

# **A faállomány változóinak hatása az őrségi erdők kéreglakó mohaközösségére**



**Eötvös Lóránd Tudományegyetem  
Természettudományi Kar  
Biológia Intézet, Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék**

**2008**

**Készítette:**

**Lengyelné Király Ildikó**

**Biológia-környezettan szak**

**V. évfolyam**

**Témavezető:**

**Dr. Ódor Péter**

## Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	4
2. Célkitűzés.....	9
3. Anyag és módszer.....	10
3.1. A kutatási terület bemutatása.....	10
3.2. Mintaterületek kijelölése.....	12
3.3. Mintavételezés.....	13
3.4. Adatelemzés.....	13
3.4.1. A függő változók és a háttérváltozók bemutatása.....	13
3.4.2. Az adatfeldolgozás során használt módszerek bemutatása.....	16
4. Eredmények.....	19
4.1. Az őrési és vendvidéki erdők epifiton mohaközösségének bemutatása.....	19
4.2. Direkt ordinációs elemzések.....	23
4.2.1. Az epifiton mohaközösség elemzése mintaterületek szintjén (RDA).....	23
4.2.2. Az epifiton mohaközösség elemzése faegyedek szintjén (CCA).....	25
4.3. Regressziós modellek.....	27
4.3.1. Az epifiton mohák abszolút borítása mintaterületenként.....	27
4.3.2. Az epifiton mohák fajszáma mintaterületenként.....	29
4.3.3. A fakultatív epifitonok fajszáma mintaterületenként.....	29
4.3.4. A specialista epifitonok fajszáma mintaterületenként.....	30
4.3.5. Az epifiton mohák fajszáma faegyedenként.....	32
4.3.6. Az <i>Ulota crispa</i> gyakorisága mintaterületenként.....	33
4.3.7. Az <i>Ulota crispa</i> előfordulási valószínűsége faegyedenként.....	34
5. Értékelés.....	36
5.1. A mintaterületek mohaközösségének összetétele.....	36
5.2. A mintaterületek mohafajszáma.....	37
5.3. A mintaterületek fakultatív és specialista epifiton fajszáma.....	38
5.4. Az epifiton mohaközösség összetétele faegyedenként.....	39
5.5. Az epifiton mohák faegyedenkénti fajszáma.....	41
5.6. Az <i>Ulota crispa</i> gyakorisága és előfordulási valószínűsége.....	41
6. Kitekintés.....	43
7. Összefoglalás.....	45

8. Irodalom .....	47
9. Köszönetnyilvánítás .....	52
10. Erdők a középiskolai oktatásban – a tanári képzés integrált szakdolgozata .....	53
10.1. Bevezetés.....	53
10.2. Erdők a középiskolai tananyagban .....	54
10.3. Az erdőkről, tanórai keretek között.....	55
10.4. Erdők az iskola tanórán kívüli oktató-nevelő munkájában .....	56
10.5. Óravázlat és a projektmódszer alkalmazásának egy mintája .....	60
10.6. Irodalom a tanári képzés integrált szakdolgozatához.....	69
11. Mellékletek.....	70

# 1. Bevezetés

*Az epifiton mohák meghatározása.* BARKMAN (1958) a kéreglakók csoportjába sorolja mindazokat az élőlényeket, amelyek az élő fák és a holtfák kérgét kolonizálják, de tápanyagokat nem vonnak el a gazdanövénytől. SMITH (1982a) azonban szigorúan csak az élő fák és cserjék kérgén előforduló fajokat tekinti epifitonnak. Jelen dolgozatban a BARKMAN (1958) által meghatározott epifiton-fogalmat használjuk, mert adott régióon belül ugyanazok a fajok találhatóak a holtfák és az élő fák kérgén (BOBIEC et al. 2005). A kéreglakó fajokon belül SMITH (1982a) megkülönböztet obligát (a dolgozat további részében: specialista) és fakultatív kéreglakókat. Ezek azonban csak adott régióra érvényes kategóriák, mert léteznek mohafajok, amelyek elterjedési területük különböző részein más-más aljzatot részesítenek előnyben, pl. a *Homalothecium sericeum* Magyarországon sziklán és kérgen egyaránt előfordul (ORBÁN & VAJDA), de az Őrségben és a Vendvidéken sziklák hiányában alapvetően kéreglakó (ÓDOR et al 2002). Ugyanakkor vannak olyan fajok is, amelyek egész elterjedési területükön kéreglakók, pl. *Ulota crispa*, *Orthotrichum* spp. (SMITH 1982a).

*Közösségszerkezet.* A kéreglakó mohák közösségszerkezetét meghatározó tényezők eltérőek attól függően, hogy regionálisan, táji léptékben, erdőállomány szintjén, vagy egyes gazdafák szintjén vizsgáljuk. Regionálisan meghatározó a klíma és az egyes mohafajok elterjedési területe (SCHMITT & SLACK 1990). Leginkább a folyóvízborítás, a csapadékeloszlás és a júliusi középhőmérséklet határozza meg elterjedési mintázatukat (BATES et al. 2004). Táji léptékben fontos számukra az erdőborítás folytonossága (AUDE & POULSEN 2000). A faállomány jellemzői közül meghatározó az állomány kora (AUDE & POULSEN 2000, KUUSINEN & PENTTINEN 1999), szerkezete (AUDE & POULSEN 2000), mikroklímája és fafajösszetétele. Számos kutatás bizonyítja, hogy azokban az erdőrészekben, ahol sok idős, nagy fa található, az epifitonok nagyobb diverzitással vannak jelen, mint a fiatal erdőkben (LESICA et al. 1991, MCGEE & KIMMERER 2002). A mikroklimatikus jellemzők közül elsősorban a fény, másodsorban a humiditás (LESICA et al. 1991, STONE 1989, AUDE & POULSEN 2000) van hatással a kéreglakó mohákra. A változatos fafajösszetételű erdők változatos epifiton mohavegetációt tartanak fenn, mert regionálisan a mohaközösségek fafajokhoz kötődve szegregálódnak (pl. SZÖVÉNYI et al 2004).

A gazdafa jellemzői közül leginkább a fa kora (LÖBEL et al. 2006a), kéregszerkezete, mérete (AUDE & POULSEN 2000), kérgének kémhatása (GOIA & GAFTA 2004, BATES & BROWN 1981, KOPERSKI 1998) és fafaja befolyásolja a kéreglakó mohákat. A gazdagon

barázdált kéreg árnyas, nedves mikrohabitatot biztosít, megtartja a havat és a port, véd a szélről, míg a sima kéregfelszínre ezek az előnyök nem jellemzőek. Az idős fák kérge a sérülések mentén korhadni kezd, ami szintén növeli a mikrohabitatok számát (BARKMAN 1958). Az idős, nagy fák esetében a kolonizációs idő is hosszabb, ami lehetőséget ad a mohák nagy fajszámban való megtelepedésére (LÖBEL et al. 2006a, AUDE & POULSEN 2000). Kutatások bizonyítják, hogy az epifiton közösségek a gazdafák fajtája szerint szegregálódnak, sőt akad néhány kifejezetten faj-specifikus faj is (PALMER 1986, GOIA & SCHUMACKER 2004, BILLINGS & DREW 1938, SLACK 1976, SCHMITT & SLACK 1990). Ezzel szemben SZÖVÉNYI et al. (2004) Kárpát-medencében végzett vizsgálatait azt bizonyítják, hogy bár a különböző fajok (*Alnus glutinosa* vs. *Carpinus betulus*) kéreglakó mohaközösségei szignifikánsan eltérnek, mégis van két mohafaj (*Hypnum cupressiforme*, *Isothecium alopecuroides*), amelyek nem mutatnak fajpreferenciát. A fajpreferenciát erősen befolyásolja a kéreg kémhatása, amit viszont környezeti tényezők alakítanak pl. a sós tengeri szél (BATES & BROWN 1981) vagy a savas esők (KOPERSKI 1998).

A kéreglakó mohák a fatörzsön való elhelyezkedésüket tekintve vertikális preferenciát mutatnak (SMITH 1982a), ennek meghatározó tényezői a fény- és vízviszonyok (BILLINGS & DREW 1938, THOMAS et al. 2001). A mohafajok közti kompetíciót is jelentősen befolyásolja a mohaközösség szerkezetét, pl. a *Hypnum* fajok általában negatív kapcsolatot mutatnak a többi faj fatörzsön való elhelyezkedésével (RASMUSSEN & HERTIG 1977). Magyarországi példa az epifitonok vertikális preferenciájára, hogy gyertyánon az *Orthotrichum* fajok a magasabb régiót kedvelik, míg a *Plagiothecium nemorale* és *Metzgeria furcata* a talajhoz közelebb helyezkedik el (SZÖVÉNYI et al. 2004).

A közösségszerkezet leírására a klasszikus cönológia mintájára elkülönítenek ún. asszociációkat (pl. BARKMANN 1958), ám RASMUSSEN & HERTIG (1977) szerint ezek a kategóriák csak egy-egy régióra tekinthetők érvényesnek, mert egy adott élőhely ökológiai paramétereire hasonlóan reagáló fajokat tömörítik, amelyek más környezetben akár kompetitívek is lehetnek. Például az *Isothecium myosuroides* a dél-nyugat-írországi tölgyesekben a fák alsó régiójában *Hylocomium brevirostre*val és *Thuidium tamariscinum*mal társul (SMITH 1982a), míg a Dánia északi részén lévő bükkösökben *Homalia trichomanoides*vel, *Lophocolea heterophylla*val és *Plagiomnium undulatum*mal (RASMUSSEN 1975). A közösség szerkezetét ugyanis inkább a hasonló életforma szabja meg, semmint a taxonómiai hovatartozás (SMITH 1982a). IWATSUKI (1960 cited in SMITH 1982a) Japán öt fő erdőtípusában (alpin erdők, szubalpin tűlevelű erdők, hegyvidéki lombhullató keményfaerdők, hegyvidéki tűlevelű erdők és síkvidéki széleslevelű örökzöld erdők) vizsgálta az epifiton

mohák megjelenési formáit. A tanulmány szerint az életformák a fán való függőleges eloszláshoz, az erdőtípushoz és a tengerszint feletti magasságához igazodnak. A szubalpin és alpin régióban a fák koronáját kis párnák, a fák tövét alacsony gyepek népesítik be. Magas gyepeket csak a nedves hegyi régiókban találunk a fatörzseken. Fácaska formájú mohák nőnek a fák tövénél a hegyvidéki lombhullató és a síksági örökzöld széleslevelű erdőkben. A durva fonatok fény-igényesek és kiszáradás tűrők, ezért a fák koronájában jelennek meg a hegyvidéken, a finom fonatok a túlevelű fák tövénél és a lombhullató fák törzsén fordulnak elő. A fonalszerű formák a fák tövénél és a törzsén nőnek a legtöbb erdőtípusban. A lapos bevonatot képező formák fény-igényesek, ezért inkább a síkvidéki erdőkben élnek. A meleg nedves helyeken szövedékek vonják be a fák tövét, és lecsüngő formák jelennek meg a törzseken és a faágakon. Bár Európában nem jelent meg IWATSUKI (1960 cited in SMITH 1982a) munkájához hasonló részletes tanulmány, terepi tapasztalatok igazolják, hogy az életformák eloszlása lényegében hasonló a Japánban tapasztalathoz, bár a lecsüngő forma Európából hiányzik (SMITH 1982a).

A mohaközösségek a fák kérgén a klimax társulás szerepét töltik be a mérsékelt övben (SMITH 1982a). Az elsődleges kolonizálók algák és zuzmók, majd ezeket követik a májmohák, végül az akrokarp vagy pleurokarp lombosmohák a fafajtól függően (BARKMAN 1958, STONE 1989). A mohák közül a pionír fajok nagy része specialista kéreglakó, a klimax fajok inkább fakultatív kéreglakók (BARKMAN 1958).

*Szaporodás és terjedés.* Az epifiton mohák közül a specialisták általában egylakiak, aminek következtében a specialisták körében nagyobb a homozigóta arány, ami szelektív előnyt biztosít számukra a speciális élőhelyhez való alkalmazkodásban. A kétlaki specialisták körében gyakori a vegetatív propagulumokkal történő szaporodás (pl. *Dicranum montanum*, *Orthotrichum lyelli*). A fakultatív epifitonok jórészt kétlakiak, nagy a heterozigótaság aránya körükben, ami elég rugalmasságot biztosít számukra az eltérő élőhelyeken való megtelepedéshez (SMITH 1982a). DURING (1979) szerint a mohák életmenet stratégiája három fő csereviszonyon alapul: (1) sok kicsi vagy kevés nagy spórát nevelnek, (2) a környezet változásaira elkerüléssel vagy toleranciával válaszolnak (3) a szaporodást a potenciális élettartam vagy a reprodukciós ráfordítás növelésével teszik sikeresebbé. Ezek alapján DURING (1979) hatféle életmenet-stratégiát különböztet meg: fugitív, kolonista, egyéves vándorló, rövid életű vándorló, hosszú életű vándorló, évelő. A specialista epifitonok a fatörzsek felső részén és az ágakon a kolonista stratégiát követik (pl. *Dicranum montanum*), de előfordul közöttük hosszú életű vándorló is (pl. *Ulotia crispa*, *Orthotrichum* spp.). A fatörzs

alsóbb szintjein élő (pl. *Hypnum cupressiforme*, *Brachythecium rutabulum*) és hosszú életű vándorló (pl. *Platygyrium repens*) fajok jellemzőek.

Az egyes mohafajok terjedését befolyásoló tényezők eltérőek a vizsgálat léptékét tekintve. Erdőállomány szintjén a környezeti tényezők (pl. a gazdafa kora, mérete, fafaja) nagyobb hatással vannak a fajok terjedésére, mint a térbeli aggregáltság (LÖBEL et al. 2006a, KUUSINEN & PENTTINEN 1999). Táji léptékben, fragmentált élőhelyen viszont az aggregáltság tűnt nagyobb befolyással bíró tényezőnek. LÖBEL et al. (2006b) szerint az epifiton mohák szaporodása metapopulációs dinamikát követ. Az élőhely-fragmentáció következtében a vegetatívan szaporodó fajok száma csökken a diszperzál gátoltsága miatt, míg az ivaros szaporodó fajok állományokon belüli relatív tömegessége nő a foltok közötti sikeres terjedés miatt (*rescue effect*). Erős pozitív kapcsolat mutatható ki a lokális abundancia és a regionális frekvencia között, illetve a mohák fajgazdagsága és az erdőállomány mérete között. A szegélyhatás a legtöbb faj abundanciáját negatívan befolyásolja.

*Erdőgazdálkodás.* AUDE & POULSEN (2000) regionálisan vizsgálta az erdőgazdálkodás, mikroklimatikus és kémiai faktorok, illetve geográfiai és geológiai tényezők hatását az epifiton mohaközösségre. Eredményeik azt mutatják, hogy ezek közül a környezeti változók közül a legerősebb hatása az epifiton fajkompozícióra az erdészeti kezelésnek van: az állományok kontinuitása megszabja a fajok terjedési lehetőségeit, a fák kora, mérete és a korral járó kéregszerkezet-változása a szukcesszió időbeli és térbeli mintázatát, az egyrétegű lombkorona pedig kedvezőtlen az egyetlen fontosnak bizonyult mikroklímafaktor, a fény szempontjából. A szerzők véleménye szerint ez gyérítéssel megoldható, ám a legkedvezőbb a többrétegű lombkorona kialakítása lenne, amely a fény átengedése mellett csökkentené a szél hatását és a kiszáradás veszélyét. A gyérítéssel kapcsolatban fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy THOMAS et al. (2001) kísérletesen igazolta a gyérítés negatív hatásait a kéreglakó mohákra. A fák kivágása következtében a szél hatása megnövekszik és az erőteljesebb napsugárzásnak köszönhetően nő a hőmérséklet, a fák törzse kiszárad, elvágva az epifitonok vízhez való hozzáférését, ezek ugyanis vízutánpótlásukat egyedül a fatörzseken lecsorgó vízből és páralecsapódásból nyerik. A nagyon idős erdők jól fejlett epifiton közössége a mérsékelt zavarásnak némileg ellen tud állni – állítja SILLET (1995). Egy hétszáz éves duglászfenyőerdő és a mellette lévő véghasználati terület határán vizsgálta az idős fák epifiton mohaközösségét. Azt találta, hogy húsz évvel a véghasználat után sincs egy epifiton faj sem, amelyik eltűnt vagy számottevően megritkult volna az idős erdő belsejében található mohaközösséghez képest, csupán a mohafajok vertikális eloszlása változott meg. Az erdőművelés egy érdekes alternatíváját veti fel ROSE (1992) Flandria és Anglia középkori

példája alapján. Abban az időben a régió erdeinek nagy része legelőerdőként működött, ami megakadályozta az újulat felnövekedését, így az nem árnyékolt. Emellett az ipari szükséglet kielégítésére a nagyobb fákat kivágták, majd áttértek az ún. koronavágásra. A leggazdagabb epifiton fajkészlet ezeken a területeken maradt meg, hiszen a koronavágásnak köszönhetően széles koronájú, vastag törzsű, alacsony fák jöttek létre: megmaradt az erdőklíma, de emellett elegendő fényhez is jutottak a mohák.

Az erdőgazdálkodásra való érzékenységük folytán KEDDY & DRUMMOND (1996) az erdőállományt jellemző más faktorok (pl. holt faanyag minősége és mennyisége, nagyragadozók száma) mellett a kéreglakó mohákat is jó indikátornak tartja a mérsékeltövi lomberdők biodiverzitásának monitorozására, ami segítséget nyújthat a helyreállítás és az erdőgazdálkodás irányvonalainak kitűzéséhez.



## 2. Célkitűzés

Dolgozatom célja (1) az őrségi és vendvidéki erdők kéreglakó mohaközösségének jellemzése, (2) a mohaközösség fontos biológiai sajátosságai és a faállomány faji és szerkezeti összetétele, valamint táji viszonyai között feltárt kapcsolatok bemutatása, (3) az összefüggéseket feltáró predikciós modellek értékelése, és irodalmi adatokkal való összevetése, (4) a modellek alapján erdőkezelési és természetvédelmi irányvonalak felvetése.

Témám egy 2005-ben megkezdett erdőökológiai kutatássorozat része. A kutatás célja a faállomány és különböző erdei élőlénycsoportok kapcsolatának vizsgálta eltérő fafaj összetételű és faállomány-szerkezetű erdőkben, az Őrségben és a Vendvidéken. Az egyes erdőrészek faállományának faji összetételét, szerkezetét (pl. fák méret eloszlása, holtfa), fény-, aljzat- és táji viszonyait jellemző változók alapján predikciós modelleket készítettünk a célcsoportokra. Gyakorlati célunk, hogy a modellek által jósolt preferenciák ismerete segítséget nyújtson a régióra vonatkozó erdészeti és természetvédelmi kezelés tervezéséhez. Az erdei élőlénycsoportok közül eddig a lágyszárúakat, az újulatot, a kéreglakó és talajlakó mohákat és a költő madarakat vizsgáltuk. A célcsoportokat úgy igyekeztünk megválogatni, hogy feltételezhetően függjenek a vizsgálni kívánt háttérváltozóktól, valamint eltérő ökológia funkciókat töltsenek be az erdei életközösségben, így a kutatás során sok kulcsfaktorra fény derülhet. A statisztikai elemzések szempontjából fontos volt, hogy olyan élőlénycsoportokat válasszunk ki, amelyek nagy faji- és egyedszámban fordulnak elő.

### 3. Anyag és módszer

#### 3.1. A kutatási terület bemutatása

Az Őrség és a Vendvidék a Nyugat-magyarországi peremvidék részeként hazánk legnyugatibb pontján helyezkedik el, az Alpokalja legdélibb része. Északról a Rába völgye és a Vas-Soproni-síkság, keletről a Kemeneshát, délről a Zala és a Zalai-dombság határolja, nyugatról földrajzilag összefüggő tájegységet képez Ausztria dél-keleti és Szlovénia észak-keleti határvidékével.

Az Őrség és a Vendvidék hazánkban egyedülálló természeti és táji értéket képvisel. A jelenlegi vegetációt, termőhelyi, növényföldrajzi és emberi hatások határozzák meg.

A **termőhelyi** viszonyokat tekintve a két régió bizonyos mértékig eltéréseket mutat. A Vendvidék domborzatára jellemző a mély völgyek és a lapos hegyhátak váltakozása, az Őrség völgyei szélesebbek, a dombok alacsonyabbak. A klímáját atlantikus hatások befolyásolják, ezért a terület a kontinentális éghajlatra jellemző szélsőségektől mentes, hűvösebb és csapadékosabb, mint a Dunántúl többi része, átmenetnek tekinthető az Alpok felé. A terület egészére nézve az évi középhőmérséklet 9,0-9,5°C, az éves csapadékmennyiség 700-800 mm, a Vendvidék hűvösebb és csapadékosabb az Őrségnél. Alapkőzete pliocén korszaki üledék, kavics és lösz keverék. Legjellemzőbb talajtípusa a dombhátak és nedves völgyek pszeudoglejes barna erdőtalaja. Ezen kívül előfordul még agyagbemosódásos barna erdőtalaj, a vízfolyások mentén nyers öntéstalaj, kavicsos váztalaj, lejtőhordalék (KOVÁCS 1999). A talajokra általánosan jellemző az erősen savanyú kémhatás és a kavicstakaró gyakori felszínre bukkanása, amelyet elősegített a gazdálkodási módszerek erodáló hatása (l. később) és a nagy mennyiségű csapadék kilúgzása (TÍMÁR et al. 2002).

**Növényföldrajzilag** SOÓ (1965) az Őrséget a Pannonicum flóratartomány Prenoricum flóraidékébe helyezi, a Vendvidéket dealpin flóraelemekben való gazdagsága miatt a Noricum flóratartomány Stiriicum flóraidékébe sorolja. PÓCS (1981) szerint az Őrség flórája nagyrészt közép-európai fajokból tevődik össze, ám nyugatról és északról, a Noricum flóratartomány területéről jónéhány faj tudott az Alpok lejtőin keletebbre terjeszkedni (pl. *Sphagnum palustre*, *Drosera rotundifolia*). Délről, a Pannonicum flóratartomány Preillyricum flóraidékéről, szintén több szubmediterrán és néhány karsztvidéki faj növelte areáját az Őrség felé (pl. *Quercus cerris*, *Saxifraga bulbifera*). A Vendvidék dealpin jellegét alátámasztja a lucosok (*Picea abies*) extrazonális előfordulása a zárt völgyek lejtőin, a vörösfenyő (*Larix decidua*) természetes megjelenése, a tőzegmohás élőhelyek gyakorisága,

valamint a havasi éger (*Alnus viridis*) hazánkra nézve egyedülálló előfordulása. Ez a faj a Kárpátokban csak a havasi erdőhatár körül, 1500 m felett gyakori (PÓCS 1981). A terület flórájának összetételét amellelt, hogy az Őrség és a Vendvidék számos növényföldrajzi régió keresztmetszetében fekszik, és sok faj itt éri el elterjedésének határát, nagyban befolyásolta a gazdálkodás következtében rendkívül kisavanyodott talaj is. Ez ugyanis kedvezett olyan acidofil növények megjelenésének, mint pl. az áfonyák (*Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*) vagy a körtikék (*Pyrola chlorantha*, *Pyrola rotundifolia*) (PÓCS et al. 1962, PÓCS 1981). A mohák acidofil és alpin fajai közül pl. a *Pleurozium schreberi*, a *Scleropodium purum*, a *Dicranum polysetum*, a *Sphagnum* spp., és a *Calypogeia* spp. képviselteti magát (BOROS 1944, ÓDOR et.al 1996, 2002, PAPP-RAJCY 1996).

Az Őrség és a Vendvidék **jelenlegi vegetációjának** legátfogóbb cönoszisztematikai besorolását és rövid jellemzését tartalmazza KOVÁCS (1999) tanulmánya. Eszerint a területen képviselteti magát a vízi növényzet, a mocsári és lápi növényzet, a rétek, legelők, gyomtársulások, a vágásnövényzet és az erdők különféle társulásai. Az erdőtársulások részletes leírását TÍMÁR et. al. (2002) munkájában találjuk. A tanulmány szerint a térségben megtalálhatók az acidofil bükkösök, erdeifenyvesek és gyertyános-tölgyesek mellett a mezofil üde bükkösök és cseres-tölgyesek, és a víz által befolyásolt erdők több típusa (pl. égerlápok, fűzlápok, patakmenti égerligetek, kemény- és puhafa ligeterdők). A Vendvidék északi kitétséggű szurdokvölgyeiben természetes elegyes lucfenyvesek extrazonális előfordulását is megemlíti (PÓCS 1968). A luc azonban nagyrészt telepített monokultúra formájában van jelen a területen. Ezek a monokultúrák ma már eltűnőben vannak az utóbbi években fellépő szűkár következtében. A faállomány összetételét tekintve a fő állományalkotó fafajok a bükk, a gyertyán, a kocsányos és a kocsánytalan tölgy, az erdeifenyő és a lucfenyő. Amellelt, hogy az erdők állomány léptékben, a főfafajokra nézve is elegyesek, jelentős az elegyfák aránya: ezek főképp madárcseresznye, nyír, nyarak, hársak és a szelídgesztenye (TÍMÁR et al. 2002). Sehol másutt az országban nem jellemző, hogy ennyire hasonló termőhelyi és klimatikus viszonyok között ennyire különböző fafaj-összetételű és állományszerkezetű erdők alakuljanak ki. Érdekes kérdést vet fel az erdeifenyő tömeges jelenléte a területen, ez a faj ugyanis a Kőszegi- és Soproni-hegység kivételével sehol sem fordul elő ekkora egyedszámban Magyarországon. PÓCS (1968, 1981) szerint az Őrség és a Vendvidék összefüggő erdeifenyvesei az észak-közép-európai túlevelű elegyes erdőzóna fenyő-nyír korból itt maradt, szigetszerű reliktumdarabjaiként foghatók fel. Ennek a feltételezésnek ellentmond BARTHA (1998) tanulmánya, amiben a szerző történeti ökológiai alapokon elemzi az Őrség és a Vendvidék vegetációját. BARTHA (1998) szerint az erdeifenyő őshonosságának

magyarázata a gazdálkodás talajréteget erodáló és kisavanyító módszereinek hatásában keresendő: az erdeifenyő ugyanis pionír jellegénél fogva nagyon száraz vagy vizes, láposodó, nagyon savanyú kémhatású, tápanyagban nagyon szegény talajokon is képes megtelepedni. Ezt az álláspontot alátámasztani látszik az őrségi erdőkben az 1980-as évektől tetten érhető ellombosodás folyamata. Erre a megfigyelésre épül az a vegetációrekonstrukciós hipotézis is, miszerint az emberi hatások megjelenése előtt a területet zárt lombos erdők borították: a Vendvidéken bükkösök, az Őrségben gyertyános-tölgyesek domináltak (BARTHA 1998).

Az Őrség és a Vendvidék növénytakarójának kialakulására a speciális klimatikus viszonyok mellett döntő befolyással voltak a hagyományos **földhasználati módok és erdőkiélések** (TÍMÁR et al 2002, BARTHA 1998, GYÖNGYÖSSY 1996). A 12. századtól a 19. század közepéig a területet az irtásos erdőgazdálkodás jellemezte, ennek következtében az erdők talaja leromlott, tápanyagban elszegényedett, kevésbé tudott ellenállni az erodáló hatásoknak. Lehetőség nyílt az acidofil lágyszárúak és mohák megtelepedésére, valamint a klimax fafajokkal szemben teret hódítottak a pionír jellegű fafajok (nyír, erdeifenyő). Ennek emlékét a növénytakaró a mai napig őrzi. Az irtásos erdőgazdálkodással egyidőben alkalmazott talajművelési forma, az ún. bakhátalás nyomai (párhuzamosan futó halmok) ma is láthatók az erdők aljzatán. Ez a különleges talajfelszín sokféle mikrohabitatot kínál a lágyszárú növények és a mohák számára. Az 1880-as évektől az istállóban tartott állatok almolására az erdei lombavart használták. Ennek biomassza-kivonó hatása elősegítette a savanyú és tápanyagszegény talaj fennmaradását. Az erdőgazdálkodást tekintve akkoriban hagytak fel az irtásos műveléssel, és a kisparaszti szálalás került előtérbe. Ennek következménye a táj mozaikos struktúrája lett, amit azonban a II. világháború utáni államosítás alapjaiban megváltoztatott: az erdők nagy része az állami erdészeti Szolgálat üzemtervi adatai és térképei alapján jelöltük ki az Őrség és a Vendvidék 35 erdőállományában. A választás fő szempontja az volt, hogy a fő fafajok (bükk, tölgyek, erdeifenyő, luc, elegyfajfajok) területre

### 3.2. Mintaterületek kijelölése

Kutatásainkhoz a mintaterületeinket az Állami Erdészeti Szolgálat üzemtervi adatai és térképei alapján jelöltük ki az Őrség és a Vendvidék 35 erdőállományában. A választás fő szempontja az volt, hogy a fő fafajok (bükk, tölgyek, erdeifenyő, luc, elegyfajfajok) területre

jellemző eltérő elegyarányai reprezentálva legyenek. További szempont volt, hogy a mintaterületek egymástól térben távol helyezkedjenek el (így az adatelemzésnél egymástól függetleneknek tekinthetők), plakor helyzetűek, vízhatástól mentesek és legalább 70 évesek legyenek. Minden állományban kijelöltünk egy olyan 40x40 m<sup>2</sup>-es kvadrátot, amely az erdőrészlet faállomány-összetételét a lehető legjobban reprezentálja, és annak belsejében helyezkedik el.

