

HEGY- ÉS DOMBVIDÉKI SPONTÁN ERDŐÁLLOMÁNYOK FAJÖSSZETÉTELÉNEK VIZSGÁLATA A POTENCIÁLIS TERMÉSZETES VEGETÁCIÓ ÉS AZ ÉGHAJLAT ÖSSZEFÜGGÉSÉBEN

ZAGYVAI Gergely, BARTHA Dénes

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4., e-mail: zagyvai.gergely@uni-sopron.hu

Kulcsszavak: spontán erdősődés, fajösszetétel, potenciális természetes vegetáció, erdészeti aszályossági index, klímaváltozás

Összefoglalás: Munkánk során összekapcsoltuk az Országos Erdőállomány Adattár állományait a potenciális természetes erdőtársulások (PTE) adatbázisával és a változó klímára vonatkozó adatokkal. Kiemelt PTE kategóriák esetében (bükkös, gyertyános-kocsánytalan tölgyes, cseres-kocsánytalan tölgyes, mész- és melegkedvelő tölgyes) főkomponens analízissel (PCA) és redundancia analízissel (RDA) elemeztük a spontán erdők fajösszetételét bevonva a következő háttérváltozókat: erdészeti aszályossági index (FAI), a FAI változásának mértéke, környező erdőrészetek fajösszetétele. A spontán erdők legfontosabb fajtái esetében összehasonlítottuk az említett változók eloszlását potenciális természetes társulásonként, valamint a spontán előfordulások és a nem spontán eredetű előfordulások halmaza között. Inváziós fajok közül a fehér akác mind a négy vizsgált PTE területén veszélyforrást jelent, a gyertyános-tölgyesek és cseres-tölgyesek esetén kritikus mértékben. Részben ezzel összefüggően, részben klimatikus okokból erősen korlátozott a bükk és a kocsánytalan tölgy szerepe a spontán erdősődésben. Az eredményekből levont következtetések alapján, potenciális természetes társulásonként azonosítottuk azokat az őshonos fajokat is, melyek a változó klíma mellett is ígéretes eszközei lehetnek az erdőborítás spontán szukcesszió útján történő növelésének, úgy hogy a természetvédelmi szempontok is érvényesüljenek. Ezek közé tartoznak az erdészeti gyakorlatban alulértékelt, mezofil pionír fajok, valamint különböző klimatikus adottságok esetén a molyhos tölgy, a csertölgy, a virágos kőris, a mezei juhar és a közönséges gyertyán. A vizsgált fajok nagy többségére jellemző, hogy üdébb termőhelyeken terjed, mint ahol nem spontán eredetű állományai előfordulnak.

Bevezetés

A felhagyott területeken zajló spontán erdősődés a tájhasználat változásának jellemző folyamata Kelet-Európában a 20. század utolsó évtizedétől (Alexander et al. 2012). A jelenség az eltérő történelmi helyzetű, gazdasági és társadalmi háttérű nyugat- és dél-európai országokban is megfigyelhető (Barbati et al. 2011). A spontán erdősődéssel foglalkozó hazai kutatások jellemzően kisebb mintaterületek, tájrészletek adatain alapulnak (Csontos és Tamás 2005, Zagyvai et al. 2012, Zagyvai 2016). Magyarország egészére vonatkozóan nehezen becsülhető az érintett területek nagysága. Az Országos Erdőállomány Adattár 2016-os adatai szerint a spontán erdőként azonosítható erdők kiterjedése 42 640 ha (Zagyvai 2020), ami inkább egy minimális nagyságnak értékelhető. Az idézett kistáj léptékű kutatások tapasztalatai szerint a spontán erdőállományok reális nagysága, az előzőekben említett terület többszöröse, akár több százezer hektár lehet.

Az előzőek alapján megállapítható, hogy nagy területen zajlott és jelenleg is zajlik olyan erdők keletkezése, amelyek nem az ember célirányos tevékenysége nyomán alakultak ki. Ez a folyamat veszélyeket és lehetőségeket is magában rejt. A spontán cserjésedés és erdősödés értékelése a gyepek és azok természetvédelmi értékei szempontjából is releváns és kutatott kérdés (Jakucs 1972, Teleki et al. 2019). A gyepek sorsától függetlenül, a természetvédelmi nézőpontot az erdészeti szempontokkal kiegészítve is gyökeresen eltérő foratókönyvek vázolhatók fel az erdőszukcesszió minőségére vonatkozóan. Magyarországon a spontán erdősödés legtöbb esetben az inváziós fafajok térhódításához vezet, de kedvező körülmények között sikeres lehet az őshonos fafajokkal történő regeneráció is (Tiborcz et al. 2019, Zagyvai 2020). A spontán erdőkre irányuló kutatások fontos kérdése, hogy melyek azok a tényezők, amelyek támogatják a természet szerű erdőállományok létrejöttét a spontán szukcessziós folyamatok során. A hazai tapasztalatok mellett a nemzetközi szakirodalom is beszámol a biodiverzitás növelése szempontjából előnyös szukcessziós foratókönyvekről (Whisenant 2005, Adamowski és Bomanowska 2011). A természetes regeneráció pozitív hatása az erdő záródását megelőzően (Ruskule et al. 2012) és az erdőszukcesszió késői fázisában is érvényesül, összevetve az egyéb úton létrejött erdőkkel (Cojzer et al. 2014).

A szukcessziós folyamat hatótényezői rendkívül összetettek, közülük meghatározó jelentőségűek a termőhelyi tényezők, a fafajok propagulumának elérhetősége és a felhagyás óta eltelt idő. A termőhelyi tényezők változóinak koncentrált kezelésére és vizsgálatára ad lehetőséget a potenciális természetes erdőtársulás (PTE) koncepciója. A potenciális természetes társulás (elméleti) fafajösszetétele viszonyítási lehetőséget is nyújt az aktuális állapotok értékelésére (Bartha 2005, Bartha et al. 2014). A PTE háttértényezőinek legdinamikusabb eleme a klíma, amely a potenciális természetes társulások legfontosabb fafajainak vágáskorát figyelembe véve bizonyosan jelentős mértékben elmozdul arról a kategóriáról, amely a PTE meghatározásánál felhasznált üzemtervekben szerepel. A potenciális természetes vegetáció és a prognosztikus klímadatok jövőbeli összekapcsolásának igénye a MÉTA terepi felmérései alapján felépített, a potenciális természetközeli vegetációra vonatkozó térképes becslés kapcsán is megfogalmazódott (Molnár et al. 2008, Somodi et al. 2017).

A klíma változásának jelenleg is érzékelhető erdőkre gyakorolt hatásai a jövőben várhatóan fokozódnak a Kárpát-medencében (Mátyás 2009, Barcza et al. 2011, Bartholy et al. 2011). A leglátványosabb és leginkább kutatott hatások az erdészeti szempontból fontos, állományalkotó fafajokat érintő erdőpusztulások (Berki 2007, Kotroczó et al. 2007, Molnár és Lakatos 2007, Somogyi 2007, Mátyás et al. 2010b). A prognosztizált folyamatok a mortalitás növekedésén keresztül nyilvánvalóan befolyásolják a fafajok elterjedését, illetve a növénytársulások faji, szerkezeti és működési jellemzőit. A dinamikának azonban csak egy része az egyes fafajok mortalitásának feltűnő növekedése. Nyertes fafajokra is számíthatunk, ha a zárt erdő szempontjából nem határtermőhelyről van szó. Az intenzív erdőművelési tevékenység nehezíti az átrendeződési folyamatok érzékelését. Bár a „talált” erdők spontán eredete nem egyenlő háborítatlanságukkal, összetételi jellemzőik magukon viselik az utóbbi

évtizedekben már zajló klimatikus változásokat, ugyanakkor nélkülözik a közvetlen emberi hatást a fafajválasztást illetően.

A várható változások becslése során, erdészetileg fontos, állományalkotó fajok mellett nem szabad elfeledkezni azonban a többi honos állományalkotó vagy elegy fajokról sem, amelyek az erdőtársulásokban ökológiai szempontból fontos szerepet töltenek be, valamint komoly indikációs értékkel bírnak. Egyrészt, a spontán erdőállományokban megfigyelhető elegyarányok alapján képet kaphatunk ezeknek a fajoknak a terjedési (és felújulási) képességeiről. Másrészt, egyes pozitívan reagáló (terjedő), eddig háttérbe szorított fajok alkalmazkodási lehetőséget kínálhatnak az erdészet és a természetvédelem számára egyaránt.

Az eddigi bevett erdészeti gyakorlattól eltérő fafajösszetétel és elegyességi jellemzők is szükségessé válhatnak, mivel eddig egymással nem kombinálódó termőhelyi jellemzők jelenhetnek meg, valamint a társulások fafajainak eltérő érzékenységből adódó dinamika olyan közösségeket tehet potenciálissá, amelyekre jelenleg nincsenek definíciók.

Az összes potenciális természetes erdőtársulás (PTE) spontán erdőrészleteinek tanulmányozása meghaladta volna e tanulmány kereteit, ezért a háttérváltozók számának csökkentése érdekében leszűkítettük körüket a következő PTE kategóriákra: hegy- és dombvidéki bükkös (HDB), gyertyános-kocsánytalan tölgyes (GY-KTT), cseres-kocsánytalan tölgyes (CS-KTT), valamint mész- és melegkedvelő tölgyes (BAZ-T). A szűkítést indokolja, hogy a felsorolt társulások többletvízhatástól függetlenek, valamint a nedvességellátottság grádiense szerint sorba állíthatók, egymással határos regionalitásúak vagy egymással mozaikolnak, így a klímaváltozás hatásait tanulmányozhatóvá és az átrendeződési folyamatokat becsülhetővé teszik.

Anyag és módszer

Felhasznált adatbázisok

Elemzésünk alapját három eltérő információ-tartalmú adatbázis, az Országos Erdőállomány Adattár, a potenciális természetes erdőtársulások (PTE) adatbázisa és a klímát jellemző adatok összekapcsolása jelentette.

A spontán eredetű erdőállományok térképi és üzemtervi adatait az Országos Erdőállomány Adattárból (2016-os állapot) válogattuk le. Azoknál az erdőrészleteknél volt ez a művelet lehetséges, amelyeket az elmúlt két évtizedben, az újonnan történt tíz éves ciklusú üzemtervezés során, eredetük szempontjából már besoroltak a „talált erdő” kategóriába. A spontán erdőállományoknak csak egy részét regisztrálták „talált erdőként”, viszont az ilyen besorolású erdőrészletek túlnyomó többségükben ténylegesen spontán eredetűek, így alkalmasak spontán erdősődés területi és összetételi jellemzőinek tájankénti összehasonlítására. A továbbiakban a „spontán erdő” kifejezés az előzőekben leírt módon leválogatott erdőrészletekre vonatkozik.

A potenciális természetes erdőtársulások (PTE) aktuális elterjedési mintázatát tükröző térinformatikai adatbázis, egy korábbi munkára alapozva épült fel (Bartha et al. 2014). Az adatbázist továbbfejlesztettük az idézett korábbi tanulmányban leírt

állapotához képest, erdészeti tájanként javítottuk a helyi sajátosságoknak megfelelően, valamint korrigáltuk azokat a hibákat (pl. nem létező termőhelytípus-változatok), amelyek a kiinduló üzemtervi adatokból származnak (Bartha et al. 2018). Jelen cikkünkben az adatbázis PTE kategóriái közül a bükkös (HDB), gyertyános-kocsánytalan tölgyes (GY-KTT), cseres-kocsánytalan tölgyes (CS-KTT), valamint mész- és melegkedvelő tölgyes (BAZ-T) erdőrészeteket vizsgáljuk.

Az elemzések során havi átlaghőmérsékletekből (T) és csapadékösszegekből (P) származtatott erdészeti szárazsági mutatót (FAI) használtuk (Führer 2010, 2011, 2018).

$$FAI = \frac{T_{júl-aug}}{P_{máj-júl} + P_{júl-aug}} * 100$$

Az 1961–2010-es időszak hőmérséklet- és csapadékviszonyait rácsra interpolált meteorológiai állomásadatokkal (Lakatos et al. 2013) jellemeztük, kiegészítve az Országos Meteorológiai Szolgálat állomásadataival. A 21. században várható klimatikus tendenciákat regionális klímamodellek eredményeinek átlaga alapján elemeztük, az IPCC A1B kibocsátási forgatókönyv feltételezésével (IPCC 2013). A változásokat egy 30 éves jövőbeli átlagidőszakra (2021–2050) határoztuk meg, az 1981–2010-es referencia periódushoz képest.

A 2021–2050-es időszakra becsült FAI és a 1981–2010-es periódus FAI értékek különbségeként kaptuk a klíma változásának gyorsaságát jellemző változó értékeit (dFAI).

Alapadatok összekapcsolása

Az Országos Erdészeti Adattár és a PTE térképi állományait összemetsztük a térinformatikai adatfeldolgozás során. Mindkét térkép erdőrészet alapú, de nem egybevágo, mivel különböző időszakból származó adatok alapján készült. A további elemzéshez csak az átfedő poligonok metszetét jelentő területegységeket tartottuk meg, amelyek az üzemtervi adatok és a potenciális természetes erdőtársulás kategóriája is rendelkezésre álltak.

A poligonokhoz hozzárendeltük az 5×5 km-es hálózat legközelebbi eleméhez tartozó FAI (1981–2010) értékeket és a változását jellemző értékeket (dFAI).

