

**Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar**

**Epifiton és epixyl mohafajok túlélésének kísérletes vizsgálata különböző erdészeti kezelések során**

OTDK dolgozat



Készítette:

**Vadas Ákos**

Eötvös Loránd Tudományegyetem Biológia BSc szakos hallgató

Témavezető:

Dr. Ódor Péter

tudományos főmunkatárs

MTA Ökológia Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet

**Budapest**

**2017**

## Tartalomjegyzék

Összefoglaló .....	3
1. Bevezetés és célkitűzés: .....	5
1.1 Bevezető gondolatok .....	5
1.2 Az őserdők és a kezelt erdők .....	5
1.3 A kezelt erdők .....	6
1.4 A kísérlet bemutatása, hipotézisek .....	7
2. Anyag és módszer .....	8
2.1 A kutatási terület bemutatása .....	8
2.2 Adatgyűjtés.....	9
2.3 Adatfeldolgozás.....	11
3. Eredmények.....	11
3.1. A Lophocolea heterophylla túlélése .....	11
3.2. A Hypnum cupressiforme túlélése .....	13
3.3 A moha borítottság, és a mikroklíma viszonya .....	15
4. Diskusszió.....	16
5. További célok.....	17
Köszönetnyilvánítás: .....	18
Irodalomjegyzék:.....	18

## Összefoglaló

A kutatás kísérletesen vizsgálja különböző erdészeti kezelések hatását egy epixyl (korhadéklakó) májmohafaj (*Lophocolea heterophylla*), valamint egy epifiton (kéreglakó) lombosmohafaj (*Hypnum cupressiforme*) gyepjeinek túlélésére. Egy 80 éves gyertyános-kocsánytalan tölgyesben az erdészeti beavatkozások (1) egyenletes bontás, (2) lékvágás, (3) mikrotarvágás, (4) hagyásfacsoport, és (5) kontroll állomány voltak. Feltételeztük, hogy a kiegyenlített mikroklíma viszonyokra érzékeny epixyl májmoha túlélése korlátozott lesz a jelentős záródáshiányt létrehozó kezelésekben, míg az epifiton mohafaj esetében kisebb mértékű kezeléshatást vártunk. Az epixyl májmoha a kontrollban mérsékelten, a lékben és a bontásban kevésbé mutatott túlélést, a vágásterületen és a hagyásfacsoportban viszonylag gyorsan kipusztult. Az epifiton mohafaj csupán a tarvágás esetében szorult vissza, a lékben, a bontásban, és a hagyásfacsoportban enyhe növekedést mutatott. Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a gyertyános-tölgyes klímában zárterdei viszonyok mellett is mikroklíma által korlátozott epixyl májmohák igen érzékenyen reagálnak a korona fellazulására, és ezáltal a párás, zárterdei viszonyok megváltozására. Ezzel szemben a párás viszonyokat kevésbé igénylő epifiton mohák jobban túl tudnak élni, azonban a vágásterületek mikroklímája e fajokat is korlátozza.

## **Abstract**

This research investigates experimentally the effect of different forest management types on the survival of an epixylic liverwort (*Lophocolea heterophylla*) and an epiphytic bryophyte species (*Hypnum cupressiforme*). Five different management types were applied in an 80-year-old oak-hornbeam forest: (1) Preparation cutting. (2) Gap cutting. (3) Clear-cutting. (4) Retention trees (in the clear-cutting). (5) Control. It was hypothesized, that the epixylic liverwort, which is more sensitive to microclimatic conditions, will show a more drastic response to the managements than the epiphytic bryophyte species. The results showed that the liverwort survived somewhat in the control, less in the gap and preparation cutting, and became extinct in the clear-cutting and retention tree group. The survival rate of the epiphytic bryophyte was lower only in the clear-cutting, and it managed to overgrow in retention tress, gap and preparation cutting compared to the control. Based on this research, in oak-hornbeam forests, epixylic liverworts are sensitive to the changes of forest canopy and humid microclimate. On the other hand, epiphytes, which do not require humid conditions, can survive in more habitats, but the microclimatic changes of the clear-cuttings confine even these species' survival.

## **1. Bevezetés és célkitűzés:**

### **1.1 Bevezető gondolatok**

Az erdő növények, állatok, és egyéb élőlény csoportok igen összetett életközössége, a szárazföldi fajok nagy része kapcsolódik élete során valamilyen módon az erdőkhöz (Csóka és Lakatos 2014; Bobiec 2005). Ahhoz, hogy minél jobban megértsük az erdőkben zajló bonyolult folyamatokat, fontos megvizsgálni az itt élő fajok minél nagyobb részét, ebbe pedig beletartoznak a mohák is. A boreális tűlevelű erdőkben a mohák fontos szerepet játszanak az erdő vízháztartásában (Pypker 2006a,b). A lombhullató erdőkben a jelentőségük ugyan kisebb, de jelenlétük itt sem elhanyagolható, hiszen hozzájárulnak az erdő biodiverzitásának gazdagságához (Madzule 2012; Slack 1977).

A mohafajok diverzitását és fajösszetételét számos tényező befolyásolja. Ezen tényezőket veszik sorra a következő alfejezetek, a durvább térléptékek felől a finomabb léptékek felé haladva, kitérve az őserdők és a kezelés alatt álló erdők sajátosságaira.

### **1.2 Az őserdők és a kezelt erdők**

Az őserdő szigorúbb értelemben azt jelenti, hogy az erdő teljesen mértékben mentes minden korábbi és jelenlegi emberi hatástól (Varga 2013). Ilyen erdő Magyarországon már nincsen, de világszerte is csak nagyon kis összterületen maradt fent (Varga 2013). Tágabb értelemben őserdő szerűnek nevezhetünk (old-growth forests) olyan oltalom alatt álló erdőt, amelyekben már hosszabb ideje nem történt komolyabb emberi beavatkozás. Az ilyen állományok szerkezetét már nagyon régóta alapvetően a természetes folyamatok alakítják annak ellenére, hogy magukon viselhetik múltbéli emberi használatok nyomait (Peterken 1996, Gilg 2004). A továbbiakban az őserdő fogalma alatt ez utóbbi definícióra fogok utalni. Erdőink többsége ezzel szemben valamilyen kezelés alatt áll, vagy közelmúltbeli kezelésnek köszönhetően még nem tudott benne kialakulni őserdőszerű szerkezet.

Az epifiton és epixyl mohák biodiverzitását és fajgazdagságát az erdészeti kezelések nagyban befolyásolják (Aude and Poulsen 2000), hatásuk közvetett és közvetlen módon egyaránt érvényesülhet. A közvetlen hatások közé sorolhatjuk például, ha eltávolításra kerültek maguk a faegyedek, amin az adott epifiton faj élt (Löhmus 2010), vagy ha a kezelés miatt nincsen jelen az epixyl fajok számára megfelelő mennyiségű, vagy korhadási állapotú holtfa. Közvetett hatások közé például a mikroklíma megváltozása sorolható (Söderström 1988).