Az összes mintaterületünk rendeltetésüket tekintve védett illetve fokozottan védett erdőállományban helyezkedik el, három közülük erdőrezervátum-magterület és kettőt Pro Silva alapelvek szerint művelnek (l. 11.1 melléklet).

### 3.3. Mintavételezés

A faállomány adatainak felvételezése a mintaterületek 40x40 méteres négyzeteiben történt: minden 5 cm-nél nagyobb mellmagassági törzsátmérővel (DBH) rendelkező faegyed fafaja, kerülete és magassága felvételezésre került, a fák pozíciója alapján minden mintaterületről fatérkép készült. Az 5 cm DBH-t el nem érő, de fél méternél nagyobb fásszárúak csoportjait újulati foltként jelöltük a fatérképen. Foltként megállapítottuk az egyedszámot, a fafajt, az átlagos átmérőt és az átlagos magasságot.

Az epifiton mohák felvételezéséhez a 40x40 méteres mintanégyzet közepén kijelöltünk egy 30x30 méteres négyzetet. A fatérképek alapján kiválasztottunk minden olyan élő fát, amely a 30x30 méteres négyzet határain belül esik és mellmagassági kerülete legalább 60 cm. Ezeken a fákon becsültük a mohafajok abszolút borítását (dm<sup>2</sup>-ben) 0-0,5 m-es, majd 0,5-1,5 m-es magasságig. A két mintavételi egységre külön-külön megadtuk minden fa esetén a kéreg által borított hengerpalást teljes területét is (dm<sup>2</sup>-ben).

A faállomány felvételezése 2005 nyarától 2006 tavaszáig folyt, az epifiton mohavegetációt 2006 őszétől 2007 nyaráig vizsgáltuk.

### 3.4. Adatelemzés

#### 3.4.1. A függő változók és a háttérváltozók bemutatása

A mohaközösség faji összetételének a környezeti háttérváltozókkal való összefüggésének előzetes feltárására többváltozós indirekt és direkt **ordinációs módszereket** alkalmaztunk (PODANI 1997). Az epifiton mohaközösség mintaterület szintű elemzésében a

függő változónk a mohák borításának<sup>1</sup> természetes alapú logaritmus-transzformált alakja volt. Mind a direkt ordinációs elemzésekben, mind a regressziós modellek építésekor (l. 3.4.2.alfejezet) a mintaterületek faállományát és táji viszonyait az alábbi származtatott háttérváltozókkal jellemeztük:

- fafajokra vonatkozó háttérváltozók (összes térképezett fafaj; különböző fafajok relatív egyedszáma és térfogata a mintában; a térképezett fafajok faj-egyed és faj-térfogat Shannon-diverzitása)
- fák mellmagassági átmérőjére (DBH) vonatkozó háttérváltozók (DBH kategóriák faegyedszáma – 0-5 cm, 6-10cm, 11 cm-től 10 cm-enként új kategória, 50 cm-t meghaladók egy kategóriában; a térképezett fák átmérőjének átlaga és szórása, az állomány 30 legnagyobb DBH-jú fájának átlagos átmérője; a térképezett DBH csoportok faj-egyed és faj-térfogat Shannon-diverzitása)
- fák magasságára vonatkozó háttérváltozók (a térképezett fák magasságának átlaga és szórása, az állomány 30 legnagyobb DBH-jú fájának átlagos magassága)
- faállományra vonatkozó összegző háttérváltozók (összes térképezett fa darabszáma és térfogata)
- holtfára vonatkozó háttérváltozók (térképezett álló holtfa darabszáma és térfogata; fekvő holtfa darabszáma és térfogata)
- a mintaterület térbeli pozíciója (EOV vetületi rendszerben)
- Az erdőállomány szerkezeti szintjeinek megfelelő fajszám és borításértékek (cserjék, lágyszárúak, gyepszint, talajlakó mohák; holtfa, avar, ásványi talajfelszín borítása)
- Fényviszonyokat jellemző háttérváltozók (lombszint záródásihiányának átlaga és szórása; LAI 2000 alapján számolt lombkoronán átjutott relatív diffúz fény átlaga, szórása és variációs koefficiense)
- Az erdőállomány táji viszonyait (300 m sugarú körben) jellemző háttérváltozók (bükkösök, erdeifenyvesek, lucfenyvesek, tölgyesek, fiatalosok, idős erdők, gyepek, nyílt területek aránya, táji elemek Shannon-diverzitása)

A 3.4.1.1.táblázat azoknak a háttérváltozóknak a leírását tartalmazza, amelyek direkt ordinációs elemzésekben és a regressziós modellekben szignifikánsnak bizonyultak. A

---

<sup>1</sup> A fajonkénti borítások összegét tekintettük összborításnak.

faállomány háttérváltozóit a terepi felmérések adataiból származtattuk, a táji léptékű változókat az egyes mintaterületeket körülvevő 300 méter sugarú körre nézve térkép és üzemtervi adatok segítségével határoztunk meg.

A kéreglakó mohaközösség faegyed szintű ordinációs vizsgálatában a mohafajok előfordulására vonatkozó bináris adatokat használtuk függő változóként. Faegyed szintű háttérváltozóként a moha-felvételezésbe bekerült fák fafaját és mellmagassági átmérőjét alkalmaztuk, valamint a mintaterületet, ahol az adott faegyed megtalálható. A mintaterület-szintű ordinációs elemzésekhez a vizsgált 35 mintaterületre vonatkozó összes adatot felhasználtuk, a faszintű elemzésekből kihagytuk a kevesebb, mint 6 fán előforduló fajokat és a kevesebb, mint 3 fajt tartalmazó fákat, mivel a ritka fajok illetve a kis fajszerű minták jelentős mértékben befolyásolhatják a többváltozós adatfeltárás eredményét (TER BRAAK & SMILAUER 2002).

A mohaközösségre illetve egyes mohafajokra jellemző biológiai változók és a háttérváltozók közötti konkrét összefüggések elemzését **regressziós modellek** építésével végeztük (FARAWAY 2005, 2006). A mintaterületekre vonatkozó elemzésekben függő változóként szerepelt a mohák abszolút összborítása, összfajszáma, a fakultatív és a specialista epifitonok fajszáma. Utóbbi két változót irodalmi adatok (ORBÁN & VAJDA 1983, SMITH 1980) alapján történt csoportosítás után kaptuk, amelyet az Őrségre vonatkozó terepi tapasztalataink figyelembe vételével módosítottunk. Mivel a szikla, mint aljzat az őrségi és vendvidéki erdőkből hiányzik, az országban másutt sziklán élő fajok a fák kérgén jelennek meg. Ez a szubsztrátváltásnak nevezett jelenség ismert az epifitonoknál (SCHMITT & SLACK 1990). A sziklán és fakérgen egyaránt előforduló fajokat (pl. *Metzgeria furcata*, *Homalothecium sericeum*) specialista epifitonoknak tekintettük (l. 11.2 melléklet). A modellekbe bekerült mintaterület szintű származtatott háttérváltozók leírását a 3.4.1.1.táblázat tartalmazza. A faegyed szintű regressziós modellben függő változóként alkalmaztuk az egy faegyeden előforduló fajok számát, háttérváltozóként a moha-felvételezésbe bekerült fák fafaját és természetes alapú logaritmus-transzformált mellmagassági átmérőjét. A regressziós modellek építése során külön kérdéskört képeztek egy specialista epifiton mohafaj, az *Ulotia crispa* biológiai változói és a háttérváltozók közti összefüggések feltárása. Mintaterület szintjén az *Ulotia crispa* frekvenciáját (mintaterületenként hány fán fordult elő), mint függő változót elemeztük a már korábban ismertetett háttérváltozók függvényében. Az *Ulotia crispa* előfordulási valószínűségét a faegyedek szintjén vizsgáltuk. Háttérváltozóként használtuk a moha-felvételezésbe bekerült fák fafaját, mellmagassági átmérőjét, valamint bevezettünk egy

*vanfa* nevű, származtatott háttérváltozót, amely arról ad információt, hogy adott mintaterületen az adott fán kívül hány fán fordul elő az *Ulotia crisper*.

LEÍRÁS	
Fák faj-térfogot Shannon-diverzitása	A térképezett fafajok faj-térfogot Shannon-diverzitása, $-\sum(P_i \cdot \ln P_i)$ , ahol $P_i$ az $i$ -edik fafaj relatív térfogata (az összes térfogatból való részesedése) a mintában
Tölgy relatív térfogata (ln)	A KTT, KST és CS relatív térfogata a mintában
Fák dbh 0–5 cm (db/ha)	0-5 cm DBH közötti fák hektáronkénti darabszáma (újulati foltadatból)
Fák dbh 11–20 cm (db/ha)	11-20 cm DBH közötti fák hektáronkénti darabszáma
Fák faj-egyed Shannon-diverzitása	A térképezett fafajok faj-egyed Shannon-diverzitása, $-\sum(P_i \cdot \ln P_i)$ , ahol $P_i$ az $i$ -edik fafaj relatív gyakorisága (az összegyűjtésből való részesedése) a mintában
Gyertyán relatív térfogata	A gyertyán relatív térfogata a mintában
Erdeifenyő relatív térfogata	Az erdeifenyő relatív térfogata a mintában
Fák dbh >50 cm (db/ha)	>50 cm-nél nagyobb DBH fák hektáronkénti darabszáma
Összes fa (db/ha)	A térképezett fák darabszáma
Faátmérő átlaga (cm)	A térképezett fák (DBH>5cm) átmérőjének átlaga
Faátmérő szórása (cm)	A térképezett fák (DBH>5cm) átmérőjének szórása
Fiatalosok aránya (%)	Fiatalosok (<20 év) aránya a mintaterületet körülvevő 300 méter sugarú körben

**3.4.1.1.táblázat:** A többváltozós és regressziós elemzésekben szignifikáns, a mintaterületek faállományát és táji viszonyait jellemző származtatott háttérváltozók.

### 3.4.2. Az adatfeldolgozás során használt módszerek bemutatása

Az indirekt ordinációs módszerek közül főkomponens-analízist (PCA) és detrendált korrespondencia-elemzést (DCA) alkalmaztunk. (A függő változók és a háttérváltozók leírását l. 3.4.1.alfejezetben) A fajok szerint centrált PCA eredményeként megkaptuk a minták egymáshoz viszonyított eloszlását. Ha ez nem adódott megfelelően homogénnek, természetes logaritmus-transzformációt alkalmaztunk. A DCA ordinációs tengelyekre vonatkozó gradiens hosszai alapján választottuk ki a direkt ordináció módszerét (LEPS & SMILAUER 2003). A mintaterület-szintű DCA-nál a gradines hossza 2,5 szórásérték alattinak, a faegyedszintű DCA-nál pedig 4,4-nek adódott. A továbbiakban az előbbi esetben redundancia-analízist (RDA), az utóbbi esetben kanonikus korreláció elemzést (CCA) alkalmaztunk a környezeti változók fajösszetételre gyakorolt hatásának feltárására. A direkt ordináció során a



háttérváltozók szelekciója manuálisan történt, egyenként építettük be a háttérváltozókat a lefedett variancia és a reziduális variancia változásának alapján (*forward selection*). A változók hatását a modell szelekció során, valamint a végső modell variancia lefedését Monte-Carlo szimulációval teszteltük, F-próbát alkalmazva. A modell szelekció során az 5%-os szignifikancia szintet alkalmaztuk (TER BRAAK & SMILAUER 2002). A faegyed szintű direkt ordináció (CCA) során a variancia felosztás (*variation partitioning*) módszerével határoztuk meg a mellmagassági átmérő, a fafaj és a mintaterület (amelyben a faegyed található) variancia-lefedését (LEPS & SMILAUER 2003).

A regressziós elemzések során az általános lineáris modellezés módszercsaládját alkalmaztuk (FARAWAY 2005, 2006). (A függő változók és a háttérváltozók leírását I. 3.4.1. alfejezetben) A regressziós modellek használata előtt korrelációs vizsgálatokban grafikusán ábrázoltuk a függő változó és a háttérváltozók összefüggéseit (kétdimenziós pontdiagramok), valamint meghatároztuk a korrelációs koefficiens értékeit. Az elsőfajú hiba megnövekedett valószínűségére tekintettel (a nagy mennyiségű összehasonlítás miatt véletlen hatások is eredményezhetnek szignifikáns kapcsolatokat) a korrelációs együttható szignifikanciája alapján csak az összefüggést nem mutató változókat szelektáltuk ki, de nem hoztunk statisztikai döntést a modellbe bekerülő változókra nézve. A megmaradt, tehát a függő változóval korrelációs kapcsolatot mutató háttérváltozók közül a kétdimenziós pontdiagram homogenitása, a korrelációs koefficiens nagysága, a háttérváltozók közötti interkorreláció, valamint biológiai megfontolások figyelembe vételével válogattunk ki 5-8 változót, amelyek bekerültek a regressziós modellek szelekciós folyamatába.

A regressziós elemzés módszerei közül a mintaterület-szintű vizsgálatokhoz az általános lineáris modellezés módszerét (*General Linear Modelling*), a faszintű elemzésekhez az általánosított lineáris modellezést (*Generalised Linear Modelling*) használtuk (FARAWAY 2005, 2006). Mivel a módszer megkívánja a függő változó normális (*General LM*) illetve Poisson vagy binomiális (*Generalised LM*) eloszlását, ezért szükség esetén természetes alapú logaritmus-transzformációt illetve logit transzformációt alkalmaztunk a függő változók esetében. Az alkalmazott transzformációkat aszerint választottuk meg, hogy teljesüljenek a regresszió feltételei, vagyis a modellek kielégítsék a reziduálisok eloszlására, a variancia inhomogenitására, valamint a szélsőséges hatású minták elkerülésére vonatkozó feltételeket (FARAWAY 2005). Emellett figyelembe vettük a modellek magyarázó erejét jellemző determinációs koefficiens ( $R^2$ ) értékét is. A minimális adekvát modellt a változók teljes modellből történő egyenkénti szelekciójával (*backward selection*) illetve a nullmodell felől építkezve, egyenkénti beemelésével (*forward selection*) hoztuk létre. A szelekció során a

statisztikai döntésekhez deviancia-analízist, használtunk, az általános lineáris modelleknél F-tesztet, az általánosított lineáris modelleknél Chi<sup>2</sup>-tesztet alkalmazva. A legfeljebb 10%-os szignifikancia-szintet elérő változókat tartottuk meg a modellben. A kapott modellek jóságát és alkalmazhatóságát a lefedettség (a magyarázó változók számával korrigált determinációs koefficiens értéke) és a grafikus diagnosztika (reziduálisok és illesztett értékek összefüggése, reziduálisok normalitása, reziduálisok varianciájának homogenitása, mintaelemek súlya) alapján értékeltük.

A többváltozós elemzéseket a Canoco for Windows 4.5 (TER BRAAK & SMILAUER 2002), a regressziós elemzéseket az R 2.6.2. (THE R DEVELOPMENT CORE TEAM 2008), a grafikus megjelenítések egy részét, valamint a korrelációs elemzéseket a Statistica 7.0 (STATSOFT 2006) programcsomag segítségével készítettük.

A mintaterületekről készült fatérképeket, valamint a faállományt és a táji viszonyokat jellemző származtatott háttérváltozókat a kutatócsoport bocsátotta rendelkezésemre. Az epifiton mohák felvételezését, határozását és a dolgozatban közölt elemzéseket magam végeztem a témavezetőmmel való rendszeres konzultációk mellett.

## 4. Eredmények

### 4.1. Az őrési és vendvidéki erdők epifiton mohaközösségének bemutatása

Vizsgálataink során összesen 60 mohafaj egyedeit határoztuk meg, ebből 6 faj májmoha, 54 faj lombosmoha. A mohafajok megnevezésénél ERZBERGER & PAPP (2004) nomenklaturáját használtuk. Az elemzésekben a mohák a genus és species nevekből összevont hatbetűs kódokkal szerepelnek (l. 11.2 melléklet).

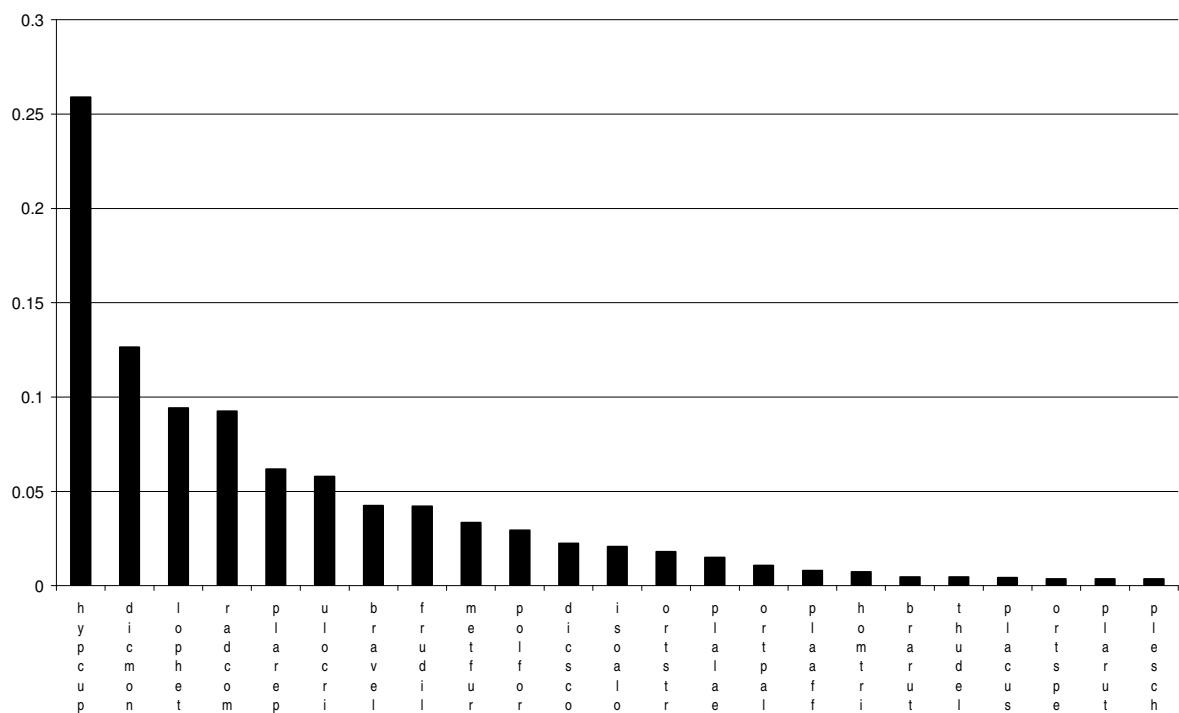
A megmintázott felület körülbelül 20%-át borította moha. A megmintázott fák fajkészlete mennyiségi viszonyainak bemutatására háromféle elemzést készítettünk. A 4.1.1.ábrán a mohafajok mintaterületenkénti előfordulásának megoszlása látható, a 4.1.2.ábra a tíz leggyakoribb mohafaj rang-relatív frekvencia görbáját mutatja (az összes moharekord hány százaléka jut egy-egy mohafajra), a 4.1.3.ábra a tíz legnagyobb borítást elérő mohafaj 35 mintaterületre összegzett abszolút összborításból való részesedését mutatja.

A mintavételbe bekerült fákon előforduló tíz leggyakoribb mohafajból kettő, a *Hypnum cupressiforme* és a *Dicranum montanum* mind a 35 mintaterületen előfordul, 30-nál több mintaterületen találkozhatunk a *Radula complanata*val, a *Brachythecium velutinum*mal és az *Ulota crispá*val, 20-nál több mintaterületen található meg a *Lophocolea heterophylla*, a *Frullania dilatata*, a *Platygyrium repens*, a *Metzgeria furcata* és az *Isothecium alopecuroides* (4.1.1.ábra). Utóbbi kettő az Őrségre és a Vendvidékre nézve ritka (ÓDOR et al. 2002), a mi mintáinkban való gyakori előfordulása valószínűleg a mintavételi módszerre vezethető vissza. Az adataink között 20 faj szerepel, amelyeket csak egyetlen mintaterületen találtunk meg. Ennek oka egyrészt valóban a ritkaságuk országosan is (pl. *Thuidium tamariscinum*, *Ptilidium pulcherrimum*, *Lejeunea cavifolia*), másrészt a kiválasztott mintaterületek nem megfelelő környezeti feltételei (pl. a *Fissidens taxifolius* inkább a patakmenti élőhelyeket kedveli), harmadrészt lokális ritkaságuk, aminek oka, hogy az Őrségből és a Vendvidékről hiányoznak a sziklák (pl. *Ctenidium molluscorum* országosan meszes sziklákon helyenként tömeges) (ORBÁN & VAJDA 1983, ÓDOR et al. 2002). A többi faj őrési-vendvidéki és országos előfordulásának összehasonlítását l. 11.2 melléklet.

Az összes regisztrált moha-előfordulás több mint 25%-át teszi ki a *Hypnum cupressiforme* (4.1.2.ábra). 10% felett van még a *Dicranum montanum* előfordulása. 5 és 10% közötti kategóriába esik a *Lophocolea heterophylla*, a *Radula complanata*, a *Platygyrium repens* és az *Ulota crista*. Az összes többi mohafaj előfordulási aránya 5% alatti az összes

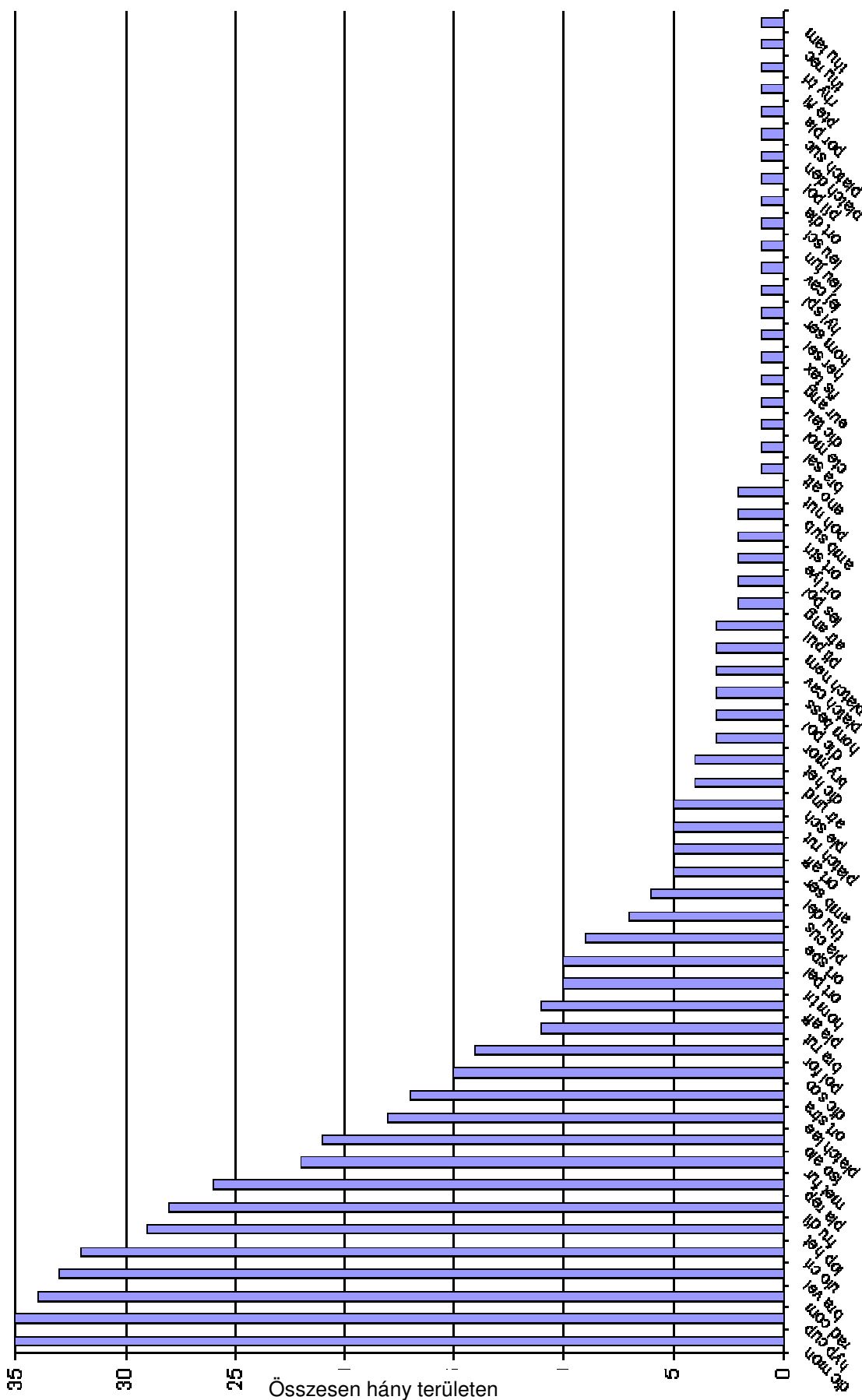
moharekordhoz viszonyítva. A rang-relatív frekvencia görbéből jól látszik, hogy az Őrségben és a Vendvidéken viszonylag nagy gyakorisággal fordulnak elő a savanyú szubsztrátviszonyokat jól tűrő vagy kedvelő, fenyőelegyes lomberdőkre jellemző mohafajok pl. *Dicranum montanum*, *D. scoparium*, *Pleurozium schreberi*.

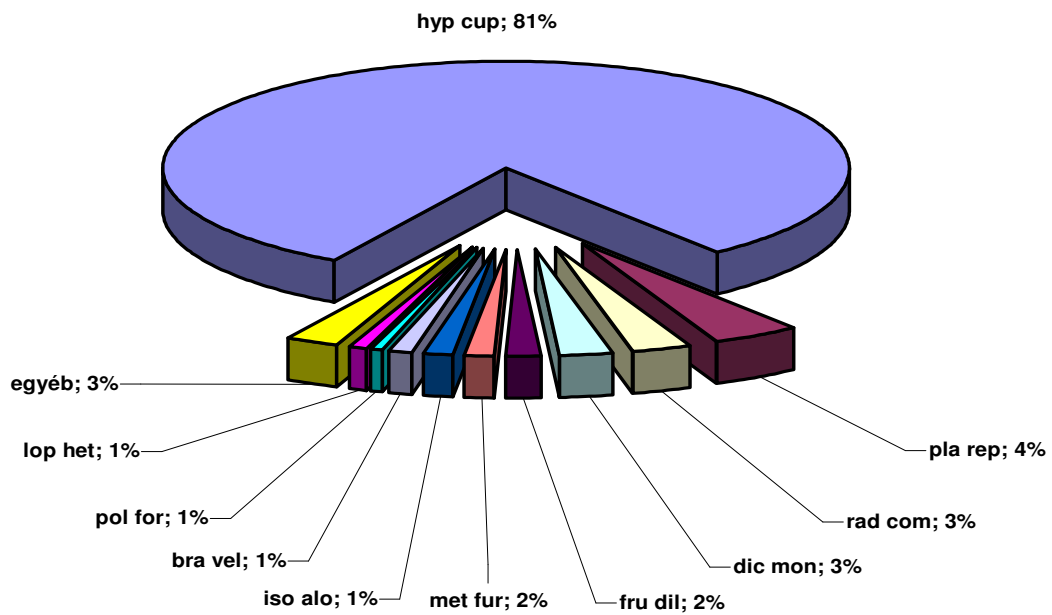
A megmintázott fákon az összmohaborítás 81%-át a *Hypnum cupressiforme* fedi le. A *Platygyrium repens* 4%-ban, a *Radula complanata* és a *Dicranum montanum* 3-3%-ban, a *Frullania dilatata* és a *Metzgeria furcata* 2-2%-ban, az *Isothecium alopecuroides*, a *Brachythecium velutinum*, a *Polytrichum formosum* és a *Lophocolea heterophylla* 1-1%-ban, az összes többi faj együttvéve 3%-ban részesedik (4.1.3.ábra).