A művelet jellemzőinek ismerete az eredmények értelmezése szempontjából nagy fontosságú. A PTE meghatározásnál felhasznált kis felbontású termőhelyi tényezők az Országos Erdészeti Adattárban megtalálhatók. Ezek közé tartozik az erdészeti klíma kategória is, amely a PTE kategória hozzárendelésénél felhasználásra került. Így az erdészeti klíma besorolás erdőrészet léptékű, finomabb felbontást jelent, mint a FAI értékeket tartalmazó ponthálózat, amely a számszerűsített klímaadatok sajátosságaiból adódóan az 5×5 km-es felbontásnál tovább már nem finomítható. A ponthálózatból származó adatokat viszont szükségszerű felhasználni, mert a klíma utóbbi évtizedben történt és aktuális változásait jobban követik, mint az üzemtervek kategóriái, amelyek gyakran évtizedről-évtizedre öröklődnek. A klímára vonatkozó két vizsgált változó (FAI₁₉₈₁₋₂₀₁₀ és dFAI_{2021-2050 - 1981-2010}) számításánál felhasznált adatok

releváns időszakra vonatkoznak, mivel a vizsgált spontán állományok többségének kora nem haladja meg a néhány évtizedet, így a változó klíma ténylegesen hatott a fafajösszetétel alakulására. Az előzőek alapján a két eltérő léptékű klímára vonatkozó adattípus összekapcsolása, az eredményeket megfelelően értelmezve, értékes következtetések lehetőségét nyújtja. A termőhelyek mozaikosságát a PTE térkép követi le jobban, míg a klíma változására csak a FAI adatbázisból következtethetünk.

Spontán erdőrészek környezetének jellemzése

A szukcesszió legfontosabb tényezői közé tartozik a propagulumok elérhetősége, esetünkben ezt a spontán erdősődő terület környezetében található erdők fafajösszetételével jellemeztük. A honos fafajok elérhetőségének és az inváziós fafajok veszélyének számítására az erdészeti adattárban található, erdőrészekhez rendelt természetességi mutatót használtuk fel. A mutató értéke arányos a honos és adventív fafajok hányadával. A spontán eredetű erdőrészek környezetét jellemző természetességi értéket a következő módon képeztük. A PTE- és klímaadatokat is tartalmazó térkép spontán állományainak poligonjait összemetsztük a MÉTA felmérés (Molnár et al. 2007) során használt, tájökológiai elemzésekre is alkalmas, 35 ha-os elemekből felépülő hatszög hálóval. A vizsgált erdőrészt körülvevő, elmetszett hatszögekre vonatkozóan összesítettük a természetesebb ($TERM_{1-3}$ = természetességi mutató: 1–3) és kevésbé természetes ($TERM_{4-6}$ = természetességi mutató: 4–6) erdők területét. Ezekből az értékekből egy olyan indexet (TERM) képeztünk az alábbi módon, amely minden olyan spontán állomány esetében egységesen -100-tól 100-ig terjed, amelynek vizsgált környezetében van üzemtervezett erdőállomány (tehát a nevező nem 0).

$$TERM = (TERM_{1-3} - TERM_{4-6}) / (TERM_{1-3} + TERM_{4-6}) \times 100$$

Adatfeldolgozás

Az adatok térinformatikai feldolgozásához Topoxmap és QGIS.16.3 szoftvert használtunk. A statisztikai adatfeldolgozás Microsoft Excel és PAST 4.06 programmal történt. A sokváltozós elemzés során főkomponens analízist (PCA) és redundancia analízist végeztünk (RDA).

A fafajokra vonatkozó elemzések során az Országos Erdészeti Adattár fafajsortait használtuk fel, amelyek az erdőrészek 5%-os elegyarány értéket elérő fafajainak adatait tartalmazzák.

Az adatfeldolgozás során először jellemeztük az összes spontán eredetű erdőrészt. Annak érdekében, hogy bizonyos zavaró tényezőket minimalizáljunk, ezt követően szűrt erdőrészekkel dolgoztunk. Azok az erdők kerültek be a szűrt halmazba, amelyek többletvízhatástól független termőhelyen vannak, kiegyenlített hosszúság-szélesség aránnyal rendelkeztek (Terület / Kerület > 20), nem túlságosan kis méretűek (Terület > 0,5 ha) és inváziós veszélyeztetettségük alacsony ($TERM > 33$ vagy az erdőrészt vizsgált környezetében nincs üzemtervezett erdőállomány).

A sokváltozós statisztikáknál szintén a szűrt erdőrészeket elemeztük. Az eredményeket bemutató diagramokon szereplő fafajok nevének rövidítése az 1. táblázatban látható (ÁESZ 2004). A fafajok megnevezésének terén Király (2009) munkáját követtük.

1. táblázat A sokváltozás vizsgálatokban előforduló fafajok nevének rövidítései

Table 1. Abbreviations of tree species in the multivariate statistics

A	Fehér akác	<i>Robinia pseudoacacia</i>	LF	Lucfenyő	<i>Picea abies</i>
B	Közönséges bükk	<i>Fagus sylvatica</i>	MÉ	Mézgás éger	<i>Alnus glutinosa</i>
CS	Csertölgy	<i>Quercus cerris</i>	MJ	Mezei juhar	<i>Acer campestre</i>
CSNYE	Madárcezesznye	<i>Cerasus avium</i>	MK	Magas kőris	<i>Fraxinus excelsior</i>
EF	Erdeifenyő	<i>Pinus sylvestris</i>	MOT	Molyhos tölgy	<i>Quercus pubescens</i>
FF	Feketefenyő	<i>Pinus nigra</i>	MSZ	Mezei szil	<i>Ulmus minor</i>
GY	Közönséges gyertyán	<i>Carpinus betulus</i>	NYI	Bibircses nyír	<i>Betula pendula</i>
KFÜ	Kecskefűz	<i>Salix caprea</i>	RNY	Rezgő nyár	<i>Populus tremula</i>
KH	Kislevelű hárs	<i>Tilia cordata</i>	FRNY	Fehér nyár	<i>Populus alba</i>
KST	Kocsányos tölgy	<i>Quercus robur</i>	VF	Vörösfenyő	<i>Larix decidua</i>
KT	Vadkörte	<i>Pyrus pyraeaster</i>	VK	Virágos kőris	<i>Fraxinus ornus</i>
KTT	Kocsánytalan tölgy	<i>Quercus petraea</i>			

A fafajok szerepének értékeléséhez a különböző potenciális erdőtürsulásokban a következő jellemzőket, adatokat használtuk fel:

- életmenet stratégia, szukcessziós jelleg (Majer 1989)
- honosság, inváziós jelleg (N – honos, A – adventív, N/A – bizonytalan vagy behatárolt honosság, I – inváziós) (Bartha 2021)
- vízigény (x – xerofil, xm – xeromezofil, m – mezofil, mh – mezohigrofil, h – higrofil) (Bartha 1999)
- T%_{összes}: fafaj területaránya az összes erdőállományra vonatkoztatva
- T%_{spontán}: fafaj területaránya a spontán eredetű erdőállományokra vonatkoztatva
- T%_{oszűrt spontán}: fafaj területaránya a szűrt spontán eredetű erdőállományokra vonatkoztatva
- dT: T%_{spontán} – T%_{összes}
- TSI: (T%_{spontán} – T%_{összes}) / (T%_{spontán} + T%_{összes}) (Zagyvai 2020)

Eredmények

Potenciális hegy- és dombvidéki bükkösök (HDB)

Az összes (nem csak spontán eredetű) potenciális hegy- és dombvidéki bükkös (HDB) kategóriába sorolható erdőállomány legfontosabb fafaja a bükk (49,1%). Meghatározó elegyfajok a gyertyán (13,3%) és a kocsánytalan tölgy (11,4%). Kisebb területarányal rendelkezik, de fontos elegyfaj a cser (6,5%) és a magas kőris (3,6%). Az összes potenciális bükkösben a honos fafajok aránya meghaladja a 90%-ot, az inváziós fafajok

aránya mindössze 1,9%, amit csaknem teljesen a fehér akác tesz ki. A K-stratégista fajok aránya 71,7%, míg a pioníroké mindössze 5,3% (az akác nélkül 3,4%). Az elemzett erdőállományokban az egyértelműen mezofil vagy ennél vízigényesebb fajok aránya meghaladja a 73%-ot (2. táblázat).

2. táblázat A potenciális bükkös termőhelyeken fekvő spontán erdőállományok legfontosabb fajainak ($T\%_{\text{spontán}} > 1\%$) területarányai és kapcsolódó egyéb vizsgált jellemzői

Table 2. Area proportion and other related attributes of the most important tree species of spontaneous forest stands on potential beech forest sites

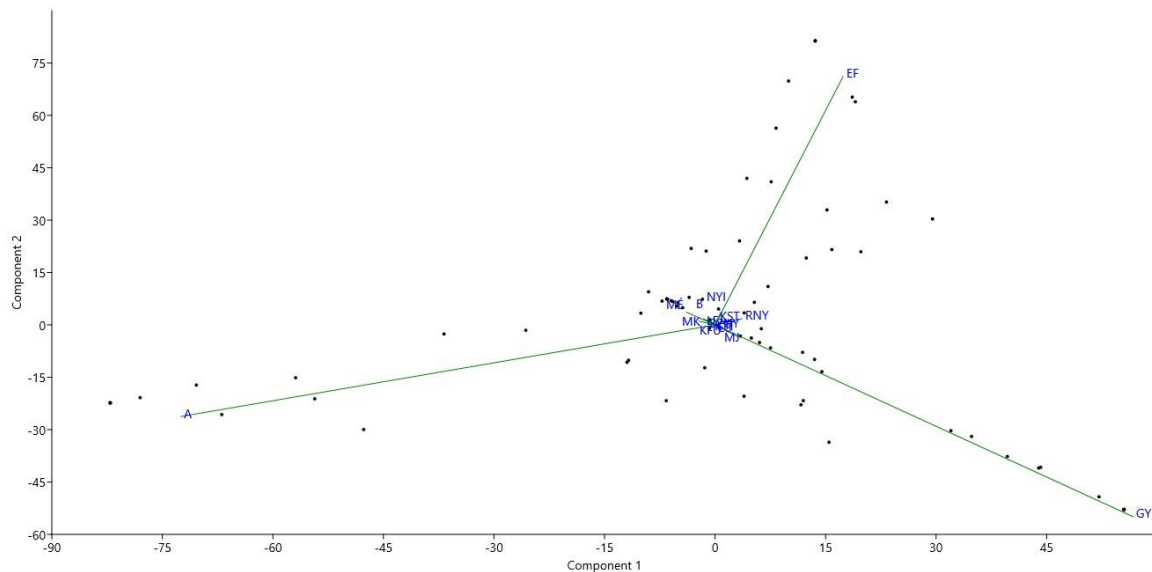
Faj	Stratégia	Honosság	Vízigény	T%összes	T%spontán	T%szűrt spontán	dT	TSI
Közönséges gyertyán	r - K	N	m	13,339	23,528	23,873	10,189	0,276
Fehér akác	r	I	xm	1,914	17,047	5,381	15,133	0,798
Erdeifenyő	r	N/A	x - h	2,270	11,602	15,895	9,332	0,673
Bükk	K	N	m	49,112	9,841	17,025	-39,271	-0,666
Mézgás éger	r	N	h	0,606	8,255	3,405	7,649	0,863
Rezgő nyár	r	N	m	0,159	4,991	5,937	4,332	0,938
Mezei juhar	r - K	N	xm	0,457	4,897	4,963	4,141	0,829
Csertölgy	K	N	xm	6,451	3,181	3,860	-3,271	-0,340
Magas kóris	r - K	N	m	3,624	3,099	5,721	-0,525	-0,078
Bibirceses nyír	r	N	m	0,254	2,491	3,133	2,238	0,815
Kocsányos tölgy	K	N	xm - mh	1,619	2,295	2,292	0,677	0,173
Kocsánytalan tölgy	K	N	xm - m	11,436	1,546	1,787	-9,891	-0,762
Lucfenyő	K	N/A	m	2,439	1,249	0,917	-1,189	-0,322
Kecskefűz	r	N	m	0,059	1,091	1,297	1,032	0,897
Nemes nyár	r	A	m - mh	0,012	1,074		1,062	0,978

A potenciálisan bükkös kategóriába sorolt spontán erdőállományokban a gyertyán (23,5%) a meghatározó faj, míg a bükk (9,8%) jelentősége jóval kisebb. Bár a tipikus bükkös termőhelyek és a bükkösök táji környezete nem kedvez az akácnak, a talált erdőkön belül területaránya meghaladja a 17%-ot. Pionír fajok közül legnagyobb területarányú az erdeifenyő (11,6%), fontos faj a rezgő nyár (5%) és az üde vagy nedvesebb termőhelyeken ugyancsak pionírként viselkedő mézgás éger (8,3%). Az összes erdőállományra vonatkozó minimális területarányához képest (0,5%) jelentős a mezei juhar részesedése (4,9%) a spontán erdőkben. A K-stratégista fajok területaránya alacsony (18,8%), míg az inváziós akácot nem számolva a pionírok és r-K stratégisták aránya egyaránt 30% körüli. A spontán eredetű potenciális bükkösök üdebb körülményeket kedvelő fajainak aránya csak 57,8%, ami klimatikus változásokra is utalhat, de a pionír fajok magasabb aránya miatt az összehasonlítás az összes erdőállomány hasonló értékével (73,4%) óvatosságot kíván.

