



ERDÉSZETI TUDOMÁNYOS KONFERENCIA

Sopron – 2022

Konferencia Kiadvány

Szerkesztette:

Dr. Czimber Kornél

Lektorálták:

Dr. Czimber Kornél

Dr. Heil Bálint

Dr. Kovács Gábor

A kötet a 2022. február 10-én Sopronban megrendezett Erdészeti Tudományos Konferencia előadásait tartalmazza. A közlemények tartalmáért a szerzők felelősek.

A konferenciát szervezte:

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar és
Erdészeti Tudományos Intézet

A konferencia megrendezését és a kiadvány megjelentetését támogatták:

Bakonyerdő Zrt., Egererdő Zrt., Északerdő Zrt., OEE,
Szombathelyi Erdészeti Zrt., VERGA Zrt., Vérteserdő Zrt.,
Mecsekerdő Zrt., Pilisi Parkerdő Zrt., Zalaerdő Zrt.,
DALERD Zrt., Gemenc Zrt., SEFAG Zrt.



Soproni Egyetemi Kiadó

Sopron, 2022.

ISBN 978-963-334-420-0 (nyomtatott verzió)

ISBN 978-963-334-421-7 (online verzió)

Az online verzió elérhetősége:

[http://emk.uni-sopron.hu/images/dekani_hivatal/Kiadvanyok/
ErdeszetiTudomanyosKonferencia2022.pdf](http://emk.uni-sopron.hu/images/dekani_hivatal/Kiadvanyok/ErdeszetiTudomanyosKonferencia2022.pdf)

Ajánlott hivatkozás:

Czimber K. (szerk.) (2022): Erdészeti Tudományos Konferencia.
Soproni Egyetem Kiadó, Sopron.

Tartalomjegyzék

Klímasemlegességet erdőkkel – de milyen áron?.....	3
Gyakorlati válaszok a klímaváltozás okozta negatív hatásokra / olasz molyhos tölgy (<i>Quercus virgiliana</i>) és a hamvas tölgy (<i>Quercus pedunculiflora</i>) erdészeti génmegőrzése és fejlesztése tolna megyében	10
Győri Püspöki Kert komplex felmérése és 3D kerttervezése a geomatika és geodesign eszközeivel	18
Soproni Egyetem – Zöld Egyetem a fenntarthatósági világrangsorok tükrében	26
Mit vár a szakmapolitika és a gyakorlat a kutatástól?	40
Szelektált akácklónokkal létesített akác iparifa ültetvény faállomány-szerkezeti és NDVI vizsgálatának kezdeti eredményei	46
A nyár fajtaválaszték lehetséges bővítése ígéretes leuce-nyár klónokkal	53
Előzetes vizsgálatok az olasz tölgy génrezervátumok speciális kezelési terveinek elkészítéséhez	61
A Szennyvíziszap erdészeti hasznosításának lehetőségei	69
ERTI által szelektált fehér akác klónok faanyagtermelési és virágzási képességének összehasonlító vizsgálata	77
Erdőleltározás ICESat-2 műholdas lézeres profilmérésének alapján	85
Assessment of wood plant species composition, Diversity and Structure analysis of Tozi Reserved Forest in Sinnar State, Sudan	91
Erdőleltározás alacsony pontsűrűségű légi lézeres letapogatással	102
Új adatok a magyarországi gyertyánosok (<i>Carpinus betulus</i>) faterméséről.....	109
Új adatok a magyarországi cseresek (<i>Quercus cerris</i>) faterméséről	117
Új adatok a magyarországi kocsánytalan tölgyesek (<i>Quercus petraea</i>) faterméséről.....	123
Új adatok a magyarországi kocsányos tölgyesek (<i>Quercus robur</i>) faterméséről.....	129
Új adatok a magyarországi kőrisek (<i>Fraxinus</i> ssp.) faterméséről.....	135
Biogáznövelés lehetőségeink kérdései a soproni szennyvíztisztító telepen	141
Löszgyepfragmentumok vegetációjának szerepe az agrártájak diverzitásában a Mosoni-sík példáján	148
A fenntarthatóságra nevelés az élettelen értékvédelemtől az erdőpedagógiáig – kutatás közben	152
Erdőpedagógia és kommunikáció megjelenése az erdész gyakorlatban	157
The multifunctional role of trees in kindergarten environmental education in the light of today's ecosocial challenges	166
Hagyományos és online konferencia szénlábnyomának összehasonlító elemzése	172
Földi és kézi lézerszkennelésből származó pontfelhők feldolgozása favizsgálati céllal városi környezetben	180
Correlation of biomass and leaf area index in poplar short rotation coppice (SRC).....	186

Digitális domborzatmodell-előállítás lehetőségeinek vizsgálata faállományok alatt UAV-alapú légifényképek segítségével	194
Feketefenyvesek helyén regenerálódó élőhelyek vizsgálata a Keszthelyi-hegységben	201
Klímaadatbázisok és erdészeti célú felhasználásuk az aszály példáján	209
Hidro-meteorológiai hálózat az erdőállományok hosszútávú fenntartása érdekében	214
Spontán erdőállományok fafajösszetételének országos léptékű elemzése a változó klímában	221
A bükk és a kocsánytalan tölgy perspektívái az osztrák-magyar határ régióban	230
Fiatalkocsánytalan tölgy és csertölgy állományok szárazságérzékenységének összehasonlító vizsgálata.....	235
Motorfűrész használói szokások Magyarországon.....	242
Paulownia, mint faipari alapanyag	248
Harvester és motorfűrész fakitermelés összehasonlító vizsgálata nemesnyár állományokban.....	252
Munkavédelem és környezettudatosság a motorfűrész használók körében	259
Erdei biomassa energetikai célú felhasználásának erdészeti politikai kihívásai	265
Képződiagnosztikai eljárások alkalmazhatóságának vizsgálata az erdei szalonka (<i>Scolopax rusticola</i> L.) ivarmeghatározása során	274
A Magyarországon előforduló madár-vérmétely fajok és azok közegészségügyi kockázata.	281
A nyugat-nílusi láz járványtani helyzete hazánkban.	288
Az erdei szalonkában (<i>Scolopax rusticola</i>) előforduló lehetséges jelentősebb patogének	293
Erdei szalonka (<i>Scolopax rusticola</i> L.) genetikai vizsgálaton alapuló ivarmeghatározása	300
Özgazdálkodás elemzése trófea-adatok alapján a Zalaerdő Zrt. Bánokszentgyörgyi Erdészetének területén	306
Lakott-területi vadmegjelenésekből adódó konfliktusok jellemzői Budapest IV. kerületében	311

KLÍMASEMLEGESSÉGET ERDŐKKEL – DE MILYEN ÁRON?

Climate neutrality with forests – at what costs?

SOMOGYI ZOLTÁN¹

¹Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet
somogyi.zoltan@uni-sopron.hu

Kivonat

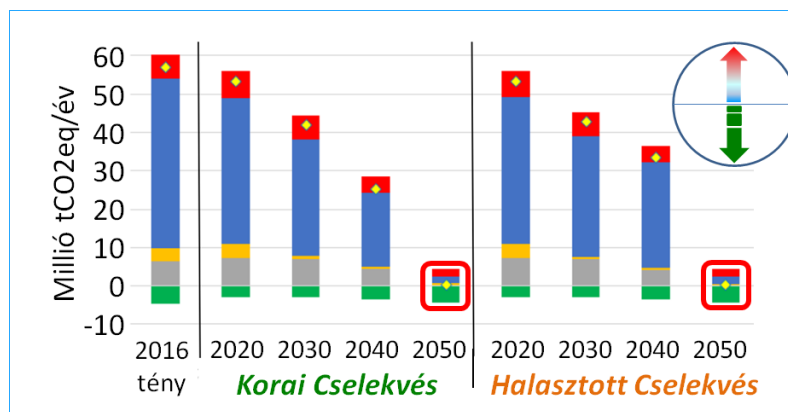
A globális felmelegedés megállításához (ha az elvileg egyáltalán lehetséges) egyebek mellett az szükséges, hogy 2050-ig megvalósítsuk az üvegház gáz kibocsátások és nyelések egyensúlyát, az ún. karbon-semlegességet. Az EU által is elvárt mértékben csökkentett, és a Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia által is maximálni tervezett (nullára nem csökkenthető) kibocsátások ellensúlyozásához szükséges széndioxid nyelést a meglévő erdők megfelelő kezelésének és erdőtelepítéseknek a kombinációjával kell elérni. Az ezen intézkedésekben 2050-ig rejlő nyelési potenciál nagyságát a CASMOFOR modell-család specifikus modelljeivel becsültük. A szimuláció eredménye szerint a célul tűzött karbon-semlegesség jelentős erdőtelepítési beruházásokkal és a fakitermelés korlátozásával megvalósítható, de csak ha klímaváltozás miatti erdőpusztulás nem okoz jelentős kibocsátást a jövőben.

Abstract

Stopping global warming, if theoretically possible at all, would require (but should not be limited to) establishing carbon neutrality, i.e., a balance of greenhouse gas emissions and removals, by 2050. To offset emissions, which are expected to be reduced but not completely eliminated by both the EU and the Hungarian National Clean Development Strategy, forest carbon sinks should be enhanced by a combination of appropriate management of existing forests and afforestations. The sink potential of these measures was estimated by the application of various models of the CASMOFOR model family. The results of the simulations demonstrate that, although achievable, carbon neutrality would require limiting harvests in existing forests and substantial investment in afforestations, assuming that future climate change-induced forest decline remains limited.

Bevezetés

A „klímasemlegesség” fogalma azután alakult ki, hogy a Párizsi Megállapodásban a Föld országainak többsége elfogadta azt a célt, hogy a globális felmelegedés átlagos mértéke ne haladja meg a 1,5(-2) Celsius fokot. Ehhez a legegyszerűbb képlet alapján az szükséges, hogy a felmelegedésért elsősorban felelőssé tett üvegház hatású gázok kibocsátása ne legyen több az elnyelésnél. Az utóbbi időben fontos klímacélokot fogalmaztak meg ez alapján. Ilyen cél pl. az EU-nak az a(z ezen cikk írásakor még javaslat formájában létező) elképzelése (EUROPEAN COMMISSION, 2021; Böttcher et al., 2022), hogy a teljes földhasználati szektor (beleértve a mezőgazdaságot) 2035-re „klímasemleges” legyen (vagyis a szektoron belüli szénnyelés teljes mértékben ellensúlyozza a mezőgazdaság összes kibocsátását); de ilyen a Magyar Kormány által 2021-ben elfogadott Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia (NTFS, 2021) víziója is: ennek fő foratókönyveiben 2050-re célként szerepel a kibocsátások és az elnyelések közötti egyensúly a teljes népgazdaságra nézve (1. ÁBRA).



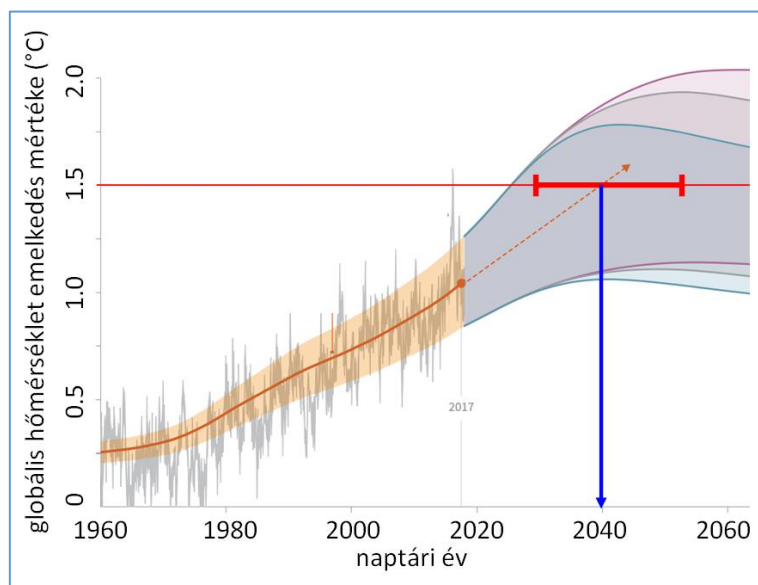
1. ábra: A Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia által kitűzött hazai kibocsátási és nyelési célok, valamint (sárga színű rombuszokkal) azok eredménye két fő forgatókönyvre 2050-ig. Forrás: NTFS, 2021. (A 2050-es célokat piros vonallal emeltük ki. Az ábra jobb felső sarkában lévő ikonnal a kibocsátások és a nyelések arányának 2050-re elérendő arányát: az egyensúlyt emeltük ki. Az egyensúlyra nézve mind a kibocsátások, mind a nyelések esetében azok országos szintű összege mérvadó. Az kibocsátás-források rész-céljaira utaló, az ábrán alkalmazott színek és a forgatókönyvek nevének magyarázatát l. a forrás-dokumentumban.)

A klímaváltozásra pozitív és negatív hatást gyakorló üvegház gáz forgalmi tényezőknek a fenti értelemben vett *egyensúlya* azonban a valóságot jobban leíró, bonyolultabb törvény-együttes alapján nem elég a felmelegedés teljes megállításához. Az IPCC (2018) megfogalmazásában: „hosszabb időléptékekben a melegedés további megakadályozása érdekében szükség lehet arra, hogy az emberi eredetű, globális CO₂-kibocsátások és/vagy a nem-CO₂ sugárzási kényszerek *tartósan negatívak* legyenek” (kiemelés tőlem, S.Z.) – vagyis, hogy a (szén-)lekötés hűtő hatása nagyobb legyen, mint a melegedést előidéző folyamatoké. E *negatív egyenleg* szükségességének az egyik oka a légkör-óceánok-szárazföldek rendszer komplex, egymáshoz képest is időkézéseket mutató folyamataiban keresendő, abban, hogy a korábbi kibocsátásoknak a jövőben további melegítő hatása lesz.

Tovább bonyolítja az összefüggéseket az, hogy – a közhiedelemmel ellentétben – az erdők folyamatai sem korlátozódnak a szénlekötésre. Így pl. erdőtelepítésnél számolni kell az ún. albedo-hatással, vagyis azzal, hogy ha megváltoztatjuk a felszínborítás jellegét (pl. az addig fedetlen szántóra fákat ültetünk), akkor megváltozik a földfelszín sugárzás-visszaverő képessége, és ez rontja a szénlekötésnek a melegedésre gyakorolt pozitív hatásait. Ez az ún. albedo hatás boreális erdőkben akár 20%-os hatékonyság-csökkenést is okozhat (DREVER et al., 2021), vagyis a szén-dioxid levegőből történő kivonásának legfontosabb eszközei: az erdők klímára gyakorolt hatásának elemzését elvben nem lehet a szénlekötésre leegyszerűsíteni.

A legnagyobb probléma mégis az, hogy alig maradt idő bármit is tenni a klímaváltozás korlátozására. Az IPCC (2018) szerint ahhoz, hogy a 1,5 fokos hőmérséklet-emelkedést ne lépjük túl, már csak kevesebb, mint két évtizedünk van hátra (2. ÁBRA); az IPCC (2022) szerint pedig „azonnali cselekvésre” van szükség. A klímaváltozás ui. olyan gyors, és olyan közel vagyunk már a klímaváltozás hatásai szempontjából alapvető fontosságú fordulópontokhoz, hogy ha el akarjuk kerülni a klímakatasztrófákat, akkor nemigen van más választásunk, mint minden lehetőséget feltárni és kihasználni a *nettó* kibocsátás csökkentésére. Mivel nem tűnik úgy, hogy az eddigi erőfeszítéseknek jelentős hatása lenne a kibocsátási folyamatokra, nő annak a valószínűsége, hogy nem tudjuk – mert SOMOGYI (2019) szerint elvileg sem lehetséges – megállítani a klímaváltozást. Ebben a cikkben azonban azzal a feltételezéssel élünk – a fenti klímapolitikai célok megvalósíthatóságának az elemzése

érdekében, és arra az esetre, ha az említett elvi érvelés téves –, hogy elvben legalább lehetséges legalább lassítani a globális felmelegedést.



2. ábra: A 1,5 fokos globális átlag-hőmérséklet emelkedés eléréséig hátralévő idő (ami abból becsülhető, hogy az előrevetített, szaggatott piros vonallal jelölt, várható jövőbeli melegedés mikor éri el a maximalizálni szándékozott melegedési szintet). A piros, vastag vízszintes vonal az 1,5 fokos globális hőmérséklet-emelkedés elérési időpontjának a bizonytalanságát mutatja. Forrás: IPCC, 2018.

Ahhoz, hogy bármi esélye is legyen annak, hogy kordában tartsuk a felmelegedést, szükséges mielőbb áttekinteni az összes szektorban rejlő kibocsátás-csökkentési (idegen szóval mitigációs) lehetőséget. Ebben a cikkben az erdészeti szektorra vonatkozóan foglaljuk össze az évekkel ezelőtt megkezdett lehetőség-keresési munka néhány eddigi főbb eredményét.

Az, hogy hogyan becsülhető a karbonsemlegességhez szükséges nyelés nagysága, kvantitatív kérdés; tudományos megközelítés pedig csak az, amely kvantitatív kérdésekre kvantitatív válaszokat ad. Ezért az eddigi (országos szintre korlátozó) munka is már megfelelő, tudományos alapokon nyugvó, de gyakorlati célokat szolgáló modellek kidolgozását igényelte; továbbá azt, hogy olyan beavatkozási lehetőségeket (ún. mitigációs forgatókönyvet) azonosítsunk, amelyek elemzését a modellekkel elvégezhetjük.

Tekintettel arra, hogy a fenti és más “klíma-semlegességi” célokat karbon-semlegességi formában tűzték ki, ill. hogy a klíma- és a karbon-semlegesség közötti különbséget modellezési korlátok és adathiány miatt nem tudjuk számszerűsíteni, ebben a cikkben a karbon-semlegesség elérése lehetőségének kérdésével foglalkozunk. Az erdők szénforgalmára nézve ugyanakkor az adatok rendelkezésére állását figyelembe véve a lehető legpontosabb becslésekre törekedtünk.

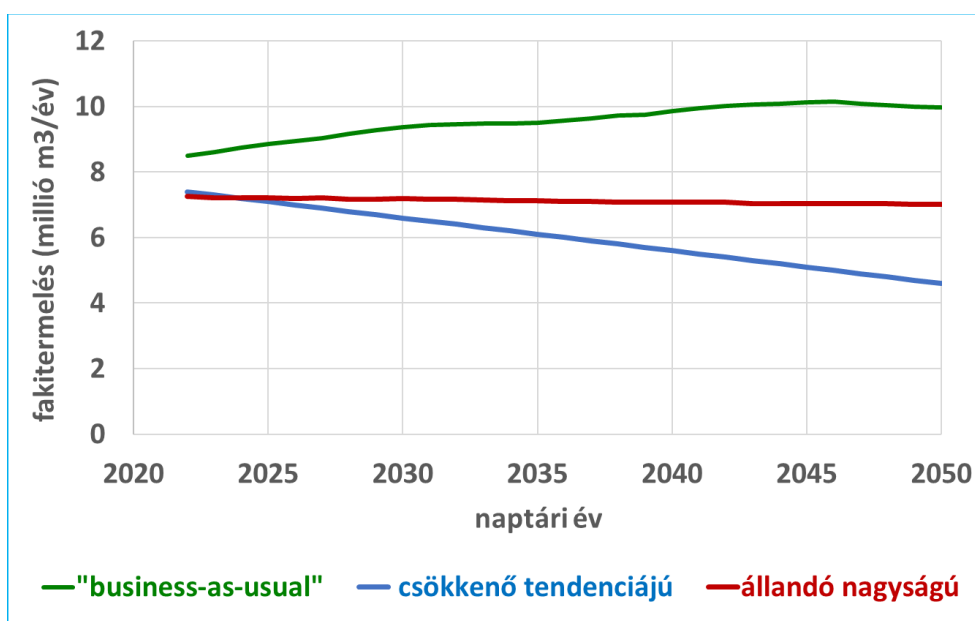
Anyag és módszer

A vizsgálatokhoz olyan szénforgalmi modelleket használtunk, amelyek országos léptékben képesek forgatókönyveket elemezni. Az egyik az ún. CASMOFOR modell (SOMOGYI, 2010; www.scientia.hu/casmofofor), ami elsősorban erdőtelepítések szénforgalmának modellezésére alkalmas; a másik az ún. CASMOFOR-NFD modell (SOMOGYI ET AL., 2019), ami a meglévő erdők szénforgalmát írja le. Az előbbi modell bemenő adatai erdőtelepítési forgatókönyvek; az utóbbié a fakitermelésre vonatkozó jövőbeli feltételezések. Az utóbbi

modellnél az erdők közelmúltbeli állapotát leíró adatokra is szükség volt; a 2017-es adatok az NFK EFO¹ által fenntartott Országos Erdőállomány Adattárból származnak.

Mindkét modell algoritmusai és paraméter-adatbázisa konzisztens az IPCC (2006) módszerével, valamint a hazai üvegház gáz leltár erdészeti szektorra vonatkozó megfelelő részeivel (SOMOGYI ET AL., 2021). Mindkét felhasznált modell elvben képes nemcsak a biomassza, hanem a többi széntárolóban, vagyis a talajban, az avartakaróban és a holtfában lezajló folyamatok modellezésére is. A meglévő erdőknél ez utóbbi széntárolókra nézve a becslés csak nagy bizonytalanság mellett végezhető el, ezért az ezekre kapott eredményeket az értékelésnél közvetett módon vettük figyelembe. Megfelelő információk hiányában a modellek futtatásakor feltételeztük, hogy a klímaváltozás 2050-ig (vagyis a nem túl távoli jövőben) még nem gyakorol lényeges hatást az erdők szénforgalmára.

A forgatókönyvek közül – melyeknek a szénforgalomra gyakorolt hatását 2050-ig elemeztük – többet is kipróbáltunk. A karbon-semlegességhez szükséges megfelelő kombinációkat ui. visszafelé történő okoskodással lehet csak megtalálni, vagyis kiindulva a 2050-re vonatkozó összes nyelésre vonatkozó célból, majd azt próbálgatva, hogy ennek eléréséhez kb. mekkora, a gyakorlatban is valószínűleg megvalósítható erdőtelepítésre lehet szükség úgy, hogy a meglévő erdők kezelését ne túl nagy mértékben kelljen csökkenteni. Így pl. (az elmúlt néhány évtizedben megvalósult telepítésekből kiindulva) tervezhetünk évi 5 ezer, 10 ezer, vagy akár 15 ezer ha nagyságú erdőtelepítést is; a meglévő erdők kezelését illetően pedig célul tűzhetjük a 3. ÁBRÁN látható, e cikkben szintén példaként említett fakitermelési változatokat. E cikkben az eddig vizsgált lehetőségeknek csak egy részét mutatjuk be.



3. ábra: A meglévő erdők jövőbeli kezelésére vonatkozó néhány lehetséges forgatókönyv. Forrás: saját vizsgálatok.

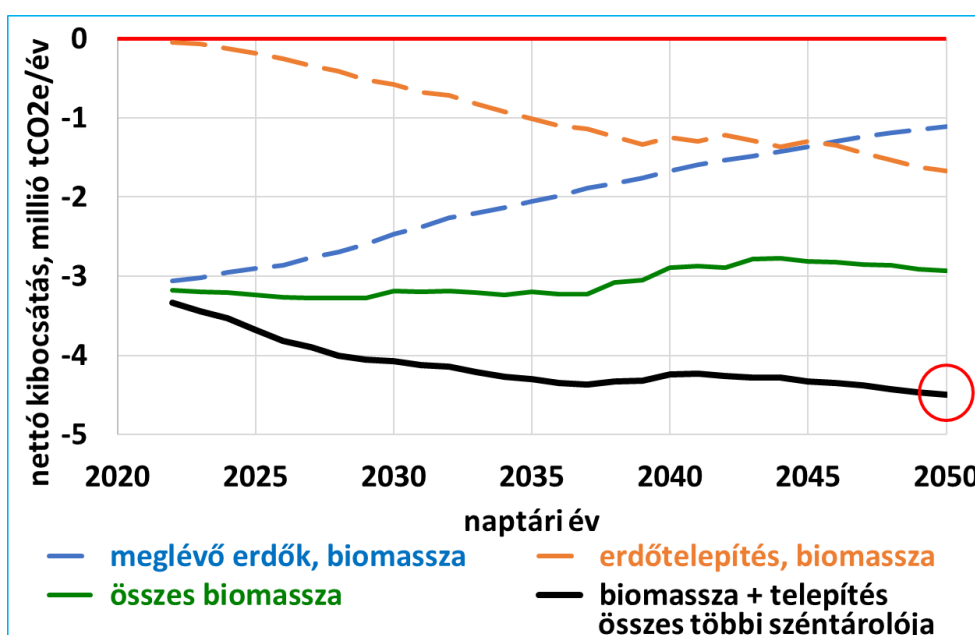
Eredmények és értékelésük

A modellfuttatások eredményei közül egy megvalósíthatónak tűnő kombinációt mutatunk be (4. ÁBRA). Ezt elemezve megállapítható, hogy a NTFS által kitűzött 2050-es teljes nyelési cél (kb. évi 4,5 millió tCO₂/év) elvben elérhető annak ellenére, hogy a meglévő erdők biomasszájának szénlekötése a „business-as-usual” forgatókönyvköz képest alacsonyabban tartott, kb. állandó fakitermelés mellett is csökkenő tendenciájúnak várható (a 4. ÁBRA

¹ Nemzeti Földügyi Központ, Erdészeti Főosztály

„meglévő erdők, biomassa” forgatókönyve, melynél a feltételezett fakitermelés mértéke megegyezik a 3. ÁBRA „állandó nagyságú” fakitermelés forgatókönyvével). Ezt kb. ellensúlyozza a fák biomasszájában létrejövő szénlekötés egy olyan erdőtelepítés esetén, mely az ország erőforrásait figyelembe véve megvalósíthatónak tűnik: ebben 2025-ig gyorsabban növekedve évi 10 ezer ha lenne az éves telepítés nagysága, majd 2040-ig lassabban növekedve elérné a 12 ezer ha éves szintet, utána pedig kb. állandó szinten mozogna. Ha pedig az erdőtelepítés többi széntárolójában leköthető szénmennyiséget is figyelembe vesszük (l. a 4. ÁBRA legalsó görbéjét), akkor elérhető a szükséges szénlekötés.

A meglévő erdők nem biomassa széntárolóiban is valószínű a szénkészletek növekedése, ám – mint említettük – ez a becslés bizonytalan, ill. az alábecslést a következtetés bizonyosságának növelése érdekében is célszerű megtartani. Ha a jövőben sikerül korlátozni a klímaváltozás miatti erdőpusztulást, de abból származik majd valamekkora kibocsátás, akkor azt legalább részben ellensúlyozni fogja az ezekben a széntárolókban megvalósuló szénnyelés. Az alkalmazott alábecslés ebben az értelemben növeli a becslés megbízhatóságát.



4. ábra: Az erdőtelepítési és a meglévő erdők jövőbeli kezelésére vonatkozó forgatókönyvek egy lehetséges olyan kombinációja, amely elméletben kiadja a 2050-re szükséges nettó nyelést. Az adatsorok a telepítéseknél az összes széntárolót, a meglévő erdőknél pedig csak a biomassa-széntárolót mutatják, mindkét esetben feltételezve, hogy a klímaváltozás erdőkre gyakorolt hatásai elhanyagolhatók lesznek. Forrás: saját elemzés.

Következtetések

A kapott eredmények megfelelnek mind a Párizsi Egyezmény, mind az EU, mind pedig az NTFS legújabb karbon-semlegességi céljainak, és konzisztensek az IPCC (2022) erdőkkel kapcsolatos mitigációs megállapításaival is.

Kiemelendő, hogy az eredmények megfelelnek annak az igénynek is, hogy nettó kibocsátás-csökkenést a következő két-három évtizedben kell elérni. Ennek az erdőgazdálkodásra vonatkozóan fontos következménye van, az ti., hogy nem elég – vagy *most* nem lehet – a szokásos hosszú távon: a vágásforduló távlatában, pláne nem annál hosszabb időszakokban törekedni a minél nagyobb nettó szénlekötésre (itt figyelembe véve az energia-termelésre használható nyersanyagok – köztük a fa, a földgáz és az olaj – égetését is). Azzal, hogy majd hogyan próbáljuk ellensúlyozni ezeknek az engedményeknek a hosszabb távon jelentkező esetleges káros hatásait, később kell foglalkozni.

Az erdők kezelésének szabályozásában, a gazdálkodás prioritásait tekintve sok-sok szempontot kell figyelembe venni. Ezek közül csak egy a szénlekötés. Továbbra is fontos az erdők minden más terméke és szolgáltatása, de az ezek létrejöttének feltételei is: az erdők egészségi állapotának megőrzése, az erdők ellenállóképességének fokozása, a biodiverzitás megőrzése, ill. növelése, valamint a természetesség mértékének növelése. Jelentős mértékű erdőtelepítéseknél számolni kell azzal, hogy esetleg nagy területeket kötünk le hosszú távra úgy, hogy azokat így más célokra már nem lehet használni. Figyelembe kell venni azt is, hogy a közelmúltban milyen magasra szökött a szénlekötés ára (az emisszió-kereskedelmi piacon 1 tonna CO₂ ára e cikk írásakor már meghaladta a 80 Eurót).

A karbon-semlegeség elérése igényelheti azt is, hogy a jövőben kisebb legyen a faki-termelés nagysága. Felmerül a kérdés, hogy ez csökkenő súlyú erdőgazdálkodást jelentene-e? Itt először is utalni kell arra, hogy minden más szektorban szükség van változtatásokra, ami mindenhol feszültségekhez vezet; l. a „túlérőltetett (??)” zöld átállás miatt a nemzetközi és hazai klímapolitikával összefüggésben a közelmúltban felszínre került kritikákat. Az erdőgazdálkodásnak a mezőgazdasággal és más ágazatokkal való együttes kezelése (l. az EU ún. „Fit for 55”, fent hivatkozott klíma-csomagját) is a szektor kisebb önállóságához vezethet. Az erdőtelepítések miatt növekvő nyelő-kapacitásból adódó növekvő kvóta-bevételek ugyanakkor (akár nagy mértékben is) növelheti az erdőgazdálkodás jelentőségét.

A klímaváltozás hosszabb távon csökkenő nyeléssel és növekvő kibocsátással járhat az erdőkben. Nő ui. a kockázata annak, hogy a telepítések egy része nem sikerül; másik része a vártnál lassabban nő; a fokozódó aszályok és más, indirekt hatások miatt pedig mind az erdőtelepítésekben, mind a meglévő erdőkben erdőpusztulások léphetnek fel, amik azonnali és jelentős kibocsátások forrásai lehetnek. Emellett számolni kell azzal is, hogy az egyes országok esetleg nem teljesítik a természet törvényei által előírt, az emberiség szintjén megfogalmazandó kibocsátás-csökkentéshez szükséges vállalásaikat, ami – ha a globális célok maradnak – hazai szektorális szinten elvben járhat azzal, hogy a tervezettnél is nagyobb áldozatokat kell majd vállalni (pl. a fakitermelés további visszafogásával).

Az országos szintű mitigációs szempontok érvényesítése az erdőgazdálkodástól megfelelő információkon alapuló, erdőrészlet-szintű döntéseket igényel. Ezekhez először azt kell tisztázni, hogy konkrét erdőtípusok kezelésére nézve milyen alternatívák léteznek. Az örök-erdő-gazdálkodás pl. az erre alkalmas erdőtípusokban a korábbi hagyományos (vágásos) mód alternatívája, melyek között egyebek mellett a fakitermelések időzítése és az egy-egy alkalommal kitermelt fatérfogat mennyisége tekintetében jelentős különbség lehet. A kezelési módok alternatíváinak tisztázása után szükséges felmérni, hogy egy új kezelési módra való áttérés milyen hatásokkal járhat a szénforgalomra nézve; majd e hatások ismeretében (és természetesen más szempontok mérlegelésével) hozható meg döntés arra nézve, hogy érdemes-e áttérni egy másféle kezelési módra.

A szénlekötés eddig nemigen befolyásolta a helyi döntéshozatalt. A karbon-semlegeség elérése érdekében kényszerűsége azonban megváltoztathatja ezt a helyzetet. Az e változából adódó kérdésekre csak friss szemmel, ésszel és szívvel lehet megkísérelni a válaszadást a siker reményével. A lehetséges mitigációs megoldások megtalálásához – ha arra egyáltalán elméletileg van esély – szükség lehet a fentiekén kívül speciális, intra- és inter-szektoriális modellek fejlesztésére és további kvantitatív, objektív vizsgálatok elvégzésére. Nem elkerülhető az őszinte, nyitott, a témára fókuszáló, a minden érintett bevonásával lefolytatott inkluzív párbeszéd.

Köszönetnyilvánítás

A forgatókönyvek kidolgozása részben az Agrárminisztériummal együtt történt. Az erdők állapotát leíró adatok az ESZIR-ből (NFK EFO) származnak.

Irodalomjegyzék

- BÖTTCHER, H., GORES, S., HENNENBERG, K., REISE, J., GRAF, A. (2022): Analysis of the European Commission proposal for revising the EU LULUCF Regulation. Öko Institute, Berlin, p. 38. URL: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Assumptions_LULUCF_Proposal.pdf
- DREVER CR, COOK-PATTON SC, AKHTER F, BADIOU PH, CHMURA GL, DAVIDSON SJ, DESJARDINS RL, DYK A, FARGIONE JE, FELLOWS M, FILEWOD B, HESSING-LEWIS M, JAYASUNDARA S, KEETON WS, KROEGER T, LARK TJ, LE E, LEAVITT SM, LECLERC ME, LEMPRIÈRE TC, METSARANTA J, MCCONKEY B, NEILSON E, ST-LAURENT GP, PURIC-MLADENOVIC D, RODRIGUE S, SOOLANAYAKANAHALLY RY, SPAWN SA, STRACK M, SMYTH C, THEVATHASAN N, VOICU M, WILLIAMS CA, WOODBURY PB, WORTH DE, XU Z, YEO S, KURZ WA. (2021): Natural climate solutions for Canada. *Sci Adv.* 2021 Jun 4;7(23):eabd6034. doi: 10.1126/sciadv.abd6034. PMID: 34088658; PMCID: PMC8177698.
- EUROPEAN COMMISSION (2021): Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council amending Regulations (EU) 2018/841 as regards the scope, simplifying the compliance rules, setting out the targets of the Member States for 2030 and committing to the collective achievement of climate neutrality by 2035 in the land use, forestry and agriculture sector, and (EU) 2018/1999 as regards improvement in monitoring, reporting, tracking of progress and review. European Commission, 2021. Online available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0554>.
- IPCC (2016): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- IPCC (2018): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)].
- IPCC (2022): Climate Change 2022 – Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
- NTFS (2021). Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia. Innovációs és Technológiai Minisztérium. URL: <https://kormany.hu/dokumentumtar/nemzeti-tiszta-fejlodesi-strategia>
- SOMOGYI, Z. (2010): CASMOFOR. IN: SOMOGYI, Z., HIDY, D., GELYBÓ, GY., BARCZA, Z., CHURKINA, G., HASZPRA, L., HORVÁTH, L., MACHON, A., GROSZ, B. (2010). Modeling of biosphere-atmosphere exchange of greenhouse gases - Models and their adaptation. In: Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective (Ed.: Haszpra, L.), pp. 201-228. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-90-481-9950-1>
- SOMOGYI, Z. (2019): Miért nem tudjuk megállítani a klímaváltozást? URL: http://www.scientia.hu/cv/2019/Miert_nem_tudjuk_megallitani_a_klimavaltozast_Somogyi_Zoltan.pdf
- SOMOGYI, Z., TOBISCH, T., SZEPESI, A. (2019): National Forest Accounting Plan, Hungary, Budapest. Gödöllő, Magyarország: Nemzeti Agrárkutatói és Innovációs Központ (NAIK), pp. 118. URL: <http://cdr.eionet.europa.eu/hu/eu/mmr/lulucf/envxgc1ma>
- SOMOGYI, Z., SZAKÁLAS J., TOBISCH, T. (2021): National inventory report of Hungary (NIR és CRF, LULUCF/AFOLU részek) az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye, valamint annak Kiotói Jegyzőkönyve hatálya alatt. URL: <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2021>

GYAKORLATI VÁLASZOK A KLÍMAVÁLTOZÁS OKOZTA NEGATÍV HATÁSOKRA / OLASZ MOLYHOS TÖLGY (*QUERCUS VIRGILIANA*) ÉS A HAMVAS TÖLGY (*QUERCUS PEDUNCULIFLORA*) ERDÉSZETI GÉNMEGŐRZÉSE ÉS FEJLESZTÉSE TOLNA MEGYÉBEN

Reactions of forestry practice on negative effects of climatic changes / Gene conservation programmes of Vergilius oak (*Quercus virgiliana*) and grayish oak (*Quercus pedunculiflora*) in Tolna county

GÁL LÁSZLÓ¹, HORVÁTH CSABA¹, BENKE JÁNOS¹, KÁRÁSZ ATTILA¹, KISS GERGELY²,
PINTÉR BEÁTA³, DR. BORDÁCS SÁNDOR³

¹ Gyulaj Erdészeti és Vadászati Zrt

² Soproni Egyetem

³ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytan Tanszék
Gál László: gal@gyulajzrt.hu

Kivonat

Magyarország erdei populációinak is szembe kell nézni a klímaváltozás következményeivel. Ez különösen a jelenleg is határterületen gazdálkodó erdőgazdaságokat érinti. A délebbi származású erdészeti szaporítóanyag importálása helyett a Gyulaj Zrt. szakmai döntést hozott. Kollégáinkkal és külső szakemberekkel összefogva innovatív módon felkutattuk a saját területünkön, erdőállományainkban élő szárazságtűrő, melegigényes tölgy fajokat és hibridjeiket (*Quercus virgiliana* - Olasz molyhostölgy és *Quercus pedunculiflora* - Hamvas tölgy) – A két faj szigetszerűen előforduló populációit erdészeti génrezervátummá alakítottuk, törzsfákat választottunk ki, melyekről szaporítóanyagot gyűjtve géngyűjteményeket hoztunk létre. A megnevelt szaporítóanyagból magtermesztő ültetvényeket is létesítettünk, ami egy-két évtized múlva szaporítóanyag forrásként segítséget ad a klímaváltozást jobban tűrő erdőállományok létrehozásában. Területünkön található élőhelyeken jelenleg is kutatások folynak, melyek eredményeit felhasználjuk mindennapi munkánk során. Az eredményeinket szakmai rendezvényeken ismertetjük.

Abstract

Forest ecosystems in Hungary are faced to negative effects of climate change, in particular affecting marginal areas managed by forestry companies. Instead of use of reproductive materials imported from southern regions of Europe the Gyulaj State Enterprise has started a complex gene conservation programme. In a wide cooperation of foresters and experts relict populations of native and drought resistant oak taxa (*Quercus virgiliana* - Vergilius oak and *Quercus pedunculiflora* - Grayish oak) were selected in Tolna county. The natural oak populations, often small patches only, were mapped and used for delineation of *in situ* conservation stands. Plus trees were also selected within conservation stands and using their acorns *ex situ* gene collections and seedling seed orchards were established. All of the gene conservation objects could be used as seed source in the next future to plant and manage forest stands adapted to warmer and drier site conditions. Results of researches have been carried out are permanently used for silvicultural works.

Bevezetés

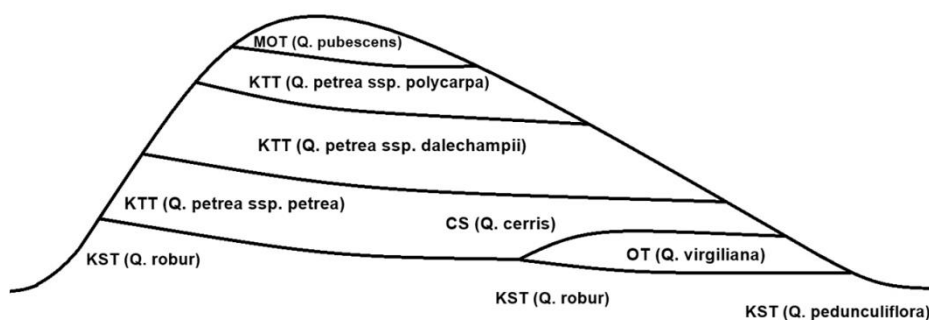
Az erdészeti kutatások, klímamodellek azt mutatják, hogy a folyamatos, gyors klímaváltozás miatt a hazai erdészeti klímabesorolás a közeljövőben jelentősen el fog tolni a szárazabb és melegebb irányba (FÜHRER 2017, 2018). A jelenlegi és a közeljövőben

tapasztalható klimatikus viszonyok hasonlóak az elmúlt időszakban a Balkán-félszigeten, Bulgáriában tapasztalt klimatikus viszonyokhoz. A bükkösök, gyertyános tölgyesek terület aránya várhatóan csökkenni fog, míg a kocsánytalantölgyes-cseres és az erdősztyepp erdő-társulások aránya növekedni fog. Szerencsére az alkalmazkodóképességnek és a természetes kiválasztódásnak köszönhetően a fafajok képesek klimatikus területi különbségeket leküzdeni, áthidalni, feltéve ha van elég időnk ezt megvárni. Mindig volt és lesz is klímaváltozás, ám a jelenlegi abban tér el a legutolsó jégkorszak óta zajló klímaváltozástól, hogy sokkal gyorsabban zajlik, mint ahogy a fafajok ezt a természetes evolúciós úton le tudnák követni. Egyre több természeti katasztrófa, kárláncolat, pusztulás vár a magyar erdőkre is, amit az erdészársadalom természetesen nem nézhet tétlenül.

A klímaváltozás hatásainak kezelésére adott válaszok egyik lehetséges megoldása lehet, hogy délről származó, a melegebb és szárazabb körülményekhez alkalmazkodott tölgy fafajok szaporítóanyagát használjuk fel az erdősítések során. A Natura 2000 területeken a természet szerű erdő-társulások felújítása kizárólag természetes úton, saját újulattal történhet, azonban a kevésbé sikeres részeken gyakran van szükség állomány kiegészítésre. A kultúrerdők szerkezet átalakításánál, a tarvágásos erdőfelújításoknál számos alkalommal használunk fel mesterségesen erdészeti szaporítóanyagot, mely beszerzésének a legegyszerűbb és legolcsóbb módja, ha az erdőgazdálkodó saját gyűjtésű magot használ fel. Ha a makktermés ciklikussága, vagy a helyi vadgazdálkodási módszerek miatt lehetetlen saját maggyűjtést végezni, akkor a gazdálkodó vásárlásra szorul. Legtöbbször a szaporítóanyag ára lesz az elsődleges döntő tényező és csak abban az esetben választja a délebről származó szaporítóanyagot, ha van elegendő, a hazaihoz közel azonos árfekvésű kínálat. A Gyulaj Zrt. déldunántúli fekvése miatt már nem tud az országon belül délebbi származást választani. Külföldről, többszörös áron, csak abban az esetben próbálunk szaporítóanyagot beszerezni, ha az országban terméshiány miatt egyáltalán nem érhető el a szaporítóanyag tétel. Tapasztalataink szerint délről - a Balkán-félszigetről-, ahonnan a klímaváltozás szempontjából a legmegfelelőbb lenne beszerezni a szaporítóanyagot, gyakorlatilag szinte lehetetlen vásárolni.

Anyag és módszer

Ennek tudatában döntöttünk úgy, hogy érdemes felkutatni hazai származású, száraz és meleg körülményekhez alkalmazkodott fafajokat, populációkat. A mikroklimatikus tényezők miatt (pl. déli kitettségekben, dombtetőn) szinte mindenhol találunk ilyen populációkat a zonális társulásokon belül. Egy sematikus, nagyon leegyszerűsített ábrán (BORDÁCS, 2018) jól látható a hazai tölgy taxonok előfordulása a középhegységtől a síkságig, - melyet valljuk be, eddig az erdész gyakorlatban nem igazán vettünk figyelembe, inkább csak botanikai elemelkedések folytak arról, hogy a fajok milyen ökológiai életteret foglalnak el.



1. ábra: A Kárpát-medencei őshonos tölgy taxonok adaptálódása és jellemző térfoglalása a síksági, dombvidéki és középhegységi termőhelyeken. (Forrás: Bordács 2018)

Az 1. ábrán látható, hogy a *petrea* típusú kocsánytalan tölgy az üde, gyertyános-tölgyesek fafaja, a *dalechampii* típusú kocsánytalan tölgygel inkább a szárazabb, cseres tölgyesekben találkozunk. A sekély vázталajokon találjuk a *polycarpa* típusú kocsánytalan tölgyet és a molyhos tölgyet. A dombvidék és a síkvidék találkozásánál gyakran találkozhatunk olasz molyhos tölgygel is, a *Quercus virgiliana*-val, lösztölgyesekben, száraz, meleg termőhelyeken, cserrel elegyedve. A síkvidéken pedig elvétve megjelenik a szürke, vagy hamvas tölgy, a *Quercus pedunculiflora* is, mely a kocsányos tölgyhöz képest szárazabb körülményekhez alkalmazkodott, elterjedését tekintve a Balkán-félszigethez kötődik, de hazai előfordulásai is ismertek. (BORHIDI, 1969): A *Quercus virgiliana* és *Quercus pedunculiflora* a legtöbb esetben természetes hibrid alakban jelennek meg, a kocsánytalan tölgygel vagy a kocsányos tölgygel kereszteződve. Célul tűztük ki e két szárazságtűrő tölgy genetikai állományának megőrzését, szaporítóanyag bázisának kialakítását azért, hogy kevésbé legyünk függő viszonyban bolgár, vagy bosnyák maggyűjtő vállalkozásoktól, ha délebbi származású szaporítóanyagra lenne szükségünk.

A *Quercus virgiliana* és természetes hibridjeivel jóval gyakrabban lehet találkozni, mint gondolnánk, gyakran a molyhos tölgygel, a *Quercus pubescens*-szel téveszthető össze, vagy egyáltalán nem tűnik fel jelenléte. (Továbbiakban a hibrid egyedeket is ezen a néven említtem). Tolna megyében szinte mindenhol találtunk egyedeket, a Tengelici homokvidéken, a homoki- és lösz tölgyes reliktumokban, de Külső-Somogy széles dombtetőin, vagy a Tolnai-hegyhát gerincének éles letörésein a leggyakoribbak. Legszebb példányai felhagyott legelők, szőlők szélén hagyásfaként láthatóak, sok esetben tuskósarjként, szabad állásban, utak, nyiladékok mentén. A hagyományos, vágásos üzem módú erdőgazdálkodás sok esetben hibásan kezelte, a meredek oldalak, dombtetők levágása után sokszor üres foltok maradtak, melyeket nem sikerült beerdősíteni, legfeljebb virágos kőrös és mezei juhar telepedett meg. Talajtípust tekintve előfordul földes vázталajokon, humuszkarbonáton, karbonátmaradványos barna erdőtalajon és barnaföldön egyaránt.



2. ábra: Idős olasz tölgy Kalaznó határában (Fotó: Horváth Cs.)

Az olasz tölgyet gyakorlott szemmel nem nehéz felismerni, de kellő ismeretek híján a taxon rendkívüli morfológiai változatossága a felismerhetőséget jelentősen nehezíti (MÁTYÁS 1967). A faegyedek taxonómiai beazonosításához egy komplex, több morfológiai bélyeg együttes értékelésén alapuló, helyszíni bonitálási értékeket alkalmazó határozókulcsot használtunk. (MÁTYÁS 1967. GENCSI és VANCURA 1992, KÉZDY és BORDÁCS 1998) Főként a kérge a feltűnő, se a kocsánytalan tölgyhöz, sem a kocsányos tölgyhöz nem hasonlít, durván repedezett és főleg a tövénél jellegzetes a vízszintes irányú repedezettség.

Hajtásai molyhosak. A levél színi oldala fénylő zöld, fonáki oldala gyapjasan molyhos, ami a nyár végére néha részlegesen lekopik. Télen az újulat nagyon feltűnő, mert a magoncok zöld levéllel telelnek át. Késő ősszel, tél elején az állományban álló olasz tölgyfák zöldessárga levelei vannak fenn a fán legtovább, míg a többi fafaj ledobta már leveleit. A makktermésnekrendszerint van kocsánya, a kupacs pikkelyek domborúak és molyhosak. A makk nagyon változatos, nagyobb általában, mint a molyhos tölgyé (3. ábra).



3 ábra: Olasz tölgy hibrid levele és makk termése. Fotó: Bordács S. és Horváth Cs.

Miután szárazságtűrése miatt felismertük az olasz tölgy erdészeti jelentőségét a klímaváltozás negatív hatásainak csökkentése érdekében igyekeztünk a genetikai erőforrásának megőrzését és fejlesztését elérni, mivel ez az egyik olyan hazai fafaj, melynek származás azonosított szaporítóanyaga forgalomban még nem is kapható (BORDÁCS 2019). Ehhez a VP4-15212-17 számú Vidékfejlesztési Program biztosított jelentős anyagi forrásokat. Elsőként a gazdálkodási területünkön igyekeztünk felmérni az olasz molyhos tölgy előfordulását. 24 ezer hektár területünkől, a Gyulaj Zrt. mindhárom erdészeténél, összesen közel 129 hektáron, sok apró, szigetszerűen elhelyezkedő területen sikerült azonosítani kisebb-nagyobb elegyarányban az olasz tölgyet. Ezek a területek génrezervátum besorolást kaptak és nagy részét bekerítettük a vadkár ellen, a magtermés gyűjtés érdekében és a természetes felújulás reményében. Jellemzően faanyagtermelést nem szolgáló üzemmódban vannak Zömében ezeken a területeken kerestünk kijelölendő törzsfákat a későbbi maggyűjtés és vizsgálatok céljából.