**4.1.2.ábra:** A regisztrált 60 mohafaj közül a 10 leggyakoribb mohafaj rang - relatív frekvencia görbéje. A vízszintes tengelyen a fajok hatbetűs kódjai (l. 11.2. melléklet), a függőleges tengelyen a fajok előfordulási aránya látszik az összes moharekordhoz viszonyítva.

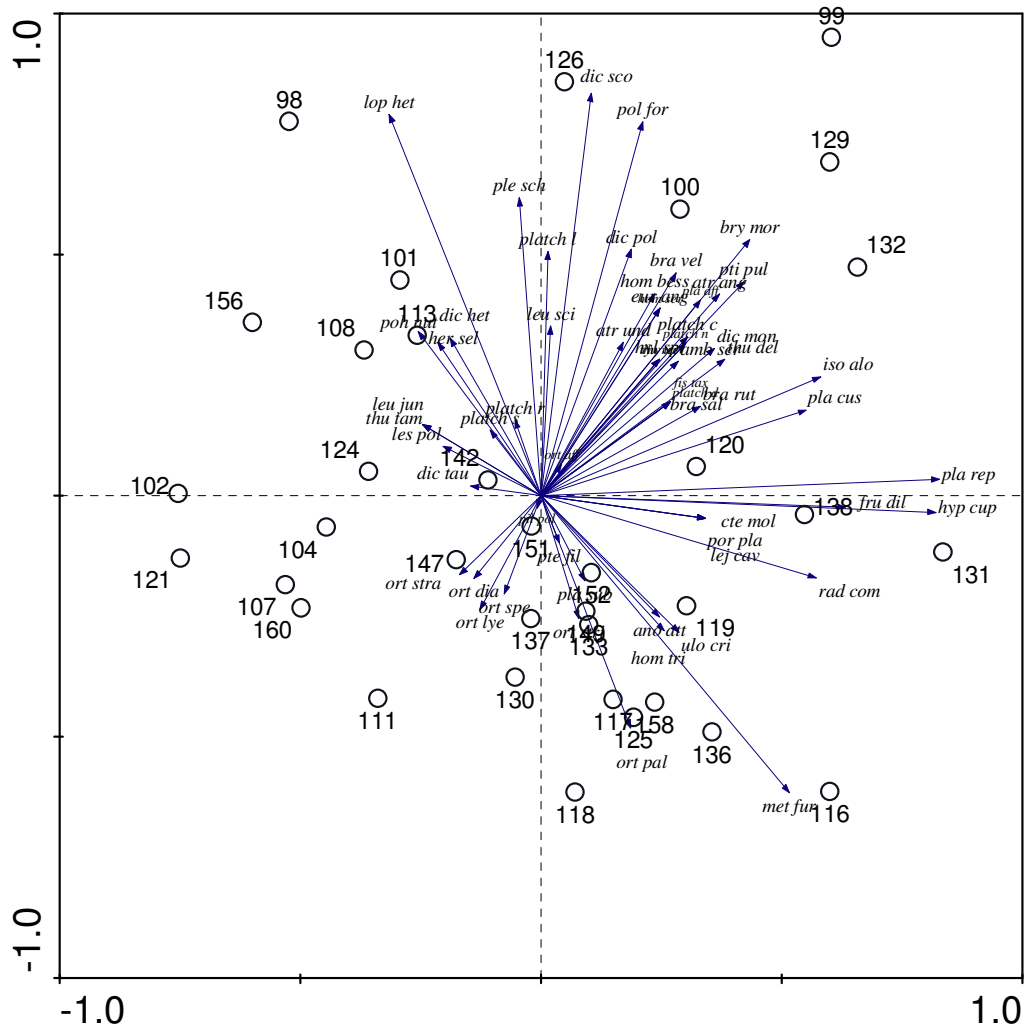
4.1.1. ábra: Mohafajok mintaterületenkénti gyakorisága.





**4.1.3.ábra:** A tíz legnagyobb borítást elérő mohafaj %-os részesedése a 35 mintaterületre összegzett abszolút mohaborításból. A mohafajok hatbetűs kódjaikkal (l. 11.2 melléklet) szerepelnek az ábrán.

Az egyes mohafajok logtranszformált abszolút borítását és a mintaterületek eloszlását elemző PCA eredménye látható a 4.1.4.ábrán. Az elemzés lefedettsége 61,7%, az első PCA-tengely a variancia 24,2%-át, a második PCA-tengely a variancia 16,5%-át magyarázza. A mintaterületek eloszlása egyenletes az ordinációs térben, jelentős csoportulásokat nem mutatnak. Az első PCA-tengellyel a lomberdei fajokon (főként tölgyön) nagy borítást elérő mohafajok pozitívan korrelálnak (*Hypnum cupressiforme*, *Platygyrium repens*, *Frullania dilatata*, *Radula complanata*). A második PCA-tengellyel pozitívan korrelálnak az acidofil, főként erdeifenyőn megjelenő mohafajok borításértékei (*Lophocolea heterophylla*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Polytrichum formosum*). Már ebből is látszik, de a regressziós modellek alapján még nyilvánvalóbbá lesz, hogy a fajok, fajcsoportok elkülönülését elsősorban az aljzatpreferencia szabja meg.



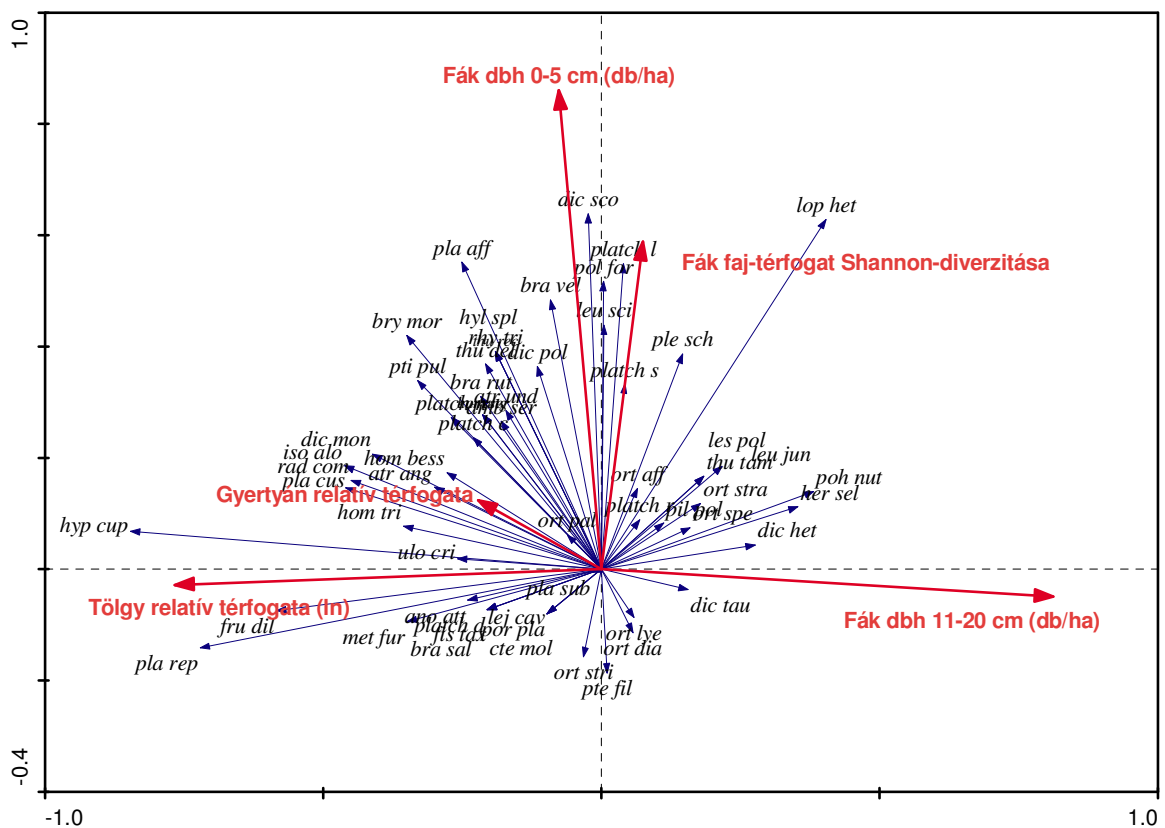
**4.1.4.ábra:** Az egyes mohafajok logtranszformált abszolút borítását és a mintaterületek eloszlását elemző PCA eredménye. Az elemzés lefedettsége 61,7%, az első PCA-tengely a variancia 24,2%-át, a második PCA-tengely a variancia 16,5%-át magyarázza. A mohafajok feketével, hatbetűs kódjaikkal (l. 11.2. melléklet) szerepelnek az ábrán. A számok a mintaterületek azonosítására szolgálnak (l. 11.1 melléklet).

## 4.2. Direkt ordinációs elemzések

### 4.2.1. Az epifiton mohaközösség elemzése mintaterületek szintjén (RDA)

Az epifiton mohák mintaterületenkénti logtranszformált abszolút bortására készített redundancia-analízis eredményét a 4.2.1.ábra mutatja. Az elemzés az összvariancia 38,1 %-át fedi le. Ebből az első tengely a variancia 18,2%-át, második tengely a variancia 8,9%-át magyarázza. Az első tengellyel a tölgyek térfogata és a

kisméretű fák (DBH 6-10 cm) egyedszáma, a másodikkal az újulat egyedszáma (DBH 0-5cm), és a fafajok térfogatának Shannon diverzitása korrelált elsősorban. A lombos állományokban nagy borítással jelen lévő fajok (*Hypnum cupressiforme*, *Platygyrium repens*, *Frullania dilatata*) pozitívan korrelálnak a variancia legnagyobb hányadát, 13%-át magyarázó tölgyfák relatív térfogatával. A kis fák (DBH=11-20 cm) darabszámával ezek a mohafajok negatív korrelációban állnak, a többi epifiton pedig nem mutat szignifikáns összefüggést. Az újulat darabszámával és a fák faj-térfogat Shannon-diverzitásával az erdeifenyvesekhez kötődő mohafajok (*Dicranum scoparium*, *Polytrichum formosum*, *Plagiothecium laetum*, *Pleurozium schreberi*) mutatnak pozitív korrelációt. A manuális szelekció során szignifikánsnak bizonyult háttérváltozók egyenkénti variancia-lefedését a 4.2.1.táblázat mutatja.



**4.2.1.ábra:** Az epifiton mohaközösség mintaterület-szintű elemzésének eredménye (RDA biplot). Az ábrán a fajok fekete színnel, a háttérváltozók piros színnel láthatók. A háttérváltozók leírását 1. 3.4.1.1.táblázatban, a fajok hatbetűs kódjainak leírását a 1. 11.2. mellékletben. Az elemzés lefedettsége 38,1%-os, az első tengely a variancia 18,2%-t, a második tengely a variancia 8,9%-át fedti le



Kód	Lefedett variancia (%)	F-érték	Szignifikancia (p)
Tölgy relatív térfogata (ln)	13	4,98	0,001
Fák dbh 11–20 cm (db/ha)	8	3,36	0,001
Fák dbh 0–5 cm (db/ha)	7	3,24	0,001
Gyertyán relatív térfogata	5	2,31	0,009
Fák faj-térfogat Shannon-diverzitása	4	1,98	0,027

**4.2.1.táblázat:** Az epifiton mohaközösség összetételét mintaterület szintjén meghatározó háttérváltozók kódjai, az általuk lefedett variancia százalékban, a változók hatását tesztelő Monte-Carlo szimuláció F-tesztjének eredménye és szignifikanciája. A háttérváltozók leírását l. a 3.4.1.1.táblázatban.

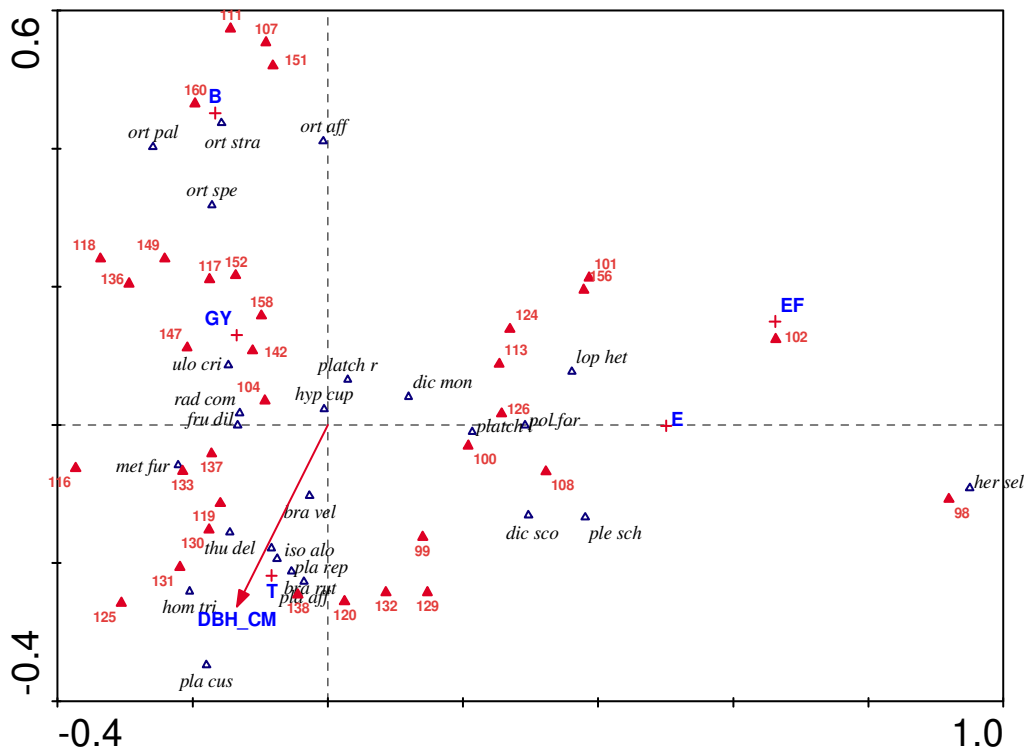
#### 4.2.2. Az epifiton mohaközösség elemzése faegyedek szintjén (CCA)

Az epifiton mohaközösség faegyed-szintű elemzését kanonikus korreláció analízissel végeztük. Háromféle elemzést készítettünk. Az elsőben csak a mellmagassági átmérőt és a fafajt használtuk háttérváltozóként, így az elemzés az összvariancia 10,5%-át fedte le. A második CCA-ban a mellmagassági átmérő és a fafaj, mint háttérváltozók mellett a mintaterületet (ahol az adott faegyed megtalálható) kovariánsnak tekintettük. Ekkor az elemzés az összvariancia 5,6%-át magyarázta. A legjobb variancia lefedést a harmadik CCA adta, amikor a mellmagassági átmérőt, a fafajt és a mintaterületet is háttérváltozóként alkalmaztuk.

A harmadik CCA lefedése az összvariancia 27,4%-a, ebből az első tengely 7,3%-ot, a második tengely 4%-ot magyaráz. Az elemzésben mindhárom háttérváltozó szignifikánsnak bizonyult (4.2.2.táblázat). A összvariancia a legkisebb hányadát magyarázza a mellmagassági átmérő (0,5%), kicsit többet (9,7%) a fafaj, a legtöbbet a mintaterület (17,2%). A CCA eredményét grafikusán a 4.2.2.ábra mutatja. A bükköt egyértelműen csak az *Orthotrichum* fajok preferálják. A tölgyeken főképp fakultatív epifitonok jelennek meg (pl. *Platygyrium repens*, *Plagioimnium* spp., *Brachythecium* spp.), de a specialisták közül tölgyhöz kötődik a *Homalia trichomanoides* és az *Isothecium alopecuroides*. Az erdeifenyőt és az egyéb fafajokat nem részesíti előnyben egyik mohafaj sem. A fafaj szempontjából opportunistának tekinthetők azok a mohafajok, amelyek a CCA-biploton minden fajtól távol helyezkednek el (pl. *Dicranum montanum*, *Lophocolea heterophylla*, *Hypnum cupressiforme*). A mellmagassági átmérő főleg azokra a fajokra van befolyással, amelyek elsősorban nagyobb tölgyeken jelennek meg.

A faegyedszintű háttérváltozókra elvégzett variancia felosztás eredménye a 4.2.3.ábrán látható. Az elemzés teljes lefedéséből (27,2%) a három háttérváltozó interakciók nélkül

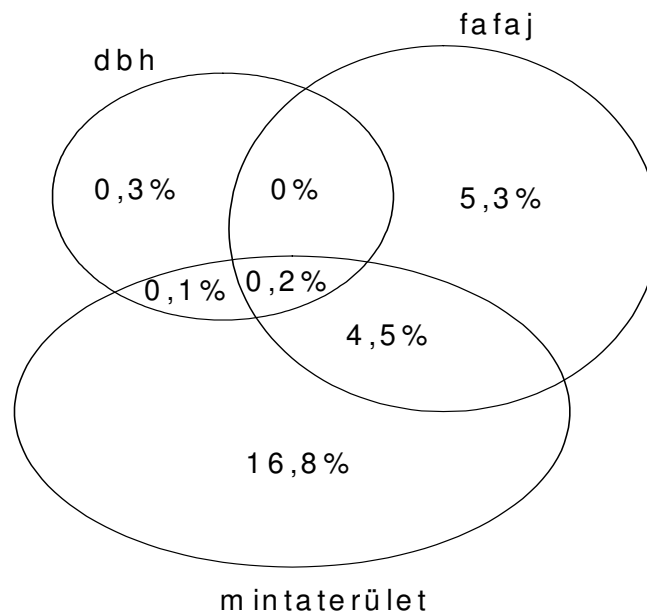
22,4%-ot magyaráz. Ebből a mintaterületre esik 16,8%, a fafajra 5,3%, a mellmagassági átmérőre 0,3%. Az interakciók tehát nem túl erősek, néhány tized %-ot fednek le, legerősebb az interakció a mintaterület és a fafajok között, 4,5%-os.



**4.2.2.ábra:** Az epifiton mohaközösség faegyed-szintű elemzésének eredménye (CCA biplot). Az elemzés az összvariancia 27,4%-át fedti le, ebből az első tengely 7,3%-ot, a második tengely 4%-ot magyaráz. A mohafajok hatbetűs kódjaikkal (l. 11.2. melléklet), fekete színnel, kisbetűvel szerepelnek az ábrán. A háttérváltozók közül a fafajokat (+) erdészeti kódjaikkal (T=tölgyek, E=egyéb lágý- és keménylombos fafajok, GY=gyertyán, B=bükk, EF=erdeifenyő), kék színnel, nagybetűvel tüntettük fel, a mellmagassági átmérőt (DBH) szintén kék színnel, nagybetűvel. A számok a mintaterületek (▲) azonosítására szolgálnak (l. 11.1. melléklet).

Változó neve	Lefedett variancia (%)
Mellmagassági átmérő (DBH_cm)	0,5
Fafajok	9,7
Mintaterületek	17,2
Összesen	27,4

**4.2.2.táblázat:** Az epifiton mohaközösség összetételét faegyed szintjén meghatározó háttérváltozók és az általuk lefedett variancia százalékban.



4.2.3.ábra: A faegyed szintű háttérváltozókon végzett variancia felosztás eredménye. A teljes lefedés 27,2%.

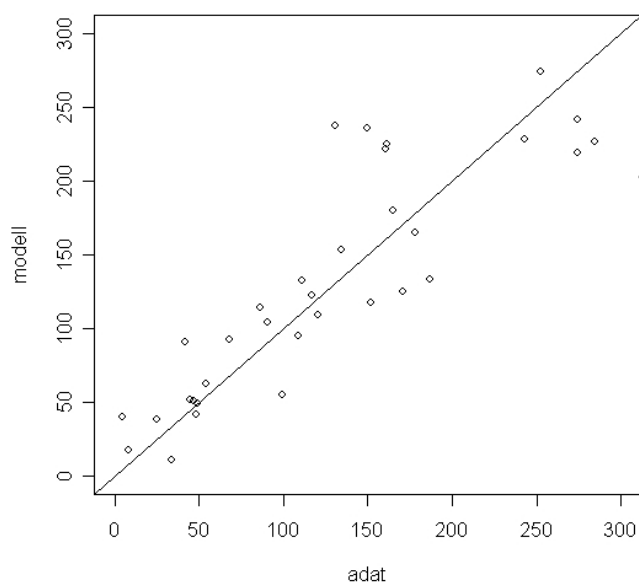
## 4.3. Regressziós modellek

### 4.3.1. Az epifiton mohák abszolút borítása mintaterületenként

Az epifiton mohák mintaterületenkénti abszolút borítására kapott regressziós modellben a mohaborítás nő a tölgy relatív térfogatával, ami a variancia 45,3%-át magyarázza (4.3.1.1.táblázat). A nagy fák (DBH>50 cm) darabszáma és a térképre vitt összes fa darabszáma a tölgyhöz képest a varianciának csak elenyésző hányadát, 2,3%-át illetve 4,4%-át magyarázza. Előbbi pozitív, utóbbi negatív kapcsolatban áll a mohaborítással. A modell lefedettsége 73%, ami jónak mondható, amit a predikció grafikus megjelenítése is alátámaszt (4.3.1.1.ábra). A modell által szignifikánsnak ítélt háttérváltozók és a mintaterületenkénti epifiton mohaborítás korrelációs diagramjait l. a 11.4. mellékletben.

Kód	Együttható előjele	Lefedett variancia (%)	F-teszt	p
Tölgy relatív térfogata (ln)	+	45.300	56.9	p<0.001
Fák dbh >50 cm (db/ha)	+	2.300	3	p<0.1
Összes fa (db/ha)	-	4.400	5.6	p<0.05

**4.3.1.1.táblázat:** Az epifiton mohák mintaterületenkénti abszolút borítására kapott regressziós modell szignifikáns háttérváltozóinak kódjai, együtthatói, az általuk lefedett variancia százalékban, az F-teszt eredménye és a kapott szignifikanciaszint. A háttérváltozók leírását l. a 3.4.1.1.táblázatban. A modell determinációs koefficiense  $R^2=0,73$



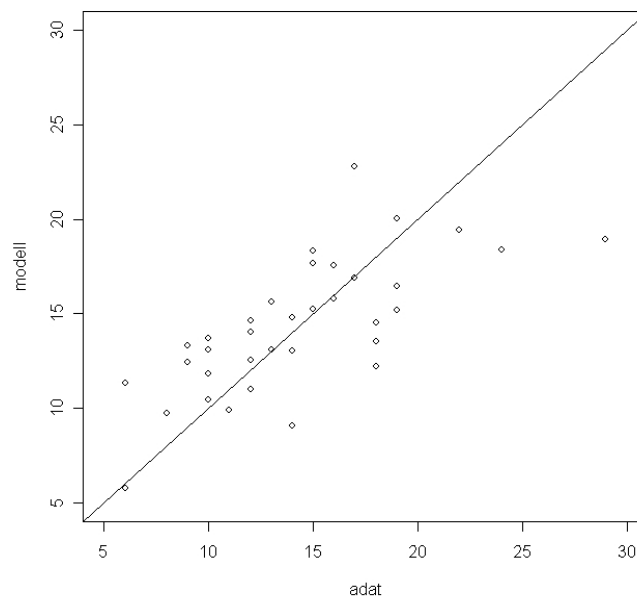
**4.3.1.1.ábra:** Az epifiton mohák mintaterületenkénti abszolút borítására kapott regressziós modell predikciója. A vízszintes tengelyen a terepen mért adatok, a függőleges tengelyen a modell által predikált borítás-értékek láthatók.

#### 4.3.2. Az epifiton mohák fajszáma mintaterületenként

Az epifiton mohák mintaterületenkénti fajszámára kapott regressziós modellben a kis fák (DBH=11-20 cm) darabszámával csökken a mohafajszám. A kis fák darabszáma a variancia 23,3%-át magyarázza (4.3.2.1.táblázat). A térképezett fák faj-térfogat Shannon-diverzitása és átmérőjének szórása pozitív összefüggést mutat a mohaborítással. Előbbi a kis fákhoz hasonlóan az összvariancia jelentős hányadát, 20,5%-át magyarázza, utóbbi lefedése csekély, 8,6 %. A modell az összvariancia 46%-át fedi le, predikcióját a 4.3.2.1.ábra mutatja. Az ábrán látható, hogy a modell a 20 feletti fajszámú mintaterületeket alul, a 10 alattiakat felül becsli, kettő között jónak mondható. A modell által szignifikánsnak ítélt háttérváltozók és a mintaterületenkénti epifiton fajszám korrelációs diagramjait l. a 11.5. mellékletben.

Kód	Együttható előjele	Lefedett variancia (%)	F-teszt	p
Fák dbh 11–20 cm (db/ha)	-	23.3	14.6	<0,001
Fák faj-térfogat Shannon-diverzitása	+	20.5	12.9	<0,01
Faátmérő szórása (cm)	+	8.6	5.4	<0,05

**4.3.2.1.táblázat:** Az epifiton mohák mintaterületenkénti fajszámára kapott regressziós modell szignifikáns háttérváltozóinak kódjai, együtthatói, az általuk lefedett variancia százalékban, az F-teszt eredménye és a kapott szignifikanciaszint. A háttérváltozók leírását l. a 3.4.1.1.táblázatban. A modell determinációs koefficiense  $R^2=0,46$



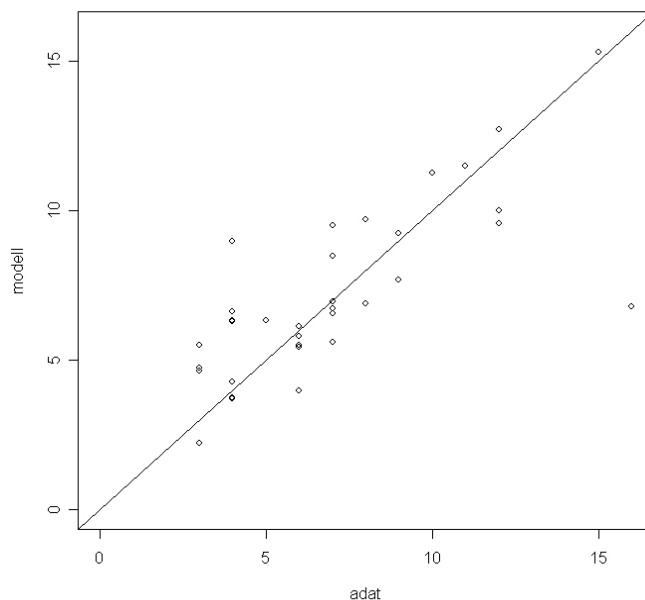
**4.3.2.1.ábra:** Az epifiton mohák mintaterületenkénti fajszámára kapott regressziós modell predikciója. A vízszintes tengelyen a terepen mért adatok, a függőleges tengelyen a modell által predikált fajszám-értékek láthatók.

#### 4.3.3. A fakultatív epifitonok fajszáma mintaterületenként

A fakultatív epifiton mohák mintaterületenkénti fajszámára épített modellben a legerősebb hatása az újulatnak (DBH=0-5 cm) van, az összvariancia 23,1%-át magyarázza (4.3.3.1.táblázat). A térképezett fák faj-térfogat Shannon-diverzitása a variancia 11,9%-át, a nagy fák (DBH>50 cm) darabszáma a variancia 9,1%-át, a térképezett fák átmérőjének szórása a variancia 5,1%-át fed le. A fakultatív epifiton fajszáma mind a négy változóval pozitív összefüggést mutat. A modell az összvarianciából 52%-ot fed le, ami jónak mondható. Ezt a modell predikciója is alátámasztja (4.3.3.1.ábra). A modell által szignifikánsnak ítélt háttérváltozók és a mintaterületenkénti fakultatív epifiton fajszám korrelációs diagramjait l. a 11.6. mellékletben.

