

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM

Természettudományi Kar

Szakedolgozat

Nagyvad fajok újulatra gyakorolt hatásának kísérletes vizsgálata

Témavezető:

Kovács Bence

tudományos segédmunkatárs

MTA ÖK Ökológiai és Botanikai Intézet

Készítette:

Tóth Bence

biológianár – kémiatanár

osztatlan tanári szak

Dr. Standovár Tibor (konzulens)

egyetemi docens

ELTE Természettudományi Kar

Faragó Norbert (konzulens)

gyakorlóiskolai vezetőtanár

ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium

Budapest, 2019

Témavezetői nyilatkozat

Alulírott **Dr. Standovár Tibor** ezennel kijelentem és aláírással megerősítem, hogy **Tóth Bence** (Neptun-kód: **H7QKET**) osztatlan tanárképzésbeli szakdolgozata megítélésem szerint benyújtható, annak leadásához hozzájárulok.

Budapest, 2019. április 15.


A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized cursive letters, positioned above a horizontal dotted line.

a témavezető aláírása

Eredetiségi nyilatkozat

Alulírott **Tóth Bence** (Neptun-kód: **H7QKET**) ezennel kijelentem és aláírással megerősítem, hogy az ELTE **biológia(-egészségtan) – kémia** osztatlan tanári mesterszakján írt jelen diplomamunkám saját szellemi termékem, melyet korábban más szakon még nem nyújtottam be szakdolgozatként és amelybe mások munkáját (könyv, tanulmány, kézirat, internetes forrás, személyes közlés stb.) idézőjel és pontos hivatkozások nélkül nem építettem be.

Budapest, 2019. 04. 23.



.....
a hallgató aláírása

TARTALOM

RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK.....	4
1. BEVEZETÉS.....	5
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	9
2.1. Természetes erdődinamika.....	9
2.2. Felújulás.....	11
2.3. Erdőgazdálkodás.....	14
2.4. Vad-erdő kapcsolatok.....	16
2.5. A vadhatás vizsgálata.....	20
3. SAJÁT VIZSGÁLAT.....	24
3.1. Célkitűzés.....	24
3.2. Anyagok és módszerek.....	25
3.2.1. A Pilis Kísérlet.....	25
3.2.2. A kísérleti terület bemutatása.....	26
3.2.3. Kísérleti elrendezés.....	27
3.2.4. A fásszárú újulat vizsgálatának előkészítése.....	29
3.2.1. Adatgyűjtés.....	30
3.2.2. Adatfeldolgozás.....	36
3.3. Eredmények és megvitatásuk.....	37
3.3.1. A növekedési tulajdonságok változása.....	37
3.3.2. A vadkizárás hatása a kategoriális változókra.....	42
3.4. Konklúziók.....	45
4. MÓDSZERTANI FEJEZET: ERDŐK A BIOLÓGIA TANÍTÁSÁBAN.....	47
4.1. Az oktatási folyamat többszintű szabályozása.....	47
4.2. Az ökológia és a természetvédelem alapelvei a NAT-ban és kerettantervben.....	48
4.3. Az ökológia jelenségalapú oktatásának koncepciója.....	50
4.4. A tervezett tematikus egység bemutatása.....	52
5. SZERZŐI HOZZÁJÁRULÁS.....	56
6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	57
7. FELHASZNÁT IRODALOM.....	58
8. MELLÉKLETEK.....	66
1. melléklet: 1-2. óratervezet.....	67
2. melléklet: 3-4.- óratervezet.....	76

RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK

Erdészeti fahasználatok:

B	bontóvágás (egyenletes bontás)
H	hagyásfacsoport
K	kontroll (zárt) állomány
L	lékvágás
T	tarvágás

Fajkódok:

KTT	kocsánytalan tölgy
GY	gyertyán
VK	virágos kőris
CSRJ	egyéb cserje- és elegyfajok

A felmért folytonos változók:

h	hajtáshossz
d	tőátmérő
n	hajtásszám
LA	levélfelület

Alkalmazott adattranszformációk:

sqrt	négyzetgyök
ln	természetes alapú logaritmus

1. BEVEZETÉS

Kilencedik osztályos szakgimnazista osztályomnak kíváncsiságból a következő kérdést tettem fel: „*Mi az erdő?*”. A kérdésre adott írásos válaszok közül a teljes igénye nélkül kiemelek néhányat:

„*Fák sokasága.*”

„*Olyan terület, ahol sok fa van.*”

„*Fák, bokrok, növények csoportja.*”

„*Sok fa egy helyen, friss levegő, kedves állatok.*”

„*Sok fa, növények, állatok élőhelye, kirándulóhely.*”

„*Egy nyugodt hely, ahol lehet sétálni. A kedvenc helyem.*”

„*Növényekkel teli hely, amely otthont biztosít a vadon élő állatok számára.*”

A fenti lényeglátó válaszok többsége – noha némiképp leegyszerűsítve – megfogalmazza az „erdőség” legfontosabb kritériumát és egyúttal egy szükséges feltételét. Erdőről ugyanis csak akkor beszélhetünk, ha fásszárú fajok nagyszámú egyedének együttéléséről van szó. Ez tehát szükséges, ugyanakkor nem elégséges feltétel, mert az erdő számtalan szempontból túlmutat ezen az egyszerű meghatározáson; amely gondolat – csírájában – a diákok által adott válaszokban is megjelenik. Egyesek szerint az erdő „hely”, vagyis a fizikai lokációt jelenti. Mások szerint élőhely, vagy élőlények csoportja, amely valamiféle életközösséget vetít elénk. Megint mások szerint kirándulóhely, vagyis aszerint határozzák meg a fogalmat, amire mi, emberek használjuk. Sőt, némelyik válaszban érzelmi viszonyulás is megjelenik – ami a biológiatanárnak igazán örömteli.

Az erdő tehát összetett rendszer, amelyhez legtöbbünket fűz valamilyen viszony, és amelyet mindenki kicsit más szemüvegen keresztül vizsgál, és ennek megfelelően látjuk ilyennek, vagy olyanak, sőt, ehhez igazodnak esetleges, erdőkkel kapcsolatos elvárásaink is.

A megkérdezett diákokhoz vélhetően legközelebb álló társadalmi csoport a „laikusoké”, akiknek az erdő egyrészt esztétikai és kulturális érték. Számos költő művében tetten érhető az erdei életközösség szépsége, az ottani csend és nyugalom keltette öröm (Tóth Árpád: Erdőben), vagy akár az ott élő, növekvő élőlények leírhatatlan sokszínűségének spiritualitása (Szabó Lőrinc: Az erdő birkózik velem). Ezen túlmenően számos szólásunkban, közmondásunkban is teret kap, amelyekben mindig más és más aspektusból világít meg egy jelenséget az erdő átélhető metaforáján keresztül. Például, ha valakire azt mondják, „*Nem*

látja a fától az erdőt.”, az túlságosan elveszik a részletekben; a „*Bolond ki elhagy erdőt szálfaért.*” mondás viszont egy természeti metaforába csomagolva a monogámia és a házasság létjogosultságát kérdőjelezi meg.

A „laikusok” csoportja ugyanakkor a gyakorlatban főként rekreációs célból használja az erdőt. Számukra az főként kirándulóhely, de ezen túl számos más módon is szolgálhatja a kikapcsolódást, valamint jó levegője miatt kedvező egészségügyi hatást is tulajdonítanak neki. Így a turisták és pihenni vágyók legfőképp rendezettnek, tisztán tartottnak szeretnék látni az erdőt, pihenőhelyekkel és jól jelzett turistautakkal.

Hivatalos eljárásokban ugyanakkor a jogi megközelítés érvényesül. Jogszabály szerint az erdő egy olyan terület, amelynek meghatározott minimális kiterjedése van, lombkoronája bizonyos mértékben záródott és amelyben a fák átlagmagassága elér egy bizonyos magasságot. A legtöbb ország és nemzetközi szervezet jogszabályai ezen a sémán alapulnak. Hazánkban az erdő legalább 0,5 hektáros minimális kiterjedéssel rendelkezik, lombkoronája eléri az 50%-os (talajvédő erdőknél 30%-os) záródást, benne a fák átlagmagassága meghaladja a 2 métert, „erdei” fafajok egyedei által borított, és nem utolsó sorban a nyilvántartásban erdőrészletként szerepel (2009. évi XXXVII. tv. 6. § 1-2.). Hazai viszonyok között ezek az értékek az irányadók, azonban az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) azokat az állományokat definiálja erdőként, amelyek elérik a 10%-os lombkorona-záródást, a 0,5 hektáros alapterületet, valamint a legalább 5 méteres átlagmagasságot. Országoként ugyanakkor ezek a számértékek jelentősen eltérhetnek az élőhelyi viszonyokhoz alkalmazkodva; Spanyolországban például csupán 5%-os lombkoronazáródás, Franciaországban pedig 0,05 hektáros minimális kiterjedés szükséges ehhez a tájhasználati kategóriához (Anon 2013). Svájc ezzel szemben 60%-os záródást ír elő (Cienciala *et al.* 2008), az Egyesült királyság pedig 2 hektáros alapterületet (Vidal *et al.* 2008).

Az erdőgazdálkodó szemével az erdő elsődleges célja – annak nyilvánvaló természeti értékeit szem előtt tartva – a faanyagtermelés és a profitmaximalizálás a lehetséges keretek között. A vadgazda számára az erdő elsődlegesen élőhely, búvóhely, táplálékforrás, stb. a vadfajok számára. A természetvédő számára az erdő lehet védendő önérték, de nagyon gyakran értékesnek vélt, óvott fajok, természeti képződmények és folyamatok előfordulási helye.

Civilizációnk számára az erdő ehhez képest is számtalan többletfunkcióval rendelkezik. Közismert, de találó megfogalmazás, miszerint az Amazonas-medence esőerdei alkotják Földünk tüdejét; szén-dioxid elnyelésével, oxigéntermelésével és óriási léptékű transzspirációs hatásával a lokális és a globális klímát egyaránt befolyásolja (Laurance

1999). Ezen kívül számontartunk speciális, védelmi funkciókat ellátó erdőket is. Ezeknek számtalan típusát ismerjük (talajvédő erdő, vízvédelmi erdő, településvédő erdő), amelyek mind-mind olyan ökoszisztéma szolgáltatásokat képviselnek, amelyek az emberiség fennmaradását és kényelmét szolgálják, ahogyan erről már Földvály (1933) is megemlékezik (vö. 2009. évi XXXVII. tv. 24.§).

Az említettek mind némiképp eltérő nézőpontok, amelyek eltérő elvárásokat szülnek, és a különböző elérendő célok érdekében más-más kezelést igényelnek. Bizonyos helyeken, ahol a szükség égetőbb, a célok egyikének alárendelhető a többi. Legtöbb esetben azonban valamennyi cél egyidejű teljesülése a kívánatos. Ennek eléréséhez azonban sok kompromisszumra lehet szükség, mivel az eltérő célok gyakran egymás ellenében ható beavatkozásokat igényelhetnek. Kiváló példa erre, hogy amikor Magyarország 2004-es, Európai Unióhoz történő csatlakozásának előkészítéseként megtörtént a Natura 2000 hálózathoz tartozó természetvédelmi területek kijelölése, azok nem rezervátumként váltak védetté, hanem a gazdasági érdekeknek egyaránt meg kell felelniük a védelmi funkció mellett (Korda 2016). Mivel ilyenformán az érdekek ütközhetnek, a harmonizációra fokozottan szükség van. A megfelelő megoldások kidolgozásához és a szükséges jogi környezet megteremtéséhez elengedhetetlenek azok a kutatások, amelyek e rendszert a lehető legteljesebb komplexitásában kezelik – nem csak egyes aspektusokat kiragadva.

Így végezetül; az erdő az ökológus szemszögéből elsősorban egy társulás. A társulás az adott helyen, adott időpillanatban együtt élő populációk közössége, amely – erdő esetén mindenképpen – szerves egységet alkot, és amely egységében és egészében több mint az alkotórészek összege. Az ökológus számára ugyanis nem csak az élőlények és azok populációi érdekesekek, hanem az azok közötti változatos és szerteágazó kölcsönhatások is. Az erdőt jelentő kölcsönhatások azonban a konkrét populációk és élőlények közti kölcsönhatásokon kívül kiterjednek a környezetre is; a társulás működése szerves egységet alkot a klimatikus viszonyokkal, a talajjal és az élettelen környezet számtalan elemével (Standovár 1996a).

Ez a számtalan kölcsönhatás biztosítja a rendszer stabilitását, és ellenállóképességét a változó körülményekkel szemben. Ha azonban az ember céljai elérésének következtében – akár áttételesen – a komplexitás csökkenését is okozza, ez az öfenntartó-, regenerációs képesség is csökkenhet, az élőhely egyensúlya kibillenhet. Példa erre, hogy az erdei gombafajok világszerte megfigyelt állománycsökkenése – amelynek oka vélhetően a légszennyezés mértékének növekedése – a trópusi és mérsékelt övi erdőkben hatalmas mértékű fapusztulást okozhat (Standovár & Primack 2001). Ha az ehhez hasonló folyamatok

túlzottan előrehaladnak, nem csak a természet károsodását idézhetik elő, de összességében a természethez fűződő gazdasági és egyéb érdekek is csorbát szenvedhetnek. Éppen ezért fontos, hogy a problémát az ökológia szempontrendszerével vizsgáljuk, és olyan megoldásokat találjunk, amelyek a hosszú távú fenntarthatóságot legalább olyan mértékben szolgálják, mint a rövid távú haszonszerzést.

Tanári szakdolgozatomnak három fő célja van. Egyrészt röviden bemutatom az erdőgazdálkodás és a természetes felújulás alapvető összefüggéseit, valamint körüljáróm az erdő és a nagyvadfajok kapcsolatát – megadva annak a lehetőségét, hogy az összefoglalt ismeretek a közoktatásban is felhasználhatók legyenek (2. *fejezet*). Emellett dolgozatom központi eleme a saját kísérleti eredményeim bemutatása, amely során a nagytestű növényevő fajok és különböző erdészeti fahasználatok együttes hatásait vizsgáltam egy gazdálkodás alatt álló erdő természetes fásszárú újulatára (3. *fejezet*). Harmadik fontos célom pedig, hogy bemutassam, hogyan használható az erdő mint vizsgálati objektum az ökológia alapvető összefüggéseinek tanítására a közoktatásban úgy, hogy ennek következtében a diákok megértsék az erdők komplexitását és megőrzésének fontosságát (4. *fejezet*).

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

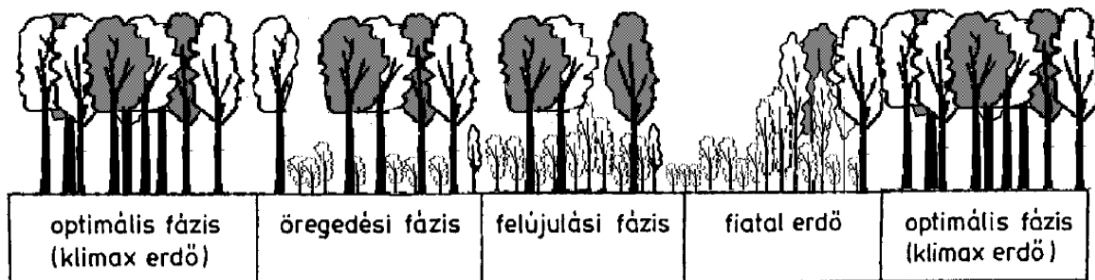
2.1. Természetes erdődinamika

A mérsékelt övben – így hazánkban is – a klimatikus viszonyokkal összhangban a szukcesszió végső állomása, az adott éghajlati körülmények között kialakuló legbonyolultabb és legnagyobb primer produkcióval rendelkező társulás leggyakrabban valamilyen lombhullató erdő (Borhidi 2000). Mivel ez a zárótársulás, hacsak nem éri a területet katasztrófaszerű bolygatás, a társulás durva idő- és térléptékben vizsgálódva állandó marad; azonos fajkészlettel és megjelenési formákkal.

A klasszikus Clements-féle szukcessziós elmélet (Clements 1916) ugyanakkor meglehetősen statikus képet fest az erdő szerkezetéről. Fontos ugyanakkor kiemelni, hogy kisebb léptékben vizsgálódva az erdők is dinamikusan változó rendszerek (Watt 1947), amelyek állapotát adott időpillanatban a kisebb-nagyobb kiterjedésű, abiotikus (pl. széldöntés) és biotikus (pl. rovarkártevők gradációja) eredetű bolygatások jelentős mértékben képesek befolyásolni, de az aktuális szerkezet kialakulásában a véletlen is szerephez jut.

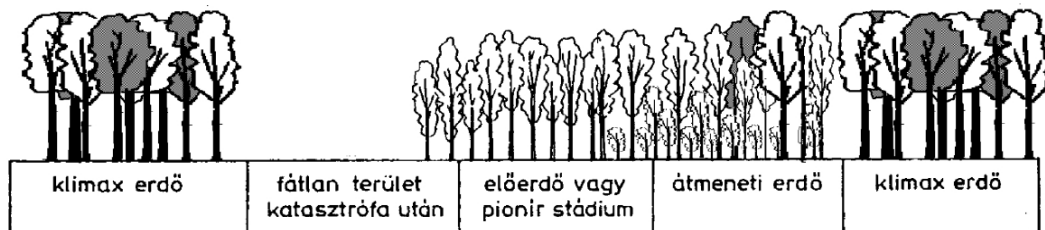
A természetes erdő egy jól leírható belső dinamikával rendelkezik, amelynek eredményei az erdő különböző fejlődési stádiumai (felújulási fázis, fiatal erdő, optimális fázis, öregedési fázis) (Standovár 1996b). Ennek a folyamatnak az alapja az egy (vagy néhány) előregedő fa kidőlése után keletkező lombkorona-záródásihiányos folt, ún. lék, és az így kialakuló, lokálisan a zárt erdei környezettől eltérő, megváltozott termőhelyi viszonyok, mint például a megnövekedett besugárzás és megváltozott mikroklíma vagy a talaj tápanyagtartalom-viszonyainak módosulása (pl. Gálhidy *et al.* 2006, Muscolo *et al.* 2014). Az így kialakuló rendszer dinamikusan változik, az erdei életközösség egyedei gyorsan képesek alkalmazkodni a kialakult állapothoz. Amennyiben a lék kis méretű, a széli fák, koronájuk intenzívebb oldalirányú növekedésével, akár már 1-2 év alatt képesek betölteni azt (Ritter *et al.* 2005). Ha ez nem lehetséges, a széli fák vagy a kidőlt egyedek sarjadzással is betölthetik a léket (Peterken 1996). Ha van a lékben természetes újulat, azok egyedei is növekedésnek indulhatnak. Ha nincs számottevő újulat a keletkezett lékben, a propagulum bankban rendelkezésre álló magok csírázását, és ezzel az újulat keletkezését is stimulálhatja a talajra jutó megnövekedett fény mennyiség. Azt, hogy milyen egyed fogja betölteni a lombkoronában keletkezett teret, az is meghatározza, hogy milyen fajok propagulumai vagy újulati egyedei találhatók meg az adott helyen (újjonnan bekerült pionír fajok, vagy az állományalkotó fajok), de a lékméret – amely elsősorban a beérkező fény mennyiségén

keresztül fejt ki hatását – is befolyásoló tényező lehet; nagyobb méretű lékben a fénykedvelő, kisebb lékben az árnyéktűrő fajok lehetnek előnyben (Malcolm 2001, Muscolo *et al.* 2014). Ezt a körfolyamatot nevezzük kis erdőciklusnak (1. ábra).



1. ábra: A kis erdőciklus fejlődési fázisai Schuck *et al.* (1994) nyomán (Standovár 1996b).

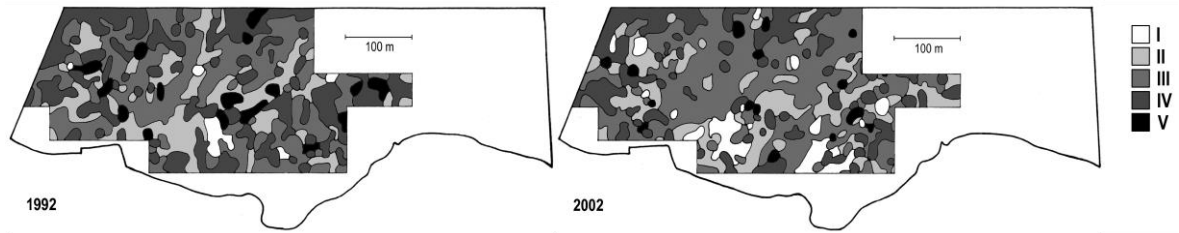
Nagy erdőciklusról (2. ábra) beszélünk akkor, amikor a nagy léptékű bolygatások (tűzvész, nagy területet érintő szélöntés, jégtörés, tarvágás, stb.) után keletkező nagyobb kiterjedésű, fátlan terület újraerdősül. Ennek folyamán az először fátlan (lágyszárúakkal borított) területen a fás szárú fajok újramegjelenése után kialakul a pionír erdő, majd a jobb kompetíciós képességgel rendelkező, klimax állományra jellemző fajok megjelenésével kialakul az átmeneti erdő, és végül a klimax erdő.



2. ábra: A nagy erdőciklus, a szukcesszió állomásai Schuck *et al.* (1994) nyomán (Standovár 1996b).

A két erdőciklus természetesen egymást nem zárja ki, párhuzamosan működhetnek. A nagy erdőciklus különböző stádiumaira (a fátlan állapoton kívül) is jellemző lehet a lékek keletkezése által meghatározott foltdinamika. Többek között ez a hatás is biztosítja az erdők szerkezeti változatosságát (Standovár 1996b). Ugyanakkor megjegyzendő, hogy az eddigi vizsgálatok alapján Közép-Európában a nagy területeket érintő, katasztrófaszerű bolygatások helyett főként az állományalkotó fajok életciklusa, az egyedalapú lékdinamika játszik kulcsszerepet a természetközeli erdők összetételének, szerkezetének és folyamatainak szempontjából (pl. Denslow & Spies 1990, Peterken 1996, Standovár & Kenderes 2003). Ez az egyedalapú dinamika pedig finomléptékű, mozaikos mintázatú

erdőképet eredményez. A 3. ábrán látható, hogy a ez a foltmintázat akár 10 éves időtávon belül is jelentős változáson mehet keresztül, bizonyítva a folyamat dinamikus voltát.



3. ábra: Egy természetközeli bükkös (Suserup Skov, Dánia) foltmintázatának változása két időpillanatban. Az egyes foltok a következő fejlődési fázisoknak feleltethetők meg: I – a lékben megindul a felújulás; II – a lékben az újulat eléri a 3 m-es magasságot; III – a fák magassága eléri a felső lombkoronaszint magasságát; IV – az idős, nagyméretű fák dominánsak; V – a lombkoronában lékek jelennek meg (Christensen et al. 2007 és Ódor et al. 2007 alapján).

2.2. Felújulás

Ahhoz, hogy az erdő belső dinamikája működni tudjon és az elpusztuló faegyedek helyét újabbak vehessék át, az erdő szerkezetének, összetételének hosszú távú, jelentős megváltozása nélkül, több feltételnek is teljesülnie kell. Ezeket a feltételeket a növényi életciklus stádiumainak megfelelően tárgyalom. Ezek a terjedési, a magnyugalmi, a csírázási, a versengési és a szaporodási életszakasz (Mátyás 1996).

A növényi életmenet elsőként tárgyalt lépése a diszperzió, vagyis az a folyamat, ahogyan a szaporodóképlet eljut a számára alkalmas élőhelyre. A propagulumok terjesztésére többféle stratégia alakult ki a növényvilágban. A lágyszárú szint és cserjeszint fajai közül sokat állatok terjesztenek (zoochoria). Ezek termése gyakran olyan képleteket tartalmaz, amelyekkel képesek az emlősök bundáján megtapadni (pl. ragadós galaj, erdei gyömbérgyökér), de lehetséges a bizonyos állatfajok számára kívánatos, nagy tápanyagtartalmú termés általi terjesztés is (pl. hangyák: keltike és ibolya fajok; madarak: bodza és galagonya fajok).

A lombkoronaszint fás szárú fajainak életmenet stratégiája eltérő lehet. Vannak ún. pionír fajok (pl. rezgő nyár, nyír), amelyek gyors növekedéssel hamar eléri a szaporodóképességet, majd nagy mennyiségű, apró, jól terjedő, általában szél által terjesztett (anemochor) termést hoznak létre. Ez által biztosítják, hogy az újonnan felnyílt területeken elsőként jelenhessenek meg és foglalhassák el a lombkoronaszintet. A másik szélsőséges stratégia pedig a klimax erdő állományalkotó fajaira érvényes (bükk, tölgy), amelyek újulati egyedei jó kompetíciós képességüknek köszönhetően a zárt állomány alatt képesek felnőni.

Ezek a fajok jellemzően nagy tömegű termésekkel, magokkal rendelkeznek – amelyek nagy tápanyagtartalmára a zárt állomány alatti korlátozott fény mennyiség miatt van szükség a fejlődés kezdeti stádiumában –, így a mobilitásuk korlátozott. A terjedésüket jellemzően csak a gravitáció segíti, a nagyobb távolságokra való terjedésben bizonyos madár- és rágcsálófajok lehetnek segítségükre (Standovár 2013). A kétféle stratégia között átmeneti változatok is elképzelhetők (jellemzően az elegyfajok, pl. gyertyán, hárs fajok esetében). Ahhoz, hogy megfelelő újulat jöjjön létre, működnie kell tehát a terjesztő mechanizmusoknak. A tölgy felújulása szempontjából például jelentősége lehet a szajkó (*Garrulus glandarius*) populációméretének. Minél nagyobb létszámban vannak jelen egy területen, annál nagyobb sikerrel működhet a diszperzió (Pons & Pausas 2008). Vannak ugyanakkor a diszperziót és a sikeres megtelepedést akadályozó tényezők is. Ilyen például a magpredáció, amely történhet a diszperzió előtt, vagy az után. A tölgyeseket érintő egyik legnagyobb magpredációs hatást a vaddisznó (*Sus scrofa*) fejt ki. Herrera (1995) vizsgálatában egy paratölgyes (*Quercus suber*) állományban helyezett el makkokat különböző pozíciókban (nyílt talajon, talajfelszín alatt, cserjés állományban) és azt találta, hogy a felszínen elhelyezett makkok 100%-át fogyasztották el gerincesek, amelyek közül a legjelentősebb predátor a vaddisznó. Erről a későbbiekben részletesebben lesz szó.

A diszperziót követő csírázást jellemzően egy változó hosszúságú nyugalmi szakasz előzi meg. Ennek lehetséges hossza fajonként erőteljesen változhat. Ha a szaporítóképlet nedvességtartalma alacsony és a maghéj elég vastag, ez a nyugalmi szakasz akár évekig, évtizedekig is tarthat, ha a csírázás feltételei (víz, fény) nem állnak fenn (Mátyás 1996). Ennek megfelelően a talajban lévő magbank összetétele erősen eltérhet az aktuális állomány összetételétől. A tölgymakkok jellemzően nagy víztartalmúak, így csírázókéességük a víztartalom csökkenésével párhuzamosan erősen lecsökken (Frank 2015). Ennek megfelelően a zárt állomány alatt jelentősen nagyobb a csírázási sikerük, mint direkt napfénynek kitéve (Retana *et al.* 1999). Erdőgazdálkodási szempontból ezért például a makkvetéses felújítás is sikeresebb lehet a lombkorona záródás részleges megtartása mellett, mint tarvágott területen.

A csírázás feltétele lehet a megfelelő hőmérséklet és nedvesség megléte, illetve bizonyos fajoknál a fény is. Utóbbi pionír fajok esetén gyakori, ahol a csírázást az állomány felnyílása esetén „érdemes” megkezdeni. Ezen fajoknál a lombkoronaszint alá bejutó infravörösben gazdag fény gyakran gátolja is a csírázást. A klimax társulásra jellemző fajok esetén a fény nem stimulálja a csírázást és a hosszú hullámhosszú fény sem fejt ki gátló hatást (Standovár 2013). Ilyenformán ezek a fajok a zárt állomány alatt is képesek csírázni, és nagy méretű

propagulumaiknak köszönhetően ott hosszú ideig életképesek, ami kompetíciós képességeiket növeli.

A sikeres csírázást követően a versengés szakaszában az egyed a számára fontos környezeti tényezőkért (víz, fény, tápanyagok) folytat küzdelmet. Ennek eredményeképp a versengésben elmaradó egyedek növekedése lassul, majd idővel elhalnak. Ilyen módon, ahogy az eltelt idővel nő az egyedek mérete és erőforrásigénye, úgy csökken az egyedsűrűség (Mátyás 1996). Ennek megfelelően az egy fa kidőlése után keletkezett léket maximum egy-két egyed fogja betölteni. A kompetíció sikerét az egyed genetikai tulajdonságai mellett például az újulati, vagy fiatal faegyedet ért károsítások is befolyásolhatják. Ezek közé tartozik az erdei nagyvadfajok táplálkozásából eredő rágáskár vagy kéregsebzés. E hatás a vadsűrűségtől függően olyan erőteljes lehet, hogy a felújulást jelentősen lassíthatja, sőt a természeteshez hasonló erdő kialakulását akár meg is akadályozhatja (Varga 2000).

