

SZAKDOLGOZAT

Mészáros Tünde

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet

Természetvédelmi mérnöki alapképzési szak

Holtfákon megtelepedő edényes növények vizsgálata

Belső konzulens: Molnár Ábel Péter
egyetemi tanársegéd

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Vadgazdálkodási és
Természetvédelmi Intézet,
Természetvédelmi és
Tájjgazdálkodási Tanszék

Készítette: Mészáros Tünde

Szent István Campus

2025

„A holtfa az egészséges erdők leggazdagabb élőhelye”

— *Keith Kirby*



Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	5
1.1 Célkitűzések	6
2. Anyag és módszer.....	8
3. Eredmények és értékelésük	10
3.1. Edényes növények kolonizációs folyamata.....	10
3.2 Edényes növények terjedési stratégiái.....	14
3.3. Fatuskó és álló holtfa	16
3.4. „Nurse log” – A dajkafa jelenség.....	17
3.4.1. Mikortól lehet jelen a dajkafa jelenség?	21
3.4.2. Miért nem találunk idősebb magoncokat a holtfákon?	22
3.5. Kapcsolat gombákkal, zuzmókkal, mohákkal	23
3.6. Holtfákon előforduló edényes növények.....	25
3.6.1. Luc és bükk dominálta erdők	26
3.6.2. Tölgyerdők	32
3.7. Hogyan hat az erdőkezelés a holtfa vegetációjára?	34
3.8. Vadhatás	35
4. Következtetések és javaslatok	36
5. Összefoglalás	39
6. Irodalomjegyzék	41
7. Táblázatok és ábrák jegyzéke	47
8. Köszönetnyilvánítás.....	48
9. Hallgatói nyilatkozat.....	49
10. Konzulensi nyilatkozat.....	50
11. MI nyilatkozat	51

1. Bevezetés és célkitűzések

„Nincs elég holtfa az európai erdőkben” – jelenik meg az idézett cím a WWF Magyarország (2017) holtfákkal kapcsolatos kiadványának 3. oldalán. A jelenség okának megértésére pedig vissza kell tekintenünk kicsit az időben – az ember, akár Európában, akár a Föld más kontinensein, az erdőket számos módon hasznosította. A megnövekedett igények és az intenzív erdőgazdálkodás pedig nem kímélte az élő, és a már halott fákat sem. A gazdasági termelés alá vont erdőkben a holtfákat kórokozók melegágyának és rendezetlenségnek tartották (Ódor 2018), illetve tudatosan elszállították (Csóka-Lakatos, 2014). Ez a szemlélet csak a 20. század közepétől kezdett változni, amikor a tudósok és a szakemberek felismerték, hogy a holtfának kulcsfontosságú szerepe van az erdei ökoszisztémában, és bár halottnak tűnik, ugyanolyan élet van benne, mint az azt körülvevő erdő minden szegletében. Az apró algákon, zuzmókon, kovamoszatokon keresztül az elképesztően sokféle gombaközösségeken át az állat-, és növényvilágig számos erdei élőlény életciklusában fontos szerepet tölt be a holtfa különböző módon (Harmon et al., 1986). A holt faanyag tehát fontos alapanyaga az erdők biodiverzitásának (Kikeeva et al., 2024). A holtfák és edényes növények közötti kapcsolatról viszont már kevesebb információ áll rendelkezésre. Az tudott, hogy a holtfák különleges élőhelyi viszonyokat teremtenek, és képesek megváltoztatni az aljnövényzet vegetációs összetételét (Kumar et al., 2016), illetve az edényes növények képesek megtelepedni a holtfákon (Harmon et al., 1986). A szakdolgozatom célja a holtfák és az edényes növények közötti kapcsolat jobb megértése, az összefüggések elemzése, az eddig megszerzett tudás összesítése. Ez egy olyan terület, melyről hazánkban, Közép-Európában, de talán még a világon is jóval kevesebb tudás áll rendelkezésre, mint a holtfákhoz kötődő zuzmó-, moha-, gomba-, vagy rovarfajokról. Ezért rendkívül alulkutatottnak mondható a téma, ennek oka pedig az a tudományos érv, hogy a holtfák kevésbé adnak hozzá az edényes növények, lágyszárúak közösségének sokféleségéhez (Ódor, 2014), és kevésbé jelentenek fontos pontot az erdei diverzitásban szemben a többi holtfához közvetlenül kötődő taxonokkal. Kizárólag holtfán előforduló edényes növényekről nincsen tudomásunk (Unar et al., 2023). Míg a fásszárúak felújulásával kicsivel több kutatás foglalkozik, a lágyszárúak megjelenésével és kolonizációjával kapcsolatban kevesebbet tudunk (Ódor, 2014). Ennek az egyik oka hogy többnyire gyakori edényes növények találhatóak a holtfákon, szemben a védett vagy nagyon ritka, olykor specialista moha-, zuzmó-, gombafajokkal (Staniaszek-Kik et al., 2016).

Az elmúlt évtől kezdve számos fényképet készítettem, illetve kaptam, melyen holtfát kolonizáló edényes növények vannak jelen, és ennek a jelenségnek az összefoglalása volt a szakdolgozati

érdeklődésem kiindulási pontja. A szakdolgozatomat terepi adatgyűjtéssel terveztem végezni, három vegetációs zónában: Magyarország bükkös-, gyertyános-tölgyes-, és erdőssztyepp-erdő zónáiban. Több kritériumnak is teljesülnie kellett ahhoz, hogy megfelelő mintaterületeket találjak, ezeknek kereséséhez több szakember is segítségemre volt. A holtfákon élő edényes növényfajok vizsgálatánál szerettük volna megvizsgálni a vadhatást is. Az volt a felvetésünk, hogy a vadhatás, köztük a rágás hatással lehet a holtfákon növekvő edényes növényekre, ugyanis erre a kérdéskörre kevés, főleg egymásnak ellentmondó álláspontok vannak jelenleg. A hazai vadhatás vizsgálatára olyan idős, nagy mennyiségű korhadó holtfával rendelkező erdőállományokat kerestem, melyek vadkizárt kerítéssel elszeparáltak, illetve kontrollterületként bevontam hasonló erdőállományú, nagy mennyiségű holtfával rendelkező területeket, melyek vadhatásnak kitéttek. A mintaterületek lehetőségeinek száma így jelentősen leredukálódott, nehéz volt olyan, megfelelően vadkizárt területet találni, mely idős faállományú és emellett sok holtfával rendelkezik. A gyertyános-tölgyes mintaterülethez a Felsőtárkány 173D erdőrészlet lett volna a legmegfelelőbb, illetve az erdőssztyepp-tölgyes kunpeszéri Tilos-erdő. Az alföldi erdők holtfa felmérés szempontjából alulkutatottak, de ez Kunpeszér több erdőrészletében megtörtént (Volford et al., 2023). A bükkös erdőhöz megfelelő mintaterületet nem találtam vadkizárás szempontjából, így a vizsgálat Dobogókőn valósult volna meg, a turizmus miatt feltételezhetően alacsonyabb vadnyomás miatt. A mintavételi módszer a következő volt: 3-5 hektáros területen felmérni az összes holtfát, melynek 15 cm-nél nagyobb átmérőjű a törzse, habitat típusát és korhadási fázist megállapítani Bobiec és munkatársai (2005) holtfa korhadási táblázata alapján, a holtfa méretét megmérni, és a rajta jelen lévő edényes növényfajokat, illetve borítottságukat lejegyezni. Több terepi bejárást tettem a jövőbeli mintavételi terület megfelelőségének megállapítására és a módszertan finomítása után elkezdtem a felsőtárkányi mintaterületek felmérését 2025. június elején. A terepi kutatás magánéleti okokból nem tudott folytatódni és megvalósulni, ezért a szakdolgozatomat szakirodalmi áttekintés formájában vittem véghez.

1.1 Célkitűzések

A szakdolgozatomban egy szakirodalmi áttekintést készítettem a holtfákon előforduló edényes növényfajokról. Célom volt, hogy a mérsékelt övi erdőkből készült kutatásokat és eredményeiket összegyűjtsem, illetve elemezzem azon biotikus és abiotikus tényezőket, amelyek befolyásolják a holtfák kolonizálását. A szakirodalmi áttekintés során az alábbi kérdésekre keresem a választ:

Hogyan kolonizálják a növények a holtfákat? Milyen stratégiák jellemzőek?

Mi az a dajkafa jelenség? Mikortól van jelen ez a folyamat?

Miért nem találunk idős (több éves) magoncokat a holtfákon?

Mely edényes növényfajok jelennek meg a holtfákon Európában, illetve a többi kontinensen a mérsékelt övben?

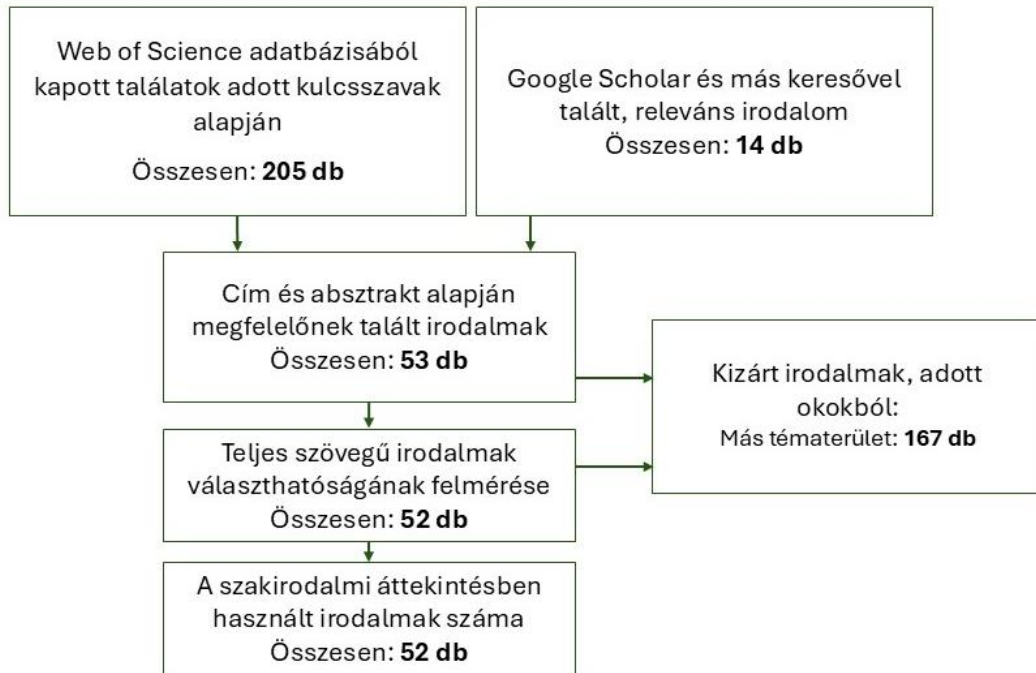
Milyen kapcsolat áll fenn az edényes növények és más, a holtfákat kolonizáló élőlénycsoportok (mohák, zuzmók, gombák) között?

Mely korhadási fázis a legalkalmasabb a kolonizációra?

Milyen hatással van az erdőkezelés és a vadhatás a kolonizációs folyamatra?

2. Anyag és módszer

A szakdolgozatom a szakirodalmi áttekintésekben (review) használt módszertant követi. A szakirodalmak keresése a témához tartozó szakszavakkal történt. A keresési és kiválasztási protokollhoz a PRISMA módszert használtam (Moher et al., 2009), melyet az 1. ábra szemléltet. A szakirodalom szisztematikus keresését többnyire weboldalakon végeztem, ezek a Web Of Science és a Google Scholar voltak.



1. ábra: PRISMA rendszer a szisztematikus irodalmi áttekintéshez.

Forrás: Saját készítés, Moher és munkatársai (2009) alapján

A Web Of Science oldalon az adott keresőszavakkal indítottam keresést: *logs, vascular plants, colonization*, erre 40 kutatást kaptam találatnak. Következő kereséseknek külön külön *a logs, vascular plants, colonization, spruce*, majd *a logs, vascular plants, colonization, boreal*, és *a logs, vascular plants, colonization, temperate* szavakat adtam meg, az így kapott kutatások teljes átfedésben voltak az előző kereséssel. Ezt követően a *vascular plants, coarse woody debris, colonization* szakszavakkal kerestem, így 24 találatot kaptam, ezek csak részben voltak átfedésben az eddig kapott szakirodalmakkal. A *vascular plants on dead logs* keresőkifejezésre 29 találatot kaptam. A kutatásomhoz illően a dajkafákról írt kutatásokat is belevettem a vizsgálatba, erre pedig a következő szakkifejezésekkel kerestem rá a Web Of Science oldalán: *nurse logs AND forest NOT rainforest*, így 85 találatot kaptam.

Adott keresőszavakkal a kereseti találatokat Microsoft Excel-ben összesítettem, ahol az oszlopokban a szerzők teljes neve, a kutatás címe, az absztrakt, a publikáció dátuma szerepelt első körben.

A következő lépés a kutatások átnézése és szelektálása volt. A duplikációkat kizártam. Ezután a címek, illetve az absztraktok által szűrtem, így a témához közvetlenül nem kapcsolódó kutatásokat kizártam (például mikrobiológiai, egészségügyi, társadalomtudományi). A megfelelő kutatásokat címszavakkal kategorizáltam Excelben a kereshetőség érdekében. A vizsgálatomba nem kerültek bele az erdőkezelési, de holtfákkal és edényes növényekkel nem foglalkozó kutatások, illetve a holtfán előforduló epifiton és epixyl gomba, zuzmó, illetve mohafajok kizárólagos vizsgálatára irányuló kutatások, amelyek nem tartalmazznak edényes növények holtfán való előfordulásáról adatot, ezen felül a trópusi égöv kutatásait is kizártam. Ez alapján összesen 39 kutatást találtam megfelelőnek, melyek tehát konkrétan és közvetlenül a vizsgált témával foglalkoznak és releváns eredményeket tartalmaznak.

Ezt követően a Google Scholar keresőmotorjával és más oldalokról, kutatásokból talált, a szakdolgozati kutatásom kezdete óta (2024. 07. 08.) gyűjtött és lementett kutatásokat összevettem a Web Of Science által talált kutatásokkal. A kizárólag vadhatással foglalkozó kutatásokat kizártam, illetve a már lementett de a szisztematikus kutatásban nem megjelent, releváns témájú idevonatkozó kutatásokat is bevontam a vizsgálatba, így 53 kutatásra / szakirodalomra bővült az elemzésben felhasznált kutatások száma.