Kód	Együttható előjele	Lefedett variancia (%)	F-teszt	p
Fák faj-egyed Shannon-diverzitása	+	11.900	8.3	<0,01
Fák dbh 0–5 cm (db/ha)	+	23.100	16.2	<0,001
Fák dbh >50 cm (db/ha)	+	9.100	6.4	<0,05
Faátmérő szórása (cm)	+	5.100	3.6	<0,1

**4.3.3.1.táblázat:** A fakultatív epifiton mohák mintaterületenkénti fajszámára kapott regressziós modell szignifikáns háttérváltozóinak kódjai, együtthatói, az általuk lefedett variancia százalékban, az F-teszt eredménye és a kapott szignifikanciaszint. A háttérváltozók leírását l. a 3.4.1.1.táblázatban. A modell determinációs koefficiense  $R^2=0,52$



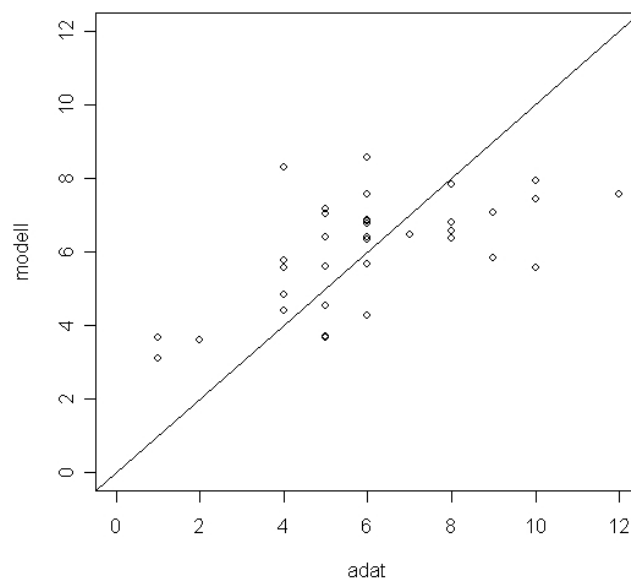
**4.3.3.1.ábra:** A fakultatív epifiton mohák mintaterületenkénti fajszámára kapott regressziós modell predikciója. A vízszintes tengelyen a terepen mért adatok, a függőleges tengelyen a modell által predikált fajszám-értékek láthatók.

#### 4.3.4. A specialista epifitonok fajszáma mintaterületenként

A specialista epifitonok mintaterületenkénti fajszámára vonatkozó modellben az erdeifenyő relatív térfogata negatív összefüggést mutat a mohafajszámmal, és az összvariancia 8,3%-át magyarázza; a térképezett fák átmérőjének átlaga az összvarianciából 8,1%-ot fed le, és növekedésével nő a mohafajszám (4.3.4.1.táblázat). A modell lefedettsége 30%-os, és predikciós értéke csekély (a 8 alatti fajszámú mintaterületeket felül, a 8 felettieket alul becsli), de biológiailag jól értelmezhető modell (4.3.4.1.ábra). A modell által szignifikánsnak ítélt háttérváltozók és a mintaterületenkénti specialista epifiton fajszám korrelációs diagramjait l. a 11.7 mellékletben.

Kód	Együttható előjele	Lefedett variancia (%)	F-teszt	p
Faátmérő átlaga (cm)	+	8.1	4	<0.1
Erdeifenyő relatív térfogata	-	8.3	4	<0.1

**4.3.4.1.táblázat:** A specialista epifiton mohák mintaterületenkénti fajszámára kapott regressziós modell szignifikáns háttérváltozóinak kódjai, együtthatói, az általuk lefedett variancia százalékban, az F-teszt eredménye és a kapott szignifikanciaszint. A háttérváltozók leírását l. a 3.4.1.1.táblázatban. A modell determinációs koefficiense  $R^2=0,30$



**4.3.4.1.ábra:** A specialista epifiton mohák mintaterületenkénti fajszámára kapott regressziós modell predikciója. A vízszintes tengelyen a terepen mért adatok, a függőleges tengelyen a modell által predikált fajszám-értékek láthatók.

#### 4.3.5. Az epifiton mohák fajszáma faegyedenként

Az epifiton mohák faegyedenkénti fajszámára az előzőektől eltérően általánosított lineáris modellt készítettünk, mert az általános lineáris modell diagnosztikájából kitűnt, hogy a reziduális varianciák trendszerűen nőnek. A modellben Poisson-eloszlást használtunk. A mellmagassági törzsátmérőre természetes alapú logaritmus-transzformációt alkalmaztunk. A végső modellben a gazdafák fafaja 25,1%-os varianciafedéssel szerepel (4.3.5.1.táblázat). Az egyes fafajok befolyásáról a modellbeli együtthatójuk ad felvilágosítást: a bükkhöz (0,00) képest a tölgyeken (0,41) sokkal nagyobb fajszámban jelennek meg az epifiton mohák, az egyéb lágylombos fafajokon (0,06) fajszámuk hasonló a bükkhöz. Az erdeifenyő együtthatója a bükkhöz képest erősen negatív (-0,61), ez nagyon kicsi epifitonfajszámra utal. Az összvariancia 3,4%-át magyarázza a mellmagassági törzsátmérő természetes alapú logaritmus. A mellmagassági törzsátmérő növekedésével nő az epifitonok fajszáma, együtthatója azonban nem összevethető az egyes fafajok együtthatójával, mert a DBH-t más mértékegységgel mérjük. A modell lefedése 32%-os.

Kód	Df	Együttható	Lefedett variancia (%)	p (Ch <sup>2</sup> )
Fafajok	3	T 0.41 E 0.06 B 0.00 EF -0.61	25.1	<0.001
ln DBH	1	0,52	3.4	<0.001

**4.3.5.1.táblázat:** Az epifiton mohák faegyedenkénti fajszámára kapott regressziós modell szignifikáns háttérváltozóinak kódjai, szabadsági foka, együtthatói, az általuk lefedett variancia százalékban, és a Chi<sup>2</sup>-teszt alapján kapott szignifikanciaszint. A modell determinációs koefficiense R<sup>2</sup>=0,32  
A táblázatban a fafajok erdészeti kódjaikkal szerepelnek: T=tölgyek, E=egyéb lágylombos fafajok. B=bükk, EF=erdeifenyő.

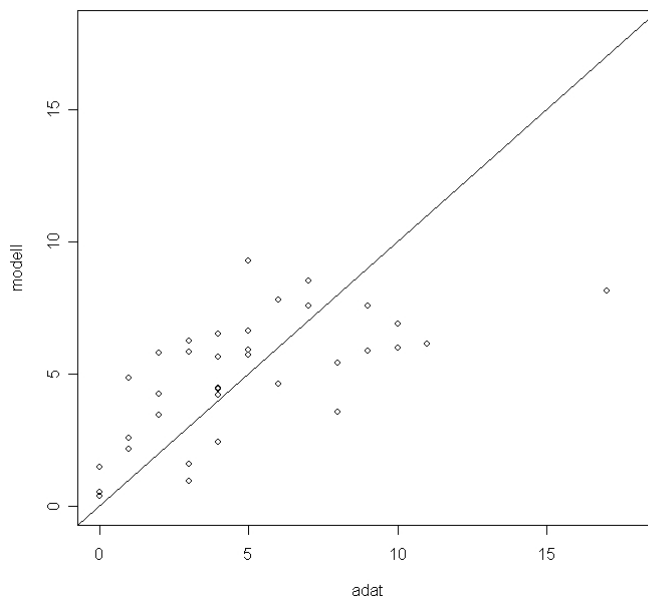


#### 4.3.6. Az *Ulota crisper* gyakorisága mintaterületenként

Az *Ulota crisper* mintaterületenkénti gyakoriságára (egy mintaterületen belül hány fán fordult elő) kapott regressziós modellben az erdeifenyő relatív térfogata 26,1%-ot magyaráz az összvarianciából, és negatív összefüggést mutat az *Ulota crisper* előfordulásával (4.3.6.1.táblázat). A mintaterület körüli 300 méter sugarú körben megtalálható 20 évnél fiatalabb erdők aránya az összvariancia 8,9%-át fedi le, és pozitív kapcsolatban áll az *Ulota crisper* gyakoriságával. A modell teljes lefedése 37%-os, predikciója 10-ig megbízható, afelett alábecsül (4.3.6.1.ábra). Az előzetes korrelációs vizsgálatok eredményét l. a 11.8. mellékletben.

Kód	Együttható előjele	Lefedett variancia(%)	F-teszt	p
Erdeifenyő relatív térfogata	-	26.1	14.1	<0,001
Fiatalosok aránya (%)	+	8.9	4.8	<0,05

**4.3.6.1.táblázat:** Az *Ulota crisper* mintaterületenkénti előfordulására kapott regressziós modell szignifikáns háttérváltozóinak kódjai, együtthatói, az általuk lefedett variancia százalékban, az F-teszt eredménye és a kapott szignifikanciaszint. A háttérváltozók leírását l. a 3.4.1.1.táblázatban. A modell determinációs koefficiense  $R^2=0,37$



**4.3.6.1.ábra:** Az *Ulota crisper* mintaterületenkénti előfordulására kapott regressziós modell predikciója. A vízszintes tengelyen a terepen mért adatok, a függőleges tengelyen a modell által predikált előfordulások láthatók.

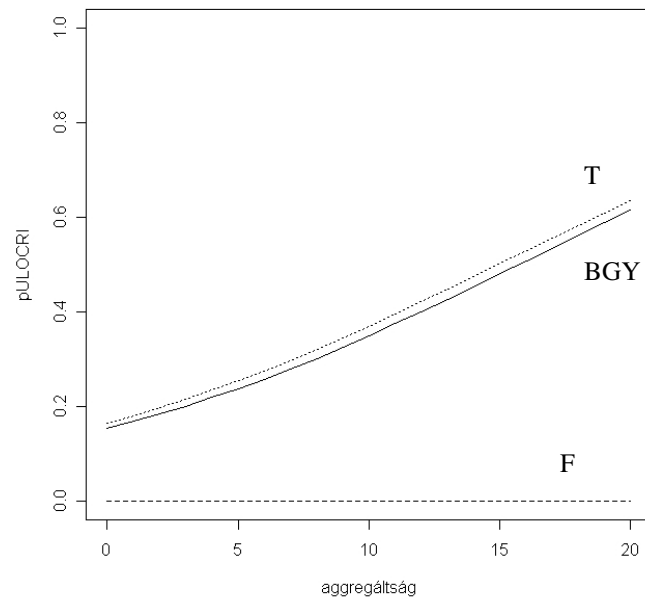
#### 4.3.7. Az *Ulot* *crispa* előfordulási valószínűsége faegyedenként

A modell szerint az *Ulot* *crispa* faegyedenkénti eloszlására a gazdafák fafaja bír a legnagyobb befolyással, az összvariancia 14,9%-át fedi le (4.3.7.1.táblázat). Az együthatók alapján elmondható, hogy a tölgyeken és a bükk-gyertyánon hasonló valószínűséggel fordul elő az *Ulot* *crispa* míg a fenyőkön, a lombos idegenhonos fajokon, valamint az egyéb elegyfákon előbbiekhez képest nagyon kis valószínűséggel. Az *Ulot* *crispa* aggregáltsága (*vanfa*= az adott mintaterületen belül az adott fán kívül hány fán fordul elő az *Ulot* *crispa*) növeli a mohafaj előfordulási valószínűségét, ám az összvarianciából csak 2,1%-ot magyaráz. A 4.3.7.1.ábrán látható, hogy bükkön, gyertyánon és tölgyön annál nagyobb valószínűséggel fog előfordulni az *Ulot* *crispa*, minél több fán van jelen az adott mintaterületen (folytonos és pontozott vonal). Fenyőkön nem regisztráltuk az *Ulot* *crispa* előfordulását egy esetben sem, ezért a modell nem mutat pozitív összefüggést az aggregáltság és az előfordulási valószínűség között (szaggatott vonal). A gazdafák átmérője, bár növeli az előfordulási valószínűséget, a modellszelekció során nem bizonyult szignifikáns tényezőnek. Az egész modell lefedése viszonylag gyenge, 22%-os.

Kód	Df	Együtható	Lefedett variancia (%)	p (Ch <sup>2</sup> )
vanfa	1	0,11	2.1	<0.001
fafajok	5	T 0.02	14.9	<0.001
		BGY 0.00		
		F -18.23		
		LL -18.22		
		EKL -18.24		
		LI -18.99		

**4.3.7.1.táblázat:** Az *Ulot* *crispa* faegyedenkénti előfordulási valószínűségére kapott regressziós modell szignifikáns háttérváltozóinak kódjai, szabadsági foka, együthatói, az általuk lefedett variancia százalékban, és a Ch<sup>2</sup>-teszt alapján kapott szignifikanciaszint. A háttérváltozók leírását l. a szövegben. A modell determinációs koefficiense R<sup>2</sup>=0,22

A táblázatban a fafajok erdészeti kódjaikkal szerepelnek: T=tölgyek, LL=egyéb lágylombos fafajok, EKL=keménylombos fafajok, BGY=bükk és gyertyán, F=fenyők, LI=lombos idegenhonos fafajok



**4.3.7.1.ábra:** Az *Ulota crisper* faegyedenkénti előfordulási valószínűségére kapott regressziós modell predikciója. A vízszintes tengelyen lévő aggregáltság alatt értendő, hogy az adott mintaterületen belül az adott fán kívül hány fán fordul elő az *Ulota crisper* (*vanfa* nevű háttérvátozó); a függőleges tengelyen a modell által predikált előfordulások láthatók. A folytonos vonal a bükköt és a gyertyánt (BGY), a szaggatott vonal a fenyőt (F), a pontozott vonal a tölgyet (T) jelenti.

## 5. Értékelés

Vizsgálatunk célja volt tehát, hogy a faállomány minél egyszerűbben mérhető változói alapján predikáljuk az epifiton mohák biológiai változóit. Bár elsősorban nem ok-okozati összefüggések feltárására törekedtünk, a továbbiakban megpróbálunk biológiai magyarázatokkal szolgálni a modellek által szignifikánsnak ítélt háttérváltozókat illetően.

### 5.1. A mintaterületek mohaközösségének összetétele

Terepi tapasztalataink is azt mutatják, hogy a tölgyeken jelennek meg nagy borítással az összborításból legnagyobb arányban részesedő (l. 4.1.3.ábra) fakultatív epifitonok (*Hypnum cupressiforme*, *Platygyrium repens*), ezért érthető, hogy az abszolút mohaborítás esetén a tölgy magyarázza a variancia legnagyobb hányadát **a redundancia-analízisben**. A *Frullania dilatata* nagy borítással jelen lévő, specialista epifiton faj, amely szintén leginkább tölgyön gyakori. A tölgyek nagy mohaborításának oka egyrésztől valószínűleg a kéreg közepes tápanyag-ellátottságában keresendő. Ez magyarázatot ad arra, hogy az epifitonborítás miért nem korrelál a fenyők relatív térfogatával, amelyek kérge kevés tápanyagtartalommal bír. Felvetődik azonban a kérdés, hogy ha a fafajpreferencia háttérben a tápanyag-ellátottság áll, akkor a bükk térfogatával miért nem áll szoros pozitív korrelációban a mohaborítás, hiszen ennek a kérge is mezotrofikus, akárcsak a tölgyé (BARKMAN 1958). A különbség oka valószínűleg a kéreg szerkezetében rejlik. A tölgy kérge gazdagon barázdált, ami árnyas, nedves mikrohabitatot biztosít, megtartja a havat és a port, véd a szélről (BARKMAN 1958). A bükk kérge viszont sima, ezért az imént felsorolt előnyök kevésbé jellemzők rá. Mindemellett a korona felől lecsorgó esővíz gyorsan végighalad a fakérgen, sokszor magával sodorva az éppen megtelepedő mohapropagulumokat (BARKMAN 1958). Terepi megfigyeléseink alapján elmondható, hogy az idősebb, itt-ott sérült kérgű bükkökön nagyobb a mohaborítás, mint a fiatal, ép kérgű bükkfákon. A jelenség magyarázata, hogy a sérülés következtében meginduló korhadási folyamat a pH lúgosodásához, valamint tápanyag- és nedvesség-felhalmozódáshoz vezet (NIENBURG 1919 & TRÜMPENER 1926 cited in BARKMAN 1958), ami kedvezőbb aljzatot biztosít a mohák számára. A korhadás miatt kialakult változatos felületen a mohapropagulumok megtapadási valószínűsége is nagyobb.

A mohaborítás negatív összefüggést mutat a kis, 11-20 cm mellmagassági törzsátmérőjű fákkal, amelyek az állományban a második lombkoronaszintet alkotják, így leárnyékolják az epifitonok számára elsődlegesen fontos fény útját (STONE 1989, AUDE &

POULSEN 2000). Figyelemre méltó tény azonban, hogy a hivatkozott szerzők eredményeivel ellentétben az általunk készített direkt ordinációkban és regressziós modellekben sehol sem bizonyult szignifikáns háttérváltozónak a fény.

Az erdeifenyvesekhez kötődő acidofil mohafajok erős pozitív kapcsolatát a 0-5 cm mellmagassági törzsátmérőjű fákkal valószínűleg az ellombosodás folyamata magyarázza. A szukcesszió előrehaladtával az öregedő erdeifenyves újulatában egyre nagyobb tért hódítanak a lombos fajok (BARTHA 1998), ám ezek a fák még fiatalok ahhoz, hogy az epifiton mohák kolonizálni tudják őket, erre még csak a nagy erdeifenyők esetében állt rendelkezésre elég idő (LÖBEL et al. 2006a). Ezen okoknál fogva a gazdag lombújulattal rendelkező erdeifenyvesekben a kéreglakó mohaközösség még az erdeifenyvesekre jellemző képet mutatja. A fentiek az acidofil kéreglakó mohák fafajdiverzitással mutatott pozitív összefüggésére is magyarázatot adnak.

A **regressziós modellek** tanúsága szerint a tölgyek relatív térfogatával nő az epifitonok borítása, ami legnagyobb részben a *Hypnum cupressiforme*-nek köszönhető. A mohaborításnak a térképezett fák darabszámával való negatív korrelációja a fény gátlására utal, hiszen a sűrű állományok erős árnyékoló hatást fejtenek ki. Több tanulmány is egyetért abban, hogy az idős, nagy fáknak kulcsszerepe van a kéreglakó mohaközösség életében (MCGEE & KIMMERER 2002, ROSE 1992). A nagy fáknak (DBH>50 cm) a mohaborításra gyakorolt erős pozitív hatása a hosszú kolonizációs időnek és a kéregszerkezet változása miatt kialakult mikrohabitatoknak köszönhető (LÖBEL et al. 2006a, AUDE & POULSEN 2000).

## 5.2. A mintaterületek mohafajszáma

A fentiekhez hasonlóan interpretálható háttérváltozók mutatkoztak szignifikánsnak a mohafajsám tekintetében. Ez nem meglepő, hiszen az összborítás és az összfajsám között erős korreláció tapasztalható (l. 11.3 melléklet). A térképezett fák átmérőjének szórása – aminek növekedésével az epifitonok fajszáma is nő – a faállomány változatos korösszetételére és struktúrájára utal. Jelen vannak a nagy fák, amelyek megfelelő mikrohabitatokat biztosítanak a különböző ökológiai igényű epifitonok számára (bővebben l. az 5.1. alfejezetben). HUMPHREY et al. (2002) holtfán végzet vizsgálatinál azt tapasztalta, hogy minél nagyobb a rönk átmérője, annál több faj számára van elérhető hely a kolonizációra. Ez valószínűleg az élő fák esetében is igaz. A térképezett fák átmérőjének nagy szórása a nagyon kicsi fák jelenlétére is utal, amelyek árnyékoló hatásuk révén humid klímát biztosítanak. A kis

fák ráadásul még a 30x30 méteres mintanegyzetben belül is inhomogén eloszlást mutatnak (újulati foltok), tovább növelve az epifitonok számára értékes mikrohabitatok számát.

A mohafajsám és a 11-20 cm mellmagassági törzsátmérőjű fák negatív korrelációja a második lombkoronaszint árnyékoló hatásának tudható be, ugyanis a specialista epifitonok számára fontos a nyílt, nagy fákból álló ligetek jelenléte (VANDERPORTEN et al 2004). A modell szerint minél több fafaj képviselteti magát minél nagyobb egyedekkel (a térképezett fák faj-térfogata Shannon-diverzitása) adott területen, annál több mohafaj számára van megfelelő gazdafa és elegendő idő a megtelepedésre (PALMER 1986, GOIA & SCHUMACKER 2004, SZÖVÉNYI et al. 2004, BILLINGS & DREW 1938, LÖBEL et al. 2006a). Az elegyesség és a nagy átmérőjű fák igénye öreg, megkímélt erdőkre utal, amelyek refúgiumként szolgálhatnak a ritka fajok számára. Mintaterületeink közül ilyen a szalafői Öserdő (99. számú mintaterület), ahol sok ritka fajt találtunk a felvételezés során (pl. *Homalia besseri*, *H. trichomanoides*, *Ptilidium pulcherrimum*), és indikátor jellegű fajok tömeges megjelenése (pl. *Ulotia crispa*, *Isothecium alopecuroides*) természetközeli élőhelyet jelez. Számos tanulmány támasztja alá az öreg, védett erdők fajgazdagságát a fiatal, erdészeti kezelés alatt álló állományokhoz képest (AUDE & POULSEN 2000, ROSE 1992, LESICA et al. 1991, HUMPHREY et al. 2002, ÓDOR & STANDOVÁR 2001).

### **5.3. A mintaterületek fakultatív és specialista epifiton fajszáma**

A fakultatív epifitonok fajsámát befolyásoló tényezők nagyon hasonlóak az összfajsámra ható tényezőkhez. A különbség annyi, hogy a méretpreferencia egy kissé árnyaltabban jelentkezik, mert azon túl, hogy a mellmagassági átmérő nagy szórását kedvelik, információt kapunk arról is, hogy az újulat (DBH=0-5 cm) jelenléte fontosabb, mint a nagy fák (DBH>50 cm). Ezek szerint a fakultatív epifitonok fajsámára a humid erdőklíma nagyobb hatással van, mint a fák jellemzői (kor, hely és mikrohabitatok a kolonizáció számára). Bár az irodalmi adatok szerint a fákon a pionír mohák inkább specialista epifitonok (BARKMAN 1958), a mi tapasztalataink ettől eltérőek. A éppen kolonizálódott fákon szinte mindig jelen volt a *Hypnum cupressiforme* és a *Lophocolea heterophylla*. Igaz volt ez a megmintázott fák között kicsinek számító tölgyek és bükkök esetén is, amiket később (vagyis a nagyobbakat) specialista epifitonok is benépesítettek (pl. a tölgyeket *Frullania dilatata*, a bükköket *Orthotrichum* fajok). A fakultatív epifitonok tehát nem függenek olyan nagymértékben a nagy fáktól, mint az összmohafajsám. Ezt alátámasztja az is, hogy míg az összmohafajsám a fafaj-térfogata Shannon-diverzitástól függött, a fakultatív epifitonok

fajszáma a térképezett fák faj-egyed Shannon-diverzitásával korrelál pozitívan. A mikroklímára utaló hatások tekintetében eltérés az összfajszám-modelltől, hogy a fakultatív epifitonok fajsámára a 11-20 cm mellmagassági átmérőjű fák nincsenek negatív hatással. Ezek szerint a fakultatív kéreglakók nem igényelnek annyi fényt, mint a specialisták. Ez érthető is, mert ezek a mohák általában a talajhoz közel nőnek, ahová kevesebb fény hatol le. A specialista epifitonok fajszáma növekszik, minél nagyobb fák vannak jelen adott mintaterületen. Ez alátámasztja azt a megfigyelésünket, hogy az Őrségben a fakultatív epifitonok kolonizálnak először. A modell tanúsága szerint a specialista epifitonok megjelenését gátolja a nagy erdeifenyők jelenléte. Ezt a terepmunka során is tapasztaltuk: az erdeifenyőkön mindössze egyetlen specialista volt megtalálható, a *Dicranum montanum*. Ennek lehetséges magyarázata, hogy a nyitvatermők kérge kevés tápanyagot tartalmaz és savas kémhatású (BARKMAN 1958). Ezeket a fákat a specialista epifitonok egyáltalán nem kolonizálják, a fakultatívok közül is csak néhány faj tud megtelepedni rajtuk (BILLING & DREW 1938, LÖBEL et al 20006a), az Őrségben pl. *Hypnum cupressiforme*, *Lophocolea heterophylla*, *Plagiotecium laetum*. GUSTAFSSON & ERICSSON (1995) szerint a fák kérgének kémhatása szoros összefüggésben van a talaj kémhatásával. Mivel az erdeifenyő pionír fának számít az Őrség és a Vendvidék erősen kisavanyodott talajain, érthető, hogy kérge nagyon tápanyagszegény. A fenti összefüggés (talaj kémhatása vs. kéreg kémhatása) magyarázata lehet annak a jelenségnek, hogy azokban az állományainkban, ahol sok az erdeifenyő (tehát nagyon sovány talajokon), más fafajokon is szegényebb a mohaközösség.

#### **5.4. Az epifiton mohaközösség összetétele faegyedenként**

A CCA tanúsága szerint epifiton mohaközösség faegyedenkénti összetételére a legnagyobb befolyással bíró háttérváltozónak a mintaterület adódott. Ennek oka az lehet, hogy táji szinten az aggregáltságnak nagyobb szerepe van a fajok terjedésében, mint a környezeti változóknak (LÖBEL et al 2006b, KUUSINEN & PENTTINEN 1999). Így a faegyedeken található mohaközösség összetételét alapvetően meghatározza, hogy milyen mohafajok vannak jelen már eleve a területen. Ezt erdőhasználati, tájtörténeti tényezők is befolyásolhatják (pl. ROSE 1992). Eredményünk nem egyezik LÖBEL et al. (2006a) megfigyeléseivel, aki a mintaterület, a fafaj és a mellmagassági átmérő közül a mintaterületet találta a legcsekélyebb hatásúnak a kéreglakó mohakompozícióra. A különbség oka valószínűleg az, hogy LÖBEL et al. (2006a) csak két erdőállományt vizsgált. Bár az egyik állományon belül három, különböző

állománytörténetű részlet volt elkülöníthető, mégsem volt szignifikánsan eltérő a fajkompozíció.

Az egyes mohafajok esetében adódott fafajpreferencia valószínűleg csak regionális jellegű, általános következtetések nem vonhatók le belőle. Általánosan megfigyelt tény, hogy az epifiton mohák fajkompozíciója fafajonként eltérő (SLACK 1976, SCHMITT & SLACK 1990, SZÖVÉNYI et al. 2004, PECK et al. 1995). Ez azonban régióként más és más, mert nem az egyes fajok fafajpreferenciájának köszönhető: megszabja a mohafajok elterjedési határa, a klíma (SCHMITT & SLACK 1990) és befolyással van rá a kéreg pH-ja, amit környezeti faktorok is meghatároznak (BARKMAN 1958, BATES & BROWN 1981, KOPERSKI 1998). A pH mellett a fák kérgének nedvességtartalma (BILLING & DREW 1938) és szerkezete (BARKMAN 1958, AUDE & POULSEN 2000) is jelentős.

Mindezek ellenére az irodalom alapján úgy tűnik, hogy a jelen esetben megfigyelt fafajpreferenciának van logikus magyarázata. BILLING & DREW (1938) terepi mérések alapján úgy találta, hogy a nyitvatermők kérge szárazabb, mint a zárvatermőké. Bár a kutatás alanya *Tsuga canadensis* volt, és nem erdeifenyő, mint a mi vizsgálatainkban, felvetődik a gyanú, hogy az erdeifenyő csekély mértékű kolonizációját a már említett savas kéreg pH mellett a kéreg szárazsága okozza. A tölgyek mezotrofikus kérge, illetve a kéreg repedéseiben megtapadó földdarabkák ideális élőhelyet nyújtanak a fakultatív kéreglakók számára. BILLING & DREW (1938) *Plagiothecium*oknál figyelte meg, hogy olyan lombos fákon jelennek meg, amelyek kérgére talajszemcsék tapadtak. Ez hasonló a mi terepi megfigyeléseinkhez: sokszor találtunk földet pl. a *Plagiomnium* gyepek alatt. Érdekes kérdést vet fel az *Orthotrichum* fajok bükkpreferenciája. GUSTAFSSON & ERICSSON (1995) az *Orthotrichum speciosum* esetében kimutatta, hogy jelenléte szignifikáns pozitív összefüggést mutat a fakéreg Na- és Ca-tartalmával. Ez egyrészt magyarázat lehet arra, hogy az *Orthotrichum*ok általában a bükkfák mezotrofikus kérgén jelennek meg. A terepen azonban feltűnő volt, hogy az *Orthotrichum* fajok csak azokat a bükkfákat kolonizálták nagy borítással, amelyeken előzőleg egy fekete színű gombafaj kemény bevonatot képezett. Ez facilitációs szukcessziós mechanizmusra utal, ám a korrekt magyarázathoz további vizsgálatok szükségesek.