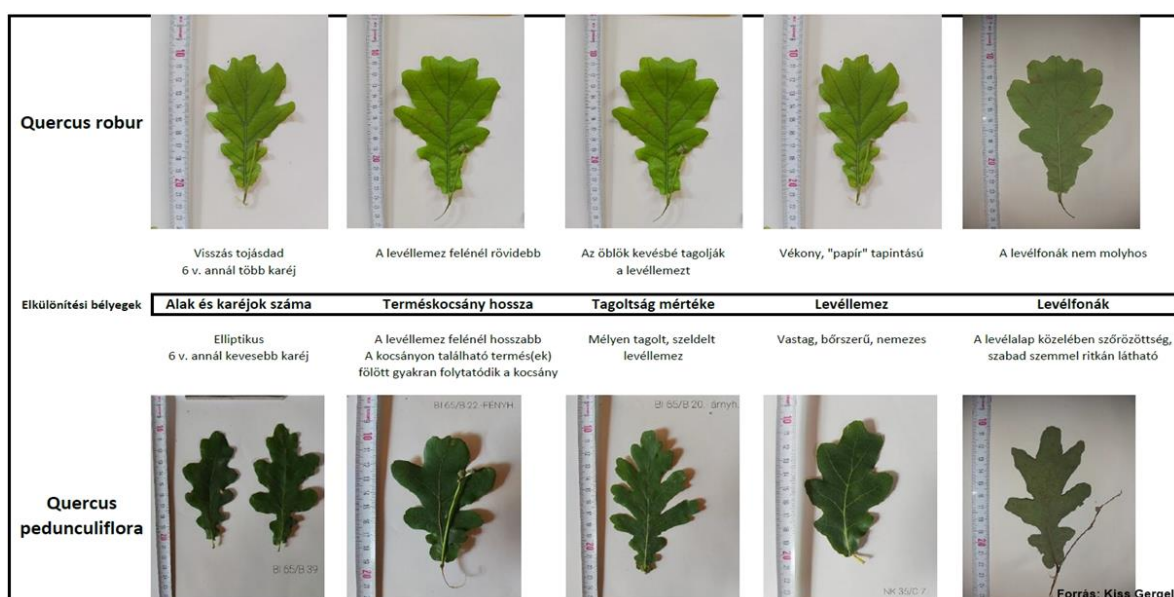
Gyulaj Zrt. 3 erdészeti üzemegységének – Hógyészi, Pincehelyi, illetve Tamási Erdészetek – területein összesen 13 községhatárban, 39 erdőrészletben 226 db faegyed (zömében hibridek) adatait rögzítettük. Ezekről a törzsfákról 2017-2020 között sikerült faegyedenként elkülönítve makkot gyűjteni, melyet csemetenevelési célból három csemetetermelőnek adtunk át, az ország három különböző tájára. A négy év alatt megnevelt közel 100.000 db csemete egy része géngyűjteményekbe került - 6 különböző termőhelyen, helyszínen, 293 db faegyed utódnemzedéke található jelenleg. A géngyűjteményeket elegyfajokkal, zárt

erdőállományként kívánjuk kezelni, hogy vizsgálni lehessen későbbiekben fatermesztési tulajdonságaikat is. Ezen felül 3 helyszínen, 4-4 ha nagyságú magtermesztő ültetvényt hoztunk létre, melyekben a csemeték, 3x3 méteres hálózatban vannak kiültetve. Ezeket kimondottan szabadállásban szeretnénk nevelni, így 10 éven belül törzsszám gyérlésre lesz szükség, hogy a végleges 6x6 vagy 9x9 méteres elméleti hálózat kialakuljon. Egy-egy plantázásban legalább 40-60 törzsfat utódai vannak 3-szoros 20 db/parcellás ismétlésben kiültetve, így a törzsszám csökkentés után is biztosított lesz a genetikai változatosság.

A *Quercus pedunculiflora* - szürke, vagy hamvas tölgy és természetes hibridjei jóval kisebb egyedszámmal fordulhatnak elő az országban és jóval nehezebb azonosítani őket, mint az olasz tölgyet. Sík vidéken, erdősztyepp klímában, száraz, humuszos homoktalajon találjuk, továbbá azt is jól viseli, ha számára a talajvíz csak a mélyebb rétegekből vehető fel. Természetes újulatával találkozhatunk kiritkuló fenyvesekben, utak mellett. Szabad szemmel legfeltűnőbb morfológiai bélyegei a levéllemez elliptikus alakja, a feltűnően hosszú terméskocsány, mely a mélyen tagolt és szeldelt levéllemez felét is meghaladja. A levél szőrözöttsége szabad szemmel nem látható. Az abaxiális – fonáki – oldal szőrözöttségének meghatározására mikroszkopikus vizsgálat szükséges.

A Tengelici homokvidéken igyekszünk azonosítani jelenlétét. Az eddig vizsgált, természetes eredetűnek ítélt, idős egyedek jelentős része mutat hibrid alakot a kocsányos tölgy és a szürke tölgy között, de az olasz tölgygel való hibridizáció is kimutatható mikroszkopos vizsgálat segítségével, a csillagszőrök és a nyalábszőrök jelenlétéből, vagy hiányából következtetve. (HEGEDŰS 2021a, 2021b)

Az erdősztyepp klíma besorolású Tengelici homokvidéken az erdőborítottság léte erősen kérdéses lesz a közeljövőben – a klímaváltozás miatt-. A pusztuló kultúrerdek, fenyvesek és akácok közt található még néhány reliktum homoki tölgyes, melyek fokozott védeltséget élveznek. Az olasz tölgyhöz hasonlóan ugyanazon génmegőrzési munkát tervezzük a szürke tölgy és hibridjeinek érdekében. 2020-ban kezdtük el a munkát az idős, természetes eredetű kocsányos tölgyesek vizsgálatával, melynek során a legértékesebbek génrezervátum besorolást kaptak, közel 36 hektár területen. A makktermés és a természetes felújulás vizsgálatának érdekében vadkár ellen bekerítettük ezeket az erdőrészeket. Eddig 81 db idős törzsfát vizsgáltunk meg morfológiai bélyegek alapján. A morfológiai bélyegeket a 4. ábra mutatja be.



4. ábra: *Quercus robur* és *Quercus pedunculiflora* megkülönböztető morfológiai jegyei a leveleken (Fotó: Kiss G.)

Egy készülő diploma dolgozat keretében 60 egyed mikroszkopikus vizsgálatára is sor került. A levél lemezen és a terméskocsányon csillagszőrök és nyalábszőrök jelenléte, illetve hiánya alapján egyes egyedeken beazonosítható a szürke tölgy kereszteződés, más egyedeken pedig az olasz tölgy kereszteződés. A dél-mezőföldi térségben folytatjuk a munkát és további fák felkutatása és botanikai jellemzése várható. Több erdőrészletben, közel 7 hektáron, magtermelő állomány kijelölést is végzünk. Sajnos 2021-ben nem volt érdemi makktermés, néhány faegyedről tudtunk jelentősebb mennyiséget gyűjteni csemetenevelés céljából. A jövőben, ha elegendő egyedről sikerül makkot gyűjteni, akkor az olasz tölgyhöz hasonlóan ebből a fajból is géngyűjteményeket és magtermesztő ültetvényeket szeretnénk kialakítani pár éven belül.

Eredmények

A szárazságtűrés miatt az olasz tölgy és a szürke tölgy génmegőrzése a kiemelt feladatunk Tolna megyében. Olasz tölgyből (és hibridjeiből) kijelöltünk 128,9 ha génrezervátumot, 226 db törzsfát írtunk le, kb. 100.000 db csemetét neveltünk, amit 6 helyen 293 tételben géngyűjteményekben őrzünk meg és létrehoztunk 3 helyen 12,4 ha magtermesztő ültetvényt. Szürke tölgyből (és hibridjeiből) - kijelöltünk 36,0 ha génrezervátumot és 7,7 ha magtermelő állományt, 81 db törzsfát írtunk le, valamint megkezdtük a törzsfánkenti maggyűjtést, szaporítóanyag nevelést.

De nem feledkezünk meg egyéb fafajok génmegőrzéséről sem, mely hasonlóan segítheti a munkánkat a jövőben. Dombvidékeink völgyeiben előfordulnak feltűnően szép törzsalakot mutató, szlavón jellegű kocsányos tölgy egyedek, melyeket géngyűjteményben szeretnénk fenntartani. 30 db ilyen törzsfát utódai kerültek egy kisebb gyűjteménybe. Az illír erdőtársulásokra jellemző, ezüsthárrsal elegyes, természetes eredetű cser, tölgy, és extrazonális bükkös erdőállományainkat is felmérjük, génrezervátumokba soroljuk, annak érdekében, hogy a Dél-Dunántúlon, mediterrán hatásra kialakult génkészlet is fenntartható legyen. Tervezzük az erdeinkben található, jelentős növekedést mutató, idősebb vadgyümölcs egyedek génmegőrzését is oltvány formájában, géngyűjteményben. Az itt jelenlévő vadnyomás miatt korlátozottak a helyi szaporítóanyag gyűjtési lehetőségeink, így több helyen alakítunk ki bekerített magtermelő állományt, csökkentve a gazdálkodásunk kiszolgáltatottságát. Fenntartjuk az ország egyetlen működő kocsánytalan tölgy oltvány plantázsát is. A hozzáfűzött reményeink lassan megvalósulni látszanak, 15 éves korára már gyűjthető mennyiségű makktermést produkál. Kiemelten kezeljük a helyi szaporítóanyagból történő csemetenevelést, igyekszünk ösztönözni a termelőket erre, elkerülve a bizonytalan származású anyagok felhasználását. Dél-Dunántúlon a klímaváltozás következtében egyre rövidebb az erdősítésre alkalmas időszak. Az enyhe, csapadékos, fagy nélküli telet követően, gyakran csak pár hét áll rendelkezésre az erdősítési munkák befejezéséig és a csemeték fakadásáig. A száraz nyarak miatt rendkívüli az erdősítések aszálykára is.

Ezen negatív hatások csökkentése érdekében ösztönözzük a burkolt gyökérzetű csemetenevelést is, elsősorban a génmegőrzési projektben érintett csemeték esetében, mivel nagyon drága a szaporító alapanyag, illetve csökkenteni akarjuk a sikertelen erdősítések, pótlások arányát. Az első vizsgálatok alapján 2021. év rendkívül aszályos időszakában ugyanazon területen a szabadgyökérzetű csemeték megeredése 50%, a burkolt gyökérzetű csemeték megeredése pedig 70% volt. Emellett a burkolt gyökérzetű csemeték ültetési időszaka jóval hosszabb, akár fakadást követően is végezhetjük az ültetést kár nélkül, ennek fényében a magasabb előállítási költségek is megtérülni látszanak.

Következtetések

Összegezve a genetikai erőforrások megőrzését és fejlesztését szolgáló tevékenységünket, kijelenthető, hogy a dél-dunántúli régióban, a helyi származású, szárazságtűrő fajok genetikai változatosságát sikerül hosszabb távon biztosítani, mely alapja lehet gazdálkodásunknak a klímaváltozást követően is. Sikerül olyan szaporítóanyag bázist teremteni, mely gyakorlati szempontból is megvalósítható célokat szolgál és üzemi méretekben is működik. Olyan erdőállományokat hozunk létre, mely jobban alkalmazkodik a változó környezeti feltételekhez. Számos kutatási lehetőséget biztosítunk és várjuk továbbiakban is a kutatási témákban a szakembereket. A kutatáshoz az eddigi eredményeink és terepi, gyakorlati munkánk jelentős segítséget nyújtanak. Fatermesztési és termőhelyi kutatásokhoz, vizsgálatokhoz a több helyszínen elvégzett génmegőrzési munkáink alapot teremtenek. Jelenleg is több kutatás folyik, melyek próbálnak mélyebb összefüggéseket feltárni ezen fajok vizsgálatával.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a VP4-15.2.1.2-17 kódszámú Erdészeti genetikai erőforrások fejlesztése felhívás projekt támogatásával valósult meg. Köszönetet mondunk a génmegőrzési, fejlesztési munkánkban résztvevő kollégáknak:

Szakmai tanácsadók: Dr. Bordács Sándor, Dr. Borovics Attila, Pintér Beáta

Hatósági szakemberek: Molnár György, Neumann Péter, Némethné Kisgyörgy Boglárka, Pordán Péter, Salamon Károly

Gyulaj Zrt: Benke János, Dudás Szabolcs, Horváth Csaba, Kárász Attila, Németh Bálint, Papp Dávid valamint Bóka Zoltán, Fábíán Béla, Fábíán Béla Ifj., Gombkötő Balázs, Gyenes Tamás, Horváth Attila, Horváth Róbert, Király Kornél, Szemeti Sándor, Tamis László, Tóth Péter, Varga Róbert

Soproni Egyetem: Kiss Gergely

Irodalomjegyzék

- BARTHA D. 1999: Magyarország fa- és cserjefajai. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1999. p. 301.
- BORDÁCS S., BOROVIK A., KÉZDY P. (1999): A molyhos tölgyek - *Quercus pubescens* génmegőrzése. (In: Bach I., Bordács S. & Mátyás Cs.(szerk.): Genetikailag veszélyeztetett, ritka fajok génmegőrzésének gyakorlati teendői. Tanulmánykötet. Budapest, 1999. 25-32 p.
- BORDÁCS S. (2018). Az ex situ génmegőrzés módszereinek bemutatása a Gyulaj Zrt. példáján. Az erdészeti génmegőrzés jelene és jövője. Szakmai szimpózium, Lengyel 2018. június 10.
- BORDÁCS, S., P. ZHELEV and B. SCHIRONE. (2019) EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use of pubescent oak (*Quercus pubescens*). European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), European Forest Institute. 6 pages. ISBN 978-952-5980-63-9
- BORHIDI A. (1969): Adatok a kocsánytalan tölgy (*Qu. petraea*) fajcsoport és a molyhos tölgy (*Qu. pubescens*) fajcsoport kistípusainak ökológiai cönológiai magatartásáról. – Bot. Közlem. 56: 155–158.
- FÜHRER E. (2017): Az erdészeti klímaosztályok új lehatárolása öko-fiziológiai alapon. (A klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás kihívásai – III.) Erdészeti Lapok 152(6): 173–174.
- FÜHRER E. (2018): A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 27-42. DOI: 10.17164/EK.2018.002
- GENCSI I. és VANCSURA R. (1992): Dendrológia. Mezőgazda Kiadó

- HEGEDŰS I. (2021a): A szürke tölgy (*Quercus pedunculiflora*) a klímaváltozás tükrében. Diploma dolgozat, Soproni Egyetem, 92 p.
- HEGEDŰS I. (2021b): Kísérletek a szürke tölgygel a klímaváltozás ellen. Új megoldások az Alföldön. Erdészeti Lapok 156. (5.) 180-182.
- KÉZDY P. - BORDÁCS S. (1998): Az olasz tölgy jelentősége és ökológiai szerepe. Erdészeti Lapok 133. (1.) 15-17.
- MÁTYÁS CS. – FÜHRER E. – BERKI I. – CSÓKA GY. – DRÜSZLER Á. – LAKATOS F. – MÓRICZ N., RASZTOVICS E. – SOMOGYI Z. – VEPERDI G. – VIG P. – GÁLOS B. (2010): Erdők a szárazságihatáron. Klíma 21 Füzetek 61: 84-97.
- MÁTYÁS V. (1967): A tölgyek dendrológiai ismertetése. In: Keresztesi B. szerk.: A tölgyek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967. p.51-90.

GYŐRI PÜSPÖKI KERT KOMPLEX FELMÉRÉSE ÉS 3D KERTTERVEZÉSE A GEOMATIKA ÉS GEODESIGN ESZKÖZEIVEL

Complex survey and 3D garden design of Győr Episcopal Garden
with the tools of geomatics and geodesign

PÉTERFALVI ÁGNES¹, HEIL BÁLINT², CSERPES TAMÁS¹, KOVÁCS GÁBOR²,
PUSKÁS LAJOS³, CZIMBER KORNÉL⁴, BROLLY GÁBOR⁴

¹ Soproni Egyetem, Botanikus kert

² Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

³ Park-Erdő Stúdió Kft.

⁴ Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet
pererfalvi.agnes@uni-sopron.hu

Kivonat

A Győri Püspöki Kert komplex felmérése és 3D kerttervezése a Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Karának és a Park-Erdő Stúdió Kft pilot munkája, melyben többcélú geomatikai felmérést, és geotervezést alkalmaztunk. A felmérés célja a térmodell előállításán túl az olyan jellegű leíró adatok rögzítése, mely a kert növényeinek fenntarthatóságát vizsgálja, a klímaváltozás már felismerhető jeleit keresi. A geomatikai felmérés nagy pontosságú földi lézeres letapogatást, drón alapú felmérést és ortofotó készítést, egyes fák 3D térképezését, geoinformatikai talajtérképezést, fakataszteri felmérést takar. A felmért adatokat kutatási célú komplex elemzéssel dolgozzuk fel. A kerttervezés kertézmérnöki felmérést és értékelést, és ebből kiinduló koncepcionális kerttervezés lépéseit foglalja magába a geodesign térbeli tervezési eszközeivel. A munka jó példa arra, hogy egyetemünk az oktatás és kutatás mellett a szolgáltatásra, ipari kapcsolatokra is hangsúlyt kell fektessen.

Abstract

The complex survey and 3D garden design of the Győr Episcopal Garden is a pilot work for the University of Sopron, the Faculty of Forest Engineering and Park-Erdő Stúdió Kft. In addition to the production of the spatial model, the aim of the survey is to record descriptive data that examines the sustainability of garden plants and looks for recognizable signs of climate change. The geomatic survey covers high-precision ground laser scanning, drone-based survey and orthophoto, 3D mapping of some trees, geoinformatics soil mapping, tree cadastral survey. The surveyed data are processed by complex analysis for research purposes. Garden design involves a survey and evaluation of horticultural engineering and the steps of conceptual garden design based on it with the spatial planning tools of geodesign. The work is a good example of the fact that our university should focus on service and industrial relations in addition to education and research.

Bevezetés

A püspöki park növénytermesztésre való alkalmassága elsősorban a talaj termékenységétől függ. A megfelelő talajközeg fizikai támaszt/kapaszkodót nyújt a gyökereknek, kiegyenlített víz-, levegő és hőháztartást biztosít, valamint megfelelő mennyiségben képes tápanyagokat szolgáltatni a növényzetnek. A talajok gyökerek számára való átjárhatósága, fizikai és kémiai tulajdonságai, tápanyagszolgáltató képessége mellett a klimatikus adottságok (csapadék-, hőmérséklet-, páratartalom viszonyok) is meghatározók a növényzet számára (1. ábra). A klimatikus vízhiány azonban mesterséges öntözés formájában pótolható.



1. ábra: Győri Püspöki Kert nyugati része

Anyag és módszer

A püspöki kert termőhelyi viszonyait vizsgálva elsősorban a klimatikus, valamint a talajadottságokra összpontosítottunk, mivel a hidrológiai viszonyok a termőhelyek vonatkozásában többletvízzel nem rendelkeznek. Szükség esetén pedig lehetőség van a mesterséges vízutánpótlásra is.

Az éghajlati viszonyok jellemzésére a Walter-Lieth-féle klímadiagramot alkalmaztuk az 1981-2010-es évek meteorológiai adatai alapján, amelyhez a www.carpatclim-eu.org internetes oldalról származó adatokat használtuk fel Győr makroklímájára vonatkozóan.

A püspöki kertben 6 helyszínen végeztünk fúrásos talajfeltárást, szisztematikus, rétegenkénti (0-30 cm, 30-60 cm, 60-100 cm) mintavételezéssel (2. ábra). A helyszíni leírás során GPS-szel rögzítettük a mintavételi pontok helyét, valamint elkészítettük a talajminták helyszíni leírását, úgy, mint a szín, humusztartalom, szénsavas mézsttartalom, szerkezet, tömörödöttség, fizikai talajféleség. Az eredményeket jegyzőkönyvben rögzítettük. A talajmintákat a Magyar Szabványban megadott vizsgálati módszerek alapján vizsgáltuk a SOE KTI Akkreditált Talajlaboratóriumában.

A talajtérképek a mintavételi pontok koordinátái és az egyes pontokban meghatározott CaCO_3 , Humusz% és Iszap+Agyag% értékek interpolációjával készültek. A három térképen egy-egy jellemző 6 értékét interpoláltuk a radiális bázisú (thin plate spline) térbeli interpolációs eljárással Surfer programmal. A felületet izovonalas, izofeliratos, magassági színézésű térképen jelenítettük meg. A térképen pirossal látszanak a felvételi helyek, szürkével az épületek is.



2. ábra: Terepi munkálatok: talajmintavétel

A kert és környezetének légifelmérését, és a képanyag feldolgozását a Park-Erdő Stúdió Kft. munkatársai végezték. A repülés 55 méteres magasságban, DJI Mavic Air 2 típusú quadrokopterrel történt (3. ábra). A fényképek a soron belül, és a sorok között is 70 – 80%-os átfedéssel készültek, összesen 2,3 hektár területet fednek le.

A lézeres felmérést Leica Scan Station® P40 típusú, felsőkategóriájú földi lézerszkennelvel végeztük. A letapogatás névleges ponttávolsága 10 méter távolságban 3 mm, a távmérés hatósugara 120 méter. Egy álláspontból nagyságrendileg 100 millió koordináta rögzítése történik meg. A kertben nyolc álláspontból végeztünk lézerszkennelést, ami az ültetett faegyedek döntő többségére, és az épület kerttel kapcsolatos falfelületeire terjedt ki. A felmért ponthalmazok térképi rendszerbe (azaz vetületi és magassági rendszerbe) történő beillesztése céljából valamennyi álláspont koordinátáit meghatároztuk, amihez geodéziai pontosságú Leica Viva GS16® GNSS vevőt és RTK mérési módszert alkalmaztunk. Az egyes pontfelhők térbeli regisztrációját jeltárcsákra történő mérések alapján végeztük el. A feldolgozáshoz a Leica Cyclone® és CloudCompare szoftvereket használtunk (Brolly et al., 2019). A tájékozás után feladatunk a pontmérések tematikus osztályokba sorolása; úgymint terep pontok, épületek, és a növényzet pontjai. A pontok osztályozását számítógépes algoritmusok és vizuális interpretáció alkalmazásával végeztük el.



3. ábra: Terepi munkálatok: geomatikai felmérés

A geomatikai felméréssel párhuzamosan zajlott a fakataszter felmérés, mely során fafaj, átmérő, magasság, koronaméret, egészségi állapotot jellemzőket rögzítettünk, és ahol szükségesnek láttuk, ott Fakopp, illetve húzásos gyökérvizsgálat történt.

Az ökológiai állapotfelvétel, geomatikai felmérések és fakataszter vizsgálatok alapján elkészült a kertre vonatkozóan egy zöldfelület kezelési és növényápolási ajánlás, melynek

segítségével a kert hosszú távú kezelése és fenntartása megvalósulhat, beleértve a faállomány gazdálkodást is. A kertépítészeti koncepcióterv és növénykiültetési terv mellett, egy háromdimenziós geodesign modell is készült a kertről, mely a koncepció látványos, térbeli bemutatására szolgál.

A zöldfelületek kertépítészeti felvételezése alapján elmondható, hogy a kert jelenlegi állapotában is rendezett látványt nyújt, azonban a koros fák és nagyméretű örökzöldek túlsúlya miatt nehezen átlátható és egyszínű. Ugyanakkor több helyen megfigyelhető a hosszú távú koncepció hiánya, a zöldfelületek használatára és formai megjelenésére vonatkozóan.

A tervezési folyamat első lépéseként a következő irányelveket és célokat határoztuk meg:

- Könnyű fenntartás és kezelhetőség, a terület nagyságából fakadóan
- A környezeti feltételekhez jól alkalmazkodó, változatos növényválasztás
- Az örökzöldek és nagyméretű fásszárú növények ellensúlyozása virágzó évelőkkel és díszcserjékkel
- Hosszútávú koncepció, mely magában foglalja az idős, beteg fák fokozatos, ütemezett leváltását és az átlátható, esztétikailag egészséges megjelenést

Eredmények

A klimatikus adatok alapján zárt fás vegetáció fenntartásához nincs elegendő csapadék a tájban. Általánosságban ezért olyan fajtákat kell ültetni, amelyek jobban bírják a hőmérsékleti szélsőségeket, kiemelten a nyári hőségnapok magas átlaghőmérsékletét. A mediterrán jellegű fák alkalmazásának a téli fagyok szabhatnak határt, de ez csak a fiatal fák esetében lesz behatároló tényező. Öntözéssel az aszályos időszakok csapadékhiánya teljesen át-hidalható. A püspöki park talaja eredetét tekintve gyengén meszes, meszes (alkalikus) homokos, iszapos üledék.

A szénsavas mésztartalom ($\text{CaCO}_3\%$) mennyisége a mérések alapján az egész kertben egyöntetűen magas, a talajfelszíntől kezdődően végig a teljes vizsgált mélységben. A kémiai egyensúlyokat figyelembe véve ez már önmagában 8,2-7,2 közötti pH-értékeket határoz meg. A kertben kifejezetten az alkalikus kémiai talajállapotot elviselő, kedvelő növényzet telepítése lehetséges. Savanyúságot kedvelő növényzet csak talajcsere esetén javasolt.

Következtetésként javasolt a növényzet pótlólagos vízellátása öntözéssel, beépített, automatizált öntözőrendszerrel. A ma már beszerezhető okos-szenzorok segítségével folyamatosan biztosítható a megfelelő talajnedvesség-állapot. Célszerű az ún. szántóföldi vízkapacitás beállítása, amikor a talaj pórusainak kb. fele vízzel, másik fele levegővel telt. Ilyen automatizált rendszerrel csökkenthető az élőkommunka igény, folyamatosan optimális vízellátottság érhető el.

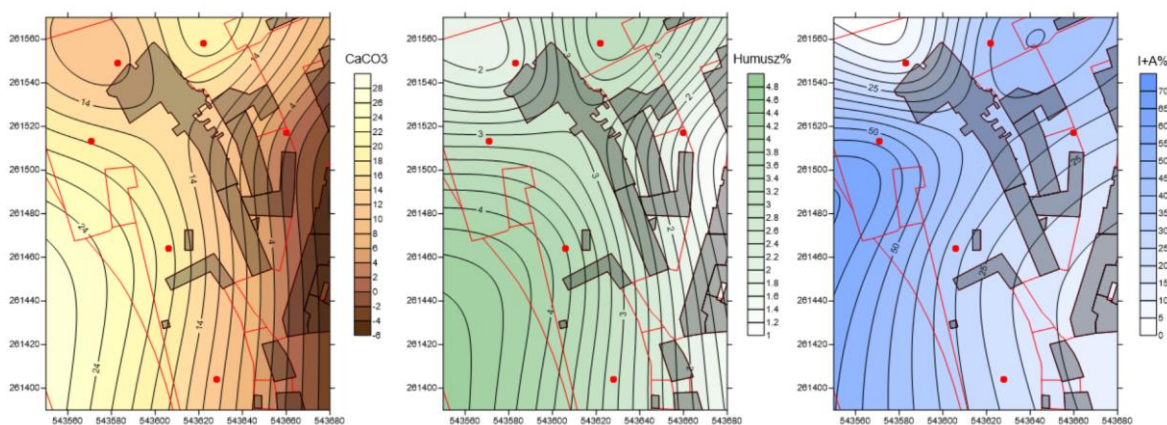
A növényi növekedéshez elengedhetetlen tápanyagok jelenlétének vizsgálatára a talaj **humusztartalmát** mértük meg. A humusz számos előnyös tulajdonsággal ruházza fel a talajokat: a növények számára elérhető formában képes nagy mennyiségű tápanyagot, de vizet is tárolni. Megfelelő tápanyagellátottságot tesz lehetővé, amennyiben társul jó víz- és levegőellátottsággal, valamint kedvező kémiai talajállapottal.

A püspöki kertben az összes talajvizsgálati pontban kedvező, jó humuszellátottság áll rendelkezésre. Tápanyaghiánnyal nem kell számolni. A tápanyagok feltáródása, vagyis növények által elérhető formára alakulása a humuszanyagok folyamatos lebomlása és talajoldatba történő beoldódása révén biztosítható. Esetünkben tehát – megfelelő vízellátottság mellett – tápanyagutánpótlás nem szükséges.

A talajok fizikai tulajdonságainak jellemzésére meghatároztuk a **fizikai féleséget**. A püspöki kertben elsősorban vályog és homokos vályog, két vizsgálati pontban pedig homok/homokos vályog ill. homok talajanyagot találunk. A vályog a kiegyenlített szemcseméret eloszlás kategóriája, a talaj elegendő mennyiségben tartalmaz finom és durvább

részecskéket. Ennek megfelelően a pórusok átmérőtartománya egyenletesen oszlik meg, biztosított a megfelelő víz- és levegőtárolás egyszerre. Két vizsgálati pontban a homok fizikai féleség gyengébb vízvisszatartó és tápanyag-tároló képességgel rendelkezik, itt fontos a megfelelő öntözés.

A fontosabb vizsgálati adatainkat térképen is ábrázoltuk (5. ábra). Megállapítható, hogy a püspöki kert talajának szénsavas mésztartalma az 1-5. pontok esetében egységesen magas, 11-18% közötti, az értékek enyhén emelkednek a nyugati fal felé. Az előkertben a sűrű növényzettel fedett 6. pont esetében is még 4%-os, közepesen meszes viszonyokat találtunk. A humusztartalom esetében hasonlóan az 1-5. pontokban közepes 2,5-3,7% értékek az egységesen kedvező tápanyagellátottságra utalnak, míg a 6. pontban valamivel alacsonyabb érték még szintén közepes-jó ellátottságot biztosíthat a növények számára. A térbeli kiterjesztés jelentős változásokat nem mutat. A talaj fizikai összetétel (szemcsék nagysága, iszap+agyagtartalom) az északi részen (2. pont) és a kert déli részén (5. pont) gyengébb víztartó képességet jelez, ezt az öntözés tervezésénél figyelembe kell venni! A kék színnel jelölt többi részterületen a vályogos talajfelszín kedvezőbb, a megfelelő talajnedvesség kíméletes öntözéssel fenntartható.

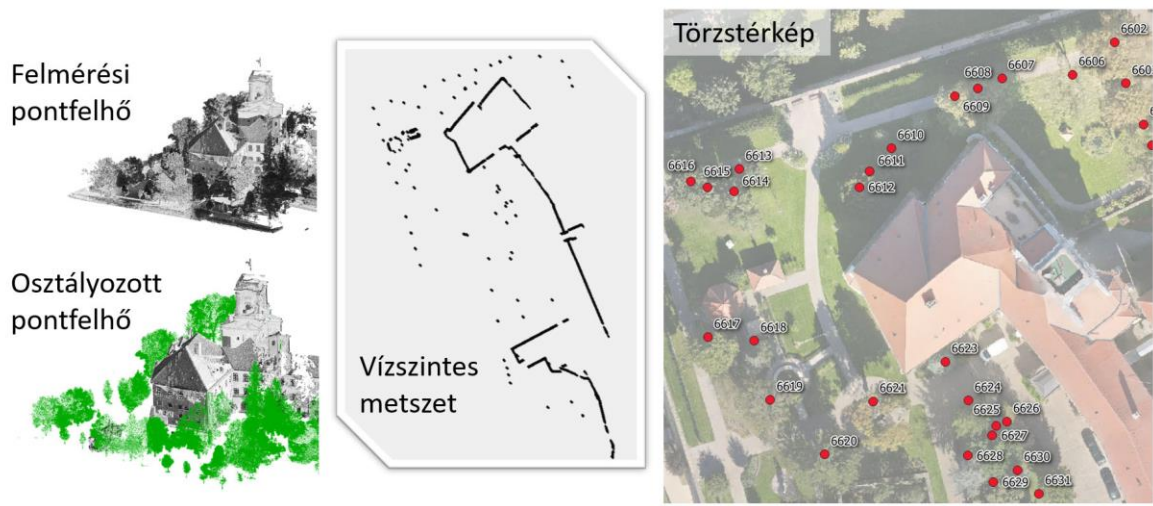


5. ábra: Három jellemző (CaCO_3 , Humusz%, $I+A\%$) talajtérképe

A légifényképezést követő irodai feldolgozás során nagyfelbontású ortofotó-mozaik készült, ami a kert állapotfelmérésének, és a későbbi tervezésnek háttérképeként szolgált. A lézershkennelrel mért tereppontok közbesítésével (interpolációjával) előállítottuk a terület domborzatmodelljét, ami az épületek és a fák magasságának meghatározásához szükséges. A tervezéshez szükséges épületmagasságokat a lézershkennelrel mért adatok alapján határoztuk meg.

Elkészítettük a felmért ponthalmaz vízszintes metszetét a földfelszín fölötti 1 méteres magasságban (7. ábra). A fák egy méter magasságban készített vízszintes metszetén egyértelműen meghatározható a fa pontos pozíciója a kertben, ami elengedhetetlen a különböző állapotfelméleti módszerek összehangolása szempontjából, hiszen a fa helye egyben a fa azonosítását is szolgálja. A helyszíni állapotfelmélet során, navigációs GPS készülékkel közelítő pontossággal mért fa pozíciókat a lézershkennelrel mért ponthalmazból levezetett fa pozíciókkal pontosítottuk (Brolly et al., 2015).

A törzsek átmérőjét és famagasságát is meghatároztuk a ponthalmazból. A felvétel szempontjából ezek a leíró adatok csak tájékoztató jellegűek, ám nagyon hasznosak lehetnek, mert a hagyományos felmérés eredményekkel való összehasonlításuk segít a helyszínen elkövetett mérési hibák kiszűrésében, javításában, sőt akár a kimaradt mérések pótlásában is.



7. ábra: Geomatikai felmérés eredménye, pontfelhő osztályozás és vízszintes metszete a felismert törzsekkel és falakkal, törzstérkép az ortofotón

A kert fáiról részletes fakataszter adatbázis készült, mely tartalmazza a pozíciót, fajfaj megnevezését, átmérőt, magasságot, koronaátmérőt, egészségi állapotot, ahol szükséges volt, ott a Fakopp vizsgálat és a húzásos gyökérvizsgálat csatolt dokumentumait.

Az elkészült kertépítészeti koncepció alapvetően egy elegáns, visszafogott, ugyanakkor vidám, játékos megjelenést kölcsönöz a kertnek, mely feloldja a többhelyen szigorú, geometrikus vonalvezetést. Ezt egyfelől különböző habitusú díszfák és cserjék, másfelől vegyes évelőágyások tudatos alkalmazásával érjük el. A koncepcióterv a kert főbb formai elemeit és térstruktúráját tartalmazza, míg a háromdimenziós modellről készült képek a kert valós hangulatát idézik az új koncepció tükrében.



8. ábra: Zöldfelületi koncepcióterv

Az egyik legfontosabb tervezési feladat, a kertbe ÉNy-i irányból érkező erős szél feltartóztatása, mely a növényállományt nagyban károsítja. Ennek ellensúlyozására a meglévő tiszafa sövény mögé úgynevezett táblafák telepítése javasolt, melyek vízszintes kialakítású koronarendszere mérsékli a kertbe beérkező szellőkések intenzitását. Az épület Ny-i homlokzatán már a múlt század elején alkalmazták a manapság egyre népszerűbb ‘zöld falat’, a homlokzatra futtatott borostyán segítségével. Az új koncepcióban ennek mintájára oszlopos növekedésű díszkörtefák dobják fel az egyébként fehér falfelületet, a homlokzat károsítása és az épület árnyékolása nélkül. A fák alatt keskeny évelőágyás kap helyet, gömb tiszafák és alacsony virágzó évelők társításával.

A kör alakú medence köré négy darab alacsony termetű, többtörzsű megjelenésű júdásfa kerül telepítésre, melyek oldják a geometrikus vonalvezetést, hozzájárulnak a hangulatos és bensőséges térszerkezet kialakításához. A kert déli részén található gyümölcsös- és zöldségeskert egy új, kolostorokban megszokott, hagyományos stílusban tervezett gyógynövénykerttel bővül, mely a pihenés és elmélkedés helyszínéül szolgál, padokkal és félig nyitott pavilonnal.



9. ábra: Geodesign, 3D modell a kertről, észak nyugati irányból

A növényalkalmazás tudatosan követi az ökológiai állapotfelmérés eredményeit, miszerint a területen alapvetően mészkedvelő és mésztűrő növényfajok telepíthetőek. Az új koncepcióban többek között gyertyán, díszkörte, tiszafa, cserjés hortenzia, nyári orgona, szellőrózsa, különféle díszfüvek és virágzó évelők kerülnek felhasználásra. Az évelőágyások egész évben díszítik a kertet és ápolási igényük az egynyári kiültetésekhez képest csekély. Amíg a növények kicsik, mulcsozással akadályozható meg a gyomosodás és a föld kiszáradása. Amint azonban a növények elérik végső méretüket és záródik az állomány gyakorlatilag gyommentesen tartható az ágyás és évi két, maximum három alkalommal kell ápolási munkát végezni rajtuk.



10. ábra: Geodesign, 3D kerttervezés részlete

Köszönetnyilvánítás

A Györi Püspökségnek és a Soproni Egyetem vezetésének a felkérésért és a támogatásért. A kutatás a „Fás biomassa termesztési feltételeinek vizsgálata” (GINOP-2.3.3-15-2016-00039) projekt támogatásával valósult meg

Irodalomjegyzék

BROLLY G., KIRÁLY G., CZIMBER K. (2015): FEJLESZTÉSEK EGYESFÁK DENDROMETRIAI JELLEMZŐINEK AUTOMATIZÁLT MEGHATÁROZÁSÁRA FÖLDI LÉZERSZKENNER ADATOKBÓL. V. KARI TUDOMÁNYOS KONFERENCIA. NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM, ERDŐMÉRNÖKI KAR, SOPRON. 67-72

BROLLY G., KIRÁLY G., BAZSÓ T., PRIMUSZ P. (2019): TÖBB MŰSZERÁLLÁSBÓL KÉSZÍTETT LÉZERSZKENNELÉSEK TÁJÉKOZÁSA ERDŐÁLLOMÁNYOK FELMÉRÉSE CÉLJÁBÓL. SOPRONI EGYETEM, ERDŐMÉRNÖKI KAR, VII. KARI TUDOMÁNYOS KONFERENCIA (SOPRON, 2019.02.12.). P. 48-53

MÁTYÁS CS. – FÜHRER E. – BERKI I. – CSÓKA GY. – DRÜSZLER Á. – LAKATOS F. – MÓRICZ N., RASZTOVICS E. – SOMOGYI Z. – VEPERDI G. – VIG P. – GÁLOS B. (2010): Erdők a szárazsági határon. Klíma 21 Füzetek 61: 84-97.

<http://www.carpatclim-eu.org/pages/>

SOPRONI EGYETEM – ZÖLD EGYETEM A FENNTARTHATÓSÁGI VILÁGRANGSOROK TÜKRÉBEN

University of Sopron - Green University from the Perspective of World Sustainability Rankings

POLGÁR ANDRÁS¹ – ELEKNÉ FODOR VERONIKA¹ – ZSIDÁKOVITS NORBERT² – KOVÁCS ZOLTÁN³ – LAKATOS BARBARA⁴ – LAKATOS FERENC⁵ – FÁBIÁN ATTILA GÁBOR⁶

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

²Soproni Egyetem, Gazdasági Főigazgatóság, Műszaki és Fejlesztési Igazgatóság

³Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet

⁴Soproni Egyetem, Kutatási és Külügyi Rektorhelyettesi Iroda

⁵Soproni Egyetem, Kutatási és Külügyi Rektorhelyettes

⁶Soproni Egyetem, Rektor

polgar.andras@uni-sopron.hu

Kivonat

A Soproni Egyetem, mint Zöld Egyetem fenntartható fejlődés iránt tett erőfeszítéseinek értékelése kulcsfontosságú a további fejlesztési, stratégiai elképzelések megfogalmazásához, valamint a környezeti teljesítmény alakulásának objektív méréséhez. A fenntarthatósággal kapcsolatos teljesítményünk hazai és egyben nemzetközi mérésének, rangsorolásának és viszonyításának egyik kiváló eszköze az Indonéz Egyetem (Universitas Indonesia) által felsőoktatási intézményekre kifejlesztett, mutatószámokon alapuló „UI GreenMetric World University Rankings” módszer. Nagy jelentőséggel bír a „Times Higher Education (THE) Impact Rankings” kritériumrendszer alkalmazása is, mely az egyetemek társadalomra gyakorolt hatását mutatja be az ENSZ Fenntartható Fejlődési Céljainak (SDGs) megvalósításában elért siker alapján. Tanulmányunkban bemutatjuk a Soproni Egyetem környezeti és fenntarthatósági teljesítményértékelését. Ismertetjük az elmúlt két értékelési ciklus tapasztalatait és az elért pontszámok, valamint helyezések alakulását a 2021-es évben.

Abstract

The evaluation of the efforts of the University of Sopron as a Green University towards sustainable development is the key to formulate further development, strategy, as well as to objectively measure the development of environmental performance.

One of the excellent tools for measuring, ranking and comparing our sustainability performance both domestically and internationally is the indicator-based 'UI GreenMetric World University Rankings' method developed by the University of Indonesia for higher education institutions.

Also of great importance is the use of the 'Times Higher Education (THE) Impact Rankings' criteria system, which shows the impact of universities on society based on their success in achieving the UN Sustainable Development Goals (SDGs).

In our study, we present the environmental and sustainability performance evaluation of the University of Sopron. We describe the experiences of the last two evaluation cycles and the development of the scores and rankings achieved in 2021.

Bevezetés

A Soproni Egyetem múltjából adódóan, szellemiségében mindig is magáénak tudta a „Zöld Egyetem Konceptiót”, melynek megvalósítása intézményi szinten összetett feladat. Egyetemünk a természeti, társadalmi, emberi környezetet az életminőség megőrzése és javítása érdekében igyekszik alakítani. Karait és tevékenységét a környezettudatos gondolkodásmód jellemzi. Apolja az erkölcsi és emberi értékeket, célkitűzéseivel és működésével a

régió és az egész ország szellemi felemelkedését szolgálja. Küldetése szerint: „Folyamatosan megújuló, (m)értékdadó, egyetemi tudásközpont Közép-Európában.” (FFS 2019)

Az egyetemek oktatási és kutatási tevékenységük révén kiemelkedő szerepet töltenek be a fenntarthatósággal kapcsolatos környezeti, társadalmi és gazdasági szakmai ismeretek átadása és a tudatformálás területén. Mindezek mellett, mint intézmények, folyamataik tekintetében is elkötelezettek kell, hogy legyenek az energiahatékonyság, tiszta energia-, takarékos víz- és anyaghasználat, a hulladékok keletkezésének elkerülése és az újrahasznosítás mellett.

A Soproni Egyetem már régóta elkötelezett a fenntartható, környezetbarát működés mellett, mely szemlélet az Egyetem négy karán (Benedek Elek Pedagógiai Kar, Erdőmérnöki Kar, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Lámfalussy Sándor Közgazdaságtudományi Kar), továbbá tudományos intézetében (Erdészeti Tudományos Intézet) az oktatott tantárgyakban és a kutatásokban is nagy hangsúlyt kap, valamint egyre inkább átszövi a mindennapi működést is. Ennek megfelelően mind a képzésekben (a kisgyermekneveléstől kezdve), mind a kutatási, szolgáltatások portfóliójában és a harmadik missziós tevékenységekben is megjelenik a környezettudatosság: a klímakutatások, klímaadaptáció, energiahatékonyság, alternatív energiák, fenntartható és megújuló anyagok és termékek, hulladékgazdálkodás, körkörös gazdaság, szemléletformálás és nevelés területei (URL1).



1. ábra. Zöld (és Fenntartható) Egyetem Konceptió komplex ábrázolása a kiindulási feltételek, alkalmazási területek, rendszerelemek, sikertényezők, teljesítményértékelés szerint (saját szerkesztés)

Értelmezésünk szerint a „Zöld (és Fenntartható) Egyetem Konceptió” fenntarthatósági gyökerekkel rendelkezik. Kiindulási feltételei között található meg a fenntartható fejlődés filozófiája, ami a környezet, a társadalom és a gazdaság közötti egyensúly elérését lényegesnek tekinti ahhoz, hogy a jelen szükségletei úgy teljesüljenek, hogy ne veszélyeztessék a jövő generációk esélyét arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket. A fenntartható fejlődést, mint célt a fenntarthatóság három pillérének (környezet – társadalom – gazdaság) egyensúlyával érik el (ISO 2015). Társadalmi elvárások alakultak ki a fenntartható fejlődés, az átláthatóság és az elszámoltathatóság iránt, az egyre szigorodó jogszabályok, a környezetszennyezésből, az erőforrások nem hatékony felhasználásából, a helytelen

hulladékgazdálkodásból, a klímaváltozásból, az ökoszisztémák leromlásából és a biológiai sokféleség elvesztéséből származó, a környezetre gyakorolt növekvő nyomás mellett. Ez arra készítette a szervezeteket, hogy módszeres megközelítést alkalmazzanak az erőfeszítések támogatására, ezt hivatott szolgálni a Soproni Egyetem „Zöld (és Fenntartható) Egyetem Konceptiója” (ISO 2015). Keretrendszerként biztosítja az intézményi környezeti teljesítmény folyamatos fejlesztését és a fenntarthatósági pillérekhez való hozzájárulást, amennyiben a meghatározott környezetirányítási rendszer elemek mentén szerveződik a működés, úgymint: alkalmazási terület rögzítése; környezeti politika megalkotása; szerepek, felelősségi körök és hatáskörök rögzítése; megfelelőségi kötelezettségek nyomon követése és figyelembe vétele; SMART célok kitűzése; támogatás és erőforrások biztosítása; dokumentáltság; felkészültség; marketing és kommunikáció, vezetői átvizsgálás.

A „Zöld (és Fenntartható) Egyetem Konceptió” hatékonysága számos sikertényezőtől is függ, melyek: a vezetői és alkalmazotti elkötelezettség; stratégiai megközelítés; integrált szemlélet; PDCA-elv alkalmazása; folyamatos fejlesztés elve; folyamatszempléletben való megközelítés; tudatos önértékelés rendszerének kialakítása; értékelési ciklusok kialakítása; harmadik fél általi megerősítés; környezeti és fenntarthatósági teljesítményértékelés; „brand” építés.

A környezeti és fenntarthatósági teljesítményértékelés több vonalon valósulhat meg. A tanúsított MSZ EN ISO 14001:2015 szabvány szerinti intézményi környezetközpontú irányítási rendszer sikeres tanúsítása a nemzetközi szabvány követelményeinek való megfelelést igazolja. Emellett kiemelt fontosságú, hogy az egyetem hazai és nemzetközi szinten is összehasonlíthassa erőfeszítéseinek eredményeit más felsőoktatási intézményével. Ennek kiváló lehetősége az egyetemek fenntarthatósági nemzetközi rangsorolásában való részvétel. A rangsorokban alkalmazott meghatározott indikátorrendszer mentén mérhető és támasztható alá a teljesítmény. Ez elősegíti a válaszok megadását a változó környezeti körülményekre.

Tanulmányunkban célul tűztük ki a Soproni Egyetem környezeti és fenntarthatósági teljesítményértékelésének bemutatását a „UI GreenMetric World University Rankings” alapján elért teljesítmény alapján. Ismertetjük az elmúlt két értékelési ciklus tapasztalatait és az elért pontszámok, valamint helyezések alakulását a 2021-es évben.

Anyag és módszer

A Soproni Egyetem fenntartható fejlődés iránt tett erőfeszítéseinek értékelése, belső-külső megítélése kulcsfontosságú a további fejlesztési, stratégiai elképzelések megfogalmazásához, valamint a környezeti teljesítmény alakulásának objektív méréséhez.

A „Zöld Egyetem” ideológia megvalósulásának környezeti teljesítményértékelése és minősítése két vonalon valósulhat meg:

- az egyik lehetőség a szervezet idősoros környezeti mutatóinak (KIR-hez, környezetirányítási rendszerhez kapcsolódóan) nyomon követése (belső értékelés),
- a másik lehetőség a hazai, valamint nemzetközi szinten más egyetemekhez való viszonyítás, amely pl. egységesített, felsőoktatási intézményekre kidolgozott indikátorokon alapuló rangsorolás szerint végezhető el (külső értékelés).

Mindkét megoldás (belső-külső értékelés) megalapozza a szervezet rövid-, közép- és hosszútávú folyamatos fejlesztését.

A fenntarthatósággal kapcsolatos teljesítményünk hazai és egyben nemzetközi mérésének, rangsorolásának és viszonyításának egyik kiváló eszköze az Indonéz Egyetem (Universitas Indonesia) által felsőoktatási intézményekre kifejlesztett, mutatószámokon alapuló „UI GreenMetric World University Rankings” módszer. Nagy jelentőséggel bír a „Times Higher Education (THE) Impact Rankings” kritériumrendszer alkalmazása is, mely az egyetemek

társadalomra gyakorolt hatását mutatja be az ENSZ Fenntartható Fejlődési Céljainak (SDGs) megvalósításában elért siker alapján.

A világszinten alkalmazott, kifejezetten egyetemeken fenntarthatósági rangsorolására vagy értékelésére kifejlesztett eljárásokra való felkészülés során az egyetem tovább fejlesztheti, kibővítheti az MSZ EN ISO 14001 szerinti Környezetközpontú Irányítási Rendszerében a környezeti teljesítménye mérésére kidolgozott indikátorait.

A presztizs értékű „UI GreenMetric World University Rankings” világrangsort 2010-ben hívták életre az egyetemi kampuszok fenntarthatóságáért tett erőfeszítések mérésére. Az akkor, a világ 35 országának 95 egyetemével induló kezdeményezés 2021-re 80 ország 956 legzöldebb egyetemét tömöríti. Eddig 14 hazai egyetem vett részt a rangsorolásban (URL2).