A spontán eredetű potenciális bükkös állományokból leszűrtük a többletvízhatástól független, kiegyenlített terület/kerület arányú, magas természetességű állományokkal körülvett erdőrésztleteket (lásd Anyag és módszer). A szűrés feltételeknek megfelelően ebben az esetben az akác területaránya csak 5,4%. A többletvíz nélküli termőhelyeken az éger spontán előfordulása is jóval alacsonyabb (3,4%). A szűrt potenciális bükkös erdőrésztletek fajaira vonatkozó adatok azt mutatják, hogy amennyiben a fajforrások adottak az erdőrésztletek környezetében, az erdősödés

döntően őshonos fajokkal történik, melyek között kiegyenlítettebbek az arányok szukcessziós jelleg szempontjából, mint nem szűrt erdőrészek esetében.

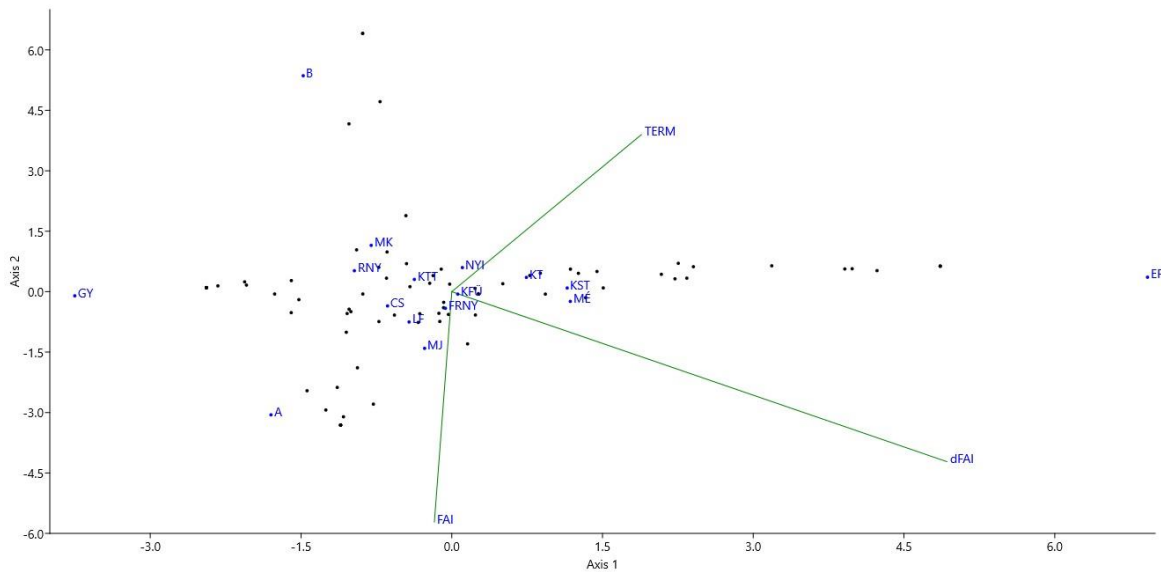
Az előzőekben tárgyalt szűrt erdőrészek ordinációjának (PCA) 1. és 2. komponense azt mutatja, hogy a fajok közül a gyertyán, az erdeifenyő és a kisebb összesített területarányú akác nagyobb varianciájúak, illetve inkább jellemző állományokra az elegyetlenség. A 3. kiszámított komponens bevonása a bükk jelentőségét emeli ki (1. ábra).



1. ábra A potenciális bükkös (HDB) kategóriába sorolt, szűrt spontán erdőállományok és legfontosabb fafajainak helyzete főkomponens-analízis (PCA) alapján (a fajok nevének rövidítése az 1. táblázatban található)

Figure 1. Positions of the most important tree species and forest stands using principal component analysis (PCA), according to data of filtered spontaneous forest stands on potential beech forest sites (abbreviations: see Table 1.)

Spontán erdőállományok fajösszetételét meghatározó háttértényezőként megvizsgáltuk az Erdészeti Aszályossági Index (FAI) és változásának (dFAI) szerepét. A bükk spontán állományai főként a csapadékosabb és a klíma átalakulása során kevésbé szárazodó termőhelyekre koncentrálnak. Az akác jelenléte potenciális bükkös termőhelyen a magasabb FAI értékekhez kötődik. Kisebb mértékben a mezei juharra is érvényes ez a megállapítás, ami logikus következménye annak, hogy mindkét faj előfordulásának súlypontja a bükkös régiónál mélyebben van. A kocsányos tölgy, a vadkörte és különösen az erdeifenyő jellemző azokra a beerdősült területekre, melyek esetében az aszályossági index gyorsabban nő és ezek a változások nem magas FAI értékekből indulnak ki. Ezzel ellentétben a gyertyán, rezgő nyár és magas kőris nagyobb elegyaránya az évtizedes léptékben stabilabb csapadékelátottsággal (alacsony dFAI) mutat összefüggést. A klímára vonatkozó két változó egymással is összefügg: ahol magasabb a FAI, ott nagyobb a változása is (2. ábra).



2. ábra A potenciális bükkös (HDB) kategóriába sorolt, szűrt spontán erdőállományok és legfontosabb fafajainak helyzete redundancia-analízis (RDA) alapján, az erdőrészetek környezetének természetessége (TERM), az erdészeti aszályossági index (FAI) és annak változása (dFAI) függvényében (a fajok nevének rövidítése az 1. táblázatban található)

Figure 2. Positions of the most important tree species and forest stands using redundancy analysis (RDA), according to data of filtered spontaneous forest stands on potential beech forest sites, depending on the naturalness of the environment of forest stands (TERM), forest aridity index (FAI), change of FAI (dFAI) (abbreviations: see Table 1.)

Bevontuk az elemzésbe a spontán eredetű erdőrészetek környezetének természetességét jellemző változót (TERM), amely utal az őshonos fajok elérhetőségére a szukcessziós folyamatok során. A statisztikák szerint ez az érték csaknem ellentétes tendenciát mutat a FAI értékekhez képest, amennyiben az akácra vonatkozó adatokat is figyelembe vesszük. A jelenség magyarázata, hogy a magasabban fekvő, csapadékosabb középhegységi tájak kevésbé átalakítottak és nagyobb arányban megőrizték a természetes erdővegetáció elemeit, mint az alacsonyabb középhegységi tájrészetek vagy dombvidékek. Ha az akácot (területaránya a vizsgált erdőrészetekre vonatkozóan 5,3%) kiemeljük a statisztikából, már árnyaltabb képet kapunk az őshonos fajok viselkedését meghatározó szomszédosságra vonatkozóan. Azokban az állományokban, amelyek természetesebb környezetben helyezkednek el és erősebben szárazodnak, nagyobb szerephez jut az erdeifenyő. Ellenkező esetben, kisebb FAI változásnál és kevésbé természetes erdőkkel körülvéve a gyertyán jut nagyobb szerephez a potenciális bükkös termőhelyeken a spontán erdőszedés során.

Potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyesek (GY-KTT)

Az összes (nem csak spontán eredetű) erdőállományra vonatkozóan a potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyek állományainak legfontosabb faja a

kocsánytalan tölgy (22,4%). Csaknem egyforma területarányú az inváziós akác (17,9%) és a csertölgy (17,8%). Utóbbi faj magas részesedése jelentős részben az elmúlt évszázadok erdészeti gyakorlatának köszönhető. A gyertyán aránya mindössze 10,8%, amely mögött jelentős részben szintén állománytörténeti okok állnak. Fontos fajoknak számítanak a kocsányos tölgy (6,7%), az erdeifenyő (5,7%) és a bükk (5,4%). Az inváziós fajok közül az akác a meghatározó, területarányuk a potenciális bükkös állományokét jelentősen meghaladva a 18%-ot. A fajok vízigényértékei alapján éles kontraszt vázolható fel a potenciális bükkös termőhelyek állományaihoz képest. A mezofil vagy vízigényesebb fajok aránya 24%, míg a xeromezofil vagy szárazságtűrőbb fajok részesedése 39,3% (akác nélkül 21,4%) (3. táblázat).

3. táblázat A potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyeken fekvő spontán erdőállományok legfontosabb fajainak ($T\%_{\text{spontán}} > 1\%$) területarányai és kapcsolódó egyéb vizsgált jellemzői

Table 3. Area proportion and other related attributes of the most important tree species of spontaneous forest stands on potential sessile oak–hornbeam forest sites

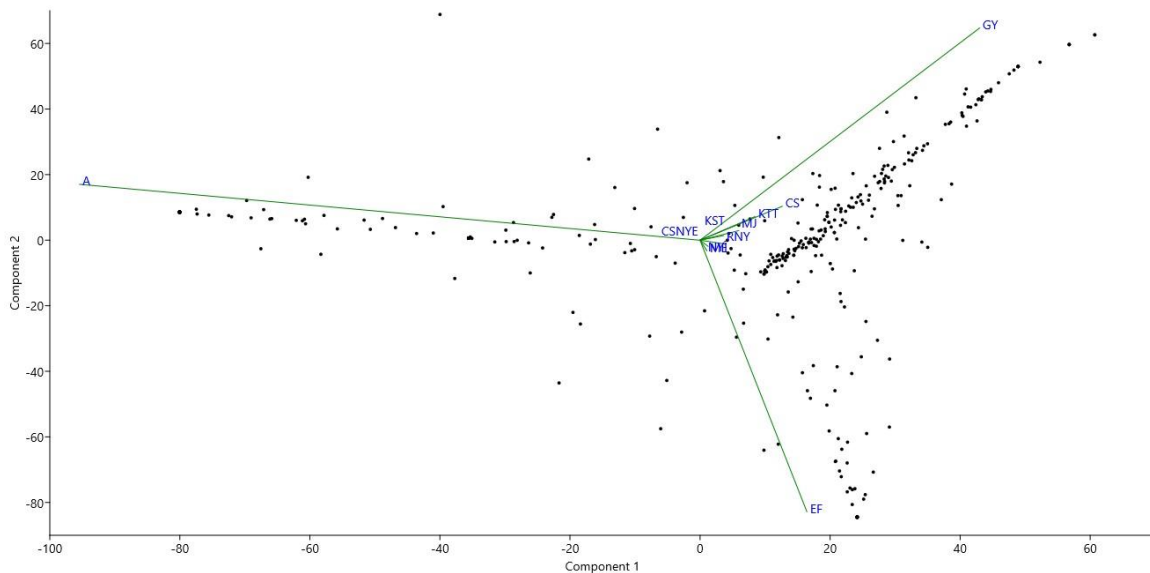
Faj	Stratégia	Honosság	Vízigény	T%összes	T%spontán	T%szűrt spontán	dT	TSI
Fehér akác	r	I	xm	17,883	44,592	12,850	26,709	0,428
Közönséges gyertyán	r - K	N	m	10,780	11,836	21,619	1,055	0,047
Erdeifenyő	r	N/A	x - h	5,711	8,738	10,749	3,027	0,210
Csertölgy	K	N	xm	17,757	7,022	14,434	-10,735	-0,433
Mézgás éger	r	N	h	1,009	4,843	2,098	3,834	0,655
Mezei juhar	r - K	N	xm	1,006	4,653	5,399	3,647	0,644
Kocsánytalan tölgy	K	N	xm - m	22,357	3,299	10,526	-19,058	-0,743
Rezgő nyár	r	N	m	0,262	3,178	6,444	2,917	0,848
Kocsányos tölgy	K	N	xm - mh	6,665	2,101	3,528	-4,564	-0,521
Bibircses nyír	r	N	m	0,225	1,053	1,718	0,828	0,648

A potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyen lévő spontán állományok csaknem felét akác borítja (44,6%), így valószínűsíthető, hogy a faj intenzív terjeszkedése felülírja az őshonos fajokkal történő regeneráció esélyét a vonatkozó erdőrészek meghatározó részénél. A fontosabb fajok közül a gyertyán (11,8%) és erdeifenyő (8,7%) aránya kis mértékben meghaladja az összes erdőrészekre vonatkozó, korábbiakban említett értékeket. Ezt az összehasonlítást megismételve a mézgás éger (4,8%), mezei juhar (4,7%) és rezgő nyár (3,2%) többszörös területarányal szerepelnek az erdősült területeken. A potenciális társulás legfontosabb fajaként feltűnő a kocsánytalan tölgy (3,3%) minimális szerepe ezekben az erdőkben. Ennek az értéknek több, mint kétszerese a jobb terjedőképességű cser (7%) részesedése.

A többletvízhatástól független, kiegyenlített terület/kerület arányú, magas természetességű állományokkal körülvett erdőrészek esetében, a potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyek spontán erdőrészei az előzőektől eltérő összességű elegyarányokkal jellemezhetők. A módszerből adódóan az akác területaránya itt is jóval kisebb (12,8%), mint a szűrés nélküli halmaz esetében, azonban a faj további terjeszkedése szempontjából nem elhanyagolható. A jobb természetességű erdőkkel körbevett állományok erdőződésében szintén a gyertyán

(21,6%) a legfontosabb faj, de a szűrés nélkül kapott értékekhez képest nagyobb a szerepe a csernek (14,4%) és a kocsánytalan tölgynek (10,5%) is. A szukcessziós jellegre vonatkozó kategóriák arányát megvizsgálva látható, hogy a szűrt, potenciálisan gyertyános-kocsánytalan tölgyes erdőrészekben a K-stratégista fajok aránya (31,1%) magasabb, mint a szűrt potenciális bükkösök esetében (26,6%).