A mintaterület és a mellmagassági átmérő közti nagyon csekély interakció arra utal, hogy a mintaterületeinken belül a fák életkora (így nagysága is) nagyon vegyes. A mintaterület és a fafaj közti magasabb interakció magyarázata, hogy bár a fafajt tekintve is nagyon vegyesek az erdőállományok, a főfafaj mégis meghatározó. Mint már korábban láttuk, ezen belül a tölgyelegyarány a kulcsfaktor.



## 5.5. Az epifiton mohák faegyedenkénti fajszáma

A regressziós modellbe csak a fafaj és a mellmagassági átmérő került be. Eredményeink szerint a fafajnál jóval kisebb befolyással bír a fajszámra a mellmagassági átmérő. Ez ellentmond LÖBEL et al. (2006a) kutatásainak, aki a mellmagassági átmérőt találta a legbefolyásosabb tényezőnek, míg a fafaj nem befolyásolta az epifiton mohák fajgazdagságát.

A fajszám a következő sorrendben csökken a fafajokra nézve: tölgyek > egyéb lágy-és keménylombos fajok > bükk > erdeifenyő. Az egyes fafajokon megjelenő epifitonok fajgazdagságát befolyásolja a fafajok kérgére jellemző tápanyagellátottság és a mikrohabitatokkal szolgáló kéregszerkezet, melyet részletesebben a 5.1. és a 5.4. alfejezetekben már tárgyaltunk.

## 5.6. Az *Ulotia crisper* gyakorisága és előfordulási valószínűsége

A regressziós modell szerint azt, hogy az *Ulotia crisper* adott mintaterületen milyen gyakorisággal jelenik meg, negatívan befolyásolja a sok nagy erdeifenyő jelenléte (erdeifenyő relatív térfogata a mintában), és pozitívan a mintaterületet körülvevő fiatalosok (<20 év) aránya. Mivel az *Ulotia crisper* maga is specialista epifiton, az erdeifenyővel való negatív kapcsolatot a specialisták fajszámánál már tárgyalt savas kéreg-pH okozhatja (l. fent). A fiatalosok pozitív hatását nehéz közvetlenül magyarázni. Valószínűleg valamilyen általunk nem vizsgált faktor húzódik a jelenség hátterében, amelyre mind az *Ulotia crisper*, mind a fiatalosok pozitívan reagálnak. A modellezést megelőző korrelációs vizsgálatok szerint az *U. crisper* frekvenciájára erős befolyással bír a fák mérete: a térképezett fák átlagos átmérőjével pozitív, az összes térképezett fa darabszámával negatív a kapcsolat (l. 11.8. melléklet). Tehát, mint a legtöbb specialista az *U. crisper* sem szereti a zárt lombzintet, ami megfosztja fénytől, ellenben előnyben részesíti a sokféle mikrohabitatot szolgáló nagy fákat. Hasonló eredményre jutott MCGEE & KIMMERER (2002), akik részben levágott állományokban (sok fény) és 90-100 éves erdőrészekben találták gyakorinak az *Ulotia crisper*-t. Bár a modellben nem a mérethatás jelenik meg, mint legerősebb tényező, mindenképpen figyelemre méltó tény, mert egyezik HEEGAARD & HANGELBROEK (1999) eredményeivel, akik szintén finom léptékben vizsgálták az *Ulotia crisper* eloszlását.

Nem csak a mintaterületeket hasonlítottuk össze az *U. crisper* eloszlása szempontjából, hanem vizsgáltuk a fák átmérőjének és fafajának, valamint az *Ulotia* populáció mintaterületen belüli aggregáltságának hatását a faj terjedési valószínűségére. A modell szerint a faátmérő

nincs szignifikáns hatással az *Uloa* eloszlására (ami szintén ellentmond a modellezést megelőző korrelációs vizsgálatok eredményeinek (l. 11.8. melléklet). A regressziós modell szerint a fafaj befolyásolja leginkább az *Ulotát*: kedveli a tölgyet, a bükköt és a gyertyánt, viszont a fenyőkön, az egyéb lágy- és keménylombos fajokon (pl. madárcseresznye, nyír) jóval kisebb valószínűséggel fordul elő. Fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy az *Uloa crisper* bükkpreferenciája valószínűleg műtermék. A modellben a bükköt és a gyertyánt összevontuk, ám a faegyedek mohaközösségét vizsgáló CCA eredményeit tekintve jobb lett volna a két fafajt külön kezelni. A CCA biploton (4.2.2.ábra) ugyanis az *Uloa* a gyertyánhoz közel, míg a bükkötől távol esik. Az aggregáltság, vagyis, hogy az adott mintaterületen adott fán kívül hány fán található meg az *U. crisper*, szintén pozitívan befolyásolja a terjedési valószínűséget, ám a variancia kisebb hányadát magyarázza mint a fafaj. LÖBEL et al (2006a) is a fafajt találta legbefolyásosabb tényezőnek a spórákkal szaporodó mohafajok terjedésére (amilyen az *Uloa crisper* is). Az átmérő és ilyen kis léptékben a populáció térbelisége a vizsgálat szerint nagyon kis befolyással van a terjedésre. HEEGAARD & HANGELBROEK (1999) fák átmérőjét találta a legfontosabb faktornak, aztán a fafajt, és végül az aggregáltságot. Bár a háttérváltozók sorrendje különböző, levonható a következtetés, hogy finom léptékben az *Uloa crisper* terjedését jobban befolyásolják a környezeti faktorok, mint a populáció térbelisége. Utóbbi kevésbé jelentős hatása valószínűleg az *Uloa* nagy spóraprodukciónak köszönhető, amelyre ilyen kis léptékben a terjedési korlátok hatása nem érvényesül (HEEGAARD & HANGELBROEK 1999). Táji szinten azonban, a fragmentáltság diszperziós korlátokat szab, így még a jól terjedő mohafajok esetében is hangsúlyosabbá válik az aggregáltság szerepe (LÖBEL et al 2006b, KUUSINEN & PENTTINEN 1999).

## 6. Kitekintés

A kéreglakó mohák biológiai változói és a faállomány változói közötti összefüggésekre épülő modellek készítése során arra törekedtünk, hogy azok könnyen értelmezhetőek legyenek az erdőgazdálkodás és a gyakorlati természetvédelem számára. Az ilyen és ehhez hasonló modellek segítséget tudnak nyújtani a diverzitást minél inkább megőrző, adott esetben növelő kezelések tervezéséhez. Modelljeink alkalmazásának korlátot szab, hogy megállapításaink valószínűleg csak regionálisan érvényesek.

Láttuk, hogy a kéreglakó mohák borítására és fajszámára nézve is meghatározó az idős, nagy fákat tartalmazó állományok jelenléte. Ezek fenntartása a térségben korábban elterjedt, mára visszaszorulóban lévő száraló üzemmódú erdőgazdálkodással lehetséges, illetve védett erdőterületek és erdőrezervátumok létesítésével. A kéreglakó mohák borításának növekedése a tölgyelegyarány növelésével érhető el. A hagyományos földhasználati módok és erdőkiélések megszűnése óta, az utóbbi évtizedekben az Őrség és a Vendvidék vegetációja átalakulóban van, az erdeifenyvesek második lomb szintjében egyre több lombos fafaj jelenik meg. Ez a folyamat a kéreglakó mohák fajszáma szempontjából kedvező, hiszen szinte alig akadt olyan epifiton faj, amely erdeifenyőhöz kötődik, sok specialista faj viszont kifejezetten negatívan reagál az erdeifenyő jelenlétére. Az erdeifenyvesek fenntartásának kérdésében mindenképpen figyelembe kell venni egyrészt az erdő természetes folyamatait; másrészt viszont az Őrség és a Vendvidék erdeifenyveseihez kötődő állat- és növényfajokat, illetve acidofil talajlakó mohafajokat, amelyek egyedülálló értéket képviselnek az országban.

Kutatásunk több irányban is továbbvihető. Az adatelemzés folytatható újabb funkciócsoportok alkotásával, pl. ivaros és vegetatív szaporodó mohafajok. Az egyes fajok, genusok gyakoriságára és terjedési valószínűségére az *Uloa crispá*hoz hasonlóan újabb modellek építhetők.

A jelenlegi megfigyeléses vizsgálatainkat ki kell terjeszteni a mikroklíma és a szubsztrát tényezőinek vizsgálatára. Modelljeink pontosításához szükséges a fák kérge kémhatásának, nedvességtartalmának, szerkezetének elemzése. Mivel irodalmi adatok szerint a fák kérge kémhatása és tápanyagellátottsága összefüggésben van a talaj kémiai jellemzőivel (GUSTAFSSON & ERICSSON 1995), talajtani vizsgálatok is indokoltak látszanak.

Eddigi vizsgálataink nem alkalmasak közvetlen ok-okozati összefüggések feltárására, bár a modellek által szignifikánsnak ítélt háttérváltozókra általában sikerült biológiai magyarázatot találni. Az okok mélyebb megértése kísérletek fényében lehetséges. Végül

érdeemes volna az ország más pontjain is hasonló megfigyeléses és kísérletes vizsgálatokat végezni, és a részeredmények alapján országos trendeket felállítani.

## 7. Összefoglalás

A faállomány változóinak hatását vizsgáltuk a kéreglakó mohavegetációra az Őrség és a Vendvidék 35 erdőállományában. Mintaterületeink közül hármát erdőrezervátum magterületen, a többi védett erdőkben jelöltük ki. A terepi mintavételezéskor összesen 60 mohafaj abszolút borítását vettük fel dm<sup>2</sup>-ben.

A kéreglakó mohaközösség összetételét indirekt és direkt ordinációs módszerekkel (DCA, PCA, RDA és CCA) elemeztük. A mohaközösség biológiai változói és a faállományt jellemző háttérváltozók közötti konkrét összefüggések feltárására általános és általánosított lineáris regressziós modelleket (*General and Generalised Linear Modells*) építettünk. Célunk olyan modellek kidolgozása volt, amelyek szignifikáns háttérváltozói a gyakorlati természetvédelem számára könnyen kezelhetők. A kéreglakó mohaközösséget mintaterület és faegyed szintjén egyaránt elemeztük. Az elemzések során függő változóként alkalmaztuk mintaterület szintjén az epifiton mohák logtranszformált abszolút borítását, fajszerát, a specialista és fakultatív epifitonok fajszerát, faegyed szintjén az epifiton mohák van-nincs adatait és fajszerát. Mintaterületekre vonatkozó háttérváltozóink voltak a faállomány faji összetételét és szerkezetét jellemző változók (térfogat- és egyedarányok, DBH, magasság), a holtfa mennyisége és megjelenési formái, a mintaterületek térbeli pozíciója (EOV koordináta), az erdőállomány szerkezeti szintjeinek megfelelő fajszer- és borításértékek, a fény és a faállomány táji viszonyai. Faegyedek szintjén a fafajt, a mellmagassági átmérőt és a mintaterületet, ahol az adott fa megtalálható használtuk háttérváltozóként. Külön kérdéskört képezett egy specialista epifiton mohafaj, az *Uloa crispa* gyakorisága és terjedése. Mintaterület szintjén vizsgáltuk az imént már említett háttérváltozók hatását az *U. crispa* gyakoriságára (adott mintaterületen hány fán van jelen). Faegyed szintjén elemeztük a fafajok és az *U. crispa* aggregáltságának szerepét a terjedésében.

Eredményeink azt mutatják, hogy mintaterület szintjén a kéreglakó mohák borítására legnagyobb, és pozitív befolyással van a tölgyek relatív térfogataránya, a fajszer növekedéséhez sokféle fafaj jelenléte szükséges. A fakultatív epifitonok fajszeraszer az szerint nő, minél több fafaj alkotja az állományt, a specialisták meglepedését gátolja az erdeifenyő jelenléte. Mind az összborítás, mind az összfajszer, és külön-külön a fakultatívok és a specialisták fajszeraszer is pozitív összefüggést mutatott a nagy mellmagassági átmérőjű fák jelenlétével. Faegyedek szintjén a kéreglakó mohaközösség összetételére a legbefolyásosabb háttérváltozónak a mintaterület bizonyult, kevesebb hatással bírt a fafaj, és még kevesebb a

mellmagassági átmérő. Ennek ellenére a mohaközösség fajaj szerinti szegregációja megfigyelhető volt. Az epifiton mohák fajszáma a különböző fafajokon a következő sorrendben csökkent: tölgyek > egyéb lágy-és keménylombos fajok > bükk > erdeifenyő. Az *Uloa crispera* mintaterületenkénti gyakoriságát negatívan befolyásolta az erdeifenyő relatív térfogata és pozitívan a mintaterületet körülvevő fiatalosok aránya. Az *Uloa crispera* terjedését állományléptékben a preferált fafajok (tölgy, gyertyán) jelenléte jobban befolyásolja, mint a mohafaj aggregáltsága.

Mindezeket figyelembe véve a kéreglakó mohaközösség szempontjából az Őrségben és a Vendvidéken kívánatos az idős, nagy fákból álló állományok fenntartása és az ellombosodás természetes szukcessziós folyamata.

## 8. Irodalom

- Aude, E. & Poulsen, R. S. 2000. Influence of management on the species composition of epiphytic cryptogams in Danish Fagus forest. *Applied Vegetation Science* 3: 81-88.
- Barkmann, J. J. 1958. Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. *Van Gorcum & Comp. N. V., Assen*. p.9-153, 201-213.
- Bartha, D. 1998. Az őrési erdők elemzése történeti ökológiai alapon. In: Víg, K.(ed.): Húsz éves az Őrségi Tájvédelmi Körzet. *Fertő-Hanság NP Igazgatóság, Sarród*. p. 59-68.
- Bates, J. W. & Brown, D. H. 1981. Epiphyte differentiation between *Quercus petraea* and *Fraxinus excelsior* trees in a maritime area of South West England. *Vegetatio* 48: 61-70.
- Bates, J. W., Roy, D. B. & Preston, C. D. 2004. Occurrence of epiphytic bryophytes in a 'tetrad' transects across southern Britain. 2. Analysis and modelling of epiphyte-environment relationships. *Journal of Bryology* 26: 181-197.
- Billings, W. D. & Drew W. B. 1938. Bark factors affecting the distribution of corticolous bryophytic communities. *The American Midland Naturalist*. 20(2):302-330.
- Bobiec, A.(ed.), Gutowski, J.M., Zub, K., Pawlaczyk, P., Laudenslayer, W.F., 2005. The Afterlife of a Tree. *WWF Poland, Warszawa-Hajnówka*. pp. 97-101.
- Boros, Á. 1944. Adatok a vendvidéki erdei fenyvesek és tőzegmohalápok növényzetének ismeretéhez. *Botanikai Közlemények* 41: 96-101.
- During, H. J. 1979. Life strategies of bryophytes: a preliminary review. *Lindbergia* 5: 2-18.
- Erzberger, P. & Papp, B. 2004. Annotated checklist of Hungarian bryophytes. *Studia Botanica Hungarica* 35: 91-149.
- Faraway, J.J. 2005. Linear models with R. *Chapmann and Hall, London*. 229 pp.
- Faraway, J.J. 2006. Extending the Linear Model with R. *Chapmann and Hall, London*. 301 pp.

- Goia, I. & Gafta, D. 2004. How porophyte-specific are the corticolous bryophyte communities? *Braun-Blanquetia* 34:123-127.
- Goia, I. & Schumacker, R. 2004. The study of corticolous bryophyte communities from the Ariesul Mare Basin. *Contributii Botanice* 39:105-113.
- Gustafsson, L. & Ericsson, I. 1995. Factors of importance for epiphytic vegetation of aspen *Populus tremula* with special emphasis on bark chemistry and soil chemistry. *Journal of Applied Ecology* 32:412-424.
- Gyöngyössy, P. 1996. Az Őrségi Tájvédelmi Körzet erdőgazdálkodásával kapcsolatos természetvédelmi koncepció. *Kézirat, Szakmérnöki szakdolgozat, Soproni Egyetem, Sopron*. 87 pp.
- Heegaard, E. & Hangelbroek, H. H. 1999. The distribution of *Ulota crispa* at a local scale in relation to both dispersal- and habitat-related factors. *Lindbergia* 24: 65-74.
- Humphrey, J. W., Davey, S., Peace, A. J., Ferris, R. & Harding, K. 2002. Lichens and bryophyte communities of planted and semi-natural forests in Britain: the influence of site type, stand structure and deadwood. *Biological Conservation* 107: 165-180.
- Keddy, P. A. & Drummond, C. G. 1996. Ecological properties for the evaluation, management, and restoration of temperate deciduous forest ecosystems. *Ecological Applications* 6 (3): 748-762.
- Koperski, M. 1998. Verbreitung und Vergesellschaftung schwach acidophiler bis schwach basiphiler epiphytischer Moose in Eichen – Buchenaltbestan des niedersächsischen Tieflandes. *Herzogia* 13:63-80.
- Kovács J., A. 1999. Az Őrségi Tájvédelmi Körzet növényzetének sajátosságai, ökológiai-természetvédelmi problémái. *Vasi Szemle* 53: 111-142.
- Kuusinen, M. & Penttinen, A. 1999. Spatial pattern of the threatened epiphytic bryophyte *Neckera pennata* at two scales in a fragmented boreal forest. *Ecography* 22:729-735.
- Leps, J. & Smilauer, P., 2003. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. *Cambridge University Press, Cambridge*. 269 pp.



- Lesica, P., McCune, B., Cooper, S. V. & Hong, W. S. 1991. Differences in lichen and bryophyte communities between old-growth and managed second-growth forests in the Swan Valley, Montana. *Canadian Journal of Botany* 69: 1745-1755.
- Löbel, S., Snall, T., Rydin, H. 2006a. Species richness patterns and metapopulation processes - evidence from epiphyte communities in boreo-nemoral forests. *Ecography* 29: 169-182.
- Löbel, S., Snall, T., Rydin, H. 2006b. Metapopulation processes in epiphytes inferred from patterns of regional distribution and local abundance in fragmented forest landscapes. *Journal of Ecology* 94: 856-868.
- McGee, G. G. & W. Kimmerer, R. 2002: Forest age and management effects on epiphytic bryophyte communities in Adirondack northern hardwood forests, New York, U.S.A. *Can. J. For. Res.* 32(9): 1562–1576.
- Orbán, S. & Vajda, L. 1983. Magyarország mohafldrájának kézikönyve. *Akadémiai Kiadó, Budapest.* 518 pp.
- Ódor, P. & Standovár, T. 2002. Substrate specificity and community structure of bryophyte vegetation in a near-natural montane beech forest. *Community Ecology* 3: 39-49.
- Ódor, P., Szurdoki, E. & Tóth, Z. 1996. Újabb adatok a Vendvidék mohafldrájához. *Botanikai Közlemények* 83: 97-108.
- Ódor, P., Szurdoki, E., Tóth, Z. 2002: Az Őrségi Tájvédelmi Körzet főbb élőhelyeinek mohavegetációja és flórája. *Kanitzia* 10: 15-60.
- Palmer, M. W. 1986. Pattern in corticolous bryophyte communities of the North Carolina Piedmont: Do mosses see the forest or the trees? *The Bryologist* 89: 59-65.
- Papp, B. & Rajczy, M. 1996. Az Őrség mohafldrája, a Magyar Természettudományi Múzeum Növénytára Mohaherbáriumára alapján. In: Víg, K. (ed.): Az Őrségi Tájvédelmi Körzet természeti képe II. *Savaria Múzeum, Szombathely.* p. 275-295.

- Peck, J. E., Hong, W. S., McCune, B. 1995. Diversity of epiphytic bryophytes on three host tree species, Thermal Meadow, Hotsprings Island, Queen Charlotte Islands, Canada. *The Bryologist* 98(1): 123-128.
- Pócs, T. 1968. A magyarországi tülevelű erdők cönológiai és ökológiai viszonyai. *Kézirat, Kandidátusi értekezés*, Eger. 186 pp.
- Pócs, T. 1981. Magyarország növényföldrajzi beosztása. In: Hortobágyi, T. & Simon, T. (eds.): Növényföldrajz, társulástan és ökológia. *Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest* p.120-166.
- Pócs, T., Gerencsér, I., Szodfridt, I., Tallós, P., Vida, G. 1962. Szakonyfalu környékének vegetációtérképe. *Az Egri Ped. Főisk. Füv.* 268: 449-478.
- Podani, J., 1997. Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeltárás rejtelmébe. *Scientia Kiadó, Budapest.* p. 211-236.
- Rasmussen, L. 1975. The bryophytic epiphyte vegetation in the forest, Slotved Skov, Northern Jutland. *Lindbergia* 3: 15-38.
- Rasmussen, L. & Hertig, J. 1977. Statistical investigation of interspecific phytosociological relations in epiphytic bryophyte communities. *Rev. Bryol. Lichénol.* 43(2): 207-217.
- The R Development Core Team. 2008. R 2.6.2. A Language and Environment. <http://www.r-project.org>.
- Rose, F. 1992. Temperate forest management: its effect on bryophyte and lichen floras and habitats. In: Bates, J. W. & Farmer, A. M. (Eds.): *Bryophytes and Lichens in a Changing Environment. Clarendon Press, Oxford.* pp. 211-233.
- Schmitt, C. K. & Slack, N. G. 1990. Host Specificity of Epiphytic Lichens and Bryophytes: A Comparison of the Adirondack Montains (New York) and the Southern Blue Ridge Montains (North Carolina). *The Bryologist* 93(3): 257-274.
- Sillett, S.C. 1995. Branch epiphyte assemblages in the forest interior and on the clearcut edge of a 700-year-old Douglas fir canopy in Western Oregon. *The Bryologist* 98(3): 301-312.

- Slack, N. G. 1976. Host specificity of bryophytic epiphytes in eastern north America. *Journal of Hattori Botanical Laboratory* 41: 107-132.
- Smith, A. J. E. 1980. The moss flora of Britain and Ireland. *Cambridge University Press, Cambridge*. 706 pp.
- Smith, A. J. E. 1982. Epiphytes and epiliths. In: Smith, A. J. E. (Ed.): *Bryophyte ecology. Chapman and Hall, London, New York*. pp. 191-228.
- Soó, R. 1965. Növényföldrajz. *Egyetemi tankönyv, Budapest*.
- StatSoft, Inc. 2006. Statistica (data analysis software system), version 7.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Stone, D. F. 1989. Epiphyte succession on *Quercus garryana* branches in the Willamete valley of Western Oregon. *The Bryologist* 92(1): 81-94.
- Szövényi, P., Hock, Zs. & Tóth, Z. 2004. Phorophyte preferences of epiphytic bryophytes in a stream valley in the Carpathian Basin. *Journal of Bryology* 26: 137-146.
- Ter Braak, C. J. F., Smilauer, P., 2002. CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). *Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA*. 500 pp.
- Tímár, G., Ódor, P., Bodoncz, L., 2002: Az Őrség és a Vendvidék erdeinek jellemzése. *Kanitzia*. 10: 109-136.
- Thomas, S. C., Liguori, D. A. & Halpern, C. B. 2001. Corticolous bryophytes in managed Douglas-fir forests: habitat differentiation and responses to thinning and fertilization. *Canadian Journal of Botany* 79: 886-896.
- Vanderporten, A., Engels, P. & Sotiaux, A. 2004. Trends in diversity and abundance of obligate epiphytic bryophytes in a highly managed landscape. *Ecography* 27: 567-576.

## 9. Köszönetnyilvánítás

Köszönöm témavezetőmnek, Dr. Ódor Péternek a rengeteg szakmai és emberi segítséget, amit a munkám elkészítése során nyújtott. Köszönöm a projekt munkatársainak, hogy rendelkezésemre bocsátották adataikat, és felmerülő kérdéseimre készségesen válaszoltak. Hálás vagyok férjemnek, családomnak és barátaimnak, hogy segítettek a terepi felvételezésben és a dolgozat szerkesztésében.

Köszönet az Őrségi Nemzeti Park Igazgatóságának és a Szombathelyi Erdészeti ZRt-nek a vizsgálat lehetővé tételéért. Témavezetőmet az OTKA (D46045, 68218) és a Magyar Zoltán Felsőoktatási Közalapítvány támogatta.

## **10. Erdők a középiskolai oktatásban – a tanári képzés integrált szakdolgozata**

### **10.1. Bevezetés**

Ma már közhelyszámba megy az ember elidegenedése a természettől. Ennek gyakorlati következményei a jól ismert globális problémák és a természet iránti felelősség elhárítása. A környezeti nevelés egyik fontos feladata, hogy a diákokat ismeretekkel és készségekkel ruházzuk fel annak érdekében, hogy társadalmuk felelősségteljes és cselekvőképes tagjaivá váljanak.

Egy kérdőíves felmérés a középiskolások természethez fűződő viszonyát vetette össze szociológiai tényezőkkel (LÜKŐ 2003). eltérő mértékben iparosodott vidékeken, hét magyarországi és két ausztriai település tanulói között vizsgálták a természettel és a lakóhellyel való kapcsolatot. A tanulók közül meglepően sokan (42%) foglalkoznak természetjárással szabadidejükben, ám a kirándulók fele autóval indul útnak. A tanulók ezzel együtt nagyon nyitottak környezetük gondjai felé. A „Ha jó megélhetése, lakása biztosított lenne, hol telepedne le leginkább?” kérdésre a diákok 38%-a választotta a „kisváros”-t, és a legtöbben (48%) „egy mátrai falu”-t. A válaszok megoszlása egyértelműen mutatja, hogy a 14-18 éves fiatalokban a nyugalom és a természet iránti vágy sokkal erősebb, mint a városi, nagyvárosi élet iránti vonzalom.

VÁSÁRHELYI & VICTOR (2003) szerint kamaszkor pszichológiai szempontból az identitáskeresés kora. Ekkor alakul ki az egyénre jellemző értékrend, aminek környezetre, természetre, felelősségre vonatkozó aspektusait döntően befolyásolhatják a környezeti nevelés során szerzett benyomások. Ez bizonyos értelemben nehéz terhet ró a pedagógusra. Másrészt azonban nagy lehetőség az egész életre elkötelezett, a természet ügyéről felelősen és józanul gondolkodó felnőttek kinevelésére. A kiskamaszok gondolkodásmódja kategorikusan leegyszerűsítő és végletes, ám ennek köszönhetően szenvedélyesen el tudják kötelezni magukat egy ügy mellett. Időészlelésük már érett annyira, hogy belátják a jelenkori életvitelük jövőbeni környezeti következményeit. A kamaszkor végére a gyerekek gondolkodása átalakul, differenciáltabbá válik, az érzelmektől túlfűtött döntéseket felváltja a környezeti gondolkodást jellemző sokszempontú, dialektikus rendszerszemlélet, ám a kiskamasz korban megharcolt elköteleződés megmarad.

A környezeti nevelés egyik fontos fóruma a középiskolai biológiaoktatás. Sajnos a mai tanítási gyakorlat szinte teljesen mellőzi az élményszerű megközelítést a természettudományok területén. A felvételre való felkészítés nevében a gimnazisták csak az elméletet és a száraz absztrakciókat kapják. Mivel a kamaszkor egy érzelmektől erősen befolyásolt időszak a gyermekek életében, és az ismeretek annál jobban elmélyülnek, minél több érzékszervet kapcsolunk be a megismerés folyamatába, VÁSÁRHELYI & VICTOR (2003) rámutat, hogy a környezeti nevelést – többek között – minél több iskolán kívüli foglalkozás szervezésével kell előmozdítani, amelyek élményt adó, személyes, érzelmi kötődést kialakító tevékenységet nyújtanak a diákok számára.

Bár az erdő, mint tananyag nem kap különösebben nagy hangsúlyt a biológiaoktatás során, a továbbiakban kifejtésre kerül, hogy az élményszerű oktatás jó eszközének és színterének találok.

## 10.2. Erdők a középiskolai tananyagban

A középiskolai biológiaoktatásban az erdőkkel (is) foglalkozó témaköröket a 10.1.1.táblázat mutatja. A hetedik évfolyamban az erdők élővilágának leíró jellemzésére van lehetőség a földrajzi övezetek áttekintésénél. A tizenkettedik osztályban az erdő, mint rendszer tárgyalható az „Ökológiai rendszerek” témakörében, a „Természetes és mesterséges életközösségek” témakörben pedig a természetes és ültetett erdők összehasonlítására nyílik lehetőség. Az emelt szintű érettségi követelményrendszerben foglaltak szerint a diákoknak tudniuk kell jellemezni a mérsékelt övi erdők néhány típusát (pl. cseres-tölgyes, bükkös, nyáras-borókás) és összehasonlítani a faültetvényeket a természetközeli erdőkkel.

