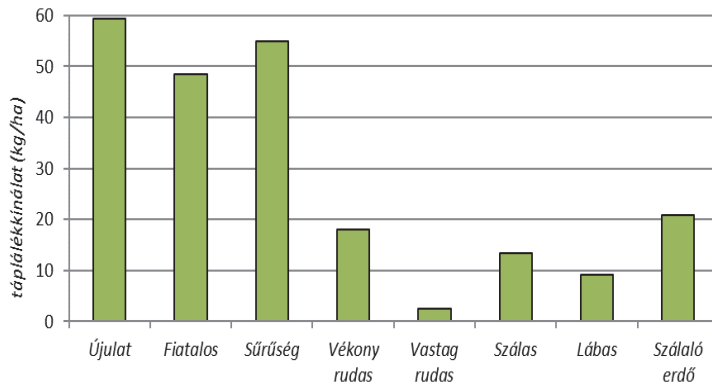
### *Táplálékkínálat vizsgálatának eredményei*

A terepen begyűjtött hajtásokat laboratóriumban feldolgoztuk, majd meghatároztuk az egy hajtásra vonatkoztatott átlagos hajtástömeget g-ban, két tizedes jegy pontossággal (5. táblázat).

**5. táblázat:** A vad által rágott átlagos hajtásátmérők, és a hozzájuk tartozó átlagos hajtástömegek (NÁHLIK, 1989 adatait felhasználva)

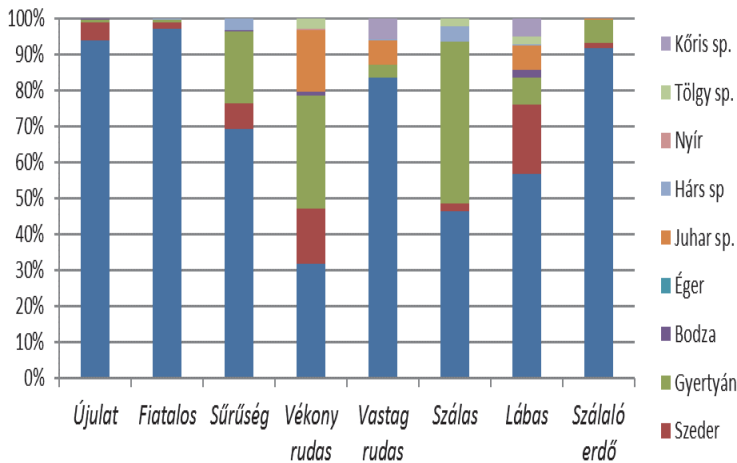
	<b>Tömeg (g)</b>	<b>Átmérő (mm)</b>
Közönséges bükk	0,33	2,1
Kocsánytalan tölgy	0,36	3,2
Gyertyán	0,46	2,5
Hegyi juhar	0,45	3,4
Mezei juhar	0,64	3
Magas kőris	0,38	2,6
Fekete bodza	0,56	5,8
Szedes sp.	1,76	1,9

A vizsgálatból kiderült, hogy a szeder hajtásának száraz tömege a legnagyobb, amit a mezei juhar és a fekete bodza követ. Az előzőekben bemutatott hajtástömegeket felhasználva, a felvételezések során számolt hajtás-számok alapján a vágásos üzemmód által nyújtott táplálék mennyisége korosztályonként a következőképpen alakult. Újulat 59,3 kg/ha; fiatalos 48,4 kg/ha; sűrűség korú 59,7kg/ha; vékony rudas 17,9 kg/ha; vastag rudas 2,6 kg/ha; szálás erdő 13,3 kg/ha és lábas erdő 9,6 kg/ha. A szálaló erdő vizsgálata során a nagyvad által felvehető táplálék mennyisége 20,8 kg/ha volt (5. ábra). 120 éves átlagos vágáskort és korosztályviszonyait tekintve szabályos erdőt feltételezve, a korosztályokba tartozó évek számával súlyozva, kiszámítottuk a vágásos erdő átlagos biomassza kínálatát, ami 16,4 kg/ha-nak bizonyult, vagyis elmaradt a szálaló erdő biomasszájától.



5. ábra: A különböző korú vágásos erdők és a szálaló erdő által nyújtotta táplálék mennyiségének alakulása

Az egyes korosztályok biomasszájának faji összetétele is különbségeket mutatott. A bükk (*Fagus sylvatica*) dominanciája a vékony rudas állomány kivételével mindenütt megfigyelhető, abban a gyertyán térnyerése volt jelentős. Ugyanakkor ez a korosztály és a lábaserdő volt a leginkább fajgazdag. Az előbbiben jelen volt többek között a fekete bodza (*Sambucus nigra*), a kocsánytalan tölgy, a hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus*) a hárs- (*Tilia sp.*) és a szeder félék (*Rubus sp.*). A lábaserdőben pedig a szeder, a gyertyán, a hegyi juhar, a bodza, a magas kőris (*Fraxinus excelsior*) és a kocsánytalan tölgy.



6. ábra: A különböző korú vágásos erdők és a szálaló erdő által nyújtotta táplálék összetételének alakulása

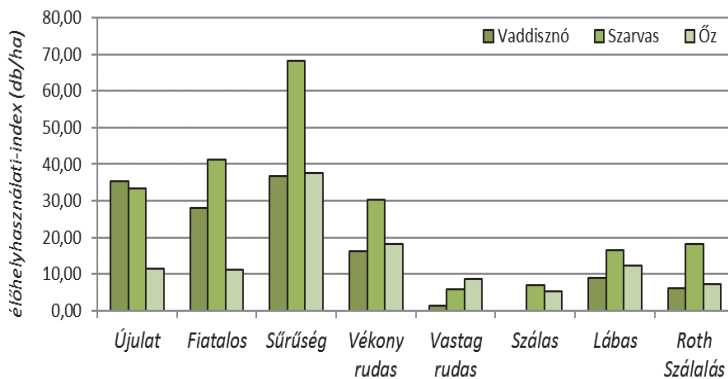
Itt különösen fontos megjegyezni, hogy a kérődzők legfontosabb tápláléka, a szeder messze a legnagyobb arányban volt jelen. Az elegyfajok nyújtotta biomassza mennyiség, leszámítva a gyertyánt, nem volt jelentős.

A szálaló erdőben a bükk dominált, aránya meghaladta a 85%-ot, jelentősebb mértékben volt jelen a gyertyán, míg a szeder csak igen kis részarányal volt jelen (6. ábra).

Az eredmények alapján elmondható, hogy a vágásos üzemmód fiatal korosztályai által nyújtott biomassza kínálat meghaladja a szálaló üzemmód által biztosítottat, ugyanakkor a közép és idős korosztály elmarad attól. Összességében azonban, szabályos vágásos erdőt feltételezve, a szálaló üzemmód átlagos táplálékkínálata nagyobb. Feltételeztük, hogy a különböző üzemmódú és korú erdők nyújtotta táplálékkínálat befolyásolja a kérődző nagyvadfajok élőhely-használatát. Ennek kimutatására ugyanazon erdőrészekben elvégeztük az élőhely-használat vizsgálatot is.

### ***Élőhely-használat vizsgálatának eredményei***

Az élőhely-használat intenzitását a gímszarvas (*Cervus elaphus*), a vaddisznó (*Sus scrofa*) és az őz (*Capreolus capreolus*) esetében vizsgáltuk. A használatot hullaték db/ha értékben fejeztük ki. Az így kapott értékek a soproni mintaterület szálaló erdőtömbjére vonatkozóan a következők voltak. Őz 7,4 db/ha és gímszarvas 18,2 db/ha; vaddisznó 6,2 db/ha. A vágásos üzemmód esetében a különböző korosztályok átlagértékei: őz 14,9 db/ha; gímszarvas 28,9 db/ha; vaddisznó 18,1 db/ha.



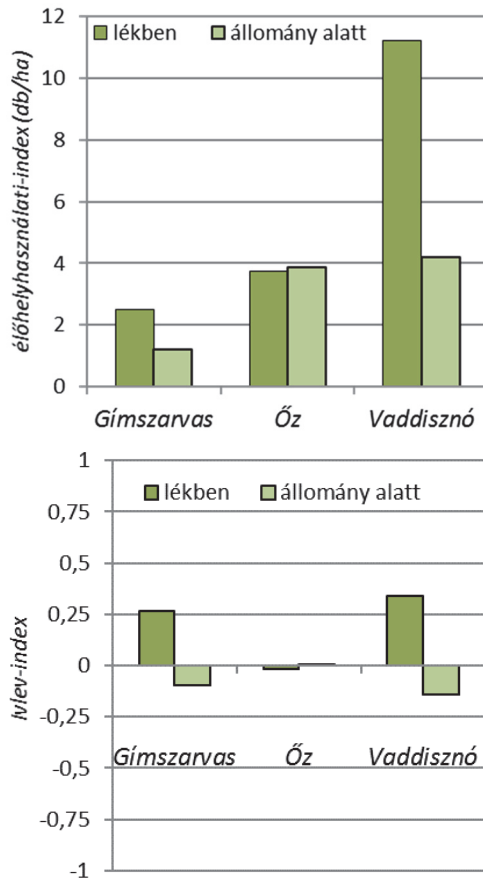
**7. ábra:** Nagyvadfajok élőhely-használati indexe különböző korosztályú vágásos erdők és a szálaló erdő esetén.



Az eredmények alapján elmondható, hogy a vágásos üzemmódú erdők intenzívebb használattal jellemezhetőek, a gímszarvas esetében 1,5×-ös, őznel 2×-es, vaddisznónál 3×-os emelkedés figyelhető meg.

Korosztályi viszonyokat elemezve, mindhárom vadfaj esetében a legmagasabb használati érték a sűrűség korú korcsoporthoz tartozik (7. ábra).

Az őz esetében mindösszesen két korosztály értéke haladja meg az átlagot, ezek a sűrűség- és a vékonyrudas korcsoport. A gímszarvas hullatékok száma négy korosztály esetében magasabb az átlagnál: újulat, fiatalos, sűrűség korú és vékonyrudas korcsoport. A vaddisznó értékei az átlaghoz képest az újulat, a fiatalos és a sűrűség korú korcsoport esetében voltak magasabbak.



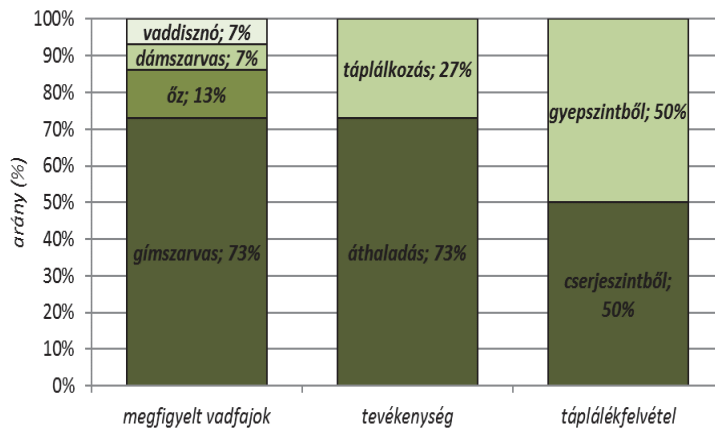
8. ábra: Nagyvadfajok élőhely-használata és élőhely-preferenciája lékes felújítással érintett erdőben

A lécek használatáról – a kaszói vizsgálati területek eredményeit alapul véve – elmondható, hogy mind a gím (2,5 db/ha), mind pedig a vaddisznó (11,2 db/ha) esetében intenzívebb használatot lehet megállapítani a léceken belül, mint az állomány alatt (gímszarvas: 1,2 db/ha, vaddisznó 4,2 db/ha). Az őz esetében közel egyforma a két terület használata (lécek: 3,7 db/ha; állomány alatt: 3,9 db/ha). Az Ivlev-index-szel elvégzett preferenciavizsgálat azt mutatta, hogy mind a vaddisznó mind pedig a gímszarvas által a lécek preferáltak voltak az idős állományokhoz képest (8. ábra).

A 0-nál magasabb értékek azt mutatják, hogy az említett vadfajok előnyben részesítették ezeket a területeket. Az őz esetében a két élőhely között a preferenciát tekintve nem volt jelentős különbség.

### *Vad viselkedésének elemzése*

A kaszói mintaterületek léceiben elhelyezett kamerák felvételeinek elemzése során vizsgáltuk a különböző vadfajok előfordulását és lécen belüli viselkedését (9. ábra).



**9. ábra:** A mintaterületen megfigyelt vadfajok előfordulása és viselkedésük

A megfigyelések alapján 73%-ban gímszarvas, 13%-ban őz és 7–7%-ban dámszarvas és vaddisznó fordult elő a léceken. A megjelenések 73%-ában a megfigyelt vad csak áthaladt a lécen, a további esetekben történt táplálékfelvétel is, ezek 50–50%-a volt a gyepszintből illetve a cserjeszintből.

## Az eredmények értékelése

Vizsgálatainkat három különböző élőhelyen és három fafajjal, bükkal, kocsányos és kocsánytalan tölgygel végeztük. Célunk volt meghatározni a nagyvad szerepét az erdők folyamatos erdőborítással történő kezelésében és megbecsülni a nagyvadfajok és az átalakító és szálaló üzemmódú erdő kölcsönhatásait. Ennek érdekében vizsgáltuk a vad táplálkozásának hatását az erdő felújuló képességére a lékekben, a csemeteszám és a magasság alakulását, illetve vad táplálkozásának hatását az előbbiekre.

E hatás, a vad viselkedéséből levezethető jellegének vizsgálatára a lékekben mozgásérzékelővel ellátott kamerákat helyeztünk el. Ezek segítségével meg tudtuk határozni azt, hogy a lékek táplálékkínálatából mi vonzó a nagyvadfajok számára, illetve azt, hogy mely nagyvadfajok, milyen mértékben használják a lékeket. Eredményeinket preferenciavizsgálatok segítségével egészítettük ki.

A vad táplálkozása, élőhely-használata és diszperziója döntően a táplálék-kínálat térbeli eloszlásának és az élőhely nyújtotta búvóhelyek elhelyezkedésének függvénye (STAINES, 1974), melyeket az üzemmód által meghatározott élőhely-minőség és élőhely-szerkezet alakít ki. Vizsgáltuk ezért a szálaló erdő és a lékek nyújtotta táplálékkínálatot és összehasonlítottuk azt a vágásos üzemmódban kezelt erdők kínálatával, egyben megvizsgáltuk azt, hogy a takarás mennyiben befolyásolja az élőhely-használatot.

Immobilis szervezetek, így a növények esetén is, a mintaterületes sűrűségbecslési eljárásnak a kvadrát módszer ajánlott, különösen akkor, ha két-nél több növényfajjal van dolgunk (KREBS, 1999), és ezek közül is a négyzetes mintaterületeket részesítik előnyben (BULLOCK, 1996). Leggyakrabban ajánlott a 4–10 négyzetméteres mintaterületek alkalmazása (IRWIN – PEAK, 1979). Az előzőeknek megfelelően terveztük meg kizárásos felvételeinket, amelyek a vad környezetre gyakorolt hatását jól szemléltethetik, a csemeték számának és magasságának alakulásával.