A növény utolsó életszakasza a szaporodási fázis. A fás szárú növények a többször termő fajok közé tartoznak, vagyis életük során több alkalommal is képesek termést érlelni. Az egyed életciklusa így két fő szakaszra osztható: egy vegetatív és egy generatív szakaszra (Mátyás 1996). A vegetatív növekedés és a termésérlelés ún. csereviszonyban áll egymással. Ez azt jelenti, hogy mivel a növény rendelkezésére álló erőforrások végesek, minél több energiát fordít az egyikre, annál kevesebb áll rendelkezésre a másikra (Standovár 2013). A pionír fajok esetén, amelyek sikerének kulcsa a rövid ideig fennálló élőhelyek gyors kolonizációja, a minél korábbi termőre fordulás és a nagy mennyiségű mag létrehozása előnyös tulajdonság. A klimax erdőre jellemző fajok esetén a szaporodási siker nem maximalizálható ilyen módon, mivel a túl korai termésérlelés miatt a vegetatív növekedés hiányt szenved, aminek következtében az egyed a kompetíciós készsége csökken. Emiatt a klimaxfajok (pl. tölgy, bükk) felújulásában az idős egyedek jutnak kiemelkedő szerephez. Ezek foglalják el a legnagyobb ún. növéteret, ezáltal a propagulumokat is nagyobb területen képesek szétszórni, valamint ezek rendelkeznek a legnagyobb makktermő potenciállal is (Sódor 2000). A vágásos üzemmódra jellemző homogén, egykorú állományokban ezek az egyedek (korábbi hagyásfák) nagyon ritkák, vagy hiányoznak, ami szintén akadályozhatja a természetes felújulást.

2.3. Erdőgazdálkodás

A Magyarországon jelenleg használatos erdőgazdálkodási módok egy kiváló rendszerező áttekintését adja Tímár (2016). Ezek a jogszabályban rögzített üzemmódok a vágásos üzemmód, a szálaló üzemmód, az átalakító üzemmód és a faanyagtermelést nem szolgáló üzemmód. A vágásos üzemmód vágásciklusokra épülő gazdálkodási mód, amelynek alapvető jellemzője az egykorú állomány. A vágásciklus a véghasználatból, a felújításból és az állománynevelésből áll, ahol a véghasználat felújítási kötelezettség is keletkezik. A szálaló üzemmód egy vágásciklusokat nélkülöző, folyamatos erdőborítást biztosító gazdálkodási mód, amelynek fontos jellemzője a folyamatos koreloszlás. Az ilyen erdőben a fakitermelés folyamatos lehet, vágásterületek keletkezése és felújítási kötelezettség nélkül. Az átalakító üzemmód a vágásos üzemmódról a szálalásra történő áttérést szolgálja, míg a faanyagtermelést nem szolgáló üzemmód célja, hogy az erdő természetes folyamatait érvényre juttassa, benne fahasználat csak erdővédelmi, erdőfelújítási, vagy kísérleti céllal végezhető.

Magyarországon 2017-ben ezen üzemmódok területi megoszlása a következőképpen alakult (NÉBIH 2018):

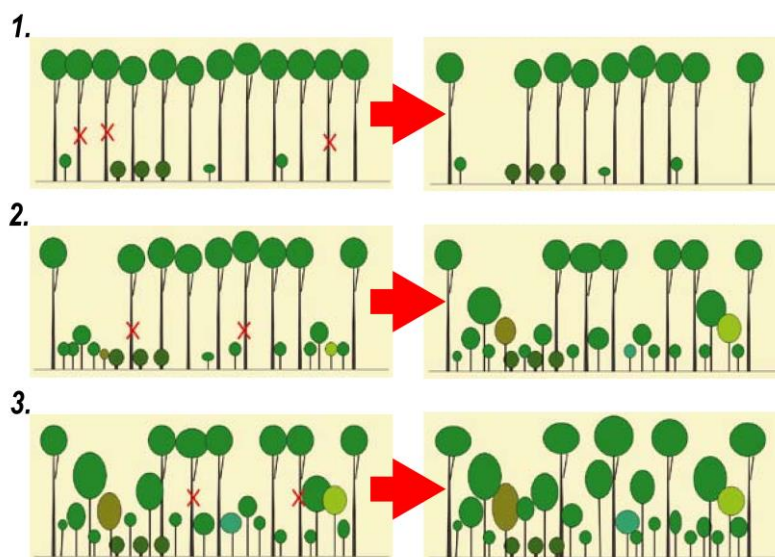
- vágásos: 1766,6 ezer ha
- örökerdő (szálaló): 21,7 ezer ha
- faanyagtermelést nem szolgáló: 77,8 ezer ha
- átalakító: 74,0 ezer ha

A fenti adatokból is kitűnik, hogy a jelenlegi erdőgazdálkodási gyakorlatra a vágásos üzemmód túlsúlya jellemző. Ennek fő oka, hogy üzemi léptékben ennek tervezése és kivitelezése a legegyszerűbb. A hagyományos vágásos erdőgazdálkodás számos tekintetben megváltoztatja az erdők szerkezetét: homogén, egykorú állományokat alakít ki (Bartha 1996), amelyek a természetestől jelentősen eltérő elegyarány-viszonyokkal és kevesebb holtfával rendelkeznek, az idős fák és mikroélelőhelyek előfordulási valószínűsége is kisebb (Winter & Möller 2008, Paillet *et al.* 2010). A vágásos szálerdőüzemnek számos természetvédelmi vonzata is van. Ilyen például a csökkent fajgazdagság (Paillet *et al.* 2010, Fedrowitz *et al.* 2014, Chaudhary *et al.* 2016) vagy az így kezelt állományok fokozottabb bolygatásokkal szembeni érzékenysége, ami egyúttal profitkiesést is eredményezhet az erdőgazdálkodónak (Schelhaas *et al.* 2003, Aszalós *et al.* 2004, Kenderes *et al.* 2007). Ezzel szemben elmondható, hogy a változatosabb fafajösszetételű és heterogénebb szerkezetű erdők ökoszisztéma funkcionalitása, illetve produktivitása is nagyobb (Danescu *et al.* 2016).

Az utóbbi évtizedekben, az előzőekben felsoroltak következtében, az erdészeti gyakorlatban sok helyen előtérbe került a folyamatos erdőborítást biztosító gazdálkodás igénye, amely a vágásos üzemmód fahasználatához képest kevésbé drasztikus változásokat okoz a termőhelyi viszonyokban és az erdei életközösségekben (Schütz 2012). Így a végeredmény a természetes erdőkhöz hasonlóbb társulás, megtartva a gazdasági célú erdő kívánt produktivitását. Folyamatos erdőborítás az örökerdő üzemmódban többféle fahasználattal is megvalósítható, például lék-, szálalóvágás vagy szálalás révén (Csépanyi 2013).

A folyamatos erdőborítást biztosító gazdálkodás („continuous cover forestry”) fő céljai a faanyagtermelés mellett ökológiai szempontból kíméletes beavatkozásokkal biztosítani az állományklíma állandóságát, fenntartani a természetes erdőtársulások térbeli (vertikális és horizontális), valamint kompozíciós sokszínűségét, biztosítani a vegyeskorúságot, az idős fák, a holt faanyag és a ritka növény- és állatfajok védelmét a termőhelyi adottságok figyelembevételével (Standovár & Kondor 2011). Az erdőkezelésnek ezt a módját nevezhetjük természetközeli erdőgazdálkodásnak.

A már említett átalakító üzemmód célja a jelenleg domináló vágásos üzemmódról való áttérés a folyamatos erdőborítást biztosító módszerek használatára. Az örökerdő üzemmódra való áttérés nem történhet meg egy lépésben, a homogén kiindulási állapot miatt ugyanis szükség van a természetközeli állapotok helyreállítására (pl. Csépanyi 2007; Burián *et al.* 2010, Kovács *et al.* 2013). Az átalakítás módja Gálhidy (2008) szerint látható a 4. ábrán.



4. ábra: Egykorú elegyetlen erdő átalakítása szálalóerdővé Gálhidy (2008) szerint. Ennek során először lékeket nyitnak (1.), majd a meglévőket bővítik, miközben újakat is kialakítanak (2.), majd megfelelő idő elteltével lehetőség nyílik a szálankénti gazdálkodásra (3.).

Csépányi (2007) az átalakítást négy szakaszra osztja. Az első a differenciálódás elindítása egyes szerkezeti elemek kímélete révén; a második a felújulás elősegítése kis szabálytalan alakú lékekkel, a harmadik a változatos állományszerkezet kialakítása; a negyedik pedig a változatos állományszerkezet további fejlesztése és fenntartása.

Bükkösök esetében a lékgazdálkodás – amely a kis erdőciklus természetes regenerációs folyamatát imitálja – kiterjedt nemzetközi és hazai irodalommal rendelkezik (pl. Gálhidy *et al.* 2006, Naaf & Wulf 2007, Csépányi 2013), azonban kevesebbet tudunk a tölgyesekben kialakított lékek regenerációjáról (Csépányi 2008, Kovács *et al.* 2013, Csiszár *et al.* 2014). A tölgy nagy fényigénye, kezdeti lassú növekedése és vadkárral szembeni érzékenysége miatt a tölgyes állományok folyamatos erdőborítást biztosító gazdálkodás melletti felújítása az egyik legnehezebb feladat a hazai gazdálkodók számára (Csépányi 2008).

A mai napig kevés olyan vizsgálat áll rendelkezésünkre, amely a hagyományos vágásos üzemmódra jellemző beavatkozások (pl. tarvágás, bontóvágás, gyérítés), illetve az örökerdő üzemmódban alkalmazható fahasználatok hatásait egymás mellett vizsgálja (de pl. Zenner *et al.* 2006). Annak érdekében, hogy a különböző céloknak leginkább megfelelő erdőkezelési módot válasszuk, több ehhez hasonló vizsgálatra lenne szükség, a gazdasági szempontból Közép-Európában különösen fontos tölgyes állományokban is.

2.4. Vad-erdő kapcsolatok

A természetes erdei ökoszisztémának számtalan élő és élettelen tényező mellett nélkülözhetetlen, szerves részét képezik a nagytestű növényevők is. Ezek alatt klasszikusan a patások csoportját értjük, amely a párosujjú és páratlanujjú patásokra osztható tovább. Ezek közül világszerte a párosujjú patások közé tartozó fajok rendelkeznek jelentősebb környezetátalakító hatással, de lokálisan a páratlanujjúak (pl. lófélék, orrszarvúfélék) hatása is jelentős lehet. A párosujjú patások közül a világ- és hazai viszonylatban is legnagyobb jelentőségű csoport a kérődzők, és közülük is kiemelkednek a szarvasfélék. Hazai viszonylatban öt szabadon előforduló növényevő fajt tartunk számon (ún. nagyvad). Ezek a szarvasfélék csoportjába tartozó gímszarvas (*Cervus elaphus*), dámszarvas (*Cervus dama*) és őz (*Capreolus capreolus*), a tülkösszarvúak csoportjába tartozó európai muflon (*Ovis aries orientalis*) valamint a disznófélék csoportjába tartozó, mindenevő vaddisznó (*Sus scrofa*). Thomas és Packham (2007) szerint ezek „zárókő fajok” (keystone species), mivel élőhelyükre nagyobb hatást fejtenek ki, mint amekkorát tömegességük alapján feltételezhetnénk. Ennek megfelelően a nagytestű növényevő fajok természetes rendszerből

történő kivételének következtében az élőhelyi viszonyok drasztikus változását várhatjuk. Smit és Putman (2011) megfogalmazása alapján a nagytestű növényevők ún. ökoszisztéma mérnök fajok, mivel bizonyos esetekben a környezetük táji léptékű átalakítására képesek. Kiváló példa erre, hogy az egykor Nyugat- és Közép-Európa erdőterületein élő őstulok (*Bos primigenus primigenus*), valamint az eurázsiai vadló (*Equus ferus ferus*) –más patásokkal együtt – folyamatos legelésük által képesek lehettek hosszú távon fenntartani az előregedett és kidőlt fák helyén keletkező tisztásokat (Vera *et al.* 2006). Ennek következtében az erdők szerkezeti sokszínűségét is befolyásolták, valamint lehetőséget biztosítottak arra, hogy az újulatban jelenlévő fényigényes erdőalkotó fajok, pl. kocsányos tölgy (*Quercus robur*) és kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) egyedei felnőhessenek, szemben a zárt állományban egyértelmű előnyben lévő árnyéktűrő fajokkal (bükk, kőris, juhar fajok). Ezáltal az erdő faji összetételére is jelentős hatást gyakoroltak. Rossell és mtsai. (2005), vadkizárásos vizsgálatukban már 5 év alatt is jelentős dominancia- és fajösszetétel változást tapasztaltak a fásszárú újulatban. A nagytestű növényevők számtalan módon befolyásolhatják a környezetük anyag- és energiaforgalmát. Legfontosabb elsődleges környezeti hatásaik közé tartozik a táplálkozás –beleértve a fakéreg fogyasztását, amelyet azonban más módon is megsebezhet –, a talaj szerkezetének módosítása (taposás, túrás, fekhelyként való hasznosítás) vagy tápanyagforgalmának befolyásolása (vizelet és ürülék révén), valamint az erdei növények propagulumterjesztése (Katona *et al.* 2015, Ramirez *et al.* 2018, Reimoser *et al.* 1999).



5. ábra: Erősen rágott újulati egyedek. A bal oldalon egy egybibés galagonya (*Crataegus monogyna*), a jobb oldalon pedig egy gyertyán (*Carpinus betulus*) újulati egyed látható. A rendszeres, erőteljes rágás hatására a hossznövekedésük korlátozott, az alakjuk erősen torzult. A képek a pilisi kísérleti területen készültek (Tóth István felvételei).

Legjelentősebb hatásuk egyértelműen a herbivória, amelybe beleértendő a lágyszárúak és újulati egyedek hajtásrészeinek fogyasztása (5. ábra), valamint a főként vaddisznóra jellemző makkpredáció, vagyis a talajra hullott szaporítóképletek fogyasztása és a magoncok kitúrása. Ezzel képesek az újulati egyedek számát, növekedésének sebességét is jelentősen befolyásolni. Mivel ez a hatás térben általában nem kiegyenlített, hanem változatos mintázatot mutathat (pl. szegélyeken erőteljesebben jelentkezik), az erdő strukturális változatosságát is növelheti (Reimoser & Gossow 1996). Tekintve, hogy a rágás általában szelektív – eltérő preferenciával fogyasztják a különböző fajokat –, a legelő patások az erdő fafajösszetételét is jelentősen képesek befolyásolni. Európában (és hazánkban) például a nagy arányban fogyasztott fás szárúak közé tartoznak a tölgy fajok (*Quercus sp.*), a kőris fajok (*Fraxinus sp.*), a berkenye fajok (*Sorbus sp.*), a fűz fajok (*Salix sp.*) vagy a juhar fajok (*Acer sp.*), de kisebb arányban fogyasztott, elkerült táplálék a bükk (*Fagus sylvatica*), vagy az éger fajok (*Alnus sp.*) (Boulanger *et al.* 2009, Gill 1992, Ohse *et al.* 2017). Ez pedig összességében szerteágazó módon gyakorolhat hatást az erdei életközösségre. A patások állományának növekedésével például a cserjeszintben fészkelő énekesmadarak fajszáma és egyedszáma is csökken (Allombert *et al.* 2005, deCalesta 1994). A talajszínt fészkelő madárfajokra ugyan nem gyakorolt mérhető hatást a szarvasfélék egyedsűrűségének növekedése, ezek egyedszámát azonban a vaddisznók predációja csökkentheti jelentős mértékben (Roda & Roda 2016).

A rágás egyes növényegyedekre gyakorolt hatása is eltérő lehet, amely függ a rágott fajtól, illetve a károsítás helyétől, intenzitásától, valamint az egyed vitalitásától is (Katona *et al.* 2015). Bizonyos mértékű vadnyomást egyes növények tolerálhatnak a biomasszaprodukcióban bekövetkező jelentős változás nélkül, sőt egyes esetekben a rágás serkentőleg hathat a növekedésre (túlkompenzáció) annak érdekében, hogy a növény minél előbb elérje azt a kritikus magasságot, ahol a vadfajok már nem férnek hozzá (Hilton *et al.* 1987, Guillet & Bergström 2006). Arany és mtsai. (2007) a lágyszárúsínt fajainak virágzási sikerét vizsgálták vadkizárás hatására. Vizsgálatuk alapján a fajok többségének virágzási sikere nőtt, míg néhány degradációtűrő, ám gyenge kompetitor fajé csökkent. Válaszolhatnak az egyedek ugyanakkor akár csökkent éves növekedéssel is, illetve az egyes szervek közötti eltérő forrás-allokációval. Drexhage & Colin (2003) kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) rágott és nem rágott egyedeit vizsgálva azt találta, hogy míg a levelek biomasszájában nincs különbség, a nem rágott egyedek szignifikánsan több biomasszát allokálnak a hajtásokba, míg a rágott egyedek esetében a gyökérzet mutat erőteljesebb növekedést. Hódar és mtsai. (2007) erdei fenyő újulati egyedeinek vizsgálatakor, szimulált

rágás hatására szintén a gyökér biomasszájának növekedését figyelték meg a hajtáséhoz képest. Mivel kutatásom során a rágás hatásait vizsgáltam, erről a későbbiekben részletesebben lesz még szó.

A taposás, túrás szintén változatos hatásokat eredményezhet az erdei ökoszisztémában. A talaj tömörítésével/fellazításával a patások megváltoztathatják annak szerkezetét, vízgazdálkodását; szerves anyagot (pl. avart) forgathatnak be a talajba, növényeket, állatokat, szaporítóképleteket túrhatnak ki a talajból, de utóbbiakat akár be is vihetik – segítve ezzel a csírázást (Bueno 2011). Bizonyos, zavarástűrő fajok gyakoriságát csökkenthetik az adott területen, de a nyílt talajfelszínek és változatos mikrodomborzati formák létrehozásával új mikroélőhelyeket hozhatnak létre, amelyek más fajok megtelepedését segíthetik. (Katona *et al.* 2013). Ezen kívül vizeletükkel, hullatékukkal trágyázhatnak is, lokálisan növelhetik a talaj szén- és nitrogéntartalmát.

Említésre méltó hatás még a kéreghántás, agancsverés, valamint a dörzsölés, amely jellemzően az erdei fák törzsét érinti. Az első táplálkozási céllal történik, vélhetően a táplálék minőségi kiegészítését szolgálja a szarvasfélék esetén. Ezen túl a friss agancs felületéről a bőr eltávolításának céljából azt gyakran a fák kérgéhez dörzsölik, ezzel változó mértékű és kiterjedésű károsodást okozva a növénynek. A seb lehet felületi, de elérheti akár a farészt is, illetve jelentkehet egy ponton, vagy akár a fatörzs teljes kerületén. Ez a sebzés befolyásolhatja a növény nedvkeringését, valamint utat nyithat az esetleges patogéneknek (rovarok, gombák), szélsőséges esetben a fa elpusztulását is eredményezheti. Ezen túl a tisztálkodás, vagy feromonok felvitele céljából végzett dörzsölés is jelentős lehet a fa szempontjából, kéregsebzést és az alsó ágak letörését okozhatja (Massei 1999, Katona *et al.* 2015).

A nagyvad fajok részt vehetnek továbbá az erdei fajok propagulumterjesztésében is. A szőrzeten, patán megtapadó szaporítóképletek terjesztését epizoochóriának, a hullatékkaival való továbbítást pedig endozoochóriának nevezzük. Schmidt és mtsai. (2004) Észak-Németországban vizsgálták a vaddisznó (*Sus scrofa*) és az európai őz (*Capreolus capreolus*) propagulumterjesztését. A két faj hullatékaiból összesen 60 növényfaj szaporítóképleteit azonosították vizsgálatuk során, a testfelszínükről pedig 43 fajt írtak le. Ezáltal szintén jelentősen befolyásolhatják a patás fajok a társulás szerkezetét, összetételét.

Belátható ezek alapján, hogy az erdei nagyvad fajok óriási hatást gyakorolhatnak a környezetükre. Az, hogy ez az erdei ökoszisztémára nézve pozitív vagy negatív (esetleg neutrális) hatás, számos körülmény függvénye: befolyásolja a vadsűrűség, a rágás intenzitása, a lokális biotikus és abiotikus tényezők és az erdőgazdálkodás is (Pellerin *et al.* 2010, Ramirez *et al.* 2018). Ramirez és mtsai. (2018) nagyszámú vizsgálatot szemlélve

megállapították, hogy a patás nagyvad fajok az esetek 70%-ában negatív hatással voltak a vizsgált változókra (természetes újulat, erdőszerkezet és ökoszisztéma funkciók), és ez a hatás elsősorban a vadsűrűség függvénye.

Azt a vadlétszámot, amelyet természetes körülmények között az életközösség „fenntart”, az erdő eltartóképességének nevezzük. Minden jel arra mutat azonban, hogy míg az erdők gazdasági művelése, fragmentálódása miatt és a nagy kiterjedésű, homogén, egykorú állományok kialakítása miatt az erdő vadeltartó képessége jelentősen csökkent. Ehhez képest azonban a nagyragadozók eltűnésének és modern vadgazdálkodásnak köszönhetően a vadlétszám az utóbbi néhány évszázadban világszerte jelentősen megnőtt (Cote *et al.* 2004, Pellerin *et al.* 2010). Ennek következtében sokan már nem eltartóképességről, hanem az erdő vadeltartó képességéről beszélnek, mivel a túltartott vadállomány jelentős károkat képes okozni a gazdasági erdőkben (Kőhalmy 1996).

Az ilyen módon a gazdálkodók által megállapított „vadkárnak” számtalan formája van. Az egyik legjelentősebb hatás, hogy a nagyméretű, idős, jó makktermő fák hiánya miatti eleve csökkent makktermés igen jelentős részét képes elfogyasztani a megnövekedett vadállomány. Ezen kívül a zárt állomány alatt megtalálható, gyakran fajszegény, alacsony fejlettségű újulat rügyeinek, hajtásainak, lombjának fogyasztásával az állomány természetes felújulását gátolhatja. A táplálék szelekciójával az eleve alacsony elegyességű erdőkben a kedvelt, ritkább fajok elegyarányát tovább csökkenthetik. A túl nagy vadsűrűség bizonyos területeken a sekélyebb talaj tömörödésével, taposásával annak erózióját okozhatja. Ismert például a muflon sziklagyepet degradáló hatása – noha egyes esetekben ezen védett élőhelyek visszaerdősülését is gátolhatja (Varga 2000). E helyzet megoldását azonban nem feltétlenül csak a vadlétszám csökkentése vagy a felújítandó állomány körülkerítése jelenti, de a gazdasági erdők természetességének helyreállítása és a kockázati tényezők folyamatos monitorozása is elengedhetetlen (Katona *et al.* 2015, Kramer *et al.* 2006).

2.5. A vadhatás vizsgálata

Az erdei vadhatás felmérése többféle célt szolgálhat. Egyrészt információt adhat a patás nagyvad fajok életközösséget átalakító hatásának minőségéről és mértékéről. Ez erdészeti szempontból is hasznos, mert tájékoztat arról, hogy egy terület felújítása során milyen változásokat okoz a vadhatás az újulat kompozíciójában, növekedésében, és ebből következtetéseket vonhatunk le arra nézve, hogy a kívánt állomány eléréséhez milyen beavatkozásokra lehet szükség. Hasznos lehet továbbá természetvédelmi szempontból is,

mivel a védendő fajokra, vagy élőhelyekre gyakorolt hatás is jelentős lehet; itt is a megfelelő cselekvési terv kialakítását segítheti a vadhatás megfigyelése. Ezen túlmenően pedig használható a vadhatásvizsgálat a vadlétszám becslésére is.

A vadsűrűség meghatározására az egyik legkézenfekvőbb eljárás, ha a könnyen hozzáférhető kilövési adatokból következtetünk. Ez azonban sok esetben torzíthatja a valóságos képet, tekintve, hogy a kilövési adatok számos már tényezőtől függhetnek. Pettorelli és mtsai. (2007) a fehérfarkú szarvas (*Odocoileus virginianus*) egyedszámát vizsgálták különböző módszerek összehasonlításával; számításba vették a vadászok megfigyelési adatait, a kilövési adatokat és külön helikopteres számolást is végeztek. A vadászok által a földön megfigyelt egyedszámok és a levegőből számolt adatok között találtak pozitív korrelációt a nagy vadsűrűségű területeken, azonban ezek semmilyen szignifikáns összefüggést nem mutattak a kilövési adatokkal. Talán a legpontosabb létszámbecslési adatot szolgáltató módszer a kamerás megfigyelés (Dougherty & Bowman 2012), ez azonban költséges módszer, és a rendszerek üzemeltetése számos problémát felvet. Kézenfekvő vadsűrűségbecslési módszer tehát a közvetett, a vadhatás mértékének összehasonlításával nyert adatok elemzése. Ehhez felhasználható például a hulladék számolása (Bergquist *et al.* 1999) – amely fajspecifikusan is meghatározható –, vagy a fekhelyek, túrások számának, kiterjedésének vizsgálata (Katona *et al.* 2013), de ismerünk olyan vizsgálatokat is, amelyek a vadragás jellegéből és intenzitásából következtetnek a vadsűrűségre. Frelich és Lorimer (1985) például a különböző vadsűrűségek hatását a kanadai hemlokfenyő (*Tsuga canaensis*) újulatára úgy vizsgálták, hogy a vizsgálati mintaterületeken jelenlévő cukorjuhar (*Acer saccharum*) egyedeinek rágottságát becsülték, és ezt használták összehasonlításként. A módszer konzisztensnek bizonyult a vadsűrűséggel.

A vadhatás felmérésének többféle lehetséges megközelítését ismerjük. Vizsgálhatjuk megfigyelés révén vagy kísérletes módon. A megfigyeléses vizsgálat során jellemzően egy területre gyakorolt vadhatás becslését végzik, a célnak megfelelően meghatározott alakú és méretű mintaterületek felvételével. Ebbe a csoportba tartoznak jellemzően a gazdálkodók által végzett vadkárbecslő módszerek is. Ez a vizsgálat lehet egyszeri állapotfelmérés, vagy lehet visszatéréses vizsgálat (monitoring), amely nem csak a hatás jellegéről és mértékéről, de időbeli lefolyásáról információt nyújt.

A kísérletes módszerek leggyakrabban a vadkizárás természetes (elkülönült szigetek, ld. Allombert és mtsai. 2005) vagy mesterséges megvalósításával (vadkizáró kerítés, ld. Arany és mtsai. 2007), ez által a vadtól elzárt és a vad által hozzáférhető területek összehasonlításával valósulnak meg. Ilyenkor a vad által hozzáférhető területeken lévő

újulati egyedek hossznövekedése jellemzően elmarad az elkerített egyedekétől, valamint a biomasszaprodukció is jelentősen különbözhet (Drexhage & Colin 2003), de a vadhatás erősen függ a vadsűrűségtől (Gill & Morgan 2010).

Ezen kívül a fás szárú növények egyedi válaszai vizsgálhatók a rágás hatásának szimulációjával is, bizonyos hajtásrészek eltávolításával (Drexhage & Colin 2003, Hilton *et al.* 1987). Ezen vizsgálatok lehetővé teszik továbbá a vadrágás és egyéb biotikus, vagy abiotikus környezeti tényezők hatásának együttes vizsgálatát is (pl. talajnedvesség: Kullberg és Welander 2003; fénymennyiség: Canham és mtsai. 1994).

A vadhatásvizsgálati módszerek leggyakrabban az újulati egyedek rágottságának felmérésére koncentrálnak. Ennek vizsgálatára is többféle módszer áll rendelkezésre az irodalomban. Ezek között vannak egyed-, hajtás- és terület alapú módszerek, amelyeket röviden bemutatok.

Az egyed alapú módszerek egyes újulati egyedek rágottságát vizsgálják. Ezek közül a legegyszerűbb az, amikor az egyes egyedek – amelyek esetleg kategorizálhatók fajonként, méretkategóriánként – csúcsrügyének épségét regisztrálják az adott évben. Ha a csúcsrügy intakt, az egyed nem rágott, ha hiányzik, rágott (Bergquist *et al.* 2003, Ohse *et al.* 2017). A területre jellemző rágottság mértéke így a rágott egyedek gyakoriságával adható meg az összes újulati egyedhez képest. Ez egy rendkívül gyors és egyszerű módszer, és mivel a hossznövekedés szempontjából az egyik legfontosabb szempont a vezérhajtás épsége, jól becsli a felújulásra gyakorolt várható (negatív) hatást. Ugyanakkor, a vizsgált egyedek kiválasztásának módjától függően nem biztos, hogy a teljes területre nézve is reprezentatív lesz a minta, valamint nem a teljes táplálékkínálathoz mérten adja meg a vadhatás, csupán az egyedek egy részét minősíti.

Egy, az előzőhöz nagyon hasonló módszer az, amikor szintén a csúcsrügy esetleges sérülését vizsgálják, de nem csak az adott tárgyévben, hanem akár 2-3 évre visszamenőleg is feljegyzik a vezérhajtást érintő rágási eseményeket. Ilyen többek között a Svájci Nemzeti Erdőleltárban is használt (Brassel & Lischke 2001) módszer. E módszer esetén realisabb képet kaphatunk a vadhatás mértékéről, mivel kevésbé befolyásolják a vizsgálatot az aktuális, éves hatások. Így esetleg egy terület monitorozó vizsgálata is megvalósítható, 2-3 éves visszatéréssel.

Az egyed alapú vadhatásvizsgálati módszerek egy másik, gyakran alkalmazott változata, amikor egy egyszerű, 4-5 fokozatú ordinális skálán helyezik el az egyedeket az azokat ért vadhatás jellege, súlyossága, rendszeressége alapján. (Kenderes & Standovár 2007, Márkus & Mészáros 2000). Ez a kategóriarendszer kis gyakorlattal szintén könnyen elsajátítható és

a felmérés gyorsan végezhető, azonban a vadhatás különböző aspektusait (vezérhajtás megléte, rágott hajtások száma, elhelyezkedése, rágás folyamatossága, egyed alakja) egy skálán összevonva kezeli, amely miatt a felvétel nem mindig egyértelmű, szubjektivitással terhelt; leginkább tájékoztató jellegű vadkár-felmérésre alkalmas.