A főkomponens analízis (PCA) eredményei azt mutatják, hogy a potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyen kialakult erdők esetében meghatározó típust jelentenek az akácos jellegű állományok még a szűrést követően is. Fontos rendezői az ordinációnak az erdeifenyő dominancia viszonyai is. Az erdőrészek többségében a gyertyán jelenléte meghatározó. A (szinte) elegyetlen gyertyánosok mellett jellemző típust képeznek a cserrel és kocsánytalan tölgyvel elegyes spontán állományok, de fontos elegyfajként lép fel a rezgő nyár, mezei juhar és a mézgás éger (3. ábra).

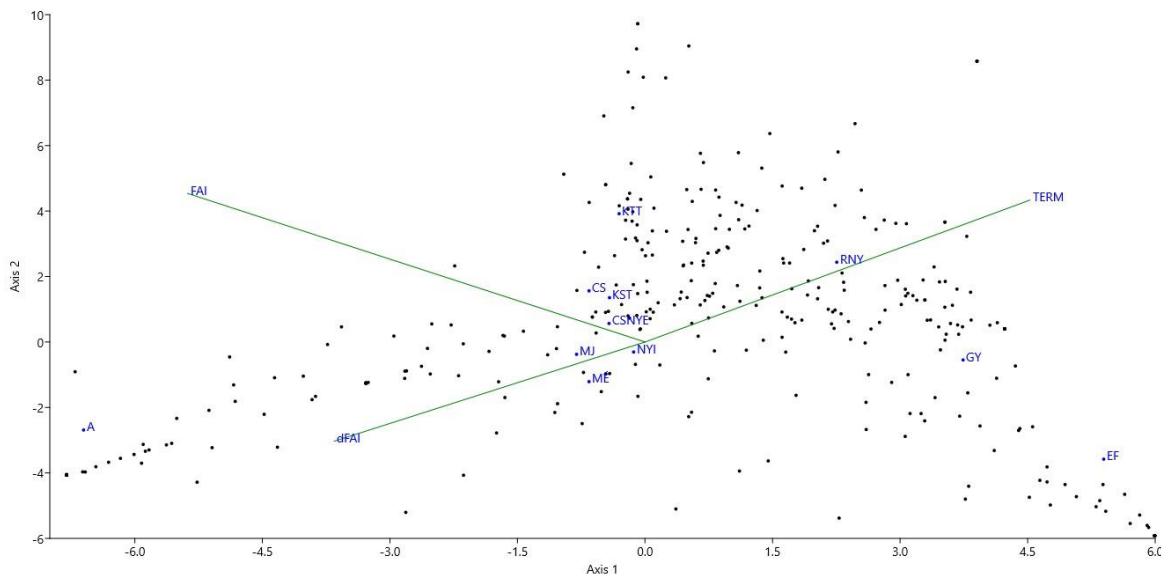


3. ábra A potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes (GY-KTT) kategóriába sorolt, szűrt spontán erdőállományok és legfontosabb fajainak helyzete főkomponens-analízis (PCA) alapján (a fajok nevének rövidítése az 1. táblázatban található)

Figure 3. Positions of the most important tree species and forest stands using principal component analysis (PCA), according to data of filtered spontaneous forest stands on potential sessile oak–hornbeam forest sites (abbreviations: see Table 1.)

Míg a fajösszetételt meghatározó háttérváltozók közül a potenciális bükkösök spontán állományai esetében az erdőrészet környezetének természetessége (TERM) és a FAI volt szinte teljesen ellenkező előjelű, egymással fordítottan arányos, addig a potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhely talált erdei esetében a természetességi változó a FAI változás (dFAI) értékeivel mutat ellentétes összefüggést. Az erőteljesebben szárazodó, természetyszerű erdőkkel kevésbé körbevett területekre jellemző inkább a mézgás égerrel és mezei juharral történő erdősödés, ellentétes esetben jellemzőbb a gyertyán és a rezgő nyár nagyobb aránya. Az erdeifenyő azokon

a területeken kap nagyobb szerepet, ahol a FAI alacsony és az erdőrésztetek környezetében az erdők természetessége magas (4. ábra).



4. ábra A potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes (GY-KTT) kategóriába sorolt, szűrt spontán erdőállományok és legfontosabb fafajainak helyzete redundancia-analízis (RDA) alapján, az erdőrésztetek környezetének természetessége (TERM), az erdészeti aszályossági index (FAI) és annak változása (dFAI) függvényében (a fajok nevének rövidítése az 1. táblázatban található) Figure 4. Positions of the most important tree species and forest stands using redundancy analysis (RDA), according to data of filtered spontaneous forest stands on potential sessile oak–hornbeam forest sites, depending on the naturalness of the environment of forest stands (TERM), forest aridity index (FAI), change of FAI (dFAI) (abbreviations: see Table 1.)

Potenciális cseres-kocsánytalan tölgyesek (CS-KTT)

A potenciális cseres-kocsánytalan tölgyes termőhelyeken álló összes (nem csak spontán eredetű) erdőállomány csaknem harmadát akác alkotja (33%), amelyet a társulás uralkodó fafajai a cser (26,6%) és a kocsánytalan tölgy (12,1%) követnek területarányuk sorrendjében. Fontos elegyfaj a kocsányos tölgy (4,6%) és a tájidegenként fellépő erdeifenyő (6,8%). A mezofil vagy vízigényesebb fajok aránya 9,1%, míg a xeromezofil vagy ennél szárazságtűrőbb fajok 65,9%-ot borítanak (akác nélkül 33%).

A cseres-kocsánytalan tölgyes PTE területén a honos fajok erősen háttérbe szorultak az akáccal (59,9%) szemben a spontán erdőszukcesszió során. Az összes honos tölgyfajra jellemző, hogy a spontán állományokban alulreprezentáltak az összes erdőhöz képest. A kocsánytalan tölgy (1,8%) esetében tapasztalható a legnagyobb különbség, amelyhez viszonyítva a cser (10,6%) egyértelműen jobb terjedőképességgel rendelkezik. A tölgyekhez képest ellenkező előjelű folyamat körvonalazódik a mezei juhar, gyertyán és mézgas éger esetében, amely fajok területaránya viszonylag alacsony, spontán állományokban viszont nagyobb arányban vannak jelen, mint az összes erdőállományban (4. táblázat).

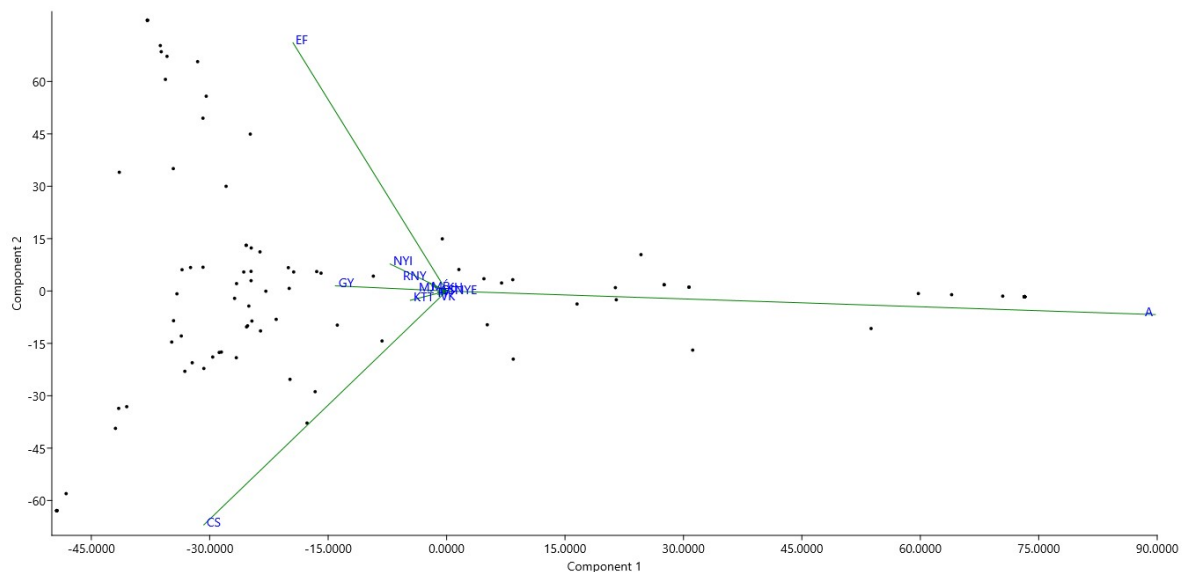
4. táblázat A potenciális cseres-kocsánytalan tölgyes termőhelyeken fekvő spontán erdőállományok legfontosabb fafajainak ($T\%_{\text{spontán}} > 1\%$) területarányai és kapcsolódó egyéb vizsgált jellemzői

Table 4. Area proportion and other related attributes of the most important tree species of spontaneous forest stands on potential turkey oak–sessile oak forest sites

Fafaj	Stratégia	Honosság	Vízigény	T%összes	T%spontán	T%szűrt spontán	dT	TSI
Fehér akác	r	I	xm	32,956	59,899	18,866	26,943	0,290
Csertölgy	K	N	xm	26,633	10,621	29,503	-16,013	-0,430
Erdeifenyő	r	N/A	x - h	6,801	5,576	12,450	-1,225	-0,099
Közönséges gyertyán	r - K	N	m	2,352	3,347	9,861	0,995	0,175
Mezei juhar	r - K	N	xm	1,371	3,299	3,342	1,928	0,413
Mézgás éger	r	N	h	0,689	2,858	2,015	2,169	0,612
Kocsánytalan tölgy	K	N	xm - m	12,157	1,792	6,609	-10,365	-0,743
Fehér fűz	r	N	h	0,103	1,384		1,281	0,861
Kocsányos tölgy	K	N	xm - mh	4,660	1,197	0,954	-3,463	-0,591
Bibircses nyír	r	N	m	0,160	1,143	3,561	0,983	0,754

Az potenciális cseres-kocsánytalan tölgyes termőhelyeken a többletvízhatástól független, kiegyenlített terület/kerület arányú, magas természetességű állományokkal körülvett spontán erdőrészekre szűkített halmazt vizsgálva már nem az akác a legfontosabb, bár magas aránya (18,9%) még ezekben a magasabb természetességű tájrészekben is folyamatos inváziós veszélyforrást jelent. A csertölgy (29,5%) és a kocsányos tölgy (6,6%) a propagulumforrások könnyebb elérhetősége miatt sikeresebbek az erdősítésben. Kiemelten igaz ez a kocsánytalan tölgyre, amelynek részesedése potenciális társulásban betöltött szerepéhez képest alacsony, de a nem szűrt halmazhoz képest többszörös ezeken a termőhelyeken. A gyertyán aránya szintén jelentős (9,9%), így a tájhonos fajokot figyelembe véve a potenciális cseres-kocsánytalan tölgyes termőhelyek spontán állományaira inkább illik a cseres-gyertyános jelző (5. ábra).

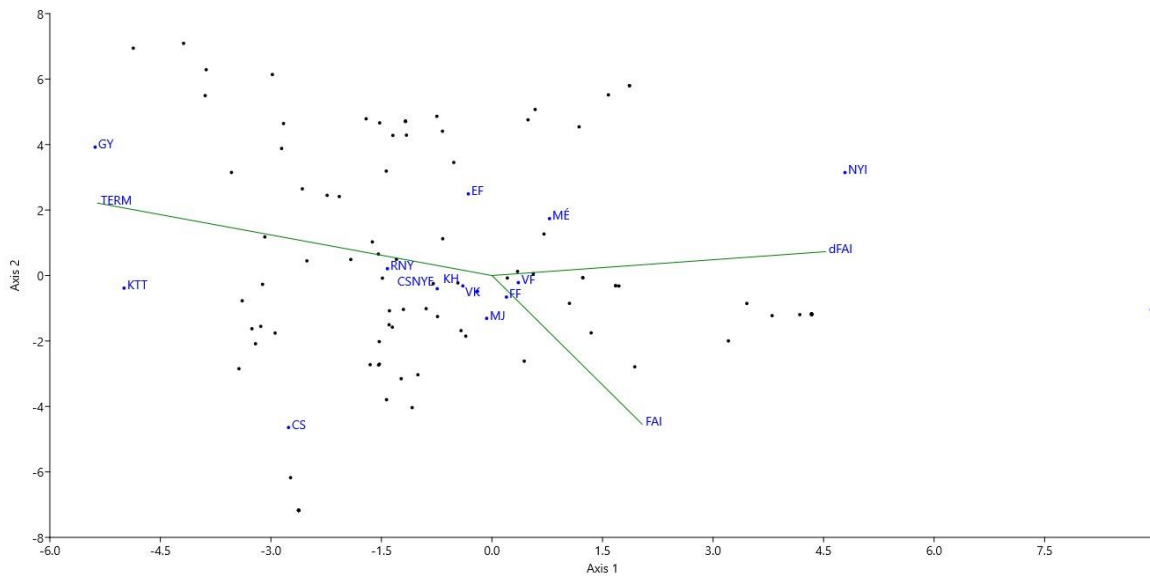
A potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhely spontán (szűrt) állományaihoz hasonlóan, a potenciális cseres-kocsánytalan tölgyesek esetében is elkülönül az erdeifenyő és akác csoport a PCA diagramon. Az összesített variancia jelentős hányadáért felelős a harmadik – potenciális cseres-kocsánytalan tölgyes erdőrészekre jellemző – fafaj, a csertölgy, amely gyakran a gyertyánnal elegyedik.