A mikroklímát az erdő záródás viszonyai jelentős mértékben meghatározzák. A nagymértékű lombkorona-záródásihiányt létrehozó kezelésekben, a hőmérséklet és a

páratartalom jelentős ingadozásokat mutat, mivel a faállomány kiegyenlítő hatása kevésbé érvényesül (Morecroft et al. 1998; von Arx et al. 2013). Ez a vágásterületek esetében jobban megfigyelhető (von Arx et al. 2013; Chen et al. 1999). Erre különösen az epixyl májmohák érzékenyek, amelyek a humidabb mikroklímát preferálják (Ódor and van Hees 2004; McCullagh 1948), ezért nagyobb diverzitásban és gyakoriságban fordulnak elő őserdőkben (Söderström 1988).

A korhadó faanyag állapota és hiánya szintén az epixyl fajokat veszélyezteti. Az őserdőkben a holtfa keletkezése folytonos, emiatt minden korhadási fázisú fa folyamatosan, időben hasonló mennyiségben jelen van. Ezzel szemben a kezelt erdőkben a holtfa keletkezése nem folytonos, mert az emberi beavatkozásoktól függ: antropogén bolygatások (erdőkezelések) során keletkezik egyszerre nagy mennyiségű holtfa. Ennek következtében adott időpillanatban nincs jelen az összes korhadási fázisú fa, egyes fázisok akár teljesen hiányozhatnak is, a holtfa mennyiségi viszonyai a fahasználatok hatására periodikusak (Söderström 1988). Ez pedig különösen azoknak az epixyl májmoháknak jelent problémát, amelyek a faanyagnak csak egy meghatározott korhadási állapotán képesek életben maradni. Így ha egy adott korhadási fázis egy nagyobb területről hosszabb ideig teljesen hiányzik, akkor a hozzá kapcsolódó epixyl fajok akár regionálisan is kipusztulhatnak az adott területről (Söderström 1989).

### **1.3 A kezelt erdők**

A létrehozott erdőkép alapján, kétfajta erdészeti kezeléstípust különböztethetünk meg. Az egyik, a hagyományosnak tekinthető, széles körben elterjedt, vágásos erdőgazdálkodás, ami vágásciklusokra épül (véghasználat – erdőfelújítás – állománynevelés), emiatt az erdőt alkotó fák azonos korúak és hasonló térszerkezetűek – vízszintes (mintázat) és függőleges (szintezettség) tekintetében egyaránt. A másik kezelés típus, a jelenleg bevezetés alatt álló, újszerűnek mondható, folyamatos erdőborítást biztosító erdőgazdálkodás (örökerdőgazdálkodás). Ennek jellemzője, a vágásciklusok hiánya, emiatt az erdő fái változó korúak és változatos térszerkezetűek, célja, hogy a fakitermelés mellett biztosítsa a folyamatos erdőborítást (Tímár 2016).

A kezelt erdők esetében a gazdálkodás epifiton és epixyl mohákra gyakorolt hatását egyre finomabb térleptékekre bontva megkülönböztethetünk a táj, faállomány, és faegyed szintjén érvényesülő tényezőket (Ódor et al. 2013).

Táj léptékben a múltbeli és jelenlegi tájhasználat hatása, a potenciális élőhelyek fragmentáltságán keresztül fejt ki hatását. Erre azok a mohafajok érzékenyek, melyek gyenge

diszperziós képességekkel rendelkeznek (Ódor et al. 2013). További veszélyeztető tényező, ha emellett szubsztrátra (aljzatra) nézve specialisták is. Ez főleg a ritkább epixyl mohákra jellemző, akiknél gátolt a diszperziós képesség vagy csak ritkán hoznak diaspórát (Söderström 1988).

Faállomány szinten meghatározó egyrészt a fafajok diverzitása – az epifiton mohák számára a diverz fafaj kompozíció kedvező (Király et al. 2014), – másrészt a korábban már említett mikroklíma – a vágásos üzemmódokban ez általában szárazabb, ami az epixyl mohák számára kedvezőtlen (Söderström 1988).

Faegyed szinten meghatározó tényező a gazdafa faja, pl. nyugat-magyarországi elegyes erdőkben a tölgyekhez sok epifiton mohafaj kötődik, míg az erdei fenyőt kerülik (Király 2014). Fontos hatás még a fák kora, mérete és dőlésszöge, a legtöbb mohafaj a törzsek alsó régióját kolonizálja (Pitkin 1975).

#### **1.4 A kísérlet bemutatása, hipotézisek**

Dolgozatomban kísérletes körülmények között vizsgáltam az erdőgazdálkodás epifiton (fán élő) és epixyl (korhadéklakó) mohák túlélésére gyakorolt hatását. A különböző erdészeti beavatkozások által előidézett eltérő mikroklimatikus viszonyokra koncentráltam, a többi korábbiakban bemutatott tényező (a szubsztrát minősége és jelenléte) rögzítve lett a vizsgált egyedek számára. A kutatásom egy nagyobb projekt, a „Pilisi kísérlet” (<http://piliskiserlet.okologia.mta.hu/>) keretein belül zajlik, ami erdei fahasználatok termőhelyre, természetes regenerációra és erdei biodiverzitásra gyakorolt hatásait vizsgálja. A kísérlet során az említett két funkcionális csoportot egy-egy kiválasztott mohafajjal, a *Lophocolea heterophylla* (egyenlőtlen levelű májmoha, epixyl) és a *Hypnum cupressiforme* (ciprusmoha, epifiton) foltjainak betelepítésével modelleztem.

A *Lophocolea heterophylla* szüktűrésű epixyl mohafaj (Anderson 1991), amely késői korhadási fázisú faanyagon fordul elő leggyakrabban, de a korai korhadási fázisú holtfán is rendszeresen megfigyelhető (Ódor and van Hees 2004). A korhadéklakó mohák előfordulásának a rendelkezésre álló, megfelelő szubsztrát mellett, a humiditás a legfontosabb limitáló tényezője (Söderström, 1988).

A *Hypnum cupressiforme* opportunistá generalista faj (Anderson 1991), korhadási preferencia szempontjából indifferensnek tekinthető (Ódor and van Hees 2004), a faanyag akármilyen korhadási állapotán előfordulhat. A *Hypnum cupressiforme* tömegességét a megfelelő aljzatviszonyok mellett, a fény mennyisége is pozitívan befolyásolja (Tinya et al. 2009).