Az egyed alapú módszereken kívül léteznek hajtásalapú módszerek is, amelyek azt minősítik, hogy az elérhető teljes hajtáskínálatból mekkora mennyiség rágott (Boulanger *et al.* 2009, Katona *et al.* 2007). Ehhez egy választott nagyságú mintaterületen fafajonként (és esetleg külön méretkategóriánként) megszámlálják az összes elérhető hajtást és külön rögzítik ezek közül a rágott hajtások számát. Katona és mtsai. (2007) ezt „db/100 mintavételi hely” egységben adták meg. Így egyszerre áll rendelkezésre egy kvantitatív rágottsági („kereslet”) és kínálati adat, amelyből szintén kiszámolható a rágottsági arány. Ez pontosabb becslése a tényleges vadhatásnak, mint pusztán a rágott egyedek aránya – noha ez a módszer alulbecsülheti a vadhatást, mert valójában nem tudjuk megmondani, hogy amit egy rágott hajtásként rögzítünk, onnan valójában hány rügy vagy hajtás, illetve mekkora biomassza hiányzik, míg a meglévők mindegyikét figyelembe vesszük. E módszerrel elsődlegesen arra következtethetünk, hogy az adott vadsűrűséghez viszonyítva elegendő mennyiségű és minőségű-e a táplálékkínálat.

Végül léteznek terület alapú módszerek is, amelyek egy meghatározott területre, annak képe alapján adnak egy átfogó becslést. Ebbe beleértendő a területen lévő újulati egyedek átlagos rágottsága, a talajbolygatások kiterjedése, kéregsebzések gyakorisága stb. (Benner 2006, Standovár *et al.* 2016). Ezen módszer előnye szintén a gyorsasága lehet, ugyanakkor a jó becsléshez tapasztalt megfigyelő kell, illetve némi szubjektivitással terhelt; a standardizálás nehézkes lehet abban az esetben, ha több felmérő végzi a vizsgálatot, amelyet terepi tréning és kereszt-validálás csökkenthet (lásd. Standovár *et al.* 2016).

Ezen kívül a vadhatás egyéb aspektusait is lehet minősíteni. Katona és mtsai. (2013) módszerükben a fásszárúak hajtáskínálatának és rágottságának felmérésén túl, megadott méretű mintaterületen rögzítik a törzskínálatot, valamint az azokon található sebzések gyakoriságát és kiterjedését, becslik a vaddisznó által okozott talajbolygatás felszíni kiterjedését és mélységét, illetve meghatározzák a fekhelyek és hullatékok számát – fajokra lebontva.

A saját, állandósított, természetes újulati egyedeken végzett vadkizárásos vizsgálatomhoz használt vadhatásvizsgálati módszertan kialakításakor főként a bemutatott módszereket vettem alapul.

3. SAJÁT VIZSGÁLAT

3.1. Célkitűzés

A vadhatással foglalkozó kutatások többsége a rágás intenzitását leggyakrabban a mintavételi területen belüli rágott egyedek arányával (pl. Brassel & Lischke 2001), vagy az egyedek rágott hajtásainak arányával fejezik ki (pl. Katona *et al.* 2013). Ezzel a módszerrel kiválóan vizsgálható az adott területre ható vadnyomás mértéke, vagy a vadfajok méret-, faj, esetleg területpreferenciái, azonban nem hordoz információt arra nézve, hogy a rágás hogyan befolyásolja az egyedek növekedését, túlélését. Emiatt vizsgálatom elsődleges célja az volt, hogy a patás nagyvadfajok legelésének hatását fásszárú újulati egyedeken direkt, kvantitatív módon is nyomon kövessem. Vadhatással kapcsolatos fő kérdéseim, amelyekre kutatásom során választ kerestem, a következők voltak:

- A területen jelenlévő vadállomány okoz-e szignifikáns különbséget a vadtól elzárt és a vad számára elérhető egyedek növekedésében?
- Elképzelhető, hogy a rágás a csemeték hossz- és biomasszanövekedésére serkentően hat?
- A különböző fajok eltérően reagálnak az őket érő stresszre?
- A vizsgált egyedek elégséges növekedést mutatnak ahhoz, hogy az állományok természetes felújulása biztosított legyen?

A vizsgálatom másik fő kérdéscsoportja a Pilis Üzem mód Kísérlet alapvető problémafelvetéséhez kapcsolódik:

- Hogyan befolyásolja egy gyertyános-kocsánytalan tölgyes természetes regenerációját a fahasználat módja?
- Hogyan hatnak a különböző kezelések a természetes újulati egyedek növekedésére?
- Az újulati egyedek növekedése szempontjából az erdészeti kezelés vagy a bekerítés bizonyul erőteljesebbnek?

Mivel az irodalomban elérhető egyed alapú vadhatásvizsgálati módszerek többsége a rágottságnak csak egy aspektusát vizsgálja (pl. vezérhajtás megléte/hiánya), vagy a különböző szempontokat (rágás időbelisége, egyedek alakja, rágás mértéke stb.) együttesen, egymástól el nem különítve egy négy-öt fokú ordinális skálán képezi le, ezért ezeket nem találtuk alkalmasnak egy hosszú távú monitorozással járó vizsgálatra. Vizsgálatunk olyan módszert igényelt, amely segítségével minél nagyobb pontossággal követhetjük évről-évre

az egyedek rágottságának változását. Ennek megfelelően a fenti kérdések mellett a vizsgálat célja volt egy saját vadhatásvizsgálati protokoll kidolgozása is. A módszerrel kapcsolatos előzetes elvárásaink a következők voltak:

- legyen alkalmas montírozásra és gyors állapotfelmérésre,
- a vadhatás különböző aspektusait (rágási események gyakorisága, súlyossága, stb.) kezelje egymástól elkülönülten,
- ne csak a csemete várható erdészeti értékéről vagy a rágás tényéről adjon információt, de jellemezhető legyen vele az egyed általános egészségi állapota („vitalitása”) is.

3.2. Anyagok és módszerek

3.2.1. A Pilis Kísérlet

Vizsgálataimat az MTA Ökológiai Kutatóközpont Ökológiai és Botanikai Intézetének Erdőökológiai kutatócsoportjával együttműködve, a Pilis Üzem mód Kísérlet (<https://www.piliskiserlet.okologia.mta.hu/>) keretében végeztem 2014 és 2018 között. Ez egy olyan összetett terepi kísérlet, amely eltérő erdészeti üzem módok (vágásos és örök erdő üzem mód) esetén alkalmazható különböző fahasználati módok hatásait vizsgálja a termőhelyi viszonyokra (mikroklíma és talaj), és ezen keresztül egyes kiválasztott állatcsoportok (kétszárnyúak, futóbogarak, pókok és televényférgék), illetve az aljnövényzet természetes regenerációjára és biodiverzítására. A növényzetre gyakorolt hatás vizsgálata a természetes lágyszárúsint monitorozásával, valamint a mintaterületekre beültetett növényegyedek segítségével történik – míg előbbi a biodiverzitás változására enged következtetni, utóbbi segítségével a növények egyedi válaszai mérhetők. A telepített növények között találhatóak facsemeték (öt faj), lágyszárú fajok (két faj), valamint mohák (két faj); ezeknek a növekedésében jelentkező változásokat vizsgáljuk az eltérő fahasználatok hatására. Annak érdekében, hogy az erdészeti kezelések hatása elválasztható legyen a vadhatástól, a beültetett egyedeket vadkizáró kerítéssel kerítettük körbe. Ennek megfelelően lehetőség nyílt a kísérlet során a nagyvad fajok természetes felújulásra gyakorolt hatásának vizsgálatára is.

3.2.2. A kísérleti terület bemutatása

A kísérleti területet a Pilis Parkerdő Zrt. munkatársaival közösen jelöltük ki. A terület a Pilisszántó 21/A, 24/C és 25/B erdőrészeket foglalja magában, amelyek a Pilisszentkereszti Erdészet vagyonkezelésébe tartoznak. Az erdőrészek a Pilisszántó külterületéhez tartozó Hosszú-hegyen találhatók, 370-470 m tengerszint feletti magasság között (47°40'N, 18°54'E). A terület Natura 2000 védettségű.

A vizsgált terület egy 40 hektáros egynemű tömbben helyezkedik el, egységesen észak-északkeleti kitételű, enyhe (7-10°-os) lejtőszöggel rendelkezik. A Pilis hegységre általánosságban jellemző üledékes kőzetek közül a Hosszú-hegy alapkőzetét a váltakozva előforduló dachsteini mészkő és oligocén homokkő adja, amelybe helyenként lösz keveredik (Hegedűs 1951, MÁFI 2005, Dövényi 2010). A talajmélység a területen létesített talajszelvények alapján a domborzati viszonyoknak megfelelően változik; az alacsonyabban fekvő (északi) területeken mélyebb (kb. 2,5 m), a gerinchez közelebbi területeken pedig sekélyebb (kb. 70 cm). A mélyebben fekvő térszíneken főként agyagbemosódásos barna erdőtalajt találunk, míg a gerinc közelében rendzina talaj jellemző, ahol helyenként kibukkan az alapkőzet is. Az alapkőzetek területenkénti váltakozását ugyanakkor nem tükrözi sem az erdő állományszerkezete, sem az aljnövényzet összetétele, valamint a rajtuk található talaj felső rétegének fizikai és kémiai tulajdonságai is közel megegyeznek (Kovács *et al.* 2018).

A Pilisi-hegyek kistáj, amelyhez a vizsgálati terület is tartozik mérsékelt hűvös-mérsékelt nedves éghajlatú, az évi középhőmérséklet 9,0–9,5 °C (a tenyészidőszakban 16,0–17,0 °C), a csapadékmennyiség évi átlaga 600-650 mm körüli; ennek több mint fele a vegetációs időszakban hullik. A nyári napfénytartam 760-770 óra közötti, télen 175-180 óra. (Dövényi 2010).

A terület régóta erdészeti művelés alatt áll, a jelenlegi állomány egy kétszintes gyertyános–kocsánytalan tölgyes (ÁNÉR kategória: K2, Bölöni *et al.* 2011). A vágásos üzemmód következtében az állomány megközelítőleg egykorú (80 éves), állományszerkezete és fajösszetétele egyaránt homogén. A lombkorona felső szintjében a domináns faj a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), míg alsó szintjében a gyertyán (*Carpinus betulus*) a leggyakoribb faj. Az állományban ritka elegyfajként megjelenik a virágos kőris (*Fraxinus ornus*), a bükk (*Fagus sylvatica*), a csertölgy (*Quercus cerris*) és a vadcsereesznye (*Prunus avium*) is. A kiindulási állapotban a lombkorona záródása egyenletes, kb. 90%-os volt. Az erdő cserjeszintje gyér, főként a gyertyán és a virágos kőris, valamint a mezei juhar (*Acer campestre*) újulata alkotja, de szálanként előfordulnak az

egybibés galagonya (*Crataegus monogyna*), a húsos som (*Cornus mas*), a közönséges fagyal (*Ligustrum vulgare*) és bibircses kecskerágó (*Euonymus verrucosus*) egyedei. A lágyszárúszint leggyakoribb fajai a бүкksás (*Carex pilosa*), az egyvirágú gyöngyperje (*Melica uniflora*), a hagymás fogasír (*Cardamine bulbifera*) és a szagos müge (*Galium odoratum*), borítása a beavatkozások előtt kb. 40% volt.

A terület nagyvad állományát alkotó legfontosabb fajok a gímszarvas (*Cervus elaphus*), a vaddisznó (*Sus scrofa*), az európai őz (*Capreolus capreolus*) és a muflon (*Ovis aries*). A vadfajok becsült állománynagyságai a Pilis vadászterületen (teljes területe: 32053 ha; kódszáma: 13-570910-3-4-4) a következőképpen alakultak a vizsgálat ideje alatt:

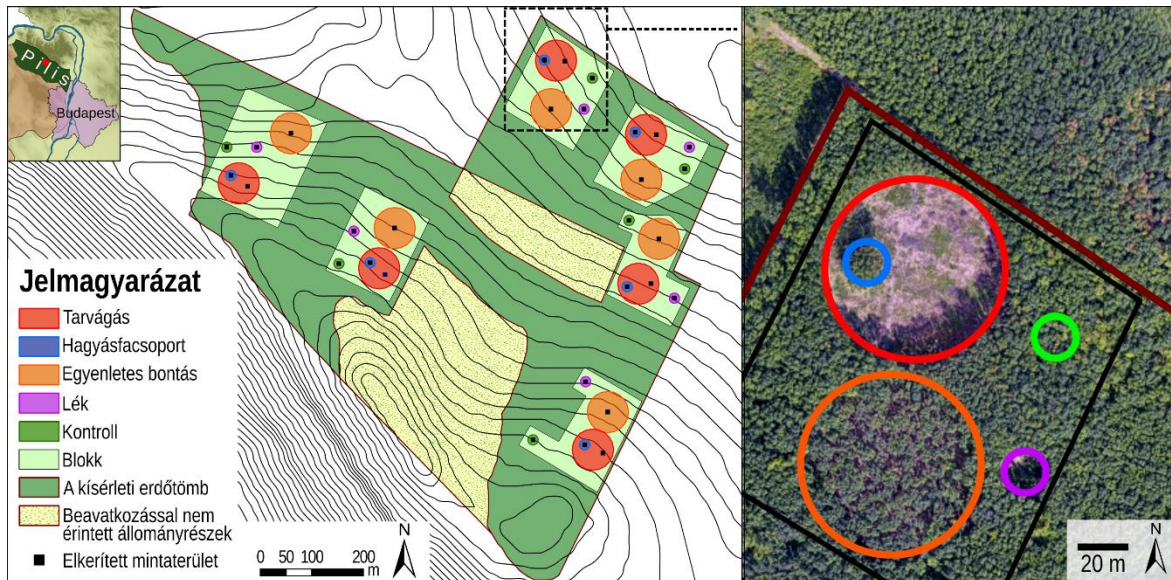
- a 2014/2015-ös vadgazdálkodási évben gímszarvas: 938 egyed (~2,9/km²), vaddisznó: 784 egyed (~2,4/km²), őz: 509 egyed (~1,6/km²) és muflon: 208 egyed (~0,6/km²);
- a 2018/2019-es vadgazdálkodási évben gímszarvas: 730 (~2,3/km²), vaddisznó: 650 (~2,0/km²), őz: 500 (~1,6/km²) és muflon: 130 példány (~0,4/km²).

A becsült adatok alapján a vizsgálat ideje alatt a vadfajok állománynagysága (az őz kivételével) kis mértékben csökkent (Csépanyi, személyes közlés).

3.2.3. Kísérleti elrendezés

A kísérlet során öt kezelést valósítottunk meg hat ismétlésben, teljes random blokk elrendezést követve (Hurlbert 1984). A hat blokk, és a blokkonként öt kezelés (összesen harminc) elhelyezkedését a területen az 6. ábra mutatja. Az alkalmazott kezeléseink a következők voltak:

- Tarvágás (T): Egy 80 m átmérőjű (kb. 0,5 ha alapterületű), kör alakú mikrotarvágás, amelyen belül minden 2 m-nél magasabb faegyedet eltávolítottunk.
- Hagyásfacsoport (H): A tarvágáson belül egy 20 m átmérőjű körben az eredeti állományt (8-12 faegyed) meghagytuk.
- Lék (L): Egy 20 m (kb. egy fahossz) átmérőjű (kb. 0,03 ha) kör alakú állományrészből minden faegyedet eltávolítottunk.
- Bontás (B): Egy 80 m átmérőjű körben (kb. 0,5 ha) egyenletes bontást alkalmaztunk úgy, hogy az alsó lombkoronaszint egyedeit, valamint a felső lombkoronaszint egyedeinek 30%-át (körlapösszeg alapján) eltávolítottuk.
- Kontroll (K): Az eredeti állományt érintetlenül hagytuk, kezelés nem történt.



6. ábra: A kísérleti terület bemutatása. A bal oldali ábrán a teljes kísérleti tömb látható, benne a blokkok elhelyezkedésével (Kovács Bence ábrája). A jobb oldali drónfelvételen a kezelések blokkon belüli elhelyezkedése látható (Tóth Viktor felvétele).

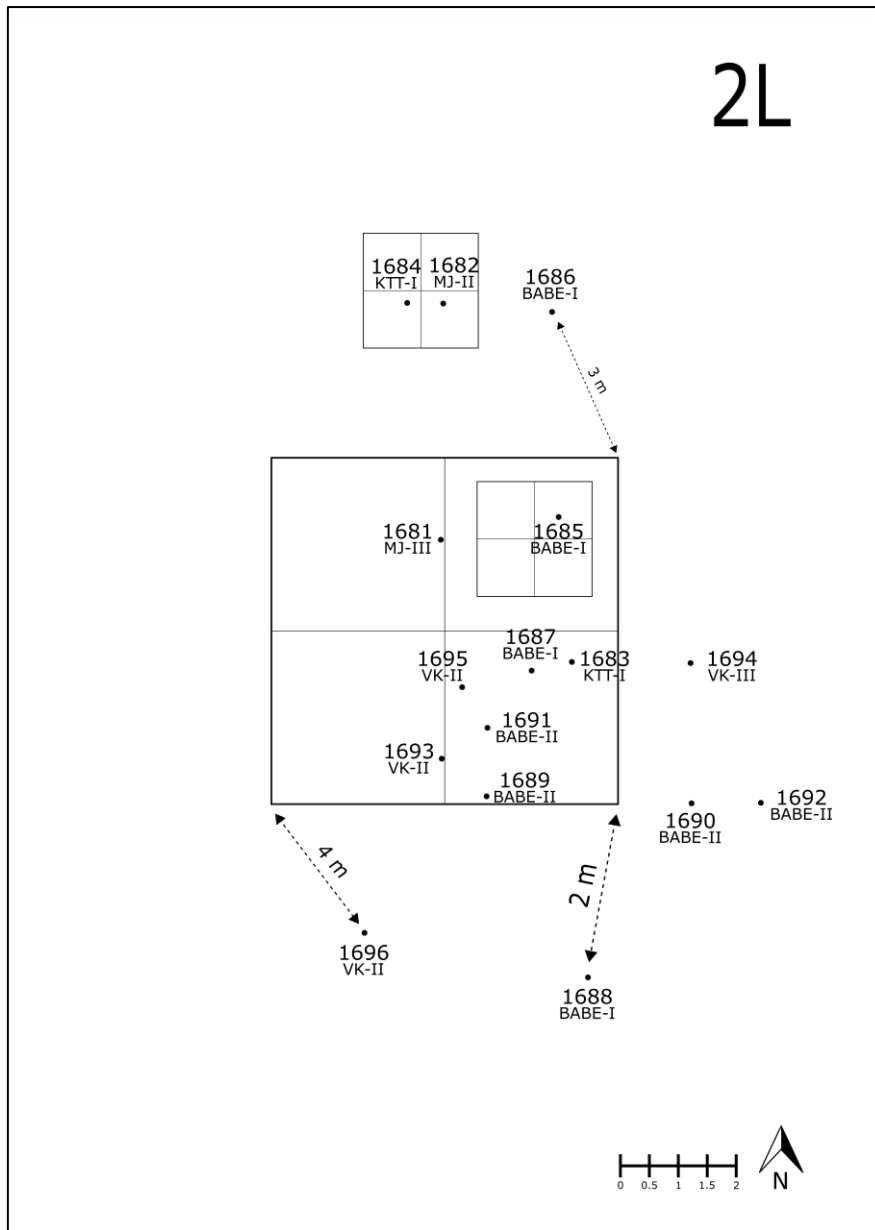
A fahasználatokat a Pilis Parkerdő Zrt. munkatársai végezték 2014-2015 telén az általunk előzetesen kijelölt elrendezésben. Ezen túl a 30 mintavételi terület mindegyikének közepén kialakítottunk egy $6\text{ m} \times 6\text{ m}$ alapterületű, vadkizáró (1,6 m magas) kerítéssel körbezárt térrészt annak érdekében, hogy a kezelések hatása egyértelműen elkülöníthető legyen a vadhatástól. A kerítés a 6. ábrán látható. Vizsgálataimat ezen elkerített térrészen belül, illetve ennek közvetlen környezetében végeztem.



7. ábra: A kezelés közepén található, vadkizáró kerítéssel elkerített térrész.

3.2.4. A fásszárú újulat vizsgálatának előkészítése

A kezelések (fahasználatok) és a vadkizárás hatásának együttes vizsgálatát a fahasználatok előtt a területen már jelen lévő, állandósított újulati egyedpárokon végeztem. A kerítések elkészítése után, a kerítésen belül található fásszárú újulati egyedekhez kerestünk a kerítésen kívül, de annak közelében található párt. A pár kiválasztása során a fő szempontjaink voltak, hogy az egyedek azonos fajúak, megközelítőleg hasonló korúak és méretűek legyenek, illetve hasonló mértékű rágottságot mutassanak. Ez alapján 2014 őszén 188 egyedpárt /jelöltünk ki. A ritkább elegy- és cserjefajok a mintában felülreprezentáltak a természetes gyakoriságukhoz képest, hogy a további elemzésekhez szükséges minimális elemszám biztosított legyen ezen fajok esetében is. A kijelölés során törekedtünk arra is, hogy a területen fellelhető minden faj és méretkategória (<20 cm, 20-50 cm, 50-130 cm, >130 cm) kombinációja a mintába kerüljön. Az egyedek állandósítása egyedi, sorszámozott jelölőlapok segítségével történt, amit az egyedek törzsére rögzítettünk. Az egyedek visszakereshetőségét segíthette volna egy jól látható vizuális jelzés (pl. zászló), de mivel feltételeztük, hogy az jelenlétével befolyásolhatja a legelő állatok viselkedését, csak a kerítésen belüli térrészen alkalmaztuk. A kerítésen kívül az egyedek törzse mellett közvetlenül a talajban nagy méretű vasszögeket helyeztünk el, amelyek kézi fémkereső segítségével viszonylagos megbízhatósággal megtalálhatók. Ezen kívül a könnyebb visszakereshetőség érdekében minden mintaterülethez készítettünk egy csemetetérképet, amelyen az egyedek egymáshoz, a kerítéshez és a környező tereptárgyakhoz viszonyított helyzete látható, továbbá az azonosító mellett a faj és a méretkategória (8. ábra).



8. ábra: Csemetetérkép. A térkép a 2. blokk lékjében található csemeték pozícióját ábrázolja a kerítéshez és a lágyszárúszint mintavételi kvadrátjaihoz képest. A faj helyzete mellett látható az egyedi azonosító, a fajtakód és a méretkategória. A térkép a tájékozódást segíti, a csemeték távolsága nem méretarányos.

3.2.1. Adatgyűjtés

A csemetepárok felvételét 2014 őszétől (a beavatkozások előtti évben is) 2018 őszéig minden évben két alkalommal végeztem. Az első felvétel mindig kora tavasszal, lombfakadás előtt történt, a második pedig ősszel, még lombhullás előtt. Az évi két felvételt azért tartottam szükségesnek, hogy az esetleges téli rágási események növekedést korlátozó hatása mindenképp elválasztható legyen a vegetációs periódusban mutatott növekedéstől. (A nyári időszakban

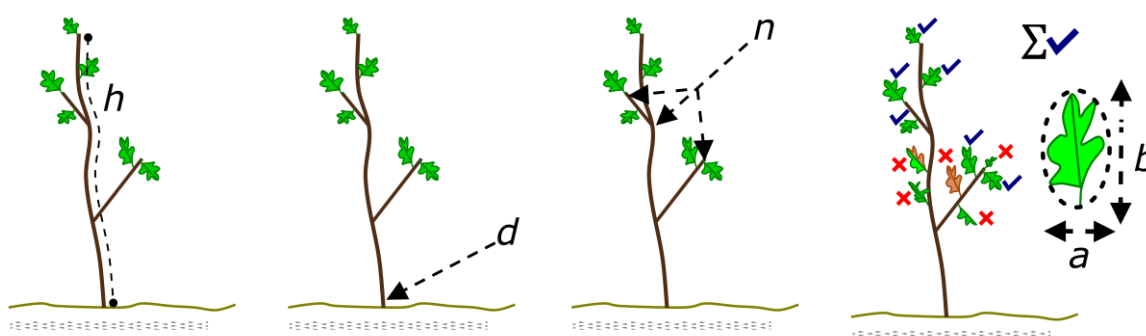
történő károsítás mértéke így is csak becsléssel állapítható meg; illetve a vadtól elzárt egyed növekedéséből következtethető.)

Mérőszalag és digitális tolómérő segítségével az egyedek hajtáshosszát, magasságát, tőátmérőjét, hajtásszámát és levélfelületét (csak ősszel) mértem, illetve számoltam. Külön feljegyeztem, ha az adott egyed elpusztult; valamint a nagyvadakon kívüli egyéb károsító tényezőket (hernyó- és nyúlragás, töréskár, lisztharmat stb.) is külön változóban rögzítettem, amelyek esetleg befolyásolhatták az egyed növekedését. A növekedési tulajdonságok mérésén kívül rögzítettem a növény vadhatással összefüggő kvalitatív változóit is, a csoportunk által, terepi tapasztalatok alapján kidolgozott, monitorozásra is alkalmas módszertan alapján. A következőkben ismertetem a terepen rögzített változókat.

Kvantitatív változók:

- **hajtáshossz (h):** *Folytonos változó.* A leghosszabb (főhajtás vagy annak szerepét átvevő másodlagos vezérhajtás) hajtás a talajfelszíntől a csúcsi rügy alapjáig. Ehhez, ahol szükséges, enyhén kiegyenesítve mértem a hajlott hajtásokat. Eszköz: mérőszalag, alkalmazott pontosság: 0,5 cm.
- **magasság (s):** *Folytonos változó.* A növény földfelszíntől vett maximális távolsága, amely egyben a facsemete méretkategóriáját is meghatározó érték. Ennek rögzítésére azért is van szükség, mert erősen hajlott, elfekvő egyedek magassága a hajtáshossztól jelentősen eltérhet, a vadhatást pedig befolyásolhatja, hogy az egyed csúcsrügye a talajtól (és a vad szemmagasságától) milyen távolságra található. Eszköz: mérőszalag, alkalmazott pontosság: 0,5 cm.
- **tőátmérő (d):** *Folytonos változó.* Az egyedek törzsének vastagsága, közvetlenül a talajfelszín felett mérve. Eszköz: digitális tolómérő, alkalmazott pontosság: 0,01 cm.
- **hajtásszám (n):** *Diszkrét változó.* Az önálló fásodott alappal, és legalább egy, 50%-ban ép levéllel vagy rüggyel rendelkező hajtások darabszáma. Bizonyos fajok (pl. gyertyán) esetén, ahol az önálló fásodott alap nem állapítható meg egyértelműen, az összes hajtásrügyet számoltam. Nagy méretű egyednél (100 feletti hajtásszám) a hajtásszámot becsléssel állapítottam meg olyan módon, hogy az egyedet „ágakra” osztottam, egy ág esetén megszámláltam a hajtásokat és felszoroztam a kapott értéket a növényen található ágak számával.
- **levélfelület (LA):** *Folytonos változó.* A növényen található, legalább 50%-ban ép levelek számának és a növényen található „átlagos méretű” levél felületének szorzata. A levélfelület becsléséhez mérőszalaggal lemértem a levéllemez

legnagyobb hosszát és legnagyobb szélességét (alkalmazott pontosság: 0,1 cm), majd ezek segítségével a levéllemez területét egy ellipszis területként becsültem. Mivel a levelek alakja bizonyos esetekben (kocsánytalan tölgy, mezei juhar) az ellipszistől jelentősen eltér, a kapott értékek fajok közti összehasonlításra nem használhatók, de a hiba szisztematikus volta miatt, fajon belül, a kerítésen kívül és belül található egyedek összehasonlítására alkalmas. A 100 feletti levéllel rendelkező egyedek esetén a hajtásszámhoz hasonlóan jártam el; az egy ágon található levelek számát szoroztam az ágak számával, majd az átlagos méretű levél területével.



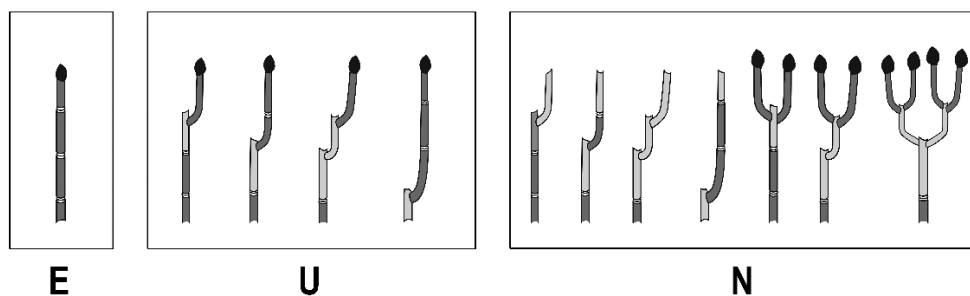
9. ábra: Az elemzéshez felhasznált kvantitatív változók mérésének módja. A változók sorrendje balról jobbra: h) hajtáshossz, d) tőátmérő, n) hajtásszám, LA) levélfelület.

Kvalitatív változók:

- **vezérhajtás:** Célja annak rögzítése, hogy az adott egyed rendelkezik-e vezérhajtással, és amennyiben igen, az eredeti, vagy annak szerepét átvevő egykori oldalhajtás. Az alakra vonatkozó változóval együtt az egyed morfológiájáról ad információt. Továbbá a vezérhajtás megléte az újulati egyeden információt szolgáltat a növekedési rátájáról (a vezérhajtás eltávolítása általában az éves növekedés mértékének csökkenésével jár), illetve arról, hogy feltételezhetően mekkora eséllyel lehet belőle hosszútávon életképes újulati egyed.