5. ábra A potenciális cseres-kocsánytalan tölgyes (CS-KTT) kategóriába sorolt, szűrt spontán erdőállományok és legfontosabb fafajainak helyzete főkomponens-analízis (PCA) alapján (a fajok nevének rövidítése az 1. táblázatban található)

Figure 5. Positions of the most important tree species and forest stands using principal component analysis (PCA), according to data of filtered spontaneous forest stands on potential turkey oak–sessile oak forest sites (abbreviations: see Table 1.)

Az előzőekben ismertetett eredmények már utaltak rá, hogy a kocsánytalan tölgy ezeken a termőhelyeken már csak korlátozottan vesz részt az erdők regenerációjában. A sokváltozós statisztika azt mutatja, hogy ez a faj mindkét klíma változó (FAI, dFAI) szempontjából a felvázolt gradiens szélén, alacsony értékeknél jellemző. A pionír fajok közül a rezgő nyár mutat hasonló jellemzőket. Karakteres összefüggést mutat a többi pionír faj is. Erőteljesebben növekvő aszályossági indexszel rendelkező területeken még szerepet kap a bibircses nyír és a mézgás éger. Alacsony FAI értékeknél, nedvesebb klímán jó terjedési képességeket mutat az erdeifenyő. Magasabb természetességű erdők övezte helyzetben nagyobb szerepet kap az erdőszukcesszióban a kocsánytalan tölgy, a gyertyán, a madárcseresznye és a rezgő nyár (6. ábra).



6. ábra A potenciális cseres-kocsánytalan tölgyes (CS-KTT) kategóriába sorolt, szűrt spontán erdőállományok és legfontosabb fafajainak helyzete redundancia-analízis (RDA) alapján, az erdőrészek környezetének természetessége (TERM), az erdészeti aszályossági index (FAI) és annak változása (dFAI) függvényében
(a fajok nevének rövidítése az 1. táblázatban található)

Figure 6. Positions of the most important tree species and forest stands using redundancy analysis (RDA), according to data of filtered spontaneous forest stands on potential turkey oak–sessile oak forest sites, depending on the naturalness of the environment of forest stands (TERM), forest aridity index (FAI), change of FAI (dFAI) (abbreviations: see Table 1.)

Potenciális mész- és melegkedvelő tölgyesek (BAZ-T)

A potenciális mész- és melegkedvelő tölgyes állományok összességét (nem csak spontán eredetű állományokat) vizsgálva a legnagyobb területarányal az akác (27,9%) rendelkezik. Fontossági sorrendben ez után következik a potenciális élőhely két fontos tölgyfaja, a cser (24,1%) és a molyhos tölgy (10,6%). A termőhelyre jellemző honos fajok közül a virágos kóris (7,6%) és a kocsánytalan tölgy (6,1%) területaránya számottevő. Egyes tájakon a termőhely állományainak fontos faja az adventív feketefenyő (8,3%). A mezofil vagy ennél vízigényesebb fajok aránya 6,1%, a xeromezofil vagy ennél szárazságtűrőbb fajoké 81% (akác nélkül 53%) (5. táblázat).

5. táblázat A potenciális mész- és melegkedvelő tölgyes termőhelyeken fekvő spontán erdőállományok legfontosabb fafajainak ($T\%_{\text{spontán}} > 1\%$) területarányai és kapcsolódó egyéb vizsgált jellemzői

Table 5. Area proportion and other related attributes of the most important tree species of spontaneous forest stands on potential thermophilous forests forest sites

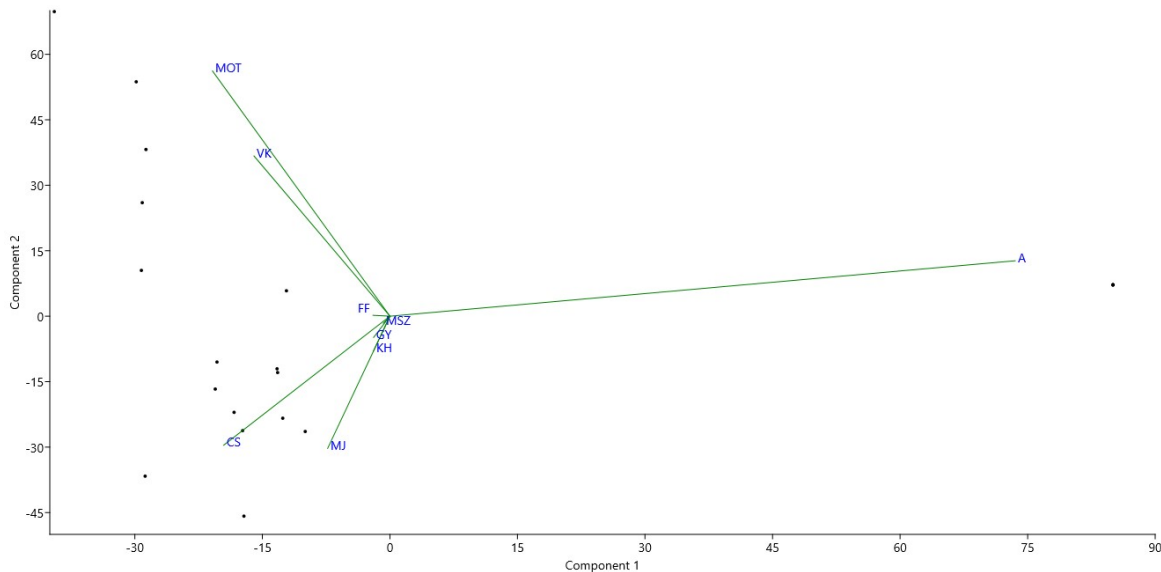
Fafaj	Stratégia	Honosság	Vízigény	T%összes	T%spontán	T%szűrt spontán	dT	TSI
Fehér akác	r	I	xm	27,930	62,380	12,743	34,450	0,381
Csertölgy	K	N	xm	24,054	7,995	34,799	-16,060	-0,501
Molyhos tölgy	K	N	x	10,569	4,315	20,802	-6,254	-0,420
Mezei juhar	r - K	N	xm	1,795	4,271	6,943	2,476	0,408
Virágos kőris	r - K	N	x	7,595	4,260	13,970	-3,336	-0,281
Mezei szil	r - K	N	xm - mh	0,637	2,946	2,222	2,309	0,645
Feketefenyő	r - K	A	x	8,323	2,526	1,872	-5,797	-0,534
Királydió	K	A	m	1,106	2,332	0,000	1,226	0,357
Mirigyes bálványfa	r - K	I	x	0,581	1,538	0,000	0,957	0,452
Nyugati ostorfa	r - K	I	xm mh	1,053	1,419	0,000	0,366	0,148
Erdeifenyő	r	N/A	x - h	3,238	1,101	0,000	-2,137	-0,493

A spontán erdőállományokra vonatkozóan a potenciális mész- és melegkedvelő tölgyes termőhelyeken az akác területaránya a potenciális cseres-kocsánytalan tölgyeseknél látható magas értéket is felülmúlja (62,4%). A fontosabb őshonos fafajok közül egyedül a mezei juhar területaránya nagyobb a spontán erdőkben, mint összesített adatok alapján (4,3%). A csertölgy területaránya nagyobb (8%), a molyhos tölgyé kisebb arányban (4,3%) csökken, ugyanilyen módon összehasonlítva az értékpárokat. Ez az összehasonlítás a virágos kőris számára még kedvezőbb, területaránya 4,3% a talált erdőkben. A kocsánytalan tölgy szerepe minimális a potenciális élőhely spontán szukcessziós folyamataiban (0,7%), holott a társulás fontos elegyfajának számít.

A spontán erdősödés irányát tekintve kettősség figyelhető meg a potenciális mész- és melegkedvelő tölgyes termőhelyeken. Szűrés nélkül az akác területaránya az összes előzőekben vizsgált PTE spontán erdeit felülmúlja, háttérbe szorítva a honos fajokat. A többletvízhatástól független, kiegyenlített terület/kerület arányú, magas természetességű állományokkal körülvett erdőrészekre leszűrt, tehát elérhető honos fafajú propagulumforrásokkal körülvett területeken az akác területaránya nem kiugróan magas. Ha a honos fafajok összesített arányát vizsgáljuk, a mész- és melegkedvelő tölgyes PTE spontán erdei, a szűrés feltételeket is figyelembe véve több, mint 85%-ban honos fafajokkal borítottak, amelyek túlnyomó többsége a potenciális társulásra jellemző komponens. Ugyanez a megállapítás érvényes a K-stratégista fafajok arányára is. Míg a szűrt mész- és melegkedvelő tölgyes termőhelyeken a csernek és molyhos tölgynek köszönhetően a K-stratégisták aránya megközelíti a 60%-ot, a többi PTE esetében ez az érték minden esetben 40% alatt marad a pionír fafajok hiánya miatt.

A főkomponens analízis (PCA) tanulsága szerint három fő erdősödési irány körvonalazható a potenciális mész- és melegkedvelő tölgyes termőhelyeken. Amennyiben a vegetációs környezet ezt támogatja, az őshonos fafajokkal történő erdősödés jellemző. Ebben az esetben elkülöníthető a cseres-mezeijuharos típus a cser dominanciájával és molyhos tölgyes-virágos kőrises az előbbi enyhe túlsúlyával. Az

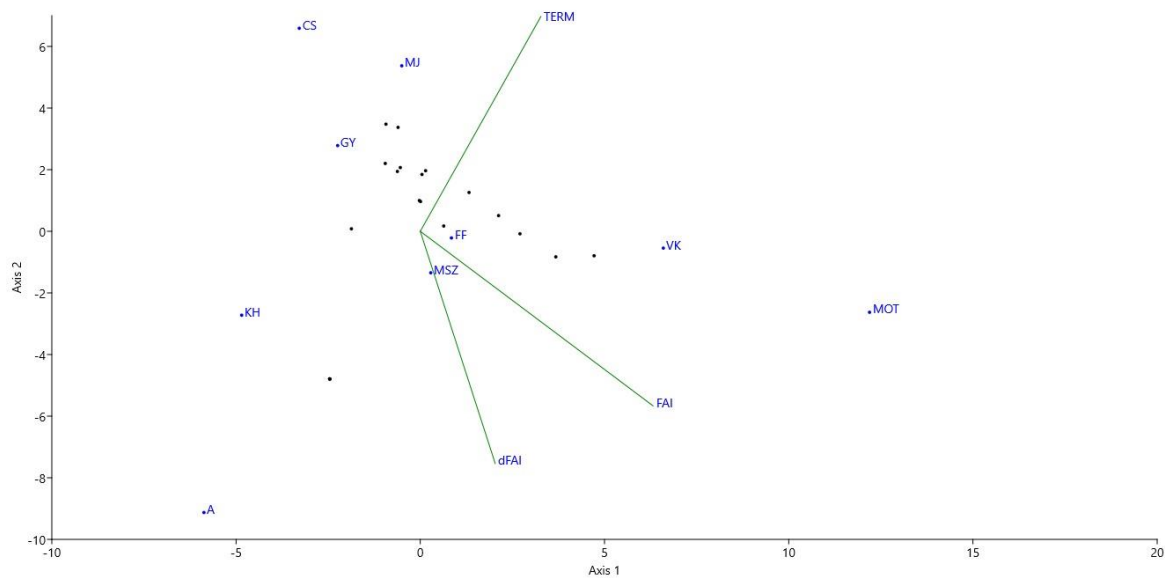
őshonos fafajokkal történő regenerációtól határozottan elkülönül az előző potenciális erdőtípusok esetén is jellemző akácosodás folyamata (7. ábra).



7. ábra A potenciális mész- és melegkedvelő tölgyes (BAZ-T) kategóriába sorolt, szűrt spontán erdőállományok és legfontosabb fafajainak helyzete főkomponens-analízis (PCA) alapján (a fafajok nevének rövidítése az 1. táblázatban található)

Figure 7. Positions of the most important tree species and forest stands using principal component analysis (PCA), according to data of filtered spontaneous forest stands on potential thermophilous forest sites. (abbreviations: see Table 1.)

A vizsgált háttértényezők közül az Erdészeti Aszályossági Index magas értékei a molyhos tölgynek és a virágos kőrisnek kedveznek. A potenciális vegetáció ezeken a termőhelyeken átmenetet mutat a bokorerdők irányába. A szárazodó (magas dFAI érték) élőhelyek egybeesnek az akác térnyerésének, aminek a korábban említettek szerint fontos feltétele az akácállományok közelségén túl a honos fafajok elérhetőségének korlátozottsága. A számára kedvezőtlen PTE területén akkor van nagyobb esélye megjelenni a gyertyánnak, ha nedvesebb a klíma, a FAI változás üteme nem túlságosan gyors és hozzáférhetőek a közelben a fajforrásként működő erdőállományok. Nem csak a gyertyán, hanem a cser és a mezei juhar terjedése is a stabilabb csapadékellátottságú, honos fafajokkal erdősült területekre jellemző inkább (8. ábra).



8. ábra A potenciális mész- és melegkedvelő tölgyes (BAZ-T) kategóriába sorolt, szűrt spontán erdőállományok és legfontosabb fajajainak helyzete redundancia-analízis (RDA) alapján, az erdőrésztetek környezetének természetessége (TERM), az erdészeti aszályossági index (FAI) és annak változása (dFAI) függvényében (a fajajok nevének rövidítése az 1. táblázatban található)

Figure 8. Positions of the most important tree species and forest stands using redundancy analysis (RDA), according to data of filtered spontaneous forest stands on potential thermophilous forests sites, depending on the naturalness of the environment of forest stands (TERM), Forest Aridity Index (FAI), change of FAI (dFAI) (abbreviations: see Table 1.)