Figyelembe véve azt, hogy az újulat csemeteszáma exponenciálisan csökken az idő előrehaladásának függvényében (ASSMANN, 1961), nem meglepő, hogy vizsgálatunkban a vad által nem látogatható területeken is csökkent a csemeték száma, csakúgy, mint a szabad területen. Ez alól csak a kaszói szabadterület volt kivétel, ahol emelkedett a csemeték száma. Ennek az az oka, hogy a kerített terület nagyobb, sűrűbb és magasabb szeder borítása miatt, a lék létrehozása utáni későbbi években újabb makk nem tudott kicsírázni és/vagy a megeredt csemeték pusztulása nagyobb mértékű volt, a kisebb szederborítással rendelkező szabad területhez képest. Emellett ugyanakkor, a vadragás felvételek jól mutatták a nagyvad táplálkozásának a csemeteszám csökkenésére gyakorolt hatását, hasonlóan ahhoz, ahogy egyes

szimulációs kísérletek is mutatták (EIBERLE, 1975; POLLANSCHÜTZ, 1988; NÁHLIK – WALTER-ILLÉS, 1998). Ennek ellenére, a soproni terület kocsanytalan tölgyesében, a kaszóinál jóval kisebb nagyvadállomány sűrűség és a kísérő növényzet kisebb borítása mellett a csemeteszám magasabb volt, ami nagyobb biztonságot jelent arra vonatkozóan, hogy kellő számú tölgy maradjon a lék sikeres felújításához. Ugyanakkor azt is ki kell hangsúlyozni, hogy a kaszói területek lékjciben bár nem volt magas a hektáronként kívánatos tölgy csemeteszám, a felújításnak ebben a stádiumában az összes fafaj csemeteszámának valószínűleg elegendőnek tűnik a megfelelő záródás eléréséhez.

A csemeték számának és növekedésének alakulását számos tényező befolyásolja. Ilyenek a bontás időpontjának megválasztása és ezzel összefüggésben a makktermés, a talajban élő károsítók mennyisége, az időjárási viszonyok, a lékek mérete és fényviszonyai, a megjelenő növényzet mennyisége és minősége, valamint természetesen a vad károkozása. A felsorolt tényezők közül a lékek méretének és a cserjeszint (szeder) szerepének hatása vizsgálatunk során is igazolhatónak bizonyult. A soproni mintaterületek esetében a kisméretű lékek csemetéinek magassági növekedése elmaradt a nagyméretű lék újulatától, szabadterületen és kerített területen egyaránt. Feltételezhető ezért, hogy a két léktípus közötti különbséget, elsősorban a fényviszonyok, esetleg a termőhelyi tényezők közötti eltérések okozhatták és nem a vad rágása. Következésképpen a lékek méretének kialakításakor szem előtt kell tartani, hogy a lékben megfelelő fényviszonyok uralkodhassanak az újulat megjelenéséhez és növekedéséhez.

Ugyanakkor a kerített és szabadterület csemetéi között fellépő magasságkülönbség kialakulásában – ha nem is egyedüli hatásként – szerepet játszott a nagyvad jelenléte, azzal együtt, hogy a megfigyelt átlagos vadrágás mértéke nem haladta meg esetünkben a 20%-ot. A cserjeszint újulatra gyakorolt hatását a kaszói területen tapasztaltak támaszthatják alá, ugyanis itt – némi meglepetésre – a szabadterületen nagyobb volt a tölgycsemeték magassága, mint a kerített területeken, ahol a szederborítás statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt, valamint a szeder magassága is meghaladta a szabadterületen megfigyelteteket. A szeder az újulat megjelenését gátolhatja, a csemeték pusztulását vagy növekedésének lassulását okozhatja az árnyékolás és gyökérkonkurencia révén, ugyanakkor a csemeték pusztulását hónyomás révén is okozhatja (NÁHLIK, 1996). Ezért túlzott térnyerését meg kell akadályozni a lékekben elvégzett ápolásokkal. Annak, hogy a kaszói területen a csemeték magassága a bekerített területeken meghaladta a szabadterületi értékeket, egyértelműen az egyéb fajok gyökérkonkurenciája és árnyékolása volt az oka. Ezt mutatja az is, hogy szabad területen az egyéb fásszárú fajok rágása erőteljesebb volt, így azok magassága viszont elmaradt a bekerített területhez képest. Anélkül, hogy egy vizsgálatból messzemenő következteté-

seket vonnánk le a nagyvadfajok rágásának szerepét illetően, ez a tény mindenképpen figyelemre méltó.

Ugyancsak a fenti megállapításokat támasztják alá az egyes fajok rágása iránti preferenciavizsgálatok eredményei is. A vadrágás vizsgálata során kimutatható volt, hogy a téli időszakban mind a tölgy mind pedig a cser, sok koegzisztens fajjal szemben alulpreferáltságot mutatott, ugyanakkor a tölgy a nyár folyamán ugyan a kedvelt, de nem a legkedveltebb fajok közé tartozott. Mindkét időszakban kedveltek voltak a nagy zöld tömeget adó, rágást jól tűrő elegyfajok (gyertyán, mogyoró, stb).

Az elegyfajok jelenléte az év minden időszakában kimutathatóan tehermentesítheti a főfafajt a vadrágás alól. Ezért a lékek kezelése során szükségesnek tartjuk az elegyfajokkal történő gazdálkodást is, mivel ezek – megfelelő arányban – az üzemmód sikerességét jelenthetik. Irányadó e tekintetben – akárcsak a vágásos üzemmód felújításainak vizsgálata során kapott eredményeink esetében is – az lehet, hogy kímélni kell az ápolás során a fásszárú elegyfajokat általában, de vissza kell szorítani a szedret, amely gyökérkonkurenciájával, árnyékolásával, télen hónyomással a tölgy csemetéinek túlélését veszélyezteti, nem utolsósorban pedig – preferált faj lévén – odavonzza a nagyvadat, amely rágásával a célállomány csemetéit is fokozottan veszélyeztetni fogja (NÁHLIK, 1996).

Az elegyfajok megjelenését nagyban befolyásolja a lék mérete, ezt jól mutatta a soproni kisméretű lékek alacsony fajszáma, és a tölgy magas aránya. A lékek – az ott kialakult cserjeszint nyújtotta táplálék mennyisége és változatossága miatt – vonzóvá válhatnak a vad számára az átalakító üzemmóddal kezelt tömbökön belül. Ezt bizonyítja vizsgálatunk eredménye, ugyanis gímszarvas és vaddisznó esetében kimutatható volt a lékek intenzívebb használata és preferenciája. Ugyanakkor figyelemre méltó, hogy a válogató táplálkozást folytató (koncentrátumszelektáló) őz egyformán használta a két élőhelytípust. A vaddisznó esetében szükséges megemlíteni, hogy Kaszón, ahol a lékek megfelelő takarást nyújtottak, elsősorban a szeder révén, a faj a lékeket elsősorban búvóhelyként használta, és nem táplálkozó helyként. Ezt támasztják alá a videofelvételek, amelyekben nem volt megfigyelhető a vaddisznó táplálékfelvétele.

A soproni területen elvégzett táplálékkínálati és élőhely-használati vizsgálatok eredményei alapján kijelenthetjük, hogy a szálaló erdő ugyan nagyobb táplálékkínálatot jelent a növényevő nagyvadfajoknak, mint a korosztályi megoszlását tekintve szabályos vágásos erdő, az élőhely-használatot tekintve mégis elmarad mögötte. Ennek oka a vágásos erdők fiatalabb korosztályaihoz képest kisebb takarás. Valószínűsíthető azonban, hogy, ha nagyobb területen csak szálaló erdő állna a vad rendelkezésére, megtalálná itt is a megfelelő búvóhelyet, ez a tétel azonban még jövőbeni bizonyításra

szorul, hiszen jelenleg ennek a vizsgálatára nincs megfelelő terület. Eredményeink alapján ugyanakkor bizonyított, hogy a nagyvad eloszlása egy nagyobb kiterjedésű szálaló erdőben sokkal egyenletesebb lesz, mint a vágásos üzemmód esetén. Ezért nem alakulnának ki olyan nagy létszámú nagyvadcsapatok, a vad egyenletesebben terhelné az élőhelyét, ami kedvező a vadragás és egyéb erdei kárformák bekövetkezési valószínűségének csökkenése miatt. Ugyanakkor ez a tény, nemkülönben pedig a kisebb mértékben feltárt, összességében nagyobb átlagos fedettséggel rendelkező erdők, kétségtelenül meg fogják nehezíteni a vadállomány hasznosítását, vagyis a létszámcsökkentést.

Nehezen prognosztizálhatóak a nagyvad fajok reakciói a bemutatott élőhely-változásokra, mivel hazánkban nincs tapasztalat 50-év fölötti szálaló erdők élőhely-kínálatáról és vadeltartó képességéről. Ezért rendkívül fontosnak tartjuk a folyamatos erdőborításra történő átállással érintett területek monitoringját, annak érdekében, hogy a vadfajok reakciója időben észlelhető legyen, és szükség esetén megtörténhessen a megfelelő beavatkozás.

## Irodalom

- ASSMANN, E. (1961): Waldertragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. – BLV Verlagsgesellschaft, München. 490. pp.
- BULLOCK, J. (1996): Plants. In: SUTHERLAND, W.J. (ed.): Ecological census techniques. – Cambridge University Press. pp. 111–137.
- EIBERLE, K. (1975): Ergebnisse einer Simulation des Wildverbisses durch den Tribschnitt. – Schweiz. Z. Forstwesen **126**(11): 821–839.
- IRWIN, L.L. – PEAK, J.M. (1979): Shrub production and biomass trends following five logging treatments within the cedar-hemlock zone of northern Idaho. – For.sci. **25**: 415–426.
- IVLEV, V. S. (1961): Experimental ecology of the feeding of fishes. – Yale University Press, New Haven, Connecticut
- KREBS, CH. J. (1999): Ecological methodology. Second ed. – Addison Wesley Longman.
- NÁHLIK A. (1989): A gímszarvas (*Cervus elaphus* L.) táplálkozásökológiájának vizsgálata téli nyomkövetések alapján. – Nimród Fórum IV.
- NÁHLIK, A. (1996): A vadkár mérséklésének lehetősége az erdősisítés ápolások helyes ütemezésével és kivitelezésével. – Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények **40–41**: 93–113.
- NÁHLIK, A. – WALTER-ILLÉS, W. (1998): Die Einwirkung des Wildverbisses auf die Mortalität und das Höhenwachstum der Pflanzen verschiedener Baumarten – ein simuliertes Experiment. – Beiträge zur Jagd- und Wildforschung, Halle/Saale, Deutschland **23**: 95–105.
- POLLANSCHÜTZ, J. (1988): Ergebnisse aus Untersuchungen über die Auswirkungen simulierten Verbisses an Fichte. – Zeitschrift des Tiroler Jagdverband **40**: 13–17.
- STAINES, B.W. (1974): A review of factors affecting deer dispersion and their relevance to management. – Mammal Review. **4**(3): 61–124.

### 3.4. részprojekt: Természetvédelmi és konzervációbiológiai vonatkozások elemzése

Részprojekt felelős szervezeti egység: EMK Növénytani és Természetvédelmi Intézet

#### A TERMÉSZETVÉDELMI ÉS A KONZERVÁCIÓBIOLÓGIAI VONATKOZÁSOK ELEMZÉSE

BARTHA DÉNES<sup>(1)</sup> – KORDA MÁRTON<sup>(1)</sup> – KOVÁCS GÁBOR<sup>(2)</sup> – TÍMÁR GÁBOR<sup>(3)</sup> – PARCZEN BENEDEK<sup>(1)</sup> – NAGY BÁLINT<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Növénytani és Természetvédelmi Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

<sup>(2)</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Környezet- és Földtudományi Intézet  
9400 Sopron, Cházár A. tér 1.

<sup>(3)</sup>NÉBIH Erdészeti Igazgatóság  
Heves megyei Igazgatósága  
3300 Eger, Szövetkezet u. 4.

#### Bevezetés

Az elmúlt évtizedben jelentős változások kezdődtek a magyar erdőgazdálkodásban. Az eddig szinte kizárólagosan alkalmazott vágásos üzemmódok mellett megjelent a szálaló és az átalakító üzemmód is. Elképzeléseink szerint az újonnan bevezetett eljárások a biodiverzitás és a természeti rendszerek változatosságát és stabilitását fogják növelni. A változások miatt bekövetkező átalakulások nyomon követése a biológiai sokféleségre gyakorolt hatásuk miatt alapvető fontosságú. Ahhoz, hogy ezeket a változásokat megfelelően tudjuk értelmezni, illetve értékelni, feltétlenül szükséges egy alaplapot jellemző elemzés elvégzése. Ezt az elemzést bizonyos időközönként megismételve nyomon tudjuk követni erdeink változásait, folyamatos képet kaphatunk a hazai erdők természetességéről, illetve annak változásáról.

Az alábbiakban ismertetett kutatásainkkal létrehoztunk egy több léptékben is értékelni képes monitoring rendszert, mely országos, megyei és erdészeti táj szinten, de akár erdőrészlet léptékben is alkalmas arra, hogy az erdők állapotának változásairól valós képet adjon.

Az elvégzett elemzések során két alapvető kérdésre kerestük a választ: 1. hazánk jelenlegi erdőszülségét figyelembe véve, az aktuális faállományok milyen viszonyban vannak az adott erdőrészlet termőhelyi adottságaiból meghatározott potenciális-természetes erdőtársul-csoporttal; 2. a különböző jogi védettségi kategóriák milyen összefüggésben vannak az erdők természetességi állapotával.

## **Anyag és módszer**

Az elemzéseink alapját mindkét esetben az Országos Erdőállomány Adattár adatbázisa adta. Eredményeink a 2012. januári 1-i állapotokat tükrözik.

### ***Anyag és módszer az aktuális faállománytípusok és a potenciális természetes erdőtársulás-csoportok összehasonlító elemzése esetén***

Az elemzéshez szükséges természetes vegetációállapot kiválasztásában BARTHA (2005) munkája volt iránymutató. 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 ez bír leginkább gyakorlati jelentőséggel.

Az elemzéshez az egyes erdőrészletek termőhelyre (klíma, hidrológia, genetikai talajtípus, termőréteg mélység, fizikai talajféleség), illetve faállomány-típusra vonatkozó adatait vettük figyelembe. Az adott erdőrészletre 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 et. al. (2005) munkája nyomán azonosítottuk 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 (mind a termőhelytípus-változat, mind az aktuális faállománytípus) erdőrészlet léptékű információ. Ez 0,1–100 ha-os, országos átlagban ~5,0 ha-os térbeli felbontást jelent. A termőhely ennél – különösen hegyvidéken – jóval mozaikosabb lehet, így a jellemzően kisebb kiterjedésű termőhelytípus-változatok és az azokhoz tartozó PTE-k (pl. szikladomborzatú erdők, mészkerülő 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 mészkerülő 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.

Az átalakítottságra vonatkozó elemzéseinkben az egyéb kemény (6,8%) és lágú (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 termé-

szetes erdőtársulással nem jellemezhetők, rajtuk természetközeli erdőgazdálkodást folytatni nem lehet.”

Utóbbi csoportba tartoznak pl. a homoki gyepek, sziki fátlan növény-társulások termőhelyére ültetett mesterséges faállományok (akár tájhozonyos fajok esetén is).