A következő lépése a szakirodalmak és kutatások kiválogatásának a teljes szöveg átnézése és értékelése volt, mely alapján teljes mértékben eldönthető volt, mely kutatásokat kell kizárni az összefoglalóból. Erre az alábbi okok miatt került sor: a kutatás (1) nem tartalmazott holtfákon előforduló edényes növényekről, (2) a holtfa és az edényes növények közötti kapcsolatról adatot, (3) a holtfákat, dajkafákat csak érintőlegesen említette, megfelelő adatot nem tartalmazott. Így még 1 kutatást zártam ki.

Ezután kategóriákba rendeztem az Excel segítségével a kutatásokat: az első lapon a végső, edényes növények/lágyszárúakkal kapcsolatos kutatások sorakoztak, a második fülön a dajkafa történeti és jelenkori kutatásai, a harmadik fülön pedig átfogó cikkek és kutatások a holtfákkal kapcsolatosan.

3. Eredmények és értékelésük

3.1. Edényes növények kolonizációs folyamata

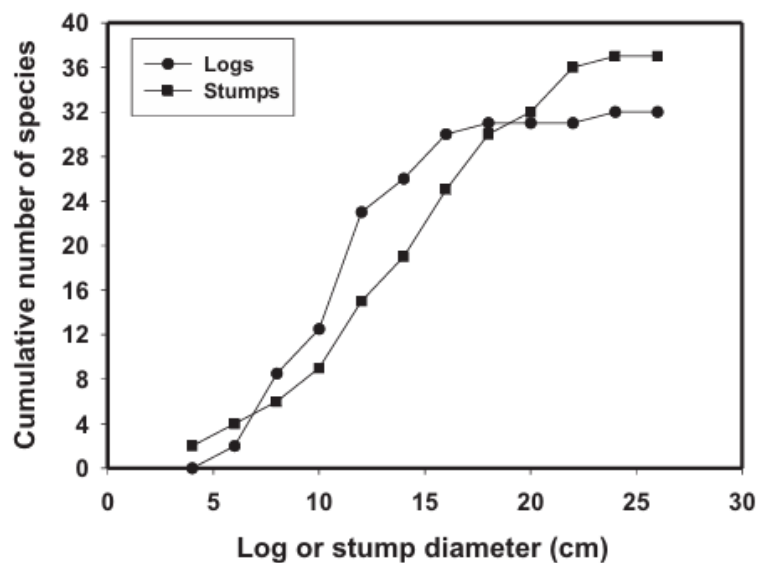
Az elhalt faanyag (coarse woody debris) bizonyítottan összefüggésben áll autotróf szervezetekkel, így algákkal, zuzmókkal, mohákkal, zöldalgákkal. Ők a holtfa külső felületén telepednek meg (epifiták) ezért epifiton (kéreglakó) közösséget alkotnak. Kovamoszatok, korpafüvek, zsurlók, illetve a vizsgálatom fő csoportjai, a harasztok, nyitva-, és zárva-termők tartoznak még ebbe a különleges kapcsolathálózatba (Harmon et al., 1986). A holtfa jelenléte az erdőben sokrétű kapcsolathálózatot alakít ki, az erdei élőlénycsoportok nagy része pedig közvetlenül kötődik a holtfákhoz (Tóth, 2010), emiatt az egész világon rendkívül veszélyeztetetté váltak (WWF, 2017). A holtfák különféle élőlénycsoportnak, autotrófoknak és heterotrófoknak szolgálnak menedékkal, élőhellyel, illetve tápanyaggal (Harmon et al., 1986), az edényes növények életében viszont tisztázatlan a fontosságuk (Unar et al., 2023). A szaproxil kifejezés az „*elhalt faanyag elfogyasztásán alapuló, illetve arra épülő*” táplálékhálózatot, fajokat jelenti. Ennek a hálózatnak részei az edényes növények, melyek a lebontásban nem vesznek részt, csak aljzatként használják a holtfát (Ódor, 2018). A növényzet térbeli eloszlását és borítását is befolyásolja a holt faanyag, ezen felül növeli a talaj heterogenitását, befolyásolja a mikroklimatikus viszonyokat, mint amilyen a nedvesség, hőmérséklet és a fény (Kikeeva et al., 2024). A holt faanyag bomlása során más struktúrával, kémiai összetétellel és nedvességmértékkel rendelkezik (Kumar et al., 2016) ez pedig más-más vegetációs összetételt eredményez: eleinte epifiton (fákon élő), majd epixil (faanyag felszínén élő) (Ódor, 2018), végül epigeikus fajok (talajon élő) jelennek meg a holtfán (Kumar et al., 2016). A holtfa teljes bomlási idejének legalább felében teret adhat az edényes növények növekedésére (Chmura et al., 2016). A bomlás előrehaladtával kedvezőbb feltételek biztosítottak a kolonizációra, mivel a holt fatörzs magasabb koncentrációban tartja meg a vizet és folyamatos humid környezetet idéz elő (Harmon et al., 1986, Kikeeva et al., 2024), a nitrogén és foszfortartalma pedig növekedik (Stroheker et al., 2018). A holtfa felszínén felgyűlő szerves anyag származhat a már elpusztult, alacsonyabb tápigényű növényekből, vagy más fajok biomasszájából, mely anyagok aztán kedvezőbb feltételeket teremtenek tápanyag-igényesebb fajok megtelepedésére (Kikeeva et al., 2024; Harmon et al., 1986). Az edényes növények megtelepedésének biztosítására szerves anyag szempontjából elég lehet néhány elbomlott falevél vagy egy vékony réteg föld (Staniaszek-Kik et al., 2016).

A holtfa kolonizációja zuzmó fajokkal kezdődik, melyek a fakéreg leválásával eltűnhetnek a középső bomlási fázisban, őket követik a mohák és az edényes növények (Zielonka-Piatek, 2004). A mohafélék megtelepedése, növekedése előnyükre válhat a holtfát kolonizáló edényes növényeknek, később le is válthatják ezen epifita közösségeket (Chmura et al., 2016). Néhány mohafaj és edényes növény is pozitívan reagálhat a fénytöbbletre a talajon (Staniaszek-Kik et al., 2016), és a holtfákon is (Khanina-Bobrovsky, 2021). A különbségek akár a pár méterre egymás mellett elhelyezkedő holtfákon is szembetűnők lehetnek, ha az egyik jobban kitett a napfénynek, mint a másik (Bobiec et al., 2005).

A holtfák szukcessziója és az edényes növények megtelepedése egy rendkívül dinamikus folyamat, így nagymértékű változások történnek különböző bomlási fázisokban. Minél előrehaladottabb a holt faanyag bomlási folyamata, annál könnyebben telepednek meg rajta az edényes növények (Fukasawa et al., 2025). Ez idő alatt változnak a fizikai és kémiai tulajdonságai, a tápanyag és nedvességtartalom is. A virágzó, terméshozó egyedeknek pedig szükséges, hogy a holtfa bomló rétege néhány centiméter mély legyen, így nagyobb sikerrel kolonizálják, növekednek rajta (Bobiec et al., 2005; Kikeeva et al., 2024). Az előrehaladottabb bomlási fázisú holtfákon nagyobb eséllyel csíráznak a magok, mint egy szárazabb, keményebb holtfa felszínén (Fukasawa et al., 2025). Viszont negatívan hathat a bomlás a jó stressztűrésű, ruderalis növényfajokra (például kisvirágú nebánsvirág - *Impatiens parviflora*) (Chmura et al., 2016), melyek nagyobb arányban vannak jelen a holtfán a talajhoz viszonyítva (Unar et al., 2017). A lágú-, és fásszárú csíranövények is a már jól bomlott faanyagba tudják beleereszteni a gyökereiket (Orman et al., 2016). Viszont nem minden esetben növekszik a növények fajgazdagsága és borítottsága a holtfa bomlásával együttesen: Khanina és Bobrovsky (2021) az 5 holtfa-bomlási stádium közül a 2-esen talált legnagyobb arányban edényes növényeket, tehát sem a holtfa bomlásának előrehaladása, sem a mohaborítás nem befolyásolta az edényes növények számát.

A vastagabb és nagyobb holtfák kiterjedt felszínei segíthetnek a magok csírázási sikerében (Zielonka-Piatek, 2004), de akár már 5 cm átmérőjű holtfákon is megjelenhetnek edényes növények, főleg lágyszárúak (Lee-Sturgess, 2001). A vékony holtfák hajlamosabbak gyorsabban kiszáradni így nem jelentenek alkalmas felületet a kolonizációra (Stroheker et al., 2018). A holtfákat kolonizáló edényes növények fajgazdagságára és borítására is pozitívan hat a holtfa átmérőjének, méretének növekedése, ezt több kutatás alátámasztja, illetve a 2. ábra is szemlélteti (Dittrich et al., 2014; Chmura et al., 2018; Checko et al., 2015). Egy oroszországi

lombhullató erdőben csak a 40 cm-es, illetve ennél nagyobb átmérőjű holtfákon fordultak elő edényes növények (Khanina-Bobrovsky, 2021).



2. ábra: Edényes növények kumulatív fajszámgörbéje a holtfa és a csonk átmérőjének növekedésével összefüggésben amerikai rezgő nyár dominálta boreális erdőben

Forrás: Lee és Sturgess (2001)

A holtfán megjelenő edényes növényeket az adott erdei közösségre jellemző, közönséges fajok alkotják (Unar et al., 2017). Az edényes növények mutathatnak preferenciát különféle aljzatokra, így a talajra és a holtfára, ez Unar és munkatársai (2023) kutatásában a vizsgált növényfajok 40%-át érintette, különböző erdőtípusokban. A lucfenyő (*Picea abies*) és más fafajok ilyen tekintetben előnyben részesítik a holtfákat (Unar et al., 2023). Tehát eltérő lehet a megjelenésük a holtfán és a talajon, preferenciájuk és a kolonizáció viszont nem véletlenszerű (Kikeeva et al., 2024; Chmura et al., 2018), akadnak ugyanis előrehaladott bomlási stádiumban lévő holtfák, melyeket mégsem kolonizálnak edényes növények (Chmura et al., 2018). Különbség van a holtfák típusai között is: az álló holtfákon kevesebb edényes növény található (főként olyan fajok melyek sok más holtfa-típust is kolonizálnak), míg a talajhoz közelebb fekvő holtfán könnyebben megtelepednek (Staniaszek-Kik et al., 2019). Az edényes növények megtelepedésére nem megfelelő a frissen kidőlt, nyers és kemény anyagú fa a tápanyag és vízfelvétel nehézségei miatt, és mert a növény ebbe a durva anyagba még nem tud gyökeret eresztetni (Zielonka-Piatek, 2004). A fakéreg leválásával nyílik út az edényes növények gyökereinek csírázására (Bobiec et al., 2005). A holtfán legalább pár milliméteres réseknek kell lenniük, hogy a lágyszárúak megtelepedhessenek rajtuk, ez a korhadási folyamat közepén

történik (Staniaszek-Kik et al., 2016). A boreális, fényigényes és nitrofil növények magasabb arányban vannak jelen a holtfákon mint a talajon a holtfa körül (Khanina-Bobrovsky, 2021). A bükk- (*Fagus sylvatica*), jegenye- (*Abies alba*), és luc magoncai is sikeresebben kolonizálják az előrehaladottabb bomlási stádiumban levő holtfát, de a denzitásuk a végső bomlási fázisok előtt eléri a tetőpontot (Orman et al., 2016).

A növények holtfán való megjelenése összefüggésben áll számos más környezeti tényezővel, például a tengerszint feletti magassággal (Chmura et al., 2016). A tengerszint feletti magasság befolyásolja az edényes növények, illetve a holtfán megtelepedő vegetáció fajösszetételét és fajborítását (Staniaszek-Kik et al., 2024). A tengerszint feletti magasság csökkenésével Staniaszek-Kik és munkatársai (2016) magasabb számban találtak edényes növényeket és mohafajokat a holtfákon. Míg a montán erdőkből végzett kutatásban 12%-a az összes növényfajnak volt megtalálható holtfán, az alacsonyabb tengerszint feletti magasságoknál ez már 44%-á növekedett (Checko et al., 2015; Chmura et al., 2016).

Egy újabb kutatás szerint pedig a bomló holtfákat kolonizáló növények sokkal inkább a magassági vegetációs öveket és különféle klímaviszonyokat tükrözik (ez utóbbinak az Ellenberg-féle indikátorértékek szerint bioindikátor fajai), és kevésbé a holtfa nedvességtartalmát és bomlási stádiumát (Chmura et al., 2017). A magasabb térszíneken jellemzőbb a levegő páratartalmának növekedése, amely a talajban és az avarszintben is magasabb nedvességet okoz, ez pedig fokozhatja az epixil és epifita fajok, majd utánuk az edényes növények megtelepedését (Chmura et al., 2018).

Az edényes növények gyökerének mechanikai hatásáról a holtfák bomlásának sebességével kapcsolatban még kevés információ áll rendelkezésre, de feltételezhető, hogy a holtfa tápanyag-körforgalmában szerepe lehet (Staniaszek-Kik et al., 2014). A növények gyökerei a holt faanyagba növés után kiválaszthatnak szerves anyagú folyadékokat, mellyel befolyásolják a holtfa bomlását, és kiterjedt gyökérrendszerükkel elősegítik az aprózódását (Harmon et al., 1986). Ez a korai bomlási fázisokban a lágyszárú növényeknek még nem lehetséges, mert gyökérükkel nem tudnak áthatolni a fatörzs vastag kérgén (Lee-Sturgess, 2001). Fontos tápanyag szempontjából is vizsgálni a holtfákat, hiszen teljesen más szubsztrát közegük van, mint a talajnak, így olyan is előfordulhat, hogy a bomló faanyag kevesebb tápanyagkoncentrációt tartalmaz, mint a talaj, ez pedig csökkentheti egyes növények növekedését és csírázási esélyét (Harmon et al., 1986). A szaproxil fajok (például lebontó gombák) biomasszájának tápanyagtartalma magasabb a kolonizált holt faanyagéhoz

viszonyítva (Kikeeva et al., 2024; Ódor, 2018), így feltételezhető, hogy ezen szerves anyagok felhalmozódásával kedvezőbb feltételek biztosítottak az edényes növényeknek.