Potenciális erdőtársulások összehasonlítása a spontán erdők esetében

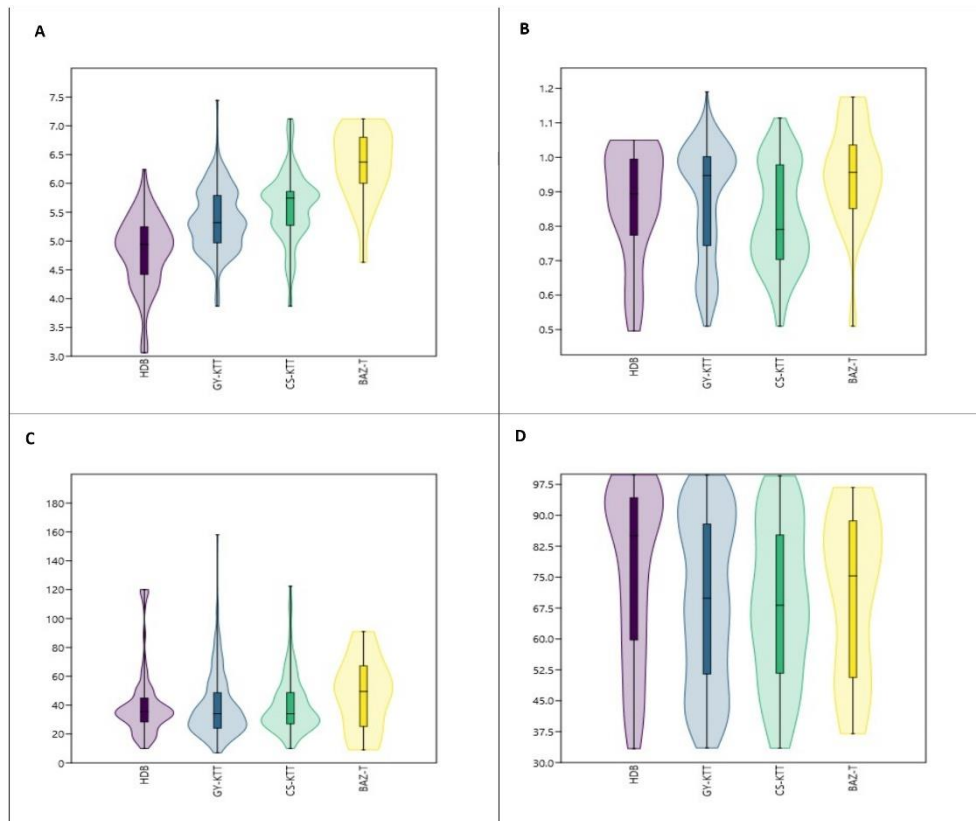
Összehasonlítottuk a négy potenciális erdőtársulás többletvízhatástól független, kiegyenlített terület/kerület arányú, magas természetességű állományokkal körülvett, spontán erdőrészteteit a FAI, a FAI változás, a környezetük erdőrészteteinek természetessége, valamint a koruk szerint. Legegységesebb eloszlást a természetességi érték mutatja, ami logikusan következik az erdőrésztetek szűrésénél használt módszerből. Kisebb különbségek így is láthatók. A bükkös, valamint a mész- és melegkedvelő tölgyes termőhelyek részleteinek környezete természetesebb erdőkkel jellemezhető, mint a potenciális cseres- kocsánytalan tölgyeseké és gyertyános-kocsánytalan tölgyeseké (9. ábra).

Az erdőket alkotó fajajok állományainak kora többségében a 20 és 40 év közé tehető a potenciális mész- és melegkedvelő tölgyesek kivételével. Utóbbi potenciális társulásnál a koreloszlás egyenletesebb, több az idősebb erdő. A többi PTE esetében is van néhány idősebb fajajsort tartalmazó állomány, amelyeknél feltételezhető, hogy a spontán erdősődést megelőzően is lehettek koros fák a területen (pl. fás legelők).

A potenciális társulások spontán erdeinek FAI szerinti eloszlása nagy átfedéssel mutatja azt a sorrendiséget, amely eltérő regionalitásukból adódik. A jelentős átfedés részben abból a módszerből adódik, mellyel a FAI értékeket az erdőrésztetekhez rendeltük, másrészt abból, hogy a potenciális társulásra hatnak a makroklímán túl az

üzemtervek termőhelyi tényezőiben megtalálható kis léptékű klímára szintén ható jellemzők is (tengerszint feletti magasság, égtáj).

A FAI változásait jellemző értékek eloszlását vizsgálva megfigyelhető, hogy a potenciális mész- és melegkedvelő tölgyesek spontán erdei szárazodnak legerőteljesebben, de a potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyesek és bükkösök is magas értékeket mutatnak a potenciális cseres-kocsánytalan tölgyesek spontán állományaihoz képest.



9. ábra A vizsgált potenciális természetes erdőtársulások spontán, szűrt erdőrészleteinek eloszlása az erdészeti aszályossági index (FAI) (A), annak különbsége (dFAI) (B), az állományok kora (C) és az erdőrészletek környezetének természetessége (TERM) (D) szerint

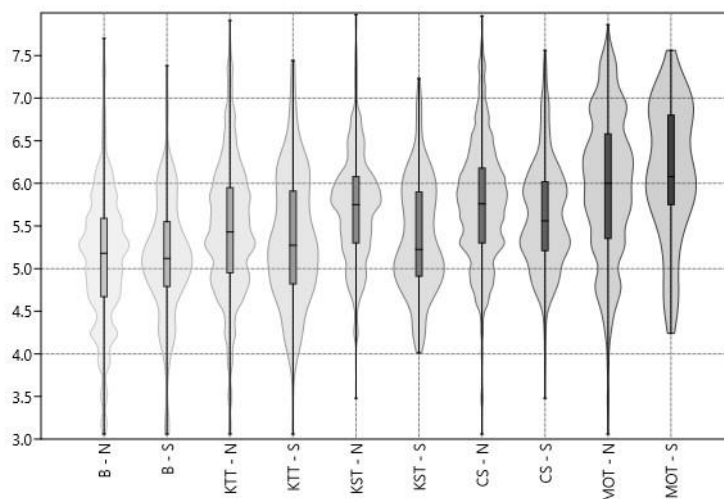
Figure 9. Distribution of spontaneous, filtered forest stands of studied potential natural forest communities according to Forest Aridity Index (FAI) (A), change of FAI (dFAI) (B), age of stands (C), and the naturalness of the environment of forest stands (TERM) (D)

Fafajok különböző eredetű előfordulásainak eloszlása a FAI szerint

A korábban ismertetett módon szűrt állományok legfontosabb fafajai esetében megvizsgáltuk, hogy milyen módon viszonyul egymáshoz az összes erdőrészleteiknek a FAI szerinti eloszlása spontán és nem spontán eredet esetén. A legnagyobb területarányú fajok listáját ez esetben kiegészítettük néhány adventív fajjal, amelyek a négy potenciális természetes erdőtársulás termőhelyein alacsonyabb területi értékei ellenére a jövőben fontos szerepet játszhatnak a spontán erdősődésben. A fajonkénti box-plot párokat életmenet stratégiák (K, r-K, r) és őshonosság szerint csoportosítva tekintjük át.

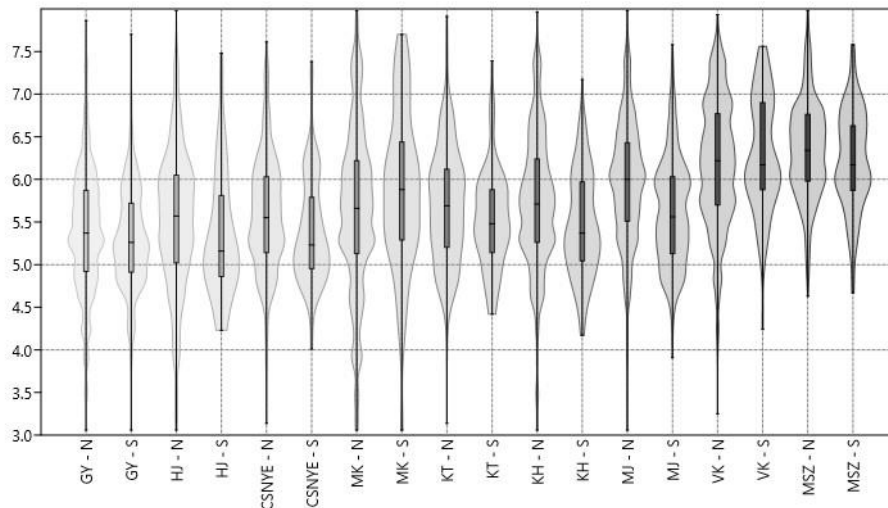
A K-stratégista honos tölgyfajok és a bükk előfordulásainak összehasonlításából kitűnik, hogy a vízigény szerinti skála két végpontján lévő fajok eltérően viselkednek a közbülsőktől. Utóbbiak közé tartozik a kocsánytalan és kocsányos tölgy, valamint a cser, amelyeknél a spontán előfordulások üdebb termőhelyek, mint az egyéb eredetűek. Az eltolódás a kocsánytalan tölgy és a cser esetében kismértékű, a kocsányos tölgy esetében jelentősebb. Ez az eredmény arra utalhat, hogy a szárazabb termőhelyek egy részén a fafajok már nem vesznek részt az erdősődésben, annak ellenére, hogy az inváziós fafajok ezt nem akadályoznák, üdebb termőhelyeken az onnan kiszoruló fafajok helyett viszont megjelennek. Életmenet stratégiától függetlenül ez megfigyelhető a vizsgált honos fafajok többségénél. A jelenségek mögött komplex hatótényezők állnak, amelyek egy részének jelentőségét (pl. táji környezet, vegetatív terjedés lehetősége, szegélyhatás) a korábbi szűrésekkel csökkentettük, de az eredményeket befolyásolhatja, hogy ugyanazon faj ökológiai tűrőképessége függhet a szukcessziós stádiumok vegetációjának összetételi és szerkezeti jellemzőitől (10. ábra).

Az előzőekben ismertetett eltolódás nem ismerhető fel a bükk esetében, amelynek spontán és nem spontán állományai közel azonos megoszlásúak az erdészeti aszályossági index szerint. A tölgyfajoknál felvázolt logika szerint ez nem is lehet másként, hiszen az ország területén a bükk már nem igazán tud a humidabb irányba elmozdulni. A molyhos tölgy esetében ellenkező előjelű az eltolódás, tehát a fajforrásként szolgáló állományoknál szárazabbak azok a termőhelyek, ahol már zárt erdővel végződött az erdőszukcesszió és a molyhos tölgy is jelentékenyebb arányban részt vett benne.



10. ábra A spontán erdők legfontosabb K-stratégista fafajainak eloszlása az erdészeti aszályossági index (FAI) szerint, páronként összehasonlítva a fafajok nem spontán eredetű (N) és spontán eredetű (S) előfordulásait, a nem spontán eredetű állományok (N) mediánjai szerint sorba rendezve
 Figure 10. Distribution of the most important K-strategist tree species occurring in spontaneous forests according to Forest Aridity Index (FAI), occurrences with non-spontaneous (N) and spontaneous (S) origin are compared pair-wise, grading by median values of non-spontaneous (N) stands

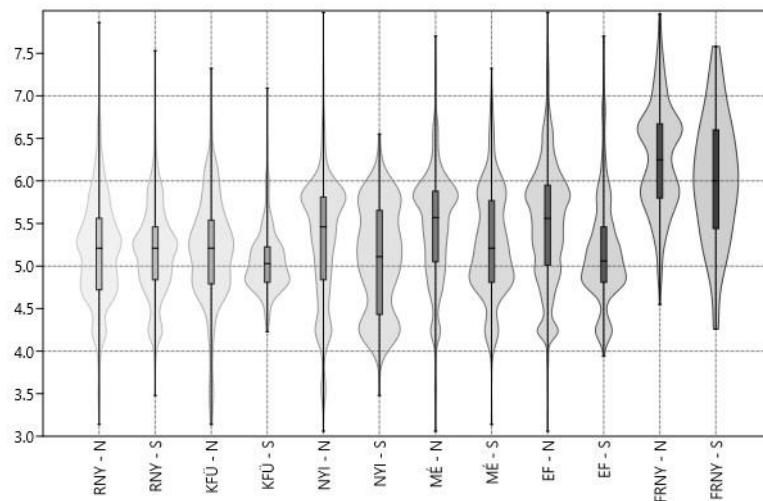
Az r–K-stratégista fajok többsége esetében szintén megfigyelhető a spontán terjedésből adódó előfordulások eltolódása az üdebb termőhelyek felé. Ezek a különbségek a mezei juhar és a kislevelű hárs esetében a legnagyobbak. Ebben a csoportban kivételt képez a magas kőris, amely jellemzően szárazabb területeken terjed, mint ahol a nem spontán eredetű állományai előfordulnak (11. ábra).