A nyert adatok arra is alkalmasak voltak, hogy egy termőhelyi tényezőkön alapuló, durva skálájú, országos léptékű áttekintést nyújtsunk az erdők természetességéről. A skálán 4 kategóriát különítettünk el. 1.: a potenciális természetes erdőtársulás-csoportnak megfelelő, őshonos fafajú állományok, 2.: a potenciális természetes erdőtársulás-csoportnak nem megfelelő, de őshonos fafajú állományok, 3.: a potenciális természetes erdőtársulás-csoportnak nem megfelelő, idegenhonos fafajú állományok, 4.: a nem erdő termőhelyen álló állományok.

Ennek a természetesség elemzésnek alapvető feltétele volt, hogy a PTE elemzések során kapott eredményeket a durva skálán el tudjuk helyezni. Ezt úgy tudtuk megtenni, hogy a termőhelyi adottságokból meghatározott potenciális természetes erdőtársulás-csoportokhoz hozzárendeltük az adattárban megjelölt faállománytípusokat. (Megjegyzendő, hogy a néha meglepőnek tűnő párosítások pl.: AC–KTT, KBE azzal magyarázhatóak, hogy az Adattár adatai nem térnek ki az alapközvetre, így több esetben is előfordul, hogy nem lehet egyértelműen eldönteni, hogy a területen melyik a megfelelő PTE).

Fontos továbbá, hogy az egyéb kemény lombosok faállománytípus-csoporton belül a fekete diós, a vörös tölgyes és az egyéb kemény lombos faállomány típusok; valamint az egyéb lágylombosok faállománytípus-csoporton belül az egyéb lágylombos faállomány típus külön kezelendők. Ezek a faállomány típusok mindig a 3. csoportba tartoznak.

### ***Anyag és módszer a védettségi státusz és a természetesség kapcsolatának elemzése esetén***

Ebben az esetben a nyert eredmények kizárólag az Országos Erdőállomány Adattár adatainak elemzéséből származnak. Az elemzések során elsősorban arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a jogi védelem, illetve annak hiánya jelentkezik-e az erdők természetességi állapotában. Ennek megfelelően az ország minden faállománnyal borított erdőrészletét csoportosítottuk a védettség jogi státusza szerint (védett, fokozottan védett, nem védett), az elemzésbe bevontuk a NATURA 2000 területeket is (NATURA 2000 védett, NATURA 2000 fokozottan védett, NATURA 2000 nem védett). Minden erdőrészlet esetén leválogattuk a hozzárendelt természetességi mutatót (természetes erdők, természet szerű erdők, származék erdők,

átmeneti erdők, kultúrerdők, faültetvények). A kapott eredményeket hektárban és százalékban ismertetjük.

## Eredmények és értékelésük

### *Eredmények és értékelésük az aktuális faállománytípusok és a potenciális természetes erdőtársulás-csoportok összehasonlító elemzése esetén*

A témában elvégzett elemzéseink eredményeit, illetve azok részletes elemzését BARTHA et al. (2014) közli, így itt ennek csak a legfontosabb megállapításait, illetve az eredmények táblázatos összefoglalását adjuk közre (1. táblázat). 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 leírólapon elírás vagy helytelen termőhely-meghatározás történt.

Az eredmények ismertetését a továbbiakban a potenciális természetes erdőtársulás-csoportonként végezzük.

## Klímazonális erdőtársulás-csoportok

**Hegy- és dombvidéki bükkösök:** Potenciálisan 129 702 ha-on állhatnának bükkösök, aktuálisan ezeknek a termőhelyeknek 70,6%-án fordul elő bükk állomány. 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 jelen. A domb- és hegyvidéki termőhelyeink közül a legkevésbé átalakított, illetve átalakult termőhelyek.

**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 lágú lombosok (20,0%) és erdeifenyvesek (17,8%) állnak. Jelentős még az akácok (8,5%), az egyéb kemény lombosok (7,6%) és a cserések (3,5%) területfoglalása is. Gyertyános-kocsányos tölgyes termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 31,0%-ban vannak jelen.

**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 cserések (20,5%), és elegyetlen kocsánytalan tölgyesek (13,4%) borítják. Előbbiek részben az erdőgazdálkodás által átalakított, részben határhelyzetű állományok, utóbbiak egy része természet szerűnek mondható (gyertyánt természetesen is kis mennyiségben tartalmazó) állomány. Az akácok területe a hegyvidéki, természet szerű PTE-k között itt a legnagyobb, aránya is igen jelentős (18,7%). Jelentős még az egyéb kemény lombosok (9,4%) és az erdeifenyvesek (6,7%) területfoglalása is. Gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 29,0%-ban vannak jelen, melyből 9,6% kultúrfaenyves.

**Cseres-kocsányos tölgyesek:** Földrajzilag jól lokalizálható PTE. Potenciálisan 11 736 ha-on állhatnának cseres-kocsányos tölgyesek, aktuálisan ennek mintegy 22,0%-án találunk cseres állományt. A termőhely fennmaradó területein legnagyobb arányban akácok (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 jelen.

**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 fennmaradó terület legnagyobb részét akácok (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 jelen. Termőhelyük erdőszűtsége közepes.

## Szikladomborzatú erdők

**Sziklaerdők:** Az adatbázis adatainak elemzése alapján potenciálisan 36 041 ha sziklaerdő található hazánkban. BARTHA (2013) szerint a sziklaerdők és a törmelékeltő-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) 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, melynek 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

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

## Mészkerülő erdők

**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 jelen.

**Mészkerülő gyertyános-kocsánytalan tölgyesek:** A termőhelyi adatok alapján potenciálisan 50 840 ha-on állhatnának mészkerülő 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 erdei fenyvesek (3,5%) találhatóak. Mészkerülő gyertyános-kocsánytalan tölgyes

termőhelyen idegenhonos fajok állományai mintegy 7,7%-ban vannak jelen.

**Mészkerülő kocsánytalan tölgyesek:** Potenciálisan 19 938 ha-on állhatnának mézkerülő 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 akácosok (4,0%), a feketefenyvesek (9,2%) és az erdeifenyvesek (2,6%) területfoglalása is. Mézkerülő kocsánytalan tölgyes termőhelyen idegenhonos fajok állományai mintegy 15,9%-ban vannak jelen.

**Fenyőlevegyes tölgyesek:** Potenciálisan 9 400 ha-on fordulhatnak elő fenyőlevegyes 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 akácosok (7,4%) és a lucfenyvesek (3,3%) számottevő aránya is. A fenyőlevegyes tölgyesek esetében az idegenhonos állományok kiterjedése egyértelműen nem határozható meg, mivel az erdeifenyves állományok esetleges lombelegyének arányát nem ismerjük. Földrajzilag lokális PTE, országos adatbázisból így rosszul elkülöníthető.

### 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 akácosok (28,3%) és feketefenyvesek (11,3%) állnak. Méz- és melegkedvelő tölgyes termőhelyen idegenhonos fajok állományai mintegy 44,0%-ban vannak jelen.

**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 akácosok (27,7%) és a feketefenyvesek (15,7%) vannak jelen. Bokorerdő termőhelyen idegenhonos fajok állományai jelentős részesedéssel, mintegy 45,0%-ban vannak jelen.

## 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 képezheték 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 fafajok állományai mintegy 8,8%-ban vannak jelen. Folyamatosan változó hullámtéri 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. Ezeken 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 fafajok állományai mintegy 32,0%-ban vannak jelen.

**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 fafajok állományai mintegy 36,7%-ban vannak jelen.

**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 égeresek nem kerültek külön értékelésre). 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 fafajok állományai mintegy 15,0%-ban vannak jelen.

## 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 égeresek nem kerültek külön értékelésre). 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 jelen.

**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 nyírfajok nem kerültek külön értékelésre) és 26,0%-ban egyéb kemény lombosokat.

## Erdőssztyepp-erdők

**Lösztölgyesek:** Potenciálisan 11 837 ha a lösztölgyesek területe. Termőhelyükön ma 12,3%-ban cseresek, 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 jelen.

**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 jelen.

**Homoki tölgyesek:** Potenciálisan 241 456 ha-on állhatnának homoki tölgyesek, de ennek ma csupán csak 7,3%-ban fordulnak elő a kocsányos tölgyesek és 3,8%-ban hazai nyárasok. Termőhelyük döntő többségét akácok (53,7%) és nemes nyárasok (16,6%) foglalják el, de jelentős az erdeifenyvesek (7,5%) kiterjedése is. Homoki tölgyes termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 79,3%-ban vannak jelen.

**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 akácok (41,0%), feketefenyvesek (19,0%), erdeifenyvesek (11,8%) és nemes nyárasok (9,7%) foglalják el. Borókás-nyáras termőhelyen idegenhonos fafajok állományai mintegy 82,0%-ban vannak jelen, ezzel az értékkel a hazai erdőtársuláscsoportok között az első helyen áll.



## 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 lágy lombosok (5,5%) aránya is.

1. táblázat: A potenciális természetes erdőársulás-csoportok és az aktuális faállomány-típusok területfoglalása Magyarországon

Potenciális természetes erdőársulás-csoport ↓	Aktuális faállomány-típus → Térület (ha)	Bükkösök		Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek		Gyertyános-kocsányos tölgyesek		Kocsánytalan tölgyesek		Kocsányos tölgyesek		Cseresek		Molyhos tölgyesek			
		%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)
<b>Bükkösök</b>	129.702																
<b>HDB</b>	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		
<b>Gyertyános - tölgyesek</b>	579.224																
<b>GY-KST</b>	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	-	-		
<b>GY-KTT</b>	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		
<b>Cseres - tölgyesek</b>	229.680																
<b>CS-KST</b>	11.736	-	-	0,1	10	0,4	53	2,3	273	12,4	1.458	21,9	2.570	0,2	21		
<b>CS-KTT</b>	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		
<b>Szikladomborzatú erdők</b>	37.268																
<b>SZI-E</b>	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		
<b>SZU-E</b>	507	54,2	275	5,9	30	-	-	7,6	38	-	-	0,6	3	-	-		
<b>TŐ-E</b>	720	41,2	296	10,6	76	-	-	6,4	46	0,0	0	3,8	28	-	-		
<b>Mészkerülő erdők</b>	101.565																
<b>AC-B</b>	21.386	73,4	15.708	6,5	1.385	-	-	6,8	1.451	0,0	0	0,5	97	-	-		
<b>AC-GY-T</b>	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		
<b>AC-KTT</b>	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		
<b>EF-L</b>	9401	1,7	156	2,4	225	4,9	458	2,2	207	10,9	1.026	11,1	1.042	-	-		

Potenciális természetes erdőfársulás-csoport ↓	Aktuális faállomány-típus → 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-LÁP	14.070	-	-	-	-	0,1	12	0,0	0	2,2	309	0,1	8	-	-	-	-
FÜ-NYÍ-LÁP	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erdőssztyepp erdők	489.378																
LŐ-KST	11.837	-	-	-	-	0,1	9	1,2	137	9,2	1.094	12,3	1.459	1,0	116		
SZI-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		
Természetközeli 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 természetközeli 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		

Potenciális természetes erdőtürsülés-csoport ↓	Aktuális faállomány-típus → Terület (ha)	Bükkösök		Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek		Gyertyános-kocsányos tölgyesek		Kocsánytalan tölgyesek		Kocsányos tölgyesek		Cserések		Molyhos tölgyesek	
		%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)
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 erdőtürsülés-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)
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
Szikladomborzatú 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

Potenciális természetes erdő társulás-csoport ↓	Aktuális fa-állomány-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)	
Mészkerülő 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	4.654	29,2	5.778	32,9	6.509	0,0	1	0,0	3	-	-	-	-	
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	
Láperdők	14.155																			
É-LÁP	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-NYÍ-LÁP	85	-	-	26,0	22	-	-	-	-	74,0	63	-	-	-	-	-	-	-	-	
Erdőssztyepp erdők	489.378																			
LŐ-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	

Potenciális természetes erdő társulás-csoport ↓	Aktuális fa-állomány-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)
<b>SZI-KST</b>	2.792	7,6	211	12,7	356	7,5	209	12,8	357	0,5	13	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>HO-KST</b>	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
<b>BO-NY</b>	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
<b>Természetközeli erdő-teremőhely</b>	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
<b>Nem természetközeli erdő-teremőhely</b>	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
<b>Nem azonosítható</b>	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
<b>Összesen</b>	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

HDB: Hegy- és dombvidéki bükkösök

GY-KST: Gyertyános-kocsányos tölgyesek

GY-KTT: Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek

CS-KST: Cseres-kocsányos tölgyesek

CS-KTT: Cseres-kocsánytalan tölgyesek

SZI-E: Sziklaerdők

SZU-E: Szurdokerdők

TÖ-E: Törmelékjítő-erdők

AC-B: Mészkerülő bükkösök

AC-GY-T: Mészkerülő gyertyános-kocsánytalan tölgyesek

AC-KTT: Mészkerülő kocsánytalan-tölgyesek

EF-L: Fenyőkegyes tölgyesek

BAZ-T: Mész- és melegkedvelő tölgyesek

KBE: Bokorerdők

BOK-FÜ: Síkvidéki bokorfűzések

FÜ-NY: Síkvidéki fűz-nyár ligeterdők

T-K-SZ: Síkvidéki tölgy-kőris-szil ligeterdők

É-LIG: Hegy- és dombvidéki ligeterdők

É-LÁP: Fűgerlapok

FÜ-NYÍ-LÁP: Fűz- és nyírlapok

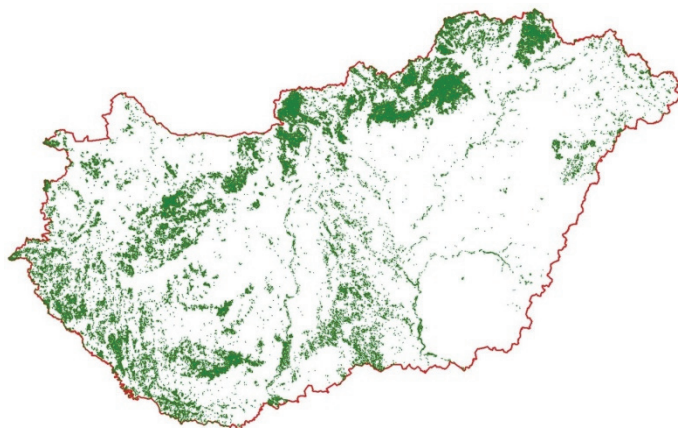
LŐ-KST: Lőszertölgyesek

SZI-KST: Sziki tölgyesek

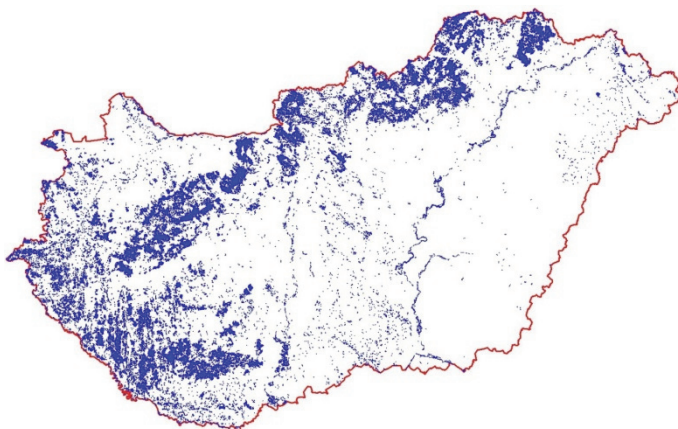
HO-KST: Homoki tölgyesek

BO-NY: Borókás-nyárasok

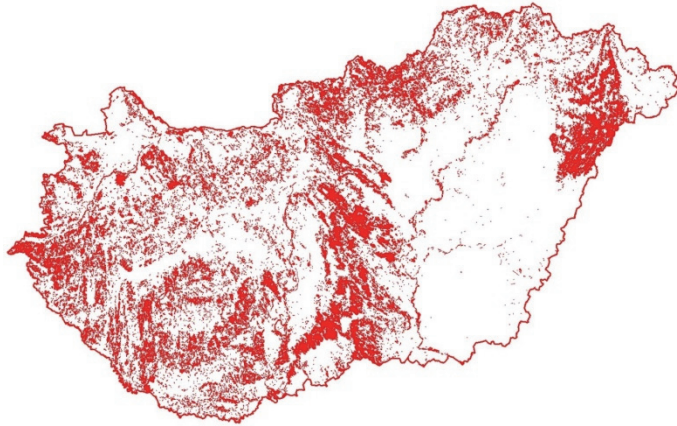
A termőhelyi adottságok figyelembevételével meghatározott potenciális természetes erdőtürsulás-csoportok és aktuális faállománytípusok összevetése alkalmas egy országos léptékű természetességi elemzés elvégzésére is. Ennek eredményeit az alábbi térképeken ábrázolva közöljük. Az 1. ábra a *potenciális természetes erdőtürsulás-csoportnak megfelelő, őshonos fafajú állományok*, a 2. ábra a *potenciális természetes erdőtürsulás-csoportnak nem megfelelő, de őshonos fafajú állományok*, a 3. ábra a *potenciális természetes erdőtürsulás-csoportnak nem megfelelő, idegenhonos fafajú állományok* és a 4. ábra a *nem erdő termőhelyen álló állományok* magyarországi mintázatát mutatja.