Évfolyam	Témakörök
7.	Tájak és életközösségek: –A földi élővilág általános jellemzése - A forró övezet élővilága –A mérsékelt övezet élővilága - A hideg övezet élővilága - A hegyvidékek élővilága
12.	A populációk és az életközösségek: –Ökológiai rendszerek –Természetes és mesterséges életközösségek

10.1.1.táblázat: Témakörök a középiskolai biológiaoktatásban, amelyekbe az erdők, mint tananyag

### 10.3. Az erdőkről, tanórai keretek között

A tanítási óra alapvető formája az ismeretek átadásának, előnye, hogy potenciálisan minden tanulót elér. Azonban az iskolai keretek kötöttek, a természettudományok követelményrendszere pedig ismeret-túlsúlyos. Az érzelmi megközelítést, a személyes élményeket, és a készségfejlesztést szinte teljesen mellőzi. Azonban a kötelező ismeretek átadását is érdekessé, motiválóvá tehetjük szemléltető eszközök alkalmazásával.

A képes ismeretterjesztő könyvek közül pl. jól használható VOJNITS (2004): Bolygónk tüdeje – A Föld erdőségei c. könyve. Művészi kivitelezésű, de ugyanakkor nagyon szemléletes és didaktikus fotókkal illusztrálva mutatja be a Föld erdeinek sokféleségét. A természetes és természetközeli erdők fontos szerkezeti elemét, a holtfát mutatja be BOBIEC ed. (2005): The Afterlife of a Tree c. könyve és ennek rövidített, a magyar viszonyokra adaptált változata, amely kifejezetten ismeretterjesztési célra jelent meg a WWF magyarországi képviselőjénél.

A videofilmek előnye a könyvekkel szemben, hogy míg a könyveket egyszerre csak két-három diák forgathatja, a film az egész osztályt egyszerre leköti. Hátránya, hogy jóval eszközigényesebb.

Az internet kínálta lehetőségek szinte kimeríthetetlenek, mégis korlátozottak. Szébbnél-szebb képek, filmek, oktatóanyagok tölthetők le, amelyekből kis rutinnal látványos bemutató-sort állítható elő projektorral történő vetítésre. A diákok érdeklődésének felkeltésére alkalmas, valamint terjedelme tetszés szerint megválasztható, akár az óra közben is. Hátránya azonban, hogy összeállítása időigényes (letöltés, rendszerezés, diasor szerkesztése stb.), technikai eszközigénye magas (projektor, számítógép), valamint az, hogy nehezen számonkérhető.

A könyvek nem csak képanyaguk révén használhatók a diákok motiválására, hanem érdekes szövegrészek elemzésére is alkalmasak. Ezáltal nem csak az ismeretei bővülnek a tanulóknak, hanem elemzőképességük is fejlődik.

Bármilyen szépek is legyenek a könyvekből és az internetről kiválasztott képek, és érdekesek is a szövegszemelvények, saját tapasztalatom azt mutatják, hogy a gyerekekre legnagyobb hatást a személyes élmények – akár fotókkal illusztrált – elmondása jelent.

A szemléltetés és az élményszerűség kapcsán fontos megemlíteni, hogy e kettő a tanítási-tanulási folyamatban sohasem lehet önmagáért való. Mindig az elsajátítandó

ismeretek iránti érdeklődés felkeltésének és a tanultak elmélyítésének szolgálatába kell állítani.

Mivel tanórai keretek között az erdők viszonylag kis hangsúlyt kapnak, egy egész tanórán az erdőkkel akkor érdemes foglalkozni, ha van rá elég idő, illetve, ha az adott óra egy terepi projekt témanyitó órájának minősül. A témanyitó óra feladata a korábban tanultak felidézése, és motiválás az elkövetkezendő feladatokra (BORHIDI & KARKUS 2005). Konkrétan az erdők esetében a tanulókat érdemes megismertetni a mérsékelt övi erdőtípusok leíró jellemzésével, a természetközeli erdők és az ültetvények összehasonlításával, valamint a terepen használni kívánt vizsgálati eszközökkel és módszerekkel. Mindezeket természetesen középiskolai szinten befogadhatóvá és kezelhetővé kell tenni. Az eszközöket, módszereket tekintve érdemes törekedni arra, hogy azok minél egyszerűbbek legyenek, lehetőleg a tanulók mindennapi eszköztárából kikerülők, így elérhetjük, hogy a gyerekek az iskolai kereteken kívül is szívesen vizsgálódnak majd a természetben. (A témanyitó óra vázlatát l. a dolgozat végén a 10.5. alfejezetben.)

#### **10.4. Erdők az iskola tanórán kívüli oktató-nevelő munkájában**

##### **Az erdőpedagógia és az erdei iskolák**

Az utóbbi évtizedekben egyre nagyobb hangsúly helyeződik az erdővel kapcsolatban támasztott társadalmi igényekre. Ez némelykor éles ellentétbe kerül a piac diktálta elvárásokkal. Az erdő ma már nem csak fatermesztésre használt intézmény, hanem a pihenés, a játék, a kirándulás és a természet jobb megismerésének helye is. Ez utóbbi funkciót célozza a környezetpedagógia egyik részterülete, az erdőpedagógia. Magában foglalja az erdővel kapcsolatos ismeretek átadásának mind elméleti mind gyakorlati vonatkozásait. A nevelési-oktatási folyamat helyszíne, szemléltető eszköze és tárgya maga az erdő. Az erdő állatainak, növényeinek, természeti folyamatainak megfigyelése lehetővé teszi az ismeretek megszerzését, aminek hatékony pedagógiai eszköze a személyes megtapasztalás. Az erdőpedagógia megkívánja az iskolák és az erdészet együttműködését (ennek szép példája a Pilisi Parkerdő Zrt. által működtetett Erdei Művelődés Háza). Az oktatás személyi hátterét az erdőpedagógia céljára kiképzett pedagógusok és erdészek, az intézményi hátteret az erdei iskolák biztosítják (LÜKŐ 2003).

Az erdei iskolák történetének, céljának és kivitelezésének részletes leírását olvashatjuk SCHRÓTH (2004) munkájában. Magyarországon 1908-ban alapították meg az első erdei



iskolát. Célja kezdetben a tüdőbajban megbetegedett városi gyerekek szabadlevegőn történő oktatása volt, illetve a reformpedagógia szellemében a hagyományos, frontális és magoltató oktatási módszerektől való elszakadás. Az erdei iskolai programokban egyre inkább a környezet határozta meg az elsajátítandó ismereteket, amelyekre cselekedtető, saját tapasztalatszerzésen alapuló tevékenységi formák keretében tettek szert a gyerekek. Az erdei iskola modern formája a 1995-ös oktatási törvény értelmében jött létre. A szakmai háttérrel civil szervezetek (pl. Erdei Iskola Egyesület, Erdei Iskola Alapítvány), a Környezetvédelmi Minisztérium és az Oktatási Minisztérium közös „Környezeti Nevelési Koncepció”-ja, valamint a Környezeti Nevelési és Kommunikációs Programiroda „Országos Erdei Iskola Program”-ja biztosítja. A Program céljai között szerepel, hogy általános iskolai tanulmányai alatt minden gyerek legalább egyszer vegyen részt erdei iskolai oktatásban.

Az erdei iskola az iskolák pedagógiai programjában önálló programegységként szerepel, a diákokra és a pedagógusokra nézve kötelező érvényű. Tartalma lehet bármilyen, környezettel kapcsolatos társadalmi vagy gazdasági témakör. A témát legtöbbször a helyszín határozza meg, amely lehet a természet vizsgálata pl. egy erdő esetén. (Az erdei iskola programja nem csak természettudományos tantárgyak alapján állítható össze: pl. a hon-és népismeret vagy az etika modul is tartalmába illeszthető. Jelen dolgozatban az erdei iskolát csak természettudományos összefüggéseiben tárgyalom.) Módszertanában a cselekedtető, önálló tapasztalatszerzésen alapuló tanulást helyezi előtérbe. Az erdei iskola mindig többnapos, az iskola székhelyétől eltérő helyen, általában bentlakásos jelleggel működő program, így a gyerekek közösségi életére és személyiségfejlődésére nézve segíti a szocializációt, az egymás iránti tolerancia és az önállóság fejlődését. Az erdei iskolai tanulás és a tantermi tanulás több szempontból is eltér egymástól. Az erdei iskolában az ismeretek elsajátítását a helyszín adta lehetőségek és a tanulók érdeklődése határozza meg, nem pedig a központilag meghatározott tananyag. Az új jelenségek megismerése komplexen és integráltan történik, nem tantárgyakhoz kötötten, így a tanulók holisztikus ismeretekre tehetnek szert. Az ismeretek megtanulásához nem szükségesek taneszközök, mert a megfigyelt természeti objektum (pl. egy erdő, valamilyen állatcsoport, stb.) a szemléltetőeszközök széles tárházát kínálja.

### **Terepgyakorlatok**

A többnapos erdei iskolákon kívül az erdővel való ismerkedés hatékony eszköze lehet a terepgyakorlat. Előnye, hogy akár egy napra vagy délutánra is szervezhető az iskolához közeli erdőkbe. Többször megismételhető, így hosszabb távú megfigyelést is lehetővé tesz.

A terepen történő munka személyes megtapasztalást kínál és az önállóságot is fejleszti. Egyszerre több érzékszervre hat, ami jobban motivál, így hatékonyabban rögzül a megismerés. Megfelelő célok kiválasztásával a diákok könnyen sikerélményhez jutnak. Lakóhelyük közvetlen környezetének bemutatásával felébredhet bennük a kíváncsiság és a felelősségtudat az őket körülvevő élővilág felé.

A terepgyakorlat során az időbeosztás nem kötött, sokkal szabadabb, mint a tanóra, éppen ezért a feladatok megtervezéséhez és lebonyolításához teljesen más hozzáállás szükséges.

SZÁSZNÉ HESZLÉNYI (2004) a terepgyakorlatok tervezésének és lebonyolításának átfogó leírását adja. Az erdők vizsgálatára tervezett terepgyakorlat stílusa szerint lehet (1) passzív szemlélődő, amelyet egy „idegenvezető” (tanár, diák, erdész) irányít, (2) megfigyelés, rögzítés előre megbeszélte szempontok alapján (3) mérésekkel egybekötött aktív természetvizsgálat. Időtartamában, a vizsgálat volumenétől függően, lehet 1-2 tanórás, ha az iskolához közeli élőhelyeket kívánjuk tanulmányozni, de akár több napos is, amikor lehetőség nyílik védett természeti helyek, nemzeti parkok meglátogatására és többféle tevékenységforma elvégzésére.

A terepgyakorlatokon alkalmazható sokféle módszer (pl. téma módszer, story line módszer, stb.) ebben a dolgozatban a projekt módszert járom körül, és a dolgozat végén, a 10.5. alfejezetben egy konkrét projekttervezetet mutatok be.

LÜKŐ (2003) szerint a projektoktatás jellemzői a következők:

1. Egy problémahelyzet vázolunk a diákoknak, amelyre nekik kell megoldást találniuk.
2. A feladat végrehajtását a diákok csoportokban végzik, ez elősegíti a kommunikációt, az együttműködést és a feladatmegosztást.
3. A hangsúly a probléma megragadásán van, nem a végeredményen, de ugyanakkor a cél mindig valamilyen konkrét produktum, az eléréséhez szükséges tanulás ehhez képest mindig eszköz jellegű (Falus 2003).
4. A vázolt probléma viszonylag komplex, aminek megoldásához a diákoknak már meglévő tudásukat és megszerzett jártasságaikat kell felhasználniuk.
5. A megoldást a diákoknak a gyakorlatban kell keresniük.
6. A diákoknak a projektet önállóan kell végrehajtaniuk.
7. A tanár mint kísérő, koordináló személy van jelen a probléma megoldásánál. Aktívan követi a diákokat, de nem irányítja őket. A tevékenységeket mederben tartja, szükség esetén magyarázatokkal, információval illetve információforrásokkal látja el a diákokat.

8. Minden projektnek szerkezete van, amelyet egy munkaterv formájában dolgoznak ki.

A projekt megvalósulásának lépései FALUS (2003) szerint (1) a célok megfogalmazása, a téma kiválasztása, (2) tervezés, (3) kivitelezés, (4) zárás, értékelés. A továbbiakban ezt a négy fő mozzanatot veszem sorra SZÁSZNÉ HESZLÉNYI (2004) munkája nyomán.

(1) A célok megfogalmazását, valamint a téma kiválasztását célszerű már a terepgyakorlat kezdete előtt megtenni. Felhasználhatók neves napok (Víz világ-napja, Madarak-fák napja), számos civil szervezet kezdeményezése, intézmények, nemzeti parkok programjai vagy saját tapasztalat. A célt tanórai keretekben, megfelelően részletesen ismertetni kell. Ez történhet magyarázat, előadás formájában, esetleg tanulói kiselőadásokkal illusztrálva. Fel kell hívni a figyelmet az ok-okozati összefüggésekre és időről-időre utalni kell a tananyaggal való kapcsolódási pontokra, hogy a diákok tudják kötni a témát az általuk tanult ismeretekhez.

(2) A tervezést végezheti a tanár önállóan is, de talán még jobb a közös tervezés. Így a diákok már az első perctől fogva magukénak érezhetik célt, és fény derülhet a témával kapcsolatban az egyes tanulókat érdeklő speciális kérdésekre is. A közös tervezés módszerei közül jól használható az ötletbörze és a Brainwriting-635-ös módszer. Az ötletbörze viszonylag egyszerűen kivitelezhető, a gyerekek gondolatai szabadon szárnyalhatnak, mert nincs semmiféle megkötés, alapszabály, hogy minden ötlet jó. A felvetődő ötleteket a táblára kell feljegyezni, rendszerezni, majd megvitatni kivitelezhetőségüket. A javaslatot tevő diáknak feladatul tűzhető ki ötletének megvédése, ezzel a vitakészség fejleszhető. A Brainwriting-635-ös módszer lényege, hogy hat fős csoportokban minden diák feljegyez egy – egy lapra három olyan szempontot, kérdést, ami érdekli őt. A lapokat továbbadják a következő hatos csoportnak, akik szintén három-három új szempontot jegyeznek fel, de ezeknek kapcsolódniuk kell a már meglévőkhöz. A papírok továbbadása addig folytatódik, amíg vissza nem ér a kiinduló csapat tagjaihoz. A módszer előnye az ötletbörzével szemben, hogy az ötletelés végén a kérdések hat altémának megfelelően, rendszerezve találhatóak a hat papíron. Az altémákat és a hozzájuk kapcsolódó szempontokat a szemléletesség kedvéért asszociációs térképen ábrázolhatjuk, így mindenki számára világos lesz a vizsgálni kívánt probléma összetettsége, és rendszerbe foglalva szemlélheti azt. A terepgyakorlat előkészítéséhez tartozik még a szükséges eszközök (ismeretterjesztő anyagok, határozókönyvek, gyűjtőeszközök, papírok, ceruzák, stb.) beszerzése, a helyszín kiválasztása és a szülők tájékoztatása.

(3) A terepgyakorlat kivitelezésénél fontos a napirend betartása. Ezen kívül a diákoknak pontosan kell látniuk a célokat, a tevékenységek okát és következményeit, pontosan kell ismerniük a vizsgálati módszereket. Megfelelően oldott légkör (pl. esti zenés, beszélgetős, játékos programok) megteremtésével a „tudományos” munka is hatékonyabbá tehető. A méréseket, megfigyeléseket tartalmazó pontos jegyzőkönyv elkészítése elengedhetetlen, mert ez a későbbi kiértékelés alapja.

(4) A terepgyakorlat értékelésének első lépése a mért adatok feldolgozása. Legjobb egy közös megbeszélésen megtalálni a legmegfelelőbb módszert, így a gyerekek számára is világos lesz, hogy milyen típusú adatokat, milyen módszerrel érdemes feldolgozni és ábrázolni. A következő lépés az eredmények közös kiértékelése. Végezetül előadásban, rajzban, írásban, fórumbeszélgetésben számolhatnak be a gyerekek elért eredményeikről. Így bennük is összegződik a az egész munkafolyamat és eredményei, valamint örömmel osztják meg tapasztalatikat másokkal.

### **10.5. Óravázlat és a projektmódszer alkalmazásának egy mintája**

Az következő óratervezet használható önmagában, csupán elméleti óraként, vagy egy erdővel kapcsolatos terepgyakorlat témanyitó órájaként. A terepgyakorlat fakultációs csoport vagy speciális tantervű biológiatagozatos osztály számára készült. A projekt időtartama három nap, de ez több részletre is felosztható.

## Óratervezet

témakör címe: Természetes és mesterséges életközösségek

téma: Mérsékeltövi erdők

osztály: 9-12.

tárgyon belüli koncentráció: ökológia

tárgyak közötti koncentráció: -

óra célja: a tanulók megismertetése Magyarország erdőtípusaival, valamint a természetközeli erdők szerkezetével, a szerkezeti elemek funkcióival

óra típusa: új ismereteket feldolgozó óra, 90 perc

Idő	Óra menete	Szervezési módszer	Szemléltetés
0-5	adminisztratív feladatok elvégzése (hetesi teendők, naplóbejegyzések, stb.)		
5-30	<p><b><u>Erdőtípusok</u></b></p> <p><i>Magyarország főbb erdőtípusainak (cseres-tölgyes, gyertyános-tölgyes, bükkös, ligeterdő, nyáras-borókás) rövid bemutatása különös tekintettel az előfordulási helyre, szintezettségre és a fajkészletre (főbb fajok, elegyfajok, példák jellemző lágyszárúakra, állatokra)</i></p>	Tanulói kiselőadások	ppt
30-45	<p><b><u>Milyen egy szép erdő?</u></b></p> <p><i>Képek vetítése hagyományos gazdasági erdőkről, erdőrezervátumokról, esetleg mérsékeltövi őserdőkről. A gyerekek pontozzák 1-5-ig az erdőket a saját benyomásaik alapján. Utána ötletbörze keretében megbeszéljük, hogy mit tartanak értéknek, szépnek egy erdőben.</i></p>	Vetítés, ötletbörze	ppt
45-65	<p><b><u>Milyen egy jól működő erdő?</u></b></p> <p><i>Milyen szinteket különítünk el egy erdőben?(talaj-, moha-, lágyszárú-, cserje-, alsó és felső lombkoronaszint)</i></p> <p><b>Talajsztint:</b></p> <p><i>(Pl.giliszták, pókok, fonalféreg, vakond, gombák)</i></p> <p>növények itt gyökereznek, tápanyag-és vízellátás</p> <p>rókavár</p>	Frontális megbeszélés	
		Csoportmunka: az egyes szintek funkcióinak leírása, példák az egyes szintek élőlényeire	
		Végül az egyes csoportok beszámolója, kiegészítések a többiek és a tanár részéről	

**Mohaszint:**

(pl. ciprusmoha, ligetmoha)

vízvisszatartás, facsemeték és más lágyszárúak (pl. páfrányok) számára biztosítják a vizet;

búvóhely kis pókoknak, soklábúaknak

**Lágyszárú szint:**

(pl. páfrányok, füvek, virágos növények)

Facsemeték

Búvóhely kisebb emlősöknek (pl. cickányok, egerek),  
ízeletlábúaknak (pl. pókok, futrinkák)

Táplálék a nagytestű növényevőknek pl. őz, szarvas,  
muflon) – **de! újulat lerágása** – Mit nevezünk újulatnak?

**Cserjeszint:**

(pl. fagyal, som)

Árnyékol

Táplálék nagytestű növényevőknek – újulat védelme

Búvóhely ragadozóknak, költőhely madaraknak

**Lombkoronaszint:**

Árnyékol

Költőhely madaraknak

Alsó és felső szint kialakulása: **lékek** – újulat és  
fénykedvelő növények és állatok (pl. legyek) számára  
fontos

**Holtfa:**

*fogalma*

Tuskó, kidőlt fatörzs: cincérek, bogarak, más ízeletlábúak,  
kisemlősök búvóhelye, táplálkozási helye; nagytestű  
ragadozók rejtőzködőhelye

Gombák élőhelye

Mohák, lágyszárúak, újulat megtelepedési helye –  
tápanyag+víz

Száradék: harkályok, pelék, denevérek odvai

65-75	<i>A „szép” és „kevésbé szép” erdők fotóinak újbóli levetítése, és most már ökológiai, természetesség-szemponitú értékelése. A cél, hogy a gyerekek belássák, hogy az erdőnek nem csak emberi, gazdasági, esztétikai igényeket kell betöltenie. Ezen belül még cél megismertetni az erdő sokféle ökológiai funkcióját.</i>		
75-90	A természetes erdők és ültetvények összefoglaló összehasonlítása		10.5.1.táblázat

Természetes erdő		Ültetvény
Vegyes, elegyfák termőhelynek megfelelően	fafajösszetétel	Homogén, fajok termőhelyidegenek lehetnek
Vegyes	korösszetétel	Egykorú
Társulásnak megfelelő	Cserje- és gyepszint	cserjeirtás
Tuskó, lábon álló, fekvő	holtfa	Elszállítják
Folyamatos (lékek)	felújulás	Véghasználat - felújítás

7.5.1.táblázat: A természetközeli erdők és a faültetvények összehasonlítása

### Terepgyakorlat – Egy természetközeli erdő vizsgálata

**Résztevők száma:** minimum 12, maximum 24 fő

**Helyszín:** egy minél természetesebb, de nem szigorúan védett erdőrésztlet pl. táborhely, erdei iskola környéke

**Projekt időtartama:** 3 nap

**Előzetes információk:**

- a diákok figyelmét fel kell hívni a területen található védett állat és növényfajokra (csak fotózni szabad!), ezzel is tudatosítva bennük a természet tiszteletét
- az esetleges veszélyekre, a szemtelés és a hangoskodás elkerülésére, helyes használatára, hova lépjenek

- a csoport létszáma alapján érdemes kijelölni/megválasztani a mintaterület nagyságát

**Eszközök:** digitális fényképezőgép, határozókönyvek, zárható üvegek, dossziék, papírkapszulák a gyűjtéshez, füzet, toll, mikroszkóp, lupe, csipesz, avarrosta, lepedő (amire a rostált anyag kiteríthető) lepkeháló, kopogtatóernyő, ecetsav (cseppentőben), távcső, az adatok feldolgozásához laptop, projektor

### **A vizsgálat menete:**

A diákok 4-5 fős csapatokat alakítanak baráti kapcsolataik alapján. Ennek előnye, hogy jól tudnak együtt dolgozni, ám a tanárnak figyelembe kell vennie, hogy minden csoport összességében azonos képességű legyen. Így szükség esetén a tanár módosíthatja a kialakult csoportokat. A csapatok számától függően minden csoport az erdő egy vagy két szerkezeti szintjét vizsgálja. Feladatuk a mellékelt feladatlapok kitöltése, a vizsgálat eredményeiből PowerPoint –bemutató készítése és előadása egy diákkonferencia keretében. A projekt legvégén a teljes vizsgálatról és eredményeiről egy poszter készül, amit a diákok az iskolában, pl. a biológia szaktanteremben kitehetnek.

Minden csapat választ egy csapatvezetőt, egy írnokot, és párokat az állatok és növények gyűjtésére és határozására. Ezzel biztosíthatjuk, hogy a csapatokban mindenki megtalálja a neki leginkább megfelelő feladatkört, így mindenki fontosnak érezheti magát, valamint diákjaink személyiségének ismeretében fejleszthetjük is azt bizonyos szerepek tanár által történő kijelölésével. A csapatvezető felel a csoport munkájáért, koordinálja azt, elosztja a feladatokat, a tanári utasításokat rajta keresztül lehet eljuttatni a csapattagokhoz. Az írnok feladata a megfigyelések és mérések feljegyzése a feladatlapra. A gyűjtő és határozó emberek párban végzik a dolgukat, de ebben a munkafolyamatban a vezető és az írnok is részt vehet. A többi feladatot a csapatvezető osztja szét.

A terepmunka végeztével a vezető koordinálásával a diákok PowerPoint-bemutatót készítenek eredményeikről. A vezető feladata itt is a munkamegosztás: ki kell jelölni, ki csinálja a megjelenítést, ki diktálja a diakockákra felkerülő szövegeket, ki válogatja és szerkeszti a képeket, stb. A konferencián, mint a csoport képviselője, a vezető tartja meg az előadást. A poszter készítését a csapatvezetők végzik, tanári vezetéssel.



A tanár szerepe az egész munkafolyamat során koordináló jellegű. A projekt legelején elmondja a feladatokat és a szabályokat, a kivitelezés során a háttérből figyeli az eseményeket, ám mindig készen áll segítséget nyújtani, ha a diákok igénylik.

## Feladatlapok

### I. csoport: A faállomány vizsgálata

A ti feladatotok a vizsgált terület fáinak és a hozzájuk szorosan kötődő élővilágnak a feltérképezése lesz. Csak azokat a fákat vizsgáljátok, amelyek törzsét nem tudjátok két tenyérrel átfogni! Jó munkát!

1. Milyen fafajokat találtatok az erdőrészlet vizsgálatakor? Jegyezzétek fel a mellékelt „lista-lapra”!
2. Gyűjtsetek a különböző fák leveléből 1-2 darabot, préseljétek le, készíthettek herbáriumot belőle! Minden fafaj egy-egy közepes méretű képviselőjének kérgéről csináljatok felületrajzolatot\*, és mellékeljétek a herbáriumhoz! A levelekről és a fakéregről fényképet is készíthettek, hogy be tudjátok mutatni a konferencián! (\*=„Felületrajz” készítése: egy A/5 lapot feszíts ki a fa kérgére és satírozd át szécerceruzával vagy zsírkrétával!)
3. Vajon milyen idős fák vesznek körül? A törzs átmérője arányos a fák korával. Becsüljétek meg ez alapján a mintaterület korösszetételét és jelöljétek be a megfelelő csoportot!

Csak egyidős fák vannak	Többségében egyidős fák, néhány nagyon öreg fa	Vegyes korösszetétel
-------------------------	--	----------------------

4. Válasszátok ki szemre a legidősebbnek becsült fát, mérjétek meg a kerületét mellmagasságban! Vizsgáljátok meg a kérgét, hasonlítsátok össze a hasonló fafajú, fiatalabb fákkal (kéreg barázdáltsága, sérülések, korhadás). Jegyezd fel a tapasztaltakat!

5. Milyen élőlényeket találtatok a fák kérgén? Készítsetek róluk fotót, és határozzátok meg őket és jegyezzétek le a „lista-lapon”!

**„Lista-lap”**

<b>Növény neve</b>	<b>Megjegyzés</b>

<b>Állat neve</b>	<b>Megjegyzés</b>

## **II. csoport – A cserjeszint és az újulat vizsgálata**

A ti feladatotok a vizsgált erdő cserjeszintjének, fiatalabb fáinak és a hozzájuk szorosan kötődő élővilágnak a feltérképezése lesz. Csak azokat a fákat vizsgáljátok, amelyek a törzsét markotokkal még átéríték (–ez az újulat)! Jó munkát!

1. Milyen fafajokat találtatok az erdő újulatában? Jegyezzétek fel a mellékelt „listalapra”!
2. Milyen cserjefajok alkotják a cserjeszintet? Jegyezzétek fel ezeket is a mellékelt „listalapra”! Becsüljétek meg a magasságukat!
3. Figyeljétek meg az erdő mely részein nő sűrű újulat és cserjeszint! Jegyezd le azt is, hogy ez miért lehet?
4. Vajon milyen állatfajoknak ad otthont a cserjeszint? Használjátok a kopogatóernyőt! Néhány példányt tegyetek félre az élve-fogó edényekbe, de ügyeljetek arra, hogy ragadozó mellé ne rakjatok „áldozatot”! A megfogott fajokat írjátok fel!
5. Próbáljátok meg madárfészket keresni! Figyeljétek meg hova és hogyan építette a madár! Miket kell szem előtt tartania egy madárnak fészeképítéskor? Gondolj a környezet adottságaira, ragadozókra és írd le gondolataidat.

### III. csoport: A gyepszint, az avarszint és a talaj vizsgálata

A ti csoportotoknak az erdő „legalja” jutott, de ne legyetek elkeseredve! Ha jól dolgoztok, ti találkozhattok a legtöbb és legérdekesebb növényvel és állattal!