3.2 Edényes növények terjedési stratégiái

Az edényes növények holtfán való megtelepedésében fontos vizsgálni adott növények terjedésének folyamatait, stratégiáit. A kisebb, könnyebb magokkal rendelkező növényfajok gyakrabban telepednek meg a holtfákon, mint a nagyobb maggal rendelkezők (Chmura et al., 2016), de néhány nagyobb magvú fásszárú is elérhet magas denzitást, például a korai juhar vagy a gyertyán (Checho et al., 2015). A könnyebb magvú növényfajokat főleg luc-holtfákon találták nagyobb arányban, míg a nagyobb és nehezebb magvú növényfajok a bükk-holtfákat preferálták (Chmura et al., 2016).

Checho és munkatársai (2015) megállapították, hogy a myrmecochoria és anemochoria mechanizmusával terjedő növényfajok nagyobb arányban voltak jelen a holtfákon mint a talajon. A síkvidéki ligeterdőkben hasonlóan ezzel a két terjedési mechanizmussal jellemezhető növényfajok voltak jelen nagy számban, bár a talajon lévő növények számát nem haladta meg a gyakoriságuk (Unar et al., 2017). A felső montán régiókban nagyobb szerepe van a zoochoriának, és ennek a folyamatnak a segítségével terjedő növényi magoknak (Chmura et al., 2016). Ezt elősegíti, ha a holtfa kiterjedése és mérete nagyobb, ezért a magokat szállító állatok gyakrabban látogathatják (Chmura et al., 2018). A növények újbóli megtelepedését holtfákon akár madarak is segíthetik, ez jellemző a kisvirágú nebánsvirág esetében (Chmura et al., 2016). A széllel terjedő magokat is megfoghatják a holtfák, növelve az életben maradásukat és növekedésüket, erre példa egy *Populus tremuloides* erdőben végzett amerikai kutatás (Yocom et al., 2025). A bükkös erdőben vizsgált nagyobb bükk-holtfákon megtelepedő edényes növényfajoknak főként „radikális” magszórása van, tehát autochor módon terjednek (Chmura et al., 2016). A síkvidéki ligeterdőkben vizsgált növényi jellemzőket megvizsgálták a talajjal szemben, és kimutatták, hogy a spórával terjedő, a tőlevélrózsás növények - szálkás pajzsika (*Dryopteris carthusiana*) például - gyakorisága a holtfán volt magasabb arányú (Unar et al.,

2017). Más páfrányok, például az édesgyökerű páfrányok (*Polypodium*) is képesek tömegesen megjelenni holtfákon (Saját megfigyelés, lásd: 3. ábra.)



3. ábra: Édesgyökerű páfrányok uralta fekvő holtfa Ausztria patak völgyében.

Forrás: Saját kép (2025.11. 01.)

A vegetatív úton terjedő lágyszárúak, mint például a kerek repkény (*Glechoma hederacea*) (lásd: 4. ábra) és a fekete áfonya (*Vaccinium myrtillus*) az első holtfákat és csonkokat kolonizálók közé tartozhatnak (Unar et al., 2023). Ezen növények indák növesztésével, akár kisebb magasságokat is leküzdve, a holtfára tudnak telepedni, ahová a növény a talajból tápanyagokat juttat. Cserébe az utóbbi a fotoszintézis útján ugyancsak tápanyagokkal és nedvességgel látja el a földön gyökerező részt (Lee-Sturgess, 2001; Ódor et al., 2004). Ezt a jelenséget szemlélteti a 4. ábra. A klonális terjedés a holtfák kolonizálását nagy mértékben elősegíti, ez pedig jellemző az erdei madársósókára (*Oxalis acetosella*), melynek klónjait (töveit) is nagyobb denzitással találták meg a holtfákon mint a talajon (Checko et al., 2015).



4. ábra: Kerek repkény vegetatív úton megtelepedő része egy mohaborított, korai korhadású holtfán egy lefűződött Dráva-holtág keményfás ligeterdőjében.

Forrás: Saját képek (2025. 04. 03.)

3.3. Fatuskó és álló holtfa

A holtfa csonkok laposabb felszíne, mely emberi kivágás által történik, több edényes növényfajnak nyújthat megfelelő helyszínt a megtelepedésre (Staniaszek et al., 2024). Ez nem teljesen áll összhangban azzal az állítással, hogy a durva felület és a repedések, melyek több víz tárolását és a szerves anyag felhalmozódását teszik lehetővé, jobban kedveznének az edényes növények megtelepedésének (Staniaszek et al., 2024). Saját megfigyelésem alapján is az ember által kivágott fatuskók gazdag lágyszárú flórának adhatnak teret (lásd: 5. ábra). A fatuskók edényes növényfajainak sűrűsége magasabb is lehet, mint más holtfa-habitatokon (pl. fekvő holtfán) (Orman et al., 2016). A túlevelű magoncok túlélési rátája magasabb volt a tuskókon, kivéve a lucfenyőt (Orman et al., 2016). A Karkonosze Nemzeti Park lucfenyveseiben végeztek álló holtfa felmérést, ahol elkülönítették az ember által kivágott (cut) és természetes módon kitört (broken) fatuskók vegetációját. A kitört csonkok felszínén összesen pedig 23 edényes növényfajt (dominánsan szöszös nádtippán - *Calamagrostis villosa* és fekete áfonya), a kivágottakon pedig magasabb fajszámmal összesen 27 fajt (például luc, erdei

sédbúza, erdei madársóska, fehér perjeszittyó - *Luzula luzuloides*, közönséges nyír - *Betula pendula* és erdei nádtippan - *Calamagrostis arundinacea*) azonosítottak. A facsonkok felszíni területének, térfogatának, nedvességének növekedésével együtt emelkedett az edényes növények száma, míg a csonk talajhoz viszonyított magassága, a túlzott árnyék csökkentette a fajgazdagságot (Staniaszek-Kik et al., 2024).

Ugyanezen helyszínen végzett vizsgálatok alapján az álló holtfákon 8 edényes növényfajt (mind generalista) azonosítottak, egyik legfontosabb szempontja volt a kolonizációnak a holtfa faja. Érdekes, hogy lucfenyő nem nőtt egyik vizsgált álló holtfán sem (Staniaszek-Kik et al., 2019).



5. ábra: Kivágott facsonkon növő lágyszárúak Dobogókön.

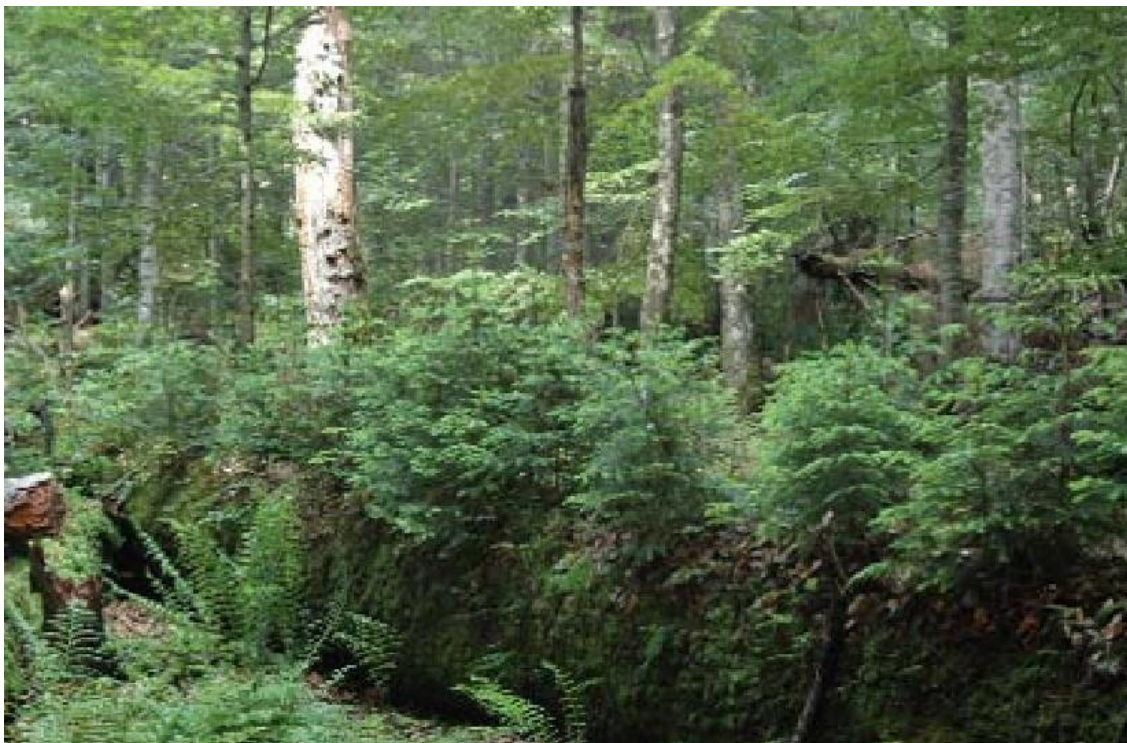
Forrás: Saját kép (2024. 09.)

3.4. „Nurse log” – A dajkafa jelenség

Mérsékelt övi erdőkkel foglalkozó kutatások alátámasztják, hogy léteznek olyan holtfák, melyek fontos tápanyagokkal szolgálnak néhány faj (akár saját) magjának csírázására. A fás szárú fajok korhadó faanyagban történő csírázása nagy szerepet játszik az erdők felújulásában. Ehhez szükséges, hogy a faanyag megfelelő korhadási állapotban legyen, így a csemeték

könnyebben eresztik bele a gyökereiket a holt faanyagba (Bobic et al., 2005). Ezt a jelenséget hívjuk dajkafának (nurse log). A magok ráesnek a holtfára, és később kicsíráznak belőle magoncként, majd a gyökereiket a szerves anyagokon keresztül a holtfába juttatják. Ez olyan szempontból is előnyös, hogy a holtfán védve vannak a talajban élő patogén gombáktól, kevésbé kell versengeniük a talajon növő mohákkal, lágyszárú növényekkel és azok gyökereivel. A kevés, vagy hiányzó holtfa és dajkafa az erdőkből hajlamosíthatja a növényfajokat betegségekre, kártevőkre (Manners et al., 2004). Az állandó vagy időszakos vízborítástól menedéket, a herbivór hatások ellen pedig biztonságot nyújtanak a halott fatörzsek a növényeknek (Césari et al., 2010; Feng et al., 2022; Wang et al., 2023). Ezekon kívül több napfényel, stabilabb vízháztartással (Fukasawa-Kitabatake, 2022), melegebb környezettel (Johnson-Yeakley, 2013) szolgálhatnak a holtfák a csíranövényeknek.

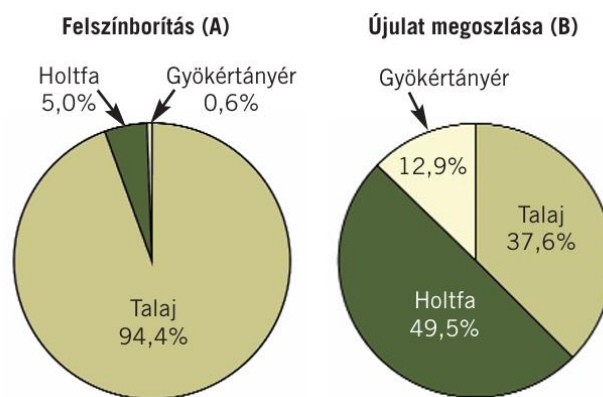
A jelenséget számos kutatás leírta, főleg a lucfenyő felújulásával kapcsolatban, ennek a növénynek a magoncai ugyanis gyakran újulnak fel a dajkafán (lásd: 6. ábra) (Brang et al., 2003; Kupferschmid-Bugmann, 2005; Zielonka-Piatek, 2004; Checko et al., 2015; Staniaszek-Kik et al., 2016; Gratzer-Waagepetersen, 2022; Stroheker et al., 2018; Amerika: Barrette et al., 2014). A luc sikeres felújulásához 25 cm-nél nagyobb átmérőjű fákra van szükség (Stroheker et al., 2018). Orman és munkatársai (2016) kutatása viszont rávilágított arra, hogy a kevésbé árnyéktűrő növények (luc és bükk) magoncainak sűrűségére negatívan hatott a holtfa nagyobb



6. ábra: Luc tömeges felújulása egy dajkafán, Ausztriában.
Forrás: Ódor Péter (2018)

átmérője, ugyanis ez utóbbi hozzájárul a (talajhoz képest) kisebb térszínen való növényi kompetícióhoz.

A dajkafák jelentőségét pedig a 7. ábra szemlélteti, melyen tisztán látszik, hogy a talajhoz képest milyen kevés arányban borítja a holtfa a felszínt, mégis a luc újulata magasabb százaléku a holtfákon. Más nyitvatermő nemzetségek fajai is képesek felújulni holtfán, mint például az *Abies Larix* (Johnson-Yeakley, 2013), *Tsuga*, *Cryptomeria* (Fukasawa-Komagata, 2017), *Chamaecyparis*. Zárvttermők közül pedig *Acer*, *Quercus*, *Betula*, és *Sorbus Clethra* fajokat is találtak, melyek holt faanyagba növesztik gyökereiket (Harmon et al., 1986; Fukasawa-Kitabatake, 2022; Fukasawa, 2012).



7. ábra: A holtfa jelentősége a luc felújulásában egy magashegységi lucos őserdőben. (A) Különböző aljzatok felszínborítás-arányai. (B) Az újulat megoszlása a különböző aljzatokon

Forrás: Ódor 2018, Bobiec és mtsai (2005) alapján

Japánban egy vegetációs perióduson keresztüli kutatásban megállapították, hogy a *Cryptomeria japonica* magoncainak a luc holtfákon 87,3%-os túlélési esélyük volt, néhány egyed pedig 32 centimétert is nőtt az 5 hónapos periódus alatt (Fukasawa-Komagata, 2017). Kelet-Amerika keményfás erdeiben nagyobb eséllyel nőttek fel dajkafán olyan fajok, mint a balzsamfenyő (*Abies balsamea*), a kanadai hemlokfenyő (*Tsuga canadensis*), és a sárga nyír (*Betula alleghaniensis*) (McGee, 2001). A holtfák fontos felújulási felületként funkcionáltak Nyugat-Oregon erdeiben a hemlokfenyőknek (*Tsuga*) illetve a duglászfenyőknek (*Pseudotsuga*) (Sarr et al., 2011). A szürke luc (*Picea glauca*) is sikeresebb felújulás tekintetében holt faanyagban növe, megfelelő mohaborítással, mint a talajon vagy más szubsztráton (Barrette et al., 2014). Brit-Kolumbia déli részén is jóval gyakoribb (négyeszeres) volt a jegenyefajok- és luc holtfán történő megtelepedése, mint ami véletlenszerűen megtörténhetett volna (Brang et al., 2003). Khanina és Bobrovsky (2021) kutatásában három boreális fásszárú fajt (kecskefűz – *Salix*

caprea, madárberkenye – *Sorbus aucuparia*, molyhos nyír – *Betula pubescens*) csak holtfákon találtak meg. A lucfenyő dajkafán történő sikeres növekedéséhez elengedhetetlen a megfelelő fényhez jutás (Stroheker et al., 2018). A jegenyefenyő magoncainak túlélési esélyei kétszeresek voltak holtfán, mint talajon (Szewczyk-Szwagrzyk 1996). Új kutatások viszont kimutatták, hogy az árnyéktűrő növényeknek nem tesz jót a dajkafa magasabb fényellátottsága, ez a bükk, és jegenyefenyőnél volt kimutatható (Gratzer-Waagepetersen, 2022). Eddigi kutatások alapján viszont néhány élőhelyen (például a lengyelországi Białowieża-erdő mezo-eutróf élőhelyei) a holtfa nem játszik központi szerepet a fásszárúak felújulásában (kivéve a lucfenyőnél) (Checko et al., 2015). Bár azt gondolnánk, hogy a növények közötti versengés a lucfenyő magoncokat negatívan befolyásolhatja, a kutatások alapján a faj felújulására a lágyszárú edényes növény közösség a holtfán pozitív hatással bírhat (Zielonka-Piatek, 2004), míg a fásszárúak (bükk, jegenye dominálta térszín) megnehezíthetik ezt a folyamatot (Szewczyk-Szwagrzyk, 1996).