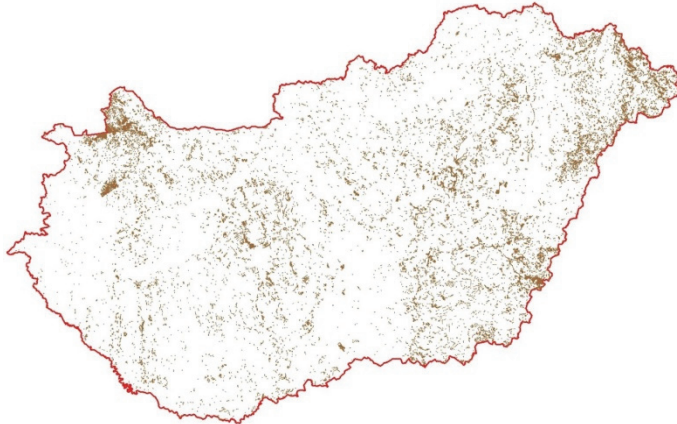
**1. ábra:** A potenciális természetes erdőtürsulás-csoportnak megfelelő, őshonos fafajú állományok Magyarországon



**2. ábra:** A potenciális természetes erdőtürsulás-csoportnak nem megfelelő, de őshonos fafajú állományok Magyarországon



**3. ábra:** A potenciális természetes erdőtársulás-csoportnak nem megfelelő, idegenhonos fafajú állományok Magyarországon



**4. ábra:** A nem erdő termőhelyen álló állományok Magyarországon

### **Értékelés az aktuális faállománytípusok és a potenciális természetes erdőtársulás-csoportok összehasonlító elemzésének eredményei alapján**

Szinte valamennyi potenciális természetes erdőtársulás több-kevesebb mértékben átalakult vagy átalakított. Az aktuális faállományok potenciálistól való eltérése mind a folyamatosan változó termőhelyi tényezőkkel, mind pedig 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 faálló-



mányok létrehozása a gyertyános-kocsányos tölgyesekben, a cseres-kocsányos tölgyesekben, valamint a homoki tölgyesekben a legproblematisabb. A nem erdészeti tájhasználat közvetett hatásaként ugyancsak jelentkezik az egyes tájakon a talajvízszint csökkenése, így a termőhelyek átalakulása, ami 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 faállományok kerülnek ültetésre vagy sem.

### ***Eredmények és értékelésük a védettségi státusz és a természetesség kapcsolatának elemzése esetén***

Az elemzés során az erdőrészek természetességi kategóriánkénti megoszlását vizsgáltuk a természetvédelmi oltalom függvényében.

Az alább közölt eredmények esetében hangsúlyozandó, hogy korábban hasonló elemzések nem készültek, így a kapott adatok alapállapotnak tekinthetők. A védelmi státusz tényleges hatásának megállapítására az elemzések adott időközönkénti ismételt elvégzése szükséges.

Az elemzésbe bevont (faállománnyal borított erdőrészek) összes kiterjedése 1 887 856 ha, ezek természetességi mutatók szerinti megoszlását a 2. táblázat mutatja.

**2. táblázat:** A magyarországi erdők természetességi mutatók szerinti megoszlása

<b>Természetes erdők</b>	<b>Természszerű erdők</b>	<b>Származék erdők</b>	<b>Átmeneti erdők</b>	<b>Kultúrerdők</b>	<b>Faültetvények</b>	<b>Összes</b>
152,47	457700,60	544760,20	102351,80	654031,40	128860,40	1887856,00

Hazánk faállománnyal borított területéből 1 486 158 ha nem élvez természetvédelmi oltalmat. A nem védett erdők közül a legnagyobb területtel a kultúrerdők (41%) bírnak. Jelentős még a származék erdők (25%) és meglepően magas a természetyszerű erdők (21%) aránya is. Az átmeneti erdők (5%) és a faültetvények (8%) százalékos aránya viszonylag alacsony.

A védett erdők kiterjedése hazánkban 335 508 ha, (vagyis mintegy 1 100 000 hektárral kevesebb, mint a nem védett erdőké). Védett erdeink többsége a származék erdők (41%), illetve 36%-os értékkel a természetyszerű erdők közül kerülnek ki. Érdekes, hogy viszonylag jelentős a kultúrerdők aránya is (13%). Említésre érdemes, hogy a védett erdők között mindösszesen csak 52 ha (0,02%) természetes erdő van.

Magyarországon 66 191 ha fokozottan védett erdő található, melynek 45%-át származék erdők, míg 35%-át természetyszerű erdők adják, de ezek mellett jelentős a kultúrerdők aránya is (11%). Érdekes, hogy ebben a kategóriában is minimális a természetes erdők aránya 0,13% (85 ha), míg a faültetvények kiterjedése meghaladja az ezer hektárt (2,4%) (3. táblázat).

**3. táblázat:** A természetesség a természetvédelmi oltalom függvényében

Védelmi státusz	Természetes erdők	Természetyszerű erdők	Származék erdők	Átmeneti erdők	Kultúrerdők	Faültetvények	Összes	Mértékegység
Nem védett	15,91	313497,40	378339,00	77200,23	602968,16	114137,48	1486158,18	ha
	0,00	21,09	25,46	5,19	40,57	7,68	100,00	%
Védett	51,77	121085,37	136667,68	20801,48	43748,56	13153,18	335508,04	ha
	0,02	36,09	40,73	6,20	13,04	3,92	100,00	%
Fokozottan védett	84,79	23117,85	29753,51	4350,08	7314,68	1569,74	66190,65	ha
	0,13	34,93	44,95	6,57	11,05	2,37	100,00	%

Tekintve, hogy a hazai jogszabályi oltalom alatt álló területek jelentős mértékben – de nem teljesen – átfednek a Natura 2000 területekkel, ezért erre a védelmi formára külön elemzést végeztünk (3. táblázat). Az adatbázis szerint mintegy 779 011 ha faállománnyal borított terület került be a Natura 2000 hálózatba. Ebből mintegy 64 253 ha fokozottan védett, illetve 318 987 ha védett. Ezek az értékek nem különböznek jelentősen a védett és fokozottan védett kategóriáknál elemzett értékektől és az egyes természetességi kategóriák esetében kapott százalékos értékek is közel azonosak.

A természetvédelmi oltalom alatt nem álló Natura 2000 erdők összes kiterjedése 395 773 ha. Ezek legnagyobb hányadát a származék erdők (37%) teszik ki, de hasonló jelentőségűek a természetyszerű erdők (33%) is. A fennmaradó kategóriák megoszlása: kultúrerdők 18%, átmeneti erdők 5% és faültetvények: 4% (4. táblázat).

4. táblázat: A természetesség a Natura 2000 oltalom függvényében

Védelmi státusz	Természetes erdők	Természszerű erdők	Származék erdők	Átmeneti erdők	Kultúrerdők	Faültetvények	Összes	Mértékegység
Natura 2000 nem védett	2,73	129277,85	146713,51	21064,58	71811,91	16902,11	395772,69	ha
	0,00	32,66	37,07	5,32	18,14	4,27	100,00	%
Natura 2000 védett	51,77	131452,49	124437,97	18207,54	32488,81	12348,08	318986,66	ha
	0,02	41,21	39,01	5,71	10,19	3,87	100,00	%
Natura 2000 fokozottan védett	61,29	22755,78	29133,24	4190,75	6560,47	1552,23	64253,76	ha
	0,10	35,42	45,34	6,52	10,21	2,42	100,00	%

Figyelembe véve, hogy korábban hasonló elemzés még nem készült, így összehasonlításra jelenleg nem nyílik lehetőség. A jelen dolgozatban közölt adatokkal az volt a célunk, hogy megteremtsük egy későbbi összehasonlító elemzés alapjait. Mindezzel annak lehetőségét kívántuk megteremteni, hogy számszerűsíthető adatokkal tudjuk értékelni területi védelem hatékonyságát a hazai erdők esetében.

## 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. (2013): Természetvédelmi élőhely-ismeret. – Mezőgazda Kiadó, Budapest
- BARTHA D. – KORDA M. – KOVÁCS G. (2014): A potenciális természetes erdőtársulások és az aktuális faállománytípusok összevetése országos szinten. – Erdészettudományi Közlemények **4**(1): megjelenés alatt.
- BARTHA D. – 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. – TÍMÁR G. (2005): A kis részarányú termőhelytípus-változatokhoz rendelhető természetes erdőtársulás-csoportok. – Kézirat, Sopron
- BÖLÖNI J. (2001): Főbb erdőtársulás-csoportok részaránya az Országos Erdőrezervátum-hálózatban. ER, Az erdőrezervátum-kutatás eredményei **1**(1): 45–52.

### **3.5. részprojekt: A diverzitás, természetesség és a stabilitás, ellenállóképesség elemzése a folyamatos erdőborításnál**

**Részprojekt felelős szervezeti egységek: NAIK Erdészeti Tudományos Intézet; EMK Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet; EMK Növényteni és Természetvédelmi Intézet**

#### **AZ ÚJULAT EGÉSZSÉGI ÁLLAPOTÁNAK FELMÉRÉSE LÉKEKBEN ÉS ZÁRT ÁLLOMÁNYBAN**

KÁMPEL JÓZSEF – CSÓKA GYÖRGY – HIRKA ANIKÓ – RÁSÓ JÁNOS

Nemzeti Agrárkutatói és Innovációs Központ  
Erdészeti Tudományos Intézet  
9600 Sárvár, Várkerület 30/A.

A vizsgálatokat Bejczyertyános és Vép térségében végeztük 2 éven keresztül, évente 2 alkalommal, májusban és szeptemberben. Mindkét helyszínen 2–2 lékben, ill. a léket körülvevő állományban, összesen 41–41 mintaponton vizsgáltuk az újulat egészségi állapotát. Mintapontonként 1 m<sup>2</sup>-en megszámoltuk az ott található fafajok élő és elpusztult csemetéinek darabszámát.

Az újulat egészségi állapotának minősítésénél az alábbi tényezőkre térünk ki:

- Az abiotikus károk: fagykár, aszálykár
- A biotikus károk: lombon élő rovarok (lombrágók, levélsodrók, levélaknázók, gubacsképzők), pajzstetvek, vadkár, levélgombák. Lombrágás esetében 5 fokozatot alakítottunk ki a lombrágás mértékének pontosabb megállapítására:

1: –10% 2: 11–30% 3: 31–50% 4: 51–70% 5: 71%–

## Csemeteszámok alakulása a mintaterületeken

1. táblázat: Élő csemeték száma a vizsgált területeken

Csemeteszám (db)	2013 tavasz	2013 ősz	2014 tavasz	2014 ősz
Bejcgertyános 13/A 6. összesen	61	48	17	26
Bejcgertyános 13/A 8. összesen	86	83	38	54
Vép 32/D 7. összesen	253	260	244	243
Vép 32/D 9. összesen	242	266	271	257

2. táblázat: Üres mintapontok száma a vizsgált területeken

Üres mintapont (db)	2013 tavasz	2013 ősz	2014 tavasz	2014 ősz
Bejcgertyános 13/A 6. összesen	17	15	31	25
Bejcgertyános 13/A 8. összesen	15	10	22	20
Vép 32/D 7. összesen	1	0	2	1
Vép 32/D 9. összesen	2	1	0	0

Mindkét bejcgertyánososi területen alacsony volt a csemeteszám a vizsgálat éveiben, átlagosan 1–1 terület 41 mintapontján összesen 52 db. 2014 tavaszára még tovább csökkent a csemeték száma, bár 2014 őszére kismértékű növekedés volt megfigyelhető. Ezen a 2 területen magas volt az üres mintapontok száma is, így viszonylag kevés adat áll rendelkezésre.

A vépi 2 területen jóval nagyobb volt a csemeteszám, átlagosan 1–1 terület 41 mintapontján összesen 255 db. Vép térségében legfeljebb csak 1–2 mintapont volt üres.

A csemeték pusztulása mindkét térségben megfigyelhető volt, elsősorban 2013 folyamán. A bejcgertyánososi területeken tapasztaltunk erőteljesebb pusztulást.

### Abiotikus károk

Fagykár tüneteit az újulaton a vizsgált 2 évben nem tapasztaltuk. 2013 aszályos, míg 2014-ben csapadékos év volt. A csemeték 2013-as pusztulásában mindkét területen szerepet játszott az aszályos időjárás, de ezt egyértelműen nem lehet bizonyítani.

## Biotikus károk

### *Bejcgertyános*

A Bejcgertyános 13/A 6. és 8. területén a csemetek túlnyomó többsége kocsánytalan tölgy volt. Emellett még megtalálható volt néhány gyertyán, vadcseresznye és akác csemete is.

Az alacsony csemeteszám miatt kevés adatot sikerült az itt található 2 területről összegyűjteni. Bejcgertyános 13/A 6. mintaterületén, 2013. tavaszán talált 61 db csemete 92%-án megfigyelhető volt 10%-osnál nagyobb lombrágás. Ez az adat 2013 őszén 58% volt. 2014. tavaszán a 17 db csemete közel fele volt rágott, összesen a 26 csemete 42%-a. Bejcgertyános 13/A 8. területén, 2013 tavaszán a csemetek 1 kivételével mind rágottak voltak, ráadásul több mint 2/3-uknál a rágás nagyobb volt 70%-osnál. 2013 őszén a csemetek 37%-án észleltünk lombrágást. 2014 tavaszán a csemetek 4/5-e volt rágott, összesen 59%-a.