11. ábra A spontán erdők legfontosabb r–K-stratégista fajainak eloszlása az erdészeti aszályossági index (FAI) szerint, páronként összehasonlítva a fajok nem spontán eredetű (N) és spontán eredetű (S) előfordulásait, a nem spontán eredetű állományok (N) mediánjai szerint sorba rendezve

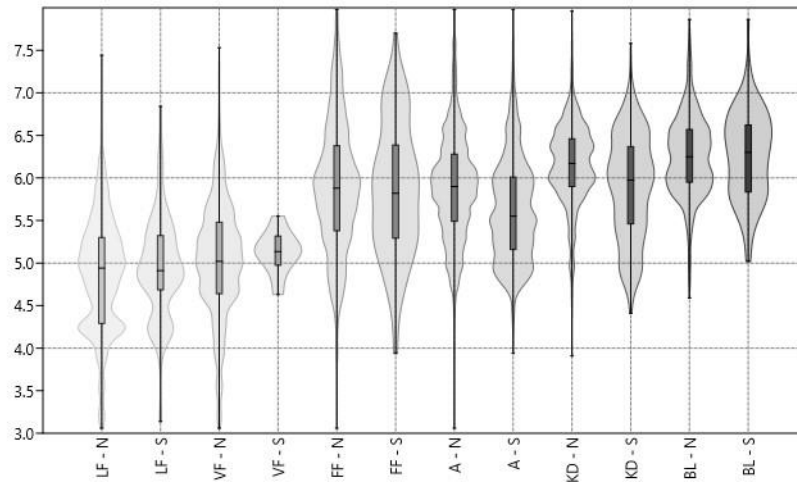
Figure 11. Distribution of the most important r–K-strategist tree species occurring in spontaneous forests according to Forest Aridity Index (FAI), occurrences with non-spontaneous (N) and spontaneous (S) origin are compared pair-wise, grading by median values of non-spontaneous (N) stands

Az r-stratégista fajok közül a rezgő nyár hasonlóan terjed, mint a bükk a K-stratégisták között, nincs lényeges különbség az értékek eloszlásának súlypontjai között. A spontán terjedés előfordulásainak eltolódása az alacsony FAI tartomány felé erősebben megmutatkozik az erdeifenyő és a kecskefűz esetében. Az erdeifenyőnél ez indokolható széles körű, szárazabb termőhelyekre történő telepítésével, ahol spontán terjedése klimatikus és/vagy kompetíciós okokból már nem jellemző. A kecskefűz nem spontán előfordulásainak FAI szerinti súlypontja hasonlít a rezgő nyáréra, de ahhoz képest inkább üdebb körülmények között terjed. Az előző fajokra jellemző eltolódás kisebb arányú a mézgás éger (többetvízhatástól független termőhelyek), a bibircses nyír és a fehér nyár esetében. Utóbbi faj előfordulásának FAI-értékei jóval magasabbak a többi pionírhoz képest (12. ábra).



12. ábra A spontán erdők legfontosabb r-stratégista fafajainak eloszlása az erdészeti aszályossági index (FAI) szerint, páronként összehasonlítva a fajok nem spontán eredetű (N) és spontán eredetű (S) előfordulásait, a nem spontán eredetű állományok (N) mediánjai szerint sorba rendezve
 Figure 12. Distribution of the most important r-strategist tree species occurring in spontaneous forests according to Forest Aridity Index (FAI), occurrences with non-spontaneous (N) and spontaneous (S) origin are compared pair-wise, grading by median values of non-spontaneous (N) stands

Az adventív fajok közül kiemelten fontos az inváziós fehér akác. A fajok többségéhez hasonlóan az akácra is érvényes, hogy spontán terjedésének súlypontja az üdebb termőhelyekhez kötődik. A spontán és nem spontán előfordulások közötti FAI különbség viszonylag jelentősnek értékelhető, az eredményeket a faj gyakoriságából származó nagy mintaszám megerősíti. Az akác ma még nedvesebbként számoltartott termőhelyeken fokozódó terjedése súlyos természetvédelmi károkat vetít előre. Hasonló tendencia körvonalazódik a királydió esetében, fokozódó terjedése várható az üde jellegű élőhelyeken. A bálványfa előfordulások FAI értékeinek eloszlása hasonlít a vele gyakran együttesen előforduló molyhos tölgyhöz és virágos kőrishez. A faj várhatóan a jövőben továbbra is veszélyezteti a potenciális mész- és melegkedvelő tölgyes termőhelyek természetközeli élőhelyeit (13. ábra).



13. ábra A spontán erdők legfontosabb adventív fafajainak eloszlása az erdészeti aszályossági index (FAI) szerint, páronként összehasonlítva a fajok nem spontán eredetű (N) és spontán eredetű (S) előfordulásait, a nem spontán eredetű állományok (N) mediánjai szerint sorba rendezve

Figure 13. Distribution of the most important adventive tree species occurring in spontaneous forests according to Forest Aridity Index (FAI), occurrences with non-spontaneous (N) and spontaneous (S) origin are compared pair-wise, grading by median values of non-spontaneous (N) stands

Következtetések és megvitatás

A honos fajokkal történő spontán erdősődés egyik legfontosabb akadályozója az inváziós fajok terjedése. Ezek közül a fehér akác a legnagyobb jelentőségű mind a négy potenciális erdőtársulás termőhelye szempontjából. A potenciális cseres-kocsánytalan tölgyes és gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyeken az akácosodás mértéke kritikus. Az akác inváziója még olyan környezetben is számottevő, ahol a táji környezetben a honos fajok a meghatározóak. A potenciális mész- és melegkedvelő tölgyesek esetében szintén sok a spontán akác, azonban arra utalnak az eredmények, hogy ha a potenciális társulás bizonyos fontos fajtái (molyhos tölgy, csertölgy, virágos kőris) elérhető távolságban vannak, reális esély van a honos fajokkal történő regenerációra. A bálványfa területaránya sokkal kisebb az akácénál, szárazságtűrése felülmúlja a legtöbb társulásalkotó fajtát, így a jövőben előretörése várható ennél a potenciális erdőtársulásnál. Potenciális bükkösök esetében az inváziós veszély kisebb, köszönhetően az akácok kisebb területarányára az összes erdőállományra vonatkozóan.

A legtöbb erdőállomány esetében, ahol a spontán erdősődés honos fajokkal zajlik, a fajösszetétel jelentős eltérést mutat az azonos potenciális erdőtársulás tipikus fajösszetételével szemben. A spontán állományokban a K-stratégista fajok aránya alacsonyabb, az r-K- és r-stratégistáké magasabb. A jelenség jelentős részben összefügg azzal, hogy az állományok erdőtervezéskor becsült (sok bizonytalansággal terhelt) kora jóval alacsonyabb, mint az a kor, mikorra ideális esetben a szukcesszió eljuthat a zárótársulásnak nevezhető, viszonylagos egyensúlyi állapotig. Mivel a

célként megfogalmazott PTE fontos háttérváltozója a klíma, joggal feltételezhetjük, hogy az időtől függő szukcessziós stádiumon túl a faállomány összetétele a változó klímát is indikálja. Más módon megközelítve, lehatárolhatjuk azokat a honos fafajokat, amelyek különböző klímáparaméterek (FAI, dFAI) esetében praktikus felhasználhatók az erdőborítás biztosítására, annak ellenére, hogy eddig kevesebb megbecsülést kaptak.

Pionír fafajok esetén is előnyös, ha foltonként nagyobb arányban megjelennek a tájban, noha jelentős ökológiai szerepük ellenére sokáig gyomfaként tekintettek rájuk az erdőgazdálkodás során. Az összes erdőállomány tekintetében alárendelt honos fafajok a spontán erdőkben egyenletesebb területarányokkal rendelkeznek, kedvező esetben magasabb diverzitást eredményezve.

Az alábbiakban potenciális természetes erdőtársulásonként emeljük ki azokat a honos fafajokat, amelyek a változó klíma mellett is ígéretes eszközei lehetnek az erdőborítás spontán szukcesszió útján történő növelésének, úgy hogy a természetvédelmi szempontok is érvényesüljenek.

- A potenciális bükkös termőhelyeken belül a bükk spontán terjedésére ott van reális esély, ahol egyaránt alacsony az aszályossági index és növekedésének mértéke is, valamint a támogató fajforrások is rendelkezésre állnak. Tekintettel a faj kötődésére a kései szukcessziós stádiumokhoz, még kedvező klíma esetén is drasztikus szárazodás várható addigra, míg meghatározó szerepet kaphatna a spontán erdőkben. A bükk kiszorulását jelenlegi termőhelyeinek jelentős részéről a témába vágó tanulmányok egyöntetűen prognosztizálják (Gessler et al. 2007, Mátyás et al. 2010a, Czúcz et al. 2011).
- A potenciális bükkös termőhelyek spontán erdei a leginkább gazdagok honos pionír fafajokban (rezgő nyár, bibircses nyír, mézgas éger, kecskefűz), ebből következően többféle termőhelyi helyzetben jelen lehet olyan faj, mely már a felhagyást követően rövid idő alatt állományt alkothat vagy jelentősebb elegyarányt érhet el. A pionír elegyfajok jelenléte a hozzájuk kapcsolódó állatfajokon keresztül is hozzájárul a biodiverzitás növeléséhez (Ambrus 2016, Barbácsy 2014).
- A pionír erdeifenyő részesedése sok esetben meghatározó az őshonos fafajú spontán erdőkben, potenciális bükkös és gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyen. Terjedése azokon a tájakon üdvözlendő elsősorban, ahol a faj honos (Nyugat-Dunántúl), vagy ha alternatívája valamelyik inváziós faj, így terjedése kisebbik rossznak tekinthető.
- A gyertyán jelentősége a potenciális bükkös és gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyek erdősödése szempontjából kulcsfontosságú. Jelentős szerepet játszik a nyers, bolygatott talajfelszín erdősödésében, hozzájárulva a talaj javításához, ami a későbbi szukcessziós stádiumokra is hatást gyakorol (Praciak et al. 2013). Számára kedvező körülmények között a gyertyán hatékonyabb és gyorsabb regenerációs képessége előnyös mind a tölgyfajokkal, mind a pionír erdeifenyővel szemben is (Kwiatkowska et al. 1997, Praciak et al. 2013)

- A csertölgy a K-stratégista fajok közül a legrugalmasabbnak a potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyestől, a cseres-kocsánytalan tölgyesen keresztül a mész- és melegkedvelő tölgyesekig fontos faj abban az esetben, ha az őshonos fajokra támaszkodó regenerációs út lehetséges. A potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes esetében a kocsánytalan tölgy háttérbe szorul, és a gyertyán gyakran a csertölgyvel elegyedik. A csertölgy jó terjedőképességét a kocsányos tölgyhöz és kocsánytalan tölgyhöz képest bizonyították azok a kutatások, amelyek a faj lengyelországi előfordulásait elemezték (Danielewicz et al. 2016).
- A spontán erdőerdősítés szempontjából fontosabb honos fajok közül a mezei juhar a legszélesebb spektrumú a potenciális társulások szempontjából, így mind a négy vizsgált potenciális erdőállomány területén várható a terjedése. Ehhez az ökológiai rugalmassághoz elsősorban a nedvességigény terén tanúsított tág tűrése járulhat hozzá (Chybicki et al. 2014), de alkalmazkodóképessége más környezeti tényezők szempontjából is szembeötlő (Nagy és Ducci 2003). Utóbbi szerzők hangsúlyozzák a mezei juhar jelentőségét a felhagyott területek szukcessziójában is. Erdészeti felhasználását az is indokolja, hogy a fényigényesebb inváziósok előre törését hatékonyan akadályozza.
- A vizsgált potenciális erdőállományok közül a mész- és melegkedvelő tölgyes termőhelyeken mutatkozik a legnagyobb esély a társulás regenerációjára, ha referenciaként az összes őshonos fajú erdő fajösszetételét tekintjük. A sikeresség feltétele a természetes vegetációs környezet, minél kisebb inváziós fertőzöttséggel. A folyamat időigényes, amihez valószínűsíthetően hozzájárul egy hosszabb (vagy megrekedt) cserjés szukcessziós fázis. Kevésbé szárazodó helyeken a csertölgy és a mezei juhar, ellenkező esetben inkább a molyhos tölgy és a virágos kőris határozzák meg a termőhely spontán erdeit.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Pájer-Gálos Borbálának és Csiszár Ágnesnek a kutatásban történő közreműködésért, továbbá a kézirat elkészítésében nyújtott segítségükért. Jelen publikáció az Agrárminisztérium támogatásával (EGF/103/2021) valósult meg.