Azoknál az erdészeti kezeléseknél várható mohagyeppek nagyobb mértékű pusztulása, ahol a lombkorona-záródáshiány mértékének köszönhetően, jelentősen szárazabbá válik a mikroklíma. Feltételeztük, hogy a két faj túlélését, különböző klímaérzékenységük miatt, eltérő mértékben befolyásolják az alkalmazott kezelések: a *Hypnum* esetében jelentősebb túlélés várható, mint a *Lophocolea*-nál.

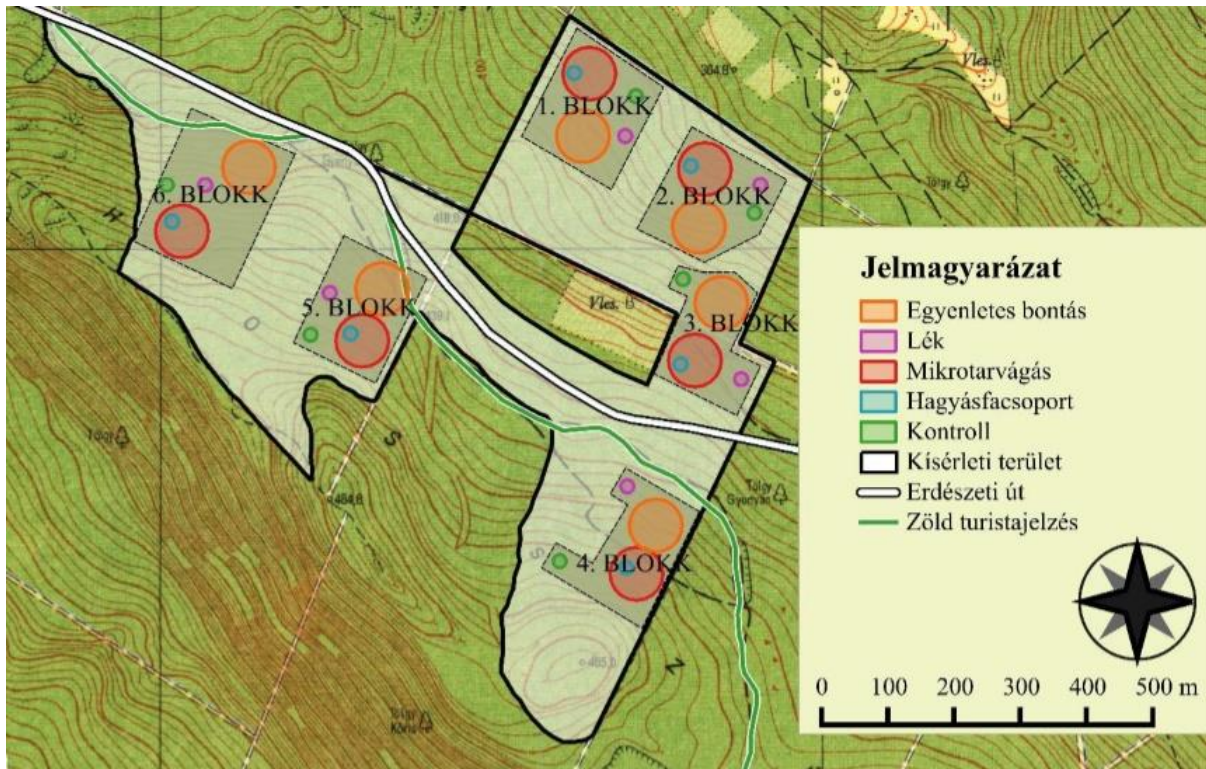
## **2. Anyag és módszer**

### **2.1 A kutatási terület bemutatása**

A kísérlet a Pilisben, a Hosszú-hegyen, egy közel homogén 40 hektáros, 80 éves gyertyános-kocsánytalan tölgyesben került kialakításra. A terület éghajlati jellemzői: 600 - 700 mm csapadék/év, évi középhőmérséklet 9-9,5 °C, 470-490 m tengerszint feletti magasság, felszínépítő kőzetei mészkő és homokkő, a talaj agyagbemosódásos barna erdőtalaj, illetve rendzina (Dövényi 2010). A projekt az MTA Ökológiai Kutatóközpont és a Pilisi Parkerdő Zrt. kooperációjában valósul meg. A terepi kísérletben az alábbi öt kezelést alkalmazzuk hat ismétlésben, teljes blokk elrendezésben (1. ábra):

1. Egyenletes bontás: a felső lombszint kb. 30%-ban, az alsó lombszint 100%-ban eltávolításra került egy 80 m átmérőjű területen.
2. Lékvágás: kb. egy fahossznyi átmérőjű, 20 m átmérőjű lék.
3. Mikrotarvágás: kb. 0.5 ha-os, 80 m átmérőjű kör alakú tarvágás.
4. Hagyásfacsoport: kb. 8-12 uralkodó faegyedet tartalmazó (20 m átmérőjű) maradványfolt a mikrotarvágásban.
5. Kontroll terület: nem érinti fahasználat a projektben.





1. ábra. A kísérleti terület áttekintő térképe a kezelések és a blokkok feltüntetésével..

Minden kezelésben kialakításra került egy  $6\text{ m} \times 6\text{ m}$  területű, kerítéssel körülvevett térrész, amely célja a nagyvad-fajok kizárása, azaz hogy a vadhatásból eredő bolygatást el tudjuk választani a kezelések hatásától. A bekerített területeken folyik a beültetett mohák túlélésének, illetve növekedésének felmérése is. Továbbá itt történt a kezelések mikroklíma viszonyainak mérése is (fény, légnedvesség, léghőmérséklet, talajhőmérséklet), havi rendszerességgel.

## 2.2 Adatgyűjtés

Minden kezelésben 5 db  $1\text{-}2\text{ dm}^2$  területű *Lophocolea*-, és 5 db  $0,5\text{-}1\text{ dm}^2$  területű *Hypnum* gyepek kerültek kihelyezésre az eredeti szubsztráttal (korhadék, illetve fakéreg) együtt. Az összesen a két faj 150-150 példányának folyamatos nyomon követése zajlik. A mohafoltok 30 cm magas, 20-30 cm átmérőjű feketefenyő tuskókra lettek felrögzítve (2. ábra).



**2. ábra.** A) A tuskók elhelyezkedése egy 6m × 6m területű elkerített mintaterületen. B) A tuskóra rögzített mohák. A kép bal oldalán kipusztult *Lophocolea* gyep és a szubsztrát maradványa, a jobb oldalon egy *Hypnum* gyep látható.