A lombrágáson kívül 2013 tavaszán mindössze 2 vadragott gyertyánt találtunk. Más biotikus kártevő, kórokozó nem fordult elő. 2013 őszén a csemetek 44%-án (amelyek természetesen mind kocsánytalan tölgyek voltak) lisztharmitot (*Microsphaera albitoides*) észleltünk, különböző intenzitású. Emellett a leveleken 2 aknázó faj (*Tischeria* sp., *Stigmella* sp.) is megjelent, igaz csak 1-1 csemeten. 2014 tavaszán a két területen a lombrágáson kívül semmilyen más károsítót, kórokozót nem találtunk. 2014 őszén mindössze 1 leválaknázó fajt (*Tischeria* sp.) találtunk néhány egyeden.

## Vép

### Rovarok

A vizsgálatok 2 éve alatt a következő rovarfajokat találtuk a területen:

lombrágók: *Acrobasis* sp., *Caliroa cinxia*, *Conistra vaccinii*, *Erannis marginaria*, *Operophtera brumata*, *Periclista* sp. *Phyllobius argentatus*

levélaknázók: *Phyllonorycter* sp., *Profenusa* sp. *Rhynchaenus* sp., *Stigmella* sp., *Tischeria* sp.

gubacsképzők: *Aphelonix cerricola*, *Andricus crispator*, *Andricus srockingerii*, *Arnoldia cerris*, *Arnoldia hartigi*, *Arnoldia szepligetii*, *Chilaspis nitida*, *Contarinia subulifex*, *Eriophies cerris*, *Neuroterus macropterus*, *Pseudoneuroterus saliens*, *Synophrus* sp.,

pajzstetvek: *Parthenolecanium* sp.

## Vad

A 2 év során mindössze néhány csemete volt vadragott, de a vad valódi hatását ez nem jelzi pontosan, hiszen a területek nincsenek bekerítve, így nem tudható, hogy mennyi csemete tűnt el a vad miatt.

## Kórokozók

Mindössze 2 kórokozó faj nyomait fedeztük fel a területeken, az *Apiognomonina quercus*-t és a *Microsphaera alphitoides*-t, mindössze néhány egyeden.

Az adatok további elemzése folyamatban van.

## Magyarországi lombos fák levélknázóinak parazitoid komplexumai

A jelenleg is változó klímaviszonyok egyre növekvő hatást gyakorolnak a növényvilágra, így erdeinkre is. Ennek egyik közvetett hatása lehet az erdei rovarok gyakoribb és súlyosabb tömegszaporodása, mely várhatóan jelentős ökonómiai és ökológiai károkat fog okozni, beleértve a tömeges fapusztulás lehetőségét is. Számos, egymástól független tanulmány megállapította, hogy a vegetáció diverzitása csökkenti a rovarkárok kialakulásának kockázatát. Az erdő természetességének egyik ismérve a kiterjedt táplálékhálózat. A levélknázók fajszáma világszerte csaknem 10 ezerre tehető, így kiváló modell-csoportot képeznek a többszintű interakciók tanulmányozására, ezen belül arra is, hogy a vegetáció diverzitásának milyen hatása van a levélknázók parazitoidjainak népességére és szabályzó képességükre.

A levélknázók természetes ellenségeinek legnagyobb jelentőséggel csoportját a parazitoidok adják, melyek a hártványászárnyúak (*Hymenoptera*) rendjébe tartoznak. A parazitoidok fontos összetevői egy élőhely ökológiai egyensúlyának szempontjából és jelenlétük hatásosságát a gazdaszervezetek nagyfokú mortalitásán keresztül mérhetjük.

Az aknázók parazitoid együtteséről készült listák folyamatosan bővülnek, különösen az elmúlt évek tudományos szakkikkeinek és kutatásainak fennállása miatt.

## Anyag és módszer

A 7 771 levélaknázó mintát három év alatt (2011–2012–2013) gyűjtöttük 97 mintavételi helyről, 57 növényfajról (lágyl- és fásszárúak). Mindhárom év mintavételi időszaka májustól októberig tartott, és lefedte az 54 levélaknázó faj mindkét generációjának levélaknában töltött időszakát. A terepen begyűjtött aknázott levelekből, a nevelésre való előkészítés során, az aknákat kivágtuk, és pár óra szikkasztás után egyedileg kódolt, hálós tetejű (szellőző) nevelőfiolákba helyeztük. A neveléseket 2–3 naponta ellenőriztük. A kikelt parazitoidokat alkoholban, míg az aknázók imágóit vattában, fiolákban tároltuk. A parazitoidokat George Melika és Thuróczy Csaba határozta. Az aknák egy részéből sem a gazdarovar, sem pedig parazitoid nem kelt ki. Az elpusztult levélaknázó mintákból nehezen lehet megállapítani, hogy az parazitált volt-e vagy sem. Ezért a parazitáltsági százalékok megállapításánál csak azokat a mintákat vettük alapul, amelyekből vagy az aknázómoly, vagy a parazitoid kelt ki.

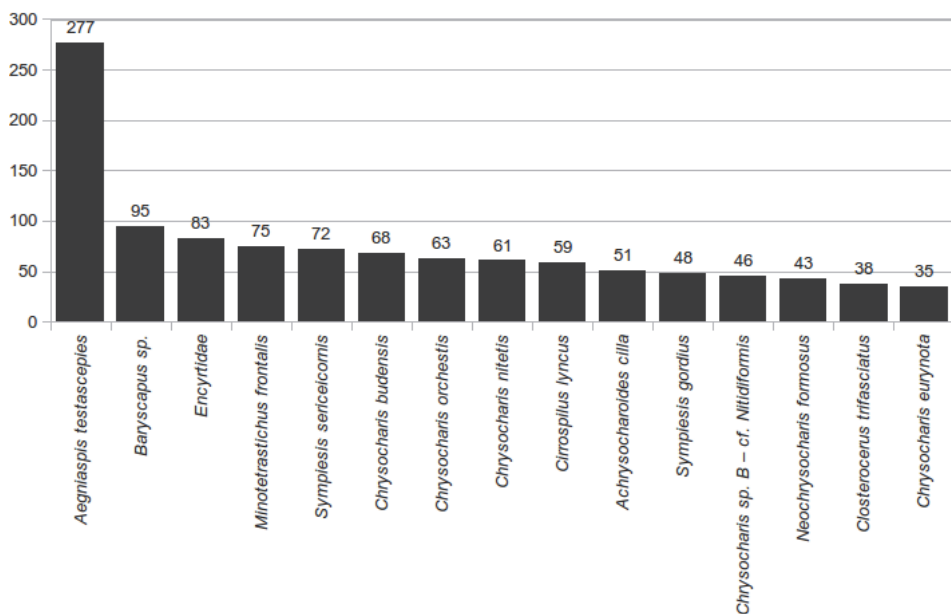
## Eredmények és következtetések

Az eddigi nevelésekből összesen 58 faj 1 447 parazitoid egyedét sikerült azonosítani. Mintáink túlnyomó többsége a *Chalcidoidea* öregcsaládba tartoznak. Ezek mellett a kikelt minták között *Ichneumonidae* és *Braconidae* családba tartozó fürkészdarazsakat is sikerült azonosítani.

Az eddigi eredményeink alapján elmondható, hogy a minták nagyfokú hasonlóságot mutatnak a hasonló tápnövényen élő, de nem rokon aknázómolyok parazitoid együttese között. Úgy tűnik, hogy egyes élőhelyeken előforduló parazitoid együttes faj gazdaságának mértékéhez a tápnövénynek sokkal nagyobb szerepe van a parazitoid együttes faj összetételében, mint magának az aknázónak.

A gazda-parazitoid parazitoid közösség összetételét nagymértékben meghatározza a növénytársulás fajgazdagsága. A parazitoid komplexumok faj összetétele nagymértékben változhat különböző földrajzi viszonyok között.





1. ábra: Az 58 azonosított parazitoid faj közül az 15 leggyakrabban előforduló parazitoid faj egyedszám szerinti rangsora

### A léknyitásnak a rovarrevő énekesmadarak denzitására gyakorolt hatásai

A vizsgálat helye: Püspökladány 24/I erdőrészletben, kocsányos tölgy állományban, a természetközeli erdőkezelés során létesített 3 db lék.

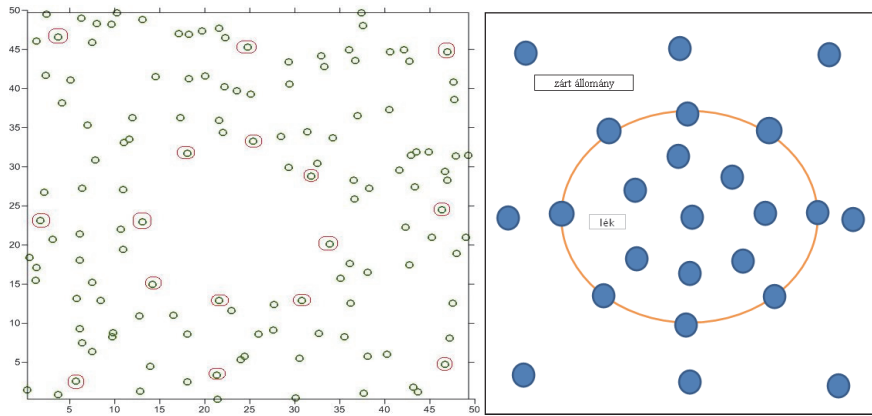
A Püspökladány 24/I erdőrészlet főfajai a kocsányos tölgy, amely az erdőtervi adatok szerint 92%-ban található az erdőrészletben, valamint a magas kőris (*Fraxinus excelsior* L.), amelynek aránya 8%. Az erdőrészlet faállományának kora 60 év, léknyitás előtti záródása 98%. A főfajok mellett található még az erdőrészletben turkesztáni szil (*Ulmus pumila* L.), amerikai kőris (*Fraxinus pennsylvanica* MARSH.), madárcseresznye (*Prunus avium* L.), egybibés galagonya (*Crataegus monogyna* JACQ.).

Az erdőrészletben a lékek körül kijelöltünk egy-egy 50×50 méter nagyságú vizsgálati területet. A kísérleti parcellák egymástól kb. 100 m-re találhatók. A lékek átmérője körülbelül 20 m, ami jelen körülmények között egy famagasságnak felel meg.

A műhernyók kihelyezésének metodikája:

A lékszegélyben, illetve az állományban is, a fő- és mellékégtájak irányában található kocsányos tölgy egyedekre, három magasságban a négy égtáj szerint.

A műhernyók STAEDTLER FIMO SOFT, trópusi zöld színű (jelzése: -53) gyurmából készültek, és pillanatragasztóval rögzítettük a fákra.



2. ábra: A vizsgálati parcellán belüli kihelyezési metodika ábrázolása



3. ábra: A műhernyók elhelyezése a mintafákon

Kihelyezésre került a fákra területenként 192 db műhernyó – összesen 576 db – valamint a lékekben található kocsányos tölgy újulatra 38 db. Így összesen 614 db műhernyó került a vizsgálati területekre.

## Felvetett kérdések

- Milyen a megoszlás a rovar – madár predáció között?
- Van-e összefüggés a mintafák elhelyezkedése (lék – zárt állomány) és a predáció mértéke között?
- Van-e összefüggés a műhernyók égtájak szerinti elhelyezkedése és a predáció mértéke között?
- Van-e összefüggés a lékszegélyben álló fákra kihelyezett műhernyók elhelyezkedése és a predáció mértéke között?
- Van-e összefüggés a műhernyók magasság szerinti elhelyezkedése és a predáció mértéke között?
- Van-e összefüggés a lékben és a lékszegélyben, talaj közelben elhelyezett műhernyók predáció mértéke között?

## Eredmények

A vizsgálat eredménye szerint a műhernyókat érő predációs hatásokban lényegesen nagyobb az összesített rovar predátorok aránya a madarakhoz képest. A rágásnyomok alapján rovarok közül az aranyos bábrabló (*Calosoma sycophanta*), valamint a különböző hangyafajok (*Formicidae*) aránya kimagasló, de jelentős számban jelentkezett a parazitoidok aránya is. A madárfajok közül vizuális megfigyelés alapján feketeterigó (*Turdus merula*), széncinege (*Parus major*), csuszka (*Sitta europaea*) és rövidkarmú fakusz (*Certhia brachydactyla*) volt beazonosítható. A rovar rágásnyomok, illetve a madár csőrnyomok beazonosítása a kitűnően archivált műhernyó minták további vizsgálatával történik.

Egyértelműen magasabb a lékszegélyben és a lékben a predált műhernyók aránya a zárt állományban tapasztaltnál, amely a fedettség hiányának tudható.

Magas a lékszegély Nyugati oldalán tapasztalt predáció a lék más égtájaihoz viszonyítva. Az erdőállományban az egyes fákon elhelyezett műhernyók közül is a Keletei oldalon levőket érte nagyobb predáció.

A kihelyezési magasságokat összehasonlítva a zárt erdőterületen kiegyenlített a különböző szinteken a predáció mértéke, míg a lékszegélyben kimagasló a talaj közelében, amelynek oka egyrészt a hangyafajok és más talajon élő rovarfajok nagyobb egyedsűrűsége, másrészt a léknyitás során létrejövő alacsony növényzetű terület, a talajszintben is táplálkozó madárfajok számára vonzó.

A lékben, a fiatal kocsányos tölgy egyedeken, illetve a lékszegélyben a talajszinthez közel elhelyezett műhernyókat közel azonos mértékben érte predáció.

## Összefoglalás

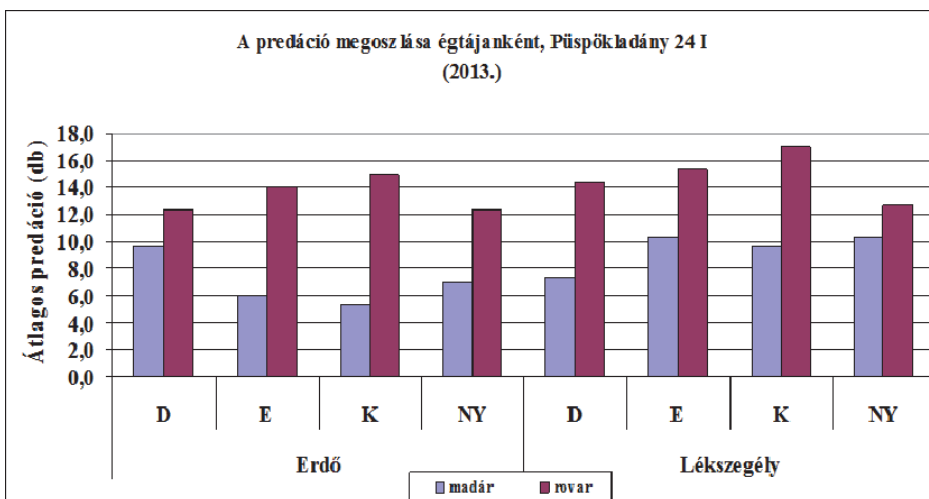
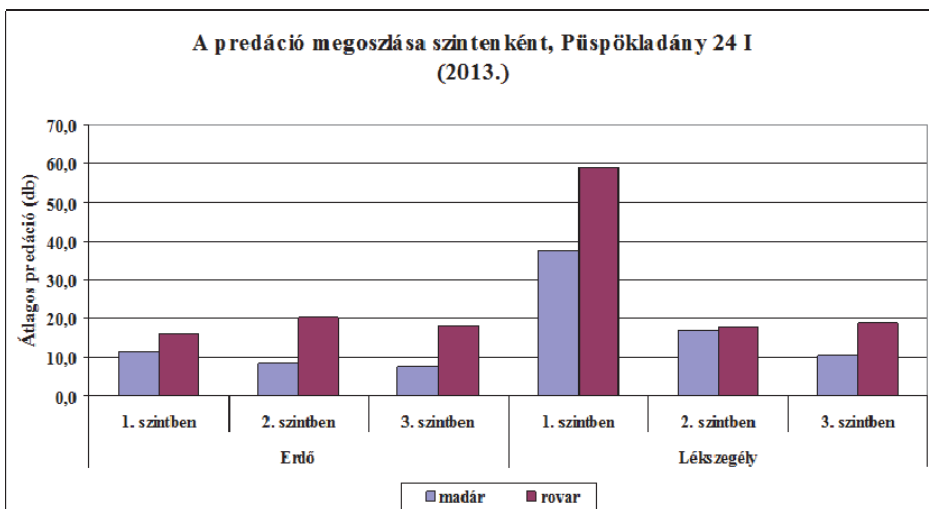
A vizsgálat arra a kérdésre kereste a választ, hogy a vizsgált kocsányos tölgy erdőállományban, a természetközeli erdőgazdálkodás során nyitott lékek hatnak-e a lombrágó hernyókat fogyasztó lokális madárfauna táplálkozási szokásaira, illetve a változás milyen hatással van denzitásukra? A vizsgálat eredményei igazolják, hogy a léknyitás során megszűnő növényzettakarás a fatörzsön levő hernyók számára megnöveli a predációs nyomást. Ennek hatása legfőképp a talajszinthez közeli magasságban érzékelhető, amely azt jelzi, hogy elsősorban a talajon is táplálkozó madárfajok hasznosítják nagyobb arányban a herbivor hernyókat. Ez pedig hatással lehet a rovarevő madárfajok reprodukciós sikerére, vagyis pozitívan hat az adott területen a denzitásukra.