1. táblázat. „UI GreenMetric” résztvevők számának alakulása Magyarország (2010-2021) (Összesen 14 hazai egyetem) (saját szerkesztés)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
SZTE	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
DE		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ÓE		x	x	x	x	x	x	x	x			
ELTE		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Corvinus				x	x	x	x	x	x			x
SZIE					x	x	x	x	x			
ME						x	x	x	x	x	x	x
PTE							x	x	x	x	x	x
BME								x				
BGE									x	x	x	x
METU										x	x	x
SoE											x	x
SE												x
PE												x

„Ez azt mutatja, hogy az „UI GreenMetric”-et nemzetközileg elismerték, mint a világ első és egyetlen, fenntarthatóságról szóló egyetemi rangsorát.” (UI GREENMETRIC GUIDELINE 2019) Az egyetlen, kifejezetten környezeti fókusszal rendelkező egyetemi rangsorolás (JUNAIDI 2022).

A „UI GreenMetric World University Rankings” által alkalmazott indikátorok 2010 óta jelentős fejlődésen mentek keresztül (2010: 5 kategória, 23 mutató; 2011: 34 mutató; 2012: 6. kategória bevonása („Oktatás és kutatás”), 33 mutató; 2015: további indikátorok: karbonlábnyom (+2 mutató); 2016: online forma; 2017: jelentős változás (fenntarthatósági kérdések); 2018: több új mutató („Egyetemek, Hatások és Fenntartható Fejlődési Célok (SDG)”: zöldfelületek, energiatakarékos eszközök, intelligens épületek, megújuló energia, ÜHG redukációs tevékenységek, közlekedés, zéró emissziós járművek; 2019: kis változások (intelligens épületek); 2020: nincs jelentős változás; 2021: közösségi szerep, COVID-19 pandémia kezelése). 2021-ben az alábbi 6 fő kategóriákban értékeli az egyetemeken erőfeszítéseit.

2. táblázat. „UI GreenMetric” rangsorolásnál használt kategóriák, súlyuk és az indikátorok száma (UI GreenMetric Guideline, 2021) (saját szerkesztés)

Ssz	Kategória	Összpontszám szerinti százalékos arány (%)	Indikátorok száma
1	Elhelyezkedés és infrastruktúra (SI)	15	24
2	Energiafelhasználás és klímaváltozás (EC)	21	14
3	Hulladékgazdálkodás (WS)	18	6
4	Vízgazdálkodás (WR)	10	5
5	Közlekedés (TR)	18	17
6	Oktatás és kutatás (ED)	18	16
	Összesen	100	82

Az „UI GreenMetric” indikátor rendszere nagy hangsúlyt fektet az egyetemek felelőségének kérdéseire az ENSZ Agenda 2030 – Fenntartható Fejlődési Célok (SDGs) és a világszintű komplex kihívások vonatkozásában, különösen a Covid-19 pandémiával való küzdelemre. Mérőszámai között az „Education and Research (ED) – Oktatás és Kutatás” terület kapcsolódik a legtöbb SDG-hez (13 db SDGs) (UI GREENMETRIC GUIDELINE 2020).



2. ábra. „UI GreenMetric” fő indikátor csoportjai és a Fenntartható Fejlődési Célok kapcsolata (UI GreenMetric Guideline, 2020).

A „UI GreenMetric” mutatókon keresztül a „zöld teljesítmény” objektíven mérhetővé válik, ami kiváló alapját jelenti a fenntarthatósággal kapcsolatos célirányos fejlesztéseknek és az évről évre való előrehaladás kiértékelésének.

Kiemelt „UI GreenMetric” fenntarthatósági indikátorok az oktatási tevékenység és tudományos munka mérésére, a következők:

- Fenntarthatósági kurzusok az összes kurzus arányában
- Fenntarthatósági kutatások forrásainak aránya az összes kutatási forráshoz képest
- Fenntarthatósághoz kapcsolódó tudományos publikációk száma
- Fenntarthatósághoz kapcsolódó események száma
- Fenntarthatósággal kapcsolatos hallgatói szervezetek száma
- Az egyetem fenntarthatósági célokra fordított egy éves költségvetése százalékos arányban a teljes egyetemi költségvetéshez képest (UI GREENMETRIC GUIDELINE 2021).

A Soproni Egyetem részvétele során az egyes értékelési kategóriákban elemzéseket kellett végeznünk az intézmény zöldfelületei, beépített és nyitott terei, energiatakarékos eszközei,

épületállománya, megújuló energiaforrásai, energiafelhasználása, üvegházhatású gázok kibocsátása, ennek csökkentésére tett intézkedései, hulladékkezelési és újrahasznosítási elvei, szelektív hulladékgyűjtése, vízvédelmi programja, zéró emissziós járművekkel kapcsolatos sajátosságai, fenntarthatósággal kapcsolatos kurzusai, öntevékeny hallgatói szervezetei és tudományos publikációi tekintetében.

Eredmények

A Soproni Egyetem szakmai elgondolása szerint, a fenntarthatóságot előtérbe helyező szemlélet az innovatív működés és oktatás garanciája.

Egyetemünk intézményi „zöld működésére” jellemző a legmagasabb követelményeknek való megfelelés:

- Tanúsított MSZ EN ISO 14001:2015 nemzetközi szabvány szerinti környezetközpontú irányítási rendszerrel (KIR) rendelkezünk, folyamatosan fejlesztjük és optimalizáljuk folyamatainkat a környezetbarát és energiahatékony működés érdekében.
- Egyetemünk megújuló energiaforrások használatára, energiahatékony berendezések és eszközök működtetésére törekszik.
- Intézményünk szerepel a „UI Green Metric World University Rankings” nemzetközi világranglistán, amely a legzöldebb egyetemeket tömöríti, fő kezdeményezéseink a „UI GreenMetric” irányelvek mentén valósulnak meg.
- Az ENSZ Fenntartható Fejlődési Célkitűzések (SDGs) érdekében tett intézményi erőfeszítéseinket a „THE Impact Rankings” nemzetközi világranglistán való megmérettetéssel igazoljuk.
- Rendszeresen elkészítjük és publikáljuk intézményi "Fenntarthatósági Jelentés"-ünket, valamint "SDG Jelentés"-ünket, továbbá éves szervezeti karbonlábnyom számításunkat.
- Egyetemünk törekszik a Zöld Iroda koncepció gyakorlati megvalósítására.
- Egyetemi fásítási programot tartunk fenn: minden évben, az őszi félévre felvett valamennyi elsős hallgatója után a Soproni Egyetem egy új csemetét ültet Sopronban és környékén, így nem csak a társadalom lesz gazdagabb jól képzett szakemberekkel néhány év múlva, hanem az erdővel borított területek nagysága is növekszik hazánkban. Az erdőterületek bővítése pedig kiemelten fontos a klímaváltozás elleni küzdelemben, a fásítás ugyanis a világon a leghatékonyabb, ember által véghez vihető szén-dioxid-megkötő tevékenység.
- Zöld Egyetemi Programjaink keretében számos kezdeményezést valósítunk meg, melyek jelentős szerepet játszanak minden egyetemi polgár fenntarthatósággal kapcsolatos tudatosságának növelésében és a megfelelő szemlélet formálásában.
- Támogatjuk a fenntarthatósággal foglalkozó hallgatói szervezeteinket tevékenységük minél hatékonyabb végzésében.

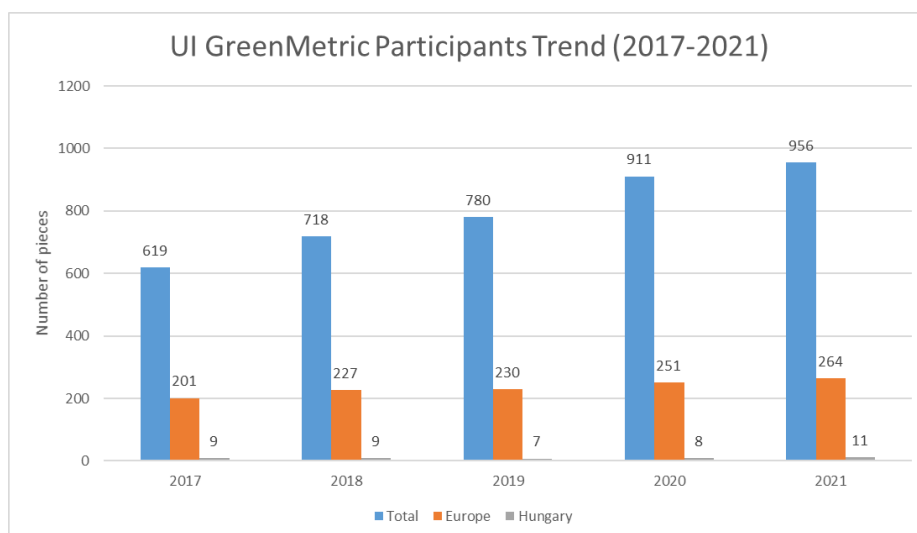
A Soproni Egyetem, mint „Zöld Egyeteme” a fenti szemléletből fakadóan maximálisan elkötelezett minden olyan kezdeményezés iránt, amely a gazdasági, társadalmi vagy természeti fenntarthatóságot szolgálja. Ezt az attitűdöt üzeni az Egyetem egyént és természetet középpontba állító „Természetesen Veled!” jelmondata is (URL1).

A Soproni Egyetem „UI GreenMetric” rangsorolásban elért eredményei

Az intézmény 2021-ben immár másodjára indult a megmérettetésben, ahol 80 ország 956 résztvevője közül az előkelő 282. helyet szerezte meg. A Soproni Egyetem az elért 6800 ponttal az ezüst fokozatban minősített egyetemek között kvalifikálta magát (Silver cluster: 5001-7500 pont), erős fokozatváltást felmutatva. A Soproni Egyetem világ szinten a TOP 30%-ban található, a 11 hazai egyetem között is erős helyezést tudhat magáénak. A nemzeti rangsorolásban a 3. legjobb magyar intézmény a fenntarthatósággal kapcsolatos „Oktatás és

kutatás” részterületen és a 2. legjobb magyar intézmény a „Vízgazdálkodás” értékelési kategóriában (URL2).

Fontos előrelépés az éves felmérésben való részvétel mellett, hogy 2021. augusztus 31-én a Soproni Egyetem - Prof. dr. Fábíán Attila rektor ezirányú nyilatkozatával - az „UI GreenMetric World University Rankings Network (UI GMWURN)” tagjává is vált, felismerve a tagság nyújtotta együttműködési lehetőségek fontosságát a fenntarthatósági kérdések kezelésében. A hálózati tagsággal könnyebben elérhetővé válnak az egyes egyetemi, intézményi fenntarthatósági programok, legjobb gyakorlatok, lehetővé téve az egymástól való tanulást és egymás erősítését.



3. ábra. „UI GreenMetric” résztvevők számának alakulása Világ, Európa és Magyarország (2017-2021) (saját szerkesztés)

Kimutatásunk szerint 2017-2021 között a teljes világrangsorban az európai egyetemek részvétele évenként 25-30% körüli. A rangsorolás 2021-ben Ázsia után (513 résztvevő) Európában volt a legnépszerűbb (261 résztvevő). A Soproni Egyetem 2021-ben bekerült az európai TOP 100-as listába is, a kontinens 88. helyezettjeként.

A 2021-es ranglista világsője a holland „Wageningen University & Research”, a második helyezett brit „University of Nottingham” vagy mint a harmadik helyezett holland „University of Groningen”.

A Soproni Egyetem (SoE) 2021-ben a hazai 11 indulóból a magyar 5. helyet hozta. Hazai egyetemek közül a világrangsorban 42. a Pécsi Tudományegyetem, 85. a Szegedi Tudományegyetem (SZTE), 206. a Debreceni Egyetem (DE), 238. az Eötvös Lóránd Tudományegyetem (ELTE), 476. a Semmelweis Egyetem (SE), 548. a Budapesti Gazdasági Egyetem (BGE), 610. a Pannon Egyetem (PE), 755. a Miskolci Egyetem (ME), 811. a Budapesti Metropolitan Egyetem (METU) és 869. a Budapesti Corvinus Egyetem (URL2).

3. táblázat. „UI GreenMetric” 2021. évi hazai résztvevői és rangsorolásuk (URL2) (saját szerkesztés)

Rank 2021	National	University	Rank 2021		Total Score
			Overall	Europe	
1		University of Pécs	42	25	8275
2		University of Szeged	85	36	7900
3		University of Debrecen	206	70	7150
4		Eötvös Loránd University Budapest	238	77	7000
5		University of Sopron	282	88	6800

6	Semmelweis University	476	142	5575
7	Budapest Business School	548	155	5200
8	University of Pannonia	610	174	4925
9	University of Miskolc	755	214	4025
10	Budapest Metropolitan University	811	228	3625
11	Corvinus University of Budapest	869	247	3075

A világrangsorban való elhelyezkedés nagyban függ a résztvevők aktuális számától és teljesítményétől, ezért a fejlődés megállapítására érdemes az összpontszámok idősoros értékelését áttekinteni, illetve az egyes részterületek pontszámait önállóan is vizsgálni.

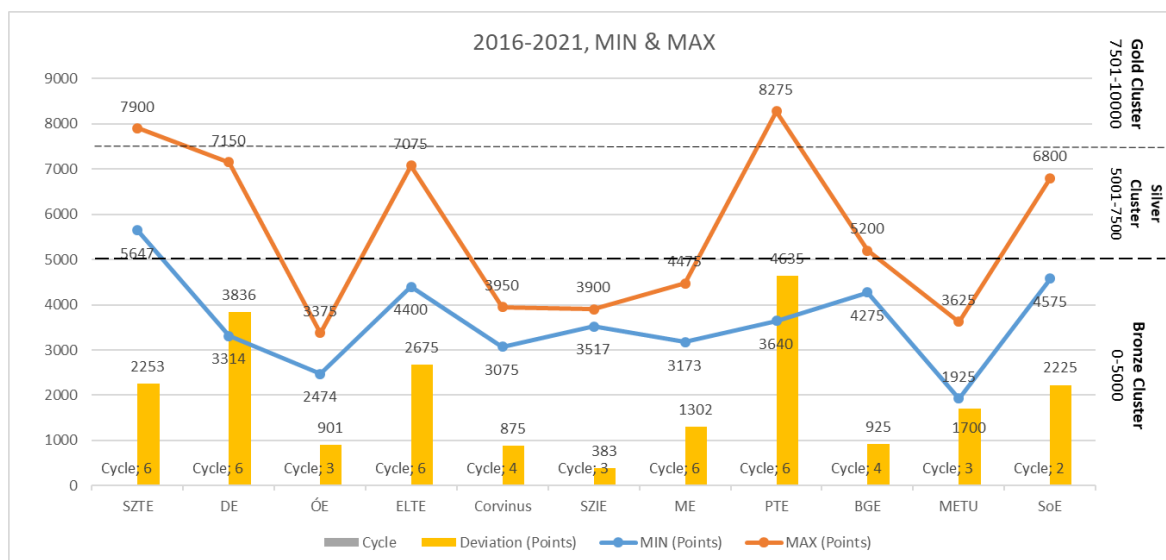


4-8. ábra. „UI GreenMetric” résztvevők pontszámának és helyezésének alakulása: SZTE, DE, ELTE, PTE és Soproni Egyetem (2016-2021) (saját szerkesztés)

A tavalyi felmérési eredményünkhöz képest 2021-ben jelentős javulást vártunk, mivel számos területen (intézményi, strukturális, műszaki) pozitív változások történtek, illetve több mutatót illetően részletes fejlesztéseket végeztünk a kategóriaugrások érdekében. 82 indikátor mentén kellett adatot szolgáltatnunk és alátámasztó dokumentumokat csatolnunk. Idén több, COVID-19 pandémia kezeléssel és a „Zöld Egyetem” közösségi szerepével kapcsolatos új indikátor is bekerült a rendszerbe.

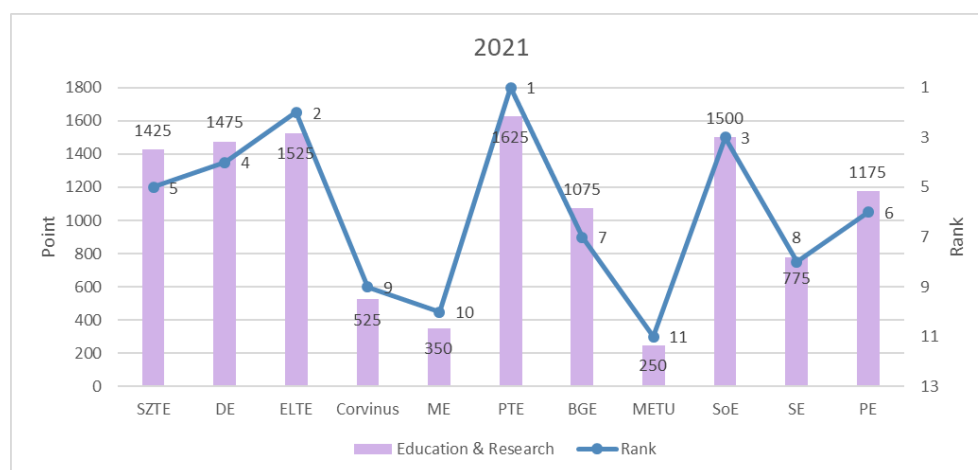
Az alábbi ábrán bemutatjuk 2016-2021 időszakban a hazai résztvevők közül a 2-6 db értékelési ciklussal rendelkező egyetemek minimális és maximális pontszámait, vagyis, hogy az intézmények a vizsgált időszakban milyen mértékben javultak. A hazai résztvevők minimum pontszámaikkal a „bronz” besorolásban helyezkedtek el: DE, ÓE, ELTE,

Corvinus, SZIE, ME, PTE, BGE, METU és Soproni Egyetem (kivéve: SZTE). Maximális pontszámaikkal „ezüst” fokozatba csak: DE (6 értékelési ciklus), ELTE (6 értékelési ciklus), BGE (4 értékelési ciklus) és Soproni Egyetem (2 értékelési ciklus) jutottak. Kiemelendő, hogy Soproni Egyetem kategóriaugrása két ciklus alatt valósult meg, ráadásul elhelyezkedése a felső kvartilisben alakult. „Arany” fokozatba 2021-ben PTE és SZTE kerültek.



9. ábra. „UI GreenMetric” hazai résztvevők minimum és maximum pontszámának alakulása, eltérése és az értékelési ciklusok darabszáma (2016-2021) (saját szerkesztés)

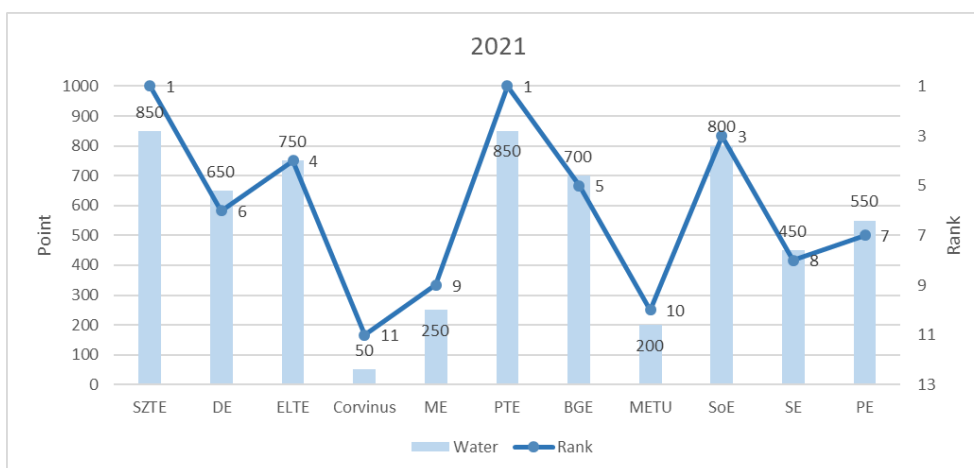
A Soproni Egyetem - a 2020-as bázisévhez képest - a „UI GreenMetric” felmérésben a 2021-es ciklusra nézve mind a 6 fő teljesítmény dimenzióban további fejlődést tudott felmutatni. Legjobbak az „Oktatás és kutatás” (teljesítmény: 83,33%, javulás: +20,83%) területén lettünk, ahol az elért pontszám (1500 pont) tekintetében hazai szinten a 3. helyre kerültünk.



10. ábra. „UI GreenMetric” hazai résztvevők pontszámai az „Oktatás és kutatás” értékelési kategóriában (2021) (saját szerkesztés)

A Soproni Egyetem fenntarthatósággal kapcsolatos kurzusai az összes kurzus arányában maximális minősítési értéket mutatnak, ami a több mint 60%-os mértéket jelent. Elmondhatjuk, hogy az egyetem képzéseinek fenntarthatósági orientációja alapján nemzetközi összehasonlításban is az élvonalba tartozunk.

Az oktatás erős fenntarthatósági irányultsága mellett kutatásaink hasonló jellegét az is jól mutatja, hogy az egyetemi fenntarthatósági kutatások forrásainak aránya az összes kutatási forráshoz képest 90% körül mozog, ami szintén a legmagasabb minősítési kategóriába kerülést teszi lehetővé nemzetközi viszonylatban. Fenntarthatósághoz kapcsolódó tudományos publikációk száma az egyik legkedvezőbb megítélésű. Fenntarthatósághoz kapcsolódó eseményeink száma szintén a legmagasabb kategóriába sorol minket, hasonlóan a kulturális eseményeinket illetően. Fenntarthatósággal kapcsolatos hallgatói szervezetek száma négy. Ezt követi a „Vízgazdálkodás” (800 pont, teljesítmény: 80,00%, javulás: +45,00%) terület, ahol hazai egyetemek körében a 2. helyen helyezkedünk el.



11. ábra. „UI GreenMetric” hazai résztvevők pontszámai a „Vízgazdálkodás” értékelési kategóriában (2021) (saját szerkesztés)

Az egyetem vízmegőrzési programjának aktuális állapota a legmagasabb minőségi kategóriában található (> 50% víz megőrzése). A Botanikus Kertben vízkivételi helyként fűt kút található. Ennek vize gravitációs nyílt folyóka vagy adott esetben zárt, nyomott vezeték rendszeren táplálja a különböző létesítményeket, mint a körmedencét, a madáritatót, a vízinövények gyűjteményét, a Botanikus Kert felső részében lévő víztározót, a mocsári növények medencéjét, valamint a termőhelyjelző növények területe melletti vízgyűjtőt, elsősorban öntözési célra. A Soproni Egyetem Lignum Látogatóközpontjának épületéről (Botanikus Kert) lefolyó csapadékvizeket tartályban gyűjtjük össze. Ezt használjuk a növények ültetésekor, illetve öntözésre a száraz időszakban.

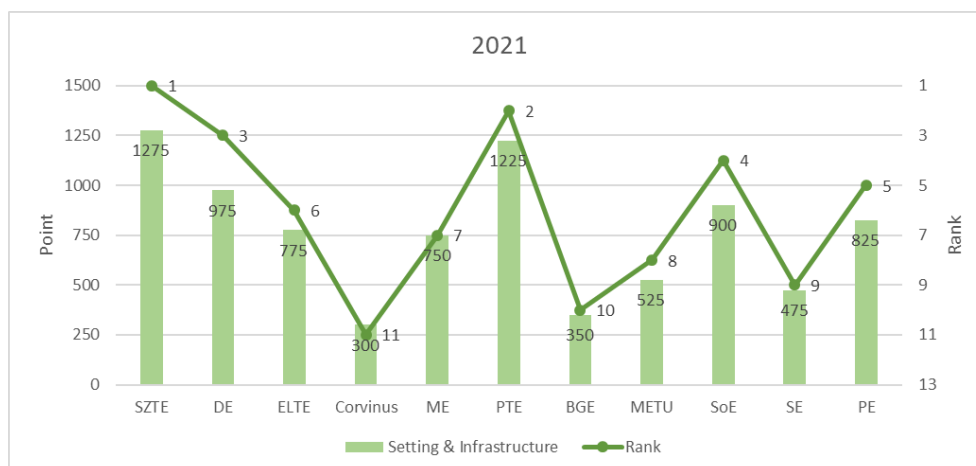
A Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézetének Arborétumaiban található vízfelületek több hektár nagyságúak, több tó található az ökológia vízpótlás és vizes élőhelyek fenntartásának céljára is.

A Soproni Egyetemen több víztakarékos eszköz is megtalálható, mindemellett folyamatosan újakat is telepítünk (víztakarékos WC-k, automata csapok). A campus kézmosási és higiénés lehetőségeinek százalékos aránya a világjárvány idején maximális.

A Soproni Egyetem Botanikus Kertje és Arborétumai magas pontszámot adnak az „Elhelyezkedés és infrastruktúra” dimenzióban (900 pont, teljesítmény: 60,00%, javulás: +10,00%).

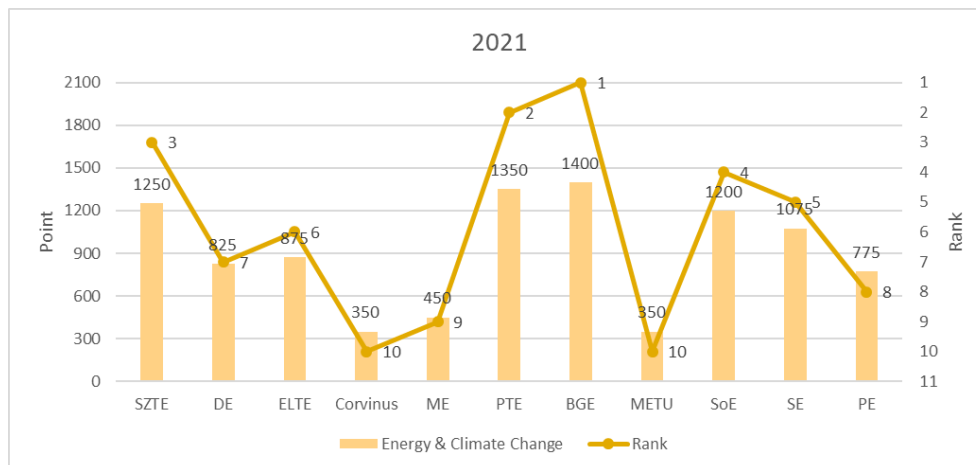
A Soproni Egyetem fő kampusza és a legtöbb oktatási épülete a csodás Egyetemi Botanikus Kertben helyezkedik el (természetvédelmi terület), ami oktatási, élő növénygyűjteményi, természetvédelmi, konzervációbiológiai és rekreációs célokat is szolgál (kb. 17 ha). Az oktatási feladatokat is ellátó, de elsősorban kutatással foglalkozó, az egyetem részét képező ötödik fő szervezeti egység az Erdészeti Tudományos Intézet, amelynek 5 Kísérleti Állomása (Sopron, Sárvár, Budapest, Mátrafüred, Püspökladány) és 3 Arborétuma (Sárvár, Kámon és Püspökladány) szervesen kapcsolódik az intézményhez.

Egyetemünk nyitott tereinek aránya a teljes egyetemi területhez viszonyítva világszinten a legmagasabb minősítési kategóriába esik (> 95%). Ebből következik, hogy rendkívül magas a felsőoktatási célokot is szolgáló erdős, fás növényzettel borított terület, valamint az egyetemi polgárok létszámára vetített nyitott terek nagysága is egyedülálló. Az Egyetemi Botanikus Kert és az Arborétumok minősítés szerint „teljes mértékben megvalósuló” természetvédelmi programokat, génmegőrzési célokot támogatnak.



12. ábra. „UI GreenMetric” hazai résztvevők pontszámai az „Elhelyezkedés és infrastruktúra” értékelési kategóriában (2021) (saját szerkesztés)

Az „Energiafelhasználás és klímaváltozás” részterületen jelentős javulást értünk el (1200 pont, teljesítmény: 57,14%, javulás: +22,62%).



13. ábra. „UI GreenMetric” hazai résztvevők pontszámai az „Energiafelhasználás és klímaváltozás” értékelési kategóriában (2021) (saját szerkesztés)

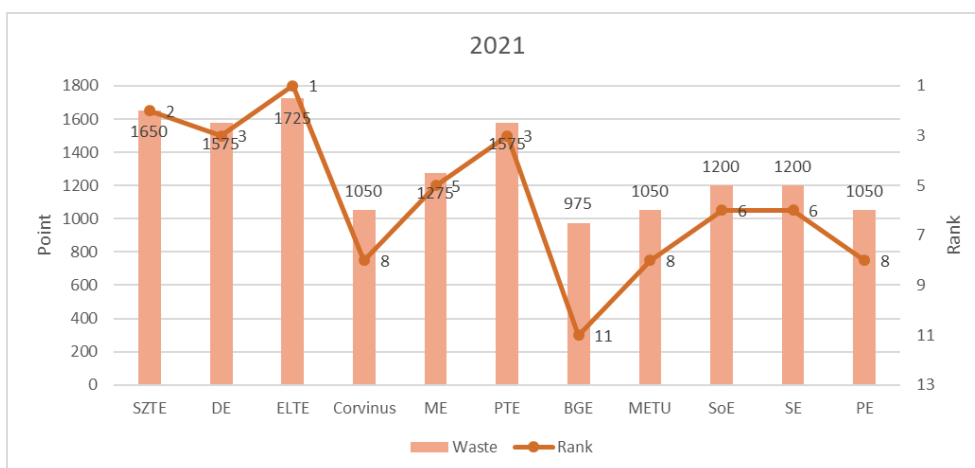
A Soproni Egyetem energiatakarékos eszközeinek aránya az utóbbi években fejlődést mutat, ma már nagyobb részarányban található meg az energiatakarékos eszközök. Az egyetem épületállományában egyelőre intelligens épületminősítéssel rendelkező nem található.

Az egyetem teljes villamos energia felhasználása elosztva az egyetemi polgárok számával közepes minősítési kategóriába esik.

A Soproni Egyetem több megújuló energiaforrást használ fel energiaigényének kielégítésére. Jelentős mértékű a biomasszából származó és a napenergia alapú megújuló energia előállítás. Intézményünkben megtalálható a biodízel és a geotermikus energia használata

is. A megújuló energiatermelés és az éves energiafelhasználás aránya egyetemi szinten magas részarányt jelent (57,62%), amely a legmagasabb nemzetközi minősítési kategóriába esik (> 25%). A zöld épület megvalósításának elemei megtalálhatók az épületállományunkban, de tükröződnek az egyetem építési és felújítási irányelveiben is. A természetes fény, a természetes ventiláció, az épületek természetes klimatizálásra alkalmas rendszerek (pl. vegetáció általi árnyékolása) fontos szerepet játszanak.

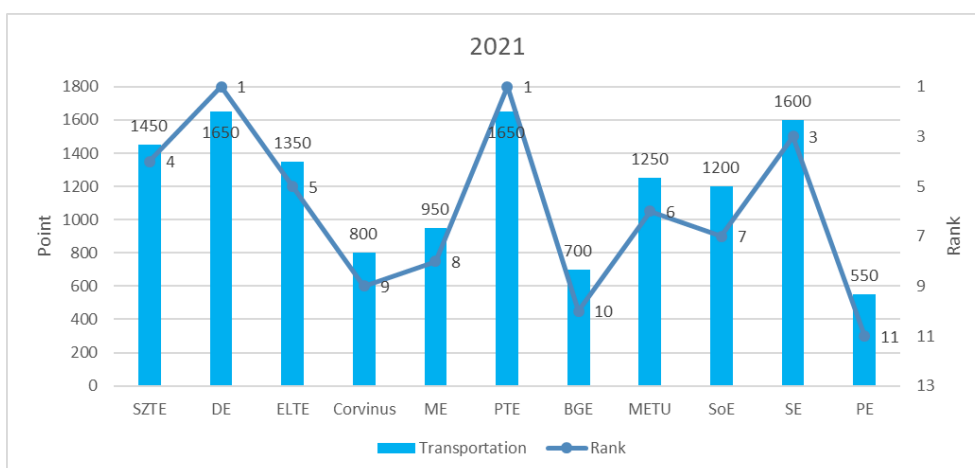
A Soproni Egyetem esetén kalkulált teljes karbonlábnyom elosztva az egyetemi polgárok számával (t/fő) értékben csaknem a legkedvezőbb minősítési kategóriába esik (< 0,42 – 0,10 t). Egyetemünk az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére is tart fenn programokat. A „Hulladékgazdálkodás” értékelési részterületen szerzett 1200 pont (teljesítmény: 66,67%, javulás: +20,83%) és a „Tömegközlekedés” dimenzióban szerzett 1200 pont (teljesítmény: 66,67%, javulás: +22,22%) a hazai középmezőnyt jelenti számunkra.



14. ábra. „UI GreenMetric” hazai résztvevők pontszámai a „Hulladékgazdálkodás” értékelési kategóriában (2021) (saját szerkesztés)

A Soproni Egyetem az elmúlt időszakban fejlesztette hulladék újrahasznosítási tevékenységét a szelektív hulladékgyűjtési hatékonyság növelésével, és további szelektív gyűjtőedények alkalmazásával. Az egyetem a papír és műanyagfelhasználás terén is csökkentési programokat tart fenn. Az egyetemi szerves hulladék kezelése szinte teljes mértékben megoldott helyi Botanikus kerti és arborétumi komposztálással.

A szelektív hulladék gyűjtése kiterjed a papír, műanyag, üveg, zöld hulladék, fém, veszélyes hulladékok (laborokból származó speciális hulladékok, elemek, akkumulátorok, tonerek festékek, lakkok stb.), elektronikai hulladékok frakcióira.



15. ábra. „UI GreenMetric” hazai résztvevők pontszámai a „Tömegközlekedés” értékelési kategóriában (2021) (saját szerkesztés)

A Soproni Egyetemen az összes gépjármű száma elosztva az egyetemi polgárok számával alacsony értéket mutat (0,025), mely környezeti szempontból igen kedvező. Az egyetemi kampuszok közötti relatív kis távolság lehetővé teszi a gyalogos, kerékpáros közlekedést, emellett a városi tömegközlekedés használata is adott.

A hallgatók és dolgozók kerékpárhasználatának nagy hagyományai vannak intézményünkben, amit az is jól mutat, hogy az egy főre jutó zéró emissziós járművek száma az egyetemen kedvezően alakul.

A Soproni Egyetem területére gépjárművel csak engedéllyel lehet behajtani. A Soproni Egyetem fő kampuszán a Botanikus kerti utak csak gyalogosok és korlátozottan kerékpárosok által használhatóak, hasonlóan az Arborétumainkéhoz. A gyalogos járdák esetén a fő kampuszon vakvezető burkolat sáv került beépítésre illetve gyengénlátók számára fehér sávok felfestés került alkalmazásra. A Főépület, a Kollégium, a Lignum Látogatóközpont és a legtöbb épület esetében akadálymentesített megoldás is alkalmazásra került a mozgáskorlátozottak közlekedésének elősegítésére. A fő gyalogos útvonalak és járdák közvilágítása biztosított.

A Soproni Egyetem „THE Impact Rankings” rangsorolásban elért eredményei

A THE Impact Rankings 2022-es listájában összesen 1406 egyetem mérettette meg magát 106 országból, ahol a csupán 8 hazai intézmény között első alkalommal már a Soproni Egyetem is megjelenik. A 2022-es átfogó rangsorolásban való részvételhez az egyetemeknek kötelezően kell vizsgálnia a 17. SDG-t és az ehhez kapcsolódó indikátorokat (SDG 17 „Partnerség a célok eléréseért”) valamint az általuk kiválasztott bármely minimum három, további SDG-t, ami lehetővé teszi, hogy a számukra legfontosabbnak tartott területeken való kiválóságukat bizonyítsák. A Soproni Egyetem két választott SDG esetében is a világ TOP 300-as mezőnyében és a hazai TOP3 között helyezkedik el. Az SDG12 „Felelős fogyasztás és termelés” vonatkozásában hazai szinten 1. helyezést, míg az SDG15 „Szárazföldi ökoszisztémák védelme” célkitűzésekkel kapcsolatosan hazai megosztott 2. helyezést ért el. Az erőforrásokkal való gondos bánásmód és a biodiverzitás csökkenése ellen végzett komplex erőfeszítéseink, valamint az e területeken releváns tudományos munkánk kapott kedvező minősítést. Hazai szinten szintén előkelő helyen szerepeltünk a SDG 6 „Tiszta víz és alapvető köztisztaság” valamint a SDG 11 „Fenntartható városok és közösségek” indikátorai tekintetében is, ahol a magyar egyetemek között megosztott 2. és 3. helyezéssel végeztünk (URL3).

Következtetések

A Soproni Egyetem 2021-ben immár másodjára indult az UI GreenMetric megmérettetésben, ahol 80 ország 956 résztvevője közül az előkelő 282. helyet szerezte meg. A Soproni Egyetem az elért 6800 ponttal az ezüst fokozatban minősített egyetemek között kvalifikálta magát (Silver cluster: 5001-7500 pont), erős fokozatváltást felmutatva. A Soproni Egyetem világ szinten a TOP 30%-ban található, a 11 hazai egyetem között is erős helyezést tudhat magáénak. A nemzeti rangsorolásban a 3. legjobb magyar intézmény a fenntarthatósággal kapcsolatos „Oktatás és kutatás” részterületen és a 2. legjobb magyar intézmény a „Vízgazdálkodás” értékelési kategóriában (URL2). A 2021-es felmérésben szerzett UI GreenMetric 6800 pontos végeredmény a teljes értékelési rendszerben 68,00%-os elért teljesítményt jelent a Soproni Egyetem esetében. A 2020-as bázisévhez képest ez 22,25%-os javulást tesz ki, ami a tavalyi helyezés 308 hellyel való megjavítását jelenti.

A felmérés rámutatott az erősségekre és a tovább fejlesztendő területekre is, melyek az egyetem környezeti kiválósága irányába vezetnek tovább. Nagymúltú intézményünk kimagasló pontszámot ért el a fenntarthatósággal kapcsolatos „Oktatás és kutatás”, „Vízgazdálkodás”, valamint az „Elhelyezkedés és infrastruktúra” értékelési területeken, köszönhetően a fenntarthatóság témájához kapcsolódó nagyszámú kurzusunknak és tudományos kutatásainknak, élővilág-, vízvédelmi és génmegőrzési programjainknak, valamint az egyetem kiemelkedő zöld környezeti adottságainak. Fejlesztendő fókuszterületeink többek között a régi épületállomány zöld irányelvek szerinti korszerűsítése, a hulladékgazdálkodás és a közlekedési jellemzőink még hatékonyabbá tétele.

A THE Impact Rankings bemutatja az egyetemek által végzett munkát, és lehetőséget ad arra, hogy rávilágítson a más (hagyományosnak mondható) rangsorokban nem szereplő intézményi tevékenységekre és erőfeszítésekre, melyek jelentős mértékben hozzájárulnak a jobb és fenntarthatóbb jövő eléréséhez. A THE Impact Rankings nem csak az oktatási kiválóságra és a hallgatói sikerre összpontosít, hanem feltárja, milyen hatást gyakorolhat egy egyetem a Fenntartható Fejlődési Célokra (SDG), mint például a szegénység felszámolása, az egyenlőtlenségek csökkentése, fellépés az éghajlatváltozás ellen, a környezetromlás megakadályozása, a béke és az igazságosság célkitűzéseire.

„A Soproni Egyetem a „Zöld Egyetem” ideológiája alatt, egy olyan elvet nevez meg és tesz magáévá, amely nemcsak a fenntarthatósági, környezettudatos oktatást teszi kötelezővé, hanem megalapozza mindazokat a stratégiai lépéseket is, amelyek az elméleten túlmutatva, a gyakorlatba helyezik a környezet megóvását, tudatos és önkéntes védelmét” (FFS 2019).

Irodalomjegyzék

- ISO (2015): MSZ EN ISO 14001:2015 Környezetközpontú irányítási rendszerek. Követelmények alkalmazási útmutatóval (ISO 14001:2015)
- FFS (2019): Soproni Egyetem Fenntartható Fejlődési Stratégia 2019-2022, Sopron, 41 p.
- JUNAIDI M.A (2022): Junaidi, M.A., Vice-Chair of UI GreenMetric, Monday, 31 January 2022 előadása: UI GreenMetric Service Pack
- UI GreenMetric Guideline (2019): <https://greenmetric.ui.ac.id/publications/guidelines>
- UI GreenMetric Guideline (2020): <https://greenmetric.ui.ac.id/publications/guidelines>
- UI GreenMetric Guideline (2021): <https://greenmetric.ui.ac.id/publications/guidelines>
- URL1: Soproni Egyetem Zöld Egyetem honlap: <http://greenuniversity.uni-sopron.hu/kezdoldal>, leolvasás: 2022.02.10
- URL2: UI GreenMetric World University Rankings honlap: <https://greenmetric.ui.ac.id/> leolvasás: 2022.02.10
- URL3: Times Higher Education Impact Rankings 2022: https://www.timeshighereducation.com/impactrankings#!/page/0/length/25/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/undefined, leolvasás: 2022.05.25

MIT VÁR A SZAKMAPOLITIKA ÉS A GYAKORLAT A KUTATÁSTÓL?

What do policy and practice expect from research?

SZABADOS ILDIKÓ¹

Agrárminisztérium, Erdőkért Felelős Államtitkárság
ildiko.szabados.csokane@am.gov.hu

Kivonat

A közelmúltban átalakult, alapítványi tulajdonú Soproni Egyetem, amelyhez csatlakozott az Erdészeti Tudományos Intézet is, az erdőkkel és az erdőgazdálkodással foglalkozó tudománynak és kutatásnak csúcs szerve lett, ennél fogva komplex módon kell hozzájárulnia a hazai erdők megőrzéséhez, a velük való gazdálkodás fenntartható módszereinek fejlesztéséhez és alkalmazásához, az erdőkről szerzett információk feldolgozásához, értelmezéséhez és a szakmapolitikai döntések megalapozásához. Ezért is hangzott el a konferencián, hogy a minisztérium jogalkotási, ágazatirányítási és nemzetközi munkájához milyen kutatási, fejlesztési, értékelő támogatást vár el.

Abstract

The recently transformed, foundation-owned University of Sopron, to which the Forest Research Institute also joined, has become the top scientific and research organization dealing with forests and forestry, thus it needs to contribute, in a complex manner, to conservation of the nation's forests, the development and application of methods for their sustainable management, the evaluation and interpretation of forest information and to providing a solid ground for policy decisions. Exactly for this reason it has been specified at the conference what research, development and analytical tasks are requested by the ministry in support of its legal, sector direction and international activities.

Bevezetés

Napjaink szinte valamennyi nemzetközi környezettel, klímával, összességében jövővel foglalkozó fórumán az erdők a figyelem középpontjába kerültek. Rendszeresen elhangzik, hogy minden gazdasági, szolgáltatási szakterület óriási erőfeszítéseket tesz az üveghatású gázok kibocsátásának csökkentése érdekében, ugyanakkor bevallják, hogy a legkorszerűbb technológiák ellenére marad egy olyan kisebb arányú kibocsátás, amelyet nem tudnak megszüntetni, és ahol az erdők jelenthetik majd a megoldást. Ezzel az elvárással természetesen a szakmánknak is kötelező foglalkozni, és egyben lehetőséget is jelent a jövőre nézve. A kutatásnak is vannak ezen a területen feladatai, amelyekkel részben eddig is foglalkozott, de a tudomány jövőbeni támogató együttműködésére továbbra is számítunk.

Mi határozza meg a kutatás tárgyát, irányát?

- társadalmi elvárások nemzeti és globális szinten, amelyek jelentősen befolyásolják a felügyeleti és jogszabály-alkotási munkát, és amelyek majd további kérdéseket, döntéstámogatási elvárásokat fogalmaznak meg;
- rendelkezésre álló pénzügyi források, amelyek közvetlen feladatkiírással vagy pozitív ösztönzőként, pályázati rendszerek formájában segítik vagy determinálják a kutatóműhelyek témaválasztását;
- a gyakorlat részéről direkt technológiai fejlesztésre irányuló megbízások;
- a kutatók egyéni érdeklődése is nagyban segítheti a jövő kérdéseinek megoldását.

A kutatási témákat tehát a társadalmi elvárás, a pénzügyi források megszerzésének lehetősége, szakmai megkeresések és az egyéni érdeklődés határozhatja meg, és az esetek zömében ebben a sorrendben, de sok esetben egymást erősítő szinergiában.

I. Az erdőgazdálkodók szakmai elvárásai

Az állami erdészeti zrt.-k között másfél évvel ezelőtt történt felmérés alapján igény van a szakmai kutatási eredmények megismerésére, azok gyakorlati alkalmazására. Sőt, megbízásokat is adnak a helyi sajátosságaikra épülő problémák megoldására, új technológia kidolgozására és a napi gyakorlatba való átültetésére. A felmérés alapján fontosnak ítélték meg a tudásmegosztást, legyen az terepi bemutató, szakmai konferencia vagy cikk. A gyakorlati bemutatóknak kiemelt jelentőségük van, hiszen itt lehetőség van megismerni az új alkalmazási lehetőségeit, felhívják a figyelmet, hogy mely esetekben lehet azt nagy hatékonysággal használni, vagy, hogy mire, milyen esetekben nem alkalmazható.

A gazdálkodók által megjelölt több mint száz kutatásra ajánlott téma között voltak általános, mindenkit érdeklő problémafelvetések, és voltak helyi jellegű speciális kérdések is. A felvetett témákat a következő főbb csoportokba lehet besorolni:

1. Erdő- és természetvédelmi kérdések:
 - tölgyecspikés poloska elleni biológiai védekezés lehetőségei,
 - inváziós fajok elleni küzdelem (bálványfa elleni hatékony technológia),
 - holtfa felmérés és nyilvántartás az erdőtervekben,
 - dróntechnológiás vegyszeres védekezés - precíziós technika
2. Folyamatos erdőborítás megvalósítási lehetőségei
 - különböző erdőállományokban és termőhelyeken, akár szélsőséges határtermőhelyekre is kitérve,
 - örökerdő-gazdálkodás erdőtervezése
 - rendeletmódosítás megalapozása (elvárt darabszám)
3. Vadkármonitoring egységek megvalósítása
4. Erdőművelés:
 - határtermőhelyek és homoki talajok erdőfelújítási lehetőségei,
 - tápanyag utánpótlás lehetséges esetei, szennyvíziszap felhasználási lehetőségek, jogszabály-módosítás szükségességének megalapozottsága
 - új mérési adatok és értékelések különböző erdő és erdősáv, fásítás mikroklíma-módosító hatásairól (por, zaj, hőmérséklet, páratartalom, élőhely)
 - mezővédő erdősávok állapotfelmérése, bővítési javaslatok
 - idegen honos déli származású fafajok vizsgálata, termesztési lehetőségek, inváziós tulajdonság pl. magyar tölgy
5. Faiparral közös együttműködésben:
 - hazai nyár felhasználási lehetőségei
 - megújuló biomasszában, mint tüzelőanyagban fellelhető lehetőségek: optimális fűtőérték meghatározása, összes gazdaságosan megtermelhető tűzifa mennyisége, a biomassza felhasználás létjogosultsága, területi elhelyezkedése,
 - felvevő piacok elemzése
 - új fejlesztések: építőipar, szigetelő anyag, nanocellulóz stb.
6. IT fejlesztések:
 - helyszíni fotóanalitikus készletfelmérés és nyilvántartás,
 - távérzékelés állományfelvételen

II. A szakmapolitika és jogalkotási munka igénye a kutatás felé

A szakmaipolitikai célok megfogalmazása és azok megvalósíthatósága, a társ szakterületekkel való tárgyalás és egyezkedés, a nemzetközi együttműködésekben való részvétel, valamint a jogszabályalkotás megköveteli, hogy naprakész ismeretek álljanak a szakmáért felelős minisztérium rendelkezésére. A következőkben azokat a főbb témákat emelném ki, amelyek a közelmúltban kutatási alátámasztottságot igényeltek, vagy várhatóan igényelni fognak.

II.1. Az erdőtelepítési és fásítási program

A jelenleg hatályban lévő Erdő Stratégia jelentős fával borított területnövelést irányos elő, amelynek a megvalósításához szükséges az elvi lehetőségek feltárása és olyan pályázati, támogatási feltételrendszer kidolgozása, amely a földtulajdonos számára a növénytermesztéssel szemben valós választási lehetőséget biztosít. Az ERTI által elkészített tanulmány szerint kb. 620 ezer ha olyan terület található hazánkban, amely termőhelyi adottságait figyelembe véve erdőtelepítésre alkalmas, vagyis mezőgazdasági értéke 1-4 kategóriájú, lejtése nagyobb mint 5 fok, erdőtalaj, és a közepest meghaladó I-IV fatermési osztályú fanövekedés várható.

A megvalósítás szűk keresztmetszete a telepítésre alkalmas terület tulajdonosának szándéka, hiszen ezek a területek meghatározó részben magántulajdonban állnak, és azok más művelési ágú gazdálkodás alatt állnak. Kérdés tehát, hogy az erdőtelepítés milyen művelési ág rovására történjen. Szakpolitikai szinten is meg kell egyezni a mezőgazdasággal, hogy mekkora nagyságú és milyen minőségű területeket engednek át az erdőtelepítésnek, és milyen pénzügyi támogatás mellett. Itt elsősorban olyan ökonómiai kimutatások, majd ebből ösztönző rendszer kialakítására van szükség, amely az erdőtelepítés irányába tereli a tulajdonost. A pénzügyi támogatások elsődlegessége mellett még a meggyőzés is szóba jöhet, amely folyamatba szociológusok, társadalomtudományokkal foglalkozók bekapcsolódhatnak.