A *Lophocolea heterophylla* példányokat 2015.május 7-én gyűjtöttük be horvátországi kezelt, nem védett jegenyefenyves-lucos állományban (610-625 m tengerszint feletti magasság, 1800 - 2300 mm csapadék/év), majd 2015. május 10. és 15. között kerültek kihelyezésre. A *Lophocolea* külföldről való begyűjtésének oka, hogy Magyarországon nagy mennyiségben csak oltalom alatt álló erdőkben állt rendelkezésre, ahonnan ilyen sok egyed begyűjtése csak természetkárosítás mellett lett volna lehetséges. A *Hypnum cupressiforme* példányok begyűjtése a kísérleti területen történt (holtfák kérgéről, kéreggel együtt) a kitelepítéssel párhuzamosan 2016.03.28 és 2016.04.01 között.

A mohák túlélésének felvételezését havonta, százalékos becsléssel végeztem. A mohagyepeken belül a fehér (elszáradt) és a barna (elrohadt) részeket tekintettem halottnak, a zöldeket pedig élőknek, beleszámítva a kihelyezett példányokról a tuskóra lenövő új részeket is. A példányokról a kihelyezéskor és minden felvételezés alatt fotódokumentáció készült. Ennek jelentősége a korábban kihelyezett *Lophocolea* esetében volt számottevő, ugyanis az idő előrehaladtával az elhalt részek maradványai már nem, vagy csak alig voltak láthatóak. Ezekben az esetekben kellett viszonyítási alapként használni a kihelyezéskor készült képeket, annak megállapítására, hogy a kiindulási állapotban a *Lophocolea* milyen mértékben borította be a szubsztrátot. A *Hypnum* esetében ez nem volt szükséges, mert a kihelyezett gyepék többsége teljes mértékben beborította az aljzatot, így a növekedés csak lefelé és kifelé, a tuskó irányába volt lehetséges. Ezáltal a borítás-növekedés szabad szemmel is könnyen megbecsülhetővé vált. A *Lophocolea* esetében 2015 májusától, a *Hypnum* esetében 2016 áprilisától álltak rendelkezésemre túlélési adatok havi bontásban, a feldolgozás 2016. novemberi felvételezésig készült el.

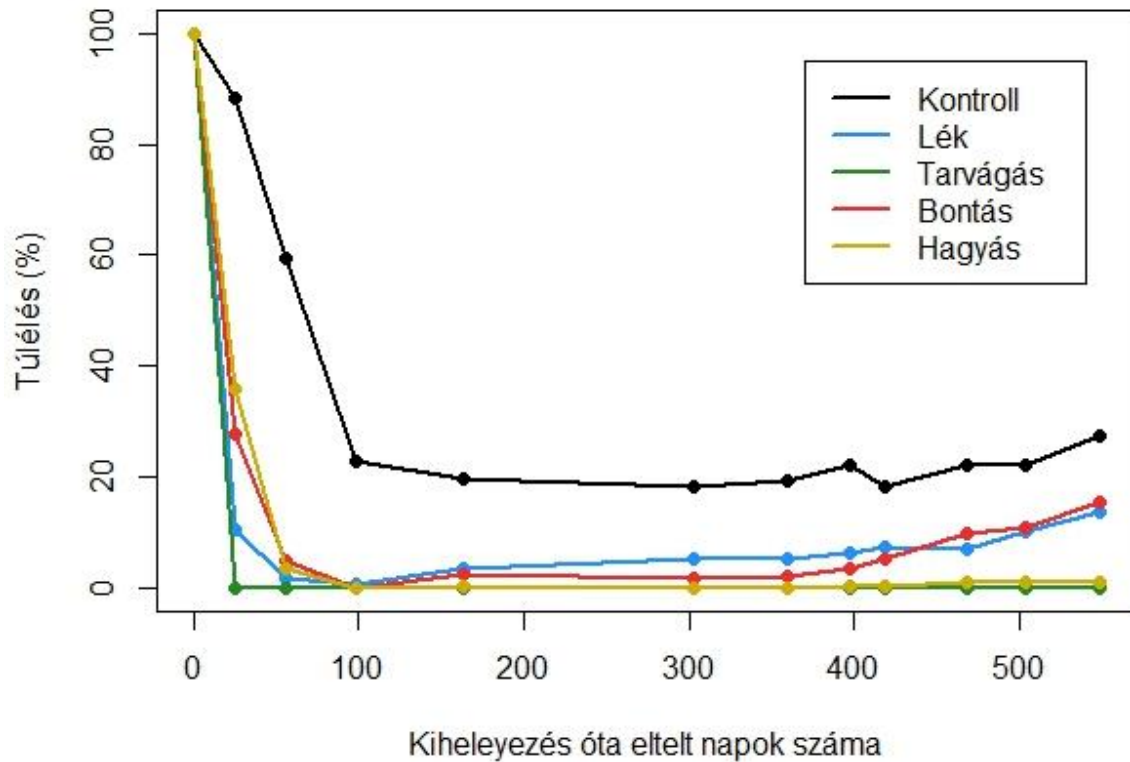
## 2.3 Adatfeldolgozás

A *Hypnum* és *Lophocolea* borításadatokat egymástól függetlenül rögzítettem és dolgoztam fel. A különböző kezelésekben megfigyelt átlagos túlélés idősorain egytényezős varianciaanalízist és Tukey-HSD többszörös összehasonlítás tesztet végeztem annak érdekében, hogy megvizsgáljam mely kezelések között van szignifikáns eltérés (Reiczigel és mtsai., 2007). A teljes időszakra vonatkozóan általános kevert modellel vizsgáltam a túlélés kezelések közötti eltéréseit, több ismétlést együtt elemezve (Crawley 2007), a kezelés szintjei között szintén Tukey-HSD többszörös összehasonlítást alkalmaztam. Az adatelemzést R 3.3.2 szoftverrel végeztem (The R Development Team 2016), a kevert modellhez az 'nlme' (Pinheiro et al. 2011), a többszörös összehasonlításokhoz a 'multcomp' (Hothorn et al. 2008) programcsomagot használtam.