Lehetséges értékek:

- **E:** van és eredeti;
- **U:** van és másodlagos;
- **N:** nincs.



10. ábra: A vezérhajtás változó lehetséges értékeihez tartozó tipikus habitusábrák. E: eredeti vezérhajtás; U: másodlagos vezérhajtás; N: nincs vezérhajtás.

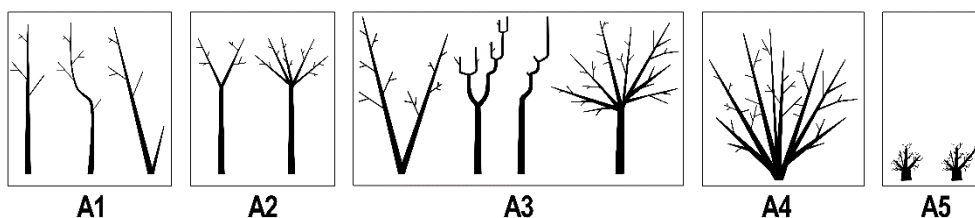
- **alak:** Célja rögzíteni a vizsgált csemete növekedési alakját, egy 5 kategóriás rendszerben. Számos vadhatásvizsgálati módszer esetén előfordul a növény alakjának jellemzése, ám ez jellemzően azokra az esetekre korlátozódik, ahol az egyed hajtásrendszere rágás következtében erősen torzult („bonsai”), vagy ha a tőátmérő alapján vártnál jelentősen alacsonyabb a növény. Ez a szempont a legtöbb kategóriarendszerben viszont más jellemzőkkel keverve fordul elő. A célunk ezért az alak önálló jellemzése volt, amelyből közvetve nem csak az aktuálisan látható rágottságra vagy a valószínűsíthetően elfogyasztott hajtások mennyiségére, hanem annak időbeni folytonosságára és erélyére is lehet következtetni. Esetünkben az alak nem csak a rágottság, hanem egyéb (biotikus és abiotikus) háttérváltozók fászszerű növekedését befolyásoló hatását is rögzíti. Az egyed alakjának jellemzésével annak életképességére, valamint jövőbeni erdészeti értékére lehet következtetni.

A kategóriarendszer kidolgozásánál három szempontot vettünk figyelembe: hogy (1) lehetőleg legyen fajfüggetlen, azaz minél több őshonos fafaj újulati egyedére alkalmazható legyen; hogy (2) az egyes egyedek minél objektívebben legyenek besorolhatók az alábbi alakkategóriákba; és (3) a vizsgált egyed minél gyorsabban besorolható legyen a megfelelő alakkategóriába. A számos különböző lehetséges megjelenést ennek érdekében 5 kategóriába soroltuk.

Lehetséges értékek:

- **A1:** Van egy jól definiálható, domináns vezérhajtás és ehhez tartozhatnak alárendelt oldalhajtások.
- **A2:** Van egy egyértelmű hajtástengely, de a törzs a teljes magasság fele fölött jól definiálható pontban elágazik, és az eredeti (vagy feltételezhető) vezérhajtás helyén néhány (2-5) egyenrangú (közel azonos hosszúságú és fejlettségű) hajtás vagy hajtásrendszer található.

- **A3:** Az előbbieknél diverzebb kategória, amely a közepes vadhatást, illetve egyéb stressztényezők mérsékelt hatását jelzi. A következő alaktípusok sorolandók ide:
 - Az egyed tőnél, legfeljebb kétfelé ágazik el és a két hajtás közel azonos kiterjedésű (a hajtáshossz, hajtásszám, levélszám legfeljebb 30%-kal tér el).
 - A törzs a teljes magasság alsó felében elágazik, több egyenrangú, közel azonos kiterjedésű hajtása, hajtásrendszere van.
 - A törzs a teljes magasság felső felében ágazik el, de a csúcsi hajtások már több, mint harmadrendű ágakon találhatóak.
 - Ide soroljuk azokat az egyedeket is, akiknél nincs több összemérhető hajtás, de látszik, hogy nagyon sok elágazásnak kellene lennie, de már csak csonkok látszanak.
- **A4:** Cserjeszerű megjelenés, azaz az egyed a tő környékén (közvetlenül a talajszint alatt vagy felett néhány centiméterrel) többszörösen elágazik, és háromnál több egyenrangú és közel azonos hajtása van.
- **A5:** Rövid, torzult hajtások, kis magasságához képest nagy tőátmérő, azaz torz vagy „bonsai” (lásd. Bobiec *et al.* 2011) megjelenésű.

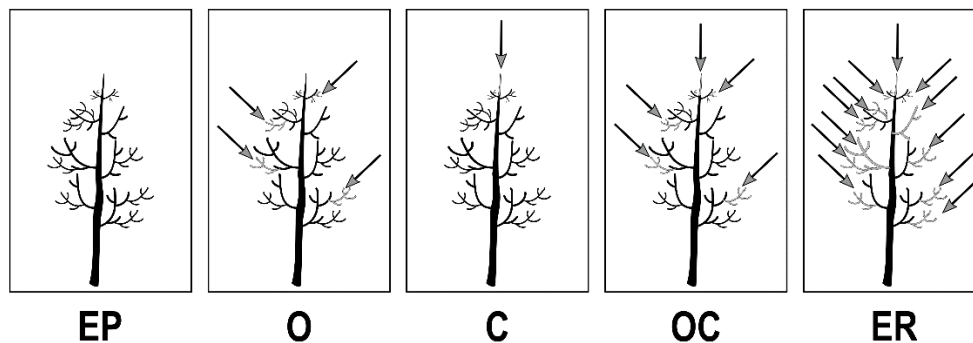


11. ábra: Az egyes alakkategóriák tipikus megjelenési képe. Az alaktípusok (A1-A5) leírása a szövegben.

- **rágás jellege:** Célja a rágás helyének és intenzitásának, azaz vadhatás mértékének becslése. A változó a növényegyeden található rágások helyét és mennyiségét egyaránt jellemzi, rögzítésével a rágottság súlyosságáról kapunk képet. Csak az egyértelmű rágási felülettel rendelkező hajtásokat tekintjük rágottnak. Amennyiben a növényen egyértelműen beazonosítható, nyúltól származó rágásnyom van, azt szintén rágottnak vesszük, de a nyúlrágás tényét külön változóban rögzítjük.

Lehetséges értékek:

- **EP:** ép, nem rágott;
- **O:** csak az oldalhajtások;
- **C:** csak a csúshajtás;
- **OC:** csúshajtás és oldalhajtások <50%-a rágott;
- **ER:** a csúshajtás és az oldalhajtások >50%-a rágott.

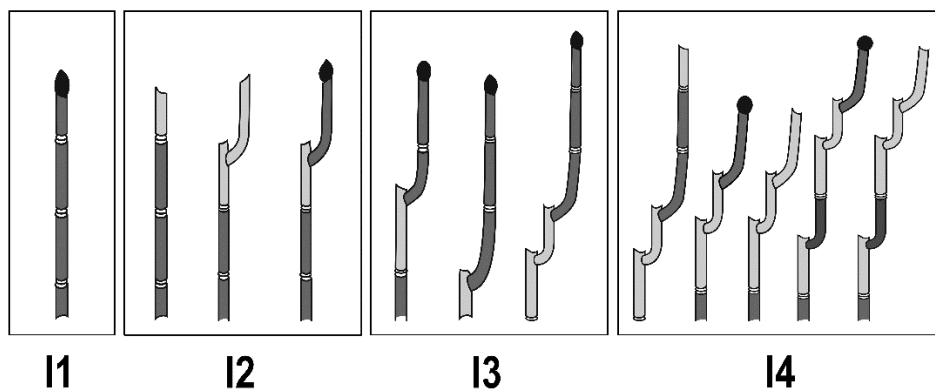


12. ábra: A rágottság jellege változó lehetséges értékei és grafikus magyarázata. EP: az egyed ép, nincs nyoma rágottságnak; O: csak az oldalhajtások rágottak; C: csak a csúcshajtások rágottak; OC: a csúcs és az oldalhajtások egy része (<50%) rágott; ER: a csúcshajtás és az oldalhajtások nagy része (>50%) rágott. A rágott hajtásrészek szürkével jelöltek, helyüket nyilak jelölik. Az egyes kategóriák leírása a szövegben.

- **idő:** Célja az adott csemetét érő rágási események folytonosságáról, valamint becült idejéről információt rögzíteni. Megadja, hogy az adott rágottsági és/vagy morfológiai állapot csak az adott évre jellemző, korábbi rágás, vagy esetleg folyamatos (több éves) rágás eredménye. Mivel a rágási események pontos idejét sokszor nem lehet egyértelműen azonosítani, csak „friss” és „rég” rágást különítünk el, ahol a friss kb. egy éven belüli esemény, a régi pedig azon túli, ami vélhetően mégis hatással volt az egyed növekedésére, habitusának alakulására.

Lehetséges értékek:

- **I1:** nem rágott;
- **I2:** frissen rágott (az utóbbi évben jól láthatóan rágott volt);
- **I3:** friss rágás nem látható, de látható rajta olyan rágásnyom, ami (átmenetileg) visszavetheti az egyed fejlődését (korábban rágott volt);
- **I4:** folyamatosan, több évre visszamenőleg rágott.



13. ábra: A vizsgált egyed rágottságának időbeli változását leíró „idő” változó grafikus magyarázata, néhány tipikus megjelenése. A csúcscrügy hiánya az adott tárgyévi rágást szimbolizálja. I1: nem rágott; I2: frissen rágott; I3: rágott, de a rágásnyom nem friss; és I4: folyamatosan, több évre visszamenőleg rágott egyedek.

- **egyéb kár:** Célja az újulati egyedekért minden egyéb káresemény rögzítése. Minden, rágástól eltérő, de az újulati egyed életmenetét vélhetően erősebben befolyásoló kárt ebben a változóban rögzítünk. Ilyenek pl.: kéregkár, lisztharmat fertőzés, beszáradt vezérhajtás, erőteljes hernyórágás, lombrágás stb.

Lehetséges értékek:

- **0:** nincs
- **1:** van

3.2.2. Adatfeldolgozás

Az elemzésbe bevont fajok közül elegendő egyedszámúnak bizonyult és minden kezelésben hasonló mintaelemszámmal fordult elő a kocsánytalan tölgy (53 pár), a gyertyán (34 pár) és a virágos kőris (49 pár). A többi, általában cserjealkatú, erőteljes vadnyomás alatt álló fajt (egybibés galagonya, húsos som, bibircses kecskerágó, vadrózsa, mezei juhar) egy „cserje” kategóriába összevontan elemeztem (összesen 39 pár). A feldolgozáskor 5 év (2014-18) őszi felvételinek adatait használtam fel. A mért növekedési tulajdonságok esetében az elemzésekhez az éves növekményt (pl. hajtáshossz-, tőátmérő-növekedés) használtam, amit az adott és az előző tárgyevi változók különbségeként származtattam.

A növekedési tulajdonságok esetén a vadkizárás és az erdészeti kezelések együttes hatásának vizsgálatát, fajonként külön, lineáris kevert modellek segítségével végeztem (Faraway 2006). A modellekben fix hatásként a vadkizárást, a kezelést és az évet, illetve ezek páros interakcióit, random faktorként az egymásba ágyazott blokk/egyedpár/kizárás hatását használtuk a blokkhatás, valamint az ismételt mintavétel kezelése érdekében. Az adatfeltárást és modellépítést Zuur és mtsai. (2010) protokollja alapján végeztem, ahol a modell reziduálisainak normalitása sérült, a függő változókat transzformáltam. A modellek illeszkedését determinációs koefficiens (*likelihood-ratio* teszten alapuló pseudo-R²; Bartoń 2016), devianciaanalízis (F-statisztika; Faraway 2006) és grafikus diagnosztika segítségével jellemeztem. Az egyes kezelés-vadkizárás kombinációkra páronkénti többszörös összehasonlítást végeztem (Tukey-teszt, $\alpha=0,05$).

A kategóriális változók elemzéséhez – a vadkizárás hatásának teszteléséhez – G-teszten alapuló függetlenségvizsgálatot végeztem (McDonald 2014). Ennek során évenként hasonlítottam össze a változók egyes szintjeinek gyakoriságát a bekerített és a vad számára hozzáférhető részmintákon.

Az elemzéseket R 3.5.0 környezetben végeztem (R Core Team 2018). A kevert modellekhez az „nlme” (Pinheiro *et al.* 2018), a determinációs koefficiensek meghatározásához a „MuMIn” (Bartoń 2018), a páros összehasonlításokhoz az „emmeans” (Lenth 2018), a függetlenségvizsgálathoz a „DescTools” (Signorell *et al.* 2018) csomagokat használtam.

3.3. Eredmények és megvitatásuk

3.3.1. A növekedési tulajdonságok változása

A lineáris kevert modellek eredményeit az 1. táblázatban foglaltam össze. A modelleredmények alapján megállapítható, hogy a vadkizárás hatása a kocsánytalan tölgy hajtáshosszára és levélfelületére, a gyertyán hajtáshosszára, valamint az összevont cserjekarakterű fajok minden változójára nézve szignifikánsnak bizonyult. A virágos körísnél egyik változó esetén sem volt kimutatható a bekerítés hatása.

1. táblázat: A fajokonként számolt növekedési tulajdonságok éves változására épített lineáris kevert modellek eredményei. A modellek magyarázó változóhoz tartozó F-értékek szignifikanciáját a következő módon jelöltem: *: $p < 0,05$; **: $p < 0,001$, ***: $p < 0,0001$. A szignifikáns eredmények F értékeit félkövérrel szedtem. A használt rövidítések: h: hajtáshossz-növekedés; LA: levélfelület-növekedés; d: töltmérő-növekedés; n: hajtásszám-növekedés; KTT: kocsánytalan tölgy; GY: gyertyán; VK: virágos köris; CSRJ: cserjealkatú fajok. Az alkalmazott transzformációkat a változó mellett tüntettem fel.

Faj	Függő változó	Modellek			Kizárás	Kezelés	Év	Kizárás: Kezelés	Kizárás: Év	Kezelés: Év
		Chi ²	p	R ² _{LR}	F	F	F	F	F	F
KTT	h ^(sqrt)	174.149	<0.0001	0.4396	16.125 **	17.819 ***	12.762 ***	3.594 *	1.920	6.237 ***
	LA ^(ln)	162.719	<0.0001	0.4049	4.883 *	12.120 ***	15.806 ***	1.709	1.810	6.746 ***
	d ^(sqrt)	116.099	<0.0001	0.3176	1.989	16.960 ***	7.526 **	2.087	0.529	3.261 **
	n ^(sqrt)	83.372	<0.0001	0.2291	0.956	7.892 **	5.673 **	1.098	1.369	2.760 *
GY	h ^(sqrt)	149.472	<0.0001	0.515	23.217 **	15.165 ***	21.875 ***	1.193	1.669	2.839 *
	LA	102.642	<0.0001	0.3575	0.970	1.788	19.232 ***	1.484	3.138 *	2.696 *
	d ^(sqrt)	103.467	<0.0001	0.4189	0.798	18.812 ***	10.559 ***	0.765	0.904	2.118 *
	n	147.692	<0.0001	0.4609	1.118	0.570	42.453 ***	0.666	4.889 *	2.696 *
VK	h	160.812	<0.0001	0.4539	3.129	12.317 ***	14.464 ***	1.289	1.130	7.623 ***
	LA	61.222	0.0002	0.2155	2.470	6.130 **	0.170	1.160	0.790	2.470 *
	d	117.659	<0.0001	0.3668	0.849	30.121 ***	1.374	0.838	0.581	3.705 ***
	n	64.252	0.0001	0.1929	0.536	10.270 ***	2.926 *	0.144	1.060	1.613
CSRJ	h ^(sqrt)	132.646	<0.0001	0.5243	31.805 ***	11.086 ***	7.599 **	4.063 *	0.993	4.051 **
	LA ^(ln)	79.861	<0.0001	0.2276	2.900 *	0.300	4.700 *	0.200	0.300	5.200 ***
	d ^(ln)	61.065	0.0002	0.2859	5.370 *	5.118 *	1.152	1.794	1.609	1.857 *
	n ^(ln)	110.237	<0.0001	0.3001	4.641 *	0.733	6.107 **	0.058	1.569	7.469 ***

A fahasználatnak a kocsánytalan tölgy és a virágos kőris összes biomassza-változójára, valamint a gyertyán és a cserjefajok hajtáshosszára és tőátmérőjére volt erőteljes hatása. A gyertyán és a cserjék esetén a hajtásszám és a levélfelület változása nem reagált a fahasználatokra, a hossznövekedés és a vastagodás viszont igen.

A fahasználatok óta eltelt idő hatására szignifikáns eltérést mutat a kocsánytalan tölgy és a gyertyán összes változója, valamint a virágos kőris hajtáshossza és hajtásszáma, illetve a cserjefajok hajtáshossza, levélfelülete és hajtásszáma. A virágos kőris levélfelülete és tőátmérője, valamint a cserjefajok átmérője nem reagált számottevően az eltelt időre.

Megállapítható továbbá az F-értékek alapján, hogy az újulat növekedési tulajdonságaira általában az erdészeti kezelés és a kezelés óta eltelt idő erősebben ható tényezők, mint a vadkizárás.

A legtöbb növekedési tulajdonság éves növekménye a tarvágásban és a lékben volt a legnagyobb mértékű, a két kezelés egymáshoz képesti sorrendje azonban fajonként változhat. Ennek hátterében főként a tarvágásban és a lékekben tapasztalható talajnedvesség- és fénytöbblet állhat (Kovács *et al.* 2018), amely gyorsabb növekedést tesz lehetővé. Chaar és mtsai. (1997) hasonló eredményre jutottak kocsánytalan tölgygel folytatott kísérletükben. A fahasználatok a cserjealkatú fajokat érintették legkevésbé, esetükben a vadkizárás hatása bizonyult a legerősebb ható tényezőnek.

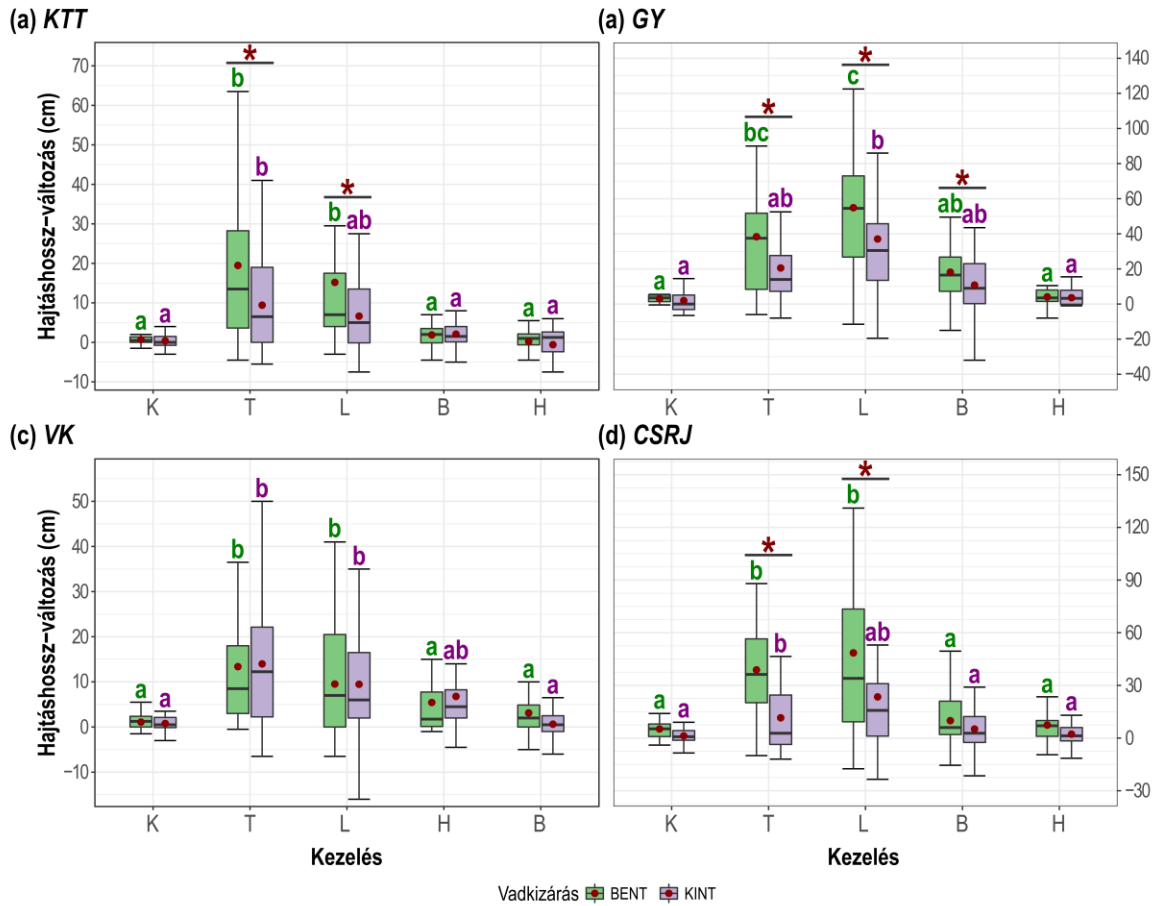
A kezelésen kívül fontos faktor volt a vadkizárás és az erdészeti kezeléseik óta eltelt évek száma is. A vadkizárás hatása – a virágos kőris kivételével – szignifikáns volt az egyedek hajtásnövekedésére. Terepi tapasztalataim alapján a virágos kőris hosszanti növekedését kevésbé befolyásolja a vadragás; inkább a hajtások és a levelek számának növekedését okozza. Ezt azonban az elemzések nem igazolták, a virágos kőris mért növekedési tulajdonságaira nem volt kimutatható, szignifikáns hatása a vadkizárásnak. Ennek egyik oka az lehet, hogy a vizsgálat során nem válik el a rágás hajtásszámot és levélfelületet csökkentő hatása a rágást követő elágazás hajtásszámot és levélfelületet növelő hatásától (vö. kompenzációs növekedés: Guillet & Bergström 2006). Ez a két hatás a tavaszi és őszi adatok összevetésével bizonyos mértékben szétválasztható lehet. Ezek mellett a kocsánytalan tölgy levélfelület-növekedése is szignifikáns eltérést mutatott a bekerítés hatására. Ez összhangban van Drexhage és Colin (2003) vizsgálatával, amelyben a kocsánytalan tölgy levélfelületének (illetve hajtáshosszának, rügytömegének, stb.) rágás hatására való csökkenését igazolták.

Fontos megjegyezni, hogy a vizsgált fajok növekedési sajátságai jelentős mértékben eltérnek. A gyertyán például bolygatás nélkül is nagy hajtásszám-növekedést produkál, míg egy érintetlen tölgy vagy virágos kőris egyed hosszú évekig élhet egy hajtással (Collet *et al.* 1997). Emiatt az egyes fajok bekerítésre adott válasza eltérő volt. A legerősebb reakciót a vadkizárásra a cserjekarakterű fajok adták. Ezeknek a vizsgált fajok közül egyedülként minden növekedési tulajdonsága erőteljesen reagált a bekerítésre. Ennek oka elsősorban nem az, hogy a cserjekarakterű fajok érzékenyebbek a rágás hatására, hanem hogy nagyobb arányban rágottak a többi fajhoz képest. Azt, hogy a patások preferenciát mutatnak a cserjefajok és elegyfajok irányába, számos vizsgálat kimutatta (Szmidt 1975, Boulanger *et al.* 2009, Bobiec *et al.* 2011). Ennek megfelelően a vadkizárás hatására, az erős vadnyomás alól felszabadulva ezek az egyedek mutatták a legnagyobb hossznövekedést és biomasszaprodukciót. Mivel ezeket a fajokat érzékelhetően nagyobb arányban fogyasztják a vadfajok, feltételezhetjük, hogy ha az erdők cserjeszintje fejlettebb és változatosabb lenne a jelenleginél, illetve nagyobb arányban tartalmazná ezeket az elegyfajokat, az védő hatást biztosíthatna az állományalkotó fajok újulatának, amelyek rügeinek táplálkozási értéke csekélyebb (Boulanger *et al.* 2009). Ennek megfelelően az elegy- és cserjefajoknak nemcsak természetvédelmi szempontból, de a célfaj újulatának védelme szempontjából is kiemelt jelentőségük van (vö. Jensen *et al.* 2012).

Ezeket túl megfigyelhető, hogy a virágos kőris levélfelületén, illetve a cserjefajok és a virágos kőris tőátmérőjén kívül minden változó szignifikáns növekedést mutat az évek előrehaladtával.

A fentiekben vizsgált összefüggéseket a legmarkánsabb választ adó növekedési tulajdonság, az éves hajtáshossz-növekedés 2014-2018 közötti átlagos változásán keresztül mutatom be részletesebben (14. ábra).

A 14. ábrán is megfigyelhető, hogy az egyedek növekedésének mértékére a kezelésnek van a legnagyobb hatása. Jól látható, hogy azokban a kezelésekből (tarvágás és lék), ahol a termőhelyi változók (fény és talajnedvesség viszonyok) jelentősebb éves növekedést tettek lehetővé, a bekerítés hatására jelentkező különbség is érvényesülni tudott – szemben a zártabb viszonyokat fenntartó kezelésekkal (kontroll, hagyásfacsoport, és esetenként bontás).



14. ábra: A kezelések és vadkizárás hatása a négy vizsgált faj (illetve fajcsoport) éves hajtáshossz-növekedésére. Bal oldalon (zöld) a bekerített, jobb oldalon (lila) a be nem kerített egyedek mediánja (vízszintes vonal), interkvartilis terjedelme és átlaga (piros kör). A páronkénti többszörös összehasonlítás alapján (Tukey-teszt, $\alpha < 0,05$) az eltérő betűk az egyedek szignifikáns különbségét mutatják az egyes kezelések között, a vadkizárás szintjeit külön elemezve (lila: vad számára hozzáférhető egyedek; zöld: elkerített egyedek). Az egy kezeléson belül, a bekerítés hatására jelentkező szignifikáns eltéréseket csillaggal jeleztem.

Eredményeink egybecsengenek például Kupferschmid és mtsai. (2014) kutatásával, akik kimutatták, hogy a közönséges jegenyefenyő (*Abies alba*) újulati egyedei a megvilágítás mértékétől függően képesek reagálni az őket érő rágásra. Baraza és mtsai. (2010) kimutatták továbbá, hogy a különböző fajok eltérő mértékben képesek kompenzálni biomasszanövekedésükkel a rágás hatását; amely hatást a megvilágítási viszonyok tovább modulálnak. Ehhez hasonlóan szignifikáns különbséget mutattunk ki vadkizárás hatására a tölgy, a gyertyán és a cserjefajok hajtásnövekedésében a tarvágásban és a lékben. Emellett a gyertyán esetén a bontásban lévő párok növekedésében is szignifikáns a különbség. A cserjefajok esetén, a terepi tapasztalataink alapján, a bontásban és a hagyásfacsoportban esetén is különbséget vártunk, ez azonban az adott időintervallumban nem volt szignifikáns.

A virágos kőris esetén ugyanakkor egyik kezelésben sem okozott jelentős különbséget a vadkizárás. Ennek oka vélhetően a virágos kőris már említett növekedési sajátossága.

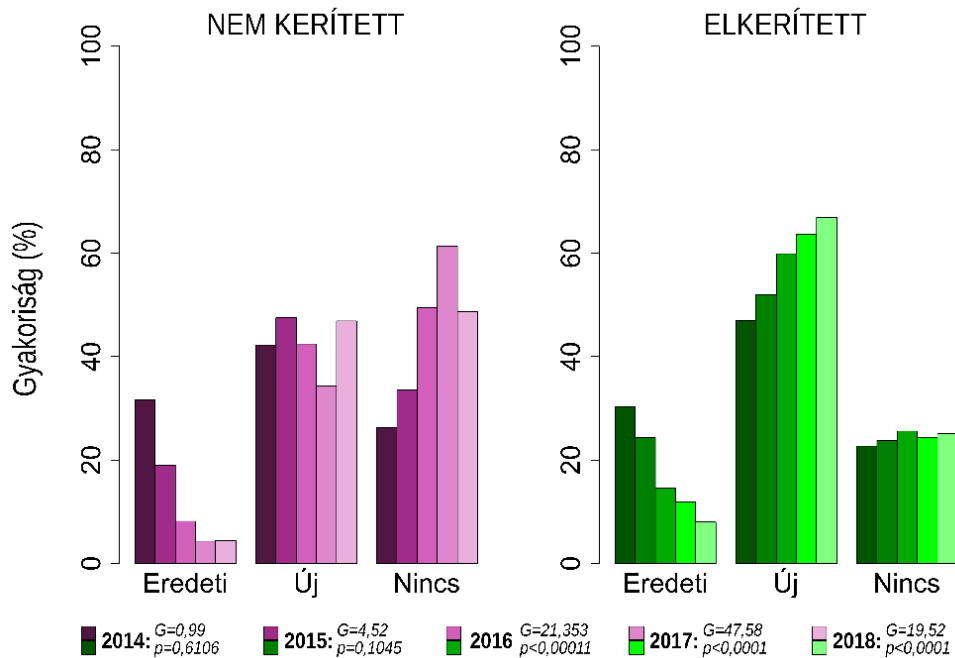
A lékben és a tarvágásban tapasztalható erőteljes növekedés oka a rendelkezésére álló talajnedvesség- és fénytöbblet, amelynek hatásra az újulati egyedek erőteljesebben növekedtek (Chaar *et al.* 1997). A hagyasfacsoportban lévő egyedek minden esetben a kontrollhoz hasonlóan lassú növekedést mutattak. Ennek az lehet az oka, hogy a maradó faegyedek jelentősen árnyékolnak és a párologtatásuk révén a szárító hatásuk is jelentős. A bontás általában köztes kezelésnek bizonyult, a növekedés nagyobb mértékű, mint a kontrollban, de a különbség sehol sem szignifikáns.