A vízhez kapcsolódó erdei élőhelyek (mocsár-, láp-, ligeterdők) az egyik legdinamikusabban változó, legváltozatosabb élőhelykomplexumok. Ilyen területeken gyakran megfigyelhető a dajkafa-jelenség, mivel a vízszintingadozás elől biztosabb helyet jelenthetnek a csírázásra a holtfák (Ódor, 2018). Az ilyen, folyamatosan vagy időszakosan vízborított helyeken a nagyobb átmérőjű holtfák nagyobb védelmet jelenthetnek (Lee-Sturgess, 2001). A folyók vízgyűjtő területeinek nedvesebb térszínein gyakrabban megfigyelhető a dajkafa jelenség (Sarr et al., 2011). Dennis és Batson (1974) Amerika mocsaras, vízjárta erdeiben több fásszárú magoncot is rögzített holtfákon a *Quercus*, *Populus*, *Taxodium*, *Acer* nemzetségekből.

Hazánkban is megfigyelhető a dajkafa jelensége, főleg a mézgás égerrel (*Alnus glutinosa*) kapcsolatban, mely látványos, „lábás” faként jelenik meg a láp-, ligeterdőkben (Tóth, 2010). Ez a „lábasság” több módon is megtörténhet, a mag csírázhat egy zsombéksáson, majd azt körbenövi gyökereivel, vagy a tőzeges talaj besüllyedése okozza (Bartha, 2009) illetve az, hogy az éger-magonc egy holtfán újult fel, melynek maradványait olykor még meg lehet találni a gyökerek között/alatt (Tóth, 2010). Európa mérsékelt övi lombdőlőiben is gyakori a fásszárúak holtfán történő megtelepedése, olyan fajokkal, mint a kislevelű hárs (*Tilia cordata*), magas kőris (*Fraxinus excelsior*), gyertyán (*Carpinus betulus*), korai juhar (*Acer platanoides*) vagy a hegyi szil (*Ulmus glabra*) (Checko et al., 2015).

3.4.1. Mikortól lehet jelen a dajkafa jelenség?

A trópusi, illetve mérsékelt övi boreális és lomhullató erdőkben is ismert jelenség a dajkafa (*nurse log*), akár zártabb, csapadékosabb és nedvesebb élőhelyeken, akár szárazabb területeken. Ez a holtfán történő felújulási jelenség egészen régi időkre visszanyúlik. A jelenség evolúciós háttere, eredete, előfordulásai nem teljesen világosak és ismertek, mivel ez a növényi interakció (bár az ősmaradványok nagyobb hányadában jelen lehet) kevés őskövület dokumentációjában lelhető fel. Őstörténeti kutatásokban főként olyan fosszilis erdőket vizsgáltak, melyek részben vízzel borítottak voltak, vagy vulkanizmus által befolyásoltak (Césari et al., 2010; Wang et al., 2023; Feng et al., 2022). Több evolúciós gondolat felmerült a kutatókban, Feng és társai (2022) kutatása szerint eleinte a késő Paleozoikum sűrűn nőtt, humid erdeiben volt megtalálható a dajkafa jelenség. Itt ugyanis a jobb fényviszonyok, és a vízborította területeken való tápanyagelérés elősegítette a magoncok túlélését, de dajkafák elvétele előfordultak szárazabb, vízhiányosabb területeken is. A jelenség később kiterjedt a mérsékelt és a trópusi környezetekre is, majd a jelenlegi, akár szárazabb klímájú területekre is. Mára ez a stratégia gyakori jelenséggé vált, a holtfák a magoncok csírázásának „melegágyai” lehetnek (Wang et al., 2023). Más nyitvatermők is alkalmazták a dajkafa stratégiát: toboztermők, nyitvatermő ősfák, illetve a magvas páfrányok (*Glossopteris*) (Martínez et al., 2023; Decombeix et al., 2021).

Egy Észak-Kínában végzett kutatásban 123 ásványosodott perm időszakos kövületből vettek mintát, és ősi növényfajok gyökereit találták a dajkafákban, melyek főként az *Amyelon* (egy, mára kihalt nyitvatermő növények rendjének, a nyitvatermő ősfákhoz (*Cordaitales*) tartozó nemzetség volt), és *Sphenophyllum* (ugyancsak már kihalt, a *Sphenophyllales* növényrendbe tartozó, spóratermő) nemzetséghez tartoztak. Az *Amyelon* típusú gyökerek anatómiája és a gazdanövény (dajkafa) hasonlósága filogenetikai hasonlóságra utalhat. A kutatás szerint az elpusztult tűlevelűek ekkor már dajkafaként funkcionáltak, saját fajuk magjai rajtuk csíráztak, a *Sphenophyllum* gyökérmaradványok jelenléte a holtfákban pedig arra enged következtetni, hogy az elpusztult tűlevelű fák spóratermő növényeknek is elősegítette megtelepedését. Számos paleoklimatikus és környezeti változástól függetlenül megmaradt ez a stratégia a perm időszakos tűlevelű erdőkben (Feng et al., 2022).

Egy másik, Észak-Kínában végzett kutatásban egy 310 millió éves, karbon kori nyitvatermő ősfá, az *Agathoxylon wudense* csonkját vizsgálták, melyben ugyancsak *Amyelon* típusú gyökereket találtak. A kutatás szerint ez a fajta stratégia a pennsylvániai (késő karbon) időszak alatt, vagy előtt kezdődhetett, és nem később (Wang et al., 2023).

Egy, az argentin Andokban talált 300 millió éves ásványosodott erdőmaradvány mintáiban kimutatták, hogy a holtfák elősegíthették a növények csírázását, ugyanis a fosszilizálódott fákban apró gyökereket találtak, melyek javarészt vertikálisan hatoltak a fákba, néhány oldalsó elágazással. Ezek a gyökérek levegőztető alapszövettel (aerenchimával) rendelkeztek, ami az oxigénhiányos környezetre, illetve a vízborítottságra enged következtetni (Césari et al., 2010).

3.4.2. Miért nem találunk idősebb magoncokat a holtfákon?

Sok kutatás csak visszamenőleg elemzi a témakört, és kevés az olyan adat, amely akár éveken keresztül, vagy egy adott idő elteltével elemzi a magoncok túlélési sikerességét. Rövidtávon bizonyítottan előnyös helyzetbe kerülnek a magok (például a bükknél) a holtfán csírázásnál, de a számuk egy-két év alatt nagymértékben leeredukálódik, 25 centiméternél nagyobb magoncokat már szinte nem is lehetett találni holtfán (Szewczyk-Szwagrzyk 1996). Brang és munkatársai (2003) vizsgálata alapján a luc és jegenye magoncok magas megmaradási aránya miatt fontosak a holtfák, de növekedésükkel párhuzamosan egyre kevésbé függenek a holtfától – a kutatásban találtak egyébként 1 méternél nagyobb magoncokat, de a gyakoriságuk a talajon lévőkéhez képest ritkább volt a holtfán. A holtfán lassabban növekednek egyes fajok, például a lucnak akár 25 év is szükséges ahhoz, hogy fél méteres magasságot elérjen (Pichlerová et al., 2013). Ez idő alatt pedig a holtfa bomlásának sebességétől függően szétdarabolódhat, és a talajra aprózódhat (Johnson-Yeakley, 2013), ami akár a növény gyökereinek elszakadását jelentheti.

Minél előrehaladottabb a holtfa bomlása, annál közelebb kerül a faanyag a talajhoz, a kimagasodása a talajtól lecsökken, a talaj és a holtfa anyaga keveredik. Ezzel a rajta csírázó, illetve növekedő magoncok is közelebb kerülnek a talajon élő növényfajokhoz, amelyek elnyomhatják a holt faanyagból növekvő faegyedeket. Emellett a talaj patogén gombái is csökkenthetik a sikeres magcsírázást (Orman et al., 2016). A még élő fák elhalt részein csírázó növényeknek akár több esélyük is lehet az életben maradásra – egy ilyen jelenséget figyeltek meg a Białowieża-erdőben, ahol már 10 éves kőrisek nőttek a föld felett egy, még élő tölgyfán (Bobiec et al., 2005). Valószínű, hogy ha a magoncok növekedésük során nem érik el a talajt, akkor a megfelelő tápanyagokkal sem fognak rendelkezni (Brang et al., 2003), illetve a holtfa hasznosítható vízkészletét is lecsökkenthetik a nagyobb magoncok, így nagyobb eséllyel kiszáradhat mind a holt faanyag, mind a növény (Pichlerová et al., 2013). A hiányzó mikorrhizagombakapcsolat is megnövelheti a csíranövények mortalitását (Fukasawa, 2012).

3.5. Kapcsolat gombákkal, zuzmókkal, mohákkal

A holtfa bomlásának előrehaladása a növények gyökerének is fontos, de a gombafonalak is csak a már bomló faanyagba tudnak behatolni, ezzel pedig elősegítik a tápanyagok (nitrogén és foszfor) szállítását (Zielonka-Piatek, 2004). A holt faanyag különböző bomlási fázisai befolyásolják a fa gombaközösségét is (Wang et al., 2022; Fukasawa-Kitabatake, 2024). A holtfák növelik a gomba- és mikrobiális közösségek biomasszájának növekedését (Kikeeva et al., 2024). A holtfákat bontó bazídiumos gombák (*Basidiomycota*) és a kapcsolatuk a magoncok növekedésével, a holtfák korhadási állapotával még nem teljesen értett (Fukasawa et al., 2022). Ezen gombák bontási folyamataként háromféle korhadást különít el a tudomány: 1) a barna korhadásnál főleg cellulózt és hemicellulózt bont a gomba, a lignin szerkezetének apró módosulásával, ez pedig savasabb környezetet eredményez a savas segédanyagok (kelátok, oxálsav) miatt; 2) a fehér korhadásnál már a lignin és a szénhidrátok bomlanak el, a holtfa magasabb arányban tartalmazhat klór és kálium ionokat, bár ez nem feltétlenül befolyásolja a magoncok életképességét (Ódor, 2018; Fukasawa et al., 2022, 2025; Fukasawa-Kitabatake, 2024); 3) a lágykorhasztó gombák főleg a cellulózt bonták, a lignint kevésbé, a folyamat alatt pedig a faanyag meglágyul és puhává válik (Folcz és Papp, 2014).

Lehetnek összefüggések egyes növényfajok megjelenése között aszerint, hogy mely korhasztó gombafaj domináns a holtfán, illetve hogy fennáll-e mikorrhiza kapcsolat. Japánban a luc holtfákon növekedő *Cryptomeria japonica* magoncainak túlélési esélyeire negatív hatással volt a fehér-korhasztó gombák jelenléte (Fukasawa-Komagata, 2017). A késői bomlási fázisokban a gombafajok diverzitása a holtfát körülvevő talajon magasabb, és a mikorrhiza gombák is ekkor fordulnak inkább elő (Wang et al., 2022; Fukasawa et al., 2022). A holtfán és körülötte kialakuló kedvezőbb hőmérsékleti viszonyok és a jobb fényellátottság elősegítheti a mikorrhiza kapcsolat létrejöttét a növények gyökerével (Unar et al., 2023). Már a 20. században több mikorrhiza-kapcsolatot fenntartó gombafajt találtak a bomló faanyagban (Harmon et al., 1986). A gombafonalak elősegítik a holtfából való tápanyagkinyerést, tápanyag-, és vízszállítást a magasabbrendű növények számára, így a mikorrhiza-kapcsolat lehetővé teszi a növény növekedését (Harmon et al., 1986; Bobiec et al., 2005). A növények cserébe szénhidrátokat és növekedési anyagokat adnak vissza a gombának (Bobiec et al., 2005). A fásszárú fajok és cserjék valamely életszakaszukban kapcsolódnak a mikorrhiza gombákhoz (Bobiec et al., 2005). Holtfát kolonizáló lágyszárúakhoz köthetően is leírtak mikorrhiza-gomba kapcsolatot, így a leggyakoribb kolonizálók, az erdei madársóska, vörös áfonya (*Vaccinium vitis-idaea*) és

fekete áfonya, erdei pajzsika (*Dryopteris filix-mas*) és szálkás pajzsika esetében, mely alapján befolyásolhatja a tápanyag-ellátottságukat és megmaradásukat, és ez a jelenség akár a holtfában gyakoribb is lehet, mint a talajban (Unar et al., 2023). Az arbuskuláris mikorrhizához kapcsolódó növényfajok aránya gyakoribb lehet a barna korhadású holtfákon (Fukasawa-Kitabatake, 2022; 2024) a fehér korhadásúakon pedig a szerves anyagokat másodlagos metabolizmussal (Ódor, 2018) bontó, ektomikorrhizas gombákkal összefüggésben álló magoncok vannak előnyben (Fukasawa-Kitabatake, 2022). Habár a kifejezetten arbuskuláris mikorrhizához kapcsolódó növények csírázásának arányai nem különböztek a barna és fehér korhadású holtfákon, magasságuk és szárazanyag tartalmuk a barna korhadású holtfákon magasabb volt. A növény gyökérzeténél végbemenő gombakapcsolat, illetve a barna korhadású fák jobb vízmegőrző képessége pedig elősegíti a magoncok növekedését (Fukasawa-Kitabatake, 2024).