Irodalom

- Adamowski, W., Bomanowska, A. 2011: Forest return on an abandoned field – secondary succession under monitored conditions. *Folia Biologica et Oecologica* 7: 49–73. DOI: [10.2478/v10107-009-0016-z](https://doi.org/10.2478/v10107-009-0016-z)
- ÁESZ 2004: Erdőrendezési útmutató. 4. változat. p. 179.
- Alexander, V.P., Volker, C.R., Matthias, B., Tobias, K., Daniel, M. 2012: Effects of institutional changes on land use: Agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven economies in post-Soviet Eastern Europe. *Environmental Research Letters* 7(2): 024021. DOI: [10.1088/1748-9326/7/2/024021](https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/024021)
- Ambrus A. 2016: Pionír fafajok alkotta erdőtársulások szerepe domb- és hegyvidéki erdei életközösségek lombfogyasztó fajegyütteseinek szemszögéből. In: Korda M. (szerk.): Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére. Tanulmánygyűjtemény. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest. pp. 193–202.
- Barbácsy Z. 2014: A Szalafői Őserdő Erdőrezervátum madárközösségének változása 1994 és 2013 között. *Silva Naturalis* 3: 173–184.
- Barbati, A., Bastrup-Birk, A., Baycheva-Merger, T., Bonhomme, C., Bozzano, M., Bücking, W., Camia, A., Caudullo, G., Cienciala, E., Cimini, D., Clark, D., Cools, N., Corona, P., De Vos, B., Domínguez, G., Edwards, D., Estreguil, C., Filipchuk, A., Fischer, R., Japelj, A. 2011: State of Europe's forests 2011. Status and trends in sustainable forest management in Europe. In: Proceedings of the Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Oslo.
- Barcza Z., Bartholy J., Mészáros R., Pongrácz R., Radics K. 2011: Globális és európai tendenciák. In: Bartholy J., Bozó L., Haszpra J. (szerk.): KLÍMAVÁLTOZÁS – 2011 Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére, Budapest. pp. 99–144.
- Bartha D. 1999: Magyarország fa- és cserjefajai. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 302.
- Bartha D. 2005: Tájállapotok és vegetációállapotok, mint az erdőtermészetességi vizsgálatok viszonyítási alapjai. *Tájökológiai Lapok* 3(2): 253–274.
- Bartha D., Korda M., Kovács G., Tímár G. 2014: A potenciális természetes erdőtársulások és az aktuális faállománytípusok összevetése országos szinten. *Erdészettudományi Közlemények* 4(1): 7–21.
- Bartha, D. 2021: An annotated and updated checklist of the Hungarian dendroflora. *Acta Botanica Hungarica* 63(3–4): 227–284. DOI: [10.1556/034.63.2021.3-4.1](https://doi.org/10.1556/034.63.2021.3-4.1)
- Bartholy J., Bihari Z., Horányi A., Krüzselyi I., Lakatos M., Pieczka I., Pongrácz R., Szabó P., Szépszó G., Torma Cs. 2011: Hazai éghajlati tendenciák. In: Bartholy J., Bozó L., Haszpra J. (szerk.): KLÍMAVÁLTOZÁS – 2011 Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. MTA–ELTE, Budapest. pp. 145–234.
- Berki I., Móricz N., Rasztoivits E., Víg P. 2007: A bükk szárazság tolerancia határának meghatározása. In: Mátyás Cs., Víg P. (szerk.): Erdő és klíma V. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron. pp. 213–228.
- Chybicki, I.J., Waldon-Rudzionek, B., Meyza, K. 2014: Population at the edge: increased divergence but not inbreeding towards northern range limit in *Acer campestre*. *Tree Genetics & Genomes* 10: 1739–1754. DOI: [10.1007/s11295-014-0793-2](https://doi.org/10.1007/s11295-014-0793-2)
- Cojzer, M., Diaci, J., Brus, R. 2014: Tending of young forests in secondary succession on abandoned agricultural lands: An experimental study. *Forests* 5: 2658–2678. DOI: [10.3390/f5112658](https://doi.org/10.3390/f5112658)
- Czúcz, B., Gálhidy, L., Mátyás, Cs. 2011: Present and forecasted xeric climatic limits of beech and sessile oak distribution at low altitudes in Central Europe. *Annals of Forest Science* 68(1): 99–108. DOI: [10.1007/s13595-011-0011-4](https://doi.org/10.1007/s13595-011-0011-4)
- Csontos P., Tamás J. 2005: Tájidegen fajok által meghatározott spontán erdősődő területek növényzetének vizsgálata. *Kanitzia* 13: 69–79.
- Danielewicz, W., Kicinski, P., Wiatrowska, B. 2016: Symptoms of the naturalisation of the Turkey oak (*Quercus cerris* L.) in Polish forests. *Folia Forestalia Polonica, Series A Forestry* 58: 147–162. DOI: [10.1515/ffp-2016-0017](https://doi.org/10.1515/ffp-2016-0017)

- Führer E. 2010: A fák növekedése és a klíma. „Klíma 21” füzetek 61: 98–107.
- Führer E. 2018: A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 27–42.
DOI: [10.17164/EK.2018.002](https://doi.org/10.17164/EK.2018.002)
- Führer E., Horváth L., Jagodics A., Machon A., Szabados I. 2011: Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. Időjárás 115: 205–216.
- Führer E., Marosi Gy., Jagodics A., Juhász I. 2011: A klímaváltozás egy lehetséges hatása az erdőgazdálkodásban. Erdészettudományi Közlemények 1(1): 17–28.
- Gessler, A., Keitel, C., Kreuzwieser, J., Matyssek, R., Seiler, W., Rennenberg, H. 2007: Potential risks for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in a changing climate. Trees –Structure and Function 21: 1–11.
DOI: [10.1007/s00468-006-0107-x](https://doi.org/10.1007/s00468-006-0107-x)
- IPCC 2013: Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. p. 1535. DOI: [10.1017/CBO9781107415324](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324)
- Jakucs, P. 1972: Dynamische Verbindung der Wälder und Rasen. Akadémiai Kiadó, Budapest. 228 p.
- Király G. (szerk.) 2009: Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósza. p. 616.
- Kotroczó Zs., Krakomperger Zs., Papp M., Bowden R.D., Tóth J. A. 2007: A Síkfőkúti cseres-kocsánytalan tölgyes szerkezetének és fajösszetételének hosszútávú változása. Természetvédelmi Közlemények 13: 93–100.
- Kwiatkowska, A.J., Spalik, K., Michalak, E., Palińska, A., Panufnik, D. 1997: Influence of the size and density of *Carpinus betulus* on the spatial distribution and rate of deletion of forest-floor species in thermophilous oak forest. Plant Ecology 129: 1–10. DOI: [10.1023/A:1009708317294](https://doi.org/10.1023/A:1009708317294)
- Lakatos, M., Szentimrey, T., Bihari, Z., Szalai, S. 2013: Creation of a homogenized climate database for the Carpathian region by applying the MASH procedure and the preliminary analysis of the data. Időjárás 117: 143–158.
- Majer A. 1989: Erdeink stabilitása. Az Erdő 38(2): 45–51.
- Mátyás Cs., Führer E., Berki I., Csóka Gy., Drüszler Á., Lakatos F., Móricz N., Rasztovits E., Somogyi Z., Veperdi G., Vig P., Gálos B. 2010b: Erdők a szárazsági határon. „Klíma-21” füzetek 61: 84–97.
- Mátyás, Cs. 2009: Ecological challenges of climate change in Europe’s continental, drought- threatened Southeast. In: Groisman, P.Y., Ivanov S.V. (eds.): Regional aspects of climate-terrestrial-hydrologic interactions in non-boreal Eastern Europe. NATO Science Series. Springer, Dordrecht. pp. 35–46. DOI: [10.1007/978-90-481-2283-7_5](https://doi.org/10.1007/978-90-481-2283-7_5)
- Mátyás, Cs., Berki, I., Czúcz, B., Gálos, B., Móricz, N., Rasztovits, E. 2010a: Future of beech in Southeast Europe from the perspective of evolutionary ecology. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 6: 91–110.
- Molnár, Cs., Molnár, Zs., Barina, Z., Bauer, N., Biró, M., Bodoncz, L., Csathó, A. I., Csiky, J., Deák, J.Á., Fekete, G., Harnos, K., Horváth, A., Isépy, I., Juhász, M., Kállayné Szerényi, J., Király, G., Magos, G., Máté, A., Mesterházy, A., Molnár, A., Nagy, J., Óvári, M., Purger, D., Schmidt, D., Sramkó, G., Szénási, V., Szmorad, F., Szollát, Gy., Tóth, T., Vidra, T., Virók, V. 2008: Vegetation-based landscape-regions of Hungary. Acta Botanica Hungarica 50 (Suppl.): 47–58. DOI: [10.1556/ABot.50.2008.Suppl.4](https://doi.org/10.1556/ABot.50.2008.Suppl.4)
- Molnár M., Lakatos F. 2007: A bükkpusztulás Zala-megyében – klímaváltozás? In: Mátyás Cs., Vig P. (szerk.): Erdő és klíma V. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron. pp. 257–267.
- Molnár, Zs., Bartha, S., Seregélyes, T., Illyés, E., Tímár, G., Horváth, F., Révész, A., Kun, A., Botta-Dukát, Z., Bölöni, J., Biró, M., Bodoncz, L., Deák, J.Á., Fogarasi, P., Horváth, A., Isépy, I., Karas, L., Kecskés, F., Molnár, Cs., Ortmann-né Ajkai, A., Rév, Sz. 2007: A grid-based, satellite-image supported, multi-attributed vegetation mapping method (MÉTA). Folia Geobotanica 42: 225–247.
DOI: [10.1007/BF02806465](https://doi.org/10.1007/BF02806465)
- Nagy, L., Ducci, F. 2003: Technical guidelines. Acer campestre. EUFORGEN.
https://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Publications/Technical_guidelines/Technical_guidelines_Acer_campestre.pdf

- Praciak, A., Pasiecznik, N., Sheil, D., Heist, V.M., Sassen, M., Correia, S.C., Dixon, C., Fyson, E.G., Rushforth, K., Teeling, C. 2013: The CABI Encyclopedia of Forest Trees. CAB International Publishing, Oxfordshire. DOI: [10.1079/9781780642369.0000](https://doi.org/10.1079/9781780642369.0000)
- Ruskule, A., Nikodemus, O., Kasparinska, Z. et al. 2012: Patterns of afforestation on abandoned agriculture land in Latvia. *Agroforest Systems* 85: 215–231. DOI: [10.1007/s10457-012-9495-7](https://doi.org/10.1007/s10457-012-9495-7)
- Somodi, I., Molnár, Zs., Czúcz, B., Bede-Fazekas, Á., Bölöni, J., Pásztor, L., Laborcz, A., Zimmermann, N. 2017: Implementation and application of Multiple Potential Natural Vegetation models – a case study of Hungary. *Journal of Vegetation Science* 28(6): 1260–1269. DOI: [10.1111/jvs.12564](https://doi.org/10.1111/jvs.12564)
- Somogyi Z. 2007: A klíma, a klímaváltozás és a fanövedék néhány összefüggéséről. In: Mátyás Cs., Víg P. (szerk.): Erdő és klíma V. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron. pp. 295–306.
- Teleki, B., Sonkoly, J., Erdős, L., Tóthmérész, B., Prommer, M., Török, P. 2019: High resistance of plant biodiversity to moderate native woody encroachment in loess steppe grassland fragments. *Applied Vegetation Science* 23(2): 175–184. DOI: [10.1111/avsc.12474](https://doi.org/10.1111/avsc.12474)
- Tiborcz V., Major F., Zagyvai G., Bartha D. 2019: Négy özönfaj (fehér akác, zöld juhar, amerikai kőris, mirigyes bálványfa) inváziós veszélyeztetésének kockázatbecslése az Országos Erdőállomány Adattár alapján. *Tájökológiai Lapok* 17(1): 93–106.
- Whisenant, S. 2005: Managing and directing natural succession. In: Mansourian, S., Vallauri, D., Dudley, N. (eds.): *Forest Restoration in Landscapes*. Springer, New York. pp. 257–261. DOI: [10.1007/0-387-29112-1](https://doi.org/10.1007/0-387-29112-1)
- Zagyvai G. 2016: Közösségi jelentőségű erdei élőhelyek spontán regenerációjának esélyei a Cserhátban – lehetőségek és veszélyek. In: Korda M. (szerk.): *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*. Tanulmánygyűjtemény. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest. pp. 575–602.
- Zagyvai G. 2020: Spontán erdőállományok fajokösszetételének áttekintő értékelése az Országos Erdőállomány Adattár alapján. *Tájökológiai Lapok* 18(1): 65–86.
- Zagyvai G., Csiszár Á., Korda M., Schmidt D., Šporčić, D., Teleki B., Tiborcz V., Bartha D. 2012: Előzetes eredmények száraz és félszáraz élőhelyek szukcessziós változásainak vizsgálatáról. *Botanikai Közlemények* 99(1–2): 123–141.

STUDIES ON THE SPECIES COMPOSITION OF SPONTANEOUS FORESTS IN THE CONTEXT OF POTENTIAL NATURAL VEGETATION AND CLIMATE

G. ZAGYVAI, D. BARTHA

University of Sopron, Faculty of Forestry, Institute of Environmental Protection
and Nature Conservation

9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4., e-mail: zagyvai.gergely@uni-sopron.hu

Keywords: spontaneous afforestation, species composition, potential natural vegetation, forest communities, forest aridity index, climate change

Tree species composition of spontaneous forests (as a dependent variable), climatic conditions and the tree species composition of adjacent forest stands (as explanatory variables) were derived from spatial information stored in the National Forest Database Hungary, the database of potential natural forest communities and meteorological data describing climate change. Species composition of spontaneous forests was analysed by principal component analysis (PCA) and redundancy analysis (RDA) in the case of selected potential natural forest communities (beech forests, sessile oak–hornbeam forests, turkey oak–sessile oak forests, thermophilous forests). The following variables were used in course of RDA: Forest Aridity Index (FAI), the measure of FAI change, and species composition of surrounding forest stands. The distribution of these variables was compared between spontaneous and non-spontaneous stands in the case of the most important tree species. *Robinia pseudoacacia* poses a significant risk of invasion in all the studied potential community types, especially critical in sessile oak–hornbeam forests and turkey oak–sessile oak forests. The spreading of *Fagus sylvatica* and *Quercus petraea* is strongly limited in spontaneous forest succession, presumably due to invasive tree species and climatic reasons. In conclusion, a set of native tree species was identified, which can provide near-natural solutions for forest cover expansion using spontaneous processes in changing climates. Suitable species are the mesophilic pioneer tree species, which are still underrated in forestry practice. *Quercus pubescens*, *Quercus cerris*, *Fraxinus ornus*, *Acer campestre* and *Carpinus betulus* are also successfully spreading species via natural regeneration amongst adequate landscape, ecological and climatic conditions. Most studied tree species are spreading in more humid sites compared to non-spontaneous occurrences of those.