A fahasználatok és a vadhatás együttes vizsgálatából leszűrhető néhány tanulság az erdőgazdálkodói gyakorlatra nézve. A 4 éves adatsor alapján az egyedek éves hossznövekedése (és zöld biomasszaprodukciója is) a vágásterületen és a lékekben volt a legnagyobb mértékű, így a felújulás itt tekinthető a legsikeresebbnek. Mivel a kocsánytalan tölgy regenerációja (amit e két változóval közelítettünk) nem szignifikánsan lassabb a lékben, mint a vágásterületen, a tölgy örökerdő üzemmódban, egy fahossznyi átmérőjű lékek kialakításával is sikeresen felújíthatónak tűnik – a pilisi mintaterületre jellemző termőhelyi viszonyok mellett. Hasonlóan tanulságot fogalmaznak meg a kérdésben Burián és mtsai. (2010) és Csépanyi (2019) a tölgyes állományok lékes felújíthatóságával kapcsolatban, noha bizonyos egyéb feltételek biztosítására is szükség lehet. Mivel a lékekben kialakuló humid mikroklíma, magasabb talajnedvességtartalom és kisebb mértékű féynövekmény a mezofil fajok (pl. gyertyán, bükk) növekedésének kedvez, ezért szükséges lehet örökerdő üzemmód esetén a célfaj megsegítése (Lett & Stark 2018).

Lékekben és tarvágásban is egyaránt lehet alapozni a már jelenlévő természetes újulatra – a diszperzió érthető okokból meglehetősen limitált bizonyos célfajok esetében –, de oda kell figyelni az újulat védelmére, mivel a lékekben a vadhatás fokozott lehet (Kujiper *et al.* 2009). Minél nagyobb a lékméret és minél homogénebb és táplálékszegényebb a környező állomány, ez a hatás annál erőteljesebb lehet. Az újulat védelmére egy kézenfekvő megoldás a bekerítés, azonban természetvédelmi szempontból is kedvezőbb alternatíva lehet, ha fajgazdagabb, a vad által preferált cserjefajokban gazdag újulati szintet tartunk fenn, amely képes a célfajra irányuló vadnyomást csökkenteni (Jensen *et al.* 2012).

3.3.2. A vadkizárás hatása a kategoriális változókra

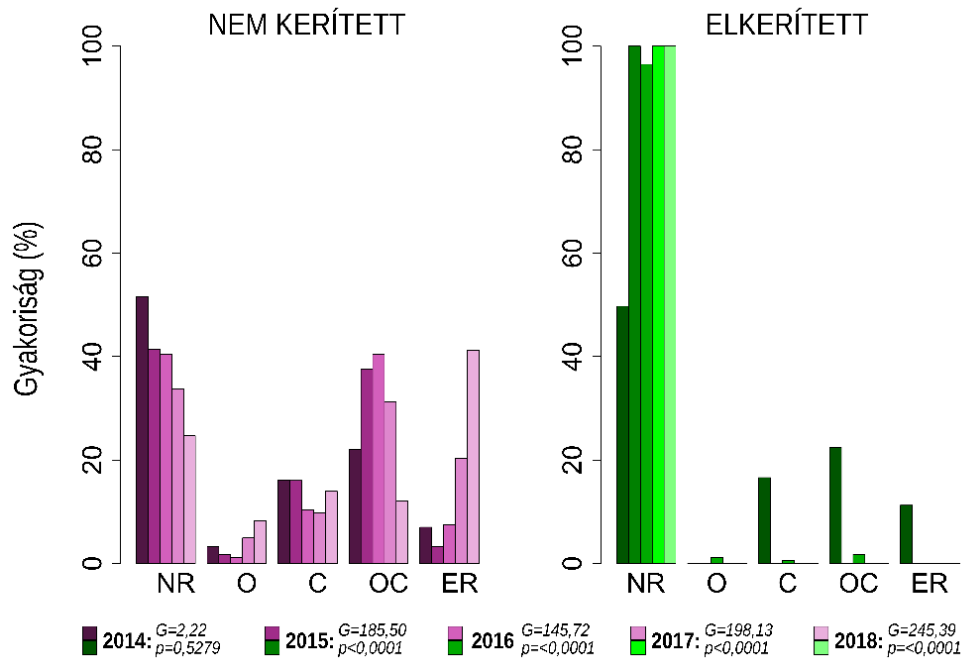
A saját vadhatásvizsgálati módszertanunk kategoriális változóinak elemzését az összes vizsgált faj bevonásával végeztem. Megállapítható, hogy az egyes kategóriák aránya az idő előrehaladtával jelentősen változott: a bekerített térszemen az egyedek a kisebb vadhatást jelző kategoriák felé mozdultak el, míg a be nem kerített részen erősebb vadhatást tapasztaltunk. Ezek a változások nyomon követhetők a 15-18. ábrákon.



15. ábra: A vezérhajtások arányának változása az évek folyamán, vadkizárás szerinti bontásban.

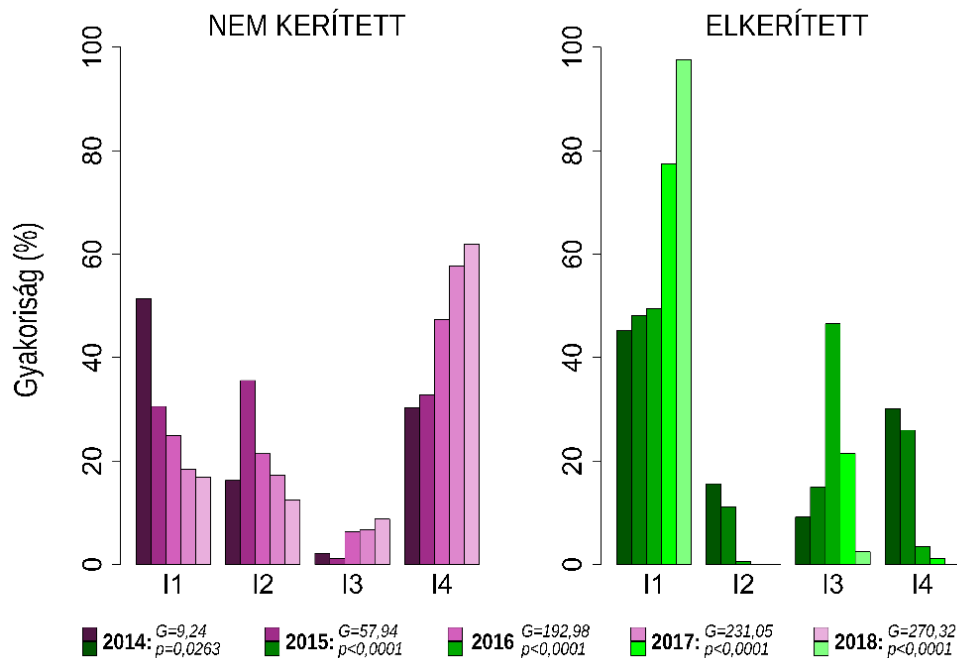
A 15. ábrán látható, hogy az egyértelműen azonosítható vezérhajtások aránya időben a bekerítetlen egyedek esetén erőteljesen csökkent. Mivel a kijelöléskor az egyedek jelentős része 20 cm alatti volt, azokat kevésbé érintette a vadragás – többségük rendelkezett vezérhajtással –, az egyedek növekedését követően a vadnyomás is megnőtt. Ezt mutatja az ép vezérhajtás nélküli egyedek arányának változása is. Az eredeti vezérhajtások aránya az elkerített egyedek esetében is csökkent – de ennek mértéke kisebb volt –, ezzel szemben az új vezérhajtások aránya nőtt. Ennek hátterében számos hatás állhat; a csemeték ki voltak téve egyéb károsító hatásoknak (pl. szárazságstressz, hernyórágás, stb.), amelyek a nagyvadak jelenléte nélkül is előidézik az eredeti vezérhajtás elvesztését. Ugyanakkor az új vezérhajtások arányának növekedéséből látható, hogy a bekerített egyedek többségénél a vezérhajtás szerepét átvette egy korábbi oldalhajtás. A vezérhajtás nélküli egyedek aránya itt csak kis mértékben, aminek két oka lehet. Egyrészt bizonyos cserjealkatú fajok eleve nem rendelkeznek jól definiált vezérhajtással, ezek a mintában folyamatosan jelen

vannak. Másrészt a múltban erős károsításnak kitett egyedek esetében a vizsgálat eddig eltelt négy vegetációs időszaka nem volt elég a regenerálódáshoz, új vezérhajtás növesztéséhez.



16. ábra: A rágás jellegének alakulása az évek folyamán, vadkizárás szerinti bontásban. NR: nem rágott, O: csak az oldalhajtások rágottak; C: csak a csúchajtás rágott; OC: a csúcs- és az oldalhajtások is rágottak; ER: „erősen rágott”, a hajtások több mint fele rágott.

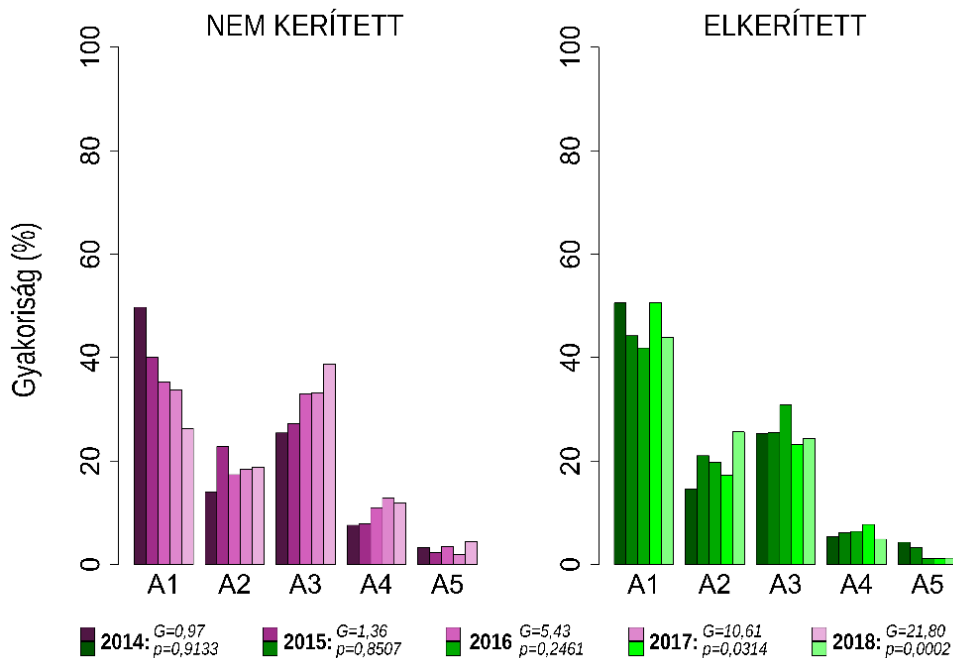
Az 16. ábrán a rágás jellegének változása látható. Ahogy vártuk, a nem rágott egyedek aránya az elkerített részen egyértelműen nőtt, azon kívül csökkent. Megfigyelhető, hogy az eltelt idő függvényében a különböző szintek gyakorisága az enyhébb rágástól a súlyosabb kategóriák felé mozdult el (O→C→OC→ER) a vad által hozzáférhető részen. A bekerítés után a vadtól elzárt területen is észlelhető néhány rágott egyed. Ennek az oka, hogy egyrészt 2015 telén bizonyos mintaterületeken mezei nyúl (*Lepus europaeus*) végzett károsítást – ami miatt a következő szezomban a vadkizáró kerítéseket kisebb rácsméretű hálóval is el kellett látni –, másrészt pedig bizonyos egyedek a vadkizárás hatására olyan mértékű növekedést mutattak, hogy egy-két év alatt a vad számára elérhetővé váltak – akár a kerítésen oldalirányban kinőve, akár az állat által a kerítés fölött benyúlva.



17. ábra: A rágottság időbeliségének alakulása az évek folyamán, vadkizárás szerinti bontásban. I1: nem rágott, I2: csak az utóbbi 1-2 évben rágott, I3: az utóbbi két évben nem rágott, de korábban az volt; I4: évekre visszamenőleg folyamatosan rágott.

A 17. ábrán a rágottság időbeli alakulását ábrázoltam. Jelen vizsgálat esetén ennek a változónak nincs jelentősége, mivel éves rendszerességgel nyomon követem a rágottság alakulását, de állapotfelméréseknél kifejezetten hasznos lehet. A feltételezéseknek megfelelően az el nem kerített részen a nem rágott egyedek aránya csökkent, a folyamatosan visszarágott egyedek aránya pedig erőteljesen megnövekedett. Az elkerített részen a nem rágott egyedek aránya jelentős mértékben nőtt, ugyanis, ha a korábbi rágások nyomából már nem állapítható meg egyértelműen a rágottság ténye, akkor az egyedet nem rágottnak minősítettem.

A 18. ábrán a csemeték alakkategóriáinak változásai láthatók. Az egyedek alakjának változásai kevésbé mutatják az eltelt idő és a bekerítés hatását, mint a többi változó. Míg a többi esetén már az első, vagy legfeljebb a második évben szignifikáns különbséget látunk a kategóriák eloszlásában, addig az alak esetén ezt először csak a 2018-as évben tapasztaljuk (4 év után).



18. ábra: Az egyedek alakjának alakulása az évek folyamán, vadkizárás szerinti bontásban. A1: egyenes, A2: csak a teljes magasság fele fölött ágazik el (kevés elágazás), A3: a teljes magasság fele alatt ágazik el (több egyenértékű hajtásrendszer), A4: közvetlenül a talajnál több hajtásrendszerre ágazik el (cserjealkatú), A5: sok rövid, fejletlen hajtás, a tőátmérőhöz képest rendkívül alacsony egyed („bonsai” – Bobiec et al. 2011, „torz” – Katona et al. 2013 vagy „életképtelen” – Kenderes & Standovár 2007).

Az alak tehát csak jelentős késleltetéssel reagáló, konzervatív változó, továbbá ennek oka az is, hogy adott növény jellemző alakja, rágásra adott válasza erősen fajspecifikus. Ez alapján megállapítható, hogy az alak önmagában a rágottság leírására csak körültekintéssel alkalmazható. Az ábrán jól látszik, hogy a kerítetlen részen az „A1” kategória aránya csökkent, a többié nőtt. A kerítésen belül ezek aránya nagyjából stagnált, ugyanakkor az „A5” kategória aránya csökkent. Ez azt is mutatja, hogy a növények még visszafordíthatatlannak tűnő károsodást is képesek kinőni, ha a vadnyomás megszűnik.

3.4. Konklúziók

Vizsgálatom eredményeiből kiderül, hogy az újulati egyedek növekedésére általánosságban véve legerősebben hat az erdészeti kezelés. Vizsgálatunkban a lék és a tarvágás esetében tapasztaltunk elsősorban különbséget a vizsgált egyedek növekedési tulajdonságaiban. Az ebben a két kezelésben megjelenő fény- és talajnedvesség-többlet járul hozzá legnagyobb mértékben a fásszárú újulat növekedéséhez. Ezen felül erős (pozitív) hatása van a növekedésre a vadkizárásnak is. A virágos kőrist kivéve minden faj esetén van olyan

növekedési változó, amely szignifikáns eltérést mutat a bekerítés hatására. Feltételezhető továbbá, hogy az említett két kezelés közül a tarvágásban a nagyvadak rágásának hatása erőteljesebben jelentkezik.

Megállapítható, hogy a vadhatás a területre jellemző elegy- és cserjefajokat érintette legerősebben, ezért felmerülhet, hogy az egészséges cserjeszint fenntartása nem csak természetvédelmi célból indokolt, de gazdasági szempontból is fontos lehet.

Kutatásom során kidolgoztunk egy saját vadhatásvizsgálati protokollt is, mivel az irodalomban elérhető módszerek jelentős része vagy csak egy aspektus – rendszerint a csúcscrügy épsége – alapján ad a vadhatásról becslést vagy az egyes szempontokat nem választja szét, a kategóriákat nem definiálja megfelelően. Ennek következtében elsősorban Brassel és Lischke (2001), Katona és mtsai. (2013), Kenderes és Standovár (2007) munkái, illetve saját terepi tapasztalataink alapján állítottuk össze becslési módszertanunkat, amelyet dolgozatomban is ismertettem. Az általunk kidolgozott módszer nem csak a vadhatás mértékéről, de az újulati egyedek általános életképességéről is információt ad. Távlati terveink között szerepel egy, a módszerhez tartozó „vitalitási index” kidolgozása, amely egy számértékkel összegzi a csemeték vizsgálatának különböző aspektusait, és amely súlyozható a felhasználó céljaitól függően. Így ezzel nem csupán egy újulati egyed általános ökológiai, vagy akár erdészeti értéke lenne jellemezhető, de az egyedi értékek átlagolásával egy teljes állomány újulatának állapotáról is információt adna.

4. MÓDSZERTANI FEJEZET: ERDŐK A BIOLÓGIA TANÍTÁSÁBAN

Ebben a fejezetben bemutatom az oktatási tevékenységet szabályozó dokumentumok egymásra épülését és azok tartalmának az ökológia tárgyköréhez kapcsolódó elemeit, majd bemutatok egy általam kidolgozott, 4 tanórából álló tematikus egységet, amely a hazai erdei életközösségek példáján, változatos módszerekkel dolgozza fel az ökológia legfontosabb ismereteit.

4.1. Az oktatási folyamat többszintű szabályozása

Az alapfokú és középfokú nevelés-oktatáshoz való hozzáférés ingyenes biztosítása a magyar állam közszolgálati feladata (2011. évi CXCV. tv.). Hogy ennek feltételrendszere teljesülhessen, a köznevelési intézményekben folyó oktatási munka alapjai állami szabályozás alatt állnak. Ez a kontroll több szinten valósul meg, meghatározva az oktatási folyamat formai és tartalmi követelményeit, de meghagyva a pedagógusok viszonylagos szabadságát.

Az nevelési-oktatási munkát szabályozó dokumentumok közül legáltalánosabb érvényű a Nemzeti Alaptanterv, amelynek jelenleg hatályos változatát 2012-ben adták ki (NAT 2012). Ez az oktatási folyamat egészét szabályozza, műveltségi területenként adja meg az elsajátítandó tananyagtartalmakat, fejlesztendő készségeket és nevelési célokat (Polyecska 2016). Ezt követik a kerettantervek, amelyek konkretizálják az egyes tantárgyakra vonatkozó tudáselemeket, képzési szakaszonként óraszámokkal is meghatározzák az azok elsajátításának rendjét, időigényét. A kerettantervek figyelembe veszik a különböző iskolatípusok képzési sajátosságait, így eltérő részletességgel, és hangsúlyozással tárgyalnak bizonyos tananyagrészeket. Ilyenformán külön kerettanterv rendelkezik a gimnáziumi, szakgimnáziumi vagy szakközépiskolai oktatásról, de rendelkeznek kerettantervvel a felnőttképzések, a Köznevelési Hídprogramok is (22/2016. (VIII. 25.)). Ezek közül jelen fejezetben a gimnáziumi kerettantervekkel fogok részletesebben foglalkozni. A hierarchiát tekintve ezek alatt helyezkednek el a helyi tantervek, amelyekben az intézmények élhetnek a kerettantervek által biztosított szabadsággal, megvalósíthatnak az iskola helyi igényeihez, jellegzetességeihez igazított célokat. A helyi tantervben rögzítik azt is, hogy az iskola az esetlegesen elérhető többféle kerettantervből (A és B) melyik változatot használja. Ezen helyi tanterv alapján készülnek el az éves tanmenetek, amelyek az oktatási folyamatot órákra, tevékenységekre lebontva tartalmazzák, és amely támpontként szolgál az éves

pedagógiai munkához. A 2016/17-es tanév forgalomban lévő, az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet (OFI) által kiadott tankönyvekhez tartoznak azokat támogató tanmenetek, melyekből az esetek többségében két változat készült; egy „normál” és egy „rugalmas” (Polyecsikó 2016). A normál inkább a klasszikus tankönyvek által meghatározott sémát követi, míg a rugalmas kerettanterv arra ad javaslatot, milyen átcsoportosításokkal, egyszerűsítésekkel lehetséges a kompetenciafejlesztés, ismétlés és gyakorlás arányának növelése a tantervben. A tanmenet elkészítésében tehát – az előírások betartása mellett – a pedagógusnak viszonylagos szabadsága van. A tanmenethez kapcsolódó dokumentumok pedig az egyes órák formai és tartalmi elemeit részletesen magukban foglaló óratervek. (Elképzelhetők még a tanmenet és az egyes óratervek közé „ékelődő” tematikus tervek is, amelyek egy téma feldolgozásának alapvető elemeit és módszereit tartalmazzák, órákra lebontva.)

Ezen hierarchikus szintek közül a NAT és a kerettantervek állnak rendelkezésre központilag, így ezek tartalmát fogom részletesebben áttekinteni.

4.2. Az ökológia és a természetvédelem alapelvei a NAT-ban és kerettantervben

A középiskolai biológiaoktatás legfontosabb céljának – a világ megismerésén és a természettudomány módszertanának elsajátításán túl – az egészségnevelést és a környezeti nevelést tartom; ezek ugyanis azok a területek, amelyek a leginkább hatással vannak a társadalmunk működésére és az emberek hétköznapi életére.

Ennek megfelelően a NAT (2012) is célként tüzi már első oldalán, hogy a felnövekvő nemzedék *„ismerje meg és értse meg a természeti, társadalmi, kulturális jelenségeket, folyamatokat”,* valamint *„tartsa értéknek és feladatnak a kultúra és az élővilág változatosságának megőrzését”.* Az élővilág változatosságának, sokszínűségének megőrzésére való törekvés tehát a nevelés-oktatás egyik legfontosabb alapelve. A fejlesztési célok és nevelési területek szintén megjelenik a testi és lelki egészségre való nevelés, valamint a fenntarthatóság és környezettudatosság kérdése. Utóbbi kapcsán cél a környezetkímélő, értékvédő attitűd elsajátítása, valamint azon társadalmi és gazdasági folyamatok ismerete, amelyek környezeti válságokat idézhetnek elő. Cél továbbá, hogy a diákok szűkebb és tágabb környezetük értékeinek védelmébe, megőrzésébe, gyarapításába aktívan bekapcsolódjanak. A köznevelési rendszer egyes feladataira vonatkozó külön szabályok között szerepel, a *„kísérletezés, a megfigyelés, a természettudományos gondolkodás differenciált fejlesztése és alkalmazása”* is.

A NAT (2012) ezen kívül rendelkezik az elsajátítandó kulcskompetenciákról is. Ezek közül jelen téma esetén a természettudományos és technológiai kompetenciát kell említeni. Ez teszi lehetővé a természet jelenségeinek, folyamatainak leírását, értelmezését, sőt, akár kimenetelének előrejelzését is, továbbá segít természetes és mesterséges környezetünk megismerésében és megértésében. A NAT (2012) külön kiemeli, hogy a kompetencia részét képezi az emberi tevékenységek természetre gyakorolt hatásának ismerete is. Ezen felül eleme a kíváncsi, de kritikus attitűd kialakítása, valamint a fenntarthatóságra való törekvés.

A fontosabb célok és kompetenciák ismertetésén túl a NAT (2012) az elsajátítandó ismereteket műveltségi területekre osztja. A biológia tárgya az „ember és természet” területen belül kapott helyet. Ennek célja a természet, és az azt vizsgáló (és alakító) ember (illetve társadalom) megismerése, és a kettő komplex kapcsolatának értő vizsgálata. A konkrét tananyagtartalmak és az elemző gondolkodás elsajátítása mellett fontos a természettel kapcsolatos pozitív attitűd kialakítása is. Emellett a NAT (2012) rendelkezik arról is, hogy a tantervben meghatározott fejlesztési feladatokat és a közműveltség tartalmi elemeit a mindennapi élet színtereihez, problémáihoz kapcsolódóan kell feldolgozni.

Az ehhez a műveltségi területhez tartozó részterületek, amelyek jelen téma szempontjából jelentősek, a „természeti erőforrások” és a „környezeti rendszerek állapota”, amely témakörök feldolgozására a diáknak képessé kell válnia. A fejlesztési feladatok is ezen kulcsfogalmak köré szerveződnek. Ide kapcsolódó fejlesztési feladatok 9-12. osztályban pl.:

- egy a fenntarthatósághoz kapcsolódó projekt munka készítése;
- az élőlények, életközösségek nyílt rendszerként való értelmezése;
- a környezet fogalmának értelmezése az élet különböző szerveződési szintjein (a sejt, a szervezet, az életközösség); lokális és globális szintű gondolkodásmód kialakítása;
- az adott problémának megfelelő szintek kiválasztása; összetett technológiai, társadalmi és ökológiai rendszerek elemzése;
- a hierarchia és a hálózatosság következményeinek elemzése élő rendszerekben; a természet egységére vonatkozó elképzelések formálása;
- a nagy élőlénycsoportok környezeti, egészségügyi és gazdasági jelentőségének elemzése
- néhány életközösség vizsgálata terepen; az időbeli változások ciklikus és lineáris folyamatainak megfigyelése, okainak feltárása; az élőlények életközösségekben betöltött szerepe az anyag- és energiaáramlásban;

- a felépítés és működés, az élettelen környezet, valamint az emberi tevékenység közti összefüggések vizsgálata, a veszélyeztetettség és a védelem lehetőségeinek áttekintése;
- egyes környezeti problémák (fokozódó üvegházhatás, savas eső, „ózonlyuk”) hatásainak és okainak megértése;
- az ember természeti folyamatokban játszott szerepének kritikus vizsgálata; a fogyasztási szokásokkal kapcsolatos ésszerű és felelős szemlélet erősítésével törekvés a tudatos állampolgárrá nevelésre.

Ezek a fejlesztési feladatok kitűnően megvalósíthatók az erdők témakörének tanítása kapcsán.

A gimnáziumi „A” kerettanterv szintén kiemeli a mindennapi élethez kötődő, hétköznapi életből vett példákon keresztül elsajátított ismeretek fontosságát. Ez teszi lehetővé később egy egészség- és környezettudatos magatartás kialakulását. A kerettanterv a gimnáziumi biológiaoktatás első évében írja elő az ökológia tárgykörének tárgyalását. Ez főként a „Kapcsolatok az élő és élettelen között” c. tematikus egység keretei között történik. Itt esik szó a populáció fogalmáról, egyes populációk elterjedésének limitációjáról és egymással való kölcsönhatásairól, szabályozási kapcsolatokról, a biológiai indikációról, valamint az életközösségek összetételéről, változatosságáról és anyagforgalmáról is.

Az általam kidolgozott 4 órás tematikus egységben főként ezeket a témákat dolgoztam fel a fenti alapelvek, célok és feladatok figyelembevételével.

4.3. Az ökológia jelenség alapú oktatásának koncepciója

Sajnos közismert tény, hogy a természettudományos tantárgyak társadalmi elutasíthatósága a legnagyobbak között van (Papp & Pappné 2000). Ebből némiképp kilóg felfelé a biológia, de a természettudományok helyzete összességében nem vad okot bizakodásra. Ennek a jelenségnek – és egyben a biológia részleges sikerének – oka azonban vélhetően nem a tananyag tartalmak minőségében keresendő, hanem annak elsajátítási módjában. A biológia éppen azért lehet sikeres, mert a természettudományos tárgyak közül a leginkább leíró jellegű, a fizika vagy kémia viszonylatában kevésbé „gondolkodásigényes”. Papp és Pappné vizsgálatában kimutatta azt is, hogy a 12. évfolyam vége felé, ahogyan egyre több komplex, megértést és fogalmi gondolkodást igénylő téma kerül elő a biológia tananyagban, úgy a tárgy népszerűsége is egyre csökken. Piaget tanuláselmélete a tanulás fejlődését négy

alapvető szakaszra osztotta (Piaget nyomán Győri 2017); a szenzomotoros szakaszra, a műveletek előtti szakaszra, a konkrét műveleti, illetve a formális műveleti szakaszra. Utóbbi kettő között a váltás Piaget szerint 12 éves kor környékén történik. Ekkor válik képessé a gyerek az igazán absztrakt gondolkodásra és mentális műveletek végzésére, külső észlelési támpontok nélkül. Ez lehetővé teszi a serdülő számára a valóságtól távol eső, elvont jelenségekről való gondolkodást, valamint gondolkodási műveletei is egyre szisztematikusabbá válnak. Részben ezt a váltást képezi le a közoktatásban a természettudományos tárgyak önálló tanításának megjelenése (a korábbi környezet-, és természetismeret helyett). Ugyanakkor a mérési adatok és a pedagógusok tapasztalatai azt mutatják, hogy a diákok mentális érettségéhez mérten esetenként az ugrás túl nagy a diszciplináris ismeretek szisztematikus tárgyalása felé, ezért a tanulási motiváció csökken (Mihályi 2001).

Ennek a problémának a felismerése már évtizedekkel ezelőtt megtörtént és megoldására is többféle forгатókönyv született, köztük például a konstruktivista és kompetencialapú oktatás térnyerésével, vagy a természettudományos tárgyak integrált oktatásával. Ennek a problémakörnek a bemutatása meghaladja jelen fejezet kereteit, de Korom és Szabó (2012) munkájában részletesen vizsgálja ennek különböző aspektusait.