## 3. Eredmények

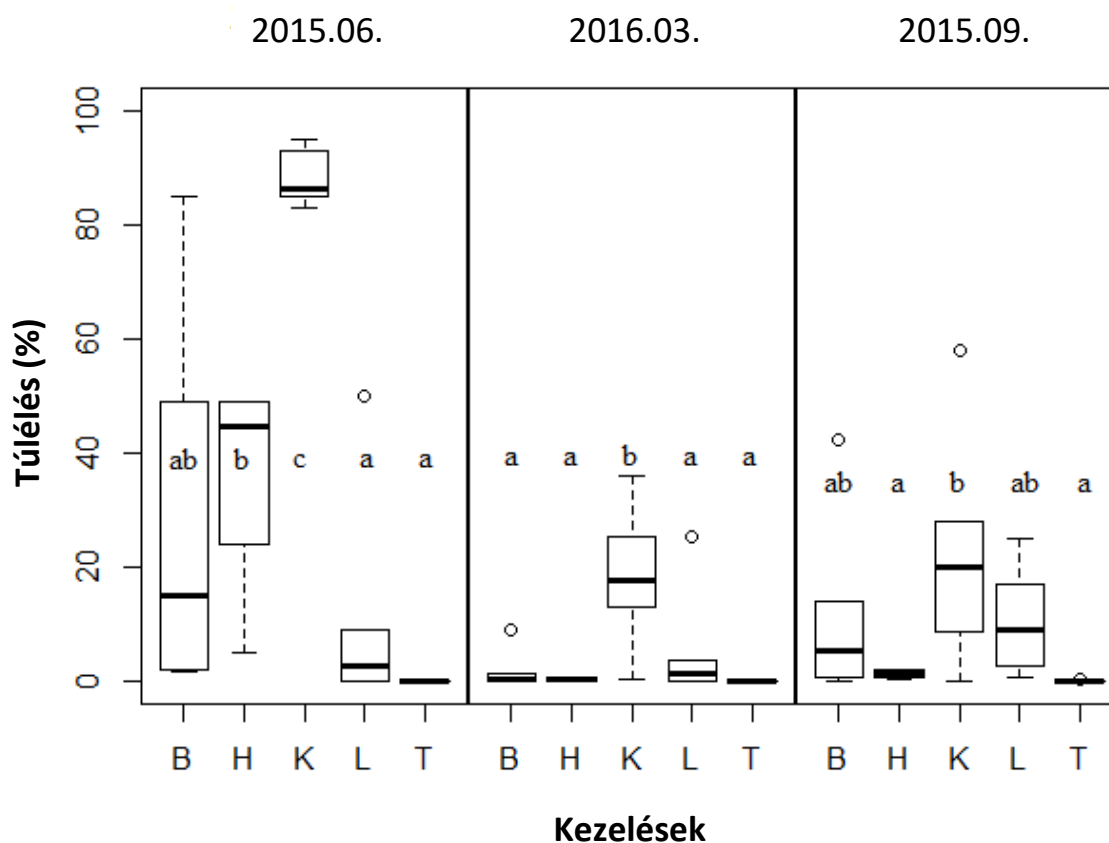
### 3.1. A *Lophocolea heterophylla* túlélése

A *Lophocolea* a kitelepítést követően egy jelentős kipusztulási időszakon ment keresztül (3. ábra). A kihelyezést követő 3. hónap után a kontrollban a túlélés 20% körüli értéken stabilizálódott, a második évben enyhe növekedést mutatott. A lékben és a bontásban a korai kipusztulást lassú növekedés követte a második évben, ami új mohatelepek kialakításán keresztül nyilvánult meg, melyek egyaránt előfordultak mind a volt szubsztráton, mind a tuskón. A vágásterületen és a hagyásfacsoportban a kipusztulást nem követte regeneráció, a túlélésük végig 0% körül maradt.



**3. ábra.** A *Lophocolea heterophylla* kezelésenkénti átlagos túlélése a kihelyezési állapothoz képest a kihelyezés óta eltelt napok függvényében. A pontok a felvételezések időpontjait jelzik.

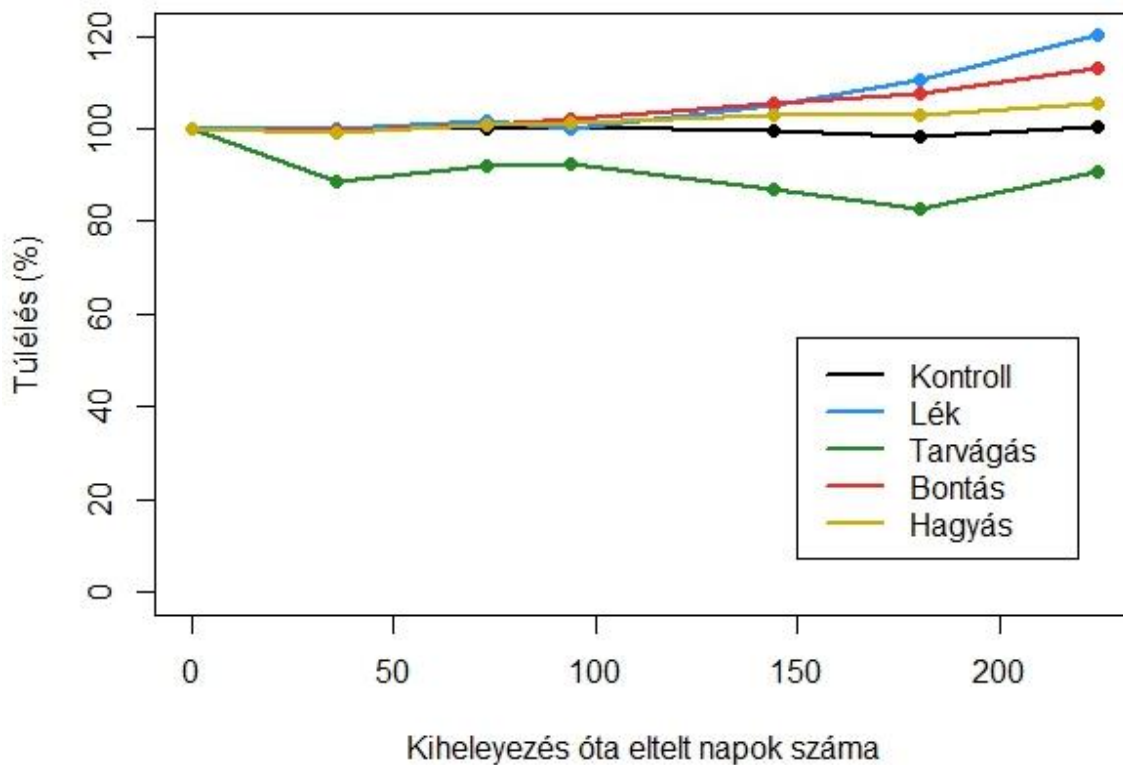
A teljes időszakra vonatkozóan a kezelések eltértek egymástól (kevert modell,  $F=49.4$ ,  $p<0.001$ ), a többszörös összehasonlítás alapján a kontroll mindegyik kezeléstől eltért, míg a többi kezelés esetében a tarvágás és a bontás különült el. A 4. ábra a *Lophocolea* túlélését mutatja részletesebben az egyes adatfelvételezési időpontokban. Mindhárom esetben a kezelések szignifikánsan eltértek (ANOVA), 2015 júniusában és 2016 márciusában még elsősorban a kontroll különült el a többi kezeléstől, 2016 szeptemberében már a bontás és a lék esetében is jelentős túlélés (növekedés) volt tapasztalható, ezért ezek a kezelések már nem különültek el a kontrolltól.