Az erdőtelepítésre leginkább szóba jöhető területek a gyepek, amelyekkel szemben számos ellenvélemény merült fel. Természetesen nem a védett gyepekről van szó, de a természetvédelem részéről mégis jelentős tiltakozást vált ki. Ahhoz, hogy helyes döntés születessen, elfogulatlan, kiterjedt és hosszabb időszakot magába foglaló kutatási eredményekre és értékelésekre van szükség. Kiemelt vita zajlik a szénmegkötést és tárolást, de a hidrológiai viszonyok változását illetően is. A kérdés annál sokkal bonyolultabb, minthogy egyszerű igen-nem kérdéssel lehessen rá válaszolni egy rövid idejű, speciális helyen végzett, akár tudományos igényű remek publikációval is. Részletesebb mérésekre és megjelenő publikációkra van szükség arról, hogy az egyes erdőállományok, illetve egyes gyeptípusok a talajjal együtt mennyi szenet tárolnak, évente mennyit kötnek le.

II.2. A természetvédelmi kérdéskörben folyamatosan szembesülünk azzal az állítással, hogy a hazai erdők, főleg a hazai Natura 2000 erdők állapota romlik, holott számos intézkedés és korlátozás történik annak érdekében, hogy a helyzet javuljon. Várunk olyan szakmai vizsgálatokat, monitoringeredményeket, amelyek kimutatják, hogy a romló állapot minek a következménye:

- a klímaváltozás miatt bekövetkező természetes folyamat,
- rossz természetvédelmi kezelési intézkedés és/vagy végrehajtás következménye,
- vagy torzító az értékelés.

Annak ugyanis semmi értelme nincs, hogy valakit korlátozásra vagy intézkedésre kötelezzünk, aminek romló helyzet lesz a következménye. A pozitív végeredmény mindkét szakterület lapvető érdeke kell, legyen!

A biodiverzitással kapcsolatos viták esetén is szükséges lenne saját vizsgálatokkal érvelni és alátámasztani egy-egy kezelési beavatkozás hatását, szükségességét. A felmerülő kérdések a következők lehetnek:

- A teljes beavatkozás felhagyása, vagy a biodiverzitásra egy odafigyelő gazdálkodás az előnyösebb, figyelembe véve a különböző termőhelyi és erdőállományi adottságokat?
- Mindig negatívabb-e egy idegenhonos fajokat tartalmazó erdő diverzitása, mint egy csak őshonos fajokból álló? (hazai nyárasok kérdése)
- Az újonnan szerkezetátalakítással létrehozott erdőket hogyan kezeljük majd, hogy azok ne egykorúak legyenek?
- A biodiverzitás növelésének mesterséges támogatása természetes folyamat részeként tekinthető-e? Mikor fontos mégis a mesterséges beavatkozás?
- Hogyan kezeljük a mostani határtermőhelyen álló erdőket?
- Holtfa esetében mennyi az elég vagy mennyi a cél a különböző erdőtípusoknál? Mindig igaz a „minél több, annál jobb”?
- Mit gondoljunk a hazai CNF (closer to natura forestry) gazdálkodásról a bükkösökön kívül? Főleg a klímaváltozással erősen érintett állományokban?

II.3. Erdőgazdálkodás – faanyag-hasznosítás – szénmegkötés

Stratégiai döntések meghozatalához és a szabályozások kialakításához hosszú távú gondolkodást segítő adatokra, értékelésekre, véleményekre van szükség. A döntéselőkészítési rendszert alapvetően a kutatásnak kell biztosítania, hiszen a kutatásban sok mindent kipróbálható. Ugyanakkor az erdőgazdálkodás területén előfordult már, hogy a gyakorlat a kutatás előtt járt (pl. örökerdő-gazdálkodás, korábban lékes gazdálkodás, Pro Silva gazdálkodás). Ugyanakkor ezeken a szakterületeken is marad kérdés, például a bükkön kívül a többi célállományban is alkalmazhatók-e ugyanúgy ezek az eljárások, vagy milyen vezérelvek mentén kell módosításokat is bevezetni? Az erdőtervezéshez fontos lenne, hogy felhasználják az új klímaterképeket és az adattárban jelenjenek meg az új és várható klímakategóriák is - segítve a tervezők munkáját.

A különböző gazdálkodási szektorok számos adatigényének és kérdésének megválaszolásához, valamint saját szaktudásunk védelme érdekében is szükségesnek érezzük az egyes erdőgazdálkodási módok, üzemmódok hatásának becslését a széntárolásra pl. örökerdő-gazdálkodás, szálalás, szénmegkötése. A különböző – nem erdészeti - szakpolitikák, stratégiák és cselekvési tervek folyamatosan számolnak az erdők széntárolási képességével. A jelenlegi legjobb becsléseinkből származó információk szakmánk jövőjét, annak fontosságát is meghatározzák, tehát feltétlenül foglalkoznunk kell vele, és a megszerzett eredményekről széleskörű tájékoztatást kell adni. Az alábbi szénmegkötéssel, széntárolással kapcsolatos vizsgálatokra biztosan szükség van és a jövőben is szükség lesz – tudva azt, hogy folytak és jelenleg is folynak ilyen jellegű vizsgálatok és modellezések.

- A klímaváltozás hatása a növedékalakulásra és széntárolásra
- Az avar szénttartalmának feltérképezése a meglévő adatokon túlmenően
- A fakitermelés és szállítás széndioxid-lábnyoma
- A tűzifa célú felhasználás optimalizálása (távolság, határfok, minőség), aprítéktermelés megítélése
- Faipar egyes szegmenseinek CO₂ lábnyoma
- Együttműködés a faipari kutatásokban, fejlesztésekben, faipari stratégia elkészítésében, a körforgásos gazdálkodás megvalósítási lehetőségeiben és módozataiban.

Közös útkeresésre van szükség a különböző gazdasági ágazatok és azok céljai között annak érdekében, hogy mindenki számára elfogadható arányokat dolgozzunk ki. Az egyes ágazatok elkészítették a maguk stratégiáját, de ezek igazi összehangolása nem történt meg, sem nemzeti, sem nemzetközi szinten. Nincs meg a teljes összhang a klímavédelmi, energetikai, biodiverzitás-védelmi, fenntarthatósági stb. és erdészeti célkitűzések között. Példának említhető néhány ellentmondás:

- Mekkora legyen a biomassza energetikai célú felhasználása?
- Mi legyen az alacsony minőségű faanyag sorsa?
- Termeljünk-e egyáltalán faanyagot vagy hagyjuk az erdőket vadonnak, milyen mértékben tegyük ezt? Segít-e a vadon a klímavédelemben?
- Ültessünk-e gyorsan növvő fafajokat alapanyagnyerés vagy gyors CO₂-megkötés céljából?

II.4. Közös Agrár Politika (KAP) egyes erdészeti jogcímekre való felkészülés feladatai, felmerült ökonómiai elemzések

Az EU következő pénzügyi ciklusának tervezése hamarosan befejeződik. Az előkészítő munkákban való hatékony részvételünk elengedhetetlen ahhoz, hogy kellően megalapozott érvekkel lehessen az egyes jogcímekhez megfelelő nagyságú pénzügyi forrást rendelni. A következő időszakban a gazdálkodók számára nyitva álló szakmai fejlődés háttere ezekben a lehetőségekben rejlik. Tehát alapos, tudományosan alátámasztott elemzésekre, értékelésekre van folyamatosan szükség. Ezek közül néhány:

- az összes korábbi a VP-jogcím végrehajtási tapasztalatainak elemzése
- az összes korábbi VP-jogcím szakmai tartalmának felülvizsgálata
- új szakmai tartalmak kialakítása
- egységköltések felülvizsgálata
- új elemek egységköltéseinek kialakítása
- szakmai útmutatók, iratminták kialakítása (pl. több éves vállalatok szakmai tervezési útmutatója, gazdálkodási napló formája és útmutatója)

Az erdők ökoszisztéma-szolgáltatásai napjainkban, és főleg a Covid19 járvány óta egyre nagyobb hangsúlyt kapnak, amely felveti annak kérdését, hogy egy szolgáltatásért ki fizeti és kinek az ellenértéket és milyen mértékben. Kérdésként merül fel az is, hogy piacosíthatók-e egyáltalán ezek a tételek, vagy igaz az, hogy a mostani faanyagárak bevételei finanszírozzák az egyéb szolgáltatásokat is, vagyis a fa árába be van építve az egyéb szolgáltatások díja is. De a fát ki kell vágni ahhoz, hogy a díjhoz a tulajdonos hozzájuthasson, ugyanakkor pedig hosszabb időre meg is szünteti vagy csökkentheti a szolgáltatást. Számos bevezethetőségi háttérelmzés elvégzésére van szükség, és az ellentételezési igények - főleg a magán erdőgazdálkodók esetében – már megjelentek.

A biogazdasági elemzések napjaink egyik legígéretesebbnek tűnő ökonómiai kérdései, de nincs még minden megoldva, hiszen a körforgásos gazdasággal való számítás módjai részben ismeretlenek, tisztázatlan például, mit kezdjünk olyan tételekkel, mint a szállítás, szolgáltatás, karbantartás, amely mind CO₂-termelő. A zöldbefektetések lehetőségeivel számolnunk kell a közeljövőben.

II.5. Meglévő monitoringok összehangolása, rendszeres felvétele, értékelése

A szakma többféle monitoring-rendszert tart fenn, akár évtizedek óta is, de rendszeresen igény bukkan fel újak létesítésére is, főleg valamely 3-5 éves pályázat kapcsán, amely nem biztosítja a hosszú távú, kötelező fenntartási időszakon túli működtetést. Pedig országos hálózatra épülő, több évtizedes megfigyelési rendszerek képesek biztosítani a különböző

változások trendjeinek meghatározását. Szakmánk legértékesebb kutatási objektumainak tekinthetjük őket, amelyek kiindulási alapul szolgálhatnak újabb megfigyelések indításához, járjon az a hálózat sűrítésével, vagy egyszerűen csak a korábbi megfigyelések felhasználásával.

A monitoringokkal szembeni elvárás a rendszeres felvételezés és az adatok rendszeres értékelése, amelyhez természetesen kiegyensúlyozott pénzügyi feltételrendszer és stabil szakember-gárda is kell. A változó feltételek mellett ezt leginkább úgy lehetne megvalósítani, hogy a meglévő monitoringokat összehangoljuk, bevonva az NFK által működtetett EMMRE-t is, vagy más, nem SOE által kezelt hálózatot is. A meglévő adatbázisokat a rendszerben dolgozók számára - szabályozott módon - elérhetővé kellene tenni, így az értékeléseket akár több és új szempont szerint is meg lehetne tenni. (Pl. klímaváltozás hatása az erdőrezervátumokra, kontroll parcellákra; biodiverzitás alakulása gazdálkodással érintett vagy nem érintett területeken)

II.6. Az erdők szerepének szociológiai megítélése és tudatosítása:

A világ számos országában a szociológia is szerepet kap az erdőgazdálkodásban, hiszen a növekvő városiasodással egyre fontosabb a lakosság véleménye az egyes erdőgazdálkodási tevékenységekről. Ilyenek lehetnek a következők:

- hogyan nyerhetők meg az emberek az erdőtelepítésre, faültetésre
- konfliktusok kezelése (környezetvédők, helyi érdekcsoportok, faipari üzemek működése)
- helyi lakosság tájékoztatása és megnyerési módja az együttműködésre (fakitermelés, vadászat elfogadása)
- tájékoztatás (turizmus, vadászturizmus, rekreáció, erdei iskolák és óvodák szerepe)
- viselkedésoktatás vaddal, hullóvel, rovarral való találkozáshoz
- kártevők túrése vagy permetezése
- helyi természeti értékek tudatosítása
- inspiráció a közös cselekvésre

Következtetés

A jövő szakmapolitikájának megalapozása a kutatáson, annak eredményein is nagyban múlik, de csak akkor, ha a megszerzett tudás el is jut a döntéshozókhöz. Ezért fontos, hogy az eredmények, átfogó értékelések rendszeresen jelenjenek meg publikációkban, szakmai kiadványokban vagy konferenciákon.

SZELEKTÁLT AKÁCKLÓNOKKAL LÉTESÍTETT AKÁC IPARIFA ÜLTETVÉNY FAÁLLOMÁNY-SZERKEZETI ÉS NDVI VIZSGÁLATÁNAK KEZDETI EREDMÉNYEI

Stand structure and NDVI study of selected black locust clones in an industrial tree plantation: early evaluation

ÁBRI TAMÁS^{1,2}

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ültetvénytudományi Osztály

²Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Növénytudományi Intézet

abri.tamas@uni-sopron.hu

Kivonat

Napjainkban az akác termesztési technológiai fejlesztésére irányuló kutatómunkák közül kiemelendő a Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet és a Napkori Erdőgazdák Zrt. közös projektje, mely során egy akác iparifa-ültetvényt hoztak létre kísérleti jelleggel. Az ültetvényben három különböző ültetési hálózatban (jelen tanulmányban a $2,5 \times 2,5$ m és 4×4 m kerül bemutatásra), négy klón (PI251, PI040, NK1, NK2) és egy államilag elismert akác fajta ('Üllői' akác) vizsgálata történik. A faállomány-szerkezeti vizsgálatokon túl, normalizált vegetációs index mérések (NDVI) is folynak. A 2 éves klónok állományfelvételi eredményeinek összehasonlítása során magasság és tőátmérő tekintetében is szignifikáns különbség ($p < 0,05$) mutatkozott. Összevetve, mindegyik ültetési hálózatban, minden vizsgált paraméterben (tőátmérő, magasság, NDVI) a(z) NK2 jelzésű klón bizonyult a legjobbnak. A(z) NDVI mérések eredményei jól tükrözik a kísérleti terület (termőhely) heterogenitását, valamint a klónok egészségi állapotáról is képet ad.

Abstract

Nowadays, the joint project of the University of Sopron and Napkori Erdőgazdák Zrt., during which an experimental black locust industrial tree plantation was established, is worth mentioning among the research works aimed at the improvement of black locust growing technology. In the plantation three different planting space (in this study: $2,5 \times 2,5$ m and 4×4 m), four clones (PI251, PI040, NK1, NK2) and one state-approved cultivar ('Üllői') are tested. In addition to the stand structure studies, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) measurements are also being carried out. A comparison of the full inventory results of the 2-year-old clones showed significant differences ($p < 0.05$) in height and diameter at the base. In summary, in each planting space, clone NK2 was the best in all parameters tested. The results of the NDVI measurements reflect the heterogeneity of the experimental area (growing site) and also give information of the vitality of the clones.

Bevezetés

Magyarországon a legnagyobb területen termesztett fafaj az akác (*Robinia pseudoacacia* L.), mely a közel 2 millió ha-os erdőterület mintegy 24 %-án fordul elő (NFK, 2021). Gyorsan növekvő, kiváló vegetatív megújuló (sarjadzó) képességgel rendelkező fafaj, melynek fája sokoldalúan hasznosítható (KERESZTESI 1984, NICOLESCU et al. 2020). Szélsőséges termőhelyi viszonyok (pl. szárazodó területeken) között is termesztendő, de minőségi fatermesztés (I. és II. fatermesztési osztály) csak tápanyagban gazdag, laza, jó szellőzöttségű, megfelelő vízháztartással rendelkező talajon lehetséges (JÁRÓ-LENGYEL 1988, VÍTKOVÁ et al. 2015). Jelentős szerepe lehet a következő 10 évben várható fahiány mérséklésében, iparifa célú faültetvények fafajaként (RÉDEI 2020).

Az akác – egyedenként változó mértékben – számos termesztési szempontból hátrányos tulajdonsággal (törzsgörbeség, villástörzs, alacsony iparifa-kihozatal, fagyérzékenység, stb.) rendelkezik (RÉDEI 2006). Ezért az 1960-as évek elején a törzsmínőség javítását, valamint a fatermés fokozását célul kitűző kutatómunka indult az Erdészeti Tudományos Intézetben (KOPECKY 1965).

A Keresztesi Béla és munkatársai által, az 1960-as években indított szelekciós akácnevelés, az „árbóc akác” törzsfaszelekció eredményeként ma számos akácfajtaival (pl. ’Üllői’, ’Nyírségi’, ’Kiskunsági’) rendelkezünk. Ezek a fajták több törzsfajta klónkeverékei, melyek számos kísérletben bizonyítottak (KERESZTESI 1984, RÉDEI et al. 2017, 2020). Az 1990-es években Rédei Károly és munkatársai a szárazodó termőhelyeken is eredményesen termesztendő klónok szelektálását tűzték ki célul. A kutatómunka sikeresnek bizonyult (’Vaszi’, ’Szálás’, ’Oszlopos’, ’Homoki’, ’Bácska’ fajtajelöltek) (RÉDEI 2006, KESERŰ et al. 2021). Jelenleg zajló kutatások közül a Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet és a Napkori Erdőgazdák Zrt. közös projektje kiemelendő, melynek keretein belül akác iparifaültetvények termesztési technológiájának, valamint új, nagy teljesítményű, magas iparifa-kihozatalú (min. 50 %) produkáló akácklónok vizsgálata, tesztelése zajlik négy különböző termőhelyi adottságú területen (Napkor, Nyírbogdány, Debrecen, Kecskemét).

Ebben az írásban a napkori akác iparifaültetvény kerül bemutatásra, ahol kettő Püspökladányban (PI251, PI040) és kettő Napkoron (NK1, NK2) szelektált akácklón, valamint egy államilag elismert fajta (’Üllői’ akác) vizsgálata folyik. Minden klónból 3 különböző hálózatban (a kéziratban a 2,5 × 2,5 m és 4 × 4 m kerül bemutatásra) lett végrehajtva az ültetés, így egyszerre kapunk fajta és hálózati kísérletet.

Vizsgálatom során a szokásos dendrometriai paraméterek (tőátmérő és magasság) felvételét a klónok növényélettani tulajdonságainak vizsgálatát célzó mérésekkel – normalizált vegetációs index (NDVI) – egészítettem ki. A(z) NDVI érték egy 0-tól 1-ig terjedő skálán mozgó mérőszám, mely meghatározza, hogy a növények levélzete a fotoszintetikusan hasznos sugárzásból mennyit nyel el, illetve ver vissza. Minél többet elnyel, annál aktívabb a növényzet vegetációs aktivitása, mely összefüggésben van a levelek klorofill-tartalmával. Kiválóan alkalmas a növények nitrogén-ellátottságának (ezáltal a termőhely N-ellátó képességének), valamint vitalitásának monitorozására (ROUSE et al. 1974).

Ezen kézirat célja bemutatni a szelektált akácklónokkal létesített iparifa célú faültetvény kezdeti eredményeit.

Anyag és módszer

A Napkor település közelében található (é.sz. 47° 55' 13'' k.h. 21° 50' 45'') akác iparifa célú ültetvény 2020 tavaszán létesült. A 2,66 ha-os terület az Alföld északkeleti részén, a Nyírségben található. Itt az elmúlt 35 év (1985-2020) meteorológiai adatainak vizsgálata alapján az évi átlagos középhőmérséklet 10,4 °C, az átlagos csapadékmennyiség 527,4 mm (OMSZ, 2021). A kísérleti terület két különböző pontján (legmagasabb és legalacsonyabb, 4 × 4 m és 2,5 × 2,5 m ültetési hálózat) termőhely-feltárást végeztünk, talajmintát vettünk. Talajvizsgálatunk eredménye alapján a termőhely kis humusztartalmú, savanyú humuszos homoktalaj. A mintavételi pontok összehasonlításakor kitűnik, hogy humusztartalomban különbség mutatkozik, melyet az NDVI értékek is alátámasztanak (1. eredmények, 8. ábra).

A kísérletben PI251, PI040, NK1 és NK2 jelzésű, vegetatív úton továbbszaporított klónok, valamint az államilag elismert ’Üllői’ akác fajta vizsgálata zajlik, 3 különböző ültetési hálózatban (2,5 × 2,5 m; 3 × 3 m; 4 × 4 m).

A 2020. májusában elvégzett ültetést gödörfűrés előzte meg. Ültetéssel egybekötve megtörtént a szervestrágya kijuttatása az egyedek tövéhez, majd a vegyszeres gyomirtás is elvégzésre került. A vegetációs időszakban a szükséges ápolási munkákat (fiatal, zsenge oldalhajítások eltávolítása, „kacsolás”, sorok és sorközök művelése) végrehajtották. A

következő évben (2021) is megtörténtek ezek a munkálatok (szervestrágyázás, sor- és sorközművelés).

2021 tavaszán és őszén teljes faállomány-felvételt végeztünk az ültetvényben, mely során tőátmérőt (mm) és magasságot (cm) mértünk. Előbbi Powerfix digitális tolómérővel, utóbbi magasságmérő léccel történt.

Az NDVI-értékeket 2021. május-szeptember közötti időszakban mértem, havi 1 alkalommal. A mérés Trimble GreenSeeker kézi NDVI mérő műszer segítségével történt. A műszer működési elve a következő: a szenzor látható (VIS) és közeli infravörös (NIR) fényimpulzusokat bocsát ki, majd megméri, hogy a kétféle fényből mennyi verődik vissza a növényről. Klónonként 10-10 mérést végeztem.

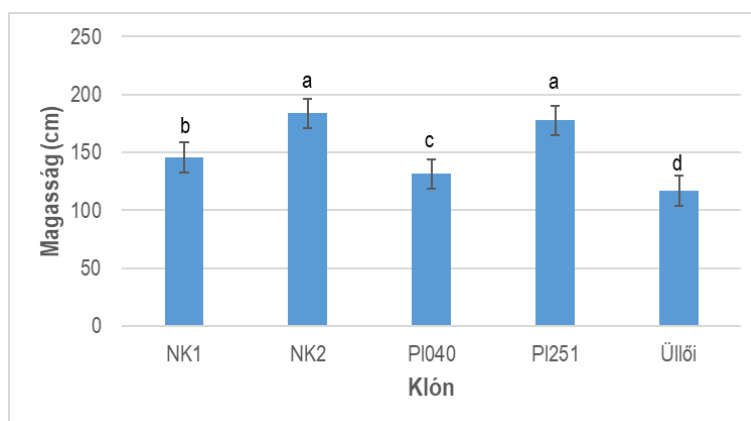
Az adatok statisztikai elemzése IBM SPSS 25.0 statisztikai szoftvercsomag felhasználásával, valamint MS Excel 2016 programmal történt. Az állományfelvétel (magasság, tőátmérő) és a(z) NDVI mérések eredményeit egytényezős varianciaanalízis (ANOVA) segítségével elemeztem, majd az átlagok közötti eltérések szignifikanciáját LSD-tesztel ($p < 0,05$) értékeltem.

Eredmények

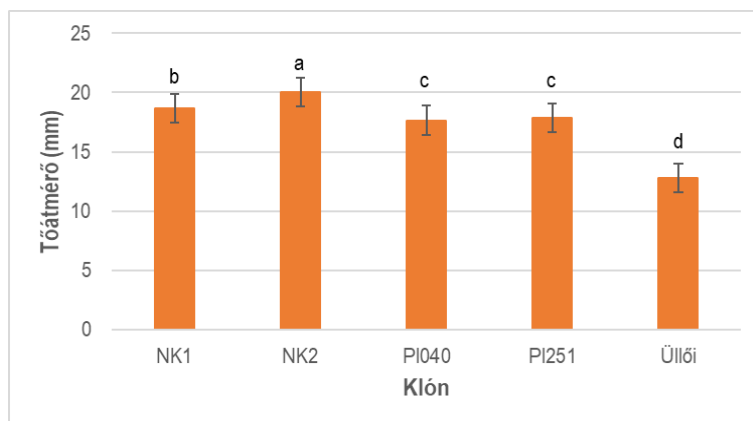
A magasság és tőátmérő vizsgálat eredményei esetében a klónokat ültetési hálózatonként hasonlítottam össze. A klónok között szignifikáns különbségek mutatkoztak.

A $2,5 \times 2,5$ m hálózatba ültetett klónok között szignifikáns különbséget ($p < 0,05$) tapasztaltunk a magasság (1. ábra) és tőátmérő (2. ábra) esetében is. Magasság tekintetében a(z) NK2 és PI251, tőátmérőben a(z) NK1 és NK2 jelzésű klónok bizonyultak a legjobbnak.

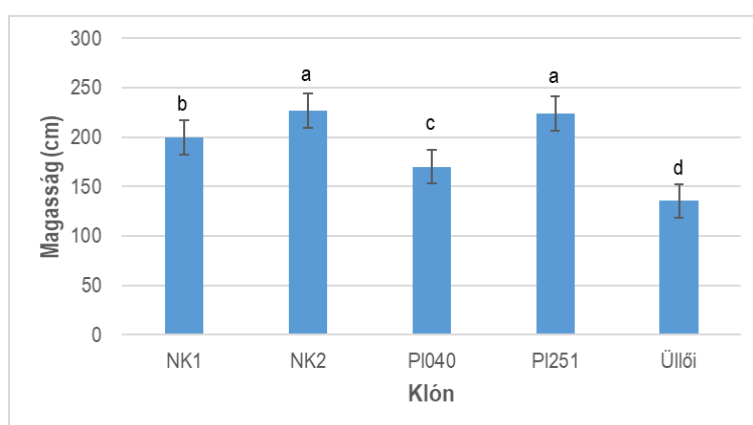
A 4×4 m (3. és 4. ábra) ültetési hálózat esetében is hasonló eredmények születtek. Összességében megállapítható, hogy magasság tekintetében a PI251 és NK2, tőátmérő esetében az NK2 és NK1 jelzésű klónok érték el a legjobb eredményt, a két-két klón között szignifikáns különbség nem volt, viszont a többi klónnal összevetve jelentős különbségek mutatkoztak.



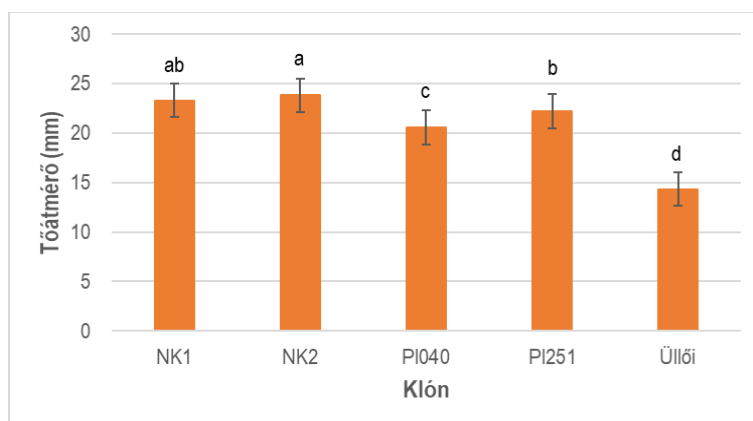
1. ábra: Klónok magasság szerinti összehasonlítása $2,5 \times 2,5$ m ültetési hálózatban (+/- standard hiba, a különböző betűk a szignifikánsan eltérő értékeket jelölik). Forrás: Ábri et al., 2021.



2. ábra: Klónok tőátmérő szerinti összehasonlítása 2,5 × 2,5 méteres ültetési hálózatban (+/- standard hiba, a különböző betűk a szignifikánsan eltérő értékeket jelölik). Forrás: Ábri et al., 2021.



3. ábra: Klónok magasság szerinti összehasonlítása 4 × 4 m ültetési hálózatban (+/- standard hiba, a különböző betűk a szignifikánsan eltérő értékeket jelölik). Forrás: Ábri et al., 2021.



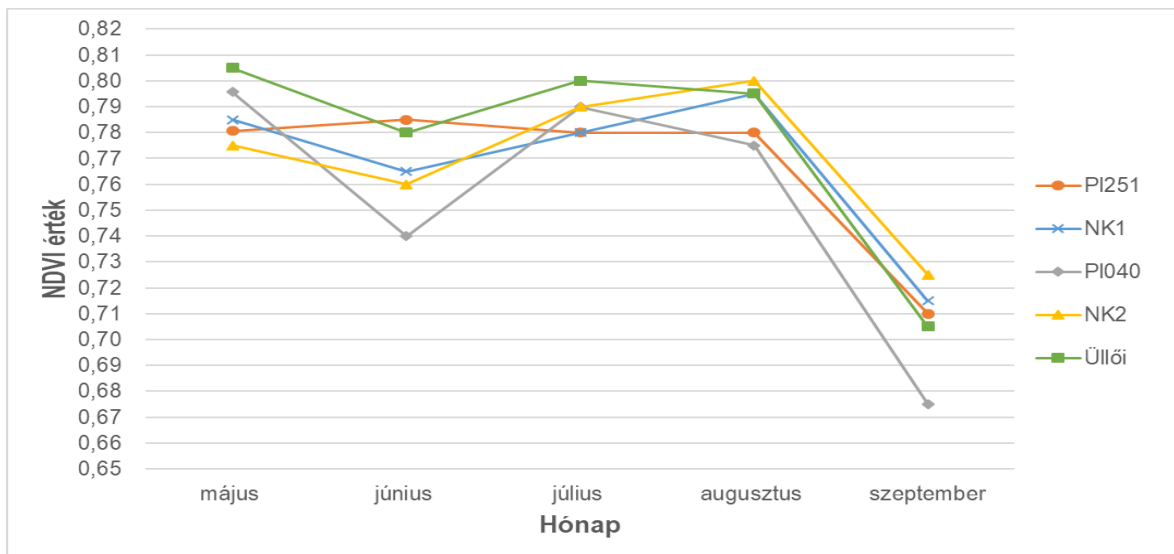
4. ábra: Klónok tőátmérő szerinti összehasonlítása 4 × 4 méteres ültetési hálózatban (+/- standard hiba, a különböző betűk a szignifikánsan eltérő értékeket jelölik). Forrás: Ábri et al., 2021.

A klónok normalizált vegetációs index (NDVI) értékeinek változása a május-szeptember időszakban az 5. ábrán látható. A májusi mérés eredményei alapján a klónok között nem volt szignifikáns eltérés. Az Üllői és a PI040 klón NDVI értéke (0,81, ill. 0,80) minimális különbséggel nagyobb volt, mint a többi klóné. Június hónapban a PI251 és az Üllői mutatta

a legjobb eredményeket (0,79, ill. 0,78), a PI040 visszaesett (0,74) és szignifikánsan legrosszabbnak bizonyult ebben a hónapban. A többi klón NDVI értéke között nem volt jelentős eltérés. Júliusban az Üllői NDVI értéke (0,80) volt a legmagasabb. Szignifikáns különbség volt tapasztalható az Üllői, valamint a PI251 és NK1 jelzésű klónok között.

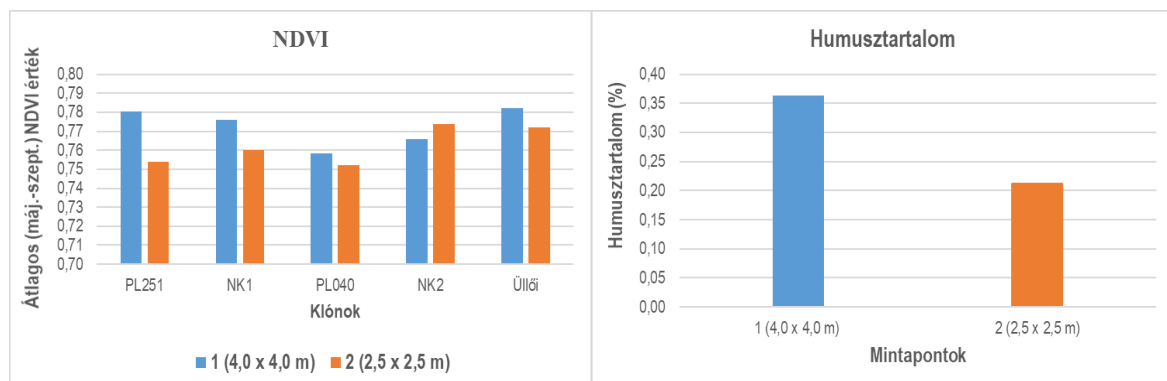
Augusztusban az NK2 produkálta a legjobb értéket (0,80), jelentősen felülmúlva a PI040 és PI251 klónokat. Szeptemberben az összes klón NDVI értéke nagymértékben csökkent (0,67-0,73 közötti értékek mutatkoztak), melynek feltehetően a nagyfokú *Parectopa robinella* fertőzés volt az oka. Ebben, az utolsó hónapban az NK2 elnevezésű klón mutatta a legjobb NDVI értékeket (0,73), de szignifikánsan csak a PI040 elnevezésű, legalacsonyabb értékeket (0,67) mutató klóntól különbözött.

Összességében megállapítható, hogy az Üllői és az NK2 klón mutatkozott a legjobbnak a vizsgált paraméter (NDVI) tekintetében. Legrosszabbnak a PI040 jelzésű klón bizonyult.



5. ábra: A klónok normalizált vegetációs index (NDVI) értékeinek változása május-szeptember időszakban.

A 6. ábra jól tükrözi a terület (termőhely) heterogenitását. Látható, hogy különbség mutatkozik a két területrész NDVI értéke és humusztartalma között. Az 1. mintavételi pontban (4 × 4 m ültetési hálózat) vett talajminták eredményei nagyobb humusztartalmat mutatnak, ezt erősíti meg az NDVI érték is, ami az esetek többségében szintén nagyobb ezen a részen.



6. ábra: A kísérleti terület két mintavételi pontjának humusztartalma és a klónok NDVI értékeinek összehasonlítása.

Következtetések

Az Erdészeti Tudományos Intézet munkatársai évtizedek óta foglalkoznak az akác termesztési technológiájának fejlesztésével, ezen belül szelektált akácfajták előállításával, termesztésbe vonásával, melynek célja a törzsminőség javítása, valamint a fatermés és a nektártermelés fokozása (KERESZTESI 1984, RÉDEI et al. 2017, NICOLESCU et al. 2018, ÁBRI et al. 2021). Ezen tulajdonságokon túlmenően, napjainkban – a klímaváltozás negatív hatásaira reagálva – a szárazságtűrés, illetve a gyors fiatalkori növekedés is fontossá vált a nemesítők számára (RÉDEI et al. 2008, 2011, ÁBRI et al. 2022). Ennek a kutató munkának köszönhetően jelenleg számos államilag elismert akác fajtánk és fajtajelöltünk van, melyeket tág hálózatu (min. 2,5 x 2,0 m), rövid vágásfordulójú (15-20 év) iparifa célú faültetvények létesítése során is alkalmazhatunk. A faültetvények elsősorban a növekvő minőségi ipari faanyag iránti igény kielégítését szolgálják. Gazdasági jelentőségük mellett környezetvédelmi jelentőséggel – a természetes erdők védelmével, azokban történő fakitermelés csökkentésével – is bírnak.

A fentebb leírtakkal párhuzamosan fokozódó nemzetközi érdeklődés bontakozott ki a magyar akáctermesztés fejlesztését elősegítő kutatási-fejlesztési-innovációs eredmények, illetve gyakorlati tapasztalatok iránt.

Az iparifa-ültetvények vizsgálatának igen nagy gyakorlati jelentősége van. A 2020-2030-as időszakra hazánkban jelentős mérvű fahiány prognosztizálható. Mivel az akác képes tolerálni a kedvezőtlenebb termőhelyi viszonyokat is, az akác iparifa célú ültetvények létesítésével a jövőben a fahiány mérsékelhető.

Ahhoz, hogy jó minőségű iparifát tudjunk az ültetvényeken megtermelni, elengedhetetlen a hagyományos faállomány-felvételek mellett a fák növényélettani szempontból meghatározó tulajdonságainak (biomassza produkció, növények vegetációs aktivitása, klorofill tartalom, szárazságtűrés, stb.) vizsgálata. Továbbá a(z) NDVI értékek alapján képet kapunk az ültetvény egészségi állapotáról, valamint a termőterület heterogenitásáról. A vegetációs indexek alapján differenciáltan tudjuk a tápanyag-utánpótlást elvégezni (a termőterület gyengébb részeire többet kiszórni), ezzel a szántóföldi növényeknél alkalmazott, a növény és környezete (elsősorban a talaj) közötti interakció minél alaposabb ismeretét feltételező, „precíziós termesztés” a faültetvényekben is megvalósulhat, így az ökológiai és ökonómiai szempontokat figyelembe vevő fenntartható ültetvényeszerű fatermesztés jöhet létre.

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

- ÁBRI T. – CSAJBÓK J. – RÉDEI K. – BOROVIK A. – TÁMBA M. – KESERŰ Z. (2021): Szelektált akáklónokkal létesített akác iparifa ültetvény növényélettani és faállomány szerkezeti vizsgálatának kezdeti eredményei. In: CSIHA I. – CSIHA S.: Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Napja: Tudományos Eredmények a Gyakorlatban 89-103.
- ÁBRI T. – KESERŰ Z. – RÁSÓ J. – RÉDEI K. (2021): Stand structure and growth of *Robinia pseudoacacia* ‘Jászkiséri’-‘Jászkiséri’ black locust. *Journal of Forest Science* 67(10): 489-497.
- ÁBRI T. – KESERŰ Z. – BOROVIK A. – RÉDEI K. – CSAJBÓK J. (2022): Comparison of Juvenile, Drought Tolerant Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Clones with Regard to Plant Physiology and Growth Characteristics in Eastern Hungary: Early Evaluation. *Forests*, 13(2): 292.
- JÁRÓ Z. – LENGYEL GY. (1988): Stand establishment. In: KERESZTESI B. (ed.): *The Black Locust*. Budapest, Hungary, Akadémiai Kiadó: 87-115.

- KERESZTESI B. (1984): Az Akác. Akadémia Kiadó. Budapest.
- KESERŰ Z. – BOROVIČS A. – ÁBRI T. – RÉDEI K.M. – LEE I.H. – LIM H. (2021): Growing of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Candidate Cultivars on Arid Sandy Site. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 17(1): 51-61. <https://doi.org/10.37045/aslh-2021-0004>.
- KOPECKY F. (1965): Az akác nemesítése. In: KERESZTESI B. (szerk.) Akáctermesztés Magyarországon, Akadémiai Kiadó. Budapest. 121-156.
- NICOLESCU V.N. – HERNEA C. – BAKTI B. – KESERŰ Z. – ANTAL B. – RÉDEI K. (2018): Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) as a multi-purpose tree species in Hungary and Romania: A review. *Journal of Forestry Research* 29: 1449-1463. <https://doi.org/10.1007/s11676-018-0626-5>.
- NICOLESCU V.N. – RÉDEI K. – MASON W.L. – VOR T. – PÖETZELSBERGER E. – BASTIEN J.-C. – BRUS R. – BENČAĀ T. – ĐODAN M. – CVJETKOVIC B. – ANDRAŠEV S. – LA PORTA N. – LAVNY V. – MANDŽUKOVSKI D. – PETKOVA K. – ROŽENBERGAR D. – WAŠIK R. – MOHREN G.M.J. – MONTEVERDI M.C. – MUSCH B. – KLISZ M. – PERIĆ S. – KEČA L. – BARTLETT D. – HERNEA C. – PÁSTOR M. (2020): Ecology, growth and management of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), a non-native species integrated into European forests. *Journal of Forestry Research* 31: 1081-1101. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01116-8>.
- Országos Erdőállomány Adattár (Nemzeti Földügyi Központ (NFK), Erdészeti Főosztály) (2021): Letöltve: 2021.10.12. https://nfk.gov.hu/Magyarország_erdeivel_kapcsolatos_adatok_news_513
- OMSZ (nyíregyházi meteorológiai állomás) (2021): Letöltve: 2021. 09. 22. az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) weboldaláról: https://odp.met.hu/climate/homogenized_data/station_data_series/from_1901/
- RÉDEI K. (2006): Az akác termesztés-fejlesztésének biológiai alapjai. Agroinform Kiadó. Budapest.
- RÉDEI K. (2020): Bevezetés az ültetvényyszerű fatermesztés gyakorlatába (2. átdolgozott kiadás). Agroinform Kiadó. Budapest.
- RÉDEI K. – OSVATH-BUJTAS Z. – VEPERDI I. (2008): Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) improvement in Hungary: a review. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 4: 127-132.
- RÉDEI K. – CSIHA I. – KESERŰ ZS. – KAMANDINÉ VÉGH Á. – GYŐRI J. (2011): The silviculture of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary: a review. *South-east European forestry: SEEFOR* 2(2): 101-107. <https://doi.org/10.15177/seefor.11-11>.
- RÉDEI K. – CSIHA I. – RÁSÓ J. – KESERŰ ZS. (2017): Selection of promising black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) cultivars in Hungary. *Journal of Forest Science* 63 (8): 339-343. <https://doi.org/10.17221/23/2017-JFS>
- RÉDEI K. – KESERŰ Z. – BACH I. – RÁSÓ J. – ÁBRI T. – SZABÓ F. – GÁL J. (2020): Management of *Robinia pseudoacacia* cv. 'Üllői' – 'Üllői' locust. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 16(1): 9-18. <https://doi.org/10.37045/aslh-2020-0001>
- ROUSE J.W. – HAAS R.H. – SCHELL J.A. – DEERING D.W. (1974): Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. NASA special publication 351(1974): 309.
- VÍTKOVÁ M. – TONIKA J. – MÜLLEROVÁ J. (2015): Black locust – Successful invader of a wide range of soil conditions. *Science of the Total Environment* 505: 315-328. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.104>

A NYÁR FAJTAVÁLASZTÉK LEHETSÉGES BŐVÍTÉSE ÍGÉRETES LEUCE-NYÁR KLÓNOKKAL

Possible enlargement of poplar cultivar assortment with promising Leuce-poplar clones

KESERŰ ZSOLT

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ültetvényyszerű Fatermesztési Osztály
keseru.zsolt@uni-sopron.hu

Kivonat

Napjainkban a fehérnyárasok termesztés-fejlesztésében elsőrendűen fontos feladat a vegetatív módon is jól szaporítható, kiváló növekedésű, a klímaváltozás következtében a szárazodó klímát jól tűrő, kórokozókkal és károsítókkal szemben rezisztens, faipari célra értékesebb alapanyagot nyújtó új fajták előállításának és köztermesztésbe vonása. A fejlesztésnek irányt szab, hogy a szelektált fehér nyár klónok intenzívebb termesztésbe vonásának egyik gátló tényezője a vegetatív úton történő szaporíthatóságuk eredményes megoldása.

Az Erdészeti Tudományos Intézetben folyó korábbi vizsgálatok alapján két ígéretes Leuce-nyár kísérleti klón alkalmas lehet a megfogalmazott célok teljesítéséhez. Európai Innovációs Projekt (EIP) keretén belül a közelmúltban megkezdtük a kísérleti klónok vegetatív szaporíthatóságának vizsgálatát és kísérleti iparifa-ültetvények létesítését.

Abstract

The Forest Research Institute has been dealing with the breeding and growing issues of the Leuce-poplar stands nearly half a century. In many cases one of the main objectives of the growing-development of Leuce-poplar stands is to improve the qualitative value of stands with degraded genetic stage. During the project, the goal is to produce the more favourable yield and stem form properties of promising Leuce-poplar clones produced by vegetative propagation method which are suitable for growing under marginal site conditions.

Based on previous studies at the Forest Research Institute, two promising Leuce-poplar clones may be suitable to meet the stated objectives. Within the framework of the European Innovation Project (EIP), we have recently started to study the vegetative propagation of experimental clones and to establish experimental industrial tree plantations.

Bevezetés

A Leuce-nyárasok termesztés-fejlesztésével kapcsolatos kutatómunka intenzívebbé tételét indokolja egyrészt az ökológiai tényezők kedvezőtlenebbé válása (talajvízszint csökkenése, minimális csapadékmennyiség a vegetációs időszakban, a klímaváltozás okozta gyakoribb aszályos periódusok stb.), másrészt a gyökérrontó taplóval (*Heterobasidion annosum*) fertőzött erdőfenyvesek és a gyengébb termőhelyeken álló nemesnyárasok fafajcserés átalakítása. A fehér nyár ezen kívül jelentős szerepet tölthet be egyes rentábilisan nem művelhető mezőgazdasági földterületek erdészeti hasznosításában is. Ezen területek egy része a fehérnyár-termesztés számára ún. határtermőhelyeket képvisel, amelyeknél valamilyen talajhiba, vagy más káros környezeti tényező korlátozza az ültethető fafajok (fajták, klónok) körét, valamint a termesztési ciklus hosszát. A meglévő fehérnyárasainknak meghatározó jelentőségük van a természetvédelemben (öshonos fafajok génkészletének megőrzése) és tájfejlesztésben (RÉDEI – KESERŰ 2007).

Alapvető célunk minél több olyan klón kiválasztása, illetve előállítása, amelyek olyan hasznos és szükséges tulajdonságokkal rendelkeznek, amilyeneket a nyárfatermesztés és a faipar igényel. A fejlesztésnek irányt szab, hogy a szelektált fehér nyár klónok intenzívebb termesztésbe vonásának egyik gátló tényezője a vegetatív úton történő szaporíthatóságuk eredményes megoldása (BALLA et al 2016). A megváltozott ökológiai körülményekhez (szárazodó termőhelyek) is alkalmazkodni tudó, jó növekedésű, magas iparifa-hányadot

szolgáltató, a kórokozókkal és károsításokkal szemben ellenálló fajták (klónok) szaporítása csak ily módon lehetséges. Az egyklónúság, a monokultúrás termesztés a fehérvnyárasok körében sem kívánatos, ezért is fontos a kutatási eredmények alapján ígéretesnek tartott klónok legjobb vegetatív szaporítási eljárásának kidolgozása (KESERŰ 2013).

Az Erdészeti Tudományos Intézetben folyó korábbi vizsgálatok alapján két ígéretes Leuce-nyár kísérleti klón alkalmas lehet a megfogalmazott célok teljesítéséhez. Európai Innovációs Projekt (EIP) keretén belül a közelmúltban megkezdtük a kísérleti klónok vegetatív szaporíthatóságának vizsgálatát és kísérleti iparifa-ültetvények létesítését.

Az ültetvényszerű fatermesztés, és ezen belül az iparifa célú ültetvények létesítése elsősorban az egyre növekvő faanyagigény kielégítését célozzák. Ezen túlmenően hozzájárulnak a környezet-, illetve a tájfejlesztéshez, a légköri széndioxid-körforgalom előnyös szabályozásához, a különböző légszennyeződések szűréséhez, és egyúttal a klímaváltozás káros hatásainak mérsékléséhez.

Az új, potenciális fajtákkal szemben alapvető elvárás az optimális hozam (mennyiségi) és faanyag-minőségi tulajdonságok mellett a környezethez való magas szintű alkalmazkodóképesség, az éghajlatváltozás szélső értékeivel szembeni tolerancia, a melegedő és szárazodó klimatikus körülmények között is jól érvényesülő termesztésbiztonság. A technológia kifejlesztéséhez szükséges mintaultetvények a konzorciális együttműködés következtében eltérő agrárerdészeti termőtípusokon és eltérő genetikai talajtípusokon, ökológiai környezetben valósulnak meg.

Anyag és módszer

A Duna-Tisza közti homokháton tenyésztő fehérvnyárasok genetikai leromlásának megállapítása céljából az Erdészeti Tudományos Intézet kecskeméti csemetekertjében 1974-ben kezdődött meg a kiváló erdészeti növénynevelő, Kopecky Ferenc és munkatársai által előállított fehér nyár (Leuce-nyár) mesterséges hibrid- (klón-) szelekciójával kapcsolatos kutatómunka. A Duna-Tisza közti homokhat déli körzetében, a Balotaszállás 84L erdőrészletben 1986-ban kezdődött meg az őshonos nyár klóngyűjtemény kialakítása génrezervációs céllal. A folyamatosan zajló és ismételt klónszelekciós munka alapján újabb és újabb törzsfaklónok kerültek kiválasztásra, amelyek mikroszaporítási (szövettenyésztés) eljárását is sikerült kidolgozni. A Kecskemét 80A erdőrészletben öt fehér (Leuce-) nyár klónnal létesített kísérleti korai (8 éves kori) értékelése alapján (1. táblázat) a 'H-337' (*Populus alba* x *Populus grandidentata* H-337) és a 'H-384' (*P. alba* x *P. grandidentata* H-384) jelű klónok tűnnek ígéretesnek faipari célú hasznosításra.

Az évgyűrűszerkezet megállapításához a Kecskemét 40A erdőrészletben lévő kísérleti területen fadöntéssel és a kidöntött törzsekből korongvágással jutottunk mintákhoz. A mintavételre 2010. október 5-én került sor.

Az előzetes vizsgálatok alapján legígéretesebbnek bizonyult két fehér nyár klón esetében ('H-337' és 'H-384') részletes törzselemzéseket is végeztünk. Kontrollként a közönséges fehér nyár kijelölt parcellájából vágunk ki mintatörzset.

A döntött törzsekből a tőnél (vágáslap), a mellmagassági átmérőnél (1,3 méter), majd ezt követően 3 méteres magasságtól kétméterenként vágunk ki mintakorongot. A korongok szárítása és csiszolása után végeztük el az évgyűrűelemzést az ERTI Püspökladányi Kísérleti Állomásán található osztrák gyártmányú DIGITALPOSITIONOMETER Type 2 típusú évgyűrű-analizátorral (1. ábra).



1. ábra: DIGITALPOSITIONETER Type 2 Évgyűrűanalizátor berendezés
(Keserű Zs. 2010)

Az évgyűrűelemzést mindhárom mintafa esetében a mellmagassági átmérőnél vágott korongon végeztük el, hiszen ez az adott mintafa legjellemzőbb metszete a vastagsági növekedés mértékének megállapításához.

Az évgyűrűket két egymásra merőleges sugár mentén mértük, majd a mért eredmények számtani átlagát képeztük.

2020-ban, EIP innovációs projekt keretében („Kedvezőtlen termőhelyeken alkalmazható ígéretes Leuce-nyár klónok vegetatív szaporítási eljárásának kidolgozása”), konzorciális együttműködéssel ismét megkezdtük a fehér (Leuce-) nyárak vegetatív szaporítási módszerének vizsgálatát, iparifa ültetvények létesítését. A projekt célja ígéretes Leuce-nyárak vegetatív szaporíthatóságának és faipari célokra való alkalmasságának vizsgálata üvegházi, csemetekerti és üzemi kísérleti (iparifa-ültetvények) körülmények között. Alapvető célunk minél több olyan klón kiválasztása, illetve előállítása, amelyek olyan hasznos és szükséges tulajdonságokkal rendelkeznek, amelyeket a nyárfatermesztés és a faipar igényel.