Staniaszek-Kik és munkatársai (2016) kutatása szemben áll Zielonka és Piatek (2004) kutatásával a megfelelőbb korhadási fázis meghatározásával, ugyanis az előbbi szerint egy korábbi, 4-ik fázis, az utóbbi szerint pedig a 6. fázis a leghatékonyabb kolonizációs állapot.

A minél jobban lebomlott holtfaanyag könnyebben kolonizálható területet jelent az edényes növényeknek, emellett a mohaborítás, a tengerszint feletti magasság és a holtfa faja, hossza, illetve átmérője jelentik a legfontosabb szempontokat ennél a folyamatnál (Chmura et al., 2018). A korhadási stádiumok eltérő osztályozása kutatásonként is megnehezíti a folyamat egységes meglátását.

A lucfenyő felújulásával kapcsolatban fontos szerepe van a dajkafa korhasztó gomba és mohaközösségének, ez utóbbit pedig a terület csapadékmennyisége befolyásolja (Fukasawa et al., 2025). Egy lucfenyővel kapcsolatos Közép-Európában végzett kutatás kimutatta, hogy a luc magoncainak száma a fehér korhadású holtfákkal és az ektomikorrhizas gombákkal volt pozitív összefüggésben. Ennek bizonyított okát nem ismerik, de összefüggésben lehet azzal, hogy a barna korhadású fa gyorsabban aprózódik, ez pedig a magoncok gyökereinek nem jelent megfelelő táptalajt. Másrészt a luc mikorrhizas gombapartnerei nem a savas közeghez adaptálódtak, ezen viszont a mohaborítás változtathat (Fukasawa-Kitabatake, 2024; Fukasawa et al., 2025).

A gombakapcsolat így tehát elősegítheti a csírázást, de vannak olyan patogén gombák, melyek többet ártnak, és a csírázást, illetve növekedést gátolhatják. Ezt Manners és társai (2004) is vizsgálták, különféle fungicid szerekkel, és megállapították, hogy a holtfán növő magoncok

kevésbé vannak kitéve a patogén gombáknak, így menedékként szolgálnak nekik. A holtfa talajból kiemelkedő térbeli viszonyai, illetve szerkezetének és anyagának másféle összetétele a legvégső korhadási stádiumon kívül olyan foltokat hoz létre az erdőben, amelyek mentesek a patogénektől és segítik a növényfajok sikeres csírázását, így volt ez a bükk esetében is (Orman et al., 2016). A túlevelűeket főleg a hópenésznek nevezett gombabetegség fertőzheti meg, ez Japánban az ajáni lucot (*Picea jezoensis*) érintette, amely emiatt a gombabetegség miatt nem tud talajon felújulni és rá van szorulva a megfelelő holtfák jelenlétére (Okada et al., 2019). Magyarországon pedig ugyancsak patogén gombák fertőzhetik meg a talajon növekvő magoncokat, a kocsányos tölgyek felújulásával kapcsolatosan a tölglylisztharmat fajok (*Erysiphe* spp.) jelentenek veszélyt, melyek az avarból fertőzik meg a tölgymagoncokat (Demeter et al., 2021).

A zuzmók indikátorai a még élő fáknak, illetve az álló holtfáknak (Dittrich et al., 2014). A korai bomlási fázisokban mohák és zuzmók telepednek meg a holtfán, majd a későbbi fázisokban a moha válik dominánssá (Kikeeva et al., 2024). Ekkor még a holtfán rajta található a kéreg, emiatt kevesebb moha és zuzmófaj telepszik meg rajta (Staniaszek-Kik et al., 2024). A mohák abundanciája a korhadási fázisok végén lévő holtfákon lecsökkenhet (Zielonka-Piatek, 2004). Checko és munkatársai (2015) kutatása alapján az edényes növények előfordulása a holtfákon viszonylagosan korrelált a mohaborítással. Ez azzal magyarázható, hogy számos pozitív hatással bírnak, mint például a víz és szaporítóképletek megtartása, a talaj felhalmozása, és alapvetően a kedvező környezet és tápanyag kialakítása a növények csírázásának és megtelepedésének. A lucra kifejezetten pozitív hatással bír a mohaborítás, mivel képes arra, hogy megfogja a lucmagokat, és biztosítja az állandó nedvességet környezetében (Fukasawa et al., 2025). A luc magoncok gyökerei be tudnak nőni a mohaszőnyeg és a holtfa külső rétege közé, így onnan hozzájuthatnak a nedvességhez (Fukasawa-Ando, 2018). Adott mohafajok, és azok vastagsága is erősítheti a luc magoncok sűrűségét a holtfán, amíg a méretük nem haladja meg a magoncokét (Fukasawa-Ando, 2018). A mohaborítás viszont negatív hatással is bírhat, ez azon növényfajokra értendő, melyek alacsonyabb stressztűréssel rendelkeznek (Chmura et al., 2016). Vannak növényfajok, melyek elkerülik a mohaborította holtfákat, illetve nem sikeres a csírázásuk és növekedésük. Ilyen például Szlovéniában a nehézszagú gólyaorr (*Geranium robertianum*), a bükkös kispárlófű (*Agrimonia agrimonoides*), négylevelű farkasszőlő (*Paris quadrifolia*) (Ódor et al., 2004). Okada és munkatársai (2019) kutatásában a mohaszőnyeg pozitív hatásai jobban mutatkoztak a fásszárú fajoknál, mint a lágyszárúaknál.

3.6. Holtfákon előforduló edényes növények

A tudomány bizonyítottan nem ismer kizárólag holtfán előforduló, korhadéklakó edényes növényfajt Közép-Európa mérsékelt övi lombhullató és boreális erdeiben, és a világ más részein sem (Európa: Chmura et al., 2016; Chmura et al., 2018; Staniaszek-Kik et al., 2014; Unar et al., 2023; Kelet-Amerika: McGee, 2001). A 20. században még kevés információ állt rendelkezésre a holtfán megtelepedő növények előfordulásáról, összetételéről, de már ekkor sem találtak kizárólag holtfán növést preferáló edényes növényfajt (Harmon et al., 1986). Olyan viszont létezik, hogy egy adott területen belül csak a holtfán fordulnak elő edényes növények. Például egy Észak-Karolina partvidéki erdőjében végzett kutatás, melyben 11 lágyszárú fajról megállapították, hogy érzékenyek az áradásra, csak a vízen lebegő holtfákra és facsonkokra voltak szorítkozva a mocsári élőhelyen, a mocsári talajon pedig nem találták meg őket. Itt a domináns kolonizáló lágyszárúak a csalánfélék családjába (Urticaceae) tartozó *Boehmeria cylindrica* és az orbáncfűfélékhez (Hypericaceae) tartozó *Hypericum walteri* voltak (Harmon et al., 1986; Dennis et al., 1974). A holtfákon előforduló növények összetételének vizsgálatánál fontos szem előtt tartani az adott erdei növényközösséget és annak változatosságát, hiszen ez határozza meg a holtfán lévő fajkészletet és diverzitást is (Chmura et al., 2016).

3.6.1. Luc és bükk dominálta erdők

A lucfenyves flórában nem ismert kizárólag holtfán növő edényes növényfaj. A holtfákat kolonizáló növényfajok pedig javarészt gyakoriak az erdőterületen és az adott erdőtársulásra jellemzőek (Staniaszek-Kik et al., 2016; Zielonka-Piatek, 2004; Chmura et al., 2016). A lucfenyő más túlevelűeknél gyorsabban bomló (a Tátrában ez nagyjából 100 évet vesz igénybe), puha faanyagú fásszárú. Elpusztulása után pedig két évtized elteltéig szükséges ahhoz, hogy edényes növények kolonizálják, 50 év elmúltán pedig már több edényes növényfaj is megjelenik rajta (Zielonka-Piatek, 2004). A lucfenyő kérge savasabb (3,6-3,9), mint a bükkfáé (5-5,4), ez pedig alapján befolyásolja a rajtuk megtelepedő zuzmó-, moha-, és edényes növényfajok összetételét, melyeknek tőszáma is jelentősen alacsonyabb lehet a bükkön megtelepedőkhöz képest (Staniaszek-Kik et al., 2019; Unar et al., 2023). A savasság viszont mégsem kizáró tényező, ugyanis a síkvidéki erdők domináló faja, a kocsányos tölgy kérge magasabb savassággal rendelkezik a többi lombhullatóhoz, mégis ezen holtfán találták a legmagasabb edényes növény-tőszámot (Unar et al., 2023). Itt közrejátszik ugyancsak a holtfa fajának repedésekkel teli felszíne, mely a magok könnyebb megtapadását segítik (Chečko et al., 2015). A luc holtfákat gyakrabban kolonizálták a növények, mint a bükk-holtfákat, mely a holtfák elhelyezkedésére, illetve kémiai és fizikai tulajdonságaira vezethető vissza. Mint a már

korábban említett esetben, a kéreg és faanyagban lévő repedések, mélyedések megléte fontos a magok megtapadásában. A kutatás megállapítása viszont nem egyezik ezzel az elképzeléssel, hogy a lombhullató fák jobb feltételeket biztosítanak az edényes növények növekedésére és megtelepedésére (Chmura et al., 2018). Fontos megemlíteni néhány fásszárú faj kérgének és gesztjének allelopatikus hatását, mely befolyásolhatja, gátolhatja más fajok sikeres megtelepedését a holtfán korai fázisokban (Tóth, 2010).

Zielonka és Piatek (2004) a tátrai szupalpin lucfenyves erdőben 20 edényes növényfajt talált holtfákon, köztük pedig kitűnt a fekete áfonya, amely a fajok közül a legnagyobb borítással és megjelenéssel bírt. A kutatásban 8 fázisú korhadási besorolást használtak. A kettes és hármas korhadásnál már találtak luc magoncokat. Az edényes növények többsége csak a hármas korhadásnál jelent meg, a legnagyobb fajszám pedig hatodik fázisnál volt. Ettől eltérően Staniaszek-Kik és munkatársai (2016) ugyanazon skála negyedik fázisát találták a legmegfelelőbbnek és a legfajgazdagabbnak, így nem egyértelmű, mely korhadási stádium a legalkalmasabb az edényes növények növekedésére.

A lucfenyő-holtfák kolonizációja függ az erdőtársulástól, amelyben a holtfa jelen van, és az azt alkotó fajoktól. Ezt vizsgálták a Karkonosze Nemzeti Parkban Staniaszek-Kik és munkatársai (2016) 6 éven keresztül. Megfigyeléseik alapján a *Calamagrostio villosae-Piceetum* erdőtársulásban találták a legnagyobb, edényes növények által kolonizált holtfák arányát, amely 75%-ot jelentett, az ültetett lucfenyvesekben is magas arányú (72%) volt a jelenség. A bükkös (*Fagetalia*) erdeiben vizsgált, edényes növények által kolonizált luc-holtfák aránya alacsony (31%) volt a lucos erdőtársulásokkal összehasonlításban, itt dominánsan kisvirágú nebánsvirág, bükkös buglyospáfrány (*Phegopteris connectilis*) és bükk magoncok voltak jelen a holt törzseken.

Egy alsó és felső montán zónában lévő erdőkben (bükk és luc dominálta erdők) végzett kutatás 102 földön növő edényes növényből 42-t holtfán is kimutatott, ezeknek a fajoknak pedig a jellemzőit vizsgálták a kolonizáció szempontjából. A kutatás szerint a holtfa kolonizációjában nagyobb szerepet játszanak a környezeti tényezők (például holtfa bomlási állapota, erdei növényközösségek, holtfa faja), mint az adott növényfaj jellemzői, preferenciái. A kutatásuk alapján az alsó montán régiók lombhullató erdeiben főleg évelők és lágyszárúak, míg a magasabb montán zónák tűlevelű erdeiben főként fásszárú magoncok (például luc), elfásodó lágyszárúak és törpecserjék (például fekete áfonya) kolonizálták a holtfákat (Chmura et al., 2016), ez pedig tükrözi az erdei közösségekre jellemző fajkészletet is. Végeztek holtfákat összehasonlító kutatást is, melyek alapján az alsó és felső montán erdőkben a 453 vizsgált

holtfák 60,2%-án találtak legalább egy edényes növényt az összes (46 taxon) közül (Chmura et al., 2018). Észak-Japánban végzett kutatásban 15 edényes növényt csak a holtfákon találtak meg, köztük az erdei madársóskát, *Abies sachalinensis*-t és ajáni lucot (Okada et al., 2019).

Kikeeva és munkatársai (2024) az oroszországi Kivach Rezervátum boreális lucfenyvesében végzett kutatásában minden előrehaladott bomlási fázisú luc-holtfán találtak az erdőtársulásra jellemző fajok közül eltérő számban: 26 fajt találtak, amely úgynevezett „xilolitikus szubsztrátban” nőtt, köztük luc újulat, erdei madársóska, fekete és vörös áfonya, kövi szeder (*Rubus saxatilis*), kétlevelű árnyékvirág (*Maianthemum bifolium*). Az utóbbi faj más holtfákon is megjelenhet, akár tömegesen is (8. ábra). A talaj mikrobiális aktivitása magasabb volt a holtfák 20 centiméteres környezetében, így ez is befolyásolhatja az edényes növények megjelenését, fajgazdagságát. Egy faj sem volt csak és kizárólag a holtfára korlátozódva,



8. ábra: Kétlevelű árnyékvirág Őrtilos patak völgyének egy holtfa-csonkján.
Forrás: Saját kép (2025. 04. 09.)

viszont eloszlásuk változatos volt és eltért a talajon való megjelenésüktől, ez a különbség viszont a bomlás előrehaladtával eltűnt, a fajgazdagság pedig nőtt (ez esetben 3-5b kategóriájú korhadási fázisban levő holtfák, Shorohova and Shorohov (2001) osztályozása alapján). A holtfa bomlásának előrehaladtával az edényes növények fajszáma és borítása is emelkedni kezdett más kutatások szerint is (Chmura et al., 2016; Unar et al., 2017). A korhadási fázis végén a növények közötti versengés csökkentheti a fajszámot, a lucfenyves erdőben ez a fekete áfonya számára jelentett előnyt (Zielonka-Piatek, 2004).