**4. ábra.** A *Lophocolea heterophylla* egyedek túlélése az idő függvényében, 1, 10, és 16 hónappal a kitelepítés után. A kezelések rövidítései: B–bontás, H–hagyásfacsoport, K–kontroll, L–lék, T–tarvágás. A kisbetűk a  $p < 0.05$  szignifikancia szinten való eltérést jelölik (a Tukey-HSD többszörös összehasonlítás).

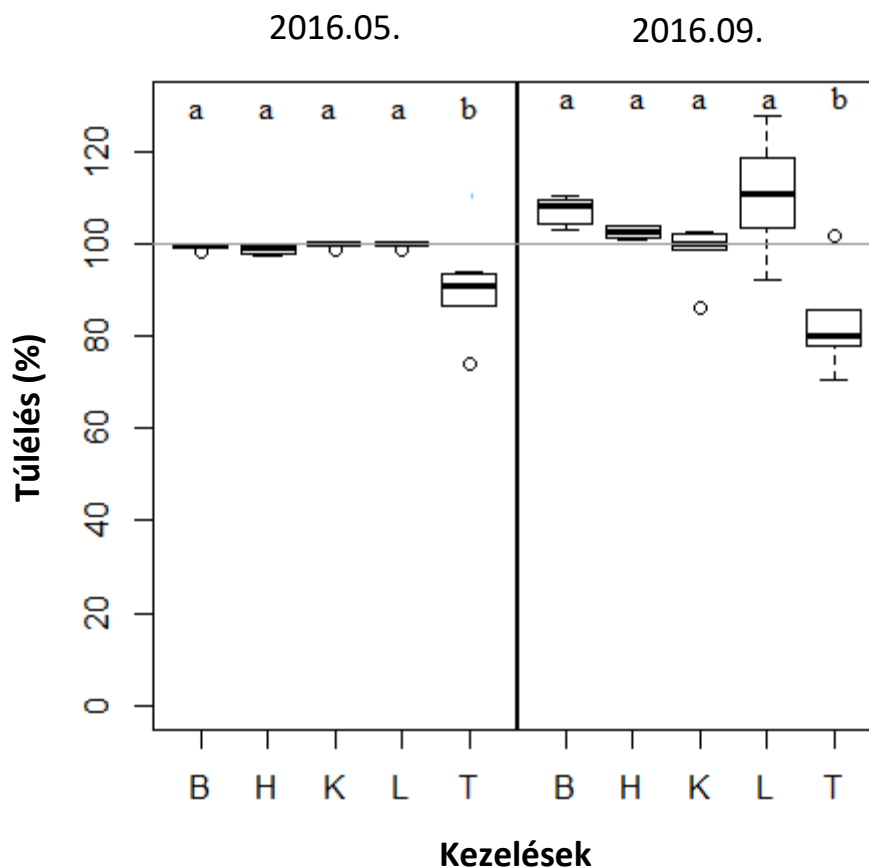
### 3.2. A *Hypnum cupressiforme* túlélése

Az *Hypnum* csupán a tarvágás esetében szorult vissza (5. ábra). A kontrollban a túlélés közel változatlan (100%) maradt. A lékben, a bontásban és a hagyásfacsoportban pedig még 100% fölé is emelkedett a túlélésük, azaz a kihelyezési állapothoz képest nőtt a gyepék borítása. Ez tipikusan a szubsztrátról a tuskóra történő lenövésen keresztül nyilvánult meg.



**5. ábra.** A *Hypnum cupressiforme* kezelésenkénti átlagos túlélése a kihelyezési állapothoz képest a kihelyezés óta eltelt napok függvényében. A pontok a felvételezések időpontjait jelzik.

A kevert modell alapján a teljes időszakra vonatkozóan a kezelések eltértek egymástól ( $F=30.3$ ,  $p<0.001$ ). A többszörös összehasonlítás alapján a tarvágáshoz képest mindegyik kezelésben magasabb túlélést tapasztaltunk, a többi kezelés között a lék és a bontás mutatott eltérést a kontrolltól (5. ábra). A 6. ábrán látható, hogy a 2016 májusában és szeptemberében csak a tarvágás különült el a többi kezeléstől, azonban a második időpontban a lékben és a bontásban fokozottabb növekedés figyelhető meg a kontrollhoz képest.



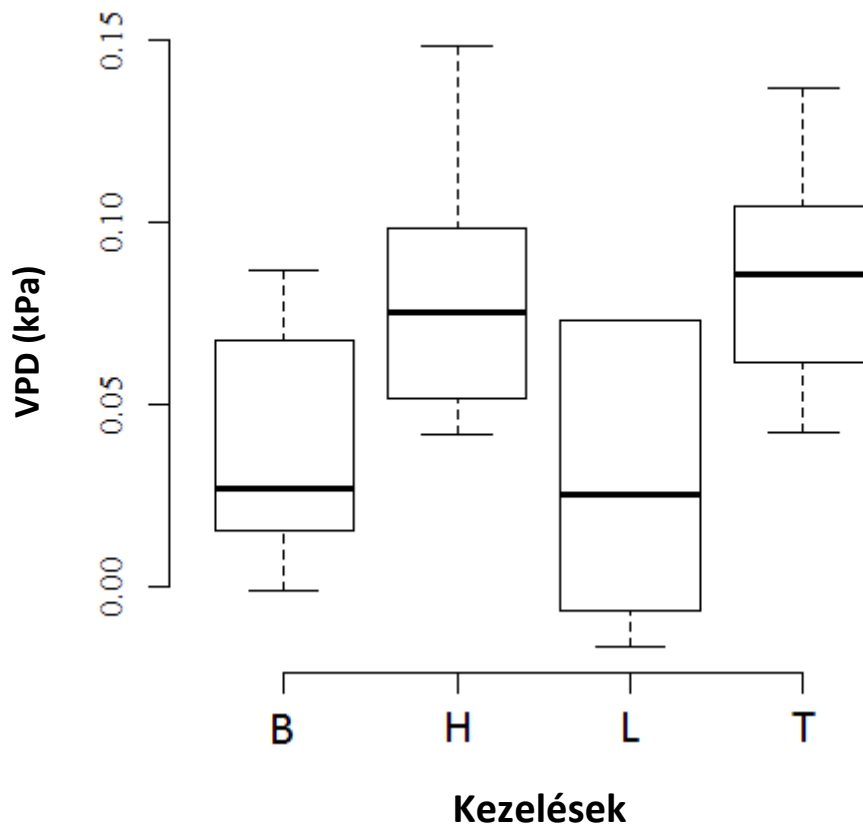
**6. ábra.** A *Hypnum cupressiforme* egyedek túlélése az idő függvényében, 1 és 5 hónappal a kitelepítés után. A kezelések rövidítései: B–bontás, H–hagyásfacsoport, K–kontroll, L–lék, T–tarvágás. A kisbetűk a  $p < 0.05$  szignifikancia szinten való eltérés jelölik (Tukey-HSD többszörös összehasonlítás).