A kísérleti faültetvényekben telepített nyár és fűz klónok a következők:

- *Populus alba* x *Populus grandidentata* cv. 'H-337'
- *Populus alba* x *Populus grandidentata* cv. 'H-384'
- *Populus* x *euramericana* cv. 'I-214'
- *Populus tomentosa*
- *Populus alba*
- *Salix alba* cv. 'Express'

A kísérleti ültetvények megvalósítása 5 különböző adottságú erdészeti kistáj területén történik.

- **Földes** Külterület 0182/10
- **Nyíracsád** Külterület 0405/49
- **Sátoraljaújhely** Külterület 051/2
- **Gyomaendrőd** Külterület 01411/3
- **Szentmártonkáta** Külterület 083/4

Az ültetvények létesítését megelőzően elvégeztük a részletes termőhelyfeltárásokat és talajlaboratóriumi vizsgálatokat. A főbb jellemzőket az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat: A kísérleti területek termőhelyvizsgálati eredményei

Jellemzők	Szentmártonkáta	Gyomaendrőd	Földes	Sátoraljaújhely	Nyírcsád
Klíma	Erdőssztyepp	Erdőssztyepp	Erdőssztyepp	Cseres-Kocsánytalan tölgyes	Erdőssztyepp
Hidrologia	Többletvízhatástól független	Többletvízhatástól független	Többletvízhatástól független	Változó vízhatás	Többletvízhatástól független
Termőréteg vastagsága	Sekély/közepes	Sekély/Közepes	Igen mély	Igen mély	Sekély/Közepes
Fizikai talajféleség	Homok	Homok	vályog	agyagos vályog	Homok
Humusztartalom a termőrétegben [%]	1,07-0,99 gyengén humuszos/0,54-0,17 humuszban szegény	1,07-0,99 gyengén humuszos/0,54-0,17 humuszban szegény	2,96-0,57 igen jó	3,08-0,92 igen jó	1,07-0,99 gyengén humuszos/0,54-0,17 humuszban szegény
Ajánlható célállomány	KST, FNY, A	KST, FNY, A	KST, A, FNY, NNY	KTT, FNY, FFÜ, NNY	KST, FNY, A
Genetikai talajtípus	karbonátos csernozjom jellegű homoktalaj	szolonyeces réti talaj	karbonátos réti csernozjom	öntés réti talaj	karbonátos humuszos homoktalaj

A Hungaroplant Kft. az eredeti terveknek megfelelően a KEFAG Zrt. Csalánosi Géngyűjteményének területén gyűjtött kiindulási Leuce-nyár szaporítóanyagok felhasználásával a 2 db Leuce-nyár fajta (*Populus alba* x *P. grandidentata* H-337 és H-384) felszaporítását elvégezte (2. ábra). Ennek köszönhetően a megfelelő mennyiségű csemeték rendelkezésre álltak az ültetvények létesítéséhez. A konzorcium 2021 őszén tervezte az 5 ültetvény telepítését, az időjárási körülmények miatt erre végül 2022 tavaszán került sor. Az ültetvények létesítését megelőzően az összes előkészítő tevékenység (kerítésépítés, vadriasztók kihelyezése, talajelőkészítés, tápanyag-feltöltés, gyomirtás) rendben lezajlott a konzorciumi partnerek érintett területein.

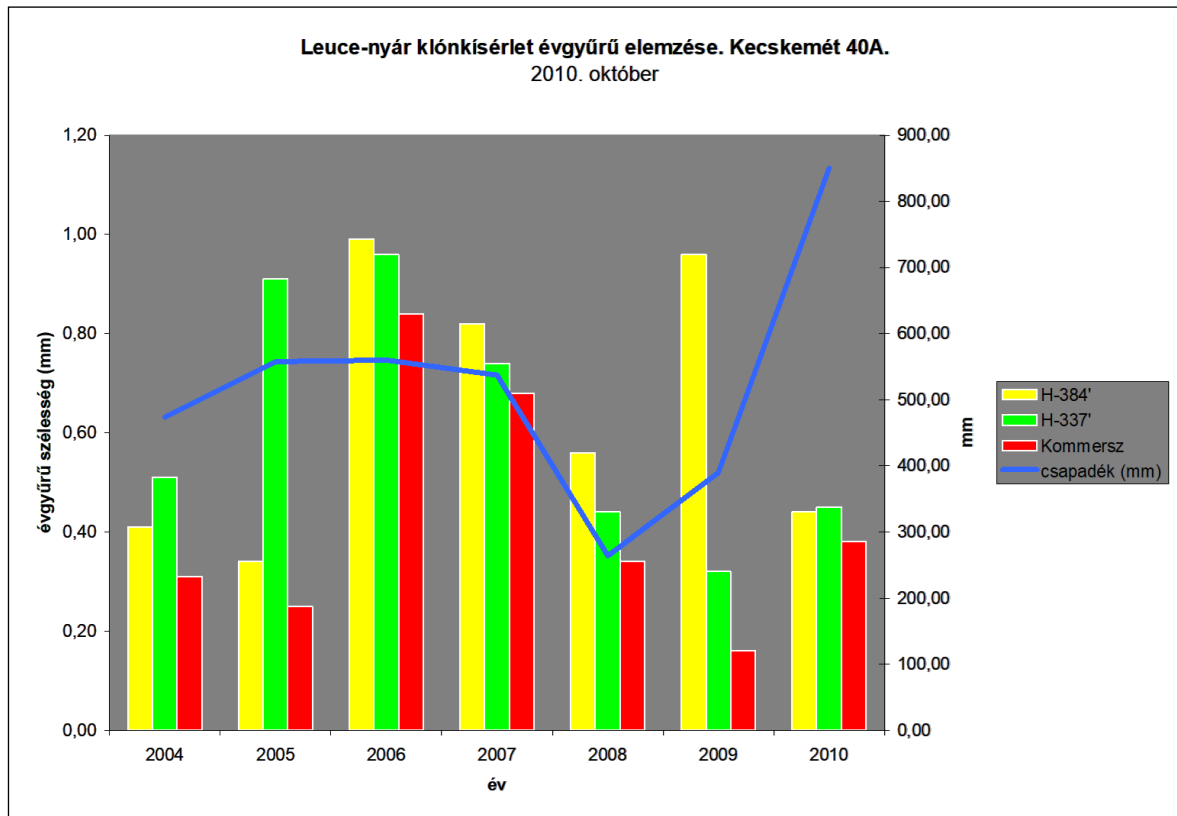


2. ábra: Leuce-nyár hajtások mikroszaporítása a szegedi FLORATOM Kft. laboratóriumában

Eredmények

Az átlagos évgűrű szélességet (mellmagasságban mért vastagsági növekedést) tekintve (3. ábra) a kísérlet 6 éves korában a 'H-384' jelű klón 52,7 %-kal, míg a 'H-337' jelű klón 46,2 %-kal

múlta felül a kommersz fehér nyárat. Ezek a kezdeti vizsgálati eredmények arra utalnak, hogy a szelekciós többlet marginális termőhelyi viszonyok között is egzakt módon mutatható ki.



3.ábra: A klónkísérlet átlagos vastagsági növekedése

A 2. táblázat a 2011-ben elvégzett állományfelvétel eredményeit mutatja. A táblázat alapján az átlagos magasságot tekintve a *H-384* jelű klón 22 %-kal, míg a *H-337* jelű klón 51 %-kal múlta felül a kommersz fehér nyárat. Az átlagos mellmagassági átmérőket tekintve a különbségek hasonlóképpen alakultak: a *H-384* jelű klón 25 %-kal, míg a *H-337* jelű klón 30 %-kal mutatott jobb eredményt a kommersz fehér nyárnál. Az átlagfa-térfogat alapján a különbségek még nagyobbak voltak, ugyanis a *H-384* jelű klón 49 %-kal, míg a *H-337* jelű klón 102 %-kal produkált jobb eredményt, mint a kommersz fehér nyár. A különbségek mindhárom fatermési jellemző tekintetében igen jelentősek.

2. Táblázat: Fehér (Leuce-) nyár klónok fatermési adatai 8 éves korban (Kecskemét 80A, 2011.)

Klón neve	Átlagos magasság (m)	%	Átlagos mellmagassági átmérő (cm)	%	Átlagfaterfogat (dm ³)	%
H-325	8,05	111	7,40	102	25,8	102
H-337	10,95	151	9,44	130	51,3	202
H-384	8,84	122	9,08	125	37,9	149
H 425-4	7,66	106	7,82	108	26,6	105
<i>Kontroll FRNY</i>	<i>7,24</i>	<i>100</i>	<i>7,26</i>	<i>100</i>	<i>25,3</i>	<i>100</i>

2021-ben ismét elvégeztük a teljes fás állományfelvételt, az adatokat a 3. táblázat szemlélteti. Az eredmények alapján elmondható, hogy a H-384-es klón teljesítménye kissé visszaesett a 10 évvel ezelőtti mutatótól. A H-337-es klón (4. ábra) azonban továbbra is messze felülmúlja a kommersz fehér nyár és a többi kísérleti klón mutatóit.

3. táblázat: Fehér (Leuce-) nyár klónok fatermési adatai 18 éves korban (Kecskemét 80A, 2021.)

Klón neve	Átlagos magasság (m)	%	Átlagos mellmagassági átmérő (cm)	%	Átlagfaterfogat (dm ³)	%
H-325	16,24	102	14,56	103	147,64	99
H-337	20,86	131	17,06	120	234,03	157
H-384	15,63	98	13,44	95	118,47	79
H 425-4	16,60	104	12,05	85	93,78	63
<i>Kontroll FRNY</i>	<i>15,86</i>	<i>100</i>	<i>14,12</i>	<i>100</i>	<i>148,95</i>	<i>100</i>



4. ábra: Kiváló törzsalakkal rendelkező H-337 leuce nyár klón a KEFAG Zrt. Kecskemét-Csalánosi Géngyűjteményének területén (Keserű Zs. 2021)

Következtetések

A kísérletbe vont Leuce nyár klónok kezdeti értékelése alapján a 'H-337' és a 'H-384' jelű klónok mennyiségi és minőségi paraméterei voltak a legjobbak, messze felülmúlva a kontroll szürke nyár állományrészeket. Az utolsó felmérés alapján a legjobb mutatókat a 'H-337' jelű klón produkálta.

A korábban létesített kísérlet bizonyította, hogy a mikroszaporítás, mint vegetatív szaporítási mód eredményesen alkalmazható a fehér nyár szelekciós nemesítése során.

A szelekciós többlet a nyárfatermesztés számára marginális termőhelyi viszonyok mellett is kimutatható.

Az új, potenciális fajtákkal szemben alapvető elvárás az optimális hozam (mennyiségi) és faanyag-minőségi tulajdonságok mellett a környezethez való magas szintű alkalmazkodóképesség, az éghajlatváltozás szélső értékeivel szembeni tolerancia, a melegedő és szárazodó klimatikus körülmények között is jól érvényesülő termelésbiztonság. A technológia kifejlesztéséhez szükséges mintaultetvények a konzorciális együttműködés következtében eltérő agrárerdészeti termőtípusokon és eltérő genetikai talajtípusokon, ökológiai környezetben valósulnak meg.

Az ipari célú minőségi faanyagot termő Leuce-nyár ültetvények kísérleti eredményeinek potenciális hasznosítói az állami, társas- és magán erdőtulajdonosok, erdőkezelők, de akár települési önkormányzatok is. A legszélesebb várható célcsoport azon magán földbirtokosok, akik gazdaságos mezőgazdasági termelésre nem alkalmas, vagy akár a gazdaságosság határán mozgó földbirtokkal rendelkeznek. Közismerten mintegy 750 ezer hektár gazdaságtalanul hasznosítható mezőgazdasági terület (zömében szántó) található hazánkban. A földalapú normatív támogatás csökkenése vagy megszűnése esetén további százezres

nagyságrendű gazdaságtalan szántóterület várható, így egyes előrejelzések alapján a potenciálisan fás kultúrával hasznosítható terület elérheti, sőt meghaladhatja az 1 millió, 1 millió 300 ezer hektárt. A potenciális hasznosítás fő alternatívája különböző agrárerdészeti rendszerek létrehozása, a fásítás - faültetvény (iparifa ültetvény) létesítése vagy erdőtelepítés. Az összterületből legalább 40-60 % az olyan terület, amelynek hasznosítása a szárazodó klíma miatt a jó szárazságtűrő tulajdonsággal bíró Leuce-nyárrakkal is célszerű lehet. A projekt során kialakítandó fejlesztési eredmények ezeken a területeken hasznosíthatóak.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a „Kedvezőtlen termőhelyeken alkalmazható ígéretes Leuce-nyár klónok vegetatív szaporítási eljárásának kidolgozása (Azonosító: 1924457105)” projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BALLA I. – KESERŰ ZS. – RÉDEI K. – ANTAL B. (2016): Leuce-nyár klónok mikroszaporítása és ennek szerepe a szelekciós nemesítésben. Agrártudományi Közlemények/Acta Agraria Debreceniensis 69: 43-48.
- KESERŰ ZS. (2013): A nemesítés szerepe a homoki leuce-nyárasok termesztés-fejlesztésében. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem.
- RÉDEI K. – KESERŰ ZS. (2007): A szelekciós nemesítés újabb eredményei. In: Rédei Károly (szerk): Homoki fehérnyárasok termesztés-fejlesztése. Budapest, Agroinform Kiadó, 24-28. ISBN:9635028563

ELŐZETES VIZSGÁLATOK AZ OLASZ TÖLGY GÉNREZERVÁTUMOK SPECIÁLIS KEZELÉSI TERVEINEK ELKÉSZÍTÉSÉHEZ

Preliminary studies for the preparation of specific management plans for Italian oak gene reserves

BALOGH MÁTÉ

Soproni Egyetem erdőmérnök hallgató
balogh.mate1103@gmail.com

Kivonat

A Gyulaj Zrt. génmegőrzési projektjének egyik fajtája az olasz tölgy (*Quercus Virgiliana*). Déli kitettséggű meleg száraz domboldalakon figyelhetőek meg állományai. A jövőben a Zrt. a klímaváltozás hatására felmelegedő, szárazodó területeken szeretné ezt a fajtát telepíteni. A jelenleg is megtalálható állományokból génrezervátumokat alakítottak ki, ezekben folytatók a vizsgálatok. Első körben állományszerkezetet és a magterméseket vizsgáltam, amelyekre alapozva lehet a jövőben elkészíteni a speciális kezelési terveket. Az előzetes vizsgálatok állapotfelmérésre, a termőhely típusváltozat, az állományszerkezet, az elegyarányok, az összesfatérfogat, meghatározására terjedtek ki. A makktermés vizsgálata pedig összefüggések keresését jelentette a magtermő fák alól korábban gyűjtött makkok mennyiségének és a magtermő fák különböző méretei között.

Abstract

Italian oak (*Quercus virgiliana*) is one of the species of the Gyulaj Zrt. gene conservation project. Their stands are found on warm dry hillsides with southern exposure. In the future, the Zrt. would like to plant this tree species in warming, drying areas due to climate change. Genetic reserves have been established from the existing stands and studies have been carried out in these reserves. First, stand structure and core conditions were investigated, on the basis of which specific management plans can be drawn up in the future. Preliminary studies included a condition assessment, determination of site type, stand structure, proportions, total volume. The acorn yield study involved a search for correlations between the quantity of acorns collected from under the seed-bearing trees and the different sizes of the seed-bearing trees.

Bevezetés

A kutatás alapvető ötletét a Gyulaj Zrt. biztosította azzal, hogy a korábbi években kialakított egy génmegőrzési programot az olasz tölgyre, mert a fajtát a jövőben előnyös tulajdonságai miatt hasznosítani szeretnék. Az olasz tölgy egy őshonos, de visszaszorult a karásítótakat és a termőhelyi viszonyok változásait jobban elviselő így stabil állományt létrehozó és a "nemes" tölgyekével azonos minőségű faanyagot adni képes faj. (KÉZDY P. – BORDÁCS S. 1998) Az állományok bejárása során különbséget mutatott azok szerkezete, így alapvető ötlet volt az összehasonlításuk. Az állományszerkezet felmérésekor a termőhelyet a klímát és az állományok fajonkénti fatérfogatát vizsgáltam. A másik gondolatszáll volt a magtermés tanulmányozása, összefüggések keresése a fák méretei és makktermésének mennyisége között. A magtermés felmérése az általam területenként kijelölt jobb növekedésű, nagyobb koronával rendelkező, egészséges fákra korlátozódtak. Az összevetendő tulajdonságokat az egyedek mellmagassági átmérői és fatérfogat adataik adták a magterméseik mennyiségének viszonyában.

Anyag és módszer

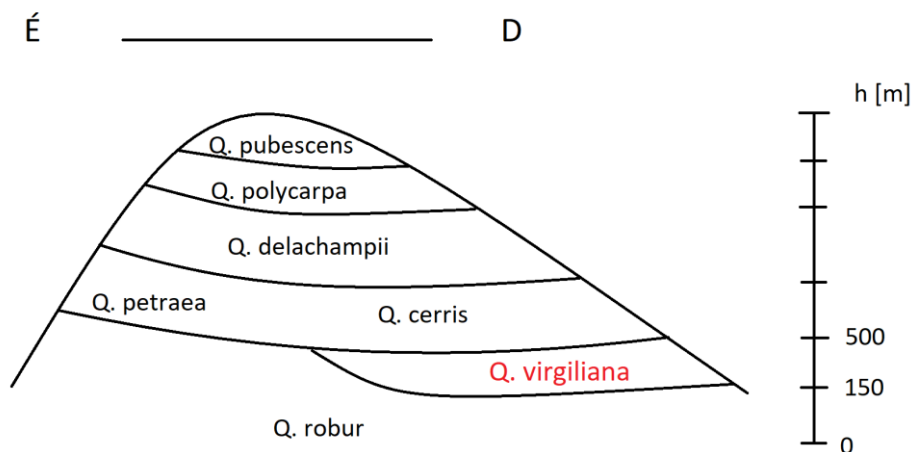
Első körben az állományok tulajdonságaik felmérését részletezném. Két fő paramétert a termőhelyi viszonyok és fatérfogat adatok biztosították. Termőhelyi viszonyok felméréséhez helyszíni termőhelyvizsgálatot végeztem el, mely során megállapítottam a hidrológiai viszonyokat, a genetikai talajtípust, a termőréteg mélységet és a fizikai talajféleséget. Az erdészeti klíma meghatározásához a Carpatklim adatbázis 1990 óta dokumentált időjárás adatait használtam fel, amelyek segítségével készítettem el az adott területre szóló Walter diagrammot és FAI értéket. Az állományok fatérfogat adatainak meghatározásához törzsenkénti felvételt és átmérő csoportonként magasságmérést végeztem. Volt adatom az egyes fafajok törzsátmérőjéhez tartozó darabszámokról, össz darabszámról és átmérőnként 2-3 magasságról. A Király-féle fatérfogat függvény és a felmért adatok segítségével meg tudtam adni fafajonként az állományszintű fatérfogatot, sőt jó közelítést ad az állományban uralkodó elegyarányok viszonyára is.

$$v = (p_1 + p_2 \times d \times h + p_3 \times d + p_4 \times h) \times \left(\frac{h}{h - 1,3}\right)^k \times \left(\frac{d^2 \times h}{10^8}\right)$$

1. ábra: Király-féle fatérfogat függvény. Forrás: Király, 1968.

ahol: p_{1-4} , k az adott fafajra jellemző paraméterek
 d a mellmagassági átmérő
 h a famagasság
 v a fatérfogat

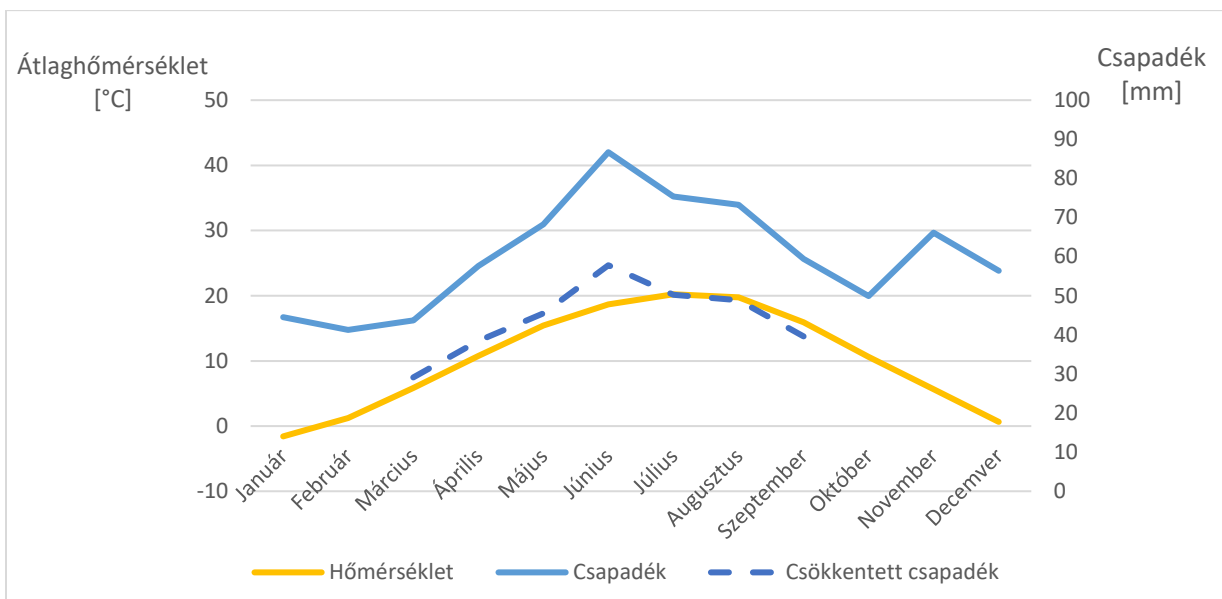
A kijelölt magtermő fák vizsgálatakor is átlalóval mértem centiméter pontossággal mellmagassági átmérőt és Suunto műszerrel famagasságot. A fatérfogat kiszámolásához ugyan úgy a Király-képletet vettem segítségül. A képlet pontos adatot nem ad egyesfa térfogatára (VEPERDI et al. 2011), de összehasonlítások alapjául használható.



2. ábra: Az olasz tölgy élőhelyi viszonyai (Bordács 2021: szerk. Balogh)

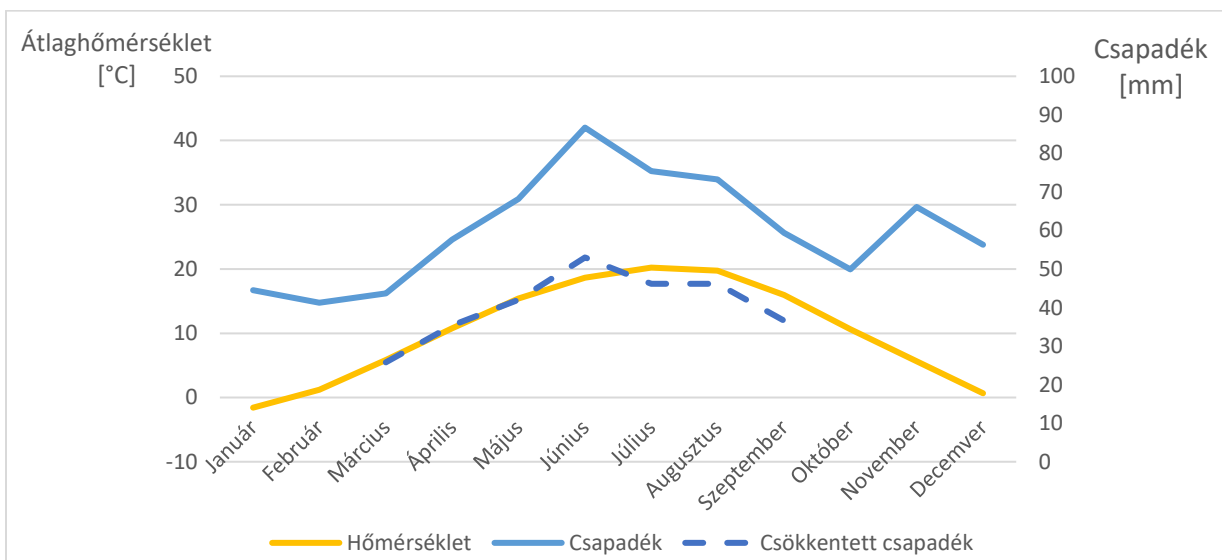
Eredmények

Három eltérő állományt vizsgáltam melyek termőhelyi viszonyaikban fatérfogat adataikban elegyarányaikban és állományszerkezetükben is eltértek. Tamásiban a Tamási 23F erdőrészletet (itt az egész erdőrészlet génrezervátumként van nyilvántartva), amely egy egy-szintes gyér cserjeszinttel bíró állomány cseres-kocsánytalantölgyes klímában (ld 3. ábra), többletvízhatástól független sekély termőrétegű vályogos humuszkarbonát talajon.



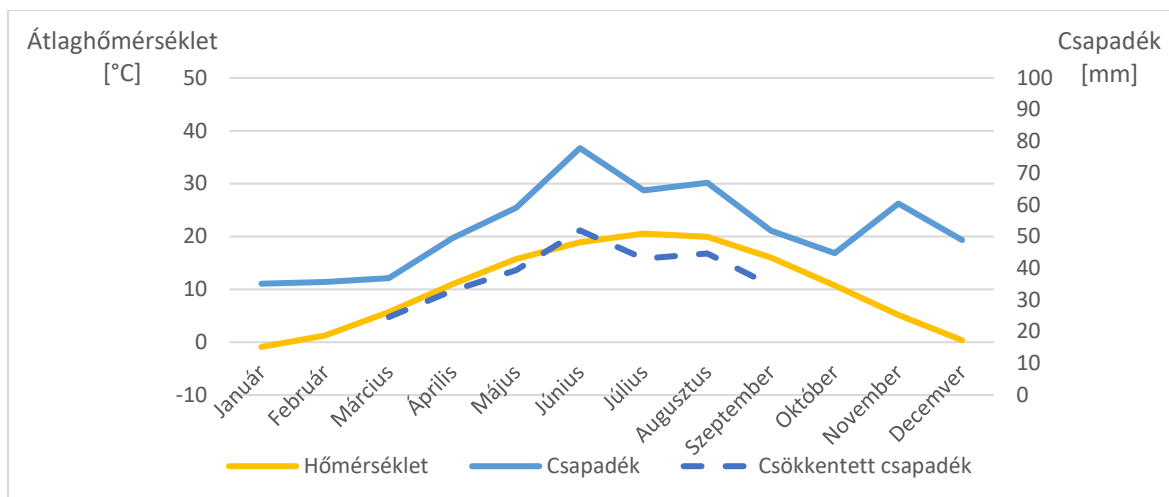
3. ábra: A tamási génrezervátum Walter diagramja. (FAI index:6,84)

Hógyészen a Hógyész 6A erdőrészt vizsgáltam, amely egy kétszintes gyér cserjeszinttel bíró állomány erdőssztyepp klímában (ld. 4. ábra), többletvízhatástól független sekély termőrétegű homokos vályogos humuszkarbonát talajon.



4. ábra: A hógyézi génrezervátum Walter diagramja. (FAI index:7,65)

Kisszékelyben a Kisszékely 11C erdőrészt egy részét (1,5 ha) vizsgáltam (nem lett az erdőrészt teljes egészén génrezervátummá kijelölve), amely egy egyszintes erős cserjeszinttel bíró állomány erdőssztyepp klímában (ld. 5. ábra), többletvízhatástól független középnyelvű termőrétegű vályogos barnaföld talajon.



5. ábra: A kisszéckelyi gőrzervátum Walter diagramja. (FAI index:7,94)

Az egyes állományokban a fafajonkénti fatérfogatok segítségével jó közelítéssel megadható azok elegyaránya, illetve az egyes állományok hektáronkénti fatérfogata, amely jó összehasonlítási lehetőséget nyújt az egyes termőhelyek és állományszerkezeteik között. Ezeket mutatják be az 1-3-as számú táblázatok. Azt láthatjuk, hogy a tamási állományban (ld. 1. táblázat) a legalacsonyabb a hőgyésziben (ld. 2. táblázat) a legmagasabb a hektáronkénti fatérfogat.

1. Táblázat: Tamási állomány fatérfogat és elegyarány viszonyait bemutató táblázat

Tamási 23/F		
Fafaj	Hektáronkénti fatérfogat [m ³ /ha]	Elegyarány [%]
OT	151,4	77,3
CS	20,8	10,6
EH	11,6	5,9
VK	5,7	2,9
MJ	2,9	1,5
AK	3,3	1,7
Összesfatérfogat	195,8 m ³ /ha	

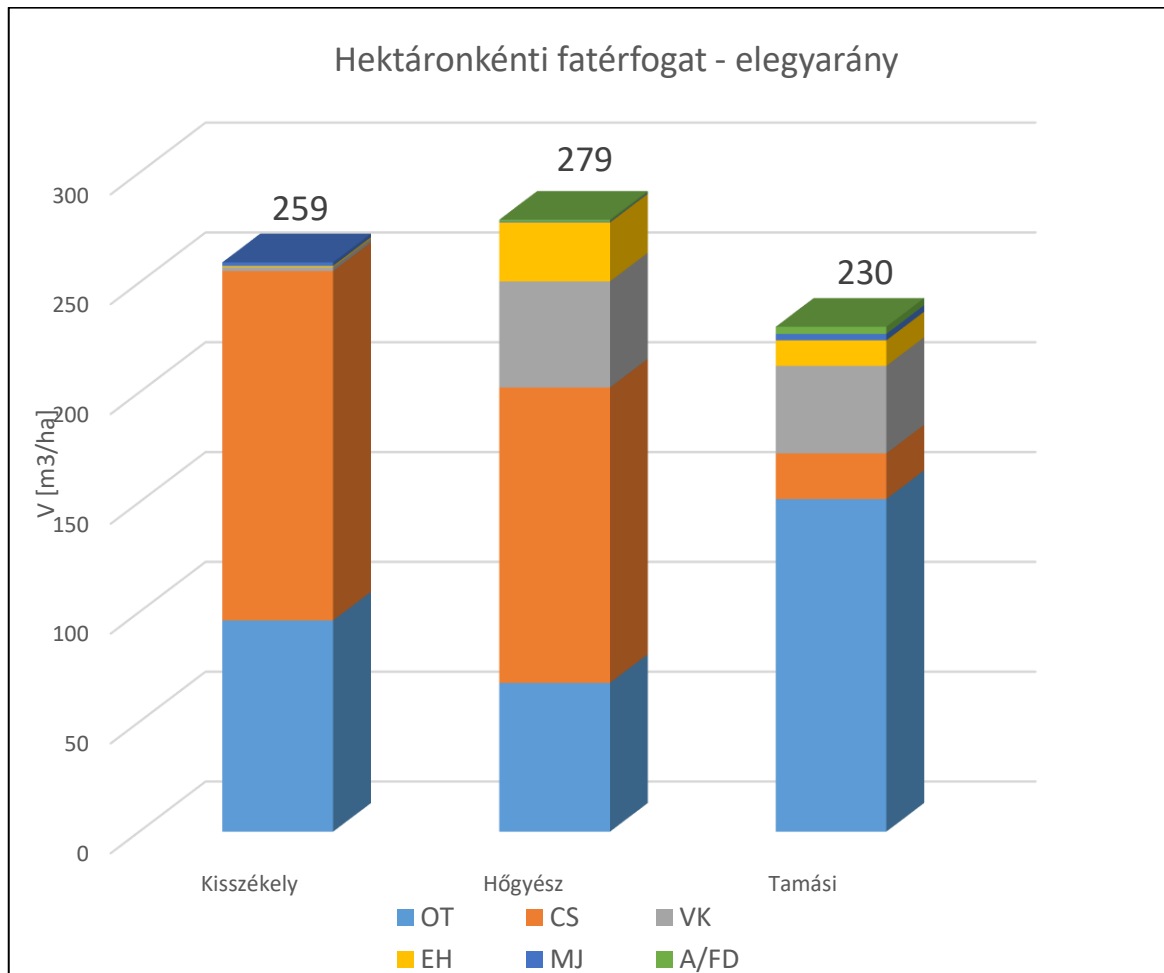
2. Táblázat: Hőgyézi állomány fatérfogat és elegyarány viszonyait bemutató táblázat

Hőgyész 6/A		
Fafaj	Hektáronkénti fatérfogat [m ³ /ha]	Elegyarány [%]
OT	67,7	24,3
CS	134,8	48,3
EH	26,9	9,6
VK	48,3	0,6
MJ	0,4	0,1
FD	0,8	0,3
Összesfatérfogat	278,9 m ³ /ha	

3. Táblázat: Kiszéckelyi állomány fatérfogat és elegyarány viszonyait bemutató táblázat

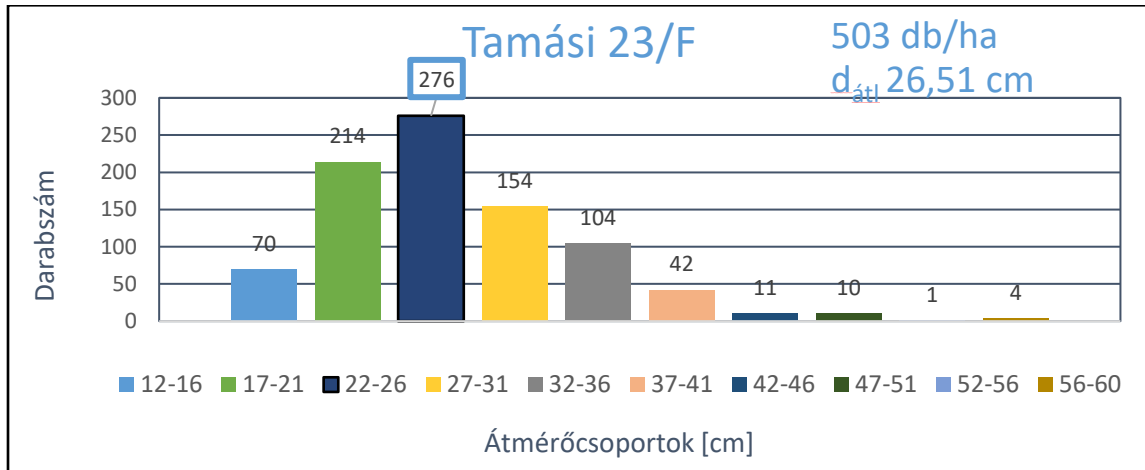
Kisszékely 11/C		
Fafaj	Hektáronkénti fatérfogat [m ³ /ha]	Elegyarány [%]
OT	96,2	37,1
CS	159,1	61,4
VK	1,7	0,6
MJ	1,6	0,6
MSZ	0,6	0,2
Összesfatérfogat	259,2 m ³ /ha	

A 6-os számú ábrán a táblázatban szereplő elegyarányonkénti fatérfogatot egyesítve láthatóak a hektáronkénti fatérfogatok. Az egyes színek mutatják elegyenként a fatérfogatot és az oszlopok feletti számok a hektáronkénti fatérfogatot. Az ábra jól bemutatja az állományok közti különbségeket.

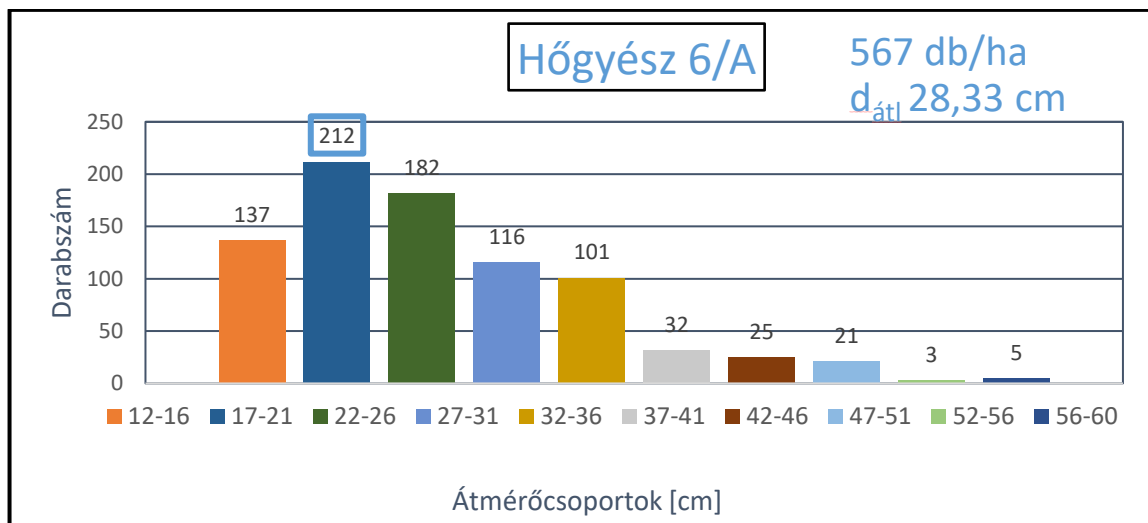


6. ábra: Az egyes állományok hektáronkénti fatérfogatát elegyarányok szerint bemutató diagram

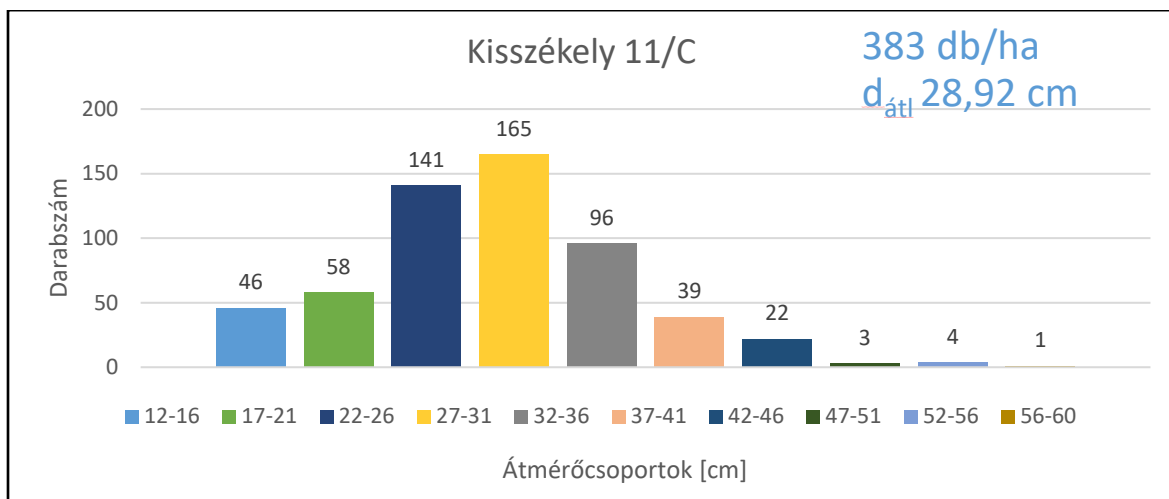
Érdekes információkat nyújtanak számunkra az átmérőnkénti törzsszámeloszlási diagramok és melléjük helyezett hektáronkénti törzsszámok és átlagátmérők. Az átmérőeloszlás a tamási (ld 7. ábra) és kisszékelyi (ld 9. ábra) állományban a normáeloszlást követi, viszont a hógyészi (ld 8. ábra) állományban a súlypont eltolódik a vékonyabb átmérőcsoportokhoz. A legtöbb törzsszámot számláló csoport itt esik a legvékonyabb átmérőintervallumba 17-21 cm közé. Azt feltételezhetnénk, hogy ez a leggyengébb termőhelyen álló, vékonyabb fákat tartalmazó állomány, de az 6-os ábrán láthattuk, hogy ez nem így van. Az eltolódást az olasztölgy és cser főállomány alatt második szintben megjelenő virágos körű egyedek okozzák.



7. ábra: A tamási állomány átmérőnkénti törzsszámeloszlása



8. ábra: A hógyészi állomány átmérőnkénti törzsszámeloszlása



9. ábra: A hőgyézi állomány átmérőnkénti törzsszámeloszlása

A magtermés vizsgálatához a Gyulaj Zrt. által dokumentált makktermés adatokat tudtam felhasználni mert a 2021-es naptéri évben a vizsgált állományokban nem mutatkozott értékelhető mennyiségű makktermés. Vizsgáltam az egyedek egyes felmért paraméterei és makkterméseik mennyisége között fellelhető kapcsolatot. Az eredményeket korreláció analízis elvégzése hozott, amelyet az 4-es számú táblázat tartalmaz. Azt láthatjuk, hogy az átmérő és termésmennyiség és a fatérfogat és a termésmennyiség közt szignifikáns pozitív összefüggés áll fent. A mellmagassági átmérő és a magtermés mennyisége közt nagyobb és erősebb az összefüggés.

4. Táblázat: Korreláció analízis eredményeit bemutató táblázat

Korreláció				
		d (cm)	v (m ³)	m (g)
d	Korreláció (r) értéke	1	,969**	,721*
	Szignifikancia értéke		0	0,019
	N (darabszám)	10	10	10
v	Korreláció (r) értéke	,969**	1	,643*
	Szignifikancia értéke	0		0,045
	N (darabszám)	10	10	10
m	Korreláció (r) értéke	,721*	,643*	1
	Szignifikancia értéke	0,019	0,045	
	N (darabszám)	10	10	10
** . A korreláció 0,01-os szinten szignifikáns (2 oldalú szignifikancia).				
* . A korreláció 0,05-os szinten szignifikáns (2 oldalú szignifikancia).				

Következtetések

A tamási és a kisszékelyi állomány közötti hektáronkénti fatérfogatkülönbség a jobb termőhelyű kisszékelyi állomány részére várható volt. A legmagasabb hektáronkénti fatérfogat viszont a rosszabb termőhelyű hőgyészi állományban volt a legmagasabb, ezt a cser és olasz tölgy felső szint alatt megjelenő virágos kőris egyedei adták. A 8-as és 9-es ábrát összevetve látható, hogy kisszékelyi állományban a törzsszám alacsonyabb és az átlagátmérő magasabb, mint a hőgyésziben, ez bizonyítja a jobb termőhelyi viszonyokat. Az álláspontot még jobban alátámasztja, hogy a leggyengébb termőhelyű tamási állománnyal (ld. 7. ábra) összevetésben a magasabb törzsszámú és alacsonyabb átlagátmérőjű szituáció még inkább fennáll. Azt mondhatjuk, hogy a termőhely az adott állomány nagyobb fatérfogatára nem, de a kevesebb és nagyobb méretekkkel bíró értékesebb faanyagot adó egyedek számára és méreteire befolyással van.

A vizsgálat másik részének eredményei alapján, igaz kis darabszámú mintán, de ki mondhatjuk, hogy van összefüggés a fa méretei és azok makktermésének mennyiségei között. A legszorosabb és legerősebb összefüggést a mellmagassági átmérő adta nem az adott egyed fatérfogata. A vizsgálatot a jövőben biztosabb és további összefüggések megadása miatt, ha a makktermés engedi nagyobb számú mintán több tulajdonság kapcsolatában cél-szerű elvégezni.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás eredményességét szeretném megköszönni a témavezetőmnek Dr. habil Frank Norbertnek és a Gyulaj Zrt. erdőmérnökeinek Gál Lászlónak, Kárász Attilának, Horváth Csabának, és Benke Jánosnak, akik ötleteikkel és vizsgálható állományok bemutatásával segítettek a munkámat.

Irodalomjegyzék

- BORDÁCS S. (2021): Az erdőgazdálkodás lehetőségei c. online előadás (2021.05.18)
KÉZDY P. – BORDÁCS S. (1998): Az olasz tölgy jelentősége és ökológiai szerepe Erdészeti Lapok 133(1): 15-17.
KOVÁCS G. (2013): Termőhelyismerettan Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet, Budapest
MGSZH KÖZPONT ERDÉSZETI IGAZGATÓSÁG (2010): Erdőrendezési útmutató Termőhely felvétel Kódjegyzéke és mellékletei Budapest
VEPERDI G. (2011): Erdőbecsléstan Sopron

A SZENNYVÍZISZAP ERDÉSZETI HASZNOSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Possibilities of sewage sludge utilization in forestry

DR. HEIL BÁLINT¹, HEILIG DÁVID¹, DR. KOVÁCS GÁBOR¹

¹Soproni Egyetem, Környezet- és Természetvédelmi Intézet¹

heil.balint@uni-sopron.hu

Kivonat

Az erdőtörvény 2017 évi módosítása elvi lehetőséget nyitott a hulladéknak nem minősülő szennyvíziszap hasznosítására erdőtelepítés talajelőkészítése, valamint kultúrerdő vagy faültetvény természetességi állapotú erdő mesterséges erdőfelújításának talajelőkészítése esetében, a talaj tápanyag- és vízgazdálkodásának javítása céljából. Ezt azonban komoly feltételhez köti, az erdőgazdálkodó megfelelő akkreditációval rendelkező kutatóhely közreműködésével biztosítani köteles 20 évre kiterjedő monitoring tevékenységet, az esetleges talajra, életközösségre kifejtett káros hatások elhárítására. Végrehajtási rendelet nem készült erre vonatkozóan, így a döntő részletek még nem ismertek. Célunk, hogy a gyakorlati kivitelezéshez szükséges jogszabály megszülethessen, amelyhez szakmai segítségünket felajánljuk.

Abstract

The 2017 amendment to the Forest Act opened a theoretical opportunity for the utilization of non-waste sewage sludge in afforestation soil preparation and in artificial forest regeneration in natural forest or plantation for soil improvement in soil preparation, nutrient and water management. However, this makes it a serious condition that the forest manager must provide 20 years of monitoring with the help of a properly accredited research center in order to prevent possible adverse effects on the soil and the community. No implementing regulation has been issued in this regard, so the decisive details are not yet known. Our goal is to create the legislation necessary for practical implementation, for which we offer our professional assistance.

Bevezetés

A szennyvíziszap erdészeti hasznosításának elvi lehetőségét a 61/2017. (XII. 21.) FM rendelet az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény helyezi keretbe. A 63. § (2)* bekezdése kimondja, hogy az erdőben szennyvíz, hígtrágya vagy talajszennyező anyag, valamint - a (2a) bekezdésben foglalt kivétellel - szennyvíziszap elhelyezése tilos. A (2a) * külön megjegyzés alapján az erdészeti hatóság a hulladéknak nem minősülő, és mezőgazdasági hasznosítású termőföldön alkalmazható szennyvíziszap alkalmazását:

a) erdőtelepítés talaj előkészítése, valamint

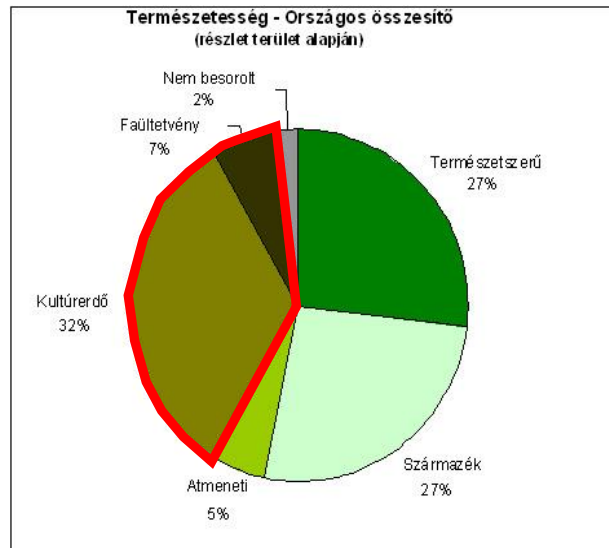
b) a 7. § (1) bekezdés e) vagy f) pontjában foglalt természetességi állapotra vonatkozó alapelvárású erdő esetében a mesterséges erdőfelújítás talajelőkészítése során a talaj tápanyag- és vízgazdálkodásának javítása céljából - kérelemre, védett természeti terület és Natura 2000 terület kivételével - engedélyezi, ha az erdőgazdálkodó megfelelő akkreditációval rendelkező kutatóhely közreműködésével biztosítja a kihelyezett szennyvíziszap termőhelyre, és erdei életközösségre való hatásainak folyamatos, legalább húsz éven keresztül történő figyelemmel kísérését.

Az erdőtörvényünk alapján kultúrerdő:

- amely elegyarányát tekintve több, mint 70%-ban idegenhonos, erdészeti tájidegen;
- vagy több, mint 50%-ban intenzíven terjedő fafajokból áll;
- vagy ahol az adott termőhelynek megfelelő természetes erdőtüársulást alkotó őshonos fafajai kevesebb, mint 30%-os elegyarányban vagy egyáltalán nincsenek jelen.

Faültetvény pedig:

- jellemzően idegenhonos fafajokból vagy azok mesterséges hibridjeiből álló, szabályos hálózatban ültetett, intenzíven kezelt erdő.