A kidőlt holtfák által keletkezett változások a növényborításban legfőképpen az erdei madársóska terjedésével vannak összhangban, mely elsőként van jelen a kolonizációs folyamatban a holtfák körül, és melynek töve a holtfától való távolodással csökkentek. Ezt a holtfa körüli talaj pH-értékének csökkenésével (savanyodásával) hozták összefüggésbe, mely kedvezett az erdei madársóska töveinek (Kikeeva et al., 2024). Korhadéklakóként nagyban profitál a holtfaanyagból (Zielonka-Piatek, 2004). A növény több erdőtársulásban is megjelenik, külön preferencia nélkül, hasonlóképpen a szálkás pajzsikához, a holtfát pedig a korhadási stádium korai fázisaiban kolonizálja (Staniaszek-Kik et al., 2014). A jelenséget hazai viszonylatban is meg lehet figyelni (lásd: 9. ábra). Néhány növényfaj (erdei sédbúza (*Avenella flexuosa*) és a fekete áfonya) széles földrajzi elterjedése és magas alkalmazkodóképessége összefüggésben állhat a holtfán való nagyszámú megtelepedéssel (Chmura et al., 2016).



9. ábra: Erdei madársóska dominálta fekvő holtfa Őrségben, a Lugos-pataknál.

Forrás: Erdélyi Arnold (2024)

Dittrich és munkatársai (2014) egy németországi lucfenyvesben két növényfajt (közönséges tölgyespáfrány - *Gymnocarpium dryopteris* és kígyózó korpafű - *Spinulum annotinum*

kizárólagosan csak holtfákon találtak meg, a többi faj pedig ugyancsak jellemzően a talajon is nőtt a holtfákon kívül.

Az edényes növények megjelenése összefüggésben áll a fényviszonyokkal, egyes fajok (dió - *Juglans*, hölgypáfrány - *Athyrium filix-femina* erdei nebáncsvirág – *Impatiens noli-tangere*) jobban preferálják a nyitott, lécek által jobban bevilágított holtfákon való megtelepedést (Ódor et al., 2004). Az erdei pajzsika, erdei csitri (*Moehringia trinervia*) és korai juhar (*Acer platanoides*) főként az árnyékosabb holtfákon fordult elő (Ódor et al., 2004). Az árnyéktűrő, holtfát kolonizáló növények Staniaszek-Kik és mtsai (2016) alapján a kétlevelű árnyékvirág, az erdei pajzsika és közönséges tölgyespáfrány volt. Sok, főleg fényigényes növény, például szederfajok (*Rubus*), pitypang (*Taraxacum officinale*), erdei deréce (*Chamaenerion angustifolium*) gyakran kolonizálja a holtfákat, ezen fajok sokszor elsőként jelennek meg zavart élőhelyeken (Unar et al., 2023). A növényfajok összesen mért száma a bükk-luc-jegenye elegyes erdőkben volt a legmagasabb (Unar et al., 2023).

Magyarországon a Kékes Erdőrezervátumban és a Bükki Őserdőben végzett, bükk dominálta erdők holtfáit kolonizáló edényes növények a későbbi korhadási fázisokat részesítették előnyben. A legkorábbi kolonizálók pedig a kerek repkény, a nehézszagú gólyaorr és a kisvirágú nebáncsvirág voltak (Ódor et al., 2004). Az utóbbi két növény mellett más fajok, például a szagos müge (*Galium odoratum*) illetve a 10. ábra is szemlélteti.



10. ábra: Holt faanyagon növő kisvirágú nebáncsvirág, nehézszagú gólyaorr és szagos müge a Kékesen.

Forrás: Molnár Ábel Péter (2025)

A bükkfa felújulására az ötödik (legvégső) holtfa bomlás alkalmatlanabb, mint a négyes stádium, itt ugyanis nagyobb denzitást mértek (Orman et al., 2016). A bükkfa esetében a kolonizált holtfák nedvességtartalma alacsonyabb volt, mint a nem-kolonizáltaké, ez a luc-holtfákon nem volt különösen változó (Chmura et al., 2018). A hazai bükkös őserdők nagyobb térfogatú holtfaín nőttek olyan harasztok, mint az erdei pajzsika és a hölgypáfrány, illetve a bükk és a hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus*) magoncai (Ódor et al., 2004).

Hollandiában 7, ember által kezelt bükkös erdőben végzett vizsgálatban összesen 19 edényes növényfajt jegyeztek fel holtfákon, ez a szám szignifikánsan alacsonyabb volt a magyarországi őserdőkhöz képest (Ódor et al., 2004). Szlovénia déli részén vizsgált bükkösökben 211 holtfán leggyakrabban erdei madársóska, a hármalevelű kakukktorma (*Cardamine trifolia*), nehézszagú gólyaorr, és bükk magoncok voltak jelen (Ódor et al., 2004). Saját megfigyelés alapján is gyakran találkozni a bükkös, illetve bükk-elegyes gyertyános-tölgyesekben a nehézszagú gólyaorral (lásd: 11. ábra). Dániában pedig 69 edényes növényfajt találtak holtfákon (Ódor et al., 2004).

A késői bomlási fázisok indikátornövényeinek a fekete bodzát (*Sambucus nigra*), a széles pajzsikát (*Dryopteris dilatata*) és a fekete áfonyát írták le (Ódor et al., 2004).



11. ábra: Nehézszagú gólyaorr az első kolonizálók közé tartozik, fekvő holtfán és csonkon is.
Forrás: Saját képek, (2025.05-06. Felsőtárkány, Háromfa)

3.6.2. Tölgyerdők

Síkvidéki ligeterdőkben is találtak holtfákon előforduló edényes növényeket, de a kolonizált holtfák aránya alacsonyabb volt, mint a bükkös és lucfenyves erdőkben. A holtfa faja és előrehaladó bomlási stádiuma, illetve a fénynek való kitettség fontos faktora, elősegítője volt a kolonizációnak, itt jellemzően a kocsányos tölgy (*Quercus robur*) volt a gazdafa, illetve az uralkodó fafaj (Unar et al., 2023). A holtfa fajának fontosságát más kutatások is alátámasztották (Checko et al., 2015; Chmura et al., 2018).

A holtfa felszín méretét és a bomlás gyorsaságát az ártéri erdőkben is összefüggésbe hozták az edényes növények növekedésének, túlélésének sikerességével (Unar et al., 2017). Csehország dél-keleti részén található Ranšpurk folyóparti ligeterdeiben a vizsgált holtfák 56%-a volt edényes növények által kolonizálva, és összesen 79 fajt jegyeztek fel. Négy növényfajt csak és kizárólag holtfán találtak meg a vizsgálatban: 1) felálló madársóska (*Oxalis stricta*) (invazív),

lilásszárú aggófű (*Senecio ovatus*), közönséges kakicsvirág (*Mycelis muralis*), erdei szamóca (*Fragaria vesca*). Összefüggést találtak egyes holtfa-fajok és az őket kolonizáló edényes növények között, például a kocsányos tölgyhöz olyan lágyszárúak kötődtek, mint a már más kutatásokból is feltűnt kisvirágú nebáncsvirág (Staniaszek-Kik et al., 2016; Chmura et al., 2016), a szálkás pajzsika, réti füzény (*Lythrum salicaria*), rózsás füzike (*Epilobium roseum*) és a leggyakoribb faj az óriás csenkesz (*Lolium giganteum*). Ezen növények közül a szálkás pajzsika és a kisvirágú nebáncsvirág szignifikánsan magasabb arányban volt holtfákon megtalálható, mint talajon (Unar et al., 2017).

A síkvidéki és montán erdők összesített adataiban is kimutatták, hogy a szálkás pajzsika a holtfát preferálta aljzatként minden erdőtípusban, kivéve a hegyvidéki lucos erdőt (Unar et al., 2023). Egy amerikai pajzsikafaj, a *Dryopteris intermedia* is gyakrabban volt megtalálható holtfán, mint a talajon (McGee, 2001).

A Białowieza Erdőrezervátumban a vizsgált holtfák (106 db) 93.4%-án jelen voltak az edényes növények, és 49 fajt azonosítottak, a tölgy-holtfákon pedig több edényes növényfajt találtak, mint a luc-holtfákon (Checko et al., 2015). Oroszország lombhullató tölgyerdőjében végzett vizsgálatban számos lágyszárú növény csak holtfán (40-120 cm átmérővel rendelkező) fordult elő: köztük a boreális elemek, mint a közönséges tölgyespáfrány, havasi varázslófű (*Circaea alpina*), málna (*Rubus idaeus*) és az erdei deréce. Fényigényes, gyakori fajok, mint a pitypang mellett ritkábban megjelenő fajokat is észleltek, kizárólag holtfán növe: például a cérnatippan (*Agrostis capillaris*), erdei szamóca, mezei aszat (*Cirsium arvense*), vágási kenderkefű (*Galeopsis bifida*), ernyős hölgymál (*Hieracium umbellatum*) erdei angyalgyökér (*Angelica sylvestris*), összesen pedig 55 fajt azonosítottak (Khanina-Bobrovsky, 2021).

A holtfákat korai bomlási fázisban is kolonizálták edényes növények, erre több erdőtípusból is van adat (Lee-Sturgess, 2001; Unar et al., 2023). A kisebb átmérőjű törzseken főleg lágyszárúak (*Mertensia paniculata*, *Mitella nuda*, *Cornus canadensis*, ikervirág - *Linnaea borealis*) jelentek meg, illetve lágyszárú árnyéktűrő növények, mint *Galium triflorum*, *Rubus pubescens*. Az előrehaladottabb bomlási fázisban levő, nagyobb átmérővel rendelkező holtfákat már olyan cserje és fásszárú fajok is kolonizálták, mint a *Salix* spp., szürke luc, balzsamfenyő, *Betula papyrifera* és két nyírfaj, a *Populus tremuloides* és a *P. balsamifera*. A holtfákon és csonkokon megtelepedő növényfajok összetétele nem különbözött a holtfákat körülvevő talajtól, de a megoszlásuk változó tendenciát mutatott. A *Salix* spp. facsetetési nagyobb arányban voltak megtalálhatóak korhadó holtfákon és csonkokon (Lee-Sturgess 2001). Az edényes növények közötti versengés is okozhat különbségeket a holtfát, vagy a talajt választó fajok között. Lee és

Sturgess (2001) vizsgálata szerint a talajon nagyobb arányban előforduló *Calamagrostis canadensis* és más cserjefajok magas kompetitorai az árnyéktűrő lágyszárúaknak és fás szárú magoncoknak, ez pedig eredményezheti utóbbi fajok magasabb túlélési esélyeit a holtfákon.

3.7. Hogyan hat az erdőkezelés a holtfa vegetációjára?

Kevés kutatás és irodalom foglalkozik azzal a jelenséggel, hogy különféle erdőkezelési módok hogyan hatnak a holtfán megtelepedő edényes növényekre (Staniaszek-Kik et al., 2016). Egy nemrég megjelent kutatásban már ezt a jelenséget próbálták megvizsgálni az ember által kivágott, illetve természetesen kitört/kiszakadt holtfa csonkokkal, itt az edényes növények fajszáma magasabb volt a kivágott holtfákon, amely arra enged következtetni, hogy az emberi beavatkozás által kivágott facsonk pozitívabban hat a megtelepedésükre (Staniaszek-Kik et al., 2024). A fakivágásból származó tuskók a természetes erdőkben ritkán fordulnak elő, míg a kezelt erdőkben számottevő a megjelenésük így vizsgálatuk is fontos lehet edényes növények szempontjából (Orman et al., 2016). Az ember által kezelt erdőkben nagyobb arányú a zavarás is, de ez nem feltétlen hat ki a holtfák kolonizációjára (Chmura et al., 2016).

Az ember által kezelt és a kezelésmentes, védett erdők holtfáinak flórája változhat, ezt a különbséget a lucfenyves erdőkben is vizsgálták. Itt a valamilyen védettség alatt álló, emberi beavatkozástól mentes erdőkben gyakrabban jelent meg a harmatos hegyékeesség (*Lysimachia europaea*), a fekete áfonya és a szöszös nádtippan a holtfákon, a kezelt erdőterületeken pedig főleg két pajzsika faj, a hegyi pajzsika (*Dryopteris expansa*) és a széles pajzsika volt jelen (Staniaszek-Kik et al., 2016). Az ember által már akár évszázadok óta kezelt erdőknek általános fajgazdagsága csökkenőben van, és a holtfával összefüggésben álló fajok (főleg zuzmó-, moha-, és rovarfajok) egy része eltűnhetett Európa erdeiből (Khanina-Bobrovsky, 2021). A kezelési módszerek, általános holtfákkal és idős fákkal kapcsolatos szemlélet megváltoztatásával pozitív hatásokat lehetne elérni: erre példa Japánban egy 80 éve nem művelt, természetvédelmi oltalom alatt álló erdőterület, mely vizsgálatában a holtfa hosszútávú meghagyásának számtalan pozitívumát figyelhették meg az edényes növények összetételében és fajgazdagságában (Okada et al., 2019). A németországi Forstamt Lübeck vizsgálatai is alátámasztják: a biotóp- és holtfalakó élőlények fajgazdagsága a faanyagkészlet emelkedésével egyhuzamban növekszik, így természetes folyamatok (magas fakészlet, biotóp-, idős-, illetve holtfák védelme, erdei folyamatokba való legkisebb beavatkozás) működésének lehetőleg legzavartalanabb meghagyása kulcsfontosságú elem az erdők természetvédelmében (Sturm, 2011). Illetve védett

területeken megjelenhetnek már akár rég nem látott, észlelt fajok is melyek lehetséges, hogy az évtizedek / évszázadok óta tartó erdőhasználat miatt tűntek el (Khanina-Bobrovsky, 2021).

3.8. Vadhatás

A magas vadlétszám negatívan hathat a fásszárú újulat sikeres felnövekedésére illetve a vegetáció összetételére is befolyással bír (Barrette et al., 2014). Több, nagy kidőlt fa akadályozhatja a növényevők rágását adott erdőfoltokon (Bobiec et al., 2005). Mások szerint az álló és lógó törzsek nem jelentenek áthatolhatatlan területet olyan növényevőknek, mint a zerge, illetve védelmet a lucfenyő magoncokra - a kutatás megállapította, hogy a montán erdőkben a holtfák körüli és alatti területeken lévő magoncokat gyakrabban rágják a zergék, mint azon magoncokat, amelyek körül nincsenek holtfák, és ez a vékonyabb hóréteggel, gyorsabb hóolvadással lehet összefüggésben (Kupferschmid-Bugmann, 2004).