1. Keressetek egy olyan helyet ahol vastag és lehetőleg nedves az avar. Tegyetek az avarrostába 3-4 marokkal és szitáljátok át. Az átrostált anyagot öntsétek egy fehér lepedőre, csipesz segítségével válogassátok át, és jegyezzétek fel a lehető legtöbb állatot! Ötlet: nézzetek be a nagyobb kövek, korhadó faágak alá is, nagyon sok állat bújik el alattuk! A munka végeztével ne feledjétek visszafordítani a köveket és a faágakat!
2. Vizsgáljátok át az erdőben található lágyszárú növényeket! Írjátok fel őket a „listalapra”, fényképet, rajzot készíthettek, esetleg egy-egy növényt is letéphettek, de csak akkor, ha biztosak vagytok benne, hogy nem védett (ha, kell kérj tanári segítséget!).
3. Keressetek a növényhatározó segítségével KAPOTNYAK-ot! Ezt a növényt meztelen csigák porozzák be. Hol van a virága? Hogyan függ ez össze a beporzással?
4. Cseppentsetek ecetsavat egy kiskanálnyi talajra! Mit tapasztaltok? Mire utal ez?
5. Keressetek vadnyomokat, ürüléket a talajon, erdei utak mentén! Határozó segítségével azonosítsátok, hogy milyen állat járhatott arra! Készíthettek rajzokat, fotókat!

## 10.6. Irodalom a tanári képzés integrált szakdolgozatához

- Bobiec, A.(ed.), Gutowski, J.M., Zub, K., Pawlaczyk, P., Laudenslayer, W.F., 2005. The Afterlife of a Tree. *WWF Poland, Warszawa-Hajnówka*. 251pp.
- Borhidi, Attiláné & Karkus, Zs. 2005. A tanítási óra. In: Bodzsár Éva (ed.): Kézikönyv a biológiatanítás módszertanához, *Trefort kiadó, Budapest* p. 57-89.
- Falus, I. 2003. Az oktatás stratégiái és módszerei. In: Falus, I. (ed.): Didaktika. *Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest* p. 278-280.
- Lükő, I. 2003. Környezetpedagógia. *Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest* 251 pp.
- Schróth, Á. 2004. Az erdei iskola. In: Schróth, Á. (ed.): Környezeti nevelés a középiskolában. *Trefort Kiadó, Budapest* p.302-307.
- Szászné Heszlényi, J. 2004. Biológiai terepgyakorlatok és kiértékelésük. In: Schróth, Á. (ed.): Környezeti nevelés a középiskolában. *Trefort Kiadó, Budapest* p.309-318.
- Vásárhelyi, T. & Victor, A. 2003. Nemzeti Környezeti Nevelési Stratégia. *Magyar Környezeti Nevelési Egyesület*, 174 pp.
- Vojnits, A. 2004. Bolygónk tüdeje. *Kossuth Kiadó, Budapest* 107pp.

## **11. Mellékletek**

**11.1. melléklet.** A mintaterületek rendeltetése és fafajösszetétele. (T=tölgyek, B=bükk, GY=gyertyán, EF=erdeifenyő, LF=lucfenyő, E=egyéb fafajok)

Mintaterület	Főfaj	Rendeltetés	Előforduló fafajok száma	Relatív térfogat					
				T	B	GY	EF	LF	E
98	Erdeifenyő	védett erdő	10	0.07	0.09	0.00	0.72	0.00	0.12
99	Tölgy	erdőrezervátum magterület	6	0.84	0.07	0.04	0.00	0.00	0.06
100	Tölgy	védett erdő	5	0.80	0.03	0.00	0.17	0.00	0.00
101	Erdeifenyő	védett erdő	7	0.03	0.33	0.01	0.52	0.02	0.09
102	Erdeifenyő	védett erdő	9	0.04	0.18	0.00	0.77	0.00	0.01
104	Tölgy	védett erdő	6	0.65	0.08	0.03	0.21	0.04	0.00
107	Bükk	védett erdő	5	0.07	0.84	0.01	0.00	0.07	0.00
108	Erdeifenyő	védett erdő	5	0.28	0.09	0.00	0.61	0.01	0.01
111	Bükk	védett erdő	5	0.05	0.87	0.00	0.03	0.05	0.00
113	Bükk	védett erdő	10	0.20	0.26	0.08	0.15	0.14	0.17
116	Bükk	védett erdő (Pro Silva)	4	0.29	0.46	0.22	0.03	0.00	0.00
117	Bükk	védett erdő	5	0.28	0.37	0.02	0.31	0.02	0.00
118	Bükk	védett erdő	4	0.11	0.55	0.06	0.28	0.00	0.00
119	Tölgy	védett erdő (Pro Silva)	3	0.76	0.21	0.02	0.00	0.00	0.00
120	Tölgy	védett erdő	3	0.96	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
121	Erdeifenyő	védett erdő	6	0.02	0.12	0.01	0.79	0.04	0.02
124	Erdeifenyő	védett erdő	7	0.18	0.00	0.12	0.70	0.00	0.01
125	Tölgy	védett erdő	4	0.87	0.00	0.06	0.00	0.00	0.06
126	Erdeifenyő	védett erdő	4	0.20	0.00	0.01	0.75	0.04	0.00
129	Tölgy	védett erdő	6	0.84	0.07	0.01	0.08	0.00	0.00
130	Tölgy	védett erdő	8	0.75	0.11	0.13	0.00	0.00	0.01
131	Tölgy	védett erdő	6	0.75	0.05	0.01	0.18	0.00	0.00
132	Tölgy	védett erdő	5	0.53	0.10	0.15	0.21	0.00	0.01
133	Tölgy	védett erdő	6	0.61	0.05	0.01	0.33	0.00	0.00
136	Bükk	védett erdő	4	0.19	0.72	0.02	0.06	0.00	0.00
137	Tölgy	védett erdő	2	0.76	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00
138	Tölgy	védett erdő	8	0.78	0.02	0.01	0.15	0.00	0.00
142	Lucfenyő	védett erdő	7	0.03	0.01	0.18	0.23	0.50	0.05
147	Bükk	védett erdő	4	0.01	0.94	0.00	0.04	0.00	0.01
149	Bükk	erdőrezervátum magterület	4	0.06	0.86	0.00	0.01	0.07	0.00
151	Bükk	védett erdő	7	0.04	0.62	0.14	0.09	0.07	0.05
152	Bükk	erdőrezervátum magterület	6	0.09	0.55	0.03	0.24	0.08	0.00
156	Erdeifenyő	védett erdő	8	0.14	0.11	0.00	0.71	0.00	0.00
158	Bükk	védett erdő	4	0.32	0.39	0.00	0.28	0.00	0.00
160	Erdeifenyő	védett erdő	4	0.04	0.35	0.01	0.60	0.00	0.00

**11.1. melléklet (folyt.):** A mintaterületek fájának darabszáma, a faátmérő átlaga és a lombkoronán átjutott relatív diffúz fény átlaga LAI 2000 alapján számolva

Mintaterület	Fák darabszáma (db/ha)			Faátmérő átlaga (cm)	Relatív diffúz fény átlaga(%)
	dbh=0-5 cm	dbh>50 cm	Összes		
98	1562.5	0.00	1318.75	13.64	4.70
99	2450	12.50	287.5	32.13	7.76
100	818.75	18.75	343.75	30.64	4.34
101	431.25	0.00	581.25	22.84	5.55
102	637.5	0.00	787.5	19.56	1.20
104	0	0.00	962.5	20.87	1.29
107	762.5	0.00	775	17.06	1.90
108	18.75	0.00	693.75	21.39	6.03
111	593.75	18.75	331.25	31.72	1.66
113	1400	43.75	550	26.26	1.06
116	706.25	37.50	318.75	35.13	1.70
117	56.25	6.25	306.25	35.76	3.34
118	1225	12.50	425	32.88	1.68
119	131.25	18.75	406.25	28.64	3.28
120	525	25.00	550	27.69	2.59
121	75	12.50	1181.25	19.62	1.23
124	1150	6.25	1175	17.60	0.62
125	987.5	43.75	987.5	15.68	1.85
126	4706.25	6.25	456.25	23.99	6.04
129	4162.5	56.25	356.25	28.16	4.13
130	1700	25.00	537.5	22.44	1.51
131	625	43.75	687.5	22.33	1.64
132	156.3	37.50	406.25	28.46	2.32
133	1125	0.00	506.25	24.84	5.82
136	0	6.25	300	36.58	3.50
137	0	12.50	218.75	38.05	10.36
138	506.25	12.50	487.5	29.24	3.27
142	1112.5	43.75	500	27.74	1.63
147	0	6.25	425	32.96	1.04
149	0	37.50	262.5	40.61	2.29
151	1325	12.50	725	17.69	1.18
152	2087.5	50.00	418.75	28.19	1.26
156	2012.5	0.00	1112.5	18.19	1.64
158	0	0.00	506.25	31.05	2.22
160	275	0.00	806.25	22.40	0.91



**11.1. melléklet (folyt.):** A mintaterületek mohafajszáma, mohaborítása a megmintázott fák darabszáma és az átvizsgált felület.

Mintaterület	Mohafajsám	Megmintázott fák (db)	Megmintázott felület (dm <sup>2</sup> )	Mohaborítás összesen (dm <sup>2</sup> )	Mohaborítás a megmintázott felület arányában
98	14	23	3988	306.07	8%
99	29	25	5179	2465.611	48%
100	15	20	3977.5	1174.88	30%
101	12	37	5864	399.404	7%
102	6	32	5207	39.452	1%
104	9	36	5929	1210.192	20%
107	8	25	4035	444.142	11%
108	11	37	5571	816.936	15%
111	14	27	5560	372.364	7%
113	17	31	6430	1002.027	16%
116	16	30	7454	1603.84	22%
117	17	26	6311	1678.118	27%
118	13	37	8646	613.886	7%
119	10	27	6157	2185.846	36%
120	12	32	7178	2987.554	42%
121	6	32	5302	74.993	1%
124	12	36	6484	420.707	6%
125	10	20	4537	1451.101	32%
126	19	28	5336	1087.18	20%
129	22	21	5345	2272.339	43%
130	16	25	5830	1445.096	25%
131	19	33	7633	2561.121	34%
132	24	26	5791	2819.531	49%
133	14	33	5561	1483.586	27%
136	18	25	6667	1368.85	21%
137	9	18	3865	1345.157	35%
138	12	33	7079	2466.394	35%
142	15	29	6665	977.76	15%
147	10	37	7128	486.721	7%
149	13	23	5378	778.4	14%
151	18	29	5490	892.498	16%
152	19	25	6560	1051.181	16%
156	18	56	7750	436.095	6%
158	15	42	8048	1535.452	19%
160	10	36	6705	224.702	3%
Összesen	60	1052	210640.5	42479.186	20%

**11.2.melléklet** : A táblázatban a regisztrált mohafajok neve, összborítása, frekvenciája és gyakoriságának leírása látható (mintaterület = hány mintaterületen fordult elő az adott mohafaj, fa = hány faegyeden fordult elő az adott mohafaj, S = specialista, F = fakultatív epifiton).

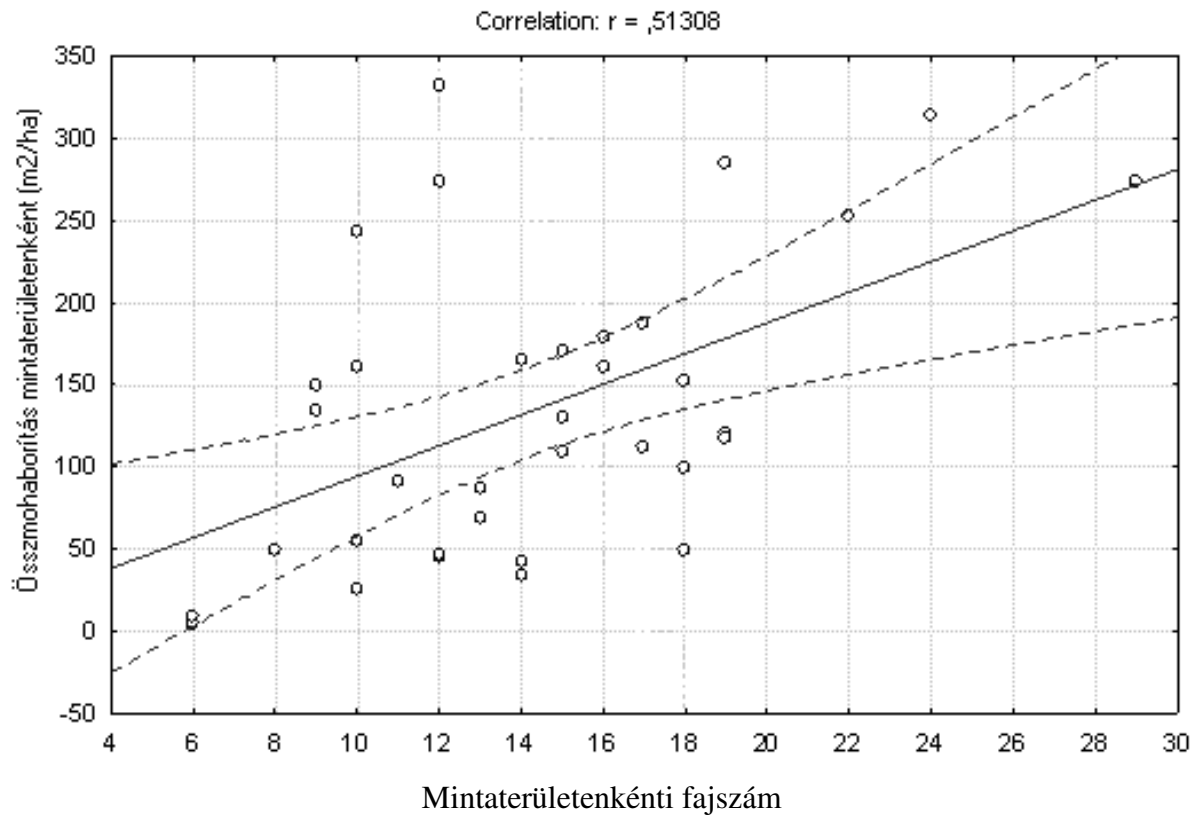
Fajkód	Faj	Specialista/ fakultatív epifiton	Össz- borítás (dm <sup>2</sup> )	Frekvencia		Élőhely, gyakoriság	
				mintaterület	fa	Őrség-Vendvidék (Ódor et al. 2002)	Országosan (Orbán & Vajda 1983)
amb ser	Amblystegium serpens	F	14.1	5	5	fakérgen, talajon gyakori	fakérgen, talajon gyakori
amb sub	Amblystegium subtile	F	10.0	2	2	lombos fák kérgén, nagyon ritka	fakérgen, nem ritka
ano att	Anomodon attenuatus	S	4.0	1	1	lombos fák kérgén, ritka	mindenféle erdőben gyakori
atr ang	Atrichum angustatum	F	4.0	2	4	savanyú erdei talajon pionír, nagyon ritka	savanyú erdei talajon pionír, ritka
atr und	Atrichum undulatum	F	1.2	4	5	üde lombos erdők talaján gyakori	mindenféle erdőtalajon gyakori
bra rut	Brachythecium rutabulum	F	41.3	11	14	üde erdők korhadó fáin, fák tövében talajon gyakori	sziklán, fák tövén tömeges és gyakori
bra sal	Brachythecium salebrosum	F	7.0	1	2	üde erdők korhadó fáin, fák tövében, talajon, nem gyakori	fakérgen, holtfán, erdei talajon gyakori
bra vel	Brachythecium velutinum	F	459.4	33	127	üde erdők korhadó fáin, fák tövében gyakori	talajon, sziklákon gyakori
bry mor	Bryum moravicum	S	2.7	3	5	nincs adat	fák tövénél, fakérgen, talajon gyakori
cte mol	Ctenidium molluscum	F	6.0	1	1	nedves erdők talaján, nagyon ritka	mész-és dolomitsziklákon tömeges, ritkán savanyú erdei talajon
dic het	Dicranella heteromalla	F	1.5	4	5	erdők talaján, fák tövén, pionír, gyakori	savanyú erdei talajon gyakori
dic mon	Dicranum montanum	S	1094.6	35	378	tűlevelű fák kérgén, talajon gyakori	fák tövén, holtfán, mészszegény sziklákon, ritka
dic pol	Dicranum polysetum	F	14.5	3	5	erdeifenyvesek talaján tömeges	sovány erdei talajon, fenyvesekben tömeges
dic sco	Dicranum scoparium	F	32.3	15	67	erdeifenyvesek talaján tömeges, fakérgen	sovány erdei talajon, sziklákon, fák tövén a hegyvidékeken gyakori
dic tau	Dicranum tauricum	S	0.2	1	2	nincs adat	öreg fatönkőn, homokkősziklán, ritka
eur ang	Eurhynchium angustirete	F	1.0	1	1	üde, nedves erdőkben, nem gyakori	erdős dombvidékeken gyakori
fis tax	Fissidens taxifolius	F	0.1	1	1	agyagos erdei talajon, patak mentén, gyakori	agyagtalajon gyakori
fru dil	Frullania dilatata	S	664.3	28	126	lombos fák kérgén gyakori	gyakori fakérgen, ritkán mészszegény kőzeten

Fajkód	Faj	Specialista/ fakultatív epifiton	Össz- borítás (dm <sup>2</sup> )	Frekvencia		Élőhely, gyakoriság	
				mintaterület	fa	Őrség-Vendvidék (Ódor et al. 2002)	Országosan (Orbán & Vajda 1983)
her sel	Herzogiella seligeri	F	3.7	1	6	obligát korhadéklakó, ritka	holtfán fenyőelegyes lomberdőkben, gyakori
hom bess	Homalia besseri	S	1.6	3	4	nincs adat	hegyvidéken fakérgen
Hom ser	Homalothecium sericeum	S	1.0	1	1	fakérgen, ritka	sziklákon tömeges, fakérgen ritkán; gyakori
Hom tri	Homalia trichomanoides	S	65.4	10	22	üde lomberdőkben fatörzsön, ritka	fatörzseken, holtfán gyakori, ritkán szilikátsziklán
hyl spl	Hylocomium splendens	F	0.2	1	1	tűlevelű erdők talaján gyakori	mészkerülő erdőkben tömeges
hyp cup	Hypnum cupressiforme	F	34484.7	35	774	mindenféle aljzaton és erdőben tömeges	kozmpolita
iso alo	Isothecium alopecuroides	S	557.2	21	62	lombos fák kérgén, ritka	mészszegény sziklákon, fakérgen gyakori
lej cav	Lejeunea cavifolia	S	10.0	1	1	nagyon ritka: egy adata erdőből fakérgen patak mentén, nagyon ritka	mészszegény sziklákon szurdokerdőkben
les pol	Leskea polycarpa	S	1.7	2	2		ártéri erdőkben gyakori
leu jun	Leucobryum juniperoideum	F	6.1	1	2	nincs adat	homokkősziklákon, nagyon ritka
leu sci	Leucodon sciuroides	F	0.3	1	1	lombos fák kérgén, ritka	fakérgen, mindenféle sziklán gyakori
lop het	Lophocolea heterophylla	F	300.5	29	282	holtfán, talajon tömeges, élő fák kérgén is megtalálható	holtfa, erdei és lápi talajon a hegyvidékeken gyakori
met fur	Metzgeria furcata	S	644.5	22	100	lombos fák kérgén, ritka	hegyvidékeken gyakori fakérgen, sziklán
ort aff	Orthotrichum affine	S	20.1	5	7	lombos fák kérgén, ritka	fák kérgén az egész országban gyakori
ort dia	Orthotrichum diaphanum	S	0.3	1	1	nincs adat	fák kérgén az egész országban gyakori
ort lye	Orthotrichum lyelli	S	0.1	2	3	lombos fák kérgén, ritka	fák kérgén az egész országban elterjedt
ort pal	Orthotrichum pallens	S	131.6	10	32	nincs adat	fák kérgén, nem gyakori
ort spe	Orthotrichum speciosum	S	15.3	9	11	nedves erdőkben fakérgen, gyakori	fák kérgén, gyakori

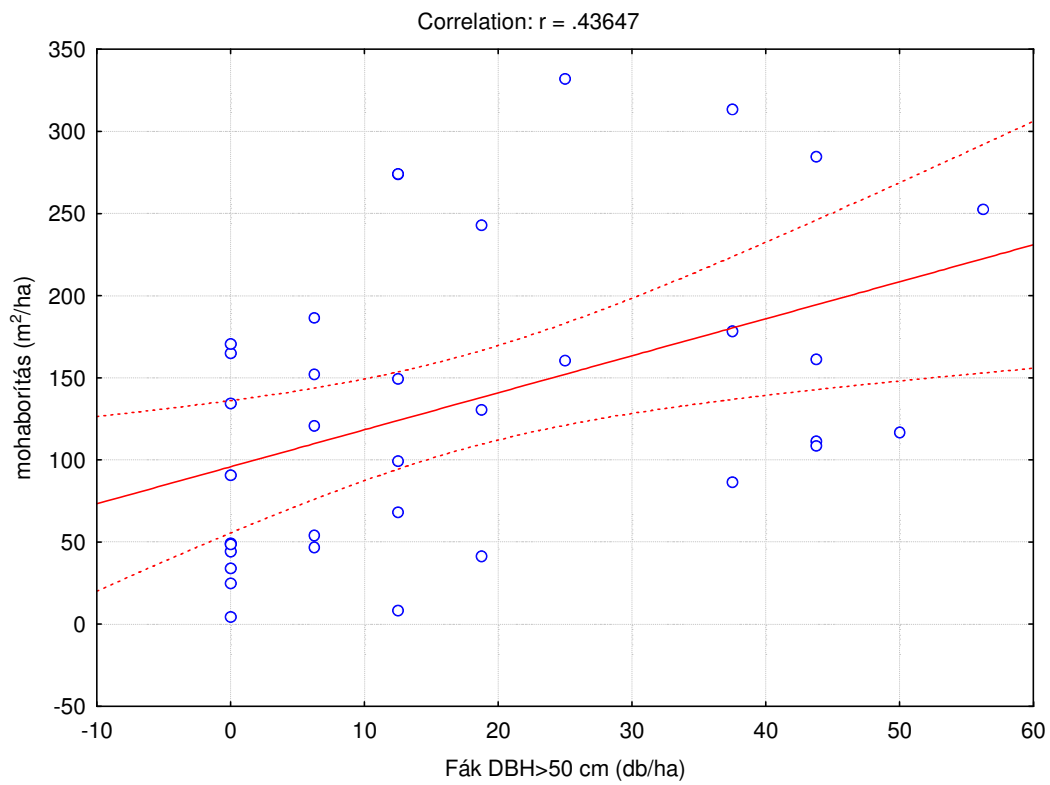
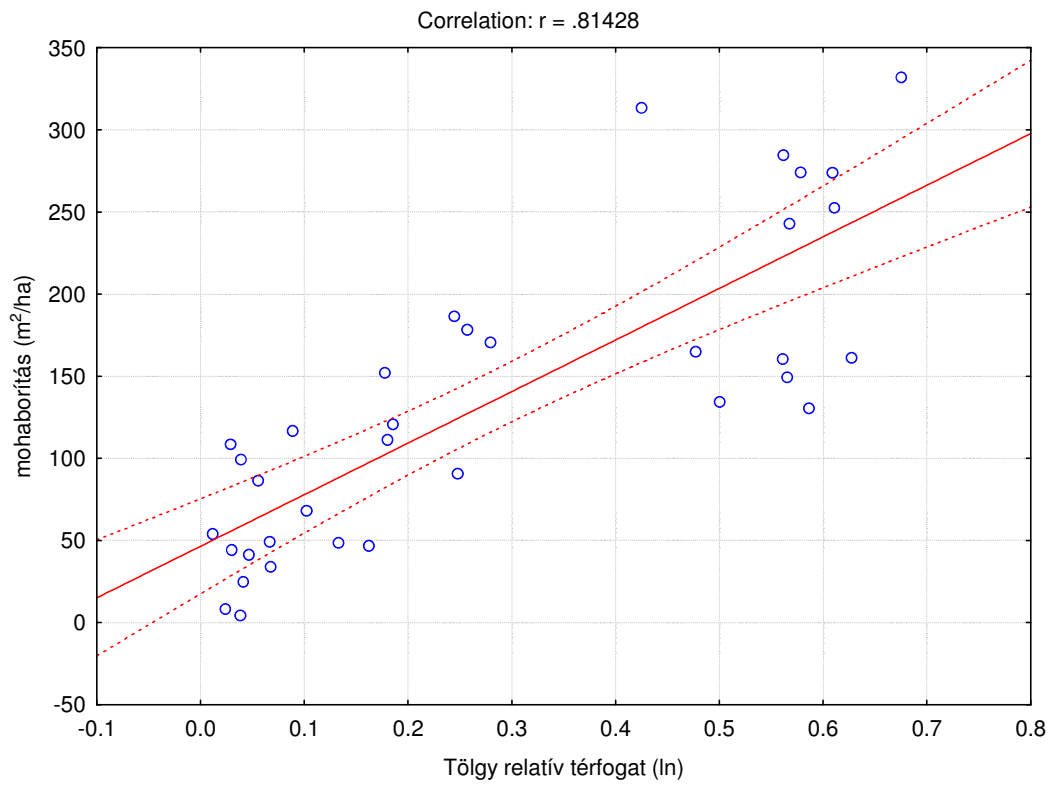
Fajkód	Faj	Specialista/ fakultatív epifiton	Össz- borítás (dm <sup>2</sup> )	Frekvencia		Élőhely, gyakoriság	
				mintaterület	fa	Őrség-Vendvidék (Ódor et al. 2002)	Országosan (Orbán & Vajda 1983)
ort stra	Orthotrichum stramineum	S	160.1	17	54	lombos fák kérgén, ritka	fák kérgén, az egész országban elterjedt
ort stri	Orthotrichum striatum	S	2.0	2	2	lombos fák kérgén, ritka	fák kérgén, az egész országban elterjedt
pla aff	Plagiomnium affine	S	131.7	11	24	nedves erdőkben, patakok mentén gyakori	alföldi erdők talaján gyakori
pla cus	Plagiomnium cuspidatum	F	65.1	7	13	nedves erdőkben, patakok mentén, nem gyakori	erdőkben mindenféle aljzaton gyakori
pla rep	Platygyrium repens	F	1774.7	26	185	lombos fák kérgén, nem gyakori	fakérgen, ritkán andezitsziklán, elterjedt
platch cav	Plagiothecium cavifolium	F	2.4	3	3	nedves erdei talajon, nem gyakori	nincs adat
platch den	Plagiothecium denticulatum	F	2.2	1	4	nedves erdei talajon, fák tövén, gyakori	humuszos vagy kilúgozott nedves erdei talajon, egész országban elterjedt
Platch lae	Plagiothecium laetum	F	68.8	18	45	nedves erdei talajon, fák tövén, ritka	humuszos vagy kilúgozott nedves erdei talajon, öreg fák tövén, nem gyakori
platch nem	Plagiothecium nemorale	F	5.0	3	5	nedves erdei talajon, fák tövén, ritka	nincs adat
platch rut	Plagiothecium rutheni	F	4.9	5	11	láperdőkben, lápréteken gyakori	nedves erdei talajon, égerlápokban kilúgozott erdei talajon, fák tövében tömeges, nem gyakori
platch suc	Plagiothecium succulentum	F	0.5	1	1	nincs adat	nincs adat
ple sch	Pleurozium schreberi	F	25.1	5	11	acidofil erdők talaján tömeges	fenyőerdőkben gyakori
poh nut	Pohlia nutans	F	3.8	2	4	mindenféle erdőben talajon pionír, gyakori	sovány erdei talajon, gyakori
pol for	Polytrichum formosum	F	316.2	14	88	zárt erdőkben talajon tömeges	mésszegény humuszos erdőkben hegyvidéken gyakori
por pla	Porella platyphylla	F	6.0	1	1	lombos fák kérgén, ritka	fakérgen, mindenféle sziklán, nagyon gyakori
pte fil	Pterigynandrum filiforme	S	7.0	1	1	nincs adat	bükkfák kérgén gyakori
pti pul	Ptilidium pulcherrimum	S	4.3	3	5	elegyes erdeifenyvesekben, élő fák kérgén, nem gyakori	öreg fák kérgén, holtfán, ritka