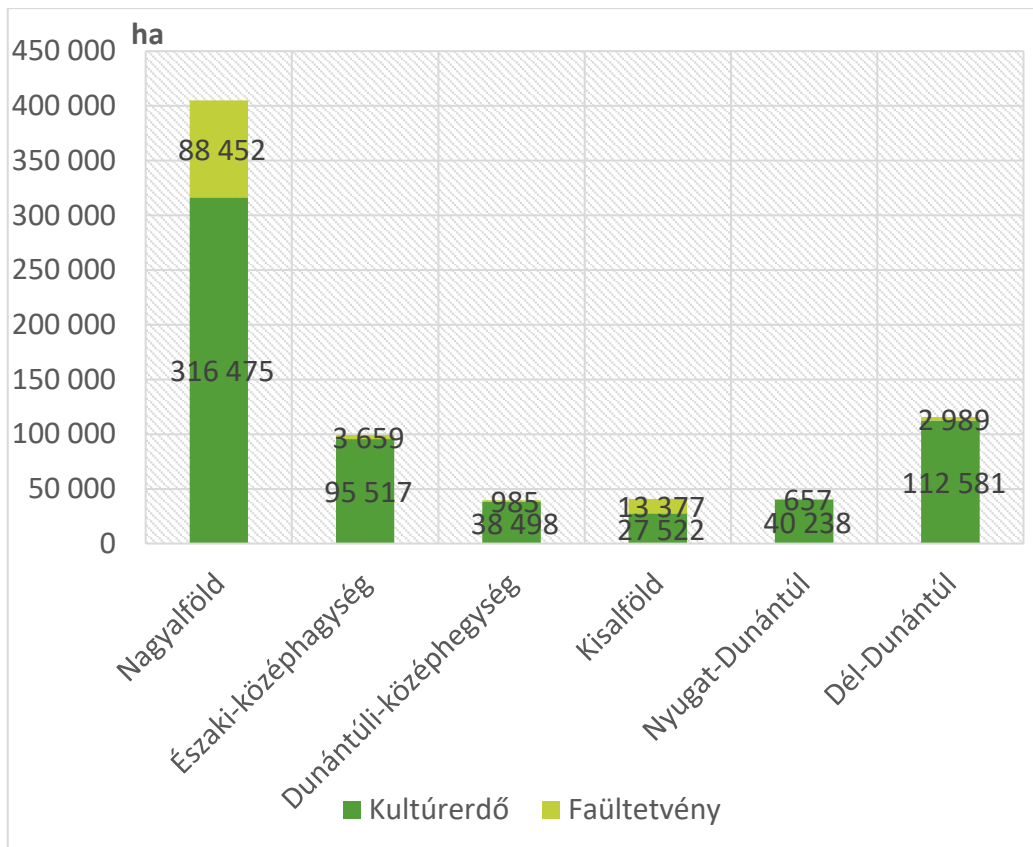
1. ábra: Természetességi kategóriák

Forrás: <http://forestpress.hu/hu/index.php/erdekesssegek/kutatas/erdeszeti/14212-a-hazai-erdk-hatosagi-besorolasa-termeszetessegi-allapotuk-alapjan>

A Forestpress által közzétett publikációból kitűnik, hogy a hazai erdőállományok 32 %-a kultúrerdő, 7 %-a pedig faültetvény (1. ábra). Ez összességében mintegy 740.950 ha olyan erdőt érint, ahol elviekben a szennyvíziszap kihelyezésére adott feltételek mellett lehetőség lenne. Ennek az erdőterületnek erdészeti tájankénti megoszlását a 2. ábra mutatja.

A legnagyobb területen a Nagyalföldön, 316.475 ha-on kultúrerdőket, 88.452 ha-on pedig ültetvényeket találunk. Ez természetesen arra vezethető vissza, hogy a Nagyalföld, mint erdészeti nagy tájban elenyésző a természetes erdők termőhelye és számos lehetőséget az erdőterületek növelésére csak a mesterséges erdőtelepítések adnak.

A termőhelyileg korlátozott fafajválasztás miatt az erdőtelepítési technológiák, azon belül a fafajválasztás is szűk határok között mozog. Mivel ebben a tájban jelentős a klimatikus vízhiány, a talajok tápanyaellátottsága gyakran ennek következtében gyenge, így egyedülálló víz- és tápanyagutánpótlási lehetőséget jelentene a tisztított szennyvíziszap kihelyezése.



2. ábra: Kultúrerdők és faültetvények az egyes erdészeti tájainkban (ha)

Szennyvíz-, szennyvíziszap témaköréhez kapcsolódó erdészeti hasznosítás, korábbi alkalmazások

A kommunális szennyvíz kezelése során létrejön a tisztított szennyvíz, másrészt a szilárd fázis leválasztásával a szennyvíziszap. Mindkét fázis, a vizes fázis, valamint a szilárd fázis egyaránt alkalmas és szükségyszerű lehet a hazai kultúrerdők és faültetvények természeti rendszerébe történő beintegrálása. A tisztított szennyvíz, mint a folyamatos vízutánpótlás azokban a régiókban, ahol a klimatikus vízhiány vagy akár a humidabb termőhelyeinken fellépő aszály lép föl, másrészt az általánosságban 20-22 % szárazanyagtartalmú szennyvíziszap, amely ugyanezekben a termőhelyeken jelentős tápanyagutánpótlást valósíthat meg.

Már a 60-as, 70-es években kidolgozták a tisztított szennyvizek ületvénytípusú alkalmazásának gyakorlatát, amelyre jó példa volt Gyula város kommunális szennyvizének kihelyezésére 1969-ben létrehozott 'szennyvíznyáras'. A gyenge fatermőképességű, erdőssztyepp klímájú, többletvízhatástól független hidrológiájú karbonátos futóhomok talajon ültetett 'I-214'-es mélyfúrásos nyárültetvénye szennyvízöntözés pozitív hatását Simon (1971) és Marcisák et al. (2000) is publikálták. Az ültetvényekből kikerülő faanyag minősége kifogástalannak bizonyult (Babos, 1978).

Számos külföldi példa is bizonyítja, hogy a szennyvíziszap hasznosítás egyik ígéretes útja lehet az erdészeti. A kutatások alapján megállapítható:

- a többlet tápanyag jelentős többletnövedéket eredményez és a talajok tápanyagtartalmát megnöveli;
- káros nehézfémek talajvízbe történő bemosódása nem lép fel;
- a nehézfémek csekély mértékben felhalmozódnak a talajokban, de a facsemeték növekedést gátló hatást nem mutattak;

- nyár és fűz fafajok csemetéi magasabb arányban képesek felvenni a nehézfémeket, így fitoremediáció (talaj növények általi megtisztítása) is megvalósul;
- a fekál kóliform és összes kóliform baktérium számok a kijuttatást követően 1-1,5 éven belül jelentősen lecsökkennek;
- kórokozó baktériumok talajvízbe szivárgása minimális;
- nagy dózisu kijuttatás esetén tapasztalható a nitrátbemosódás a talajvízbe;
- a szennyvíziszapok erdészeti hasznosítása környezeti szempontból megfelelően kivitelezhető, ha a kijuttatott mennyiségeket a termőhelyi paraméterekhez illesztve történik (Heil et al., 2020).

Szennyvíziszap hasznosítás erdészeti alkalmazhatóságának potenciálja

Habár a szennyvíziszap stratégia hazánkban nem említi az erdészeti hasznosítás lehetőségét, a nemzetközi trendeket látva egyértelmű, hogy ezen alternatívával is érdemes foglalkozni. Végrehajtási rendelet hiányában – a mezőgazdasági hasznosítás törvényi/szakmai alapelveit az erdőtörvény által szabott keretekre illesztve – elvégeztünk egy becslést arról, hogy milyen nagyságrendben lehetne a jövőben szennyvíziszapot hasznosítani erdősítésekben.

Jelentős potenciál lehet a Nagyalföld erdészeti nagy tájban történő hasznosítás, azon belül is a erdőssztyepp klímájú, többletvízhatástól független hidrológiájú humuszos homok talaj termőhely-típusokon történő tápanyagutánpótlás. Ezen a termőhelytípuson az Alföld állományainak 47 %-a található (ca. 192 ezer ha), aminek mintegy 30 %-a akácos, 14 %-a hazai nyáras – akácos, 4 %-a nemes nyáras – akácos, 11 %-a nemes nyáras, 11 %-a fekete fenyves, 4 %-a egyéb lombergyes – fekete fenyves, 5 %-a fenyőelegyes – fekete fenyves. A jelenlegi, mezőgazdasági hasznosítást szabályozó, talajvédelemről szóló 90/2008. (VII. 18.) FVM rendelet alapján számos kijuttatást kizáró ok előfordulhat (pl. durva homok vagy nehéz agyag fizikai féleség, 60 cm-nél vékonyabb termőrétteg, 150 cm-nél magasabb talajvízszint, stb.), amely redukálja a kijuttatandó területeket. Ha pedig ezen területek közül csak az erdőtelepítés, fásítás ill. erdőfelújítás éves nagyságrendjét metsszük ki, akkor mindössze néhány ezer hektár éves kihelyezésű ütemet vehetünk figyelembe, így az erdészeti hasznosítás a legmerészebb becslés szerint sem fogja elérni a folyamatosan termelődő szennyvíziszap mennyiség 10%-át sem.

Szennyvíziszap kijuttatásának lehetséges keretfeltételei erdő művelési ágban

Ahhoz, hogy a szennyvíziszap erdőterületen történő alkalmazásának előnyeit maximálisan kihasználjuk, az alkalmazásban rejlő veszélyeket pedig minimalizáljuk, ill. teljesen ki is zárjuk, a hasznosítást engedélyeztetéshez szükséges kötni. Mivel erdőterületen az elsődleges talajvédelmi hatóság az erdészeti hatóság, ezért az alkalmazáshoz szükséges szennyvíziszap kihelyezésével kapcsolatos talajvédelmi terveket engedélyezésre hozzájuk kellene benyújtani.

A gyakorlati működéshez az erdőtörvény e tevékenységre vonatkozó végrehajtási rendeletét szükséges megalkotni.

Az erdőtörvény jelenleg is keretbe helyezi a szennyvíziszap kihelyezésének lehetőségét azzal, hogy 20 éves monitoring kötelezettséget ír elő. Ezért a szennyvíziszap kihelyezésével kapcsolatosan első lépésként szükséges egy hatósági jóváhagyás a szennyvíziszap kihelyezéséhez, majd pedig ezt követően egy monitorozás, ami a következő 20 évre terjed ki. A 20 éves monitorozás kapcsán javaslat lehet az ötévenkénti ellenőrző mérések elvégzése.

A szennyvíziszap elhelyezésével kapcsolatos talajvédelmi tervnek tartalmaznia kell az erdőterületen történő felhasználás talajtani alkalmasságának megállapítását, a feltételek meghatározását, a szennyvíziszap paramétereinek elemzését, a talajterhelés meghatározását,

a szennyvíziszap mennyiségét, a szennyvíziszap felhasználás feltételeinek meghatározását, stb.

Az erdőterületen történő szennyvíziszap kihelyezésének engedélyezéséhez szükséges lesz a szennyvíziszap előzetes bevizsgálása, ami biztosítja, hogy az iszap nem ipari, hanem csak kommunális eredetű.

A talajvizsgálatoknak célszerű termőhelytípus-változatokra kiterjedni, de legalább 10 ha-ként mindenképpen a talajadottságokat fel kell tární. Az eltérő fizikai tulajdonságokkal rendelkező talajfoltokon bolygatlan mintavételre is szükség lesz. A mintvételt célszerű 50 cm-es mélységenként 2 m mélységig megvenni. Időszakos vagy állandó vízhatású termőhelyeken a tervezéshez a talajvíz elemzése is szükséges.

A következőkben meghatározandó a kihelyezendő terület talajviszonyai. Így az egyes talajmintákból meg kell határozni a talaj pH értékét, humusztartalmát, összes karbonattartalmát, vízben oldott összes-sótartalmát, valamint kötöttségét, összességében egy talaj alapvizsgálati sort. A legjellemzőbb, ún. vezető talajszelvényből vizsgálni szükséges a talaj térfogattömegét, méréssel vagy számítással a pF-értékeket. Ehhez szükséges a mechanikai összetétel vizsgálata, valamint az adszorpciós képesség (T-, S-érték, V %).

A területfoltok további jellemzése átlagmintákon keresztül valósul meg.

A kijuttatás éves mennyiségét az 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet korlátozza. A hazánk területének több mint 2/3-át kitevő nitrátérzékeny területeken a maximális nitrogén-hatóanyag kijuttatás 170 kg/ha, ez a gyakorlatban kb. max. 15-25 nedves tonna szennyvíziszap / ha / év mennyiséget jelent.

Szennyvíziszap hasznosítás erdészeti gyakorlatának lehetőségei

Az erdészeti alkalmazás a gyakorlatban két alternatívát kínál. Egyrészt az említett kultúrerdők és faültetvények telepítése és erdőfelújítása során a mezőgazdasági gyakorlathoz hasonló kijuttatási lehetőségek formájában, másrészt a rekultiválandó területek talajának kialakítását helyben teszi lehetővé. Ezen eljárások kidolgozása a helyi adottságok függvénye. A szennyvíziszappal kapcsolatosan fontos tényező annak nedvességtartalma, mivel az meghatározó a kijuttatás technológiájának megválasztásában. A szennyvíziszap kijuttatásának engedélyezése során nem csak a környezeti feltételek, hanem a kijuttatási technológia is pontos leírásra kerül.

Szennyvíziszap talajosodásban betöltött szerepe

Az erdészeti alkalmazás a gyakorlatban két alternatívát kínál. Egyrészt az említett kultúrerdők és faültetvények telepítése és erdőfelújítása során a mezőgazdasági gyakorlathoz, másrészt nyers felszínű rekultivációs erdőterületek termékennyé tételéhez járul hozzá.

A szennyvíziszap talajba történő juttatása még nem jelenti önmagában a jobb tápanyag-, és vízellátottságot, azonban a potenciálját megteremti. A talajosodás folyamatában a talajba került szervesanyag részben mineralizálódik és belőle felvehető tápelemek szabadulnak fel, másrészt humifikálódik és a talaj ásványi részeivel, kolloidjaival idővel szerves-ásványi komplexeket hoz létre. Talajszerkezetet hoz létre vagy stabilizál, amely alapvetően fontos a talajok vízgazdálkodása szempontjából (3. ábra).

A szennyvíziszapok ásványi talajokkal, ásványi anyagokkal történő keverése, a talajfelszín mozgatása a talajművelés kapcsán jelentősen fölgyorsítja a talajosodási folyamatokat. Erre jó példával szolgál a 4. ábra példája, miszerint egy hatéves talajkeverékben végmenő talajosodási folyamat eredményeképpen létrejött aggregátum-képződés igen gyors lehet (Lachmann, 2018).



3. ábra: (bal oldalon) 5 éves nemesnyár tövek szennyvíziszappal kezelt talajon; (jobb oldalon) Szemmel látható tápanyagfeldúsulás 6 éve szennyvíziszappal kezelt nyers lösz alapközeten (fotó: Kovács Gábor, 2019)



Abbildung 9: Partikel des frisch applizierten Materials (A1) mit niedriger Sphärizität



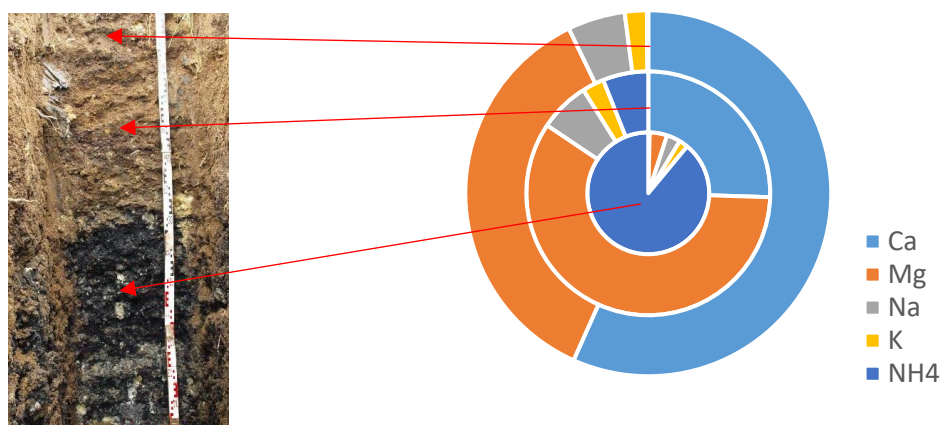
Abbildung 10: Partikel des Kontrollstandorts mit hoher Sphärizität

4. ábra: Talajszerkezet alakulása egy frissen kevert szennyviszap-ásványi anyag 1:2 arányú keveréke (balra) és annak 6 éves talajosodását követően (jobbra) – Székesfehérvár – Gombócleső-hegy.

Ugyancsak jól példázza a talajosodási folyamatokat a székesfehérvári Gombósleső-hegyen történt mesterségesen kialakított, 1:2 arányú szennyvíziszap:vázanyagból létrehozott helyettesítő talajközegen történt, többek között pusztázó szil fajtával megvalósult rekultivációs fásítás. A 5. ábrán bemutatott kicserélhető kationok alakulása ugyancsak kiváló példája a talajosodási folyamatoknak. A kezdetben, csak friss keverékben a meghatározó kationok között a levegőtlenességet mutató ammónium-ionok, valamint a szennyvízben is nagy mennyiségben jelenlevő nátrium-ionok dominálnak.

A talajosodást a talajápolással történő forgatás, a levegőzöttség megteremtése gyorsítja és ennek hatására a feltalajban már rövid idő alatt a talaj szerkezetképződése mellett a kémiai változások is gyorsan végbemennek. Így a feltalajban átveszi a kicserélhető kationok közül a vezető szerepet a kalcium, az ammónium-ion oxidálódik, a nátrium-ionok egy része pedig a csapadékkal a mélyebb szintekbe vándorol

kicserélhető kationok %-os megoszlása



5. ábra: Kicserélhető kationok mennyiségi összetételének változása a talajosodás során 6 éves puszta szil telepítésben mesterségesen előállított helyettesítési talajközegen – Székesfehérvár – Gombócleső-hegy (külső gyűrű – talajszelvény 0-10 cm-es, középső gyűrű – talajszelvény 50-60 cm-es, belső gyűrű – talajszelvény 100-110 cm-es mélységéről származó minták alapján)

Következtetések, javaslatok

A kommunális szennyvíziszap magyarországi erdészeti hasznosítási lehetőségeivel kapcsolatban megállapíthatjuk, hogy:

- a szennyvíziszapok folyamatosan keletkeznek, így kezelésük, hasznosításuk is folyamatos;
- a szennyvizek megfelelő kezelése mellett rendelkezésre állnak olyan technológiák, amelyek a benne rejlő értékes anyagokat (víz, tápanyagok) annak ellenére is érdemi környezeti károk nélkül tudják hasznosítani, hogy bizonyos mennyiségben tartalmaznak káros anyagokat is;
- a szennyvíz iszapok erdészeti hasznosítása – elkerülve az élelmiszerláncot – csökkenti az emberi egészségügyi károsodások kockázatát;
- az erdőfelújításokban, erdőtelepítésekben történő szennyvíziszap hasznosítás jelentősen növelhetné az erdősítések sikerét;
- a leglátványosabb eredményt a klimatikus vízhiányú, tápanyagszegény határtermőhelyen létesült erdőkben várnánk;
- a hasznosítást kísérő monitoring tevékenység módszertana már évtizedek óta létezik, már rendelkezésre álló jogszabályok mentén konkretizálható;
- az előzmények ismertetése után megalkotható az erdőtörvényhez kapcsolódó végrehajtási rendelet, amely keretében a szennyvíziszap erdészeti alkalmazására is sor kerülhet. Ennek megalkotásában a Soproni Egyetem Környezet- és Természetvédelmi Intézete szívesen nyújt szakmai támogatást.

Irodalomjegyzék

- BABOS K. (1978): Szennyvízzel öntözött és nem öntözött óriás- és olasznyár anatómiai, fizikai-mechanikai és kémiai vizsgálata. – Az Erdő 37 (12): 541-546.
- BELLÉR P. (1989): Nemesnyárasok szennyvízes öntözése. Az Erdő 38 (10): 294-301.

- HEIL B. – HEILIG D. – KOVÁCS G. (2020): A szennyvíziszap-hasznosítás lehetőségei az erdőgazdálkodásban – Erdészeti Lapok CLV. évf. 6. szám (2020 június): 202–205.
- LACHMANN, A. (2018): Bodenbildung auf Klärschlammrekultivierungsflächen, Freiburg, Bachelorarbeit, Matrikelnummer: 3708552
- MARCZISÁK, V. – OSZTOICS, A. – SZABÓ A. (2000): Irrigation of poplar plantation, agricultural area and constructed wetlands in Hungary. International Journal of Air and Water Pollution 8: 487-500.
- SIMON M. (1971): Nyárfatermesztés szennyvízöntözéssel. Az Erdő 20 (7): 295-300.
- <http://forestpress.hu/hu/index.php/erdekesegek/kutatas/erdeszet/14212-a-hazai-erdk-hatosagi-besorolasa-termeszetesegi-allapotuk-alapjan>
2017. évi LVI. törvény az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény és egyéb kapcsolódó törvények módosításáról Erdőtörvény
- 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól
- 90/2008. (VII. 18.) FVM rendelet a talajvédelmi terv készítésének részletes szabályairól

ERTI ÁLTAL SZELEKTÁLT FEHÉR AKÁC KLÓNOK FAANYAGTERMELÉSI ÉS VIRÁGZÁSI KÉPESSÉGÉNEK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

Comparing the blossoming and wood producing properties of selected black locust clones selected by the Forest Research Institute

PORCSIN ALEXANDRA, KESERŰ ZSOLT, SASS IMRE, SZAKÁLOS NÉ DR. MÁTYÁS KATALIN

Soproni Egyetem, Erdő és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet
Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet
Porcsin.Alexandra@phd.uni-sopron.hu

Kivonat

Magyarország fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) nemesítés tekintetében élen jár Európában, nem mellesleg erdőterületeink 24%-át fehér akác állományok borítják. A fehér akác egy fényigényes, gyorsan növekvő fafaj, ennek ellenére fája kemény, ezáltal felhasználása széleskörű. Virágzását a méhészek követik fokozott figyelemmel évről-évre, hiszen kedvezőbb időjárású időszakokban Magyarország méztermelésének akár 50%-át is az akácméz biztosíthatja. Elterjedt vélemény, hogy azon egyedek, amelyek faanyagtermelése és alakja kedvezőbb faipari felhasználás céljából, azok virágzása gyengébb és fordítva, amelyek virágzása bőséges, azok faanyagtermelési szempontból maradnak el a többitől. Az egyre hektikusabb időjárási körülmények bizonytalanná teszik a méhészek megélhetését, a klímaváltozás pedig a fafaj magyarországi előfordulását is veszélyeztetheti. Érdekes tehát azokra a klónokra koncentrálni, amelyek nemcsak virágzásban, de faanyagtermelésben is képesek felülmúlni a közönséges akácot a kedvezőtlen körülmények ellenére is.

Abstract

Hungary has a leading role in the breeding of black locust among European countries, and 24% of its forested area is covered by the species. It's a light-demanding, fast-growing tree species and despite this fact its wood is also hard and can be used widely. Beekeepers follow its blossoming with enthusiasm from year to year, as in better years black locust honey can provide up to 50% of Hungary's full honey production. There is a widespread belief that those individuals with a more favourable (from an economic point of view) wood qualities have a poorer flowering and, conversely, those with abundant flowering are lagging behind the others in terms of wood production. The increasingly hectic weather conditions are making the beekeepers' livelihoods precarious, and climate change may also threaten the species' occurrence in Hungary. We should therefore concentrate on clones that can outperform the common black locust not only in flowering but also in timber production, despite the adverse conditions.

Bevezetés

A fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) egy Észak-Amerika keleti területeiről származó, főként néhány Appalache-hegységi populációból (BOUTEILLER et al. 2018) betelepített fafaj, melyet a legelterjedtebb nézet szerint Jean Robin, IV. Henrik és XIII. Lajos francia uralkodók kertésze és botanikusa hozott be Európába. Ezt az állítást viszont VITKOVÁ et al. (2017) és ERNYEY (1927) vitatják, miszerint sem Jean Robin, sem pedig fia, Vespasien nem tettek említést a növényről akkori feljegyzéseikben. Feltételezhető, hogy a fehér akác eredeti élőhelyén mért alléldiverzitásának Európába való behozatalát követő csökkenését a kis számú populációból való, csupán néhány import tevékenységet felölelő történelme is elősegítette (ULLER-LEIMU 2011, BOUTEILLER et al. 2018), ez pedig kihatással lehet az

alkalmazkodóképességére is (ENESCU-DĂNESCU 2013). Európán belül főként az emberi tevékenység terjesztette el a 17-18. században, ezt követően az Amerikai Függetlenségi Háborúból visszatérő erdészek ajánlották a fafajt erdőtelepítésre, így hódított nagyobb teret pl. Németországban, Magyarországon és Csehországban is (HEGI 1924, NOŽIČKA 1957, BÖHMER et al. 2001, BARTHA et al. 2008), elterjedésének utolsó nagy löketét pedig a világháborúk pusztítása adta (KÖHLER-SUKOPP 1964). Közismert pozitív ökonómiai és bizonyos negatív ökológiai tulajdonságairól, ezáltal pedig az egyik legmegosztóbb fafajjá vált hazánkban is.

Ökológiai igényét tekintve Európában kifejezetten szárazságtűrő, akár 500-550 mm évi összes csapadékmennyiség mellett is megél (NICOLESCU et al. 2020). Tekintve viszont, hogy hazájában 5-10°-al délebbre találhatóak populációi (BARTHA et al. 2008), Magyarországon és az északibb területeken is megmutatkozik az ebből fakadó fagyérzékenysége, amely általában másodvirágzást eredményez, ezáltal pedig az éves akácméz mennyisége drasztikusan csökken. Európában főleg a vályogos, illetve iszapos vályog talajokat részesíti előnyben (HUNTLEY 1990). A semleges, vagy enyhén savas pH-t kedveli, de az anyafa inkább lúgos talajrétegekben helyezi el a gyökérsarjakat (ZHANG et al. 2006). A talaj levegőzöttségére igényes, a tömött, agyagos talajokon növekedése vontatott, az elöntést nem tűri (RÉDEI 2020). Fényigényes fafaj, ezért – amennyiben beavatkozás nem történik – a szukcesszió során 70 éves korára a többi, árnyéktűrő fafaj túlnövi, ezáltal pedig összeomlik az állomány (VÍTKOVÁ et al. 2017), kiirtása ilyen módon ugyan hosszú időt vesz igénybe, de a legköltséghatékonyabb megoldásnak számít.

A fehér akác Magyarország erdőterületeinek közel 24%-át alkotja, ezzel jelenleg a legnagyobb területtel rendelkezik fafajaink között, 2020-ban 456.632 hektárt foglalt el hazánkban (KÖZPONTI STATISZTIKAI HIVATAL 2020). Fája az időjárásnak ellenálló, kemény, ezért itthon karóként, oszlopként, szerszámfaként, szőlőtámfának, fűrészipari alapanyagként, kergezett, vagy szíjácsmart oszlopnak, illetve tetőszerkezetek kialakításához, a papíriparban vagy parketta gyártás során használják (RÉDEI 2020), de tűzifaként is kiváló. Méhészeti szempontból hazánkban a teljes éves méz mennyiség akár 50%-át is képes volt biztosítani a fehér akác azokban az években, amelyekben az időjárási viszonyok ennek kedveztek, ellenben az ilyen szempontból szélsőségesebb években csupán 10-30%-ot (ORSZÁGOS MAGYAR MÉHÉSZETI EGYESÜLET pers.com. 2020). A fehér akácot akár generatív, akár vegetatív úton szaporítják, legkésőbb 5 éves korban termőre fordul, nektártermelése 18-20 éves korban, (FRITSCH 2012), fatér fogata a fatermési osztálytól függően 25-30 éves korában kulminál (RÉDEI 2020).

A napjainkban egyre inkább érzékelhető, klímaváltozás által okozott hektikus időjárási viszonyok, a kései fagyok és pusztító viharok gyakoribb jelenléte nemcsak a nektártermelésre, de a fák törzsalakjára is negatív hatással vannak (JOVANOVIĆ 1967, HERMAN 1971, VAJDA 1974, RIȚIU et al. 1988). A szelektálás során tehát érdemes a gyorsan nöövő, jó törzsalakú és nagy nektártermő-képességgel rendelkező egyedeket kiválasztani, figyelembe véve a fafaj változó potenciális jövőbeli elterjedését is (BOER 2013, KUTNAR-KOBLER 2013, GUO-QING et al. 2014, GIULIANI et al. 2015, DYDESKI et al. 2017). Problémát jelent még a beporzók egyedszámának csökkenése is, ugyanis a 20. század második felétől a mezőgazdasági területek növekedése által fokozódó peszticidhasználat következtében folyamatosan stressznek vannak kitéve, amelyet a varroa-atka jelenléte miatt alkalmazott antibiotikumok szintén elősegítenek. Fontos megemlíteni még azt az általános problémát is, hogy bár az erdészek és a méhészek között alapvetően jó a kapcsolat, az erdészek nem ültetnek méhészeti célra nemesített fehér akác fajtákat (mivel a drágább szaporítóanyag és a vélt „trade-off” jelenség miatt gazdaságilag nem tűnik kifizetődőnek) a méhészek pedig általában nem rendelkeznek akkora kiterjedésű földterülettel és kellő anyagi forrásokkal, hogy megérje nekik ilyen fajtákkal erdősítést végezni. Az említett „trade-off” jelenség azon a feltételezésen

alapul, miszerint az élőlények életmenetei párban állnak, így egyiket csak a másik rovására képesek erősíteni, jelen esetben ez fehér akác tekintetében a virágzás és a faanyagtermelési képesség felcserélését jelenti. Erre az egyik megoldás az olyan genetikai korreláció-bontók szelektálása, amelyek olyan különleges génkombinációval rendelkeznek, ahol mindkét előnyös tulajdonság megmarad (DINI-PAPANASTASI 2004). Mindemellett országos átlagban szemlélve a legtöbb erdész nem méhészkedik, legyen az állami- vagy magánerdészet, így az erdészetek által nevelt fehér akác mellékhaszonvételéből származó bevételét nem tudják kiaknázni, pedig az ebből származó haszonból a kommersz fehér akác telepítése általában megtérül egy vágásforduló (30 év) alatt (CSIHA 2013). Kérdéses, hogy ugyanez igaz-e a nemesített szaporítóanyagánál is, legyen az méhészeti, vagy faanyagtermelési célra szelektált.

Anyag és módszer

A mérés három erdőrészletben történt: Isaszeg 8/C, Isaszeg 8/E és Debrecen 17/C. Az Isaszeg 8/C és 8/E erdőrészletek a Gödöllői Arborétum külső területén találhatóak, a volt ERTI kísérleti állomás közelében. Mindhárom erdőrészletben találhatóak fajták, fajtajelöltek és klónok is, ahogyan szelektálási cél szerint is mind faanyagtermelési-, mind méhészeti célú klónokat is ültettek ezekre a területekre, a részletekben található kommersz akác virágzási és faanyagtermelési értékeit standardként használva pedig mérhetővé válik a nemesített anyag gazdasági előnye a közönséges fehér akácéhoz képest. Az időjárási és termőhelyi különbségek miatt elsősorban az Isaszeg 8/C és 8/E egyedei között lehet összefüggést keresni, külön kezelve a Debrecen 17/C erdőrészletbe ültetett egyedeket, amit az is alátámaszt, hogy még csupán egyetlen adatsor áll rendelkezésre, így messzemenő következtetéseket ebből még nem lehet levonni. Mindhárom terület tartalmaz gledícsiát is, legnagyobb mértékben az Isaszeg 8/E erdőrészlet, de ez korábbi mérési eredmények alapján statisztikailag nem befolyásolta sem a virágzás időtartamát, sem mértékét (PORCSIN et al. 2021).

Isaszeg 8/C

Az Isaszeg 8/C erdőrészletet 2002 tavaszán telepítették, tehát a méréskor 19 éves korú volt az állomány. Ültetési hálózata 2,5x1,0 m, a parcellák 5x10 darab egyed tartalmaznak. Közönséges fehér akácból, illetve a klónokból és fajtákból is 3-3 darab egyed került kijelölésre, tehát összesen 33 darab.

Az ebben az erdőrészletben található jelenleg elismert fajtákat (*R. p. 'Kiskunsági'*, *R. p. 'Nyírségi'*) gyökérdugványról nevelték, ahogyan a régebbi években fajtaelismerést kapott klónokat is, amelyek 2021-ben nem szerepeltek a listán (*R. p. 'Váti-46'* és *R. p. 'Császártöltési'*). A fajtajelölt minősítést kapott klónok (*R. p. 'Oszlopos'*, *R. p. 'Homoki'*, *R. p. 'Szálás'*, *R. p. 'Vacsi'*), illetve a többi klón (*R. p. 'Borzási-féle fa'*, *R. p. 'PV 201 E 2/3'*) szaporítóanyagát is mikroszaporítási eljárással állították elő. A területen található közönséges fehér akác ültetési anyagát magági csemete képezte.

Isaszeg 8/E

Az Isaszeg 8/E erdőrészletet 2004-2005-ben ültették, 2006-ban pedig pótlást hajtottak végre, de a mérések során összességében 16 évesnek tekintettük az állományt. Ez az erdőrészlet nem tartalmaz közönséges fehér akácot, de mivel ebben a kortartományban virágzás tekintetében nincs nagy különbség, így az ehhez kapcsolódó értékeket is az Isaszeg 8/C erdőrészletben található kommersz fehér akác eredményeivel hasonlítottuk össze. Az ültetési hálózat szintén 2,5x1,0 m, a parcellák 5x9 darab egyed tartalmaznak, kivéve a *R. p. 'Rózsaszín-A'* jelű klóné, amely 4x9 darabot. Törzsfának itt is minden klónból 3x3 darab egyed jelöltünk ki, tehát összesen 24-et.

Az Isaszeg 8/E erdőrészletet alkotó, 2021-ben fajtajelölt státuszban lévő klónokat (*R. p. 'Oszlopos'*, *R. p. 'Homoki'*, *R. p. 'Vacsi'*, *R. p. 'Szálás'*), illetve a többi klónt (*R. p.*

'Rózsaszín-A', R. p. 'Rózsaszín-B', R. p. 'PV 201 E 2/3', R. p. 'Borzási-féle fa') egytől-egyig mikroszaporítással állították elő.

Debrecen 17/C

A Debrecen 17/C erdőrészletet 2002-ben telepítették, így az Isaszeg 8/C erdőrészlethez hasonlóan a méréskor a már 19 éves állományt vizsgáltuk. Ebben az erdőrészletben találhatóak fajták és fajtajelöltek is, kommersz fehér akác kíséretében. Ültetési hálózata 2,5x1,0 m, de a fajták és fajtajelöltek ültetési hálózata 7,0x7,5 m, a köztes egyedek kommersz fehér akácok vagy gledícsiák.

Ebben az erdőrészletben gyökérdugványról ültették az R. p. 'Appalachia' és R. p. 'Nyírségi' fajtákat, illetve az R. p. 'Szajki' nevű klónt (mely 2010-ben még fajtaként volt regisztrálva), mikroszaporítással pedig az R. p. 'Guth-189' nevű klónt állították elő, a területen jelen lévő kommersz fehér akác egyedek ültetési anyaga pedig magági csemete volt.

Módszertan

A vizsgálat során a törzsfák virágzási stádiumait és a virágzás mértékét figyeltük meg, illetve a famagasságot és az átmérőt vettük fel jegyzőkönyvbe.

A virágzási stádiumok illetve a virágzás mértékének megállapítása során a mérések pontossága érdekében azokat azonos időpontban, lehetőség szerint több, azonos szögből és minimum két naponta kell elvégezni. A vizsgált faállomány magasságából adódóan az egyik mérési eszköz a távcső. A mérések Csíha Imre felvételezési munkásságát követik.

A virágzás mértékének meghatározása:

- I: Nincs virág (a törzsfák koronájában nem látható virágzat).
- II: Kevés virág van (a törzsfák koronájának 1/3-án található virágzat).
- III: Közepes mennyiségű virág van (a törzsfák koronájának 2/3-án található virágzat).
- IV: Nagy mennyiségű virág van (a törzsfák koronájának egészén található virágzat).

Virágzási stádiumok elkülönítése:

- 1.: A koronában zömében csak zöld bimbókezdemények érzékelhetők.
- 2.: A koronában észlelhető zöld bimbókezdemények végei kifehéredtek.
- 3.: A koronában a virágok zöme fehér, kifejtett bimbó, nyitott-bimbó állapotban van.
- 4.: A koronában a virágok kinyíltak, a teljes virágzat fehér.
- 5.: A koronában megjelennek az elfonnyadt virágok, fehér és barna színek vegyesen észlelhetők, megkezdődik a szirmok hullása. A gyepszinten elszórtan megjelennek a lehullott virágok.
- 6.: A virágok zöme elvirágzott, a virágokon a barna szín dominál. A virág folyamatosan hullik, a gyepszinten a lehullott, fonnyadt szirmok egyenletesen találhatók.

A megfigyelések alapján a mérések jövőbeni módosítása javasolt, mivel az 5-ös és 6-os stádiumot nehéz elkülöníteni, illetve a virágzás mértékénél a IV-es kategóriában elkülöníthető lett volna olyan törzsfák, amelynél éppen csak teljesül a leírt feltétel és olyan is, amelyek bőven meghaladják azt. Átlagos virágzási időtartamnak (továbbiakban: ÁVI) tekintjük a három törzsfák virágzási időtartamának átlagát, melyet az 1-es stádiumtól a 6-os stádiumig folytatott le. Intenzív virágzási időtartamnak (továbbiakban: IVI) pedig azokat a napokat számoltuk, amikor 3-as és / vagy 4-es stádiumban voltak a virágok, illetve a korona egészen látható volt virágzat (IV-es kategória).

A famagasság megállapításához Vertex magasságmérő műszert használtunk, amelynek része a mérőegység és a hozzá tartozó transzponder, a mellmagassági átmérő méréséhez pedig pí-szalagot alkalmaztunk. Utóbbinak előnye, hogy a mérés során azonnal leolvasható

róla az eredmény, a pontosság érdekében viszont a jövőben ehelyett szabócentit fogunk alkalmazni, amelyről mm pontosan jegyezzük le az értéket és a kerületből számoljuk ki az átmérőt.

Eredmények

A virágzási és fatermési tulajdonságokat több tényező is befolyásolja. A virágzásra elsősorban az időjárási tényezők hatnak, melynek optimális hőmérséklete 16-20 °C, az ennél magasabb hőmérséklet gyorsítja, az alacsonyabb pedig lassítja azt (CSIHA-BÁRÁNY 2008). A virágzás hossza függ még az állományszerkezettől, a lékek és nyiladékok számától és irányától, az állomány életkorától, illetve a termőhelytől. Fontos még megemlíteni a tengerszint feletti magasságot is (FRITSCH 2012). Ez a jelenlegi kutatás esetében azért érdekes, mert bár az ország szinte egész területén elfagyott az akác, a Gödöllői-dombság területén ez nem volt érzékelhető. A magasabban fekvő részeken a virágzás akár egy-két héttel is eltolódhat, amikor a kései fagyok már nem, vagy csak elvétve jelentkeznek. A bőséges virágzás ellenére és a fagykár látható jelenléte hiányában is néhány fajta másodvirágzott (pl. *R. p. 'Váti-46'*). Ez azt jelenti, hogy amikor a virágok elérték a 4-es stádiumot, újabb virágkezdemények jelentek meg, kitolva a virágzási időtartamot, amelyet tulajdoníthatunk az életerőség megmutatkozásának is.

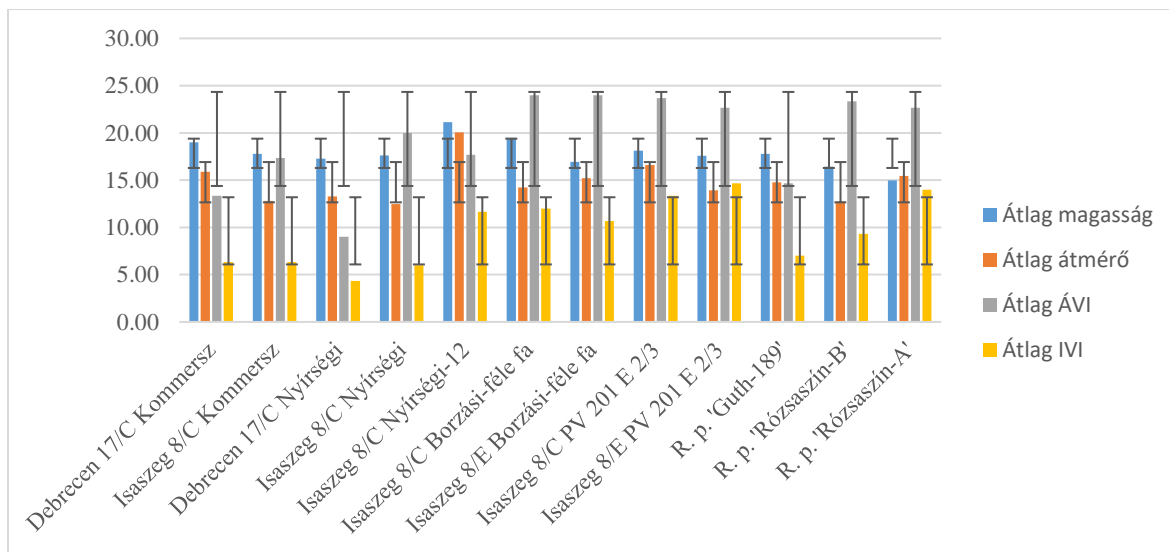
A fatermési tulajdonságokat elsősorban a genetika, a termőhely, a fatermési osztály, illetve az ültetési hálózat befolyásolja. Mivel a genetika meghatározó szerepet játszik a magassági növekedésben és a törzsalakban (ROMAN et al. 2020), faanyagtermelésre nemesített szaporítóanyag esetén nem szükséges a sűrű hálózat alkalmazása. Ugyanezen ok miatt a faanyagtermelésre szelektált fehér akác klónok fatermése általában nem, minőségük azonban fokozható a közönséges fehér akác állományokéval összevetve (RÉDEI 2020). Legkisebb mértékben a genotípussal a törzsön megszámlálható ágak száma korrelált, erre inkább a környezeti tényezők (növénytér, ültetési hálózat) hatnak és kevésbé örökölhető ez a tulajdonság (ROMAN et al. 2020).

Közönséges akác állományokban a sűrű hálózat elősegíti a feltisztulást és a magassági növekedést, később negatív szelekció során a növénytér növelésével pedig a vastagsági növekedés indul meg. A virágzási- és fatermési tulajdonságok esetében a genotípust a termőhely felülírja.

A mérést elsősorban a fényviszonyok és a csapadék befolyásolták. A szórt fény, főleg a kezdeti stádiumban tette nehezen elkülöníthetővé a virágzatokat, amíg azok bimbós állapotban voltak, mivel a levelek is akkortájt kezdtek el fejlődni. Esős idő esetén a mérés a távcső korlátozott használata miatt lehetetlenné vált. Az azonos időpontban és azonos szögéből történő mérés kifejezetten fontos, főleg az aljnövényzet fejlődése és a lombosodás előrehaladása miatt. Meg kell említeni a mérés szubjektív jellegét is, amennyiben a mérést több személy végzi, törekedni kell a stádiumok pontos elhatárolására, illetve, hogy mindig ugyanaz a személy végezze a méréseket adott területen.

A Debrecen 17/C erdőrészletben feltűnő eredmény, hogy mind az *R. p. 'Szajki'* klón egyáltalán nem virágzott, míg az *R. p. 'Appalachia'* fajta is szignifikánsan rosszabbul teljesített az IVI tekintetében ($p=0,022394$). Az Isaszeg 8/C területen szignifikánsan jobban teljesített a *R. p. 'Borzási-féle fa'* nevű klón ÁVI tekintetében ($p=0,00749$). Ugyanezen a területen szignifikánsan jobb volt magasság és átmérő tekintetében a *R. p. 'Nyírségi-12'* jelű klón ($p=0,019712$, $p=0,00405$). Az ÁVI értéke szignifikánsan jobb volt a *R. p. 'PV 201 E 2/3'*-as klónénak a kommerszénál ($p=0,009969$). Az Isaszeg 8/E terület klónjait szintén az Isaszeg 8/C terület kommersz akác értékeihez viszonyítottuk, így kiemelkedő eredmény, hogy a három éves korkülönbség ellenére is szignifikánsan jobbak voltak átmérő tekintetében a *R. p. 'Szálás'* ($p=0,034212$), a *R. p. 'Oszlopos'* ($p=0,44655$), és a *R. p. 'Vacsi'* ($p=0,046931$) fajtajelöltek. Virágzás tekintetében felülmúlták azt a *R. p. 'Borzási-féle fa'*

ÁVI tekintetében ($p=0,00749$) (mindkét területen pontosan ugyanannyi, 24 napig tartott a virágzás az 1-es stádiumtól a 6-ig bezárólag), illetve a *R. p.* 'Rózsaszín-A' jelű klón is ($p=0,017833$). Ugyanezen klón magasság tekintetében viszont szignifikánsan rosszabb volt a kommersz fehér akácnál ($p=0,048392$), de ez az egyetlen méhészeti célra szelektált klón még nem bizonyítja a fentebb említett trade-off jelenséget. Ennek a jelenségnek cáfolásához a jövőben a három erdőrészletben előforduló azonos klónok, illetve a virágzás tekintetében szignifikánsan jobban teljesítők nektárvizsgálatát fogjuk elvégezni a méhészeti célra szelektált klónok mellett, ahogyan egy faminőségi szempontú osztályozást is elvégzünk majd a vegetációs időszakon kívül, így ezen kiválasztott klónok eredményeit mutatjuk be az első mérési időszakból (1. ábra).



1. ábra: Jövőben vizsgálni kívánt klónok / fajtajelöltek / fajták eddigi mérési eredményei fatermés és virágzás tekintetében

Következtetések

Tekintve, hogy ezek kezdeti eredmények csupán és egy komplex ökológiai rendszerről beszélünk, ezért nehéz kiszűrni az egyes változók közvetlen, illetve közvetett hatásait. Mindemellett ebből az adatsorból kiindulva nem tűnik valószínűnek, hogy létezne kizárólag hosszabban, több ideig virágzó, de faanyagtermelés tekintetében elmaradó, vagy ennek az ellenkezőjét mutató típusok. A válasz erre a kérdésre talán egészen másban keresendő, de ennek bizonyításához több és többféle adatra lesz szükség a jövőben. Érdemes megjegyezni, hogy, ez a feltevés egyébként sem nyárák, sem fenyők esetében nem igazolódtott be a múltban. A nektárvizsgálatok és a termőhelyfeltárás eredményei reményeink szerint közelebb hoznak minket a válaszokhoz, ahogyan érdemes lenne pl. az *R. p.* 'Oszlopos' klón esetében a klónazonosítás elvégzése, illetve vizsgálni az egyes klónok generatív szaporodóképességét attól függetlenül, hogy kizárólag vegetatívan szaporítjuk őket, mert ez összefügg az életképességükkel, illetve a genetikai diverzitásuk (csökkent mértéke ellenére) fenntartásával.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet nyilvánítani Póvikné Török Csillának, a SOE Erdészeti Tudományos Intézet Püspökladányi Kísérleti Állomás munkatársának a terepi mérésekben nyújtott segítségéért.