A probléma egyik lehetséges megoldása az ún. jelenségalapú oktatás, amely az utóbbi évtizedekben nemzetközi és hazai viszonylatban is egyre nagyobb teret hódít. Lényege, hogy a hétköznapi életünk során észlelt jelenségeket holisztikusan szemlélve, és azoknak különböző aspektusokon keresztüli vizsgálatával jut el a tantárgyhoz köthető fontos ismeretek, készségek elsajátításáig. A megismerés mindig egy fontos kérdés, probléma megfogalmazásával kezdődik, a tanuláshoz pedig feltétele, hogy a megszerzett ismereteket a diák használja, alkalmazza a megismerés közben, amely elősegíti a következtetések levonását is. Ilyenformán a jelenségalapú oktatás természettudományos megismerés módszerének elsajátítását is szolgálja (vö. kutatásalapú tanulás, Korom *et al.* 2016).

Ideális esetben az ökológia és az erdők tárgykörének jelenségalapú oktatása természeti környezetben történik; a vizsgálati objektum sokkal alaposabb megfigyelése válik így lehetővé, újabb és újabb szempontokkal gazdagodhatunk a megismerés során. Amennyiben lehetőség van rá, mindenképp érdemes élni a lehetőséggel; ezt célozza többek közt az erdei iskola intézménye is (vö. szabad ég-iskola, Kriska & Karkus 2015). Ugyanakkor tisztában vagyok vele, hogy a hétköznapi pedagógiai munkában erre kevés lehetőség adódik, valamint a tantervi követelmények is adottak. Céлом ezért egy olyan, 4 órás jelenségalapú tantárgyblokk kidolgozása volt, amely főként a biológia eszköztárával dolgozva, annak

követelményeihez igazodik és jól beilleszthető a „reguláris” biológiaórák sorába. A motiváció fenntartását változatos eszközök és módszerek alkalmazásával igyekeztem biztosítani amellet, hogy a tananyag elsajátítása a jelenségalapú megközelítésre jellemző induktív módszert alkalmazza (Nahalka 2003).

4.4. A tervezett tematikus egység bemutatása

Az általam tervezett tantárgyblokk összesen négy tanórából áll. Az óraterveket úgy készítettem el, hogy dupla órákkal (azaz 90 perces foglalkozásokkal) számoltam. A jelenségalapú oktatásnak kedvező feltétel, ha a vizsgálat témának, projektnek tudunk szánni egybefüggően egy napot, vagy egy egész hetet, erre azonban jelen rendszerben csak ritkán adódik lehetőség. A megismerési folyamat többszöri megszakítása akadályozza az elmélyülést, nehezíti a motivációt. Éppen ezért 45 perces egységekben való kivitelezésre ez a módszer csak kompromisszumokkal alkalmas, de a realitás talaján maradvá igyekeztem az óratervet úgy összeállítani, hogy a munka minden esetben logikusan félbeszakítható legyen 45 perc után. A 90 perces azonban jelen iskolarendszerben is egy reális forgatókönyv, a természettudományos tárgyak szervezését amúgy is célszerű lehet dupla órák keretében megoldani a vizsgálatok nagy időigénye miatt, de egy-egy összevonással, illetve óracserével is könnyen kivitelezhető. Emellett fontos kiemelni, hogy a tematikus egység óráihoz nagyon fontos, hogy az iskolában elérhető legyen wifi-hálózat, valamint az arra kapcsolódni képes mobileszközök (célszerű a diákok telefonjait használni), illetve szükséges a teremben számítógép és kivetítő. Viszonylag egyenletes ugyan a digitális és az „analóg” feladatok, tevékenységek eloszlása az órákon, így ha ezek nem állnak rendelkezésre, az órák némi újratervezéssel teljesen analóggá alakíthatók, azonban a motivációt segítheti a digitális eszközök használata, valamint a digitális kompetencia fejlesztését is ellátja.

A tantárgyblokkban hazai erdőtársulásokat vizsgálunk és azok különböző aspektusaival ismerkedünk; ilyen módon az órák az induktív ismeretsajátítás módszerével dolgoznak. A gondolatmenet egy kérdéssel kezdődik: „*Mi az erdő? Mi jut róla eszedbe?*”. A tanulási folyamat első lépése tehát a diákok meglévő ismereteinek összegyűjtése ötletroham segítségével, azonban fontos, hogy teret adjunk azon nézetek, attitűdök megjelenésének is, amelyek nem kapcsolódnak szorosan a biológia tananyagához, ám a tanulók személyes viszonyulását tükrözik, és segíthetnek másokban érzelmi jellegű kapcsolatot kialakítani a témával kapcsolatban. A kérdésre adott válaszok összegyűjtésére a *Padlet* alkalmazást választottam. Így mindenki azonnal láthatja mások hozzájárulását a feladathoz, és az

eredményt („üzenőfal”) ki is lehet vetíteni. A diákoknak saját gondolataik megosztásán túl lehetőségük van egymás ötleteit is értékelni, ami szintén motivációt jelenthet.

Az ötletroham lényege, hogy „nincs rossz válasz”, de mindenképpen érdemes elkezdni az összegyűjtött ötletek értő feldolgozását, akár olyan módon, hogy a tanár a „cédulákat” valamilyen szempont szerint csoportokba rendezi, és közösen megbeszélik, melyik hova kerüljön.

A következő feladat egy fajismerettel kapcsolatos csoportmunka. A csoportalakítás és közös feladatvégzés fejleszti a társas kompetenciát, miközben a tanulók az erdei fajokkal ismerkednek. A feladat itt egyszerű párosítás (kép és név), de ha több idő áll rendelkezésünkre, a feladat kiegészíthető a fajok rövid leírásával is. Ennek ellenőrzése után a fajokról folytatott beszélgetéssel térünk rá a környezet fogalmára. A kérdve kifejtés módszerét alkalmazva rávezethetők a diákok, hogy a vizsgált fajok nem minden élőhelyen fordulhatnak elő; így felismerhetők azok a tényezők, amelyek valószínűsítik, vagy esetleg kizárják az egyes élőlények előfordulását (pl.: sivatagban nincsenek mohák, barlangban növények stb.). Ennek kapcsán felsoroljuk és felírjuk az élő és élettelen környezeti tényezőket.

A következő feladathoz egy állítást kapnak a csoportok, amely Juhász-Nagy (1986) szerint az ökológia centrális hipotézise: „Az élőlények a természetben bárhol, bármikor bármilyen mennyiségben előfordulhatnak.” A feladat, hogy saját, meglévő tudásuk alapján cáfolják az állítást. A környezeti tényezők ismeretében a „bárhol” könnyen cáfolható, azonban a „bármilyen mennyiségben” kitétel előrevetíti az erőforrások limitáltságát; a feladat, hogy a diák ezt saját szavaival fogalmazza meg. Ennek megbeszélése után vezethető be a populáció fogalma, és beszélhetők meg a populáció jellemzői. Kitérhetünk pl. az egyedsűrűségben jelentkező óriási különbségekre és ezek okaira néhány szemléletes példával (pl.: szibériai tigris, éticsiga).

Itt térünk rá a koreloszlás elemzésére korfa segítségével páros munkában, amely az érettségi követelményrendszerben is kiemelt tananyagelem. Itt megvalósítható például a földrajzzal való tantárgyi koncentráció, mivel a társadalomföldrajznak is fontos eleme a korfák alakjának elemzése. Ehhez a 2010-es középszintű földrajz érettségi egy módosított feladatát választottam. Ha a korfák alakját és az ez által jelzett társadalmi típusokat nem tanulták, a megadott segédanyagban telefonjuk segítségével könnyen utánanézhhetnek. Tanulásként mindenképpen érdemes megállapítani, milyen előnyei és hátrányai lehetnek egy öregedő társadalomnak (populációnak).

Az óra hátralévő részében a populációs kölcsönhatásokkal foglalkozunk a már megismert fajok példáján. A feladat, hogy elolvassák és megértsék a populációs kölcsönhatásokról szóló szövegrészt, és az alapján megpróbáljanak összerakni egy minél több kapcsolatot tartalmazó erdei ökoszisztémát a kapott „nyilakkal”. (Ha elég idő áll rendelkezésünkre, célszerű lehet először csak a táplálkozási hálózatokról beszélni, és megcsinálni egy ahhoz kapcsolódó feladatot; és csak utána kibővíteni a kört a más jellegű populációs kapcsolatokkal.) Itt nagyon sokféle jó megoldási lehetőség van, ami a tanulók kreativitását is erősíti; lehetséges kimeneteleket csak a nyilak korlátozott száma csökkenti, így a feladat nem tart a végtelenségig. Megfelelő osztályközösségben célszerű lehet a feladtból versenyt csinálni, így a legtöbb jó megoldást gyűjtő csoportot díjazni valamivel. Fontos, hogy a prezentáció segítségével alaposan, lépésről lépésre ellenőrizzük le a megoldásokat, így az óra végére mindenki képet kaphat az erdőtársulásokban együttélő populációk kapcsolatainak hallatlan sokszínűségéről. Ha marad idő az óra végén, érdemes eljátszani a gondolattal, hogy egy faj eltűnése (vagy megjelenése!) a rendszerben milyen változásokat okozhat. Ez segít belátni, hogy az erdők egyensúlyi rendszerek, amelyek stabilitása azok diverzitásától is függ. A házi feladat is ennek a jelenségnek az értelmezését szolgálja.

A következő óra ismétléssel kezdődik (ha egyben meg tudjuk tartani mind a négy órát, akkor ez az időtartam akár összefoglalással, vagy más feladattal is hasznosítható). Ennek lényege, hogy a diákok vissza tudjanak illeszkedni a félbehagyott gondolatmenetbe és folytatni tudják a megismerést. Ezt követően a házi feladat ellenőrzése is ugyanezt a célt szolgálja.

A gondolatmenet folytatásaként a következő lépés a már megismert, komplex populációs kölcsönhatásokkal jellemezhető életközösség, azaz a társulás megnevezése és meghatározása. Ahelyett azonban, hogy a társulások tulajdonságaival, paramétereivel folytatnánk, a következő feladatban inkább konkrét társulásokkal ismerkedünk szövegek és képek formájában. Ezt a feladatot szintén csoportokban végzik a tanulók, ahol egymás után, forgószínpadszerűen dolgozzák fel a hazai klímazonális erdőtársulásokat. Ehhez egy kitöltendő táblázat formájában kapják meg az elemzési szempontokat, így a társulások tulajdonságait egy gyakorlati feladat közben ismerik meg. A feladat a társas kompetencián túl az anyanyelvi kompetenciát; a szövegértelmezésnek és a lényeg kiemelésének képességét is fejleszti. A feladat végrehajtása után az ellenőrzés az esetleges hibák kiszűrését és a megszerzett tudás elmélyítését szolgálja.

A társulásokkal kapcsolatos feladat tanulságait felhasználva frontális módszerrel feldolgozzuk a társulások szerkezetét és változásait, valamint típusait és azok kialakulásának

okait. Itt világíthatunk rá a földrajzi övezetesség szerepére is, valamint az abiotikus környezeti tényezők termőhelyet befolyásoló hatásaira. Az órának ez a része egy kikacsintás az emelt szintű tananyag felé, amely a biológia iránt jobban érdeklődő tanulók számára lehet motiváló hatású.

Az óra utolsó blokkjában pedig főként az emberek életközösségekre gyakorolt hatásaival foglalkozunk. Ennek során egy kirakós segítségével ismerik meg a diákok a természetes és mesterséges élőhelyek jellemzőit. A táblázat összeállítása elemeiből lehetővé teszi az analízáló, rendszerező gondolkodás fejlesztését is. A táblázat megbeszélésével belátható, hogy az emberi hatások hogyan csökkentik a természetes rendszerek komplexitását és ezzel ellenállóképességét. Itt térhetünk ki röviden az ökoszisztéma-szolgáltatások fogalmának megbeszélésére is. Ez után frontális módszerrel hasonlítjuk össze gyomok és az invazív fajok legfontosabb tulajdonságait, elemezzük ezen fajok stratégiáját és sikerük okait. (Az invazív fajok megismerésének ma különös jelentősége van, a természetes életközösségek ember általi degradációjának egyik nagyon fontos oka.)

Az óra zárása a négy órában tanultak összefoglalása. Ezt úgy tesszük meg, hogy feltesszük ismét a nyitókérdést: „*Mi az erdő?*”. Itt összegezhethetjük a már megismert szempontokat (állat és növényfajok együttlélése, változatos szerkezetű társulás, megfelelő környezeti feltételek, természetes vagy félkultúr élőhely, stb.) és színesíthetjük a képet az esetlegesen még előkerülő szempontokkal.

5. SZERZŐI HOZZÁJÁRULÁS

A Pilis Projekt munkájába 2014 őszén kapcsolódtam be; a kísérlet megtervezése és terepi kialakítása és a vadkizáró kerítések kihelyezése az MTA ÖK ÖBI Erdőökológiai Kutatócsoportjának és a Pilis Parkerdő Zrt. együttműködésével valósult meg. Az általam vizsgált újulati egyedek kijelölését 2014 őszén, Aszalós Rékával és Kovács Bencével közösen végeztük. A harminc, kézzel rajzolt csemetetérkép terepi elkészítését Guba Erikával és Kovács Bencével közösen végeztük, azok digitális változatait én készítettem. A fáhasználatokat 2014-15 telén a Pilis Parkerdő Zrt. munkatársai végezték. A 188 újulati egyedpár növekedési változóinak mérését és a vadhatás becslését 2014 ősze és 2018 ősze között önállóan végeztem évi két alkalommal. A vizsgálathoz kialakított vadhatásvizsgálati módszert a dolgozatban említett munkák elvi alapjain és terepi tapasztalatok alapján Aszalós Rékával és Kovács Bencével közösen dolgoztuk ki. A terepi adatok adatbázisba rendezését, feldolgozását és elemzését témavezetőm útmutatása alapján önállóan végeztem.

A dolgozatom szakmódszertani fejezetének második óratervéhez tartozó diasort és a hazai klímazonális fás társulások segédanyagait Szeip Grétával közösen készítettük el. Ezeket engedélyével használtam fel a dolgozatban. Valamint a „kirakó” c. feladat táblázatát Faragó Norbert bocsátotta a rendelkezésemre. A korfa elemzésével kapcsolatos feladat egy földrajz érettségiből származik. Ezen túl az összeállított óratervek, feladatok, segédanyagok saját szellemi termékeim.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A dolgozat elkészítésében és az odáig vezető úton rengetegen voltak a segítségemre, amiért rendkívül hálás vagyok.

Elsőként köszönöm Kovács Bencének – akire nem csak témavezetőmként számíthattam – a partnerségét és türelmét, és hogy feltélen bizalmát élveztem a közös munkánk öt éve alatt. Ezen túl pedig köszönöm a terepi munkában, az adatelemzésben, és az ábrák elkészítésében nyújtott segítségét és mindig inspiráló közreműködését!

Köszönöm Ódor Péternek, hogy mindig figyelemmel kísérte a munkámat, valamint köszönöm a sok biztatást és támogatást!

Hálás vagyok továbbá Aszalós Rékának a vizsgálat elindításában és a terepi munkában nyújtott segítségért, illetve a módszertani protokollal kapcsolatos értékes észrevételeiért.

Köszönöm emellett Faragó Norbertnek és Standovár Tibornak a középiskolai és egyetemi éveim alatt nyújtott inspirációt, amely nélkül nem kezdtem volna el sem erdőekkel, sem tanítással foglalkozni; valamint, köszönöm, hogy elvállalták a szakdolgozatom konzulensi feladatait.

Köszönök továbbá minden segítséget a Pilis Projekt résztvevőinek, nagyon hálás vagyok, hogy ilyen kiváló környezetben dolgozhattam.

Végezetül köszönöm a közreműködést és a kitartást terepi partnereimnek az esetenként hosszúra nyúló terepnapokon végzett fáradhatatlan munkájukért; köszönöm Guba Erikának, Juhos Fanninak, Molnár Balázsnak, Szabó Györgynek, Tóth Balázsnak. Tóth Istvánnak, Vadas Ákosnak és Wirth Kristófnak.

7. FELHASZNÁT IRODALOM

2009. évi XXXVII. törvény az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról
2011. évi CXCV. törvény a nemzeti köznevelésről
- 22/2016. (VIII. 25.) EMMI rendelet a kerettantervek kiadásának és jóváhagyásának rendjéről
szóló 51/2012. (XII. 21.) EMMI rendelet módosításáról
- Allombert, S., Gaston, A. J., & Martin, J.-L. (2005). A natural experiment on the impact of overabundant deer on songbird populations. *Biological Conservation*, 126(1), 1–13.
- Anon (2013). *Forest Definition*, AWF-wiki. URL: http://wiki.awf.forst.uni-goettingen.de/wiki/index.php/Forest_Definition (utolsó letöltés: 2019. április. 11.)
- Arany, I., Török, P., Aszalós, R., & Matus, G. (2007). Vadkizárás hatásának vizsgálata egy déli-bükki endemikus erdőtársulásban: kompozíció, produktivitás és virágzási siker. *Természetvédelmi Közlemények*, 13, 81–92.
- Aszalós R., Standovár T., Ruff J. & Barton, Zs. (2004). A bürzsönyi jégtörések okairól az országosan egyre nagyobb területet érintő jégtörések fényében, Mátyás, Cs., Víg, P. (Eds.) *Erdő és Klíma* (pp. 249–262) , Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron.
- Baraza, E., Zamora, R., & Hódar, J. A. (2010). Species-specific responses of tree saplings to herbivory in contrasting light environments: An experimental approach. *Écoscience*, 17(2), 156–165.
- Bartha, D. (1996). Az erdőművelés hatása az erdő növényvilágára. In Mátyás, Cs. (Ed.), *Erdészeti ökológia* (pp. 272–277). Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Bartoń, K. (2018). MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.40.4. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>
- Benner, J. M. (2006). *Browsing Impact Report for the Pennsylvania State Forests* (pp. 30). Pennsylvania Department of Conservation and Natural Resources Bureau of Forestry.
- Bergquist, J., Örlander, G., & Nilsson, U. (1999). Deer browsing and slash removal affect field vegetation on south Swedish clearcuts. *Forest Ecology and Management*, 115(2–3), 171–182.
- Bergquist, J., Örlander, G., & Nilsson, U. (2003). Interactions among forestry regeneration treatments, plant vigour and browsing damage by deer. *New Forests*, 25(1), 25–40.
- Bobiec, A., Jaszcz, E. & Wojtunik, K. (2011). Oak (*Quercus robur* L.) regeneration as a response to natural dynamics of stands in European hemiboreal zone. *European Journal of Forest Research* 130, 785–797.
- Borhidi (2000). Az éghajlat. In Hortobágyi, T. & Simon, T. (Eds.), *Növényföldrajz, társulástan, ökológia* (pp. 365–372). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Boulanger, V., Baltzinger, C., Sai, S., Ballon, P., Picard, J.-F. & Dupouey, J.-L., (2009). Ranking temperate woody species along a gradient of browsing by deer. *Forest Ecology and Management*, 258, 1397–1406.
- Böhlöni, J., Molnár, Z. & Kun, A. (2011) *Magyarország élőhelyei: vegetációtípusok leírása és határozója : ANÉR 2011*. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót.

- Brassel, P. & Lischke, H. (2001). Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment. Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf.
- Bueno, C. G., Reiné, R., Alados, C. L., & Gómez-García, D. (2011). Effects of large wild boar disturbances on alpine soil seed banks. *Basic and Applied Ecology*, 12(2), 125–133.
- Burián, E., Partos, K. & Ripszám, I. (2010). Folyamatos erdőborítás a Mecseki Erdészeti Zrt.-nél. *Erdészeti Lapok*, CXLV, 4.
- Canham, C. D., McAninch, J. B., & Wood, D. M. (1994). Effects of the frequency, timing, and intensity of simulated browsing on growth and mortality of tree seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 24(4), 817–825.
- Chaar, H., Colin, F., & Collet, C. (1997). Effects of environmental factors on the shoot development of *Quercus petraea* seedlings A methodological approach. *Forest Ecology and Management*, 97(2), 119–131.
- Chaudhary, A., Burivalova, Z., Koh, L. P. & Hellweg, S. (2016). Impact of forest management on species richness: Global meta-analysis and economic trade-offs. *Scientific Reports* 6, 23954.
- Christensen, M., Emborg, J. & Nielsen, A. (2007). The forest cycle of Suserup Skov-revisited and revised. *Ecological Bulletins* 52. 33-42.
- Cienciala, E., Tomppo, E., Snorrason, A., Broadmeadow, M., Colin, A., Dunger, K., Exnerova, Z., Lasserre, B., Petersson, H., Priwitzer, T., Sanchez, G. & Ståhl, G. (2008). Preparing emission reporting from forests: use of National Forest Inventories in European countries. *Silva Fennica* 42(1): 73–88.
- Clements, F. E. (1916). *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*. – Carnegie Institute of Washington Publication.
- Collet, C., Colin, F., & Bernier, F. (1997). Height growth, shoot elongation and branch development of young *Quercus petraea* grown under different levels of resource availability. *Annales Des Sciences Forestières*, 54(1), 65–81.
- Côté, S. D., Rooney, T. P., Tremblay, J. P., Dussault, C. & Waller D. M. (2004). Ecological impacts of deer overabundance. *Annual Review of Ecology Evolution and systematics* 35, 113–147.
- Csépányi, P. (2007). A természetközeli erdőgazdálkodás és a szálalóerdő. *Erdészeti Lapok* CXLII, 9.
- Csépányi, P. (2008). A tölgy és a folyamatos erdőborítás. *Erdészeti Lapok* CXLIII. évf. 10. szám
- Csépányi, P. (2013). Az örökerdő elvek szerinti és a hagyományos bükkgazdálkodás ökonómiai elemzése és összehasonlítása. *Erdészettudományi Közlemények*. 3(1), 111-124.
- Csépányi, P. (2014). Vágásos és folyamatos borítást biztosító erdőgazdálkodás ökonómiai elemzése cseresekben. *Erdészeti lapok*, CXLIX, 11.
- Csiszár, Á., Korda, M., Zagyvai G., Winkler, D., Tiborcz, V. & Süle P. (2014). Gyertyános-tölgyesben kialakított lékek újulatának vizsgálata a Soproni-hegység területén. *Erdészettudományi Közlemények*, 4, 1, 23-35.
- Dănescu, A., Albrecht, A.T. & Bauhus, J. (2016). Structural diversity promotes productivity of mixed, uneven-aged forests in southwestern Germany. *Oecologia* 182, 319.

- deCalesta, D. S. (1994). Effect of White-Tailed Deer on Songbirds within Managed Forests in Pennsylvania. *The Journal of Wildlife Management*, 58(4), 711.
- Denslow, J. & Spies, T. (1990). Canopy Gaps in Forest Ecosystems: An introduction. *Canadian Journal of Forest Research* 20, 619.
- Dougherty, S. Q., & Bowman, J. L. (2012). Estimating sika deer abundance using camera surveys. *Population Ecology*, 54(2), 357–365.
- Dövényi, Z. (Ed.) (2010). *Magyarország kistájainak katasztere*. Második, átdolgozott és bővített kiadás. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest.
- Drexhage, M. & Colin, F. 2003 Effects of browsing on shoots and roots of naturally regenerated sessile oak seedlings. *Annals of Forest Science*, 60, 173 – 178 .
- Faraway, J.J. (2006) *Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models*. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, Florida.
- Fedrowitz, K., Koricheva, J., Baker, S. C., Lindenmayer, D. B., Palik, B., Rosenthal, R., ... Gustafsson, L. (2014). REVIEW: Can retention forestry help conserve biodiversity? A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51(6), 1669–1679.
- Földváry, L. (1933). Fejezetek a véderdőkről. *Erdészeti lapok*, 1933. 72, 4.
- Frank, N. (2015). A kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.) erdőművelési tulajdonságai. *Erdészeti Lapok* CL, 10.
- Frelich, L. E., & Lorimer, C. G. (1985). Current and predicted long-term effects of deer browsing in hemlock forests in Michigan, USA. *Biological Conservation*, 34(2), 99–120.
- Gálhidy L. (Ed.) (2008): *Örökerdők Magyarországon*. WWF Magyarország, Budapest
- Gálhidy, L., Mihók, B., Hagyó, A., Rajkai, K., Standovár, T., (2006). Effects of gap size and associated changes in light and soil moisture on the understorey vegetation of a Hungarian beech forest. *Plant Ecology*, (2006) 183, 133 –145
- Gill, R. M. A., & Morgan, G. (2010). The effects of varying deer density on natural regeneration in woodlands in lowland Britain. *Forestry*, 83(1), 53–63.
- Gill, R.M.A. (1992). A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. *Forestry*, 65, 145–169.
- Guillet, C. & Bergström, R. (2006). Compensatory growth of fast-growing willow (*Salix*) coppice in response to simulated large herbivore browsing. *Oikos*, 113, 33-42.
- Győri, M. (2017). Az értelmi fejlődés alapjai modelljei és zavarai (pp. 459-465). In N. Kollár, K., Szabó, É. (Eds) *Pedagógusok pszichológiai kézikönyve* I. kötet, Osiris Kiadó, Budapest.
- Hegedűs, G. (1951). Adatok a Pilis-hegység földtani ismeretéhez. *Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1945-47-ről* 2, 173–190.
- Herrera, J., (1995). Acorn predation and seedling production in a low-density population of cork oak (*Quercus suber* L.). *Forest Ecology and Management*. 76, 197–201.
- Hilton, G.M., Packham, J.R. & Willis, A.J., (1987). Effects of experimental defoliation on a population of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). *New Phytologist*, 107, 603-612.

- Hódar, J. A., Zamora, R., Castro, J., Gómez, J. M., & García, D. (2008). Biomass allocation and growth responses of Scots pine saplings to simulated herbivory depend on plant age and light availability. *Plant Ecology*, 197(2), 229–238.
- Hurlbert, S.H. (1984). Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54, 187–211.
- Jensen, A. M., Götmark, F., Löf, M. 2012: Shrubs protect oak seedlings against ungulate browsing in temperate broadleaved forests of conservation interest: A field experiment. *Forest Ecology and Management*, 266, 187–193.
- Juhász-Nagy, P. (1986) *Egy operatív ökológia hiánya, szükséglete és feladatai*, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Katona, K., Szemethy, L., Nyeste, M., Fodor, Á., Székely J., Bleier, N., Kovács, V., Olajos, T., Terhes, A. & Demes, T. (2007). A hazai erdők cserjeszintjének szerepe a nagyvad-erdő kapcsolatok alakulásában. *Természetvédelmi Közlemények* 13. 119-126.
- Katona, K., Bleier, N., Hejel, P., Fehér, Á. & Szemethy, L. (2013). *Terepi módszertani segédlet a vadonélő patás fajok erdei élőhelyeken megfigyelhető hatásainak méréséhez*. Patamat Bt, Vértessomló.
- Katona, K., Fehér, Á. & Szemethy, L. (2015). Vadkár-okozók állománycsökkentésétől a növény-növényevő kapcsolatrendszerek többoldalú kezeléséig. *Természetvédelmi Közlemények*. 21, 108-115.
- Kenderes, K. & Standovár, T. (2007). Természetes lécek felújulásának vizsgálata a bükki Óserdő Erdőrezervátumban. *Természetvédelmi Közlemények*, 13, 101-108.
- Kenderes, K., Aszalós, R., Ruff, J., Barton, Zs. & Standovár, T. (2007): Effects of topography and tree stand characteristics on susceptibility of forests to natural disturbances (ice and wind) in the Börzsöny Mountains (Hungary). *Community Ecology*, 8, 209–220.
- Korda, M. (2016). *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére* (pp. 8). Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.
- Korom, E., Szabó, G. (2012). A természettudomány tanításának és felmérésének diszciplináris és tantervi szempontjai. In Csapó, B. és Szabó, G. (Eds) *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez* (pp. 93-150). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Korom, E., Csikos, Cs. & Csapó, B. (2016). A kutatásalapú tanulás megvalósításának feltételei a természettudományok tanításában. *Iskolakultúra*, 26, 2016/3.
- Kovács B., Kelemen K., Ruff J. & Standovár T. (2013). Üzemi léptékben alkalmazott átalakító üzemmód lécek felújításának tapasztalatai a Királyréti Erdészeti területén. *Erdészettudományi Közlemények*, 3(1), 55–70.
- Kovács, B., Tinya, F., Németh, Cs., Guba, E., Sass, V., Bidló, A. & Ódor, P. (2018). The Short-Term Effects of Experimental Forestry Treatments on Site Conditions in an Oak–Hornbeam Forest. *Forests*, 9(7), 406.
- Kóhalmy, T. (1996). Nagyemlősök az erdei életközösségekben. In Mátyás, Cs. (Ed.), *Erdészeti ökológia* (pp. 213-219). Mezőgazda Kiadó, Budapest.