4. Következtetések és javaslatok

A hiányzó adatok miatt még nincs egyértelmű álláspontja a tudománynak arra vonatkozóan, hogy természetvédelmi szempontból az edényes növényi közösségekre milyen hatást gyakorolnak a holtfák. Ezt mutatja az is, hogy jelenleg nincsen olyan tudományos meta-analízis, amely regionális-, vagy globális szinten elemezné a holtfák erdei növényközösségek megújulására vonatkozó hatását és jelentőségét (Dittrich et al., 2014). Bár néhány kutatás szerint az előrehaladott bomlási fázisú holtfákat könnyebben kolonizálják a lágyszárúak és fásszárúak és a borításuk is nagyobb, vannak olyan fajok, melyek még a kéreggel rendelkező holtfán is meg tudnak telepedni, és vannak olyan fajok melyekre negatívan hat a bomlás. Emellett nem a legjobban lebomlott holtfa a legalkalmasabb az edényes növényeknek, és ellentmondások vannak azzal kapcsolatban is, hogy a bomlás és a mohaborítás befolyásolja-e az edényes növények számát. A bomlásnál pedig fontosabb tényező a vegetációs öv és a klíma hatása, ugyanis ezek tükrözik a holtfák edényes növények általi kolonizációját.

A fekvő holtfák és csonkok átmérőjének növekedése is magasabb edényes növény fajszámot eredményezhet, de a pozitív hatás mellett elősegítheti a fásszárúak kisebb helyen történő növényi kompetícióját. A tág tűrésű illetve savasabb közeget kedvelő edényes növények előnyben vannak a kolonizációnál, ugyanis a bomlás során néhány fafajnak (kocsányos tölgy, luc) savas kémhatású a faanyaga.

A tudomány jelenlegi állása szerint nem létezik olyan edényes növényfaj, amely obligát módon kolonizálná a holtfát, emiatt a folyamat jelentőségét és természetvédelmi vonatkozását is kevesen vizsgálták. Ennek ellenére olyan szempontból is érdemes lenne a jövőben hangsúlyt fektetni a témára, hogy az inváziós növények terjedésére milyen hatással lehet például a holtfák jelenléte, hiszen, ha a talajon és a holtfán is sikeresen adaptálódnak a környezeti feltételekhez, akkor ezzel az adott növénytársulást is befolyásolhatják. Adott megfigyelésemet a 12. ábra szemlélteti, melyen egy észak-amerikai faj, a feketéllő farkasfog (*Bidens frondosa*) szerepel. A



12. ábra: feketéllő farkasfog egy kiszáradó patakmederben fekvő holtfába növeszti gyökereit.
Forrás: Saját kép (2024. 07. 20. Barcs, Drávaszentes)

neofita növények megtelepedését a holtfákon a korai bomlási stádiummal hozzák összefüggésbe (Unar et al., 2023) és valószínűleg szerepük van ezen növények lehetséges terjesztésében (Unar et al., 2017), habár a kutatások még csak érintőlegesen foglalkoztak vele.

Szükség lenne arra is, hogy a hazai erdőkben végezzenek hasonló kutatásokat, fásszárú fajok felújulási képességével és más, lágyszárú fajokkal kapcsolatosan is. Ezek az adatok összefogóbb képet adnának arról, hogy különböző növénytársulásokban, erdőtípusokban, illetve klímaövbén hogyan zajlanak le ezek a folyamatok, melyek azok a fajok, melyek a holtfákon megjelennek és mutatnak-e preferenciát, illetve ez milyen természetvédelmi tevékenységeket mozdíthat elő egy erdő, illetve egy élőhely biodiverzitásának növelésére.

A jelen dolgozatban vizsgált kutatásokat főleg olyan őserdőkben és visszahagyott művelésű (mondhatni akár természetes állapotokat meghagyó) erdőkben készítették, amelyek holtfaanyag szempontjából megfelelőek voltak és a természetes erdődinamikai folyamatok érvényesülnek. A jelen erdőterületeink nagy része (Magyarországon is) viszont intenzív művelés alatt áll, a még talán visszahagyott holtfa mennyisége és korhadási állapota is gyakran nem elegendő, ez pedig megnehezíti az említett folyamatok széleskörű megfigyelését és vizsgálatát.

Emellett eltérések voltak a holtfák és a rajtuk lévő edényes növények felmérésére: egyes kutatások kizárólag holtfákat vizsgáltak, míg más kutatások összehasonlították a földön és a holtfán előforduló edényes növényeket és kolonizációs mintázataikat. Voltak kutatások, kevesebb számban, melyek kolonizált és nem kolonizált holtfákat vettek górcső alá. Természetesen ezen kutatások bevontak olykor más vizsgálati csoportokat, mint zuzmókat, gombákat, illetve mohákat. Orman és munkatársai (2016) kutatásában volt fő szempont a magoncok csírázásának megfigyelése 7 éven keresztül. Meglátásom szerint fontos lenne több

olyan, hosszútávú kutatást végezni, melyek alátámasztják a holtfák edényes növényekre gyakorolt pozitív vagy akár negatív hatásait, és vizsgálják a sikeres (vagy sikertelen) fásszárú felújulás eseményét is olyan hazai erdőtípusokban, mint a láp- és ligeterdők, erdőssztyepp-erdők, tölgyesek, bükkösök.

A jövőben szükség lenne további kutatásokat végezni a jelenséget illetően, például több erdőtípusból adatot gyűjteni és egységes korhadási osztályozás-rendszereket kialakítani fafajra és erdőtípusra specifikusan, illetve jobban vizsgálni a mikorrhiza-gombák és lebontó-gombák hatását az edényes növények megtelepedésére más erdőtípusokban is. Emellett lehetségesnek tartanám a jövőben bevonnai a citizen science által kapható adatokat, például az iNaturalist platformot, melyen projektek létrehozásával a megfigyelők a világ bármely részéről feltölthetik a holtfán megfigyelt edényes növényeket, faji vagy nemzetség szinten meghatározva, illetve opcionálisan környezeti paramétereket hozzárendelve. Hasonló projekt működik élő fákon előforduló, alkalmanként megjelenő epifita növényekről.

5. Összefoglalás

A szakdolgozatomban a holtfán megtelepedő edényes növényekről írtam szakirodalmi áttekintést, és összegeztem a tudományterület jelenlegi álláspontját és kutatási irányait a témáról. A holtfákhoz kötődő élőlénycsoportok közül az edényes növények mondhatóak a legkevésbé kutatottnak, mely háttérben állhat például az, hogy nem ismert egy olyan faj sem, amely obligát módon telepedik meg a holtfán. Egyes fajok mégis mutatnak preferenciát, néhány területen vannak olyan fajok, amelyek csak holtfán fordultak elő orosz tölgyerdőben és cseh ligeterdőben. Míg a fásszárúak felújulását több kutatás vizsgálja, lágyszárúak megtelepedésével a holtfákon kevesen foglalkoztak.

A kutatáshoz szisztematikusan, adott kifejezésekkel kerestem megfelelő szakirodalmakat. Célom az volt, hogy a mérsékelt öv boreális és lombhullató erdőinek kutatásait összegezzem és kiemeljem a hasonlóságokat, különbségeket, illetve eredményeket, ahol a tudomány jelenleg tart, emellett saját terepi megfigyeléseimet is hozzátettem a dolgozathoz.

A holtfa bomlásának előrehaladásával kedvezőbb feltételek adóttak a kolonizációra, de számos tényező közrejátszik ezen folyamatban, mint például az adott erdőre jellemző vegetációs összetétel, a tengerszint feletti magasság a fényviszonyok, a holtfa faja és mérete. Minél nagyobb felületű és átmérőjű a holtfa, annál nagyobb arányú a kolonizáció és a fajok száma, illetve denzitása, tehát a holtfán megtelepedő edényes növények heterogenitása növekszik a holtfa átmérőjének növekedésével. A holtfa bomlásával kapcsolatban nincsen egyértelműen mondhatóan megfelelő állapot, ugyanis a korhadási stádiumokkal folyamatosan változhat a vegetációs összetétel, adott növények pedig már a még kéreggel rendelkező holtfákat is kolonizálhatják. A legtöbb növény viszont a laza szerkezetű, már közepesen bomló holtfát preferálja.

A fásszárúak felújulásában segítő holtfákat dajkafának nevezi a tudomány. Ez a növényi interakció pedig régre visszanyúlik az időben: már a Paleozoikumban is létezhetett. Jelenleg főleg a luc és más tűlevelűek felújulásában van nagy szerepe a dajkafának. Ennek háttérben az állhat, hogy egyes tűlevelűek a talaj patogén gombái miatt nem tudnak máshonnan felújulni, csak dajkafáról. Emellett időszakosan vagy folyamatosan vízborította területeken is találkozhatunk a jelenséggel, hazánkban például ártéri erdőkben, égerligetekben.

A kolonizációban a biotikus tényezők is fontos szerepet játszanak. A holt faanyag és a holtfa szaproxil fajainak elhalásával keletkezett biomassza elengedő tápanyagot biztosíthat a

növényeknek. A mikorrhiza gombakapcsolat segít a növények csírázásában és a gyökereiken keresztüli tápanyag-, és vízellátásban, viszont egyes patogén gombák gátolhatják a magoncok csírázását és növekedését így a holtfa menedékként szolgálhat. A holtfa korhasztó gombaközössége negatívan és pozitívan is befolyásolhatja adott fajok megtelepedését. A moharéteg képes a víz és szaporítóképletek megtartására, és elősegítheti a fajok csírázását és növekedését.

6. Irodalomjegyzék

- Barrette, M., Bélanger, L., De Grandpré, L., Ruel, J. (2014): Cumulative effects of chronic deer browsing and clear-cutting on regeneration processes in second-growth white spruce stands. *Forest Ecology and Management*, 329, pp. 69–78. DOI: [10.1016/j.foreco.2014.06.020](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.020)
- Bartha, D. (2009): A mézsgás éger. *Erdészeti Lapok CXLIV. évf. 3.* pp. 79-81. Utolsó letöltés: 2025. 09. 25. URL: <https://erdeszetilapok.oszk.hu/01731/pdf/079-081.pdf>
- Bobiec, A., Jaroszewicz, B., Keczynski, A., Szymura, A., Zub, K. (2005): Afterlife of a tree., *Warszawa – Hajnówka, WWF Poland*. 252 p. Utolsó letöltés: 2025. 03. 13. URL: <https://www.wwf.pl/sites/default/files/2020-07/Afterlife%20of%20a%20tree.pdf>
- Brang, P., Moran, J., Puttonen, P., Vyse, A. (2003): Regeneration of *Picea engelmannii* and *Abies lasiocarpa* in high-elevation forests of south-central British Columbia depends on nurse logs. *The Forestry Chronicle*, 79(2), pp. 273–279. DOI: [10.5558/tfc79273-2](https://doi.org/10.5558/tfc79273-2)
- Césari, S., Busquets, P., Piñol, F. C., Bedia, I. M., & Limarino, C. (2010): Nurse logs: An ecological strategy in a late Paleozoic forest from the southern Andean region. *Geology*, 38(4), pp. 295–298. DOI: [10.1130/g30557.1](https://doi.org/10.1130/g30557.1)
- Chečko, E., Jaroszewicz, B., Olejniczak, K., Kwiatkowska-Falińska, A. J. (2015): The importance of coarse woody debris for vascular plants in temperate mixed deciduous forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 45(9), pp. 1154–1163. DOI: [10.1139/cjfr-2014-0473](https://doi.org/10.1139/cjfr-2014-0473)
- Chmura, D., Żarnowiec, J., Staniaszek-Kik, M. (2016): Interactions between plant traits and environmental factors within and among montane forest belts: A study of vascular species colonising decaying logs. *Forest Ecology and Management*, 379, pp. 216–225. DOI: [10.1016/j.foreco.2016.08.024](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.08.024)
- Chmura, D., Żarnowiec, J., Staniaszek-Kik, M. (2017): Do Ellenberg’s indicator values apply to the vascular plants colonizing decaying logs in mountain forests? *Flora*, 234, pp. 15–23. DOI: [10.1016/j.flora.2017.06.008](https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.06.008)
- Chmura, D., Żarnowiec, J., Staniaszek-Kik, M. (2018): Comparison of traits of non-colonized and colonized decaying logs by vascular plant species. *iForest: Biogeosciences and Forestry*, 11: pp. 11-16. DOI: [10.3832/ifor2107-010](https://doi.org/10.3832/ifor2107-010)
- Csóka, Gy., Lakatos, F. (2014): *Silva naturalis* Vol. 5. A holtfa – Bevezetés. *Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron*. 9. p. Utolsó letöltés: 2024. 08. 31. URL: http://silvanaturalis.nyme.hu/kotetek/Silva_5.pdf

- Decombeix, A., Durieux, T., Harper, C. J., Serbet, R., & Taylor, E. L. (2020): A Permian nurse log and evidence for facilitation in high-latitude Glossopteris forests. *Lethaia*, 54(1), pp. 96–105. DOI: [10.1111/let.12386](https://doi.org/10.1111/let.12386)
- Demeter, L., Molnár, Á. P., Horváth, F., Molnár, Zs., Öllerer, K., Vadász, Cs., Csóka, Gy. (2021): 100 év kudarc a kocsányos tölgyesek természetes felújulásában. *Erdészeti Lapok*, CLVI. évf. 4. szám. pp. 128-131. Utolsó letöltés: 2025. 09. 21. URL: https://erdorezervatum.hu/sites/default/files/DEMETER_es_mtsai_2021_100_ev_kudarc_a_kocsanyos_tolgyesek_termeszetes_felujulasaban_EL2021_04.PDF
- Dennis, W. M., Batson, W. T. (1974): The Floating Log and Stump Communities in the Santee Swamp of South Carolina. *Castanea*, 39(2), pp. 166–170. JSTOR. DOI: [10.2307/4032599](https://doi.org/10.2307/4032599)
- Dittrich, S., Jacob, M., Bade, C., Leuschner, C., Hauck, M. (2014): The significance of deadwood for total bryophyte, lichen, and vascular plant diversity in an old-growth spruce forest. *Plant Ecology*, 215(10), pp. 1123–1137. DOI: [10.1007/s11258-014-0371-6](https://doi.org/10.1007/s11258-014-0371-6)
- Feng, Z., Gou, X., McLoughlin, S., Wei, H., & Guo, Y. (2022): Nurse logs: A common seedling strategy in the Permian Cathaysian flora. *iScience*, 25(11), 105433. 12 p. DOI: [10.1016/j.isci.2022.105433](https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105433)
- Folcz, Á., Papp, V. (2014): *Silva naturalis* Vol. 5. A holtfa – Az erdei holtfa gombavilága. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron. pp. 49-74. Utolsó letöltés: 2024. 08. 31. URL: http://silvanaturalis.nyme.hu/kotetek/Silva_5.pdf
- Fukasawa, Y. (2011): Effects of wood decomposer fungi on tree seedling establishment on coarse woody debris. *Forest Ecology and Management*, 266, pp. 232–238. DOI: [10.1016/j.foreco.2011.11.027](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.11.027)
- Fukasawa, Y., Ando, Y. (2017): Species effects of bryophyte colonies on tree seedling regeneration on coarse woody debris. *Ecological Research*, 33(1), pp. 191–197. DOI: [10.1007/s11284-017-1524-6](https://doi.org/10.1007/s11284-017-1524-6)
- Fukasawa, Y., Kitabatake, H. (2022): Which is the best substrate to regenerate? A comparative pot experiment for tree seedling growth on decayed wood and in soil. *Forests*, 13(7), 1036. 14 p. DOI: [10.3390/f13071036](https://doi.org/10.3390/f13071036)
- Fukasawa, Y., Kitabatake, H. (2024): Factors associated with seedling establishment on logs of different fungal decay types—A seed-sowing experiment. *Ecology and Evolution*, 14(6). 15 p. DOI: [10.1002/ece3.11508](https://doi.org/10.1002/ece3.11508)
- Fukasawa, Y., Komagata, Y. (2017): Regeneration of *Cryptomeria japonica* seedlings on pine logs in a forest damaged by pine wilt disease: effects of wood decomposer fungi on seedling survival and growth. *Journal of Forest Research*, 22(6), pp. 375–379. DOI: [10.1080/13416979.2017.1380398](https://doi.org/10.1080/13416979.2017.1380398)