Irodalomjegyzék

- BARTHA D. - CSISZÁR Á. - ZSIGMOND V. (2008): Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). In: BOTTA-DUKÁT Z. - BALOGH L. (Eds.): The Most Invasive Plants in Hungary. Institute of Ecology and Botany, Hungarian Academy of Sciences, Vácrátót, Hungary, pp. 63–76.
- BOER E. (2013): Risk assessment *Robinia pseudoacacia* L. Naturalis Biodiversity Center, Leiden, 18.
- BOUTEILLER P. X. – VERU F. C. – AIKIO E. – BLOESE P. – DAINOU K. – DELCAMP A. – THIER De O. – GUICHOUX E. – MENGAL C. – MONTY A. – PUCHEU M. – LOO van M. – PORTÉ J. A. – LASSOIS L. – MARIETTE S. (2019): A few north Appalachian populations are the source of European black locust
- BÖHMER H.J. - HEGER T. - TREPL L. (2001): Fallstudien Zu Gebietsfremden Arten in Deutschland. Case Studies on Alien Species in Germany, Umweltbundesamt, Berlin.
- CSIHA I., 2013, Black locust forest as bee-forage, [in:] Rédei K. (ed.), Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) growing in Hungary, Sárvár, 72–73.
- DINI-PAPANASTASI O. (2004): Contribution to the selection of productive progenies of *Robinia pseudoacacia* var. *monophylla* CARR. from young plantations in northern Greece
- DYDERSKI M.K. - PAŽ S. - FRELICH L.E. - JAGODZIŃSKI A.M. (2017): How much does climate change threaten European forest tree species distributions? *Glob Change Biol* 24:1150–1163
- ENESCU C. M. – DĂNESCU A. (2013): Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) – An invasive neophyte in the conventional land reclamation flora in Romania
- ERNYEY J. (1927): Die Wanderwege de Robinie und ihre Ansiedlung in Ungarn. *Magy. Botan. Lapok.* 25, 161–191.
- FRITSCH O. (2012): Méhlegelő, az akác. Magánkiadás
- GIULIANI C. - LAZZARO L. - MARIOTTI LIPPI M. - CALAMASSI R. - FOGGI B. (2015): Temperature-related effects on the germination capacity of black locust (*Robinia pseudoacacia* L., Fabaceae) seeds. *Folia Geobotanica* 50:275–282
- GUOQING L. – GUANGHUA X. – KE G. – SHENG D. (2014): Mapping the global potential geographical distribution of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) using herbarium data and a maximum entropy model
- HEGI G. (1924): Illustrierte Flora von Mittel-Europa. Mit besonderer Berücksichtigung von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz. Zum Gebrauche in den Schulen und zum Selbstunterricht. 4 (3) Dicotyledones. J. F. Lehmanns Verlag, München.
- HERMAN J. (1971): Forest dendrology. Stanbiro, Zagreb, p 470 (in Croatian)
- HUNTLEY J. C. (1990): *Robinia pseudoacacia* L. Black locust, In.: *Silvics of North America*, pp. 755-761.
- JOVANOVIĆ B. (1967): Dendrology with the basics of phytocoenology. Naučna knjiga, Beograd, p 576 (in Serbian)
- KOHLER A. - SUKOPP H. (1964): Über die Gehölzentwicklung auf Berliner Trümmerstandorten. Zugleich ein Beitrag zum Studium neophytischer Holzarten. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 76, 389–407.
- KSH (2022): https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0004.html Hivatkozva: 2022.04.02.
- KUTNAR L. - KOBLER A. (2013): The current distribution of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in Slovenia and predictions for the future. *Act. Silv. Lign.* 102:21–30 (in Slovenian)
- NETES JOGTÁR (2022): <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0900037.tv> Hivatkozva: 2022.04.02.
- NICOLESCU V-N. – RÉDEI K. - WILLIAM L. M. - TORSTEN V. – E. PÖETZELSBERGER - JEAN-CHARLES B. – R. BRUS- T. BENČAŤ – M. ĐODAN - B. CVJETKOVIC - SINIŠA A. – N. LA PORTA - VASYL L. – D. MANDŽUKOVSKI - KRASIMIRA P. – D. ROŽENBERGAR - RADOSŁAW W. – G. M. J. MOHREN – M. C. MONTEVERDI – B. MUSCH – M. KLISZ – S. PERIĆ – L. KEÇA – D. BARTLETT – C. HERNEA – M. PÁSTOR (2020): Ecology, growth and management of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) a non-native species intergrated int o european forests
- NOŽIČKA J. (1957): Přehled Vy' voje Našich Lesů. SZN, Praha
- ORSZÁGOS MAGYAR MÉHÉSZETI EGYESÜLET pers.com. (2020)
- PORCSIN A. – KESERŰ Zs. – SASS I. – SZAKÁLOSNÉ DR. MÁTYÁS K. (2021): A gledícsia hatása az ERTI által szelektált fehér akác klónok virágzására
- RÉDEI K. (2020): Bevezetés az ültetvényyszerű fatermesztés gyakorlatába, MED-KÖR Bt.,Kecskemét), ISBN: 978-615-00-8266-0

- RIȚIU A. - NICOLESCU L. - NICOLESCU N. (1988): Some considerations on windfalls and windbreaks in black locust forests in the north-west of the country. Rev päd 3:131–133 (in Romanian)
- ROMAN M. A. – MORAR M. I. – TRUTA M. A. – DAN C. – SESTRAS F. A. – HOLONEC L. – IORAS F. – SESTRAS E. R. (2020): Trees, seeds and seedlings analyses in the process of obtaining a quality planting material for black locust (*Robinia pseudoacacia* L.)
- THURM E.A. - HERNANDEZ L. - BALTENSWEILER A. - AYAN S. - RASZTOVITS E. - BIELAK K. - MLADENOV ZLATANOV T. - HLADNIK D. - BALIC B. - FREUDENSCHUSS A. - BÜCHSENMEISTER R. - FALK W. (2018): Alternative tree species under climate warming in managed European forests. For Ecol Manag 430:485–497
- ULLER L. – LEIMU R. (2011): Founder events predict changes in genetic diversity during human-mediated range expansions In: Global Change Biology 17, 3478-3458, DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02509.x
- VAJDA Z. (1974): The science of forest protection. Školska knjiga, Zagreb, p 482 (in Croatian)
- VÍTKOVÁ M. – MÜLLEROVÁ J. – SÁDLO J. – PERGL J. – PYŠEK P. (2017): Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: A story of an invasive tree in Central Europe In: Forest Ecology and Management 384 (2017): 287-302. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.057>
Hivatkozva: 2022.04.02.
- ZHANG X-Q. - LIU J. - WELHAM C-V. - LIU C-C. - LI D-N. - CHEN L. - WANG RQ. (2006): The effects of clonal integration on morphological plasticity and placement of daughter ramets in black locust (*Robinia pseudoacacia*). Flora-Morphology, Distrib, Funct Ecol Plants 201:547.

ERDŐLELTÁROZÁS ICESAT-2 MŰHOLDAS LÉZERES PROFILMÉRÉSÉNEK ALAPJÁN

Forest inventory based on ICESat-2 satellite laser profiling

CZIMBER KORNÉL¹

¹ Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet
czimber.kornel@uni-sopron.hu

Kivonat

A cikk a műholdas lézeres szenzorok magyarországi erdészeti alkalmazhatóságát vizsgálja. Általánosan ismerteti a műholdas lézeres szenzorok képességeit, visszatérési idejét, pontosságát, alkalmazásait. Részletesen vizsgál három ICESat-2 alapú erdőleltározási lehetőséget. Elsőként a profilozott erdőrésztlet alapú becslést, mely a mintázott erdőrésztletekből becsüli a teljes erdővagyonot. Második módszer egy hexagon megközelítés, mely a tesszelációs egyégekben összesíti a szenzor faállományokról készített vertikális struktúrát leíró adatokat és ez alapján leltároz. A harmadik komplex módszer pedig egész országot lefedő műholdfelvételt kombinálja az ICESat-2 műhold adataival és képi hasonlósági osztályozással végez nagyterületi erdőleltározást.

Abstract

The article examines the applicability of satellite laser sensors in Hungary. It describes in general the capabilities, return time, accuracy, and applications of satellite laser sensors. Three ICESat-2-based forest inventory methods are being examined in detail. First estimates the total forest wealth from profiled forest sub-compartments. The second method is a hexagon approach, which aggregates the forest stand attributes of the vertical structure derived from remote sensing. The third complex method combines nationwide satellite imagery with ICESat-2 satellite data and performs large-scale forest inventory with image similarity classification.

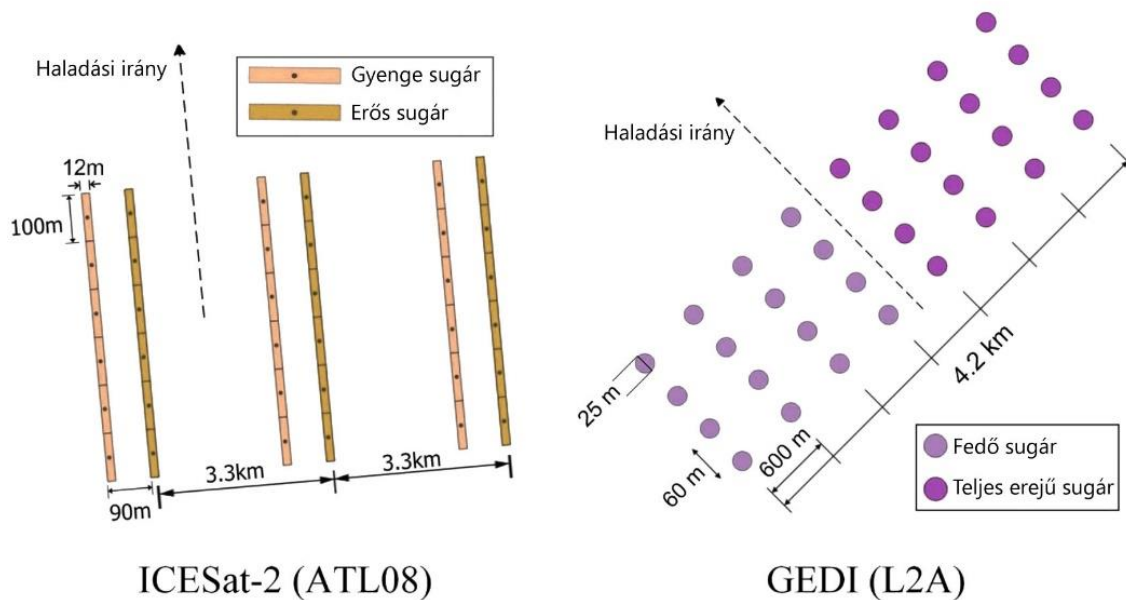
Bevezetés

A nagyterületi erdőleltározás célja, hogy mintavételi, távérzékelési módszerekkel, azok kombinálásával nagy erdőterületekről képes legyen minél pontosabban becsülni az erdőállomány jellemzőit, fafajösszetételét, egészségi állapotát, fakészletét (KIRÁLY et al. 1970). Az optikai műholdak eddig is fontos szerepet töltek be az erdőleltározásban. az erdősült területek és fafajcsoportok meghatározásában (KIRÁLY 1997), különösen az egészségi állapot monitorozásában. Azonban az optikai műholdak famagasság, záródás paramétereit nem tudnak szolgáltatni. Ezeket az információkat képes szolgáltatni a légi lézeres letapogatás (ANDERSEN et al. 2011, CZIMBER 2019), és újabban a műholdas lézeres profilozó szenzorok, amelyek szisztematikusan elhelyezkedő mintaterületeken nemcsak a faállomány magasságát, hanem vertikális struktúrát is képesek rögzíteni (NEUENSCHWANDER et al. 2016).

Két műholdas lézeres szenzorra az utóbbi években számos kutatás, alkalmazás épült. Mindkettő a NASA fejlesztése. Ezek közül az első a GEDI (Global Ecosystem Dynamics Investigation), mely elsősorban az erdők és a domborzat térképezésére képes 1060 nm-en működő teljes jelalakos lézerszenzor (honlap: gedi.umd.edu). A GEDI érzékelőjét a Nemzetközi Űrállomás hordozza (ISS) ezért a Föld felszínét a $\pm 51.6^\circ$ szélességi körök között tudja végezni. A GEDI szenzor 8 lézersugárral dolgozik, 4 fedő és 4 teljes erőjű sugárral egymástól 600 méterre. Haladási irányban 60 méterenként mintavételez egy közelítőleg 25 méter átmérőjű területet (0,05 ha) (1. ábra).

A másik szenzor az ICESat-2 (Ice, Cloud, land Elevation Satellite 2) műholdon található ATLAS (Advanced Topographic Laser Altimeter System) lézer, mely célja a jéghegyek,

tengeri jég és a vegetáció térképezés a látható 532 nm-es hullámhosszon (honlap: icesat-2.gsfc.nasa.gov). Ez a szenzor egy foton érzékeny (Single Photon Detector). Érdekes, hogy egy foton 3,3 milliszekundum alatt megjárja a szenzor és a Föld felszín közötti utat és vissza. Az ATLAS lézeres profilmérő az egész Földfelszínen mér 3 erős és 3 gyenge sugárral. Az erős sugarak közötti távolság 3,3 km, a gyenge sugarak az erősektől balra 90 méterre helyezkednek el. A lézeres mérés mintaterülete közelítőleg 100×12 méter (0,12 ha) (1. ábra).



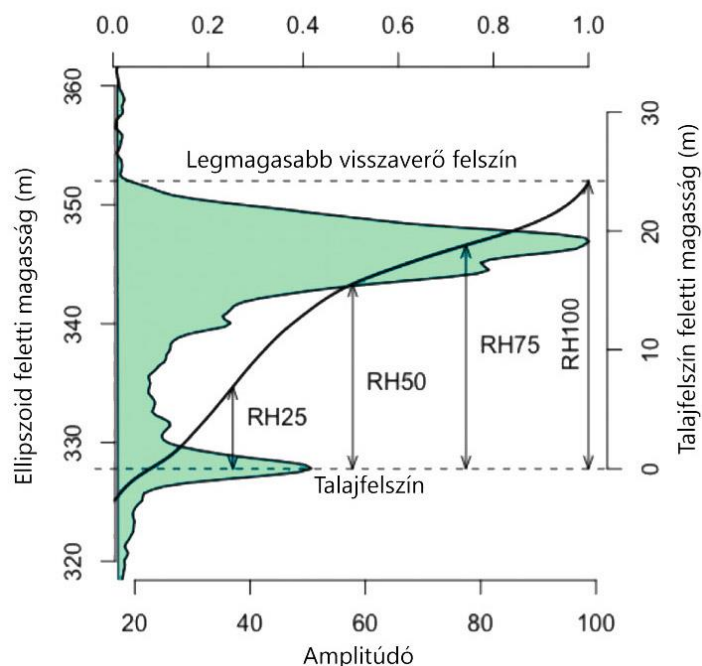
1. ábra: ICESat-2 és GEDI lézeres műholdas szenzorok mintavételi elrendezése

Anyag és módszer

A két műholdas lézer közül először az ICESat-2 műhold profillézer adataival foglalkoztam. Az ICESat-2 műhold ATLAS szenzor adatait a NASA weboldaláról lehet letölteni (search.earthdata.nasa.gov/downloads). A letöltés egy időszak és egy terület megjelölésével kezdődik, megadható az is, hogy mely attribútumokra van szükségünk a számos elérhető jellemző közül. Az időszaknak a 2020. május és október közötti fél éves lombos időszakot jelöltem meg. Területként Magyarország földrajzi befoglaló koordinátáit adtam meg. A jellemzők kiválogatásánál a domborzat és a faállományok magassági eloszlását leíró attribútumokat jelöltem meg. A letöltés indítása után a HDF5 állományok a szerveren készülnek el, amelyek később egyben tölthetők le.

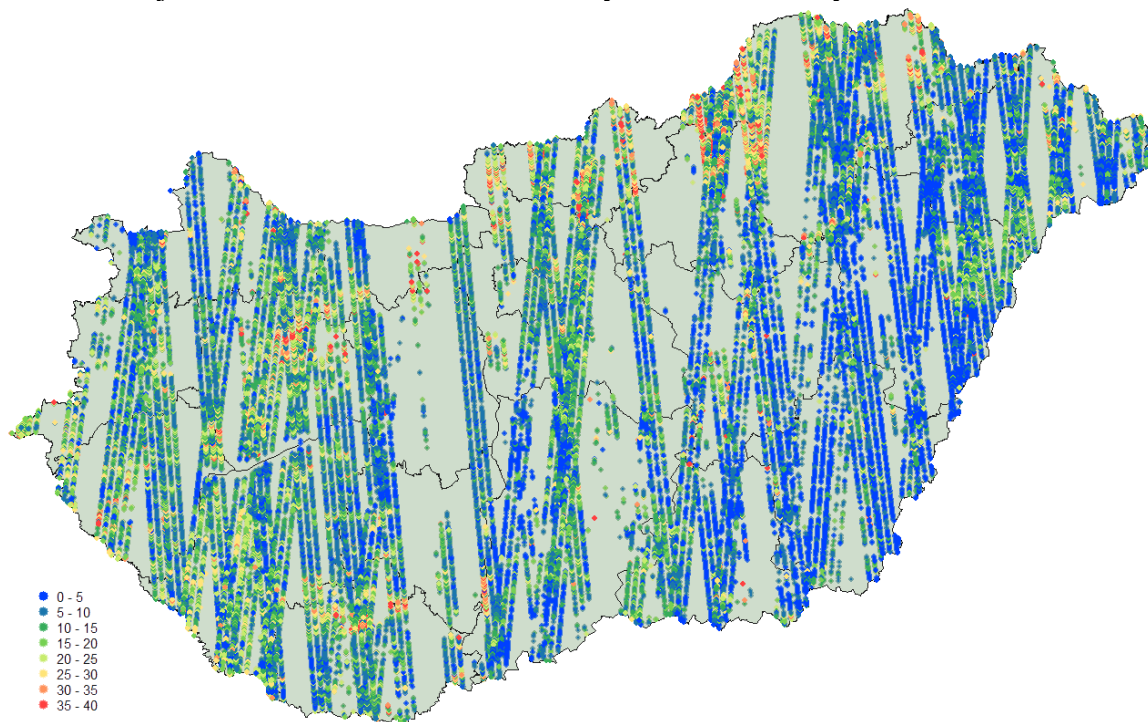
A letöltés után egy programot készítettem, mely a HDF5 állományokból mintaterületenként az attribútumokat egyesével kérdezi le, majd később ezeket egyesíti (a 90 letöltött fájlból 4320 lekérdezett fájl, majd 1 egyesített fájl született). Egyesítés után a mintavételi pontokat Egységes Országos Vetületi rendszerbe transzformálhatók és megjeleníthetők, elemezhetők. Feldolgozás előtt több szűrést végeztem: nincs adat, nem erdőterület, nincs domborzat, gyenge jel vagy Magyarországon kívüli pontok. A szűrés után 188 971 pont maradt.

A műholdas lézeres adatok nagy előnye, hogy relatív famagasságot és annak eloszlását tudja szolgáltatni. A relatív magasságot a talajfelszín pontok csoportosulásától számolja, ezért ellipszoid és tengerszint feletti magassággal, átszámításokkal lehet, de nem szükséges számolni (NEUENSCHWANDER et al. 2019). A magassági eloszlást 19 percentilis értékkel tudja leírni, amelyet normalizált összesített visszavert energia profilon lehet ábrázolni. Egy ilyen profilt mutat a 2. ábra, ahol a 25, 50, 75, 100 percentilisek is láthatók.



2. ábra: Normalizált összesített visszavert energia profil és magasság percentilisek

Az importált és szűrt pontokat megjelenítettem az országos térképen (3. ábra). Első körben összehasonlítottam a magassági adatokat az Erdőállomány Adattár fafajsort adatainak átlagmagasságával. Az összehasonlítás jó egyezést mutatott, de voltak nagyobb, 10 méteres eltérések is. Ezért a műholdas lézér adatait összehasonlítottam légi lézeres adatokkal, hogy vizsgáljam hazai viszonyok között a technológia pontosságát. Négy erdőrészletet jelöltem ki, ahol korábbi kutatómunka során voltak légi lézeres adatok és az ICESat-2 műhold is profilozott. Hasonló vertikális struktúrát leíró jellemzőket állítottam elő a légi lézeres adatokból is, majd ezeket összehasonlítottam, amelyeket az Eredmény részben ismertetek.

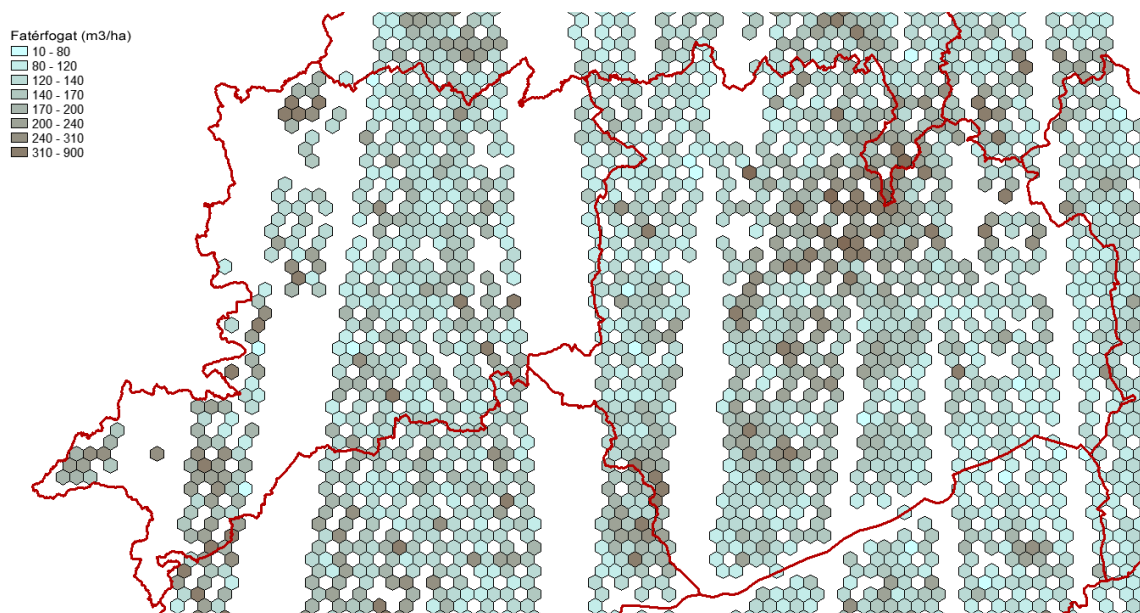


3. ábra: Az elemzéshez felhasznált 188 971 pont elhelyezkedése Magyarországon

A kitűzött nagyterületi erdőleltározási célokhoz 3 módszert dolgoztam ki, ezeket egymás után ismertetem az alábbiakban.

Az első módszernél azt vizsgáltam, hogy a ICESat-2 pontok mely erdőrészleteket fedik át. A térbeli átfedés után 677 ezer erdőrészletből 31 ezer részletet fed át mintapont, ami 5%-os mintázás. Ha az erdőrészletek területét nézzük, akkor 2 millió hektárból 181 ezer ha kiválasztott, ez 9%-os mintavételnek felel meg. A fakészlet számítás ez utóbbi alapján célszerű elvégezni. A 9% terület fatérfogat számítása a szakirodalom által is javasolt 75-ös percentilis magasság, a fatermési osztály és a fafajcsoport szerint történt fatermési táblás becsléssel. Utóbbi két adatot az adattárból származik, de a cikk folyamán bemutatom, hogy ezek az adatok távérzékelésből is származtathatók. A 9% mintázott területből következtettem a teljes ország fatérfogatára.

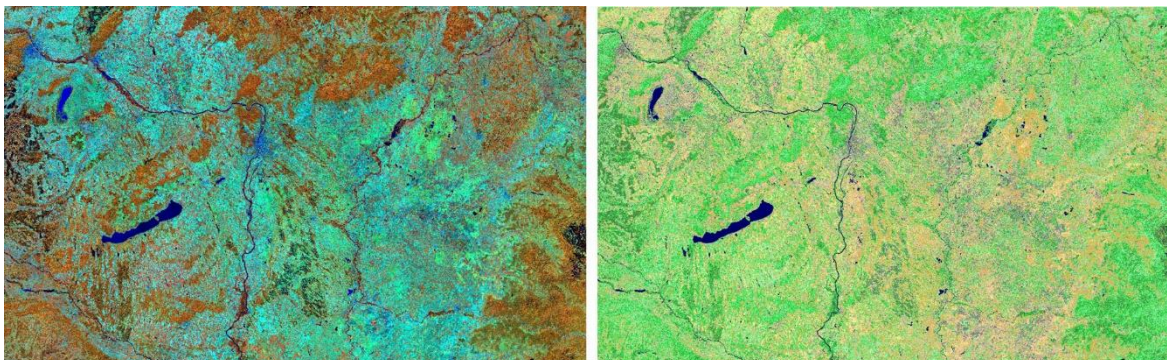
Második módszerben szabályos hatszög fedést (hexagon tessellation) alkalmaztam. A 2000 méter széles szabályos hatszög oldalmérete 1155 méter, területe 346,4 hektár. Az országot lefedő hatszögekből azokat tartottam meg, amelyben voltak ICESat-2 pontok (4. ábra). Ezzel a módszerrel az előbbi 9%-os mintavételről 45%-ra tudtam emelni a mintaterület nagyságát. Azokban a hatszögekben, amelyekben több műholdas pont is volt, ott a magassági adatokat aggregálni kellett. Ezt az eloszlást leíró percentilisekből visszszámolt sűrűségadatok, a magassági sávok százalékos megoszlásának összesítésével tudtam megtenni. Erre egy külön kis program készült. Fontos bemeneti paraméter még a számításához, hogy a hatszögben mekkora az erdősültség területe, amit a fakészlet számításánál figyelembe kell venni. Az erdősültséget már Landsat8 műholdas adatokból származtatott erdő-nem erdő térképpel oldottam meg. A hatszög réteg és az erdőterületek műholdas réteg átfedéséből tudtam számítani minden egyes hatszögben található erdőterület nagyságát. Itt fafaj és fatermési osztály adatot nem használtam, helyette átlagos fatermési szorzókkal dolgoztam. Ez a módszer már teljesen független az adattártól, csak távérzékelte adatokra támaszkodik.



4. ábra: Az ICESat-2 feldolgozás hatszög fedéssel (Vas és Veszprém megye)

Harmadik módszernél azonos időszakban készült (2020. nyár) Sentinel-2-es országos műholdas mozaikot használtam kiegészítő adatforrásként. Ebből vezettem le az erdő-nem erdő osztályozást és az erdőterületekre további négy kategóriát: fenyő, bükk, keménylomb, lágylomb. Osztályozónak legnagyobb valószínűség osztályozót használtam (5. ábra). Az osztályozott kép egyrészt megadja az erdőterületek nagyságát, másrészt a fafajcsoportokra külön-külön térfogatszámítási paramétereket tudtam kiválasztani. Az optikai adatokat

vizsgáltam, de a fenyő, bükk csoport és a nagyon fiatal erdők kivételével nem találtam összefüggést az intenzitás és az ICESat-2 magasságok között. Ezért a fakészlet számítás a négy kategória pixeleihez rendelt 10 km-es blokkonkénti átlagos ICESat-2 magassági adatokkal történt.



5. ábra: Sentinel-2 mozaik (bal) és az osztályozott felszínborítási térkép (jobb)

Eredmények

Az első eredményt a pontossági vizsgálatból kaptam. A négy erdőrésztelre elvégzett összehasonlító vizsgálat, ahol légi lézeres felmérés és ICESat-2 adatok is rendelkezésre álltak, a magassági eltérés 30 és 50 cm között volt. A légi lézeres felmérés pontosságát korábban fadöntésekkel ellenőriztük és 10 cm körüli értéket kaptunk. Ez alapján a műholdas felmérés megfelelő pontosságúnak minősíthető, az elvárt 1 méteres magasságmérési pontosságon belül marad. Megjegyezzük, hogy az ICESat-2 esetén a zöld lézerek miatt az éjszakai mérések pontosabb eredményt szolgáltatnak, az adatok tovább szűrhetők az éjszakai mérésekre.

Első módszerben az ICESat-2 műholdadatokról származó fahasasság, és az adattárból származó fatermési osztály és fafajcsoport szerint számítottam a fatérfogatot. Eredményként 430 millió m³-t kaptam, ami +9%-kal több, mint az adattár szerint összesített fatérfogat.

A második módszer a szabályos hatszöglefedésen alapuló, a hatszögekben az ICESat-2 pontok aggregációján és az erdősültségen alapuló fatérfogat számítás, melyre 454 millió m³ adódott, ez +15%-kal több az adattár nyilvántartásától.

Harmadik módszer a lézeres adatok és a műholdkép mozaik kombinációján alapul. Az egyes régiókban az erdőterületek négy fafajcsoportba sorolásán, és a csoportokon belüli fatérfogatadatok összesítésén alapuló módszer 442 millió m³-t eredményezett.

Mindhárom módszer kis mértékben felülbecsülte az Erdőállományadattár nyilvántartását. Ilyen mértékű felülbecslés elfogadható, ha figyelembe vesszük, hogy más pontosabb terepi vagy légi lézeres felmérésen alapuló fatérfogatbecslési eljárás is hasonló eredményt hozott, amelyből valószínűsíthető, hogy az adattári adatok kismértékben alábecsülik a tényleges fatérfogatot.

Következtetések

A műholdas profilszkenner adatok a nagyterületi erdőleltározáson túl még számos lehetőséget rejtenek.

A percentilis magassági adatok alapján elemezhető a profilonkénti erdőrésztel vertikális struktúra, az állományrészek magassági eloszlása, amelyből következtethetünk a faállomány vegyes összetételére, természetességére.

A magassági eloszlás adatok alapján meghatározható a záródás. A percentilisekből visszszámolható, hogy az egyes magassági zónák mekkora területtel rendelkeznek a mintázott erdőrésztelben. A területek alapján pontos záródásértékek számolhatók.

A műholdas lézerszkennerek már pár éve működnek, évek között vizsgálható a magassági növedék, mivel a szenzorok bizonyos idő elteltével ugyanazt a területet, erdőrészt mintázzák.

Ha a visszatérő mintázásból meghatározzuk a magassági növedéket és ezt összevetjük a meteorológiai adatsorokkal (átlagos és maximális hőmérséklet, csapadékösszeg, párolgás, vízhiány), akkor a klímaváltozás hatásait is vizsgálhatjuk a szenzoradatok segítségével.

Érdekes felhasználása a lézer profilméréseknek a magassági növedék és famagasság alapján a fatermési osztály térképezése. Két időszak között számíthatjuk a magassági növedéket, a második időszakból az átlagmagasságot, a fafaj ismeretében a két adat segítségével a fatermési táblából meghatározhatjuk a fatermési osztályt és a kort is.

Irodalomjegyzék

- ANDERSEN, H.-E. – STRUNK, J. – TEMESGEN, H. (2011): Using Airborne Light Detection and Ranging as a Sampling Tool for Estimating Forest Biomass Resources in the Upper Tanana Valley of Interior Alaska. *West. J. Appl. For.* 26(4) 2011, pp 157-164.
- CZIMBER K. (2019): Erdőleltározás légi lézeres letapogatással és közel fotogrammetriával – Első tesztek eredményei. In: Molnár Vanda Éva (szerk.) *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X: Theory meets practice in GIS*, Debrecen, Magyarország, Debreceni Egyetemi Kiadó, (2019) pp. 77-81.
- KIRÁLY L. – FEJES J. – BENCZE T. (1970): Nagyterületi erdőleltározás a Szombathelyi Erdőgazdaság területén, In: *Az Erdő*, 1970. 19. (105.) évf. 6. füzet: 253-264
- Király G. (1997): Nagyterületi erdőleltározás digitális úrfelvételek felhasználásával, Erdészeti és Faipari Egyetem, PhD értekezés, 1997.
- NEUENSCHWANDER, A. L. – MAGRUDER, L. A. (2016) The Potential Impact of Vertical Sampling Uncertainty on ICESat-2/ATLAS Terrain and Canopy Height Retrievals for Multiple Ecosystems. *Remote Sensing*, 2016, 8, 1039.
- NEUENSCHWANDER, A. L. – MAGRUDER, L. A. (2019) Canopy and Terrain Height Retrievals with ICESat-2: A First Look. *Remote Sens.* 2019, 11, 1721.

ASSESSMENT OF WOOD PLANT SPECIES COMPOSITION, DIVERSITY AND STRUCTURE ANALYSIS OF TOZI RESERVED FOREST IN SINNAR STATE, SUDAN

Emad H. E. Yasin

Department of Forest management, University of Khartoum, Sudan.
Institute of Geomatics and Civil Engineering, University of Sopron, Hungary
emad.yasin823@gmail.com, Emad.HassanElawadYasin@phd.uni-spron.hu

Abstract

This study was conducted in Tozi Reserved Forest in southwestern part of Sinnar State, Sudan and aimed to assess woody species composition, diversity and stands structure. A total of 306 circular sample plots (1000 m² for each) were established using a systematic sampling grid method. The distance between plots was 400 m and between survey line 500 m. In each plot, all living trees with diameter at breast height (DBH) ≥ 5.00 cm was identified and counted, and their DBH values were recorded. The study found that There were 2339 individual trees representing four species (*Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia Senegal* and *Acacia mellifera*) that belong to two families. The dominant species was *Balanites aegyptiaca*. Average tree density was 175 trees/ha and the Shannon-Weiner index for trees diversity was 0.264. Overall, young trees comprised 86.30% of the forest. The state of tree richness and density in the study area was low compared to other similar environments in the region and around the world. The presence of strong anthropogenic disturbance in the area necessitates the need for an immediate conservation and management actions to enhance tree diversity and sustain ecosystem services to local communities. In addition to care for the dominant *Balanites aegyptiaca* stands, more attention and conservation should be devoted to reestablishing *Acacia Seyal*, *Acacia senegal* and *Acacia mellifera* trees because of their high ecological and economic values for local communities. in order to ensure sustainable utilization and management of the Forest.

Background

Tropical forests contribute ecosystem services such as providing wildlife habitat, safeguarding against erosion and desertification, contributing to soil fertility, and many others (FAO, 2016). Distribution patterns of plant species composition and diversity in natural habitats are issues of global interest today because they are greatly influenced by environmental and anthropogenic factors. In Sudan, forests are threatened by deforestation, which is motivated primarily by energy needs and most of the natural forests have been replaced by agriculture. Such as pressure on the habitats and plants resources has pushed many species towards rarity and local extinction (HCENR, 2014). Furthermore, Bakr et al. (2018) stated that the distribution of these resources is unbalanced (i.e., the greatest amount of the remaining forests is distributed in the south, whereas the poor and sparse woody formations characterize the northern part of Sudan where more people are concentrated and the need for forest goods and services is highest). The areas free from human occupation such as reserved forests and national parks continue to represent habitats for an array of native flora. Maintaining reserved areas of natural vegetation within the human dominated landscape is the only way to conserve native flora (Newmark et al., 2017; Pollock et al., 2017; Elsen et al., 2018; Pimm et al. 2018). Therefore, habitat level analysis of vegetation becomes a vital for assessing the availability of plant resources, patterns of species diversity and identification of botanical hot spots (Rosenzweig, 1999). Conservation of biodiversity is crucial in a country like Sudan, where ecosystems are fragile, and the renewable natural resources are endangered through over-exploitation. These ecosystems are deteriorating rapidly due to multiple

interacting factors mostly socio-economic changes which result in excessive grazing, tree felling, soil erosion, desertification, over-hunting, and land degradation. There is evidence indicating that many aquatic and terrestrial species have either disappeared or subjected to severe threats resulting from the destruction of their natural habitats (HCENR, 2016, Siddig, 2014).

Quantitative knowledge about basic stand diversity and structure and stand health indicators such as canopy health and density of dead standing trees is required for these current efforts toward attaining proper management and use of gum Arabic producing trees stands to be successful. Unfortunately, due to the absence of regular and long-term monitoring programs, Sudan currently lacks these vital forest condition indicators in most gum Arabic producing trees stands (Siddig, 2019b, Hasoba et al., 2020). Consequently, management and conservation planning are based on rough estimates. Baillie et al. (2008) stated that in order to create effective forest management plans, it is obligatory to know which species are present. Consequently, management and conservation planning are based on rough estimates. Baillie et al. (2008) stated that to create effective forest management plans, it is obligatory to know which species are present, their relative abundance and species-specific stages, and what factors control their future persistence and dynamics. Therefore, information about the current condition of Natural Reserved Forests including species composition, diversity, density and stage structure, and species-rich communities are primary importance in the planning and implementation of biodiversity conservation efforts (Eisawi et al., 2021).

Generally, lack of awareness regarding the importance of biodiversity and inadequate institutional mechanisms for integrated biodiversity management, have aggravated the situation of already degraded biodiversity in Sudan. In this respect, documentation of plant species abundance and diversity and their associated habitats are of pressing importance. Such documentation provides basis for taking appropriate steps in conservation and maintenance of ecosystems functioning. It would also provide information to policy makers to facilitate resource management plans. Therefore, the aim of this study is to assess wood plant species composition, diversity and stands structure in Tozi reserved forest, Sudan.

Materials and Methods

Description of the Study area

This study was conducted in Tozi Reserved Forest, which is located in southwestern part of Sinnar State, Sudan and approximately 360 km southeast of the capital Khartoum (Ahmed et al., 2015). Forest covers an area of 6031.2 hectares. It lies between longitude 33°58'30"E - 34°40'30"E and latitude 12°27'0"N -12°33'0"N. Bounded by the Wad-Eneil and Tozi villages from east and west side respectively (Gaballah, 2019). It is situated in southeastern Sudan and shares borders with Gezira State to the north, Blue Nile State to the south, Gedaref State to the east and White Nile State to the west (Fig. 1). The topography of the area is generally flat with some scattered mountains, of an altitude ranging from 1300 to 1500 feet above mean sea level (Fahmi, 2017). The soil characteristics of the area in general are clays, alkaline dark colored, which swells and sticky when it is wet, while it becomes cracks when it is dry. An exception was found in the slope (Karab) of the narrow-eroded part of the Blue Nile River where the soils are sandy loams and clays, as well as permeable, fertile, sand-silt mixture (Gerif) in the nearest part along the banks of the Blue Nile valley (Fahmi, 2017). The region's climate is tropical with the year separated into very humid and rainy autumns, intensely dry winters, and hot summers. Winter months (December and January) are relatively cold, with temperatures ranging from 16°C to 20°C. From March to November, the climate is very hot (temperature range of 35°C–41°C). The precipitation is motivated by South Atlantic and Congo air masses with little or no influence from the Indian Ocean. The precipitation increases in the southwest with the total annual precipitation

between 300 and 700 mm. Most precipitation falls between June and October, with a peak in August (Gadallah, 2019). Investigation of the vegetation of the Sennar State revealed that the State lies in the zone of a low rainfall woodland savannah. The main vegetation communities have been described as Bush land according to Gafaar (2011) and it played host to *Acacia mellifera* and *Cadaba rotundifolia* often mixed with *Boscia senegalensis*, *Acacia nubica* and *Calotropis procera*. The woodland is light and open with *Acacia seyal*, *Acacia Senegal*, *Acacia fistula* and *Balanites aegyptiaca*, while forestland is predominated with *Acacia nilotica* forest. Single storey pure stands of *Acacia nilotica* of about 15-20 m high lie in the seasonally flooded basins along the bank of the river.

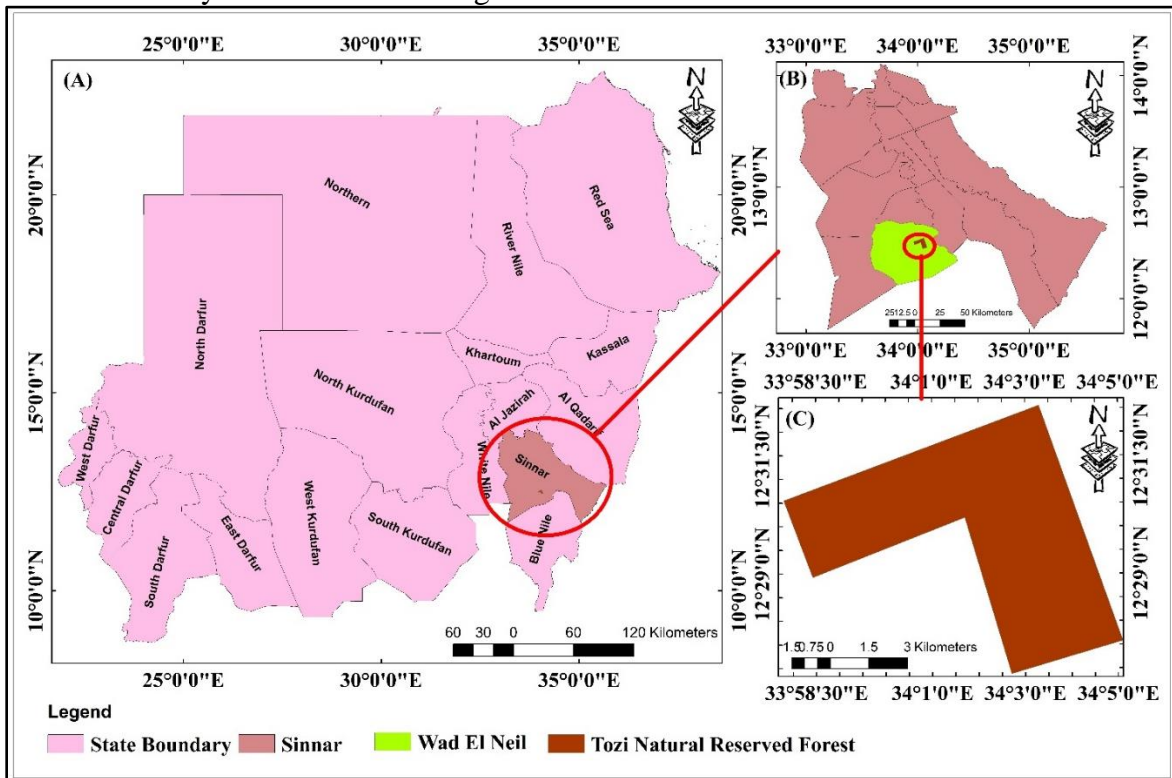


Figure 1: Maps for the location of Sennar State in southeastern Sudan (A) and the location of Tozi Natural Reserved Forest (study area) in Sennar State (B), as well as the overview of Tozi Natural Reserved Forest (C)

Study design and field measurement

The data used in this study belong to the Faculty of Forestry, University of Khartoum, which were produced from a student training course on the formulation of forest management plans that were conducted in Tozi Reserved Forest. In March 2020, 306 circular sample plots were determined in the systematic sampling grid using ArcGIS software (Fig. 2). The grid consisted of several parallel survey lines spaced 500 m apart. Along each survey line, circular plots were located every 400 m, and the area of each was approximately 1000 m² (radius=17.84 m). The first plot in the line was usually located 100 m away from the edge to avoid edge effect. All living trees with diameter at breast height (DBH) \geq 5.00 cm was identified to species and counted. Their DBH and height were measured using calipers and altimeters, respectively.

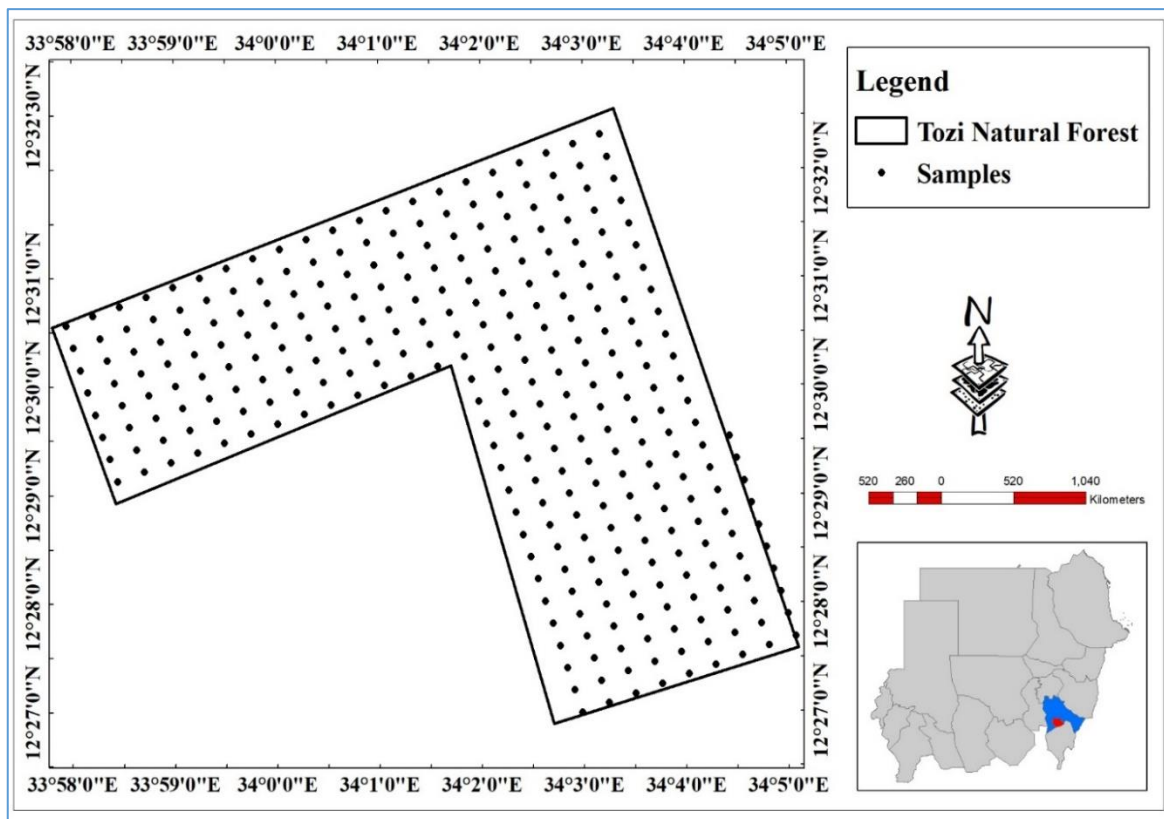


Figure 2: Distribution of sample plots in Tozi Reserved Forest.

Data analysis

Data were organized in a classic site (plot)-by-species table, and then Woody species composition and abundance were investigated in the 306 plots, and the following parameters were calculated as follows:

Species composition: woody species sampled were identified, recorded and number of individuals existed in each sample plot were counted.

$$\text{Relative density} = [\text{Species density} \div \text{Total species density}] \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Relative frequency} = [\text{Species frequency} \div \text{Total species frequency}] \times 100 \dots\dots(2)$$

$$\text{Relative abundance} = [\text{Abundance of a species} \div \text{Total abundance for all}] \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

Occurrence: is calculated as the number of sample plot where species is found.

Biodiversity indices: Shannon index of diversity were obtained according to Zar (2009) using the following formula:

$$H = \sum_{i=1}^n Pi * \log(Pi) \dots\dots\dots(4)$$

where H' is the Shannon-Wiener diversity index; i is the proportion of individuals belonging to species i; s is the number of tree species; and pi is the importance value of a species as a proportion of all species i in each sample plot.

Based on the homogeneity of the study area, we classified the stage of trees into three categories: young (DBH: 5.00–14.99 cm), pre-mature (DBH: 15.00–24.99 cm) and mature (DBH: ≥ 25.00 cm) (Hasoba *et al.*, 2020). Spatial distribution: of relative density, species composition, Tree stages using QGIS v. 3.22 (Voronoi polygon method).

Results

Species richness and diversity

From surveys of 306 sample plots in Tozi Reserved Forest, we found 2339 living trees representing four species (*Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia Senegal* and *Acacia mellifera*) which belong to two families: Mimosaceae (three species) and Balanitaceae (one

species) (Table 1). *Balanites aegyptiaca* was the most abundant and dominant species, with 1102 individuals. We also identified 665 trees for *Acacia seyal*, 377 trees for *Acacia senegal* and only 195 trees for *Acacia mellifera* in the entire forest. The average tree diversity in Tozi Reserved Forest was 0.264 as computed by Shannon-Wiener diversity index, which was very low.

Table 1: Estimates of trees species composition, relative frequency, number of individuals and relative density in Tozi Reserved Forest

No	Species name	Num-ber of plots ^a	Relative frequency (%)	Number of individuals	Relative den-sity (trees/ha)
1	<i>Acacia seyal</i>	154	27.4	665	43.18
2	<i>Balanites aegyptiaca</i>	230	40.9	1102	47.91
3	<i>Acacia senegal</i>	102	18.1	377	36.96
4	<i>Acacia mellifera</i>	77	13.7	195	25.32
To-tal		563 ^b	100	2339	

Note: ^a, number of sample plots where species present; ^b, total number of surveyed plots.

Tree density

Average tree density was 175 trees/ha in the entire forest. Relative density was highest for *Balanites aegyptiaca* (47.91 trees/ha), followed by *Acacia seyal* (43.18 trees/ha), *Acacia Senegal* (36.96 trees/ha) and *Acacia mellifera* (25.32 trees/ha) (Table 1). As shown in Fig. 3, The spatial pattern of tree density showed that more than 90% of the forest area had low to medium tree density (Yellow and light green regions) whereas relatively small areas in distributed in different part of the forest were characterized by high tree density (red colour regions).

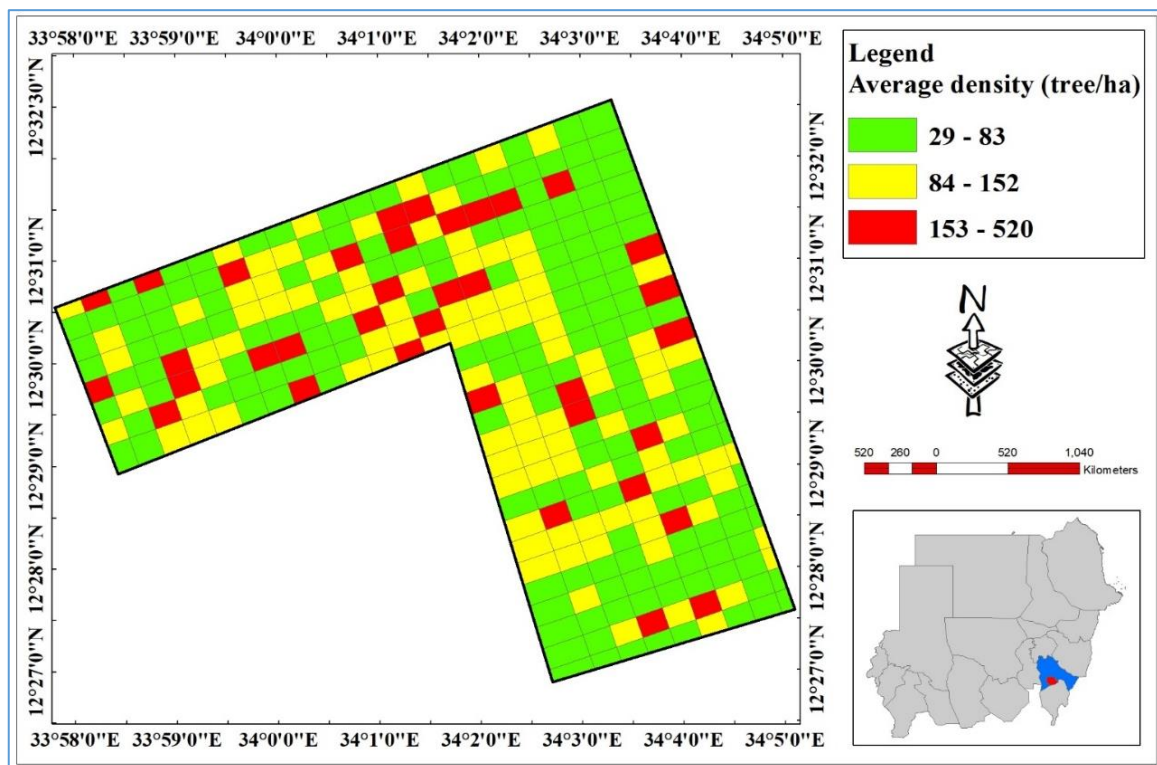


Figure 3: Spatial distribution of average tree density in Tozi Reserved Forest.

Tree stage structure

We used three diameter classes to describe forest stage structure, and the results are shown in Table 2. Trees with DBH ranging from 5.00 to 14.99 cm were considered as young/juveniles' stage-class, which accounted for 64.21% of the forest trees. Pre-mature tree stage-class, which included trees with DBH of 15.00–24.99 cm, represented 28.42% of the total trees. Lastly, only 7.37% of the total trees had a DBH greater than 25.00 cm and was considered as mature stage-class.

The species-specific stage structure indicated that young trees dominated all species. As shown in Table 2 and Fig. 4, young stage-class trees comprised 100.00%, 82.66%, 75.00% and 43.04% of *Acacia mellifera*, *Acacia seyal*, *Acacia Senegal* and *Balanites aegyptiaca* trees, respectively.