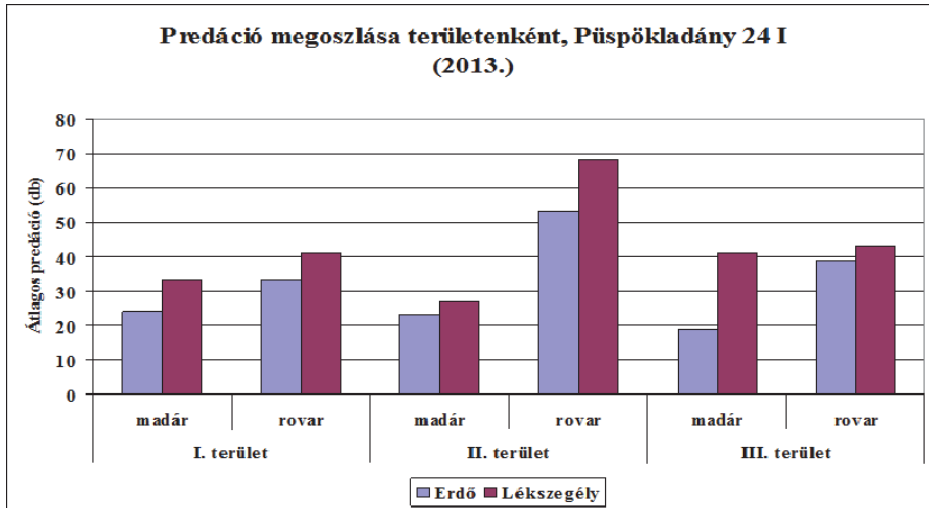


4. ábra: Predáció nyomai a műhernyón

3. táblázat: A Püspökladány 24/I erdőrészlet mintaterületeinek eredményei

Püspökladány 24 I	Első ellenőrzés	Második ellenőrzés	Harmadik ellenőrzés	Összes predáció	<i>Eltűnt</i>	Mindösszesen
I. terület (db)	101	29	41	171	21	192
II. terület (db)	133	21	27	181	11	192
III. terület (db)	120	3	47	170	22	192
Összesen (db)	354	53	115	522	54	576
Arány (%)	61,5	9,2	20,0	90,6	9,4	100,0





5a, b, c. ábra: A predáció megoszlása a Püspökladány 24/I erdőrészletben szintenként, élettípusonként és területenként

### A léknyitásnak a környező állomány reprodukciós képességére gyakorolt hatásai (a termő egyedek megoszlása a lékekkel érintett állományban)

A léknyitás makktermésre gyakorolt hatásairól jelenleg kevés ismerettel rendelkezünk. Annál bővebb irodalom áll rendelkezésre a természetes felújítási módok közül a fokozatos felújítógátnak a tölgyek makktermésére gyakorolt hatásairól. A természetközeli kezelési eljárás is azokra az eredményekre épül, hogy a megbontott állományban az egyes fák fénytöbblet, valamint nedvességtöbblet, illetve nedvességigényhez jutnak, minek következtében a makktermésük fokozódik. A lékek kialakítása az állományban az állományszerkezet inhomogenitása felé hat. Ezáltal az egyes egyedeknek, a különböző forrásokhoz való hozzáférhetőségét széles skálán nyújtja el. Kutatásaink során vizsgáltuk, hogy ennek nyomán, a koronaszintben bekövetkező változásoknak milyen hatásai lesznek a termő egyedek állományon belüli megoszlására, azaz egyed szinten vizsgáltuk a strukturális diverzitás változásának reprodukciós képességre gyakorolt hatásait. A többlet fényhez és nedvességhez való hozzájutás csupán néhány kedvezményezett helyzetű, lék széli pozícióba került egyednek volt lehetséges. Feltételezésünk szerint e fák termése kulcsfontosságú lehet a lékek felújulásában.

## Anyag és módszer

Kutatásunkat két helyszínen folytattuk. A kettő erdőrészletben (Vép 32/D és Nádasd 3/A) a 2011-es év során, február és március hónapokban 12–12 db kísérleti lék kialakítására került sor. A kísérleti lékek kb. egy fahossz hosszúak, és fél fahossz szélesek (30×15m). Ez a meglévő kutatási infrastruktúra kiváló helyszínt szolgáltat a reprodukciós képességre gyakorolt hatások vizsgálatára. A vizsgálat előkészítéseként egy Field-Map terepi adatgyűjtő rendszer segítségével megtörtént a faegyedek pozícionálása, törzstérképek készítése a lékeket határoló állományról, lékenként egy-egy 50×50m-es parcellában. A törzstérképeken az egyes faegyedek koronavevőterületei is láthatóak.

A minták begyűjtésére a vizsgálat helyszínéül szolgáló két erdőrészletben (Vép 32/D és Nádasd 3/A), a lékeket középütt magukba foglaló 50×50m-es parcellák valamennyi cser és tölgy egyedei alatt került sor. Részletenként 5 parcella (négy különböző tájolású és egy kontroll) került bevonásra ebbe a kutatásba. A vizsgált faegyedek esetében a négy fő égtáj szerint a koronavevőterület felében elhelyezett négy darab, egyenként 0,25 m<sup>2</sup> területű kvadrátban a lehullott makkok begyűjtését hajtottuk végre a projekt futamideje alatt két alkalommal (2012 ősz, 2013 ősz). A termés mennyiségének és károsítottságának meghatározását benti feldolgozás keretében végeztük. A helyszíni számolás helyett az egyes mintavételi helyekről előre felcímkézett műanyag tasakokba gyűjtöttük a makkokat. Az egyes kvadrátokból begyűjtött mintákat a számolásig ezekben a tasakokban tároltuk. A benti feldolgozás lehetőséget adott a makkok minőség szerinti differenciálására is, így négy kategória elkülönítését tettük meg. Megkülönböztetünk léha, *Curculio* fajok által károsított, *Cydia* fajok által károsított és ép, egészséges makkokat.



**6. ábra:** Mintagyűjtés a Vép 32/D (cseres) és a Nádasd 3/A (gyertyános-tölgyes) erdőrészletekben

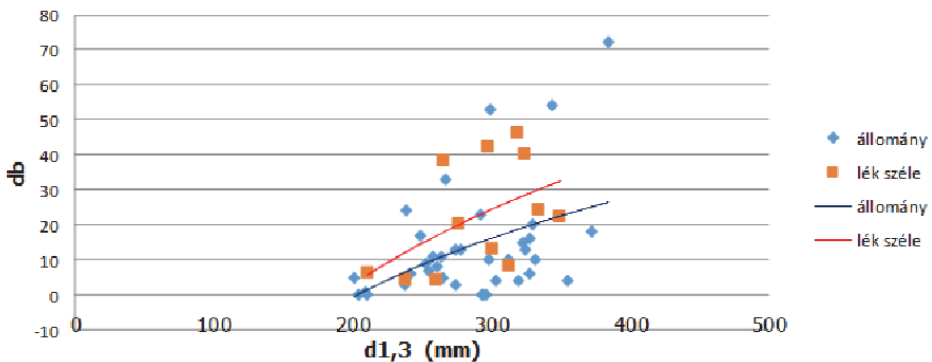
## Eredmények és következtetések

Az első felvétel során azt tapasztaltuk, hogy a lékhez képest elfoglalt pozíció nem döntő jelentőségű (amíg a korona-fejlesztés meg nem indul).

A szociális helyzet és az átmérő egymással jól korrelált, vele együtt a termésszám is trendszerűen változott. Érdekes volt, hogy a kimagasló egyedek reprodukciós hozzájárulása átlagosan kisebb volt, mint az uralkodó szintben levőké. Valószínűleg középkorú állományok esetében ezek az egyedek még a vegetatív szervek fejlesztésébe fektetnek nagyobb energiát.

A második mintavételi ciklusban (2013 ősz) tapasztaltak szerint a lékhez képest elfoglalt pozíció szerepe már kezd kirajzolódni, a lék széli egyedek valamivel többet teremtek.

A szórvány makktermések így elméletileg kiaknázhatóvá válnak a lékek felújításában, de csak évek elteltével, mire a korona regeneráció/fejlesztés lejátszódik. Sajnos azt is tapasztaltuk, hogy a lékeket az első egy két év alatt kolonizálják a gyomok, így csak az első néhány évben tapadhatnak meg nagyobb számban újabb szaporító képletek. A gravitációs úton terjedő makk nagy része csekély mértékben szóródik be, a lék középső részeibe alig jut, így kiemelkedő szerepe van a lékek felújulásában a már léknyitáskor is jelen levő újulatnak.



7. ábra: A termésszám alakulása (léhák nélkül) az átmérő függvényében, a lékhez képest elfoglalt pozíció szerinti csoportokban a Vép 32/D 12. parc. (2013)



# FAÁLLOMÁNY VISZONYOK ÉS LÉKEK HATÁSA A LEPKÉFAUNA ÖSSZETÉTELÉRE

LAKATOS FERENC – TUBA KATALIN – SIPOS GYÖRGY – HORVÁTH BÁLINT  
– NÉMETHNÉ POGÁNY CSILLA – JAMBRICH ISTVÁNNÉ – DANKÓ TIBORNÉ

Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky z. 4.

## Kutatási cél

Meghatározni, hogy a faállomány viszonyok és a lékek milyen hatással bírnak a lombfogyasztó lepkefauna összetételére.

## Vizsgálati módszer

A Soproni-hegyvidéken kijelölt projekt mintaterületekhez kapcsolódóan (különböző faállomány típusokban) 3 mintaterületet jelöltünk ki: 1 lékes és 2 vágásos üzemmódban kezelt erdőállomány. A 2013 nyarán kopogtatásos módszerrel megmintáztuk a lombfogyasztó rovarközösséget. Augusztus végén az IPC Forest szempontrendszere alapján értékeltük a kijelölt fák egészségi állapotát. 2013 őszén enyvyűrű felhelyezésével (24–24 fa) meghatároztuk az előforduló araszolólepkék fajösszetételét és populációnagyságát. A 72 mintafát 6 alkalommal ellenőriztük, amennyiben szükséges volt az enyvyűrűt megújítottuk, illetve kiegészítettük (a felhelyezett ragacsos sáv több esetben telítődött a nagyszámú araszoló nőstény miatt). Mindezt kiegészítendő mobil fénycsapdás gyűjtést is végeztünk az előforduló éjjeli lepkefauna meghatározására.

Elvégeztük a fogási eredmények és a növényzeti viszonyok összefüggéseinek elemzését.

## Eredmények

A három mintaterületen több ezer lepkét gyűjtöttünk. Mindhárom mintaterületen a téliaraszolók nőtényeit figyeltük meg magas egyedszámban. Kis téliaraszolóból (*Operophtera brumata*) 2013, míg nagy téliaraszolóból (*Erannis defoliaria*) 505 példányt detektáltunk. A két faj egyedszáma közötti jelentős különbség statisztikai próbával is kimutatható volt (Mann-Whitney teszt:  $z=3,067$ ;  $p=0,002$ ). A vizsgálat során összehasonlítottuk a gyertyánon (3 313 pld.) és kocsánytalan tölgyön (1 627 pld.) megfigyelt nőtények egyedszámát, amely során gyertyánon szignifikánsan több példányt gyűjtöttünk (Mann-Whitney teszt:  $z=-3,15$ ;  $p=0,001$ ). A két faj közötti különbség elsősorban a kis téliaraszoló esetében volt jelentős (tölgyön: 1 340 pld.; gyertyánon: 2 990 pld.; Mann-Whitney teszt:  $z=-2,044$ ;  $p=0,04$ ).

A mintaterületek összehasonlítása során a vágásos üzemmódban kezelt erdőkben megfigyelt téliaraszolók egyedszáma között nem találtunk különbséget (Mann-Whitney teszt:  $z=-0,49$ ;  $p=0,623$ ), míg a lékes üzemmódban kezelt erdőrézlet különbözött a többi mintaterülettől. A téliaraszolók egyedszáma a lékes erdőállományban volt a legmagasabb (*O. brumata*: 894 pld.; *E. defoliaria*: 240 pld.).

## Következtetések

A vizsgálati területeken a kis téliaraszoló (*Operophtera brumata*) magas egyedszámát figyeltük meg. A röpképtelen nőtények száma jóval magasabb volt gyertyánon, mint kocsánytalan tölgyön. A lékes üzemmódban kezelt erdőben magasabb volt a téliaraszolók egyedszáma, mint a vágásos üzemmódban kezelt mintaterületeken.

# A DIVERZITÁS, TERMÉSZETESSÉG ÉS A STABILITÁS, ELLENÁLLÓKÉPESSÉG ELEMZÉSE A FOLYMATOS ERDŐBORÍTÁSNÁL

CSISZÁR ÁGNES<sup>(1)</sup> – ZAXNÉ SIMON ERZSÉBET<sup>(2)</sup> – KORDA MÁRTON<sup>(1)</sup> –  
ZAGYVAI GERGELY<sup>(1)</sup> – WINKLER DÁNIEL<sup>(3)</sup> – BARTHA DÉNES<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Növénytani és Természetvédelmi Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

<sup>(2)</sup>Szombathelyi Erdészeti Rt.  
9700 Szombathely, Saághy I. u. 15.