- Fukasawa, Y., Orman, O., Pouska, V., Bače, R., Panayotov, M., Tsvetanov, N., Zíbarová, L., Nordén, J., Kawasaki, Y., Mikoláš, M., Polemis, E., Král, K., Přivětivý, T., & Svoboda, M. (2025): Geographical gradient of fungal decay type in Norway Spruce logs in Europe and its impact on seedling establishment. *Journal of Biogeography*. 0:e15135, 14 p. DOI: [10.1111/jbi.15135](https://doi.org/10.1111/jbi.15135)
- Gratzer, G., Waagepetersen, R. P. (2018): Seed Dispersal, Microsites or Competition—What drives gap regeneration in an Old-Growth Forest? An application of spatial point process modelling. *Forests*, 9(5), 230, 15 p. DOI: [10.3390/f9050230](https://doi.org/10.3390/f9050230)
- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory, S.V., Lattin, J.D., Anderson, N.H., Cline, S.P., Aumen, N.G., Sedell, J.R., Lienkaemper, G.W., Cromack, K., Cummins, K.W. (1986): Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. *Advances in Ecological Research*, Academic Press, Volume 15. pp. 133-302. DOI: [10.1016/S0065-2504\(08\)60121-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60121-X).
- Johnson, A. C., & Yeakley, J. A. (2013): Wood Microsites at Timberline-Alpine Meadow Borders: Implications for conifer seedling regeneration and Alpine Meadow conifer Invasion. *Northwest Science*, 87(2), pp. 140–160. DOI: [10.3955/046.087.0206](https://doi.org/10.3955/046.087.0206)
- Khanina, L., Bobrovsky, M. (2021): Value of large Quercus robur fallen logs in enhancing the species diversity of vascular plants in an old-growth mesic broad-leaved forest in the Central Russian Upland. *Forest Ecology and Management*, 491, 119172, 12 p. DOI: [10.1016/j.foreco.2021.119172](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119172)
- Kikeeva, A. V., Romashkin, I. V., Nukolova, A. Y., Fomina, E. V., Kryshen, A. M. (2024): Influence of Picea Abies Logs on the Distribution of Vascular Plants in Old-Growth Spruce Forests. *Forests, Forest Soil*, 15, Paper 884, 23 p. DOI: [10.3390/f15050884](https://doi.org/10.3390/f15050884)
- Kumar, P., Chen, H. Y., Thomas, S. C., Shahi, C. (2016): Effects of coarse woody debris on plant and lichen species composition in boreal forests. *Journal of Vegetation Science*, 28(2), pp. 389–400. DOI: [10.1111/jvs.12485](https://doi.org/10.1111/jvs.12485)
- Kupferschmid, A. D., Bugmann, H. (2004): Effect of microsites, logs and ungulate browsing on Picea abies regeneration in a mountain forest. *Forest Ecology and Management*, 205(1–3), pp. 251–265. DOI: [10.1016/j.foreco.2004.10.008](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.008)
- Lee, P., Sturgess, K. (2001): The effects of logs, stumps, and root throws on understory communities within 28-year-old aspen-dominated boreal forests. *Canadian Journal of Botany*, 79(8), pp. 905–916. DOI: [10.1139/b01-072](https://doi.org/10.1139/b01-072)
- Martínez, L. C. A., Leppe, M., Manríquez, L. M. E., Pino, J. P., Trevisan, C., Manfroi, J., Mansilla, H. (2023): A unique Late Cretaceous fossil wood assemblage from Chilean Patagonia provides clues

- Sarr, D. A., Hibbs, D. E., Shatford, J. P., Momsen, R. (2011): Influences of life history, environmental gradients, and disturbance on riparian tree regeneration in Western Oregon. *Forest Ecology and Management*, 261(7), pp. 1241–1253. DOI: [10.1016/j.foreco.2011.01.002](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.01.002)
- Staniaszek-Kik, M., Chmura, D., Żarnowiec, J. (2019): What factors influence colonization of lichens, liverworts, mosses and vascular plants on snags? *Biologia*, 74, pp. 375–384. DOI: [10.2478/s11756-019-00191-5](https://doi.org/10.2478/s11756-019-00191-5)
- Staniaszek-Kik, M., Żarnowiec, J., & Chmura, D. (2014): Colonization patterns of vascular plant species on decaying logs of *Fagus sylvatica* L. in a lower mountain forest belt: a case study of the Sudeten Mountains (Southern Poland). *Applied Ecology and Environmental Research*, 12(3), pp. 601–613. DOI: [10.15666/aeer/1203_601613](https://doi.org/10.15666/aeer/1203_601613)
- Staniaszek-Kik, M., Żarnowiec, J., Chmura, D. (2016): The vascular plant colonization on decaying *Picea abies* logs in Karkonosze mountain forest belts: the effects of forest community type, cryptogam cover, log decomposition and forest management. *European Journal of Forest Research*, 135(6), pp. 1145–1157. DOI: [10.1007/s10342-016-1001-8](https://doi.org/10.1007/s10342-016-1001-8)
- Staniaszek-Kik, M., Żarnowiec, J., Chmura, D. (2024): Cut stumps vs broken stumps: Does it make any difference in the maintenance of plant and lichen biodiversity in Central European mountain forests? *Forest Ecosystems*, Volume 11, 100206, 12 p. DOI: [10.1016/j.fecs.2024.100206](https://doi.org/10.1016/j.fecs.2024.100206)
- Stroheker, S., Weiss, M., Sieber, T., & Bugmann, H. (2018): Ecological factors influencing Norway spruce regeneration on nurse logs in a subalpine Virgin forest. *Forests*, 9(3), 120. 16 p. DOI: [10.3390/f9030120](https://doi.org/10.3390/f9030120)
- Szewczyk, J., Szwagrzyk, J. (1996): Tree regeneration on rotten wood and on soil in old-growth stand. *Vegetatio*, 122(1), pp. 37–46. DOI: [10.1007/bf00052814](https://doi.org/10.1007/bf00052814)
- Tóth, V. (2010): Korhadó fatörzsek szerepe az erdők természetes felújulásában. *Természetvédelmi Közlemények* 16, pp. 51–63. Utolsó letöltés: 2025. 02. 06. URL: https://real.mtak.hu/110175/1/03_toth_fatorzs_51.pdf
- Unar, P., Daněk, P., Dušan, A., Paločková, L., Holík, J. (2024): Can deadwood be preferred to soil? Vascular plants on decaying logs in different forest types in Central Europe. *European Journal of Forest Research*, 143, pp. 379–391. DOI: [10.1007/s10342-023-01632-2](https://doi.org/10.1007/s10342-023-01632-2)
- Unar, P., Janík, D., Adam, D., Vymazalová, M. (2017): The colonization of decaying logs by vascular plants and the consequences of fallen logs for herb layer diversity in a lowland alluvial forest. *European Journal of Forest Research*, 136(4), pp. 665–676. DOI: [10.1007/s10342-017-1063-2](https://doi.org/10.1007/s10342-017-1063-2)

- Volford, A., Andrés, D., Vadász, C., Tóth, V. (2023): A fekvő holtfa mennyiségi és minőségi meghatározása különböző kezelésű erdőterületeken a Kiskunságban. *Erdőmérnöki Kar Tudományos Kiadványa. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron*. pp. 269-275. DOI: [10.35511/978-963-334-496-5](https://doi.org/10.35511/978-963-334-496-5)
- Wang, K., Huang, X., Yang, W., Wang, J., Wan, M. (2023): First record of plant-plant facilitative interaction from the Moscovian (Pennsylvanian, upper Carboniferous) of North China. *Palaeoworld*, 33(1), pp. 1–10. DOI: [10.1016/j.palwor.2023.08.002](https://doi.org/10.1016/j.palwor.2023.08.002)
- Wang, Q., Peñuelas, J., Tan, B., Wang, Z., Li, H., Cao, R., Chang, C., Jiang, Y., & Yang, W. (2022): The role of decaying logs in nursing soil fungal diversity varies with decay classes in the forest ecosystem. *European Journal of Soil Science*, 73(3). 11 p. DOI: [10.1111/ejss.13243](https://doi.org/10.1111/ejss.13243)
- Yocom, L. L., Kreider, M. R., Burney, O. T., Parsons, T., Choi, R. T., Liese, E. K., Mock, K. E. (2025): Experiments to enhance post-fire aspen seedling survival and growth. *New Forests*, 56(4). 14 p. DOI: [10.1007/s11056-025-10097-7](https://doi.org/10.1007/s11056-025-10097-7)
- Zielonka, T., Piątek, G. (2004): The herb and dwarf shrubs colonization of decaying logs in subalpine forest in the Polish Tatra Mountains. *Plant Ecology*, 172(1), pp. 63–72. DOI: [10.1023/b:vege.0000026037.03716.fc](https://doi.org/10.1023/b:vege.0000026037.03716.fc)

7. Táblázatok és ábrák jegyzéke

1. **ábra:** PRISMA rendszer a szisztematikus irodalmi áttekintéshez. *Forrás: Saját készítés, Moher és munkatársai (2009) alapján* 8
2. **ábra:** Edényes növények kumulatív fajszámgörbéje a holtfa és a csonk átmérőjének növekedésével összefüggésben amerikai rezgő nyár dominálta boreális erdőben *Forrás: Lee és Sturgess (2001)* 12
3. **ábra:** Édesgyökerű páfrányok uralta fekvő holtfa Ausztria patak völgyében. *Forrás: Saját kép (2025.11. 01.)* 15
4. **ábra:** Kerek repkény vegetatív úton megtelepedő része egy mohaborított, korai korhadású holtfán egy lefűződött Dráva-holtág keményfás ligeterdőjében. *Forrás: Saját képek (2025. 04. 03.)* 16
5. **ábra:** Kivágott facsonkon növény lágyszárúak Dobogókőn. *Forrás: Saját kép (2024. 09.)* . 17
6. **ábra:** Luc tömeges felújulása egy dajkafán, Ausztriában. *Forrás: Ódor Péter (2018)* 18
7. **ábra:** A holtfa jelentősége a luc felújulásában egy magashegységi lucos őserdőben. (A) Különböző aljzatok felszínborítás-arányai. (B) Az újulat megoszlása a különböző aljzatokon *Forrás: Ódor 2018, Bobiec és mtsai (2005) alapján* 19
8. **ábra:** Kétlevelű árnyékvirág Örtilos patak völgyének egy holtfa-csonkján. *Forrás: Saját kép (2025. 04. 09.)* 28
9. **ábra:** Erdei madársóska dominálta fekvő holtfa Őrségben, a Lugos-pataknál. *Forrás: Erdélyi Arnold (2024)* 29
10. **ábra:** Holt faanyagban növény kisvirágú nebánsvirág, nehézszagú gólyaorr és szagos müge a Kékesen. *Forrás: Molnár Ábel Péter (2025)* 31
11. **ábra:** Nehézszagú gólyaorr az első kolonizálók közé tartozik, fekvő holtfán és csonkon is. *Forrás: Saját képek, (2025.05-06. Felsőtárkány, Háromfa)* 32
12. **ábra:** feketéllő farkasfog egy kiszáradó patakmederben fekvő holtfába növeszti gyökereit. *Forrás: Saját kép (2024. 07. 20. Barcs, Drávaszentés)* 37

8. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Molnár Ábel Péternek a rengeteg hasznos tanácsért, segítségért és szakmai útmutatásért, melyek hozzájárultak a szakdolgozatom megírásához. Köszönöm a segítséget a kutatókkal, szakemberekkel való kapcsolatfelvételben, akik ugyancsak sokat hozták a dolgozatom elkészültéhez képekkel és fontos információkkal.

Köszönettel tartozom családomnak: kedves szüleimnek és nővéremnek amiért nélkülöztek a szakdolgozattal töltött hosszú órákra és napokra, és amiért segítettek és támogattak. Köszönöm a páromnak, Tamásnak hogy az áltéri erdőn keresztül a Kékestetőig elkísért és segítette a munkámat. Szeretném megköszönni Nagypapámnak, hogy érdeklődően kérdezgetett a témaválasztásomról és a terepi bejárásaimról és biztatott a szakdolgozatírásban is. Ha még elolvashatná a munkám, tudom, büszke lenne rám.

9. Hallgatói nyilatkozat

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Mészáros Tünde
A Hallgató Neptun kódja: DXGOID
A dolgozat címe: Holtfákon megtelepedő edényes növények vizsgálata
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott **szakdolgozat** egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025. év 11. hó 03. nap



Hallgató aláírása

10.Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Mészáros Tünde (DXGOID) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre **javaslom** / **nem javaslom**¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*²

Kelt: 2025. év 11. hó 03. nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

11. MI nyilatkozat

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Mészáros Tünde
Neptun-kódja:	DXGOID
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakedolgozat
A munka címe:	Holtfákon megtelepedő edényes növények vizsgálata

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve, Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Budapest, 2025. 10. hó 27. nap

.....

Hallgató aláírása

.....

Konzulens/Témavezető aláírása