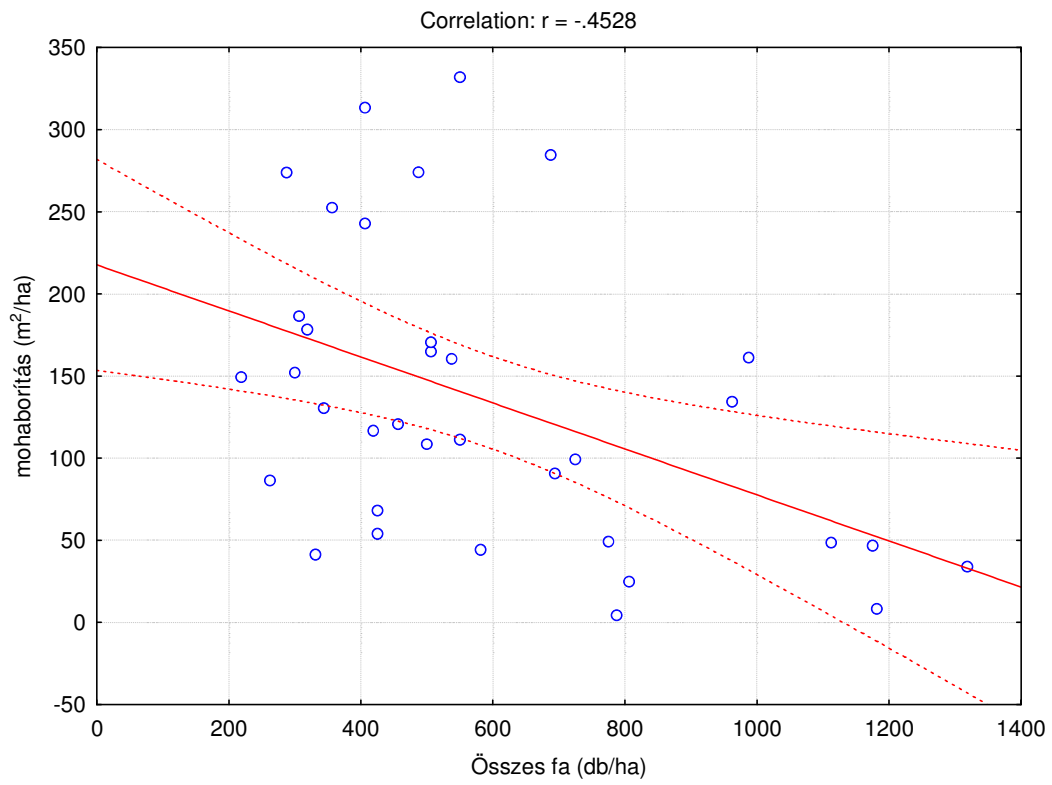
Fajkód	Faj	Specialista/ fakultatív epifiton	Össz- borítás (dm <sup>2</sup> )	Frekvencia		Élőhely, gyakoriság	
				mintaterület	fa	Őrség-Vendvidék (Ódor et al. 2002)	Országosan (Orbán & Vajda 1983)
pyl pol	Pylaisia polyantha	S	11.0	1	2	lombos fák kérgén, ritka	fakérgen gyakori, ritkán sziklán, egész országban elterjedt
rad com	Radula complanata	S	1106.5	34	277	lombos fák kérgén, patakmenti égerligetekben, gyakori	mindenféle fa kérgén, néhol sziklán, gyakori
rhy tri	Rhytidiadelphus triquetrus	F	2.0	1	1	nedves tűlevelű erdőkben, nem gyakori	fenyvesekben, sziklákon tömeges
thu del	Thuidium delicatulum	F	101.4	6	14	nedves erdők talaján, vízmosásokban, nem gyakori	erdő helyeken az egész országban gyakori
thu rec	Thuidium recognitum	F	7.0	1	1	nedves erdők talaján, vízmosásokban, nem gyakori	erdős helyeken elterjedt, nem gyakori
thu tam	Thuidium tamariscinum	F	0.5	1	1	nedves tűlevelű erdőkben, vízmosásokban, ritka	fenyőerdőkben, ritka
ulo cri	Ulota crispa	S	68.5	32	173	lombos fák kérgén, nem gyakori	fakérgen az egész országban gyakori

**11.3. melléklet:** Az epifiton mohák fajszámának és borításának összefüggése



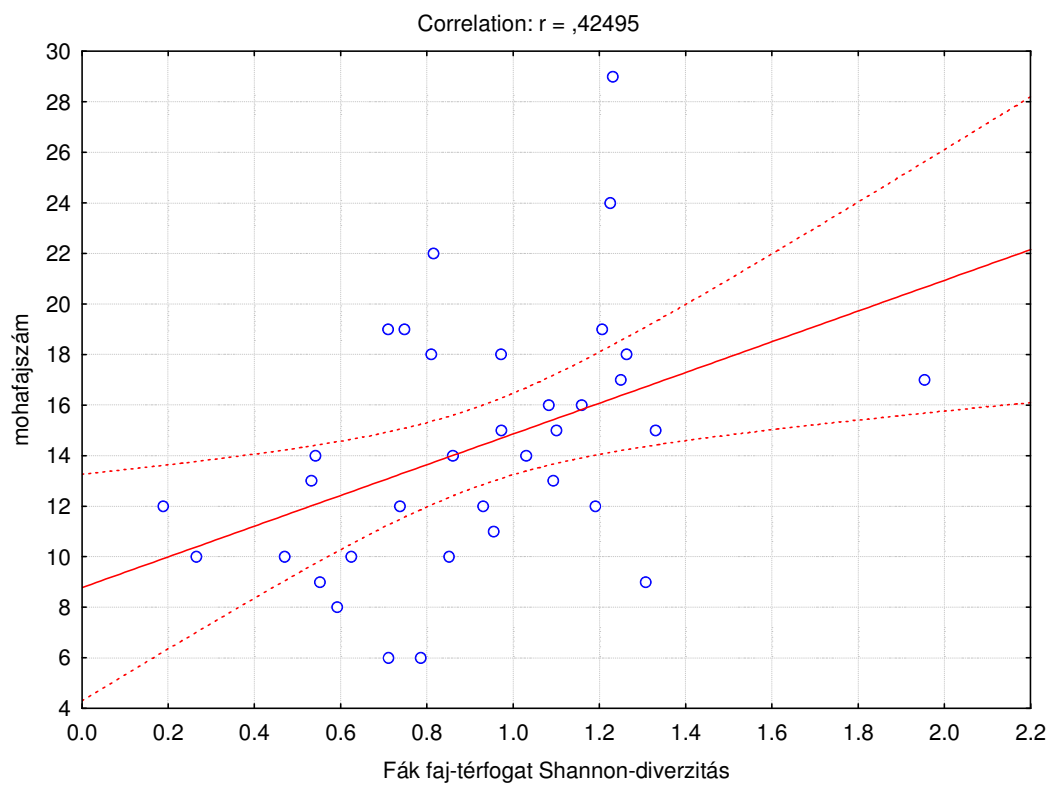
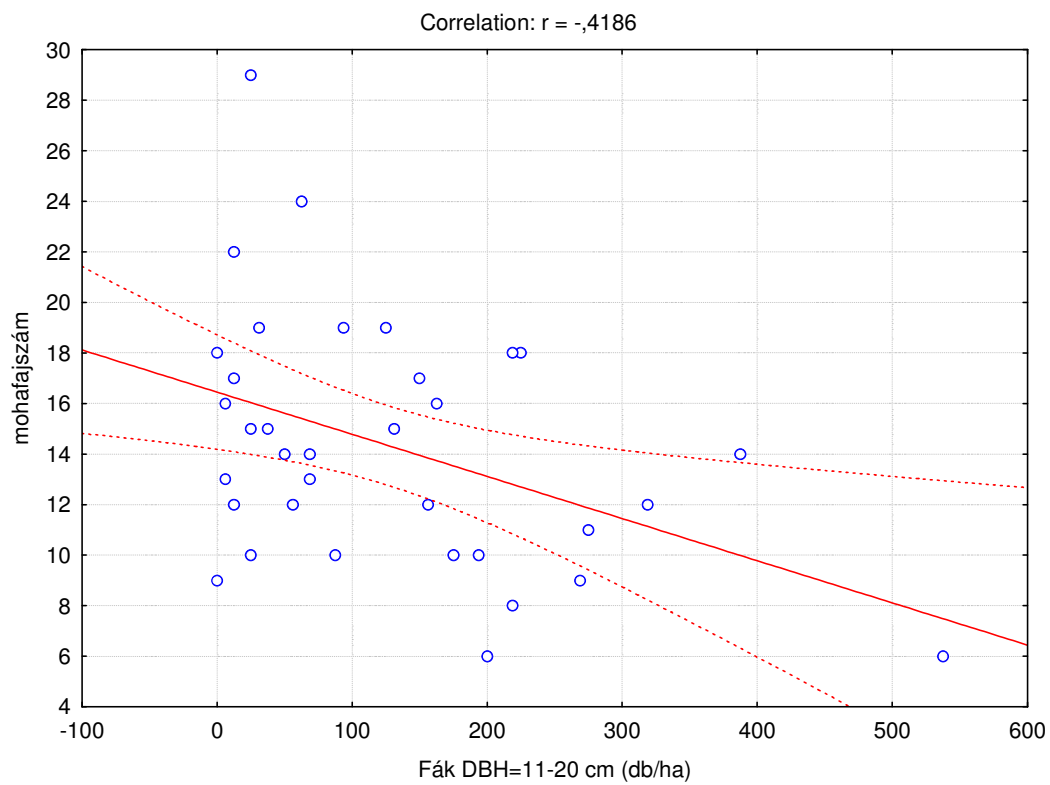
**11.4. melléklet:** A mintaterületenkénti összmohaborítás összefüggése a modell által szignifikánsnak ítélt háttérváltozókkal

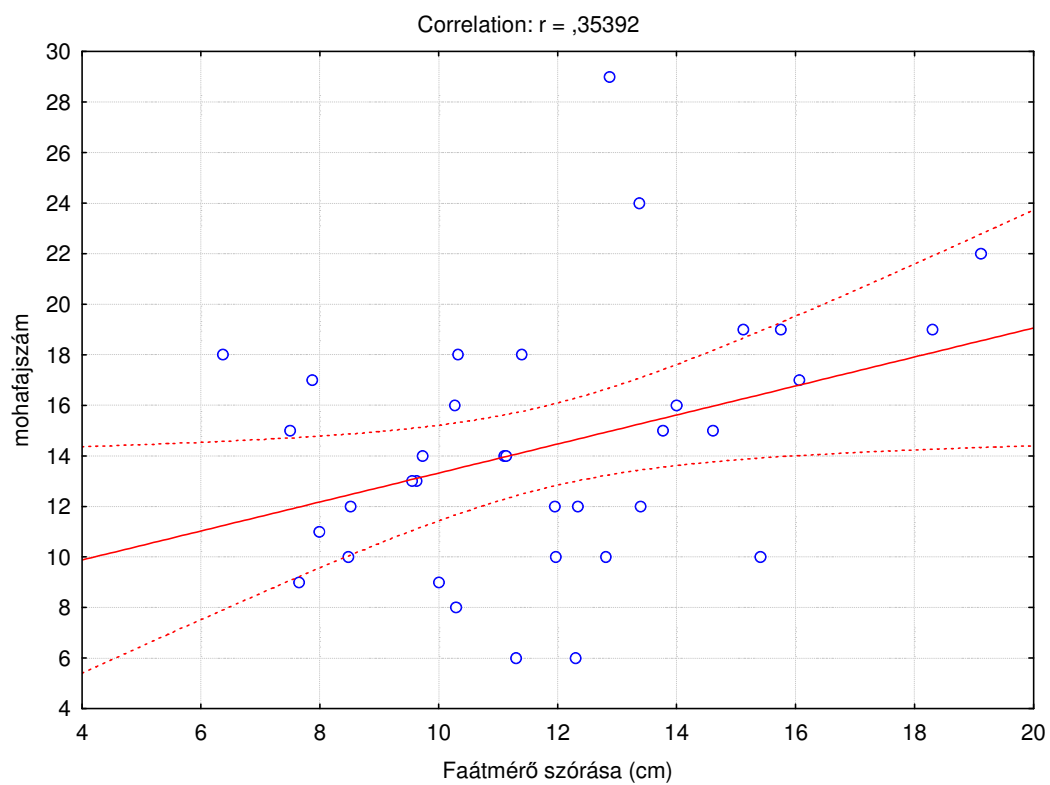




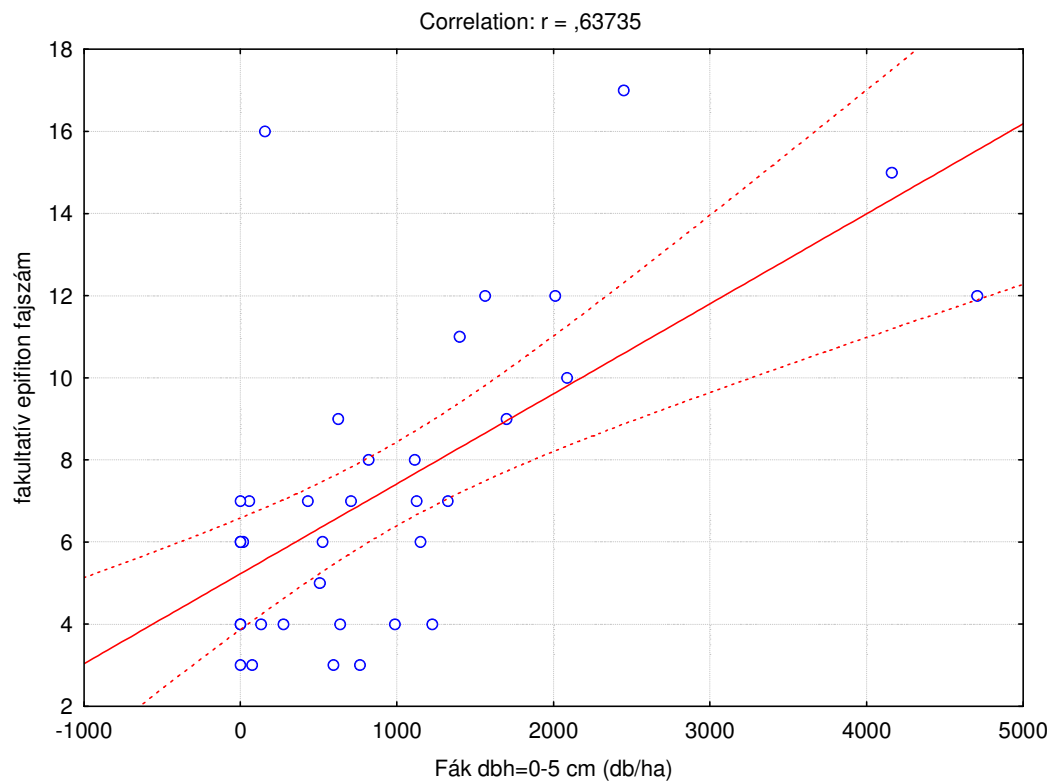
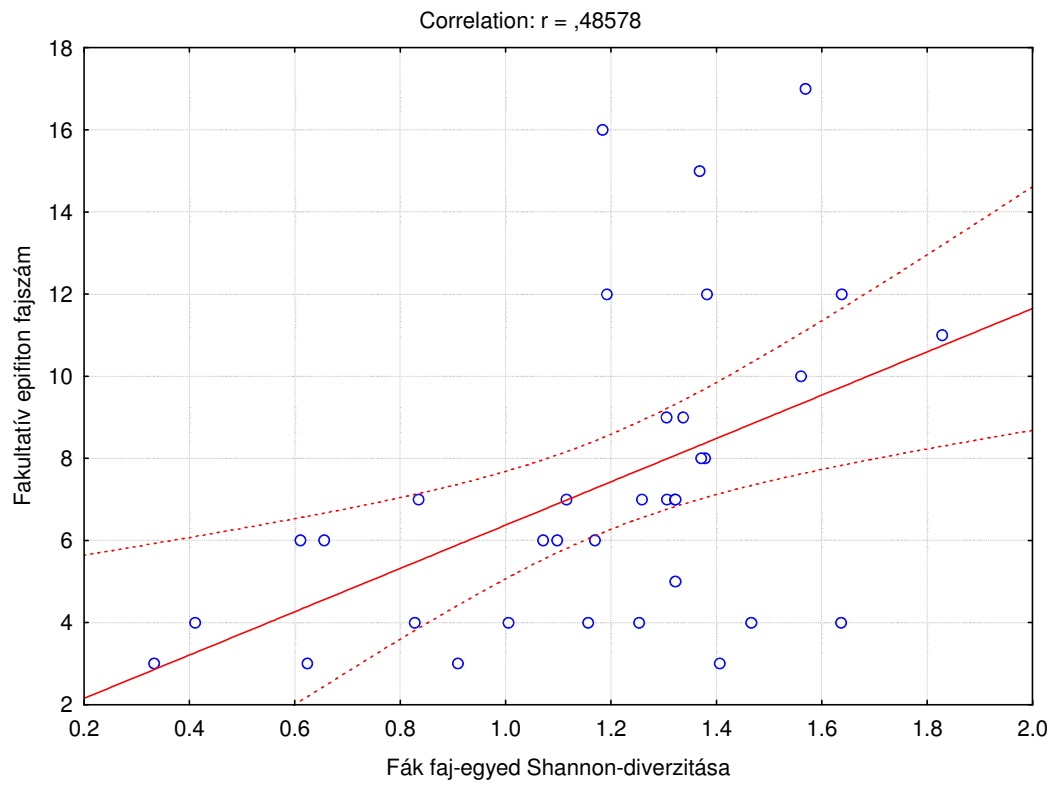


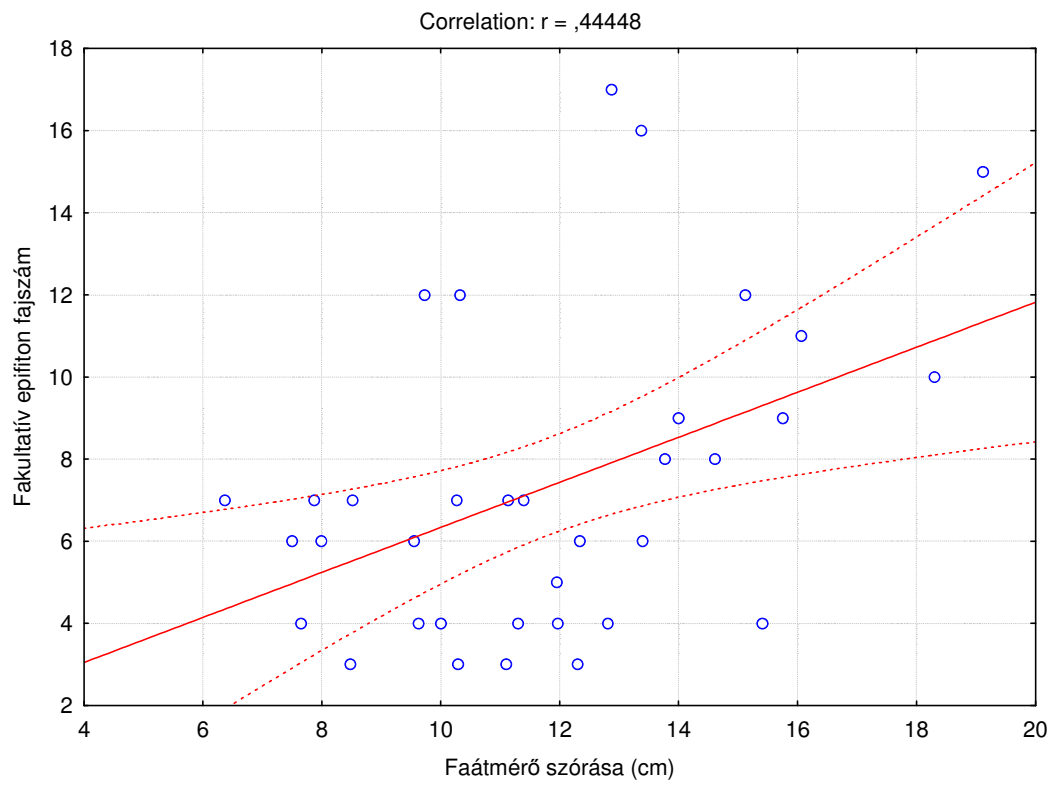
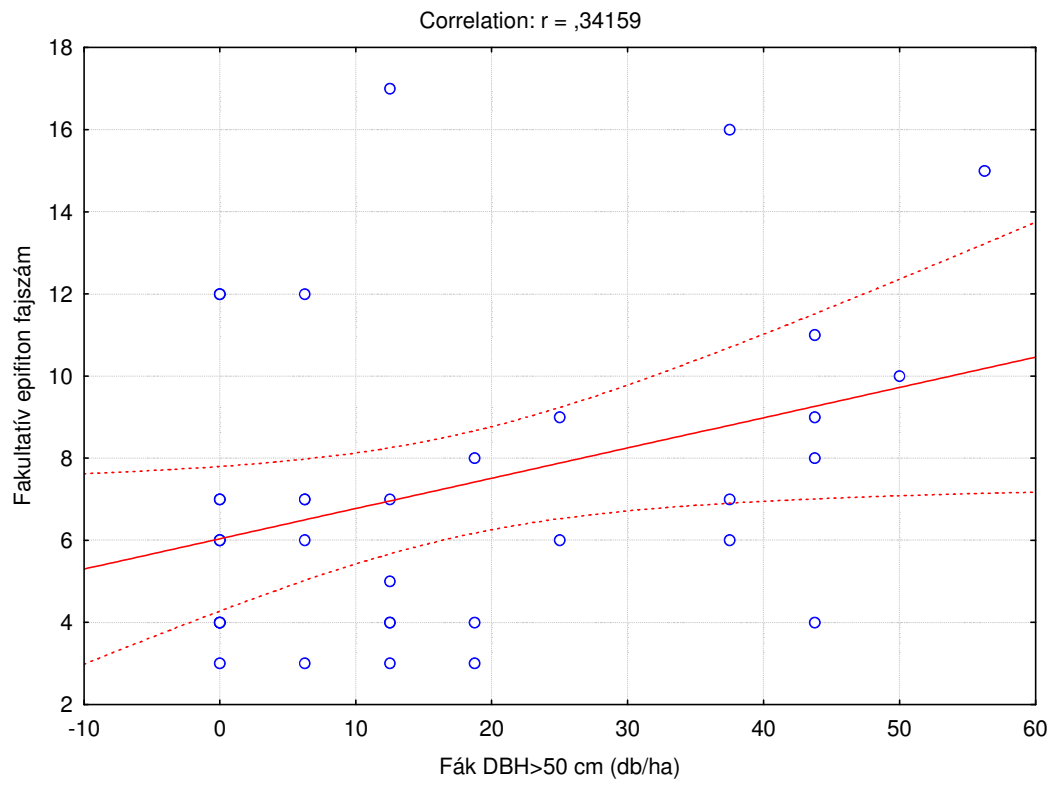
**11.5. melléklet:** A mintaterületenkénti mohafajsám összefüggése a modell által szignifikánsnak ítélt háttérváltozókkal



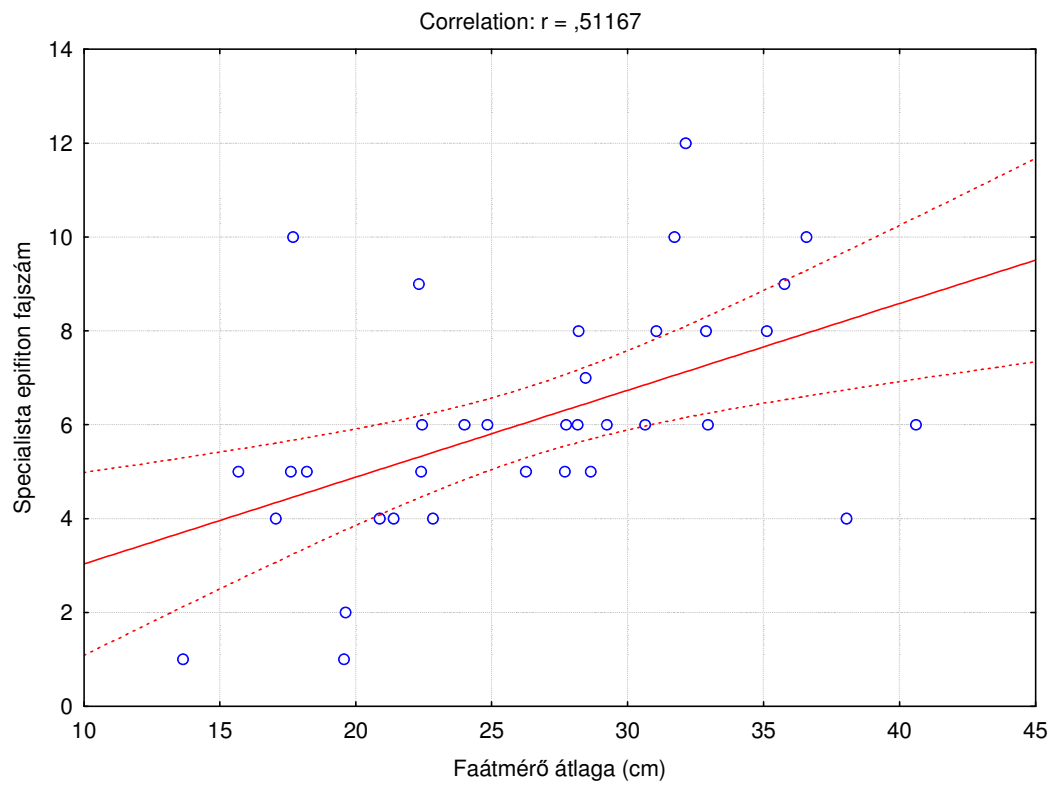
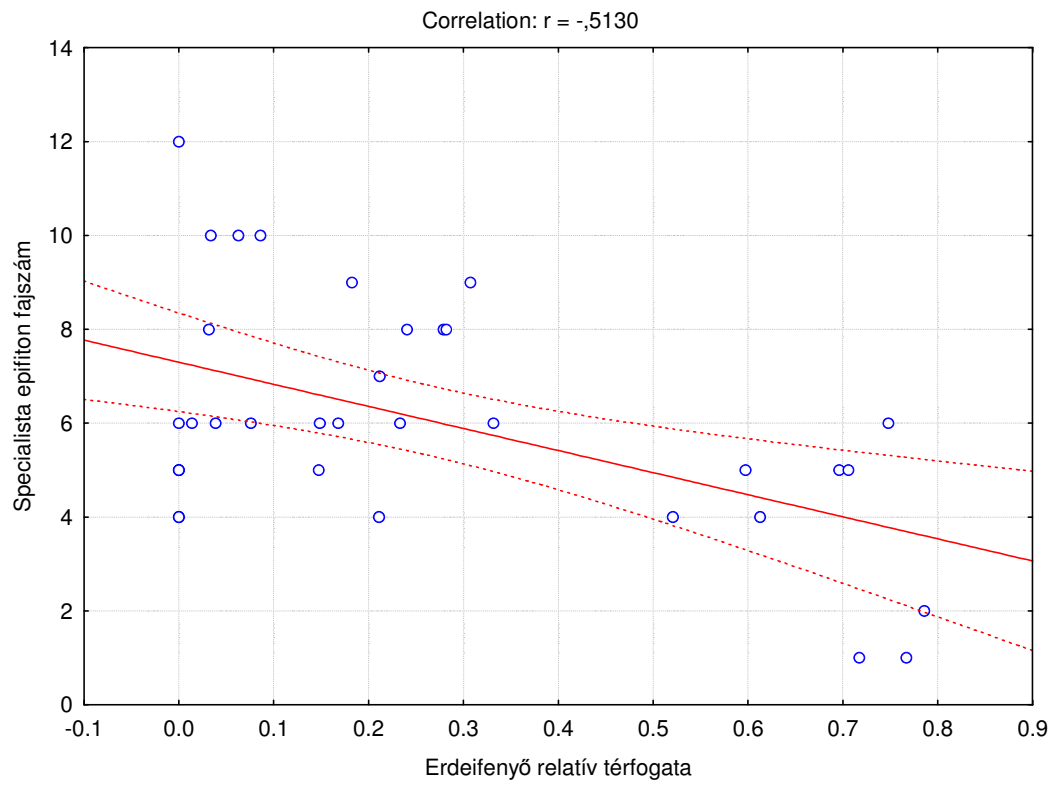


**11.6. melléklet:** A mintaterületenkénti fakultatív epifiton fajszám összefüggése a modell által szignifikánsnak ítélt háttérváltozókkal





**11.7. melléklet:** A mintaterületenkénti specialista epifitonfajszám összefüggése a modell által szignifikánsnak ítélt háttérváltozókkal



**11.8. melléklet:** Az *Uloca crispata* gyakoriságának és a mintaterület szintű háttérváltozók összefüggése az előzetes korrelációs vizsgálatok alapján. Ezek közül kettő, az erdeifenyő relatív térfogata és a fiatalosok aránya a regressziós modellben is szignifikánsnak bizonyult.