### 3.3 A moha borítottság, és a mikroklíma viszonya

Az eddigi eredmények alapján szembetűnik, hogy a lék és a bontás mindkét vizsgált faj esetében kedvezőnek bizonyult. Az említett két kezelésben a *Hypnum* túlélése meghaladta a többi kezelést, a *Lophocolea* esetében kontrollban regisztráltuk a legnagyobb mértékű túlélést, míg a tarvágásban és a hagyásfacsoportban nagyarányú pusztulást tapasztaltunk.

A *Lophocolea* túlélése illeszkedik a különböző kezelésekből mért átlagos vízgőztelítési hiány (vapour pressure deficit, VPD, kPa) értékeihez, ami a mohák számára meghatározóbb mikroklíma változó (Fenton and Frego 2005). E változónak a hatása a levegő növények nedvességtartalmára gyakorolt szívó hatásán keresztül érvényesül. A kezelések vízgőz telítési hiánya jelentős mértékben eltér ( $F=4.78$ ,  $p=0.017$ ). A szívóhatás 2015 vegetációs időszakában

a hagyásfacsoportban és tarvágásban jelentősen meghaladta a kontrollban mért értékét, a bontásban és a lékben mérsékelt növekedését mutat a kontrollhoz képest (7. ábra)



**7. ábra** Az egyes kezelésekben mért átlagos vízgőz telítési hiány (VPD, kPa) értékek kontrolltól való eltérése (2015 vegetációs időszak). A kezelések rövidítései: B–bontás, H–hagyásfacsoport, L–lék, T–tarvágás.

#### 4. Diskusszió

Alapjában véve elmondható, hogy a két mohafaj túlélésére állított feltételezések – miszerint a mikroklíma változásaira érzékenyebb *Lophocolea* esetében jelentősebb lesz a kezelés hatás, mint a generalista *Hypnum*-nál – beigazolódtak, az eltérő fahasználatokra különbözően reagáltak. A *Lophocolea* érzékenyen reagált, az összes kezelésben visszaszorult a túlélése, még a kontrollban is lecsökkent 20% körüli értékre, ami azt jelenti, hogy ezen élőhelyi viszonyok között még éppen a klimatikus határterületén helyezkedik el. A tarvágásban és a hagyásfacsoportban a kitelepítést követően egyből kipusztult, és nem is mutatott későbbi növekedést, a lékben és a bontásban pedig korai kipusztulást követően enyhe növekedésnek indult. A *Hypnum* esetében csupán a tarvágásnál történt kisebb mértékű kipusztulás, a



kontrollban változatlan maradt a kihelyezett gyepek borítása, míg a bontásban, a lékben és a hagyásfacsoportban növekedést tapasztaltunk a kihelyezési állapothoz képest. Ezek az eredmények egybevágóak más kutatásokkal, ahol kimutatták, hogy a májmohák nagyon érzékenyen reagálnak a tarvágásra (Dynesius and Hylander 2007), és még a hagyásfacsoportok sem képesek teljes mértékben megőrizni az érzékenyebb fajokat (Caners et al. 2013; Löhmus 2010) mindkét kezelésben csökkent a fajgazdagságuk.

Következtetésként levonhatjuk, hogy a generalista epifiton mohákat nem veszélyeztetik a faállomány csak részleges megbontásával járó erdészeti kezelések, egyedül a vágásterület mikroklíma viszonyaira mutatkozott érzékenynek a vizsgált faj, de még ott sem pusztult ki teljesen. A specialista epixyl mohák számára viszont a vágásos erdőgazdálkodás – bontás, tarvágás, hagyásfacsoport – igen kedvezőtlen, mert ugyan a bontásban még képesek voltak túlélni, de az ezt követő vágásos üzemmódra jellemző többi vágásciklusban – végvágás és hagyásfacsoport – már szinte teljesen kipusztultak. Az örökzöld gazdálkodáshoz tartozó lékvágásban hasonló módon túl tudott élni, mint a bontásban, azonban a lékvágást nem követi egyéb vágásciklus, ezért ez a kezelés biztosítja hosszú távon a legmegfelelőbbben a termőhelyi viszonyokat az érzékeny epixyl májmohák számára.

A természetvédelmi gyakorlat szempontjából fontos megállapítás, hogy az epixyl és epifiton mohák számára különböző tényezők meghatározóak. Epifiton mohák számára fontos a fafaj diverzitás (Mezaka et al. 2012), epixyl mohák számára fontos a holtfa folyamatos jelenléte (Söderström, 1988), és a nagyobb méretű fák meghagyása – mert később majd ezekből az előregedő fákból fog keletkezni (az epixyl mohák számára fontos) nagy átmérőjű holtfa (Ódor and van Hees, 2004). Továbbá mindkét funkcionális csoport számára fontos a humid mikroklíma (Király et al. 2013), amit például a cserjeszint kímélésével vagy csak kis lombkorona-záródáshiányt létrehozó fakitermelési módszerekkel lehet biztosítani.

## **5. További célok**

A kísérlet folytatásaként többek között a mikroklíma változók a mohafoltok túlélésére gyakorolt hatását kívánom alaposabban feltárni. Elsőként a relációanalízist tartanék célravezetőnek a két mohafaj átlagos kezelésenkénti túlélése, és az átlagos vízgőz telítési hiány között. A mért nedvességviszonyok alapján feltételezhető, hogy a lék és a bontás alacsonyabb VPD értéke szoros kapcsolatban áll a két mohafaj, ezekben a kezeléseknél tapasztalható sikeresebb túlélésével.

Majd szeretném tanulmányozni, hogy a havi csapadékmennyiség mennyire határozza meg a kéreglakó mohák szezonális növekedését, amelynek feltételezhetően nagy jelentősége van (Pitkin 1975).

Végül pedig elemezném a *Hypnum cupressiforme* 2017 őszén hozott sporofiton mennyiségét (ezen adatokat 2017 novemberében felvételeztem), hogy feltárjam, van-e kapcsolat a különböző kezelésekben mutatott túlélésük mértéke, és a hozott sporofitonok darabszáma között.