- Kramer, K., Groot Bruinderink, G. W. T. A., & Prins, H. H. T. (2006). Spatial interactions between ungulate herbivory and forest management. *Forest Ecology and Management*, 226(1–3), 238–247.
- Kriska, Gy., Karkus, Zs. (2015). *A biológia tanításának elmélete és gyakorlata* (pp. 87-88). ELTE Eötvös Kiadó, Budapest
- Kuijper, D. P. J., Cromsigt, J. P. G. M., Churski, M., Adam, B., Jędrzejewska, B., & Jędrzejewski, W. (2009). Do ungulates preferentially feed in forest gaps in European temperate forest? *Forest Ecology and Management*, 258(7), 1528–1535.
- Kullberg, Y., & Welander, N. . (2003). Effects of simulated winter browsing and drought on growth of *Quercus robur* L. seedlings during establishment. *Forest Ecology and Management*, 173(1–3), 125–133.
- Kupferschmid, A. D., Wasem, U., & Bugmann, H. (2014). Light availability and ungulate browsing determine growth, height and mortality of *Abies alba* saplings. *Forest Ecology and Management*, 318, 359–369.
- Laurance, W.F., (1999). Gaia's lungs: are the rainforests inhaling earth's excess carbon dioxide? *Natural History*, 108, 96.
- Lenth, R. (2018). emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.1.3. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>
- Lett, B. & Stark, M. (2018). Amit a számok mutatnak az üzemmódookról - Fahasználati módok és erdőfelújítási eljárások. *Erdővagyon gazdálkodási közlemények*. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron.
- MÁFI (2005) Magyarország földtani térképe. 1:100000. URL: <https://map.mbfisz.gov.hu/> (utolsó letöltés: 2019.04.12.)
- Malcolm, D.C., Mason, W.L. & Clarke, G.C. (2001). The transformation of conifer forests in Great Britain – regeneration, gap size, and silvicultural system. *Forest Ecology and Management* 151, 7-23.
- Márkus, L. & Mészáros, K. (2000). *Erdőérték-számítás: Az erdőértékelés alapjai*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Massei, G., & Bowyer, R. T. (1999). Scent Marking in Fallow Deer: Effects of Lekking Behavior on Rubbing and Wallowing. *Journal of Mammalogy*, 80(2), 633–638.
- Mátyás, Cs. (1996). Populációbiológiai alapok (pp. 29-34). In Mátyás, Cs. (Ed.), *Erdészeti ökológia* (pp. 21-48). Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- McDonald, J.H. (2014). *Handbook of Biological Statistics* (3rd ed.). Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland.
- Mihályi, I. (2001). Természettudomány és nevelés. *Új Pedagógiai Szemle*, 43. 1. sz. 3–21.
- Muscolo, A., Bagnato, S., Sidari, M. & Mercurio, R. (2014). A review of the roles of forest canopy gaps. *Journal of Forest Research*. 25, 725–736.
- Naaf, T. & Wulf, M. (2007). Effects of gap size, light and herbivory on the herb layer vegetation in European beech forest gaps. *Forest Ecology and Management*, 244(1-3), 141-149.

- Nahalka, I. (2003). A tanulás. In Falus, I. (Ed) *Didaktika - Elméleti alapok a tanítás tanulásához*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- NAT (2012): 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet
- NÉBIH (2018). *Erdővagyon és erdőgazdálkodás Magyarországon 2017-ben* (lepirellő). Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Erdészeti Igazgatóság, Budapest.
- Ohse, B., Seele, C., & Holzwarth, F. & Wirth, C. (2017). Different facets of tree sapling diversity influence browsing intensity by deer dependent on spatial scale. *Ecology and Evolution*, 7, 6779–6789.
- Paillet, Y., Bergès, L., Hjältén, J., Ódor, P., Avon, C., Bernhardt-Römermann, M., ... Virtanen, R. (2010). Biodiversity Differences between Managed and Unmanaged Forests: Meta-Analysis of Species Richness in Europe. *Conservation Biology*, 24(1), 101–112.
- Papp, Z., Pappné, P.A. (2000). Mit tehetnénk a fizika-attitűd javításáért? *Fizikai Szemle*, 2000/7, 234.
- Pellerin, M., Saïd, S., Richard, E., Hamann, J.-L., Dubois-Coli, C., & Hum, P. (2010). Impact of deer on temperate forest vegetation and woody debris as protection of forest regeneration against browsing. *Forest Ecology and Management*, 260(4), 429–437.
- Peterken, G., (1996). *Natural Woodland: Ecology and conservation in Northern Temperate Regions* (pp. 142-143). Cambridge University Press, Cambridge.
- Pettorelli, N., Côté, S. D., Gingras, A., Potvin, F., & Huot, J. (2007). Aerial Surveys Vs Hunting Statistics To Monitor Deer Density: The Example Of Anticosti Island, Québec, Canada. *Wildlife Biology*, 13(3), 321–327.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D. & R Core Team (2018). nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-137. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>
- Polyecskó, D. (2016). NAT – Kerettanternv – Helyi tanternv – Tanmenet: Rugalmas tanmenet (internetes cikk). *Neteducatio.hu* <https://neteducatio.hu/nat-kerettanternv-helyi-tanternv-tanmenet-rugalmas-tanmenet> (Utolsó letöltés: 2019. 04. 22.)
- Pons, J. & Pausas, J. G. (2008). Modelling jay (*Garrulus glandarius*) abundance and distribution for oak regeneration assessment in Mediterranean landscapes. *Forest Ecology and Management*. 256. 578-584.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>
- Ramirez, J.I., Jansen P.A. & Poorter, L. (2018). Effects of wild ungulates on the regeneration, structure and functioning of temperate forests: A semi-quantitative review, *Forest Ecology and Management*, 424, 406-419.
- Reimoser, F., Gossow, H. (1996). Impact of ungulates on forest vegetation and its dependence on the silvicultural system, *Forest Ecology and Management*, 88, 1–2.
- Reimoser F., Armstrong H. & Suchant R. (1999). Measuring forest damage of ungulates: what should be considered. *Forest Ecology and Management*, 120, 47-58.

- Retana, J., Espelta, J.M., Gracia, M. & Riba, M. (1999). Seedling recruitment. In: Rodà, F., Retana, J., Gracia, C. & Bellot, J. (Eds.) *Ecology of Mediterranean evergreen oak forests* (pp. 89-103.) Springer-Verlag, Berlin.
- Ritter, E.; Dalsgaard, L. & Einhorn, K. (2005). Light, temperature and soil moisture regimes following gap formation in a semi-natural beech-dominated forest in Denmark, *Forest Ecology and Management* 205, 15-33.
- Roda, F. & Roda, J.-M. (2016). Foraging traces as an indicator to monitor wild boar impact on ground nesting birds. fhal-01306234f
- Rossell, C.R., Gorsira, B. & Patch, S. (2005). Effects of white-tailed deer on vegetation structure and woody seedling composition in three forest types on the Piedmont Plateau. *Forest Ecology and Management*, 210, 1-3.
- Schelhaas, M.-J. (2008). Impacts of natural disturbances on the development of European forest resources: application of model approaches from tree and stand levels to large-scale scenarios. *Dissertationes Forestales*, 56.
- Schmidt, M., Sommer, K., Kriebitzsch, W.-U., Ellenberg, H., & von Oheimb, G. (2004). Dispersal of vascular plants by game in northern Germany. Part I: Roe deer (*Capreolus capreolus*) and wild boar (*Sus scrofa*). *European Journal of Forest Research*, 123(2), 167–176.
- Schuck, A., Parviainen, J. & Bücking, W. (1994). A review of approaches to forestry research on structure, succession and biodiversity of undisturbed and semi-natural forests and woodlands in Europe.
- Schütz, J-P., Pukkala, T., Donoso, P. J. & Gadow, K. v. (2012). Historical Emergence and Current Application of CCF. In Pukkala, T., Gadow, K. v. (Eds.), *Continuous Cover Forestry* (pp. 1-28). Springer Science+Business Media B.V., Dordrecht. ISBN: 978-94-007-2201-9
- Signorell, A. et al. (2018). DescTools: Tools for descriptive statistics. R package version 0.99.24. URL: <https://cran.r-project.org/package=DescTools>
- Silander, P. (2015). Phenomenon based learning. <http://www.phenomenaleducation.info/phenomenon-based-learning.html> (Utolsó letöltés: 2019.04.21.)
- Smit, C., Putman, R. (2011). Large herbivores as ‘environmental engineers’. In Putman, R., Apollonio, M. & Reidar, A. (Eds.) *Ungulate Management in Europe: Problems and Practices*, Cambridge University Press, New York.
- Sódor, M. (2000). Idős facsoportok és fák szerepe az erdőben; a hagyásfacsoportok és a hagyásfák jelentősége. In Frank, T. (Ed.), *Természet - erdő - gazdálkodás* (pp. 116-123). Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Pro Silva Hungaria Egyesület, Eger.
- Standovár, T. & Kenderes, K. (2003): A review on natural stand dynamics in beechwoods of East Central Europe. *Applied Ecology and Environmental Research* 1(1-2): 19-46., Penkala Bt., Budapest
- Standovár, T. & Kondor, I. (2011). Hozzászólás Solymos Rezső cikkéhez. *Erdészeti Lapok* CXLVI, 4.

- Standovár, T. & Primack, R. (2001). *A természetvédelmi biológia alapjai* (pp. 111-112). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Standovár, T. (1996a). A társulások szerveződése és jellemzése (pp. 48-49). In Mátyás, Cs. (Ed.), *Erdészeti ökológia* (pp. 48-64). Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Standovár, T. (1996b). Növénytársulások dinamikája (pp. 72-83). In Mátyás, Cs. (Ed.), *Erdészeti ökológia* (pp. 72-93). Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Standovár, T. (2013). A természetes erdő és a benne zajló folyamatok (pp. 23-33.). In Barta, D. & Puskás, L. (Eds.) *Silva Naturalis Vol 1.* (pp. 23-40). Nyugat-Magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron
- Szmidt, A. (1975). Food preference of roe deer in relation to principal species of forest trees and shrubs. *Acta Theriologica*, 20, 255–266.
- Thomas, P. & Packham, J.R. (2007). *Ecology of woodlands and forests: Description, dynamics and diversity* (pp. 220-225). Cambridge University Press, New York, 2007
- Tímár, G. (2016). A jelenlegi erdőgazdálkodási módok áttekintése. In Korda, M. (Ed.) *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére* (pp. 11-30). Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest.
- Varga, B. (2000). A nagyvad hatása a természetközeli erdőgazdálkodásra. In Frank, T. (Ed.), *Természet - erdő - gazdálkodás* (pp. 132-141). Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Pro Silva Hungaria Egyesület, Eger.
- Vera, F., Bakker, E., & Olf, H. (2006). Large herbivores: Missing partners of western European light-demanding tree and shrub species? In K. Danell, R. Bergström, P. Duncan, & J. Pastor (Eds.), *Large Herbivore Ecology, Ecosystem Dynamics and Conservation* (Conservation Biology, pp. 203-231). Cambridge University Press, New York. doi:10.1017/CBO9780511617461.009
- Vidal, C., Lanz, A., Tomppo, E., Schadauer, K., Gschwantner, T., di Cosmo, L. & Robert, N. (2008). Establishing forest inventory reference definitions for forest and growing stock: a study towards common reporting. *Silva Fennica* 42(2): 247–266.
- Watt, A. (1947). Pattern and process in the plant community, *Journal of Ecology*, 35, 1-22.
- Winter, S. & Möller, G.C., (2008). Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. *Forest Ecology and Management*, 255, 1251–1261.
- Zenner, E. K., Kabrick, J. M., Jensen, R. G., Peck, J. E. & Grabner, J. K. (2006). Responses of ground flora to a gradient of harvest intensity in the Missouri Ozarks. *Forest Ecology and Management*, 222 (1-3), 326-334.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N. & Elphick, C.S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems: Data exploration. *Methods in Ecology and Evolution* 1, 3–14.

8. MELLÉKLETEK

A dolgozat mellékletei a tematikus egységhez kidolgozott óratervezetek. Az óratervezetek illetve a hozzájuk tartozó segédanyagok (prezentációk, nyomtatható feladatok) szerkeszthető formában letölthetők az alábbi linkről:

https://drive.google.com/drive/folders/14fqhOFPe6RPSj3V8wIB1DPGLr_WD9uyk?usp=s_haring



1. melléklet: 1-2. óratervezet

ÓRAVÁZLAT

Tanár neve: Tóth Bence

Iskola:

Műveltségi terület: Ember és természet

Tantárgy: Biológia

Évfolyam: 10.

Az óra témája: Az ökológia alapfogalmai egy erdei életközösség példáján

Az óra típusa: Új ismeretet feldolgozó óra

Az óra cél- és feladatrendszere:

- az erdőről korábban alkotott ismeretek összegyűjtése, rendszerezése ötletróhával, Padlet segítségével
- erdei fajok megismerése csoportmunkában
- a környezet fogalmának megértése, értelmezése konkrét fajok példáján
- a populáció fogalmának definiálása, jellemzőinek megismerése, értelmezése
- korfa elemzése páros munkában, feladatlap segítségével
- populációs kölcsönhatások értelmezése egy erdei életközösség példáján

Az óra didaktikai feladatai:

- motiválás: digitális feladat (Padlet), hétköznapiakból ismerhető fajok, jelenségek leírása
- új ismeretanyag elsajátítása: erdei fajok, környezet fogalma, populációk jellemzői, populációs kölcsönhatások

Tantárgyi kapcsolatok:

- Földrajz: korfa elemzése
- Informatika: mobil eszköz használata QR-kód olvasásra, Padlet-felület használata, Google-keresés

Felhasznált irodalom:

- Egészségtudományi fogalomtár: *Korfa*
<https://fogalomtar.aeck.hu/index.php/Korfa> (utolsó letöltés: 2019. 04. 19.)
- Földrajz, középszintű érettségi feladatlap: 2010. május
https://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatas/erttsegi/feladatok2010tavasz/k_fldr_10maj_f.pdf
(utolsó letöltés: 2019. 04. 19.)
- Mándics Dezső, Molnár Katalin (2015): *Biológia-egészségtan tankönyv 10* (pp. 178-186). OFI, Budapest.
- Sulinet: *A társulások jellemzői*
<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/biologia/biologia-12-efolyam/az-életközösségek-jellemzoi/a-tarsulasok-jellemzoi>
(utolsó letöltés: 2019. 04. 19.)

Idő	Az óra menete	Alkalmazott módszerek	Tanulói munkaformák	Felhasznált eszközök	Megjegyzések
1-3. perc	Adminisztráció, ráhangolódás	tanári közlés	frontális munka	-	
3-13. perc	Mi az erdő? <i>A diákok a kérdésre önállóan adnak választ telefonjuk segítségével.</i>	munkáltatás önállóan	önálló munka	telefonok/tabletek, wifi, számítógép, projektor, Padlet felület (1. melléklet)	A padlet felület megnyitható link segítségével, vagy kivetített qr-kóddal is. Lehet beírni szavakat, mondatokat, de beilleszhetnek képeket, videókat, linkeket is. A diákok látják az egymás által adott válaszokat és értékelhetik is azokat.
14-18. perc	Feladat ellenőrzése <i>A padlet felületen adott válaszokat valamilyen értelemszerű elv szerint a tanár csoportokba rendezi; ennek segítségével elemzik a válaszokat.</i>	frontális megbeszélés	frontális munka	számítógép, projektor, Padlet felület (1. melléklet)	A csoportosítás szempontja lehet: élőhelyi tulajdonságok, élőlények, felhasználási terület, stb...
19-24. perc	Fajismeret <i>Négy fős csoportokat alakítunk, majd a csoportok a borítékban kiosztott, különböző fajokat ábrázoló képeket párosítják a fajnevekkel.</i>	munkáltatás csoportban	csoportmunka	boríték képekkel és fajnevekkel (2. melléklet)	A megoldáshoz a diákok használhatnak telefont.
24-26. perc	Csoportmunka ellenőrzése <i>A megoldását minden csoport önállóan ellenőrzi a kivetített képek alapján.</i>	munkáltatás csoportban	csoportmunka	prezentáció (3. melléklet)	Ellenőrzés után a kártyákat tegyék vissza a borítékba!
27-33. perc	Környezet <i>A következő kérdések frontális megbeszélése:</i> <ul style="list-style-type: none"> Hol fordulnak elő ezek a fajok? Hol nem? Milyen feltételek szükségesek a megjelenésükhöz, fennmaradásukhoz? pl.: <ul style="list-style-type: none"> kocsánytalan tölgy: fény, víz, ásványi anyagok fekete rigó: táplálék, fészkelőhely nagy őzlábgomba: szerves tápanyag a talajban stb. élő, élettelen környezeti tényezők	frontális megbeszélés (kérdve kifejtés)	frontális munka	táblavázlat (4. melléklet)	

34-38. perc	<p>Populáció A következő állítást a csoportok megvitatják egymás között: <i>érvelnek mellette, vagy ellene:</i> „Az élőlények a természetben bárhol, bármikor, bármilyen mennyiségben előfordulhatnak.”</p> <p><i>Az érveiket felírják a fizetbe.</i></p>	vita csoportban	csoporthmunka	táblavázlat (4. melléklet)	A vita nem formális, elég csak érveket megfogalmazni, amelyek cáfolják az állítást.
38-45. perc	<p>Feladat megbeszélése A felírt érvek közös megbeszélése, <i>tanulások</i> levonása. Az állítás nyilván nem igaz, nem minden élőlény fordul elő mindenhol, és mennyiségük is korlátozott. Vannak korlátozó környezeti tényezők.</p> <ul style="list-style-type: none"> • populáció: egy fajhoz tartozó, egy időben, egy helyen előforduló egyedek. • populáció jellemzői: méret, egyedsűrűség, ivararány, koreloszlás 	frontális megbeszélés tanári magyarázat	frontális munka	táblavázlat (4. melléklet)	
46-52. perc	<p>Populációk jellemzése A kiadott feladatlap megoldása párbán.</p>	munkáltatás párbán	páros munka	nyomatott feladatlap (5. melléklet)	
53-55. perc	<p>Feladat ellenőrzése <i>Ellenőrzés frontális megbeszéléssel.</i></p> <p>Populációs kölcsönhatások A különböző fajok populációi is élhetnek azonos helyen, azonos időben; egymással kapcsolatban vannak. A kapcsolat sokféle lehet, csoportosítható aszerint, hogy a populációra milyen hatással van (előnyös, hátrányos, közömbös).</p>	frontális megbeszélés tanári magyarázat	frontális munka frontális munka	megoldott feladatlap boríték a pop. kesh.-okkal + kivetített QR-kód a segédanyaggal (6. melléklet),	
56-76. perc	<p><i>Az előző órai fajok tartalmazó borítékok tartalmát a csoportok kiegészítik a pop. kölcsönhatásokat jelző nyilakkal. A csoportok</i></p>	munkáltatás csoportban	csoporthmunka		

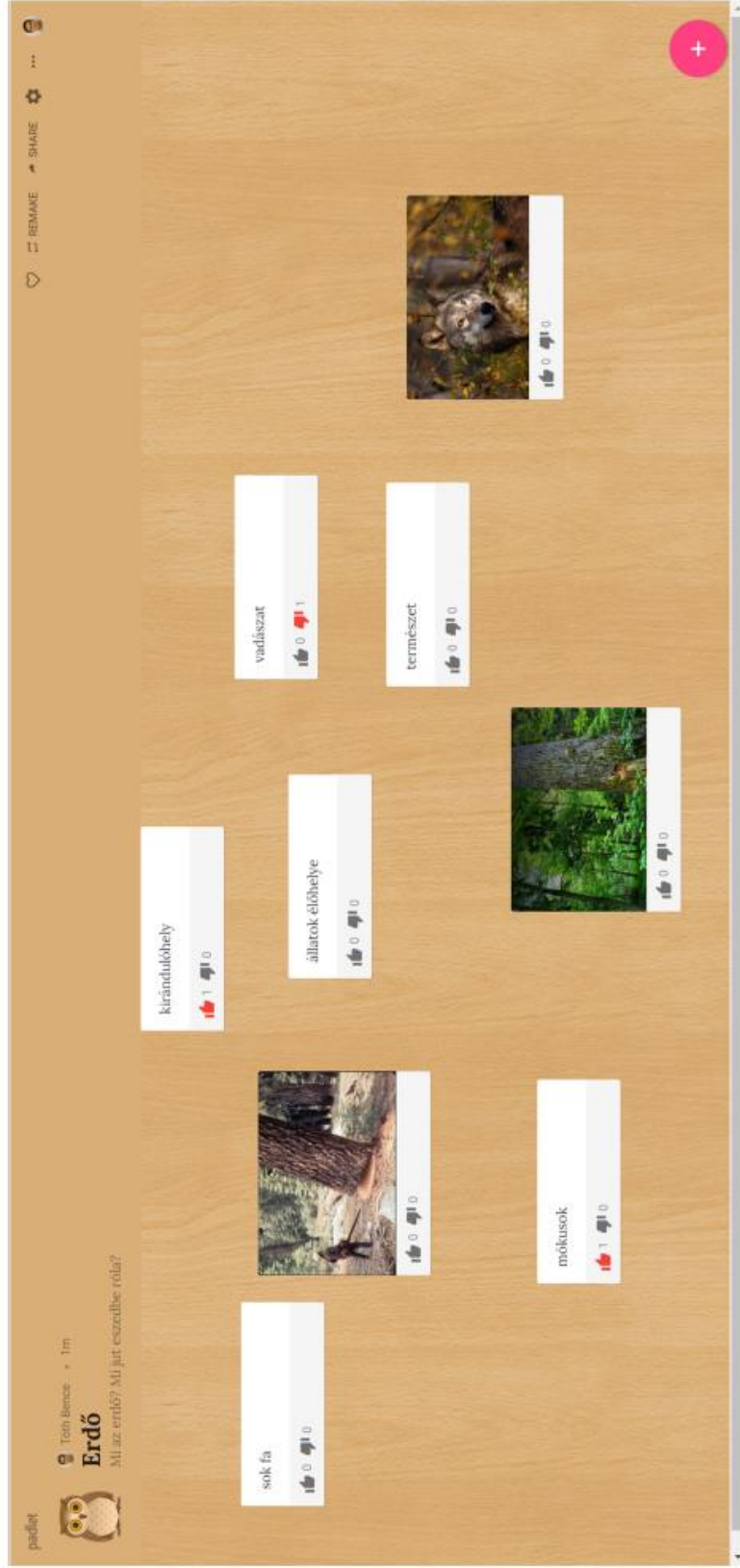
	<p>versenyeznek egymással, az nyer, aki a legtöbb nyilat tudja helyesen (magyarázattal) elhelyezni. A feladat megoldásához a segédanyagot a telefonjukkal tudják megtekinteni.</p>	<p>(fogalmak feldolgozása és feladat megoldása)</p>			<p>Minden csoport számolja a helyes megoldásait! A legtöbb helyes megoldást gyűjtő csapat jutalmazható (plusszal, pontokkal, stb.).</p> <p>Az ellenőrzés menete:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mely fajok között van szimbiózis? • stb. <p>A dia kölcsönhatások szerint van animálva. A sorrend: szimbiózis, élősködés, zsákmanyszerzés, versengés, mutualizmus, asztalközösség.</p>
<p>77-87. perc</p>	<p>Feladat ellenőrzése</p> <p>A megadott fajok közti kölcsönhatások ellenőrzése animált diasor segítségével. Ha egy csoport más kölcsönhatást tett két faj közé, mint ami a megoldásban szerepel, helyes indoklással elfogadható.</p>	<p>frontális megbeszélés</p>	<p>frontális munka</p>	<p>prezentáció (3. melléklet)</p>	
<p>88-90. perc</p>	<p>Házi feladat</p> <p>Házi feladat ismertetése szóban:</p> <p>A telefonjukkal lefotózott kész ábrát egészítsék ki még egy fajjal: gímszarvas! Mindegyik fajhoz próbálják meg kötni; milyen populációs kölcsönhatásban állhat vele? Az eredményeket a füzetbe foglalják össze táblázatos formában!</p>	<p>tanári közlés</p>	<p>frontális munka</p>	<p>-</p>	<p>A fajokat egyszerűbb lefotózni, de az ellenőrző diasort is elérhetővé lehet tenni, az alapján is dolgozhatnak!</p>

1. melléklet: Padlet felület

link: <https://padlet.com/totib92/j3nds6880qbw>



A beírt válaszok csak illusztrációk, a felületet a diákok töltik fel.



The screenshot shows a Padlet board with a wood-grain background. At the top left, it displays the user profile 'Totib92' and the board title 'Erdő' (Forest) with the question 'Mi az erdő? Mi jut eszébe róla?' (What is a forest? What comes to mind?). The board contains several cards:

- A card with the text 'sok fa' (many trees) and a thumbs-up icon.
- A card with a photo of a large tree trunk and a person walking in a forest, with a thumbs-up icon and '0' next to it.
- A card with the text 'mókások' (squirrels) and a thumbs-up icon with '1' next to it.
- A card with the text 'kirándulóhely' (hiking spot) and a thumbs-up icon with '1' next to it.
- A card with the text 'állatok élőhelye' (habitat of animals) and a thumbs-up icon with '0' next to it.
- A card with the text 'vadászat' (hunting) and a thumbs-up icon with '1' next to it.
- A card with the text 'természet' (nature) and a thumbs-up icon with '0' next to it.
- A card with a photo of a wolf in a forest, with a thumbs-up icon and '0' next to it.
- A card with a photo of a forest path, with a thumbs-up icon and '0' next to it.

At the top right, there are icons for 'REMAKE', 'SHARE', and a plus sign for adding new cards.

2. melléklet: Fajismeret feladat (borítékok tartalma)

Képek:



Nevek:

aranyos rózsabogár
bütykös hangya
léprigó
sárga fagyöngy
fekete rigó

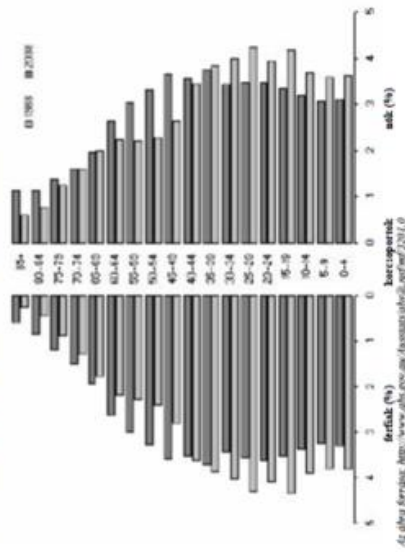
héja
kocsánytalan tölgy
közönséges kullancs
nagy őzlabgomba
odvas keltike

4. melléklet: Táblavázlat

Környezet
 ↳ az az hatások összessége, amelyek az élőlényekre és az életközösségre ténylegesen hatással vannak.
 ~ élő: más élőlények
 ~ élettelen: víz, levegő, fény, talaj, stb.
Feladat:
 "Az élőlények a természetben bármikor, bármilyen mennyiségben előfordulhatnak."
Populáció
 ~: egy fajhoz tartozó egyedek egy időben, egy helyen élő szaporodási közössége
 és jellemzői: - méret → egységesség
 - egységesség → feltartó képessége szabályozza!
 - ivararány
 - koreloszlás
 ↳ korfa

5. melléklet: Nyomatott feladatlap

Korfa-elemzés
 Az alábbi diagram Ausztrália népességének korösszetételét ábrázolja. Tervezzé meg az ábrát, és oldja meg a hozzá kapcsolódó feladatokat!



- a) Hogyan alakult a születési arány az utóbbi 20 évben az országban? Húzza alá a megfelelő választ!
- csökkent nem változott nőtt
- b) Hogyan alakult a születéskor várható élettartam az elmúlt 20 évben Ausztráliában? Húzza alá a megfelelő választ!
- csökkent nem változott nőtt
- c) Hasonlítsa össze a kontinensnyi méretű országban a nők és a férfiak születéskor várható átlagos élettartamát 2008-ban! Tegyé ki a megfelelő relációs jelet! (>, <, =)
- A férfiak születéskor várható átlagos élettartama A nők születéskor várható átlagos élettartama
- d) Melyik volt a legnépesebb korcsoport 2008-ban?

e) Milyen típusú társadalom képe kezd kialakulni a korfa alakja alapján Ausztráliában a XXI. század elején? A következő linken találhat segítséget:
<https://ozasomtar.asek.hu/index.php/korfa>

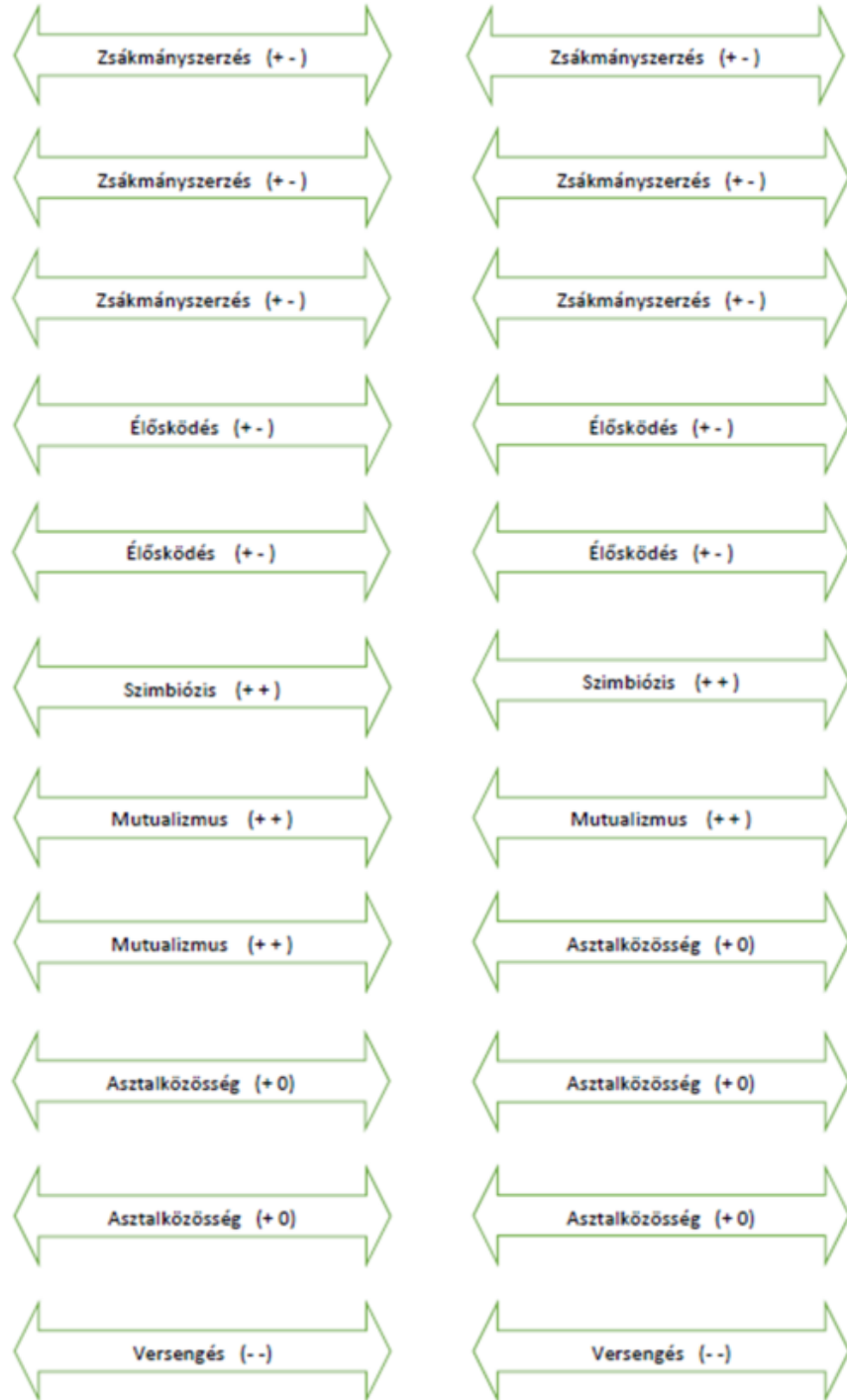




6. melléklet: Populációs kölcsönhatások feladat

segédanyag linkje: <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszettudomanyok/biologia/biologia-12-cvfolyam/az-eletkozossegek-jellemzoi/a-tarsulasok-jellemzoi>

boríték tartalma:



2. melléklet: 3-4.- óratervezet

ÓRAVÁZLAT

Tanár neve: Tóth Bence

Iskola:

Műveltségi terület: Ember és természet

Tantárgy: Biológia

Évfolyam: 10.