<sup>(3)</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar  
Vadgazdálkodási és Gerinces Állattani Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

## Bevezetés

A folyamatos erdőborítás mellett megvalósuló erdőgazdálkodásra történő áttérés számos problémát vet fel. Alapvető kérdés, hogy a folyamatos erdőborítást biztosító üzemmódokban kezelt erdők stabilitása, illetve ellenállóképessége hogyan változik. Feltételezésünk szerint a folyamatos erdőborítás mellett az állományok számos káros hatással szemben jóval állékonyabbak, ezekre kevésbé fogékonyak. A részprojektben a Növénytani és Természetvédelmi Intézet az átalakító üzemmódú erdők gyomosodását, özönnövényekkel való fertőzöttségét, illetve ezeknek a megjelenő természetes újulatra gyakorolt hatását vizsgálta. A tapasztalatok szerint a hagyományos módon kezelt erdőkben végrehajtott használatok, illetve alkalmazott művelési eljárások gyakran nagy területen, jelentős bolygatással járnak, mely jellemzően a gyomosodásnak, az özönnövények megtelepedésének kedvez, vagyis az erdő természetes fajkészletének jellemző összetétele megváltozik, természetessége romlik, regenerációja csak lassan megy végbe. Úgy gondoljuk, hogy a folyamatos erdőborítás mellett történő gazdálkodásra jellemző kisebb mértékű bolygatások hatására jóval kevésbé lesz jellemző a gyomosodás, melyet az erdő lényegesen gyorsabban tud kiheverni, így a természetessége sem fog romlani. Célunk tehát az volt, hogy ennek a feltételezésnek a helyességét megvizsgáljuk.

## Anyag és módszer

Vizsgálataink helyszínének kiválasztásánál az alábbi szempontokat vettük figyelembe:

- gyertyános-kocsánytalan tölgyes állomány legyen
- özönnövényekkel jelentősen fertőzött tájban kerüljön kijelölésre a mintaterület
- statisztikailag elemezhető számú lék álljon rendelkezésre

A kutatásokat mindenképpen olyan erdőtársulás-csoportba tartozó állományban szerettük volna elvégezni, amely országosan nagy kiterjedésű, erdőgazdasági szempontból jelentős és korábban kevésbé vizsgálták. Fontosnak tartottuk, hogy a tájban legyen néhány jelentős inváziós növényfaj, melyek a vágásos gazdálkodás során keletkező vágásterületeken gondot okoznak. Így meg tudtuk vizsgálni, hogy ugyanezek, a lékekben, hogy viselkednek. Jelentős mintaszámmal kívántunk dolgozni, hogy a felmért adatokat statisztikailag is elemezhesük.

Erdőgazdálkodókkal folytatott egyeztetések alapján ezeknek a kívánalmaknak leginkább a Sárvár melletti Bejcgertyános gyertyános-tölgyes tömbje felelt meg (Szombathelyi Erdészeti ZRt.). A térségben a felújításokban több jelentős problémát okozó inváziós, illetve őshonos gyom is előfordul. Ilyen például a magas aranyvessző (*Solidago gigantea*), amerikai karmazsinbogyó (*Phytolacca americana*), siskanádtippán (*Calamagrostis epigeios*), betyárkóró (*Conyza caadensis*). A kijelölt kutatási területen (Bejcgertyános 10/D, 7/C és 6/A erdőrészletek) összesen 20 léket vizsgálhattunk, amely mintaszám elegendőnek bizonyult a statisztikai elemzések elvégzéséhez is.

A mintaterület az erdészeti klímaosztályozás szerint a gyertyános-tölgyes klímába tartozik. Klímája mérsékeltén hűvös, mérsékeltén nedves. Az átlagos évi középhőmérséklet 9,9 °C, a tenyészidőszaki 16,3 °C; az átlagos évi csapadékösszeg 675 mm, a tenyészidőszaki 415 mm (HALÁSZ, 2006).

A vizsgált erdőrészletekben az állományt alkotó fák többsége 100–150 éves, 15–30 m magas, a záródás 75–80%. Az erdőállomány az erdészeti természetességi besorolás szerint természetyszerű erdők közé tartozik. A lékek felvételezése 2013 nyarán történt, a 20 lékből a 10/D erdőrészlet lékjeit 2010-ben, míg a többi 2011-ben nyitották.

A vizsgálat során a lékek felmérését két léptékben végeztük. A nagyobb lépték a lék egészét vizsgálta. Itt a lék paramétereit (lék kora, kitettsége, lejtőszöge, szegélyében található fák átlagos magassága, valamint az észak-déli és kelet-nyugati átlók hossza), illetve a növényzetének egész lékre vonatkozó adatait (a cserjeszint és az újulat %-os borítása fajonként, a gyepszint össz-

borítása, a tíz legnagyobb borítású növényfaj, illetve az erdőgazdálkodási szempontból jelentős gyomfajok borítási értékei) rögzítettük.

A kisebb lépték a lékek növényzetének részletes vizsgálatát célozta. Ehhez minden lékben észak-dél, illetve kelet-nyugat irányú transzektet fektettünk le az átlók mentén, úgy hogy mindkét transzekt 5–5 méterrel az állomány alatt végződött.

A transzektet mentén elhelyezett 80 cm átmérőjű mintakörökben részletes felvételezést végeztünk, az átlók északi, illetve a keleti végén kezdve, a mintakörök között két mintakörnyi terület kihagyásával. A mintakörökön belül rögzítettük a lombkoronaszint, a cserjeszint és a gyepszint összborítását, valamint az egyes szintekben jelenlévő növényfajok borítási értékeit.

Az egyes növényfajok lékbeli mintázatának vizsgálatához a transzektet mentén elhelyezett mintakörök adatait transzektenként 5–5 csoportba soroltuk olyan módon, hogy az eloszlásuk a transzekt mentén szimmetrikus legyen. Az észak-déli átló esetén az első csoportba a transzekt északi végén található, állomány alatti mintakörök, a másodikba a lék északi oldalán található mintakörök, a harmadikba a lék központjában található mintakörök, a negyedikbe a lék déli oldalán található mintakörök, az ötödikbe a transzekt déli végén található, állomány alatti mintakörök kerültek. A másik transzekt esetén a mintakörök adatait az előzővel megegyező módon csoportosítottuk. A lékek alakját az átlók hányadosából képzett lékindexszel jellemeztük (EYSENRODE et al., 1998).

1. táblázat: A vizsgált lékek fontosabb jellemzői

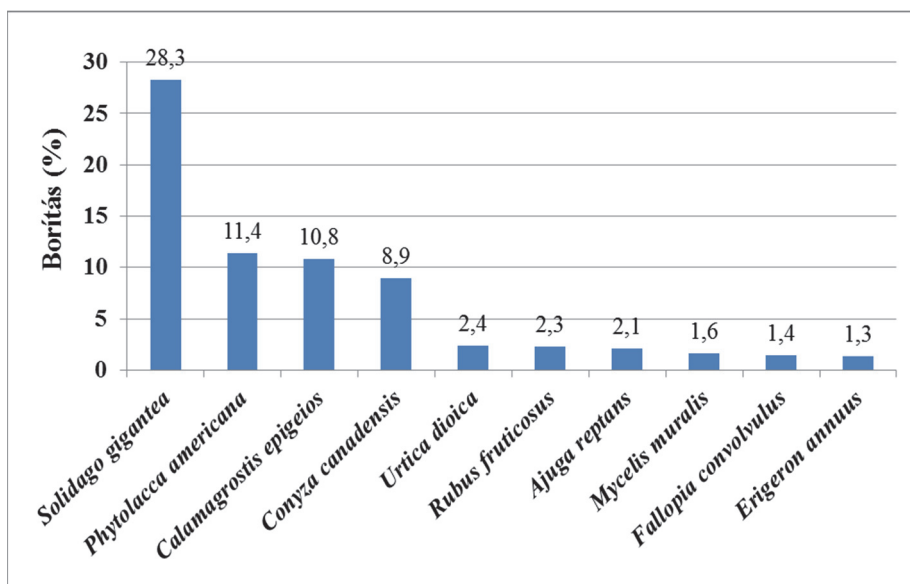
Lék jele	Átlóhossz (m)		Terület (m <sup>2</sup> )	Lékindex	Lék kora (év)	Átlagos famagasság (m)	Lejtőszög
	É-D	K-NY					
10/D 1.	23,4	20,3	373	1,2	3	36,0	3,75
10/D 2.	37,3	23,3	682	1,6	3	27,0	3,75
10/D 3.	26,0	24,0	490	1,1	3	33,5	3,75
10/D 4.	33,1	34,2	889	1,0	3	29,5	3,75
7/C 1.	21,9	17,2	296	1,3	2	33,5	3,75
7/C 2.	19,1	20,3	304	1,1	2	28,0	3,75
7/C 3.	29,3	19,0	437	1,5	2	27,5	3,75
7/C 4.	30	40,0	942	1,3	2	29,0	3,75

Lék jele	Átlóhossz (m)		Terület (m <sup>2</sup> )	Lékindex	Lék kora (év)	Átlagos famagasság (m)	Lejtőszög
	É-D	K-NY					
7/C 5.	22,5	9,4	166	2,4	2	30,0	3,75
7/C 6.	29,5	9,3	215	3,2	2	36,5	3,75
7/C 7.	33,0	8,1	210	4,1	2	29,0	3,75
7/C 8.	19,2	19,0	286	1,0	2	31,5	3,75
7/C 9.	17,2	13,5	182	1,3	2	29,5	3,75
7/C 10.	21,0	12,0	198	1,8	2	31,5	3,75
6/A 1.	32,8	35,5	914	1,1	2	32,5	0,0
6/A 2.	23,3	9,3	170	2,5	2	32,0	0,0
6/A 3.	33,5	20,3	534	1,7	2	26,0	0,0
6/A 4.	19,0	25,0	373	1,3	2	31,5	0,0
6/A 5.	22,0	24,0	414	1,1	2	36,0	0,0
6/A 6.	26,0	20,0	408	1,3	2	25,5	0,0

Az eredmények statisztikai kiértékelését Spearman féle rangkorrelációval és Friedman teszttel (nemparaméteres varianciaanalízis) végeztük (INSTAT, 2003), a lékparaméterek, a domináns gyomfajok és az újulat közötti kapcsolatot kanonikus korrespondencia-analízissel (CCA) elemeztük a Past statisztikai programcsomag segítségével (HAMMER et al., 2001).

## Eredmények

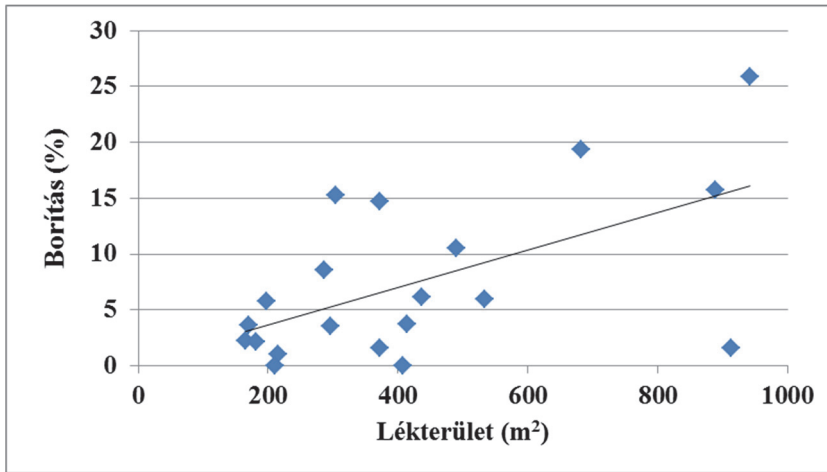
A teljes lékre vonatkozó elemzések szerint a gyepszint összborítása a lékek többségében 75 és 100% között alakult, átlagos értéke 89% volt. A gyepszintben megjelenő fajok közül a legnagyobb borítást elérő fajok az erdészetileg jelentős gyomfajok köréből kerültek ki. Ezek közül is kiemelkedő a magas aranyvessző (*Solidago gigantea*), az amerikai alkörmös (*Phytolacca americana*), a siska nádtippán (*Calamagrostis epigeios*) és a kanadai betyárkóró (*Conyza canadensis*). A gyepszint legnagyobb borítási értékeit elérő lágyszárúakat az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: A 10 legnagyobb borítású faj összborítása a lékek összterületére vonatkoztatva

A lékek növényzetének részletesebb, mintakörökkel történő vizsgálata szerint, szintén a magas aranyvessző, az amerikai alkörmös, a siska nádtippan és a betyárkóró bizonyult a legdominánsabb lágyszárú fajnak.

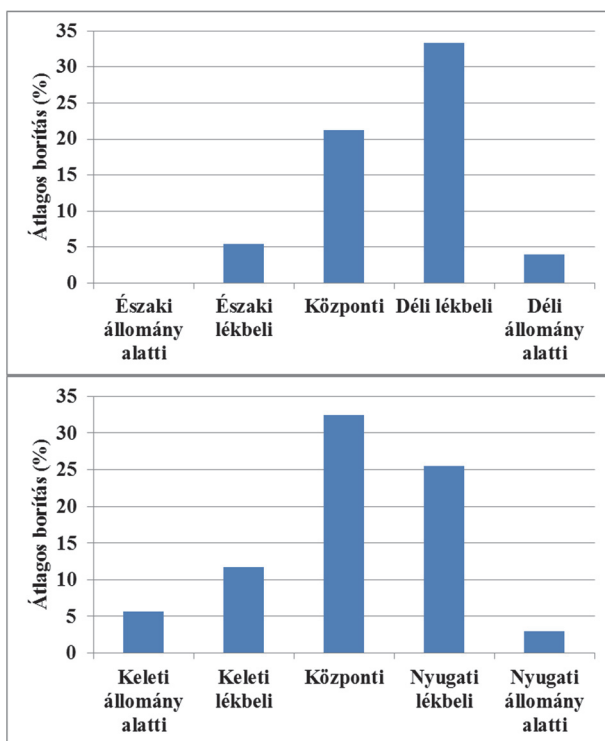
Az egyes lékek gyomborításában mutatkozó különbségek feltárása érdekében megvizsgáltuk a lékparaméterek (lékterület, átlók hossza, lékindex (a hosszabb és a rövidebb átló hányadosa), lék kora, lejtőszög, átlagos fa-magasság) és az erdészetileg jelentős gyomfajok összborításának, valamint a domináns gyomfajok borításának korrelációját. A statisztikai elemzés a vizsgált paraméterek közül a lékterület és a lékek kora esetén mutatott ki szignifikáns összefüggést az egyes gyomfajok dominanciájával. A lékek korának növekedésével szignifikánsan csökkent a betyárkóró borítása a lékekben ( $r=-0,4787$ ,  $P=0,0327$ ). A lékterület növekedésével növekedett az amerikai alkörmös ( $r=0,4467$ ,  $P=0,0483$ ) és a magas aranyvessző ( $r=0,4889$ ,  $P=0,0287$ ) borítása a lékek mintaköreiben (2. ábra).