### **Köszönetnyilvánítás:**

A sok segítséget köszönöm a témavezetőmnek, Ódor Péternek, aki sok szakmai tanáccsal és biztatással látott el. Továbbá köszönöm Kovács Bencének a terepi munkák során és a dolgozat kivitelezése közben nyújtott szintén nagy segítségét. Mindkettőjük munkája nagyban hozzásegített e dolgozat megírásához!

Végül köszönöm az OTKA (111887) pályázatnak a támogatást.

### **Irodalomjegyzék:**

Andersson L. (1991): Bryophytes and decaying wood – a comparison between managed and natural forest. *Holarctic ecology* 14: 121-130.

Aude, E., and Poulsen, R.S. (2000): Influence of management on the species composition of epiphytic cryptogams in Danish *Fagus* forests. *Applied Vegetation Science* 3: 81–88.

Bobiec, A., Gutowski, J. M., Zub, K., Pawlaczyk, K., Laudenslayer, W. F. (2005): The afterlife of a tree. Warszawa, WWF Poland.

Caners, R.T., Macdonald, S.E., Belland, R.J., 2013. Bryophyte assemblage structure after partial harvesting in boreal mixedwood forest depends on residual canopy abundance and composition. *For. Ecol. Manage.* 289: 489–500.

Chen, J., Saunders, S.C., Crow, T.R., Naiman, R.J., Brosokde, K.D., Mroz, G.D., Brookshire, B.L., Franklin, J.F. (1999): Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology. *Journal of Bioscience* 49(4): 288-297

Crawley, M. J. (2007). *The R book*. London, John Wiley & Sons Ltd.

Csóka, Gy. és Lakatos, F. (szerk.) (2014): *A holtfa. (Silvia naturalis vol. 5.)* Sopron, Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó

Dövényi Z. (szerk.) (2010): *Magyarország kistájainak katasztere*. Budapest, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet.

Dynesius M., and Hylander K. (2007): Resilience of bryophyte communities to clear-cutting of boreal stream-side forests. *Biol. Conserv.* 135: 423-434.

Fenton N. J., and Frego K. A. (2005): Bryophyte (moss and liverwort) conservation under remnant canopy in managed forests. *Biological Conservation* 122: 417–430.

Gilg, O. (2004): *Old-Growth Forests. Characteristics, conservation and monitoring. Habitat and species management. Technical report 74*. Montpellier, Cahiers Techniques de l'ATEN.

- Hothorn, T., F. Bretz, et al. (2008): Simultaneous inference in general parametric models. *Biometrical Journal* 50(3): 346-363.
- Király, I. (2014): Az őrségi erdők kéreglakó moha- és zuzmóközösségét befolyásoló környezeti tényezők különböző térléptékű vizsgálata és a kéreglakó mohagyepék vegetáció-dinamikai folyamatainak kísérletes elemzése. Doktori értekezés. ELTE TTK BI.
- Löhmus A. (2010): Epiphyte communities on the trunks of retention trees stabilise in 5 years after timber harvesting, but remain threatened due to tree loss. *Biological Conservation* 143: 891-898.
- Madzule, L. (2012): Structures determining bryophyte species richness in a managed forest landscape in boreo-nemoral Europe. *Biodiversity and Conservation* 21: 437–450.
- McCullough H. A. (1948): Plant Succession on Fallen Logs in a Virgin Spruce-Fir Forest. *Ecology* 29(4): 509-513.
- Mezaka, A., Brumelis, G., Piterans, A., (2012): Tree and stand-scale factors affecting richness and composition of epiphytic bryophytes and lichens in deciduous woodland key habitats. *Biodivers. Conserv.* 21, 3221–3241.
- Morecroft M. D., Taylor M.E., Oliver H.R. (1998): Air and soil microclimates of deciduous woodland compared to an open site. *Agricultural and Forest Meteorology* 90: 141–156.
- Ódor, P., Király, I., Tinya, F., Bortignon, F., Nascimbene, J. (2013): Patterns and drivers of species composition of epiphytic bryophytes and lichens in managed temperate forests. *Forest Ecology and Management* 306: 256-265.
- Ódor, P. and van Hees, A. F. M. (2004): Preferences of dead wood inhabiting bryophytes for decay stage, log size and habitat types in Hungarian beech forests. *Journal of Bryology* 26: 79–95.
- Peterken, G. F. (1996): *Natural woodland. Ecology and conservation in northern temperate regions.* Cambridge, Cambridge University Press.
- Pinheiro, J., D. Bates, et al. (2011): nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models, R package version 3.1-102.
- Pitkin P. H. (1975): Variability and seasonality of the growth of some corticolous pleurocarpous mosses. *Journal of Bryology* 8: 337-356.
- Pypker T. G. 2006a: The role of epiphytes in rainfall interception by forests in the Pacific Northwest. I. Laboratory measurements of water storage. *Canadian Journal of Forest Research* 36(4): 809-818.
- Pypker T. G. 2006b: The role of epiphytes in rainfall interception by forests in the Pacific Northwest. II. Field measurements at the branch and canopy scal. *Canadian Journal of Forest Research* 36(4): 819-832.
- Reiczigel, J., Harnos, A. és Solymosi, N. (2007). *Biostatisztika nem statisztikusoknak.* Nagykovácsi, Pars Kft..
- Slack, N.G. (1977): Species diversity and community structure in bryophytes: New York State studies. *Bulletin of New York State Museum Scientific Survey* 428: 1–70.
- Söderström, L. (1988): The occurrence of epixylic bryophyte and lichen species in an old natural and a managed forest stand in Northeast Sweden. *Biological Conservation* 45: 169-178.
- Söderström, L. (1989): Regional distribution patterns of bryophyte species on spruce logs in northern Sweden. *The Bryologist* 92: 349-355.
- Tímár, G. (2016): A jelenlegi erdőgazdálkodási módok áttekintése. In: Korda, M. (szerk): *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére.* Budapest, Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, pp. 11-30.

Tinya, F., Márialigeti, S., Király, I., Németh, B. and Ódor, P. (2009): The effect of light conditions on herbs, bryophytes and seedlings of temperate mixed forests in Órség, Western Hungary. *Plant Ecology* 204: 69-81.

Varga, B. (szerk.) (2013): A folyamatos erdőborítás fenntartása melletti erdőgazdálkodás alapjai. (Silva naturalis vol. 1.) Sopron, Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó.

von Arx, G., Pannatier E. G., Thimonier A., Rebetz M (2013): Microclimate in forests with varying leaf area index and soil moisture: potential implications for seedling establishment in a changing climate. *Journal of Ecology* 101(5): 1201-1213.