Az óra témája: Társulások jellemzése, hazai erdőtársulások, mesterséges életközösségek

Az óra típusa: Vegyes típusú óra (új ismeret feldolgozása, ismétlés)

Az óra cél- és feladatrendszere:

- a korábban tanult fogalmak átismétlése szóbeli feletteléssel és a házi feladat ellenőrzésével
- a hazai klímazonális erdőtársulások megismerése csoportmunkában
- hazai erdei növényfajok megismerése csoportmunkában
- társulások jellemzésének, szerkezetének, változásainak megbeszélése a megismert társulások példáján
- mesterséges és természetes életközösségek jellemzőinek összehasonlítása
- gyomok, inváziós fajok tulajdonságainak megismerése

Az óra didaktikai feladatai:

- motiválás: digitális feladat (Padlet), hétköznapiakból ismerhető fajok, jelenségek leírása
- ismétlés: környezet, populációk; alapfogalmak átismétlése feletteléssel
- új ismeretanyag elsajátítása: hazai erdőtársulások; társulások jellemzése, típusai; mesterséges életközösségek; gyomok, invázió fajok

Tantárgyi kapcsolatok:

- Földrajz: övezetesség

Felhasznált irodalom:

- Hortobágyi Tibor, Simon Tibor (2000). *Növényföldrajz, társulástan és ökológia*. (pp. 226-233.), Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Mándics Dezső, Molnár Katalin (2015). *Biológia-egészségtan tankönyv 10* (pp. 187-189, 194-196, 202-203). OFI, Budapest.

Idő	Az óra menete	Alkalmazott módszerek	Tanulói munkaformák	Felhasznált eszközök	Megjegyzések
1-3. perc	Adminisztráció, ráhangolódás	tanári közlés	frontális munka	-	
3-8. perc	<p>Ismétlés <i>A múlt órán tanultak átismétlése rövid kérdések segítségével.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Hogyan csoportosíthatjuk a környezeti tényezőket? • Milyen környezeti tényezőket ismeresz? • Mi a populáció? • Milyen tulajdonságokkal jellemezhető? • Mi határozza meg egy populáció egyedszámát? 	feleltetés	frontális munka	-	A diákok a helyükön maradnak, mindenki csak egy kérdést kap.
9-14. perc	<p>Házi feladat ellenőrzése <i>A fizetbe elkészített házi feladatok megbeszélése párban.</i></p> <p><i>A végén a problémás esetek megbeszélése közösen.</i></p>	<p>munkáltatás párban</p> <p>frontális megbeszélés</p>	<p>páros munka</p> <p>frontális munka</p>	házi feladat (1.melléklet)	A megbeszélés közben a tanár is körbejár, ellenőrzi a házi feladatokat; megbeszéli a problémákat.
15-17. perc	<p>Társulások Az egy időben egy helyen élő populációk társulást alkotnak. Ennek fontos részei a kölcsönhatások.</p>	tanári magyarázat	frontális munka	prezentáció (3. melléklet)	
17-45. perc	<p>Hazai klímaazonális fás társulások <i>Feladat ismertetése, csoportok beosztása, táblázatok és laminált lapok kiosztása.</i> <i>A csoportok feldolgozzák a társulásokról szóló szöveget, kitöltik a táblázatot és</i></p>	munkáltatás csoportban	csoportmunka	<p>laminált szövegek (4. melléklet), nyomtatott üres táblázatok (5. melléklet)</p>	A négy fős csoportok 20 fős csoportra vannak számolva. Nagyobb létszám esetén célszerű minden állomásból 2-t csinálni és külön elindítani az

	<i>azonosítják az oda nem illő fajt, majd 4 perc letelével a következő állomásra mennek.</i>			osztály két felét (akár kisebb csoportokkal).
46-50. perc	Csoportmunka ellenőrzése <i>Minden csoportból egy valaki felolvassa a táblázat kitöltött sorát és a kakukktojás számát. Közben a tanár kivetíti a társulás képeit.</i>	frontális megbeszélés	frontális munka	prezentáció (3. melléklet)
51-56. perc	Társulások szerkezete, jellemzése	tanári előadás	frontális munka	prezentáció (3. melléklet)
57-63. perc	Társulástípusok Zonalitás kialakulása, klímazonális, extrazonális, intrazonális társulások	tanári előadás	frontális munka	prezentáció (3. melléklet)
64-73. perc	Mesterséges és természetes társulások összehasonlítása <i>A borítékokat megkapják a párok, feladatuk a két oszlopból álló táblázat kirakása.</i>	munkáltatás párban	páros munka	laminált kirakó (2. melléklet) A feladat végeztével a lapokat tegyék vissza a borítékba!
74-78. perc	Páros munka ellenőrzése <i>Minden páros mond sorban egy-egy összetartozó sort.</i>	frontális megbeszélés	frontális munka	prezentáció (3. melléklet), laminált kirakó (2. melléklet)
78-85. perc	Gyomok, invazív fajok	tanári előadás	frontális munka	prezentáció (3. melléklet)
86-90. perc	Összefoglalás Mi az erdő? <ul style="list-style-type: none"> • állat és növénypopulációk együttélése • környezet: elég csapadék kell hozzá (zonalitás) • változatos szerkezetű, összetételű társulás • természetes, vagy félkultúr társulás (gazd.) 	frontális megbeszélés	frontális munka	prezentáció (3. melléklet)

1. melléklet: Házi feladat

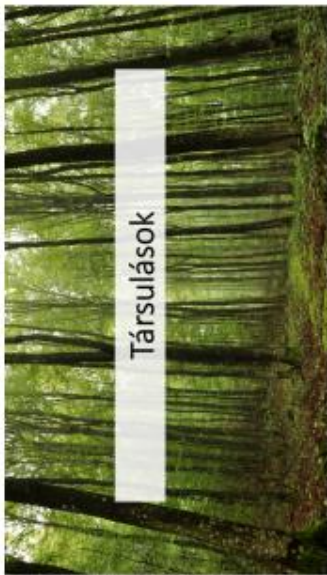
A házi feladat az volt, hogy készítsenek a füzetbe egy táblázatot az előző órán megismert 10 fajjal és irják fel, milyen populációs kölcsönhatásban állnak a gímszarvassal. (A megadottakon kívül helyes indoklással más megoldás is elfogadható.)

aranyos rózsabogár	0,0 (neutralizmus)
bütykös hangya	0, - (amenzalizmus)
léprigó	0,0 (neutralizmus)
sárga fagyöngy	0,0 (neutralizmus)
fekete rigó	0, - (amenzalizmus)
héja	0,0 (neutralizmus)
kocsánytalan tölgy	+,- (zsákmányszerzés)
közönséges kullancs	-,+ (parazitizmus)
nagy őzlábgomba	0,0 (neutralizmus)
odvas keltike	0, - (amenzalizmus)

2. melléklet: Kirakó

A boríték a táblázat celláit szétvágyva tartalmazza.

Életközösségek	
Természetes életközösség	Mesterséges életközösség
Az életközösségekben növények és állatok élnek együtt. Az élőlények egymással és az élettelen környezettel kölcsönhatásban vannak	
Ónszabályozó rendszer, amelyben a változásokat maga a rendszer egyenlíti ki	Csak az ember rendszeres szabályozó tevékenysége mellett működőképes
A zavartalan anyagáramlást a táplálékszintek elpusztult élőlényei biztosítják	A zavartalan anyagáramlást az ember tápanyagutánpótlással biztosítja; természetes
Az egyik élőlény fékentartja a másik élőlényt	Benne az ember rovarirtást és gyomirtást végez
A fajösszetétel hosszabb távon változatlan	A fajösszetétel évről-évre változhat
A fajgazdagság mértéke nagyobb	Fajokban szegényebb
Az élőhelyen az élőlények egyedszáma viszonylag állandó	Az élőhelyen az élőlények egyedszáma változhat
Általában hosszabb táplálékosztási láncok jellemzik (virágok nektárja-kolibri-madárpók-bögőmájom-jaguár)	Általában rövidebb táplálékosztási láncok jellemzik (kukorica-házisertés-ember)
Példák: Hortobágyi Halastó, gyümölcsös, búzatábla	
Példák: trópusi őserdő, Bugaci Ősborókás, tajga	Félkultur életközösség (kaszálás, legeltetés, erdőművelés)
	Kultúr életközösség (gyümölcsös, búzatábla)



Társulások



Cseres-tölgyes



Fenyves



Társulások

- Térben és időben együtt élő, egymással változatos kölcsönhatásban lévő populációk. Az általuk alkotott életközösség (társulás) nagyjából állandó megjelenésű.
 - Hazai erdőtársulások:
- Feladat:**
- Alkossatok négy fős csoportokat!
 - Az asztalon lévő szöveg alapján töltsétek ki a táblázatot! Azonosítsátok a kakukkfajtát és jegyezzétek fel a számát a táblázatban!
 - 4 perc után csere: menj a következő asztalhoz és folytasd a táblázat kitöltését!



Gy



Társulások szerkezete

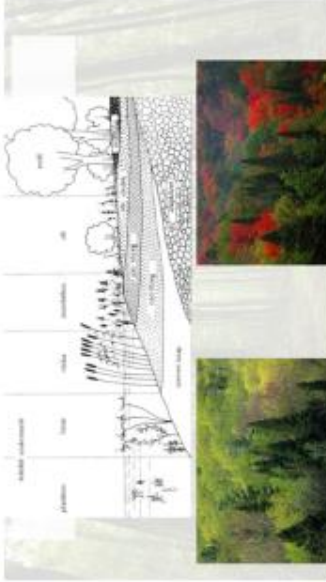
- térbeli elrendeződés:
 - **zömzög** (vázzimona)
 - pl. elterjedt fenyvesnél látni az erős szellő és behelgetés, felátámaszta stb.
 - **szintzettség** (függőlegesség)
 - kárpótlás
 - csapadék
 - lombkoronaszög
 - alár 3 is lehet
- időbeli változás:
 - **ciklus** (évszakok váltakozása)
 - **egyirányú** → **szűkösztűz** (pl. fő felhítottóska, kocsáló beerdősülése)



Tatárjuharos lösztölgyes



Bükkös



Társulások szerkezete

- térbeli elrendeződés:
 - **zömzög** (vázzimona)
 - pl. elterjedt fenyvesnél látni az erős szellő és behelgetés, felátámaszta stb.
 - **szintzettség** (függőlegesség)
 - kárpótlás
 - csapadék
 - lombkoronaszög
 - alár 3 is lehet
- időbeli változás:
 - **ciklus** (évszakok váltakozása)
 - **egyirányú** → **szűkösztűz** (pl. fő felhítottóska, kocsáló beerdősülése)

Társulások jellemzése

- fajösszetétel
- diverzitás
- faji, szerkezeti, genetikai
- ökológiai indikátorok*
- T, W, R, N, L...
- Természetvédelmi-erékkategóriák*
- U, XV, V, E, K, TP, ...
- életformatípusok*, flóranem*, stb, ...

* pl. Állományok, Növényzetösszetétel, Növényzetösszetétel

Társulás jellemzése

- egyes fajok segítségével:
 - uralkodó (domináns, állományalkotó, társuláskentő, stb.) fajok
 - a társulás törvényszerűségeit, részét jegyes sáróval legfeljebb kétféle sok fajok
- jellemző (karaktér-) fajok
 - jellemzően csak az adott társulásban rendszeres fajok, ami alapján maga a társulás is definiálható
- megkülönböztető (differenciális) fajok
- állandó (floraszó) fajok
 - kivétel

Társulás típusok

Milyen tényezők határozzák meg az éghajlat övezetességét?

- földfelszínre jutó napjugarzás mennyisége, időtartama, minősége
- tengerszint feletti magasság
- légáramlási rendszerek
- tengeráramlatok rendszere

→ kialakulnak jellegzetes társulástípusok

Zonalitás – Klimazonális növény társulások



- éghajlati viszonyoknak (cspaadék, hőmérséklet) megfelelően kialakuló társulások
- zónák között széles átmeneti zónák
- függőleges övezetesség
- ide tartoznak a feldolgozott példák!

További típusok:

- extrazonális: klimazonális társulás a zónáján kívüli (északi-déli kitettség)
- intrazonális: klimához nem illő, de speciális vízellátottság, vagy talajviszonyok alakították

Természetes és mesterséges életközösségek

Örökös fajok	Mezotemporalis életközösségek
<p>Természetes életközösségek</p> <p>Az örökös fajok egy része élhet együtt az idősebbekkel, de az idősebbekkel együtt nem élhet együtt az idősebbekkel.</p> <p>Örökös fajok jellemzően a mezotemporalis életközösségekben fordulnak elő.</p> <p>Az örökös fajok egy része élhet együtt az idősebbekkel, de az idősebbekkel együtt nem élhet együtt az idősebbekkel.</p> <p>Az örökös fajok egy része élhet együtt az idősebbekkel, de az idősebbekkel együtt nem élhet együtt az idősebbekkel.</p> <p>Az örökös fajok egy része élhet együtt az idősebbekkel, de az idősebbekkel együtt nem élhet együtt az idősebbekkel.</p>	<p>Mezotemporalis életközösségek</p> <p>Az örökös fajok egy része élhet együtt az idősebbekkel, de az idősebbekkel együtt nem élhet együtt az idősebbekkel.</p> <p>Örökös fajok jellemzően a mezotemporalis életközösségekben fordulnak elő.</p> <p>Az örökös fajok egy része élhet együtt az idősebbekkel, de az idősebbekkel együtt nem élhet együtt az idősebbekkel.</p> <p>Az örökös fajok egy része élhet együtt az idősebbekkel, de az idősebbekkel együtt nem élhet együtt az idősebbekkel.</p> <p>Az örökös fajok egy része élhet együtt az idősebbekkel, de az idősebbekkel együtt nem élhet együtt az idősebbekkel.</p> <p>Az örökös fajok egy része élhet együtt az idősebbekkel, de az idősebbekkel együtt nem élhet együtt az idősebbekkel.</p>

Természetes és mesterséges életközösségek

- Fontos fogalmak:
 - gyomfajok
 - adott körülmények között „nem kívánatos” fajok
 - élőhelyekhez legjobban alkalmazkodó növények, a másodlagos szubsztrátú pionír fajjal
- adventív (idegenhonos, behurcolt/betelepített, jövevény-) fajok:
 - emberi tevékenység által közvetlenül vagy közvetve, új élőhelyre átvitt fajok (pl.: M.o. – közönséges vadgesztenye)
- invazív fajok (zónafajok):
 - olyan adventív faj, ami az új élőhelyen gyorsan képes terjedni, kiszorítva ezzel az őshonos állományt (pl.: id. kocsó)

Mitől lesz egy faj gyom?



- rossz természetességi állapotú élőhelyeken jelennek meg
- kultúrterületek
- zavart természetes élőhelyek
- „ideális gyom”
 - tág tűrésképesség,
 - gyors növekedés,
 - korai virágzás,
 - ontoparazita,
 - sok mag,
 - vegetatív szaporodás (is)
- de!
 - korlátozott versenyképesség

Mitől lesz egy faj invazív?

- az új területen nincsenek természetes ellenségei
- rugalmas genetikai állományjal rendelkezik
- jobban ellenáll a zavarásnak
- allopatikus (mérgező) anyagokat termel
- versenyképes
- „ideális gyom”
- pl.: kanadai aranyvessző, bálványfa, selyemkóró



4. melléklet: Laminált szövegek (hazai klímazonális társulások)

A szövegekben aláhúzott fajok képei szerepelnek a lapon, és egy kakukktójas. Ennek a számát kell külön fel kell jegyezni a táblázatban.

Tatárjuharos lösztölgyes

Az egykori alföldi lösz-erdőszyvepp erdője a tatárjuharos lösztölgyes volt. Vízamtor kb. 9%-át borította hazánkban, ma állományai 0,07%-ra csökkentek. Termőhelyek az Alföld és a Kisalföld, valamint péremoidévének löszplácon, löszdombján voltak (140–250 tszf. magasságoknál), vastag humuszréteggel szembejött barna erdőtalajokon, vagy ritkábban barnaföldeseken. A talajvíz éltal alig befolyásolt erdők nagy kiterjedésű földrajzi mozaikosan keveredtek a löszgyepkéssel. Ma termőhelyek szinte teljes mértékben mezőgazdasági művelés alatt állnak (fő maradványfoltjai, mint pl. a Kerecsendi-erdő, szigorúan védettek).

A közepes magassági növekedésű és záródású lombkoronaszintben gyakran négy tölgyfaj is elegyedik (középső L. kocsánytalan t., molyhós t. és csernyő). Mellékletként rendezterint kisebb (második) lombkoronaszint is található, ennek fő alkotói a tatárjuhar, a meszelőbuz és a mezsei szil. Fajgazdag és dúsz borítású az erdő cserjezsinthe is (tölgymamutölle, csepesszemegegy, bíbricses kecskerágó, egyfűbés galagonya, stb.)

Légytársú növényzetében kelet-európai erdőszyvepp elemek (bárcsonyos tödőfű, sárgás sás, tarka nőszirom, stb.) keverednek a száraz tölgyesek fajhalm (óbovas kenteke, bogáros szelőróza, stb.).

/Hortobágyi T. Simon T.: „Növényföldrajz, társulástan, ökológia” nyomán/



Cseres-tölgyesek

Hazánk legelterjedtebb növényfajcsúzája. Valamikor az ország területének 19,5%-át, ma 2,5%-át borították állományai (a jelenlegi hazai erdőknek kb. 30%-át cseres-tölgyesek és váltózetek teszik). A Magyar-középhegység és a dombvidékeken 250-450 m tszf. magasságoknál alakulnak ki zonális állományai a legkülönbözőbb állapotokban, általában mély, kötömbös, vagy enyhén savanyú, agyagbemosódásos barna erdőtalajokon.

A cseres-tölgyesek magas (20–27 m) növekedésű, jól záródó erdők, idősebb korukban. Típikus állományaikban többnyire csak közcsomótlan és szűzölgy alkotja a lombkoronaszintet. Mindkét tölgy lombstruktúrája olyan, hogy a fényt – szemben pl. a bükkökkel – jobban beengedik az erdő belsejébe. Emiatt csereszintje is fejlett (bár ezt – vélt fagyasztási érékéből – az erdőknek gyakran eltávolítják belőle). Gyakoriak a félszáraz lombterőre jellemző fajok (szőlőbűs galagonya, közönséges fagyfa, veregyűző som, bíbricses kecskerágó, meszelőbuz, stb.).

A szűzölgy fejlett légytársú sztróma a fő- és szárlevek, továbbá a pillangósvirágúak gyakorlatilag jelenléte jellemző. A fővek között a lilásti petrez, a felemléslevegű csekecs, és az egyvirágú grólygyepje szinte mindig jelen van. A pillangósvirágúak közül különböző lóherék (pl. erdei here), bükkönyök (pl. vizez bükköny), ledmek (pl. tavaszi lednek) mindig megtalálhatók. A cseres tölgyesek a fenniek kivül is igen változatosak. Csak kiragadva említhetjük a gyakorlatban leggyakoribbakat: sárga gyűzűvirág, sötörz margóvirág, baracklevelű harangvirág, stb.

/Hortobágyi T. Simon T.: „Növényföldrajz, társulástan, ökológia” nyomán/



Gyertyános-tölgyesek



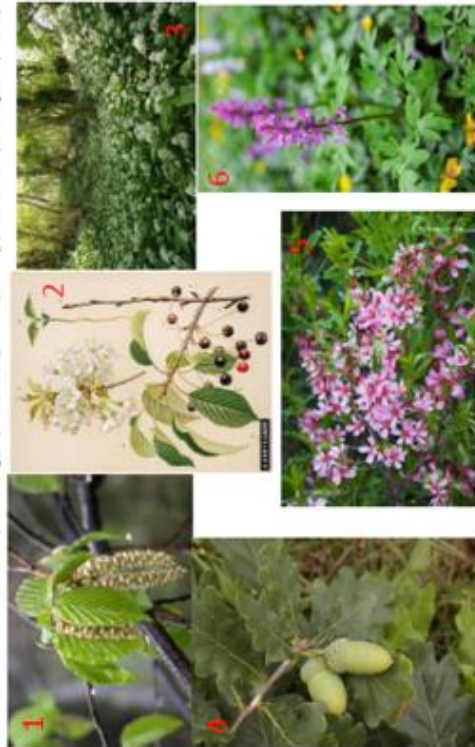
Ma az ország területének 2,4%-át borítják (potenciálisan kb. 10,5%-át fedték), viszont jelenlegi erdőinknek több, mint egynegyede gyertyános-tölgyes. Klimazonálisan domb és középhegységenk 400-600 m közötti leposzabb felszínein fordul elő, de igen gyakoriak extrazonális állományai is (pl. 400 m tszf. magasság alatt É-i kitettségű lejtőkön, völgytalpakon, vagy 600 m felett délies kitettségben.)

Mindenféle alapkőzetten előfordul, általában mélyebb, közömbös vagy neutrális barna erdőtalajokon, de enyhén savanyodó talajokon is. Úde típusú kőtép-európai jellegű erdők.

A gyertyános-tölgyesek zárt lombkoronájú erdők. A **kocsmárytalan tölgy** idős korban kiemelkedő fái mellett a **gyertyános** többnyire másodlagos lombkoronaszintet alkot. Állományába gyakran keveredhetnek szilánként a bükk vagy a csertölgy, esetleg egyéb fák (mezei szil, kora juhar, mezei juhar, nagylevelű hárs). Jellemző fája a **vadcsészényfa**. E kevert lombú erdők az évszázados erdőművelések nyomán szektálással sokfelé átalakultak kezelt tölgyesekké, esetleg tisztított Gyertyánosokká is.

Az erősen záródó, több szintű lombtakaró a tölgyesekhez képest kevesebb fényt (és hőt) enged be az erdő belsejébe. Emiatt a cserjészet legfeljebb középsően fejlett (közönséges fagyai, úkörkelonc, mogyorós hólyagfa, csíkos kecskerágó, stb., valamint a lombalkotó fák cserjealajjai). Lombfakadás előtt igen gazdag a hagymás-gumós geofiton aszpektusa (odvas keltek, medvehagyma, erdei galambvirág, bogtáros szellőrozsza, kikeleti hóvirág, stb.). A nyárra eltűnő, tavaszi virágzótyéveget később a bükkökéhez hasonló aljnövényszet váltja fel.

/Hortobágyi T. Simon T.: „Növényföldrajz, társulástan, ökológia” nyomán/



Bükkösök



A bükkös erdők hazánkban klímazonálisan leginkább csak 600 m tszf. magasság felett fordulnak elő, extrazonálisan viszont – főleg hegyvidékeink hűvös É-i kitettségű lejtőin – alacsonyabb magasságokba is behúzódhatnak. Az ország területének potenciálisan is csak 4%-át borították, ma viszont már csak 1,25%-a területérzécsesedésük (a megérvő erdőinknek viszont több mint 14%-a bükkös!).

Az ősi, háborítatlan, idős bükkösök lombkoronaszintje teljesen zárt. Az idősebb korban határozottan fényigényes bükk sűrűn álló levelei a fény útját az erdő belseje felé szinte teljesen lezárják (nyáron pl. a teljes sugárzás 8–10%-a jut csak be az erdőbe). Emiatt ezeknek az erdőknek a cserjésztípusa fejletlen, többnyire az előforduló fajok – fiatal korban még árnyékúró – újlataiból áll. A lágyzáró szint is fajszerény és főleg árnyékúró és árnyékúró fajokból tevődik össze. A talaj tápanyag- és vízellátásának helyi alakulásai miatt azonban ezek gyakran nagy, homogén foltokban jelenhetnek meg. Gyakori lehet itt is a lombfakadás előtti tavaszi geofiton aszpektus megjelenése.

A bükkösök lombkoronaszintjében a világoszürke, simatorzsú bükk mellett (ezek idős korban akár 30 m magasságot is elérhetnek), csak elvétve jelenik meg más fa (hegyi juhar, kora juhar, magas kőrös, Gyertyán, kocsmárytalan tölgy).

Ökológiai különbséget jelentő növényvilágot szagos mügge (bázisgazdag talajt jelez), erdei madártrófea (a legnedvesebb vízellátású bükkösöket jelzi, enyhén savanyodó talajokon), bükkös (enyhe savanyodást jelez), egyvirágú gyöngyperje (sáskély talajú, bázikus termőhelyet jelez; labilis, leromlott állományokban gyakori).

/Hortobágyi T. Simon T.: „Növényföldrajz, társulástan, ökológia” nyomán/



Fenyvesek



Hazánkban csak kis kiterjedésűek, klimazonálisan jellemzően 800–1000 m magasság felett találhatók. Elsősorban a Dunántúli csapadékosabb, hűvösebb nyugati szélén, podzolos talajokon jelentkeznek állományai. Sopron és Középgörény környékén, a Vendvidéken, az extrazonális jegenyefenyves lucosok (jegenyefenyő, lucfenyő), ugyanitt az Őrségen a többnyire zónális mézsterülő erdeifenyvesek (erdői fenyő) állományait találhatjuk. Jellemző bennük a sok savanyúság-jelző faj (körteke fajok, áfonya fajok), a havasi éger, a kerekeslevelű galaj és a homoki erdeifenyves foltja található, valószínűleg jégkorszak utáni maradvány társulásként.

Fentiekén kívül fenyves hazánkban potenciálisan nem fordul elő. Óchonos fenyőféléink azonban még a tiszta, továbbá a boróká, amelynek mai előfordulási másodlagos hatásra (legeltetés) keletkezett.

Utóbbi éveink nem potenciális fenyves területeken történő nagymértékű fenyvesítései főleg amiatt veszélyeztet és hosszú távon csak kevés eredménnyel kecsegtetnek, mert a tűlevelűek ökológiai igényei általában idegenek hazánk nagy részének természeti adottságaival szemben.

/Hortobágyi T., Simon T.: „Növényföldrajz, társulásstan, ökológia” nyomán/



5. melléklet: Kiegészítő táblázat (üres és kitöltött)

társulás neve	előfordulás	állományalkotó fajok	lombkoronaszint jellemzése	cserjeszint jellemzése	lágyszárú szint jellemzése
tatárjuharos lőszitőlgyes	.....m tszf. magasság,		szintek száma: záródás: pl.:	fejlettség: pl.:	fejlettség: pl.:
cseres-tőlgyes	.....m tszf. magasság,		szintek száma: záródás: pl.:	fejlettség: pl.:	fejlettség: pl.:
gyertyános- tőlgyes	.....m tszf. magasság,		szintek száma: záródás: pl.:	fejlettség: pl.:	fejlettség: pl.:
bükkös	.....m tszf. magasság,		szintek száma: záródás: pl.:	fejlettség: pl.:	fejlettség: pl.:
fenyves	.....m tszf. magasság,		szintek száma: záródás: pl.:	fejlettség: pl.:	fejlettség: pl.:

társulás neve	előfordulás	állományalkotó fajok	lombkoronaszint jellemzése	cserjeszint jellemzése	lágyszárú szint jellemzése
tatárjuharos lösztölgyes	140-250 m tengerszint. feletti magasság, Alföld, Kisalföld	4 tölgyfaj, tatárjuhar (cserje), mezei szil, mezei juhar	közepes magasság, közepes záródás, két szint	fajgazdag, dús	kelet-európai erdősztyepp és száraz tölgyesek lágyszárú elemei
cseres-tölgyes	hazai középhegységek, dombvidék, 250-450 m tszf.	kocsánytalan és csertölgy	magas növésti, jól záródó, egy szint	fejlett, több fény átjut, mint a bukkosban	fejlett, jellemzőek a sás, fűfélék, pillangósvirágúak
gyertyános-tölgyes	domboság, középhegység, 400-600 m tszf.	kocsányos és kocsánytalan tölgy, gyertyán	két szint, zárt	közepesen fejlett a kevesebb fény miatt	lombfakadás előtt gazdag hagymás-gumós lágyszárú növényzet
bükkös	600 m tszf. felett, extrazonálisán É-1 lejtőkön	bükk	teljesen zárt, egy szint	fejletlen, főleg fajritulát	fejletlen, esetleg árnnyektűrő fajok. De gyakori a lombfakadás előtt hagymás-gumós lágyszárú növényzet
fényves	800 m tszf. kis kiterjedés, Dunántúl Ny-i részén, Őrség	erdeifenyő	egy szint	savanyúság-jelző fajok	moha, zuzmó