2. ábra: A lékterület és a magas aranyvessző borításának összefüggése

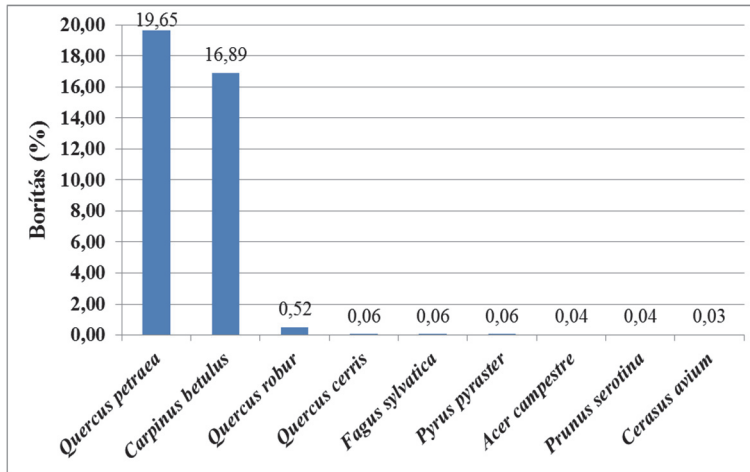
A lékek átlói mentén elhelyezett mintakörök felvételezése lehetőséget biztosított a gyomborítás, illetve az egyes gyomfajok lékbeli mintázatának vizsgálatára. A mintakörökben rögzített borítási értékeket átlónként az égtájaknak megfelelően öt csoportba sorolva elemeztük. A statisztikai elemzés (Friedman teszt), mind a négy domináns gyomfaj esetén szignifikáns különbséget mutatott ki a borítási értékek léken belüli megoszlását illetően. A magas aranyvessző esetén, az észak-déli átlón elhelyezett mintakörök közül a lék déli részén találhatóak rendelkeztek a legmagasabb borítással ( $P < 0,0001$ ). A kelet-nyugati átlón a magas aranyvessző borítása haranggörbe formát vett fel, legmagasabb borítás a lék közepén, ezt követően a lékbeli mintakörökben, majd az állomány alatt volt tapasztalható ( $P < 0,0001$ ). A faállomány alatti mintakörökben a faj borítása mindkét átló esetén rendkívül csekély volt. Az amerikai alkörmös borítása szintén szignifikánsan elkülönült mindkét átló mentén (észak-déli átló:  $P = 0,0001$ ; kelet-nyugati átló  $P = 0,0002$ ); legmagasabb borítás e faj esetén is a lék déli, illetve központi részén volt tapasztalható, a magas aranyvessző borításához képest azonban az állomány alatti mintakörök nagyobb borítással voltak jellemezhetőek (3. ábra). A betyárkóró és a siska nádtíppan szignifikánsan magasabb borítási értékkel a lék központi és északi részén található mintakörökben fordult elő ( $P < 0,0001$ ).





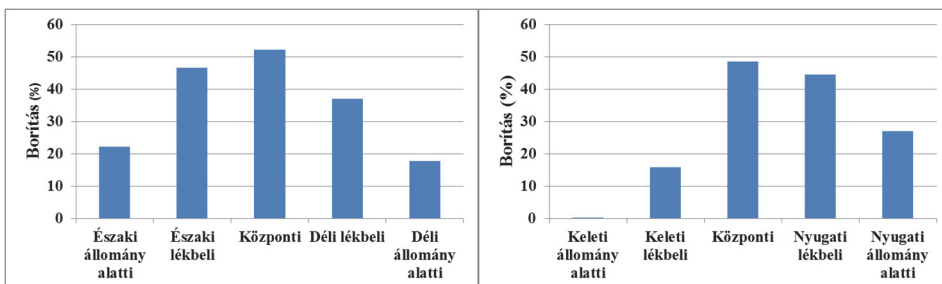
3. ábra: Az amerikai alkörmös átlagos borítási értékei a lékek mintaköreiben

Az újulat lékbeli borítását vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a két állományalkotó fafaj, a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) és a közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*) jelent meg kiemelkedő dominanciával, a többi fafaj lékbeli borítása alacsony volt (4. ábra). A fajkészlet tekintetében megállapítható, hogy a lékekben főként őshonos, társulásra jellemző fafajok újulata jelent meg, a nem őshonos kései meggy (*Prunus serotina*) mindössze három lékben, alacsony borítással fordult elő. A lékek részletes vizsgálata hasonló eredményt mutatott mind az újulat fajösszetételét mind dominanciaviszonyait illetően. A lékekben kilenc fafaj újulata jelent meg, melyek közül az állományalkotó kocsánytalan tölgy és a közönséges gyertyán magoncai mindegyik lékben előfordultak. A fafajok lékekben való gyakoriságát vizsgálva a csertölgy (*Quercus cerris*) és a kocsányos tölgy (*Quercus robur*) is meghatározó szerephez jutott, az előbbi faj a lékek 40, az utóbbi a lékek 25%-ában jelent meg. Az egyedszámot tekintve azonban csak a kocsánytalan tölgy és a közönséges gyertyán volt kiemelkedő jelentőségű.



4. ábra: Az újulat fajainak összborítása a lécek összterületére vonatkoztatva

A gyomfajokhoz hasonlóan az újulat összborítása, valamint a két legjelentősebb újulattal rendelkező faj esetén is vizsgáltuk a lécek paramétereivel való kapcsolatot. Az újulat tekintetében a lécek kora és az átlagos lékszéli famagasság bizonyult meghatározónak. A lécek kora pozitív korrelációt mutatott az újulat összborításával ( $r=0,5853$ ,  $P=0,0067$ ), valamint a kocsánytalan tölgy ( $r=0,5636$ ,  $P=0,0097$ ) és a közönséges gyertyán ( $r=0,6070$ ,  $P=0,0045$ ) mintakörökben mért borítási értékeivel. Az átlagos lékszéli famagasság növekedésével szignifikánsan nőtt az újulat összborítása ( $r=0,4640$ ,  $P=0,0393$ ) és a kocsánytalan tölgy borítása ( $r=0,4688$ ,  $P=0,0371$ ) a lécekben.



5. ábra: A közönséges gyertyán átlagos borítási értékei a lék mintaköreiben

A varianciaanalízis mindkét faj újulata esetén szignifikáns különbséget mutatott ki a léken belüli elhelyezkedést illetően. A közönséges gyertyán újulatának borítása az észak-déli ( $P<0,0001$ ) és a kelet-nyugati átló ( $P<0,0001$ ) mentén is elkülönült, a magoncok elsősorban a központi, azt

követően az északi és nyugati mintakörökben érték el nagyobb borítási értéket (5. ábra).

A kocsánytalan tölgy esetén ez az elkülönülés csak az észak-déli átló mentén volt megfigyelhető ( $P=0,0012$ ), a legjelentősebb újulat a lék északi mintaköreiben jelentkezett.

A továbbiakban a jelentős, 5%-os borítási értéket meghaladó gyomfajok és újulati fajok kapcsolatát elemeztük, a vizsgálatba az erdőgazdálkodási szempontból jelentős gyomfajok és az újulat lékenként összesített borítását, valamint a magas aranyvessző, az amerikai alkörmös, a siska nádtippan, a kanadai betyárkóró, a kocsánytalan tölgy és a közönséges gyertyán lékenkénti és mintakörönkénti borítási értékeit vontuk be. A vizsgálat eredményeként a közönséges gyertyán lékbeli borítása esetén szignifikáns korrelációt tapasztaltunk; borítása a magas aranyvesszőével pozitívan ( $R=0,5520$ ;  $P=0,0116$ ), az amerikai alkörmösével negatívan ( $R=-0,4894$ ;  $P=0,0285$ ) korrelált. A kocsánytalan tölgy esetén a mintakörökben rögzített borítási értékek mutattak szignifikánsan negatív korrelációt a betyárkóró borításával ( $R=-0,5368$ ;  $P=0,0147$ ).

A domináns gyom-, illetve újulati fajok léken belüli borítását nem csak egy, hanem több paraméter együttes hatása is meghatározhatja, ezért a lékek legfontosabb jellemzőinek hatását kanonikus korrespondencia-analízissel vizsgáltuk. Az elemzésbe a lékek korát, területét, alakját (lékindex) és a lék szélén található fák átlagos magasságát vontuk be. A magyarázott variancia mindkét tengely esetében magasnak adódott (48,4% ill. 45,6%). A lékterület gradiens mentén a gyomfajok és az újulat fajai jól láthatóan elkülönülnek. A lékterület növekedésével nő a magas aranyvessző, az összesített gyombo- rítás, a siska nádtippan és az amerikai alkörmös borítása a lékben. A betyárkóró esetén inkább a lékek kora bizonyult meghatározónak, a faj a kor gradienssel ellentétesen helyezkedik el, borítása a lékek korának növekedésével csökken. A gyomfajok többsége a lékszéli átlagos famagassággal is negatív összefüggést mutat, a jelenség valószínűleg fényigényességükkel magyarázható. Az újulat összborítása és a kocsánytalan tölgy lékbeli borítása az átlagos lékszéli famagasság gradiens mentén csoportosul, a famagasság növekedésével valószínűleg nő a propagulumok terjedési esélye a lékben. A közönséges gyertyán újulata elsősorban a nagy lékindexű, elnyújtott ellipszis alakú lékekben magas, árnyéktűrő fafajként és jó sarjadzási képessége révén képes a kocsánytalan tölgy számára kevésbé kedvező alakú lékekben való megtelepedésre is. Az amerikai alkörmös és a siska nádtippan a lékindex gradienssel ellentétes irányban csoportosulnak, e fajok borításának növekedését a kevésbé elliptikus, nagyméretű lékek segíthetik elő.

## Következtetések

A vizsgált gyertyános-tölgyes erdőállományban felvételezett húsz lék jelentős gyomborítással rendelkezett, a lékekben az erdőgazdasági szempontból jelentős gyomfajok borítása 10 és 100% között változott, átlagosan 59%-t ért el; a domináns gyomfajok jelentős része nem őshonos, inváziós faj volt. A vizsgálat során a lékekben nagyobb borítást elsősorban a lágyszárú gyomfajok értek el. Legjelentősebb, 5%-ot meghaladó borítási értéket négy faj, a magas aranyvessző, az amerikai alkörmös, a siska nádtippan és a kanadai betyárkóró ért el.

A statisztikai elemzés szerint a vizsgált gyomfajok borítása a léken belül nem egyenletesen oszlott meg; a magas aranyvessző és az amerikai alkörmös a lékek központi és déli, a siska nádtippan és a betyárkóró a lékek központi és északi részén értek el magasabb borítást. Eredményeink összhangban vannak POULSON – PLATT (1989) megállapításaival, melyek szerint a nagyméretű lékekben megjelenő fénykedvelő fajok főleg a lékek északi és a lék közepétől kissé délre eső területeken jelennek meg. Az amerikai alkörmös árnyéktűrését a többi gyomfajhoz képest magasabb borítási értéke mutatja a faállomány alatti mintakörökben.

A lékek általános és részletes vizsgálata egyaránt a két állományalkotó fafaj, a kocsánytalan tölgy és a közönséges gyertyán meghatározó szerepét igazolta a vizsgált lékek természetes felújulásában, emellett kisebb egyedszámban megjelentek a társulásra jellemző elegyfajok is. Az újulat tömegességi viszonyai alapján megállapítható, hogy a gyertyán jelentős újulata miatt az elgyertyánosodás veszélye felléphet, noha a kocsánytalan tölgy újulat szintén nagy tömegben megtalálható a lékekben. Az inváziós fafajok közül csupán a kései meggy (*Prunus serotina*) fordult elő a mintaterületeken, alacsony gyakorisága és borítása miatt azonban nem jelent veszélyt a honos fafajok felújulására. A gyertyán és a kocsánytalan tölgy lékbeli mintázatát illetően, a lékek északi részei mindkét faj esetén jelentősebb újulattal rendelkeztek, mely alátámasztja COLLINS – PICKETT (1987) eredményeit, mely szerint az északi részek jelentősebb besugárzása nagyobb számú újulathoz vezethet. A gyertyán esetén a lékek központi és nyugati szegmenseiben is magasabb újulat volt tapasztalható, a lékszéli faegyedek propagulumforrásként betöltött szerepét mindkét fafaj állomány alatti egyedei igazolják.

A domináns gyomfajok és újulati fajok kapcsolatát vizsgálva két gyomfaj negatív korrelációját sikerült igazolni az újulattal. A közönséges gyertyán és az amerikai alkörmös, valamint a betyárkóró és a kocsánytalan tölgy lékbeli borítása között negatív összefüggés volt tapasztalható. Az amerikai alkörmös két-három méteres magasságot elérő sűrű állománya a gyakorlati tapasztalatok alapján is hátráltathatja az újulat megtelepedését és megmaradását, a betyárkóró tömeges elszaporodás azonban valószínűleg csak a léknyitást követő első néhány évben fejthet ki jelentősebb kompetíciós hatást az újulatra.

A domináns gyom-, illetve újulat fajok léken belüli borítását meghatározó lékparaméterek elemzésének eredményeként a gyomfajok és az újulat fajai jelentősen elkülönültek. A lékterület növekedése a gyomfajok borításának kedvezett, szignifikánsan befolyásoló hatását a magas aranyvessző és az amerikai alkörmös esetén sikerült igazolni. A vizsgált lékek területének csökkenése az újulat, ezen belül elsősorban a kocsánytalan tölgy borítását befolyásolta kedvezően. A lékek korának növekedésével szintén nőtt a lékben az újulat dominanciája, a lék korának negatív hatása a betyárkóró borítása esetén nyilvánult meg. A betyárkóró megtelepedéséhez a léknyitással járó bolygatás kedvező körülményeket teremt, melyek változásával, és az évelő fajok előretörésével fokozatosan kiszorul a lékek növényzetéből. A fényigényes gyomfajok többsége a lékszéli átlagos famagassággal negatív korrelációt mutatott, az újulat és a kocsánytalan tölgy dominanciáját azonban a famagasság növelte. A jelenség magyarázatául szolgálhat, hogy a propagulumforrásként szolgáló lékszéli koronarészletek magprodukcója magasabb, és a magasabb faegyedek hatékonyabban elősegíthetik a tölgy-makkok terjedését a lékben. A lékek alakja a közönséges gyertyán esetén töltött be meghatározóbb szerepet, a faj számára a magasabb lékindexű, elnyújtottabb lékek bizonyultak kedvezőnek, mely valószínűleg a faj árnytűrésével magyarázható. Az amerikai alkörmös és a siska nádtíppan borítása inkább az alacsonyabb lékindexű, kerekdedebb lékek esetén volt meghatározó. Jelen kutatás tapasztalatai szerint a vizsgálati területen olyan lékek kialakítása javasolt, melyek kis mértékben elnyújtottak és az aktuális vizsgálat spektrumán belül a léket szegélyező famagassághoz képest kisebb területűek. Ezek a körülmények a vizsgálati területen preferált kocsánytalan tölgy újulatnak kedveznek.

## Irodalom

- COLLINS, B. S. – PICKETT, S. T. A. (1987): Influence of canopy opening on the environment and herb-layer in a northern hardwoods forest. *Vegetatio* **70**: 3–10.
- CSISZÁR Á. – ZAXNÉ SIMON E. – ZAGYVAI G. – KORDA M. – WINKLER D. – BARTHA D. (2013): Gyertyános-tölgyesben kialakított lékek gymnövényzetének és újulatának vizsgálata a sárvári Farkas-erdőben – *Magyar Gyomkutatás és Technológia* **14**(2): 26–42.
- HALÁSZ G. (szerk.) (2006): Magyarország erdészeti tájai. – Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest, p. 154.
- HAMMER, Ř. – HARPER, D. A. T. – RYAN, P. D. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. – *Palaentologia Electronica* **4**(1): 9.
- INSTAT (2003): GraphPad InStat, Version 3.06, for Windows. – GraphPad Software, Inc., San Diego.
- POULSON, T. L. – PLATT, W. J. (1989): Gap Light Regimes Influence Canopy Tree Diversity. – *Ecology* **70**: 553–555.