Table 2: Percentage of each species in the three-stand stage in Tozi forest Reserved Forest

No.	Species	Number of Species	Percentage of Species in the stand (%)		
			Young (5.00-14.99 cm)	Pre-mature (15.00-24.99 cm)	Mature (≥ 25 cm)
1	Acacia Seyal	665	82.66	16.01	1.33
2	Balanites aegyptiaca	1102	43.04	42.80	14.16
3	Acacia Senegal	377	75.00	23.00	2.00
4	Acacia mellifera	195	100	0.00	0.00
Total		2339	64.21	28.42	7.37

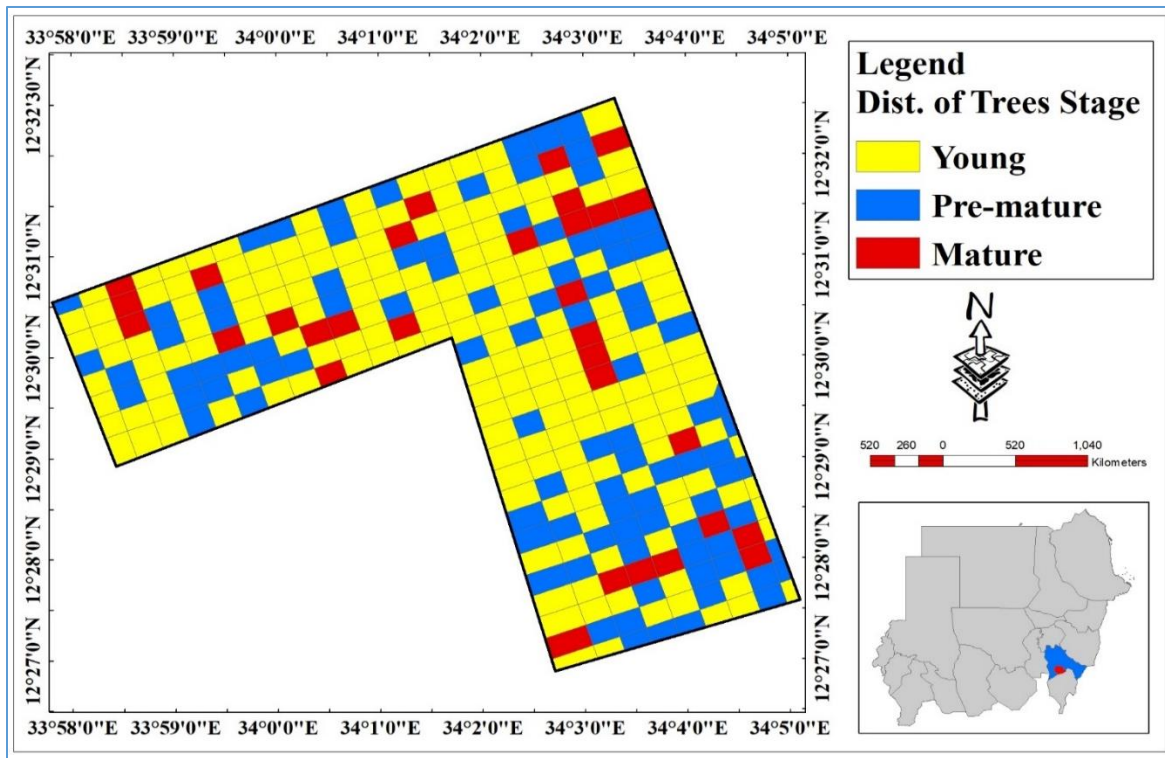


Figure 4: Spatial distribution of tree stage structure in Tozi Reserved Forest.

Distribution Pattern of Species Concurrency

The distribution and Species occurrence in the forest area as measured by their relative frequency indicated that *Balanites aegyptiaca* was the dominant species in the forest (Table 1 and Fig.5). It occurred in 40.9% of the forest, followed by *Acacia seyal*, which distributed in 27.4% of the forest. In contrast, *Acacia Senegal* and *Acacia mellifera* were only present in 18.1% and 13.7% of the forest, respectively.

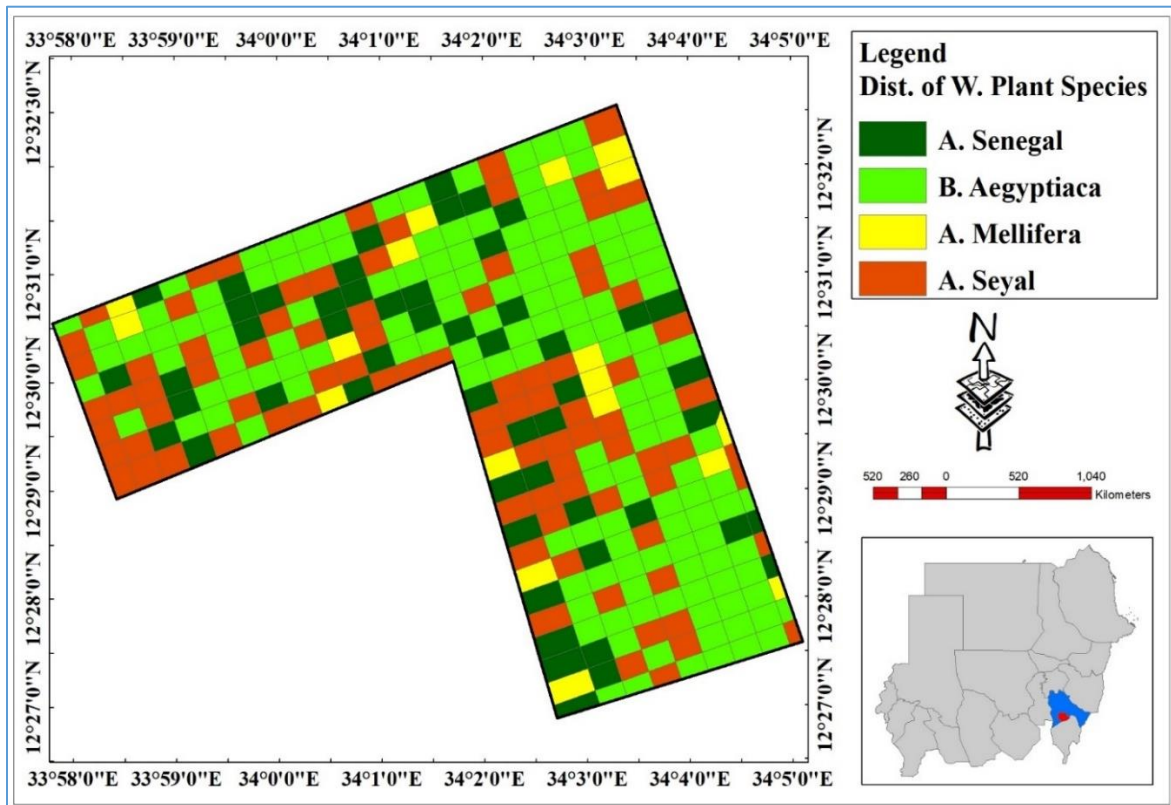


Figure 5: Distribution Pattern of woody plant species in Tozi Reserved Forest.

Discussion

In the present study, there were only four species detected with an overwhelming dominance of *Balanites aegyptiaca* followed by *Acacia seyal* and notable rarity of *Acacia Senegal* and *Acacia mellifera*. While this number of species was similar to other forests in this transitional zone with precipitation between low and high, it was much lower compared to the species richness found in many dry forests in Africa. For instance, the average number of woody species was 28 in Neotropical continental forests, 48 in Beza Mahafaiytronic dry forests in Madagascar and 110 in Bereku Forest Reserve, Tanzania (Sussman, 1994). The analysis of the trees in our study area revealed that Tozi Reserved Forest was dominated by one species (*Balanites aegyptiaca*), an indicator of change in state of the ecosystem (Thompson, 2011).

This dominant may suppress other tree species' natural regeneration in this area. The tree density in Tozi Reserved Forest of Sudan (Table 1) was similar to Nuara Reserved Forest (191 trees/ha) in Sudan as reported by (Hasoba et al., 2020) and those in Oban Forest Reserve of Nigeria (306.00 trees/ha) as reported by Igbinsosa and Ejakhe (2015) and in lower-altitude Western Himalayan forests of India (235.00 trees/ha) as reported by Malik and Bhatt (2015). However, our estimates on tree density in Tozi Reserved Forest were lower than those in Bereku Forest Reserve of Tanzania (616.00 trees/ha) (Giliba et al., 2011), higher-altitude

Western Himalayan forests of India (505.00 trees/hm²) (Malik and Bhatt, 2015) and tropical forests of Costa Rica (446.00 trees/hm²) (Lieberman et al., 1996).

The tree species diversity in Tozi Reserved Forest of Sudan ($H'=0.264$) similar to tree species diversity in Nuara Reserved Forest ($H=0.204$) in Sudan as reported by (Hasoba et al., 2020) and also was lower than those in other forests of Africa (H' ranged from 0.380 in North-East Nigeria to 4.270 in Bereku Forest Reserve of Tanzania). The lower species diversity in the present study could be due to the size of the study area and environmental heterogeneity as well as deforestation activities (Suratman, 2012). The low values of tree density and diversity compared to other locations may reflect dissimilarity in precipitation, soil characteristics and landscape in addition to differences in sampling intensity (Wakawa et al., 2017).

Tozi Reserved Forest greatly contributes to the livelihood of the local communities by providing forest fruits, fallen wood for fuel, forage and crops, and job opportunities (Yassin, 2020). This study identified some ecological information about the dominant species *Acacia seyal*, which provides great economic benefits in the region, including the production of charcoal and gum Arabic. It also offers basic information about the current condition of the forest, including species composition, tree diversity, tree density and stage structure, which will help in establishing rigorous future monitoring programs and inform conservation efforts. Overall, this study provides information and insights for guiding forest biodiversity restoration and implementing sustainable forest management activities in the savanna woodlands.

Conclusions and Recommendations

Forest tree diversity, species composition, dominant tree species, tree density and tree stage structure are key data needed to design ecosystem management for environmental conservation for a given region. This study showed low tree diversity (0.264) in Tozi Reserved Forest of southwestern part of Sinnar state, Sudan. The forest included only four species (*Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal* and *Acacia mellifera*), which typically occur in the savanna woodlands. *Balanites aegyptiaca* was the most abundant species in the Tozi Reserved Forest while *Acacia mellifera* was very low. Tozi Reserved Forest may be considered young forest because 64.21% of the trees were in the young stage-class (DBH: 5.00–14.99 cm). The state of tree species richness and relative density in the study area was low compared to similar environments in the world. Overall, this study provides information and insights for guiding forest biodiversity restoration and implementing sustainable forest management activities in the savanna woodlands.

To secure a sustainable supply of goods and services from Nuara Reserved Forest to local communities while to maintain the highest forest ecological integrity, we suggest implementation of the following management interventions: (1) prioritizing the restoration of *Acacia Senegal*, *Acacia Seyal* and *Acacia mellifera* because they are currently rare species and are at risk of extinction in this area and also because they have high ecological and economic values for local communities; (2) considering the establishment of a comprehensive long-term monitoring program through permanent sample plots in this forest to provide time series data that are essential to assess the overall ecosystem state and evaluate the dynamics of tree populations and the changes of savanna ecosystems; and (3) conducting in-depth research studies that focus on the resilience of savanna ecosystems to climate change and variability, and on the drivers of deforestation that causes the decline of woody vegetation diversity in the savanna woodlands, Sudan. (4) ecological studies are vital concerning species composition, diversity, and distribution of possible plant communities with respect to other environmental factors. (5) Further studies on soil seed bank, seed physiology, herbaceous plants and land use management system in the savannah woodlands are

recommended. Since our primary objective in this study is to assess nature and we are limited by the available data, we recommend that future work should focus on revealing relationships and trends of diversity metrics as a function of environmental conditions in the region.

Acknowledgements

We are grateful to the Faculty of Forestry, University of Khartoum for allowing us to use the data of this study and to Mr. Elyas DAAK for providing the data.

References

- ABDEL MAGID, T D. (2001). Forest Biodiversity in Sudan with Particular Reference to NWFPs. Forest National Corporation, Sudan.
- ADAM H E. (2010). Integration of Remote Sensing and GIS in Studying Vegetation Trends and Conditions in the Gum Arabic Belt in North Kordofan Sudan. PhD Thesis. Faculty of Forest, Geo and Hydro Sciences, TU Dresden, German.
- AHMED K M S, HAMID A A, DOKA A. (2015). Investigation of spatial risk factors for RVF disease occurrence using remote sensing & GIS—a case study: Sennar State, Sudan. *Journal of Geographic Information System*, 7(2): 226–257.
- AHMED M M HASOBA, AHMED A H SIDDIG, YOUSIF E YAGOUB. (2020). Exploring tree diversity and stand structure of savanna woodlands in southeastern Sudan. *Journal of Arid Land*, <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0076-8>.
- AL AMIN. H. M., (1990). *Trees and Shrubs of the Sudan*. Ithaca Press.
- ALEMU MEKONNEN AND BLUFFSTONE, R. (2007). Lessons from economics and international experience. In: *Policies to increase forest cover in Ethiopia: proceedings of environmental economics policy forum for Ethiopia* pp.23-28. Addis Ababa.
- BADI, K. H., (2004). Changing Forest Cover and Rainfall in Central Sudan During (1930– 2000). MSc Thesis University of Khartoum – Faculty of Forestry.
- BAILLIE J E M, COLLEN B, AMIN R, ET AL. (2008). Toward monitoring global biodiversity. *Conservation Letters*, 1(1): 18–26.
- BAKR A, SIDDIG E, ELTOHAMI A. (2018). Threats to green gum arabic production in Sudan. *Biomedical Journal of Scientific and Technical Research*, 3(5). BJSTR.MS.ID.000951, doi: 10.26717/BJSTR.2018.03.000951.
- BALLAL, M. E. (2002). Yield trends of gum arabic from *Acacia senegal* as related to some environmental and managerial factors. PhD Thesis, University of Khartoum, Sudan.
- BERHAN, G., & ASSEFA, Y. (2004). Conservation status of Boginda forest in the SNNPR region, Kefa zone Gimbo Woreda, Ethiopia. In *A National Conference on Forest Resources of Ethiopia, Addis Abeba (Ethiopia), 27-29 Nov 2002*. Institute of Biodiversity Conservation/GTZ.
- DAIL, G. (1997). What are ecosystem services? In: *Nature's Services Societal Dependence Daily on Natural Ecosystems* (Daily, G. ed.) Island Press, Washington, PP. 1 – 10.
- DOVIE, D. B. K. (2003). rural economy and livelihoods from the non-timber forest products trade. Compromising sustainability in southern Africa? *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*.
- EISAWI, K. A. E., HE, H., SHAHEEN, T., & YASIN, E. H. E. (2021). Assessment of Tree Diversity and Abundance in Rashad Natural Reserved Forest, South Kordofan, Sudan. *Open Journal of Forestry*, 11, 37-46. <https://doi.org/10.4236/ojf.2021.111003>.
- ELSEN, P. R., MONAHAN, W. B., & MERENLENDER, A. M. (2018). Global patterns of protection of elevational gradients in mountain ranges. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(23), 6004-6009.
- ELSIDDIG, E. A., MOHAMED, A, G., & ABDEL MAGID, T. D. (2011). Forest Plantations/Woodlots in the eastern and north-eastern African countries of Kenya, Tanzania, Uganda, Burundi, Rwanda, Ethiopia and Sudan. Sudan Report, African Forest Forum.
- Elsiddig, E. A., Mohamed, A. G., & Abdel Magid, T. D. (2007). Sudan Forestry Sector Review. Forests National Corporation and National Forest Programme Facility.
- EPA (1997a). *Conservation Strategy of Ethiopia: executive summary*. Environmental Protection Authority, Addis Ababa, Ethiopia.

- FAHMI, M. K. M. (2017). Climate, trees and agricultural practices: Implications for food Security in the semi-arid zone of Sudan. Univ. Helsinki Tropic. Forest. Dep., Helsinki.
- FAO (2007). State of the World's Forests, FAO, Forestry Department, PP 144.
- FAO. (2003). State of the world's forests, Rome, Italy.
- FAO. (2016). Trees, forests and land use in drylands: The first global assessment. FAO. Rome, Italy.
- FAO. (2010). Forest Department. Global Forest Resources Assessment, Country Report. FRA2010/141 Rome.
- FATIMA, H. A., AND MAI, M. A. (2013). Environmental Conditions Prevailing in Habitat Affect. International Journal of Scientific and Research Publications, 3(3),1–4.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2005). Global Forest Resources assessment: China country report. Rome: FAO (English).
- FRA. (2005). Global Forest Resources Assessment. Country report 212: Sudan, Forestry Department, FAO, Rome.
- GADALLAH N A H. (2019). Assessment of conservative and protective needs for natural forests in drylands: Case of Wad Al-Bashir Forest, Gedaref State, Sudan. MSc Thesis. Khartoum: Desertification and Desert Cultivation Studies Institute, University of Khartoum, 1–100.
- GAFAR, A. (2011). Forest Plantations and Woodlots in Sudan (Vol. 1). Nairobi, KENYA. Retrieved from www.afforum.org.
- GILIBARA, BOONEK, KAYOMBO C J, ET AL. (2011). Species composition, richness and diversity in Miombo Woodland of Bereku Forest Reserve, Tanzania. Journal of Biodiversity, 2(1): 1–7.
- HARRISON, M. N. AND JACKSON, J. K. (1958). Ecological classification of vegetation of the Sudan. Forestry Bulletin No. 2.
- HCENR (Higher Council for Environment and Natural Resources). (2014). Sudan's Fifth National Report to the Convention on Biological Diversity. Ministry of Environment, Natural Resources and Physical Development, Sudan. <https://www.cbd.int/doc/world/sd/sd-nr-05-en.pdf>.
- HEYWOOD, V.H., (1995). The species concept as a socio-cultural phenomenon: a source of the scientific dilemma. *Theory in Biosciences* 117:203–212.
- IGBINOSA H, EJAKHE G. 2015. Tree species composition and diversity in Oban forest. Journal of agricultural studies, 3(1): 10–24.
- Lieberman D, Lieberman M, Peralta R, et al. (1996). Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. The Journal of Ecology, 84(2): 137–152.
- ITTO. (2002). Forest Restoration Information Service (FRIS): Concepts <http://www.unep-wcmc.org/forest/restoration/fris/concepts.aspx>.
- KENT, M. AND COKER, P. (1992). Vegetation description and analysis. Ambo practical approach New York, USA, 363 pp.
- LIEBERMAN D, LIEBERMAN M, PERALTA R, ET AL. (1996). Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. The Journal of Ecology, 84(2): 137–152.
- MALIK Z A, BHATT A B. (2015). Phytosociological analysis of woody species in Kedarnath Wildlife Sanctuary and its adjoining areas in Western Himalaya, India. Journal of Forest and Environmental Science, 31(3): 149–163.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. (2005). Ecosystems and human well-being: desertification synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- MUELLER- DOMBOIS, D. AND ELLENBERGE, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- MUKHTAR, M. E., AND EL WAKEEL, A. S., (2002). Biodiversity in Forest Plant of Sudan. National biodiversity strategy and Action Plan (NBSAP) (SUD/97/G31/A/IG). Higher council for environment and natural resources (HCENR).
- NASIR, R., WUNDER, S. AND CAMPOS, W. (2007). “Forest ecosystem services: Can they pay our way out of deforestation?” A discussion paper prepared fore GEF, New York, PP 1– 11.
- NATIONAL FORESTS CORPORATION (FNC). (2009). Annual Report. NBSAP. (2015). National Biodiversity Strategy and Action Plan 2015–2020. Higher Council for Environment and Natural Resources (HCENR), Ministry of Environment, Natural Resources and Physical Development. Sudan.

- NEWMARK, W. D., JENKINS, C. N., PIMM, S. L., MCNEALLY, P. B., & HALLEY, J. M. (2017). Targeted habitat restoration can reduce extinction rates in fragmented forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(36), 9635-9640.
- OMER, A., KORDOFANI, M., GIBREEL, H. H., PYŠEK, P., & VAN KLEUNEN, M. (2021). The alien flora of Sudan and South Sudan: taxonomic and biogeographical composition. *Biological Invasions*, 1-13.
- PIMM, S. L., JENKINS, C. N., & LI, B. V. (2018). How to protect half of Earth to ensure it protects sufficient biodiversity. *Science Advances*, 4(8), eaat2616.
- PLAZA, A. AND CHANG, C. (2008). High performance computing in remote sensing. Chapman and Hall/CRC, Taylor and Francis Group, LLC.
- POLLOCK, L. J., THULLER, W., & JETZ, W. (2017). Large conservation gains possible for global biodiversity facets. *Nature*, 546(7656), 141-144.
- ROSENZWEIG, M.L. (1999). Heeding the warning in biodiversity basic law. *Science* 284, pp:276-277.
- SEGAWA, P. NKUUTU, DN. (2006). Diversity of vascular plants on Ssesse Island in Lake Victory, central Uganda. *Af. J. Ecology* 44: 22 – 29.
- SHACKELTON, C.M. (2000). Comparison of plant diversity in protected and communal lands in the Bushbuckridge lowveld Savana, South Africa. *Biological conservation* 94: 273-285.
- SIDDIG A A H. (2014). Biodiversity of Sudan: Between the harsh conditions, political instability, and civil wars. *Biodiversity Journal*, 5(4): 545–555.
- SIDDIG A A H. (2019b). Why is biodiversity data-deficiency an ongoing conservation dilemma in Africa? *Journal for Nature Conservation*, 50: 125719, doi: 10.1016/j.jnc.2019.125719.
- SULEIMAN, M. AND EDOMA, A. (1994). Use and Marketing of Non-Wood Forest Products (Excluding the Gum Arabic) in the Sudan. FAO/FNC. Khartoum. Unpublished.
- SURATMAN M N. (2012). Tree species diversity and forest stand structure of Pahang National Park, Malaysia. In: Lameed G A. *Biodiversity Enrichment in a Diverse World*. Rijeka: IntechOpen, 473–492
- SUSSMAN R W. (1994). Plant diversity and structural analysis of a tropical dry forest in Southwestern Madagascar. *Biotropica*, 26(3): 241–254.
- TESFAYE BEKELE (2000). Plant population dynamic of *Dodonaea angustifolia* and *Olea europaea* ssp.cuspidata in Dry Afromontane Forests of Ethiopia. *Acta University Upsaliensis* Upsala, Sweden.
- THOMPSON I. (2011). Biodiversity, ecosystem thresholds, resilience and forest degradation. *Unasylva*, 238: 25–30.
- USAIDA. (2010). Report of Biomass Briquetting in Sudan: A Feasibility Study , Women’s Refugee Commission.
- VARDON M, HARRIS R. (2017). Review of ecosystem condition indicators. Paper for the London Group. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/lg23_review_of_ecosystem_condition_indicators_vardon-harris.pdf.
- WCMC. (1992). World conservation Monitoring. Global Biodiversity: Status of Earth’s Living Resources Dhagman and Hall, London.
- YASSIN A. A. A. (2020). Decadal working plan for management of Tozi Reserved forest in Sennar State. Faculty of Forestry, University of Khartoum. Khartoum, Sudan.
- ZAR, J. H. (2009). *Biostatistical analysis* (5th edition). Pearson Education International.
- ZERIHUN WOLDU (1985). Variation in Grassland Vegetation on the Central Plateau of Shewa, Ethiopia, in relation to edaphic factors and grazing conditions. Doctoral thesis, Uppsala University Dissertations Botanicae, 84, J. Cramer, Vaduz.

ERDŐLELTÁROZÁS ALACSONY PONTSÚRÚSÉGŰ LÉGI LÉZERES LETAPOGATÁSSAL

Forest inventory with low point density aerial laser scanning

CZIMBER KORNÉL¹, BURAI PÉTER², ENYEDI PÉTER²

¹ Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

² Envirosnese Hungary Kft.

czimber.kornel@uni-sopron.hu

Kivonat

A légi lézeres letapogatás alkalmazása az erdőleltározásban kiemelkedő fontosságú adatforrássá lépett elő az elmúlt időszakban. Kutatásunkban vizsgáljuk, hogy az olcsóbb fajlagos költségű, nagyobb teljesítményű, magasabbról készült, kisebb pontsűrűségű légi lézeres letapogatás milyen mértékben használható erdőleltározásra. Elemezzük a domborzatmodell kinyerés részletességét, pontosságát, nehézségeit. A domborzat és lombkoronamodell különbségeként előállítjuk a famagasságmodellt, melyen simítás után adaptív maximumkeresési is iteratív lombkoronaépítési eljárással nyerünk ki az egyes fák pozícióját, magasságát, koronaátmérőjét és számítjuk törzsátmérőjét, fatérfogatát. A módszer lehetőséget nyújt záródás, magassági és átmérő eloszlás számítására, valamint a második lombkoronaszint, cserjeszint detektálására is.

Abstract

The use of aerial laser scanning has emerged as a major source of data in forest inventory in the recent period. In our research, we examine the extent to which cheaper, higher-performance, higher-point, lower-density aerial laser scanning can be used for forest inventory. We analyze the detail, accuracy and difficulties of extracting the relief model. As a difference between the topography and the canopy model, we produce the tree height model, on which, after smoothing, the position, height, crown diameter of each tree are obtained by an adaptive maximum search and iterative canopy construction method, and the trunk diameter and tree volume are calculated. The method also allows the calculation of closure, height and diameter distribution, as well as the detection of the second canopy level, shrub level.

Bevezetés

A légi lézeres felmérések erdészeti alkalmazása az elmúlt két évtizedben számos esetben kutatott és gyakorlatban alkalmazott technológiává vált (BARRET et al. 2009, ANDERSEN et al. 2011).

A légi lézeres adatokhoz számos algoritmus, szoftver és alkalmazás készült részünkről is (KIRÁLY et al. 2012, BROLLY et al. 2013, CZIMBER et al. 2015). 2017-ben indult egy nagyobb volumenű projekt, melyben a légi lézeres adatokat voxel aggregációval dolgoztuk fel és egy új típusú lombkorona és törzs felismerést dolgoztunk ki (CZIMBER 2018, KOVÁCS et al. 2018, CZIMBER 2019, CZIMBER et al. 2020).

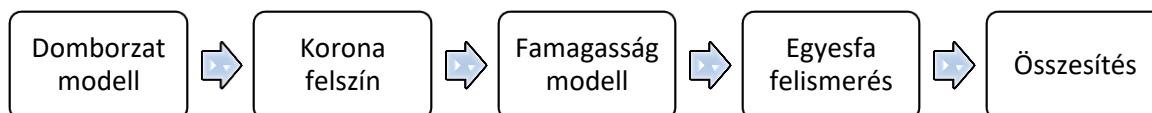
2020-ban eljutottunk a kutatásokkal és a technológiával oda, hogy kisebb pontsűrűségről és országos léptékű felmérésről beszélhetünk, amely más jellegű hatékony feldolgozó algoritmusokat igényel. Ezek fejlesztéséről és mintaterület feldolgozásáról számol be az alábbi cikk.

Anyag és módszer

A vizsgált terület a Bakony északi részén (Öregbakony), Porva településen található, 580 hektár nagyságú, téglalap alakú kivágat (3. ábra), mely különböző művelési águ

földrészeleteket foglal magába: erdő, szántó, rét, belterület. A feldolgozott pontfelhő az országos légi lézeres felmérés részét képezi, mely kisrepülőgépről egy Riegl VQ-780 II lézerszenzorral (envirosense.hu), 5 pont/m² pontsűrűséggel készült. Ez a szenzor nagyobb teljesítményre képes, magasabb repülési magassággal lehet nagyobb területet rövidebb idő alatt felmérni, mint az előző, 2017-es kutatásban és felmérésekben használt eszköz.

A pontfelhő összeillesztése és georeferálása után a cikk tárgyát képező feldolgozás a következő lépéseket foglalja magába: domborzatmodell előállítás az alacsony pontok szűrésével és interpolációjával, koronafelszín modell előállítás a magas pontok szűrésével és interpolációjával, famagasság modell előállítás az előbbi két modell különbségeként, famagasságmodellen egyes fák koronájának felismerése, dendrometriai számítások és összesítés (1. ábra).



1. ábra: Feldolgozási folyamat lépései

A domborzatmodellezés a választott 50×50 cm-es felbontású rácsháló létrehozásából és a rácscellákban a legalacsonyabb pontok kigyűjtésével indul. Ezt követi egy pontszűrés, amely a környező minimumpontok átlaga alatti elszórt pontokat törli.

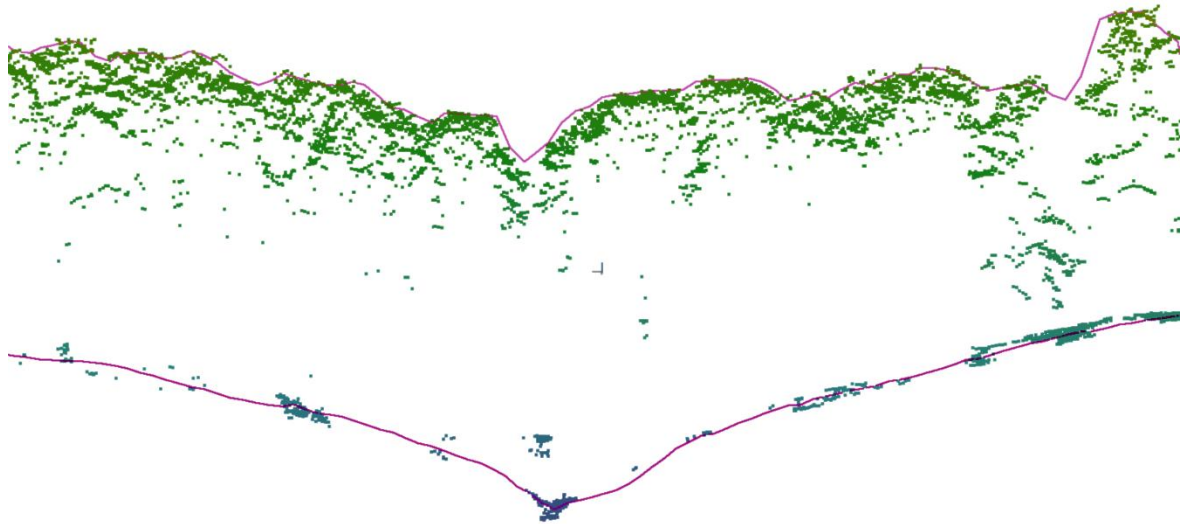
Az így kapott felületet több körben, rekurzívan dolgozza fel az eljárás. Minden egyes szinten alkalmaz két morfológiai szűrőt, erodálás és dilatálás sorrendben, majd az eredményt összehasonlítja az eredeti értékkel és ha ez egy határon belül van, akkor az eredeti értéket tartja meg, különben törli a cellát.

A morfológiai szűrők alkalmazása különösen előnyös a vizsgált területen, ahol több fenőállomány is található, ahol a túlevelű korona téli időszakban is takarja a domborzatot (2. ábra). A módszer ezután egy negyed akkora rácst állít elő és átvezeti a megmaradt pontokat 4 cella összevonásából 1 cellát állít elő, figyelve az üres cellákra.

A fenti lépést többször egymás után elvégzi, előállít egy piramis adatszerkezetet, mely minden szinten felezi a szélességet, magasságot, illetve negyedeli a rácst. A rekurzió addig tart, amíg vannak üres cellák az összevonás során, vagy egy előre megadott szintet el nem érünk. A legfelső szint elérése után indul az interpoláció, amely a piramis felépítésével fordítottan zajlik.

A magasabb szintű, kisebb felbontású modell celláinak interpolációjával javítjuk az alacsonyabb szintet. Ha a bilineárisan interpolált magasság és az alacsonyabb szint magassága közel van egymáshoz, akkor az alacsonyabb szint magasságát megtartjuk, különben helyettesítjük az interpolált magassággal.

Ez a viselkedés biztosítja a mikrodomborzati részletek megőrzését. Az interpoláció akkor ér véget, amikor a legalacsonyabb szintű, 50×50 cm-es modell interpolációja is megtörtént. A piramis alapú rekurzív pontszűrés és interpolációs eljárás nagyon gyorsan dolgozik.



2. ábra: Oldalnézeti kép az illesztett domborzat (alsó) és korona felszín (felső) vonalaival

A kis pontfelbontású pontfelhőből előállított domborzatmodellt összehasonlítottuk a teljes területre és csak az erdőterületekre két domborzatmodellel: DDM5 (Digitális domborzatmodell, 5 méteres felbontás, Lechner tudásközpont) és SRTM (Shuttle Radar Topography Mapper, 50 méteres felbontás, NASA). Az összehasonlítást az eredmények szekciójában ismertetjük.

A lombkorona felszínmodell előállítása hasonló a domborzatmodelléhez. Elsőként egy 50x50 cm-es rácsba gyűjtjük a pontfelhő maximum pontjait. Ezután egy szűrővel töröljük az elszór pontokat, amelyek jóval a környezet átlagmagassága fölött helyezkednek el. Ezt követi egy dilatációs szűrés és egy kvartilis (negyedfokú) simítás. Az így kapott lombkorona felszín és a domborzatmodell különbségeként létrehozuk a famagasság modellt, amely már a fák koronájának talajfelszín feletti magasságait ábrázolja 50 cm-es felbontásban.

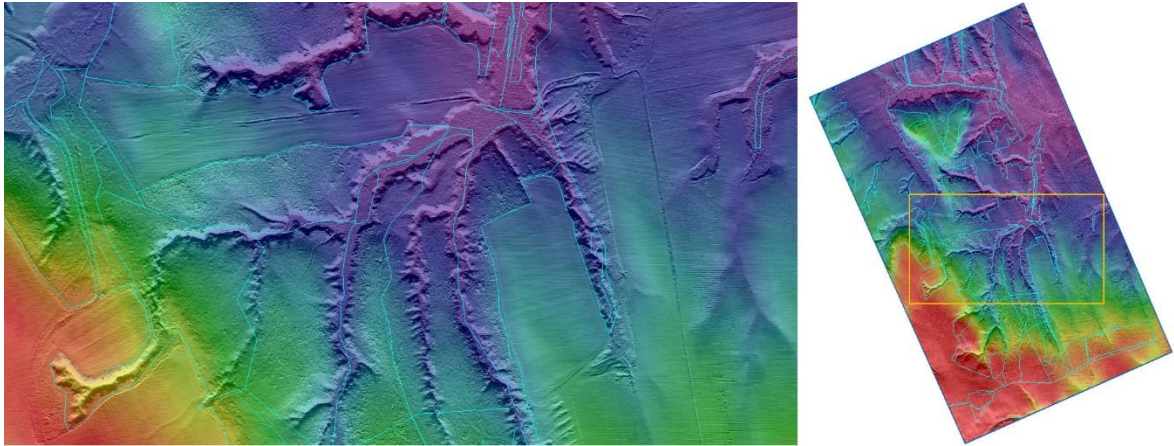
A famagasságmodelllel lehet az egyes fák koronáit detektálni. Első körben keressük a lokális maximum cellákat, amelyek mind a nyolc szomszédja alacsonyabb. Második lépésben a famagasság függvényében változó sugárral összevonjuk a közeli maximum pontokat, azért mert a lombos fák koronája összetett, több oldalága és lokális maximumpontja is van. Az összevonásnál figyelünk arra, hogy maradhatnak pontok, amelyek közelében van magasabb pont, de azok a pontok másik magasabb pont közelében helyezkednek el és ezért nem képeznek maximum pontot.

A lokális maximumpontok és összevonás után elindul a radiális koronaépítés a maximumpontból kiindulva. Lényege, hogy a kiinduló pontból 1, 4 vagy 8 szektorban a távolság függvényében számítjuk az átlagmagasságot. Az átlagmagasság változását folyamatosan elemzi az algoritmus és három lehetséges eset állítja meg a koronaépítést. Első esetben a megadott maximális koronasugár elérésénél leáll az eljárás. Második esetben akkor áll le, ha a folyamatosan csökkenő magasság el kezd emelkedni, vagyis egy másik koronával érintkezik a vizsgált korona. Harmadik esetben szintén terminál az eljárás, ha a magassági csökkenés a famagassághoz képest jelentős, tehát elértük a korona szélét.

Az egyes fák koronájának detektálása után a fákhhoz hozzárendeljük a pozíciót, a famagasságot, a lombkorona átmérőt. A fatermési táblák alapján felállított koronaterület-mellmagassági átmérő regressziós összefüggéssel számítjuk a mellmagassági átmérőt, és a fafaj, magasság, átmérő alapján kalkuláljuk a fatérfogatot. Ezután az egyes fákat térinformatikai és táblázatos formátumba kiírjuk további feldolgozás, összesítés, térképi és grafikonos megjelenítés céljából.

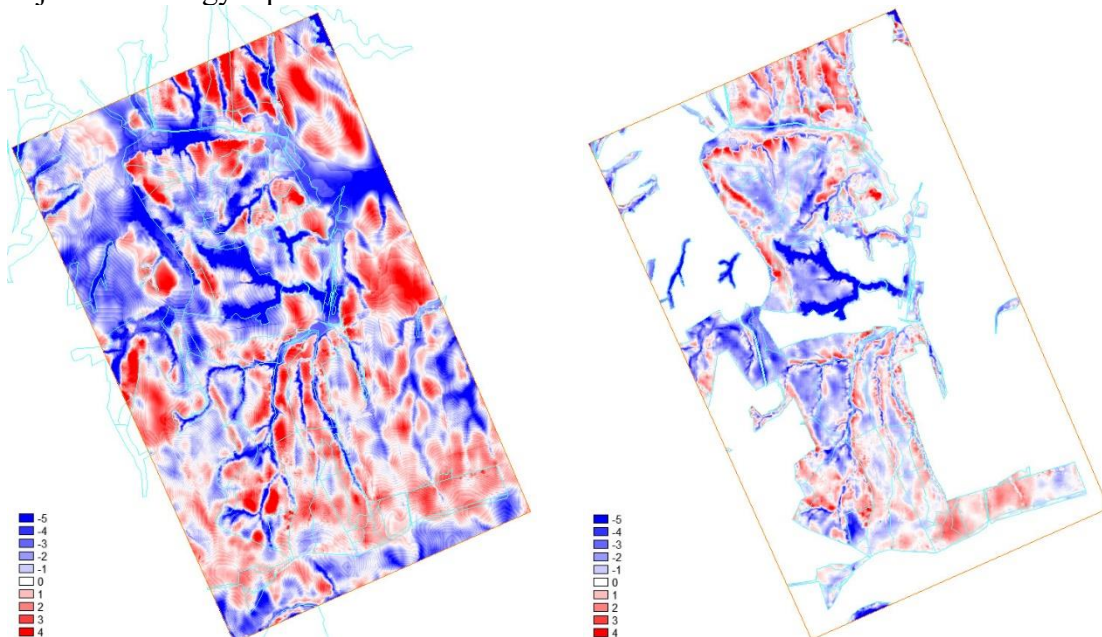
Eredmények

A pontok szűrésével és interpolációjával előállított domborzatmodell jól mutatja az eljárás részletmegőrző képességét, valamint azt, hogy milyen modell állítható elő 5 pont/m² sűrűségű lézeres letapogatásból. A modellen kirajzolódnak a mikrodomborzati elemek, utak, széles és szűk völgyek, vízmosások, letörések, de még a szántás iránya is látható a mezőgazdasági területeken (3. ábra).



3. ábra: Domborzatmodell kivágat (bal) és a teljes terület (jobb)

Az előállított domborzatmodellt összevetettük két digitális domborzatmodellel (DDM5 és SRTM), melyet térképen (4. ábra) és táblázatosan is kimutattunk (1. táblázat). Az összehasonlítás a DDM5 esetében 1,6 méteres szórást mutat, erdőterületeken ez 2,0 méter, de előfordulnak 18 méteres eltérések is. A felbontásból adódóan még nagyobb eltéréseket mutat az SRTM modell. Az SRTM modell alapvetően alábecsül a domb és hegytetőkön és túlbecsül a völgyekben. A DDM5 esetén viszonylag jók a becslések a nem erdőterületeken, kivéve néhány völgyet. Erdőterületek viszont a DDM5 alábecsül a tetőkön, gerinceken, ormoknál és túlbecsül a völgyekben, sokszor jelentősen megemelve a völgyek magasságát. Utóbbi abból adódhat, hogy a DDM5 a völgyek két oldalának szintvonalait lineárisan interpolálja ezért a völgytalp kisimul.



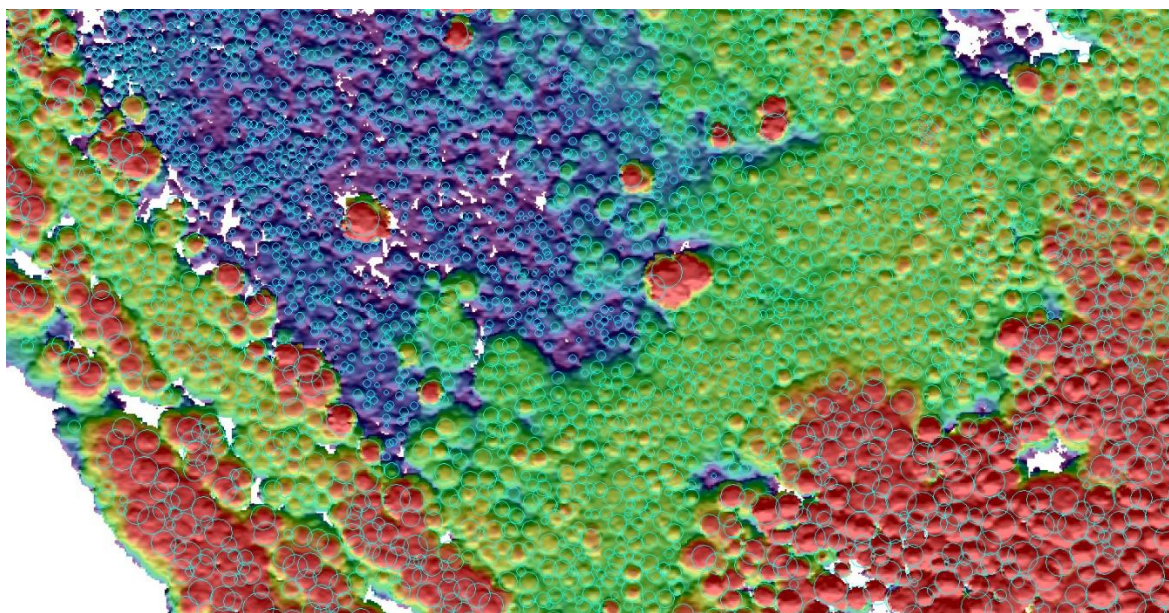
4. ábra: Domborzatmodellek összehasonlítása:
ALS és SRTM eltérésmodell (bal), ALS és DDM5 eltérésmodell (jobb)

1. Táblázat: Domborzatmodellek összehasonlítása

Minta	Átlagos eltérés	Szórás	Eltérés tartomány
ALS - DDM5	-0,52	1,59 (95% \pm 3,18)	-18,72 ... 8,75
ALS - SRTM50	-0,38	2,61 (95% \pm 5,22)	-17,02 ... 11,14
ALS - DDM5, erdők	-0,47	2,03 (95% \pm 4,06)	-18,72 ... 8,75
ALS - SRTM50, erdők	-0,42	3,03 (95% \pm 6,06)	-17,02 ... 11,14

Az egyesfa felismerés, az adaptív lokális maximumkeresés és koronaépítés eredményét mutatja az 5. ábra egy részterületre. Az ábrán jól kivehető a spektrum színeit használó famagasságmodell és láthatók az eltérő nagyságú fakoronák. Az adaptív algoritmus egyszerre képes újulat, fiatalos, középkorú, idős erdő, de bontóvágás, hagyásfák esetén is működni. Mivel a felső lombkoronaszintet határozza meg és ezen keres koronákat, ezért két vagy többszintes erdőben csak a felső lombkoronaszintet elemzi.

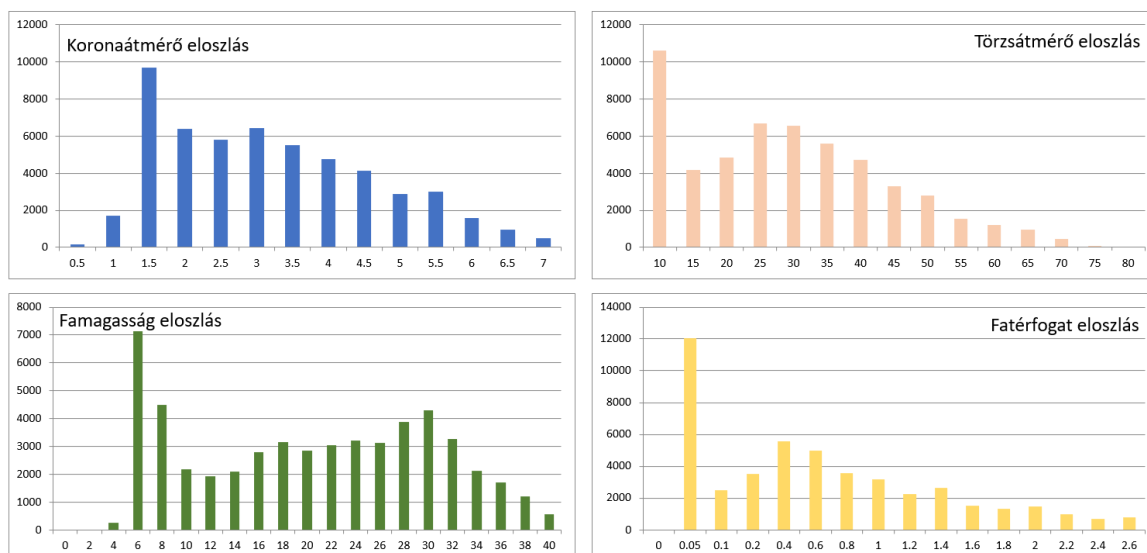
Vannak pontok a pontfelhőben a domborzatmodell és a lombkorona felszín között, azonban ez nem alkalmas második lombkorona detektálására, inkább arra, hogy a második lombkoronaszint vagy cserjeszint jelen van. Az eljárás földi referenciaméréssel való összevetés egyelőre nem történt meg, utóbbihoz hagyományos terepi geodéziai módszerrel vagy földi lézerszkenneléssel lenne célszerű egy kisebb területet, több erdőrésztet felmérni.



5. ábra: Egyesfa felismerés a lombkorona felszínen

Az egyesfa felismerés előállítja a fák pozícióját, ebből számítható az erdőrésztlenkénti darabszám és törzsszám. A felismerés meghatározza a fák magasságát és a lombkorona átmérőjét. Utóbbiból regressziós összefüggéssel számítja a mellmagassági átmérőt. A magasság, átmérő és fafaj ismeretében szintén regressziós képlettel meghatározza a fatérfogat. Ezeket az adatokat összesíthetjük egy kijelölt területre, erdőrésztletekre vagy a teljes területre. Az adatok eloszlását grafikonon, sűrűségi diagramon ábrázolhatjuk (6. ábra).

Az erdőleíráshoz fontos jellemző a fafaj, amelyhez támpontot tud adni az lézeres pontfelhő feldolgozás, például a korona alakjának felismerésével, de nem elegendő a felső lombkorona fafajmeghatározásához. Utóbbit célszerű műhold- vagy hiperspektrális felvételek osztályozásával levezetni. Az osztályozott térkép raszteresen átvehető. Segíthet még a két eljárás kombinálása, amikor a lombkoronába eső összetartozó pixeleket osztályozzuk.



6. ábra: Egyesfa felismerés összesítés diagramjai

A 580 hektáros terület pontfelhő állománya 1.8 GB nagyságú, amelyet a fejlesztett szoftver 30 másodperc alatt dolgozott fel egy közepkategóriás notebook számítógépen. Ezzel a futási teljesítménnyel egy országos állomány egy nap alatt, de egy szuperszámítógépen akár pár óra alatt is feldolgozható.

Következtetések

Az egyesfa felismerés még számos lehetőséget nyújt, meghatározható a záródás: koronaterületek összege és a részlet területének aránya. A lombkoronák magassági eloszlása alapján következtethetünk a vertikális szerkezetre, állományrészekre, felújítási területekre, lékékre, és a természetességre. A lézeres letapogató teljes jelalakos érzékelő, ezért a második lombkorona és a cserjeszint hiánya, jelenléte is térképezhető. Lombos állományok téli felvételein esetleg a holtfa is látszódni fog, de ehhez további vizsgálatok szükségesek.

A nagyterületű légi lézeres letapogatásnak számos előnye van a drónos felmérésekkel szemben. Nagy teljesítménnyel rendelkezik, míg drónnal pár erdőrészletet tudunk egy nap repülni akkucserével is, addig a légi technológia akár fél megyét képes felvételezni. A légi lézeres letapogató előállítja a domborzatmodellt 5-10 cm-es pontossággal, amelyen mikrodomborzati részleteket is láthatunk. Előállítja a famagasságmodellt, amely a korábbi mérések alapján 20-50 cm-es pontosságot ad. A famagasságmodellrel 5 pont/m² esetén is érzékelhetők az egyes fák lombkoronái, ezáltal számos dendrometriai paraméter határozható meg. Ebből kifolyólag a légi lézerekkel a közeljövő erdőfelmérésének, erdőleírásának nélkülözhetetlen eszköze lehet.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet az Envirosense Hungary Kft-nek, hogy a mintaállományt rendelkezésre bocsátotta.

Irodalomjegyzék

- ANDERSEN H.-E. – STRUNK J. – TEMESGEN H. (2011): Using Airborne Light Detection and Ranging as a Sampling Tool for Estimating Forest Biomass Resources in the Upper Tanana Valley of Interior Alaska. West. J. Appl. For. 26(4) 2011, pp 157-164.
- BARRETT T.M. – ANDERSEN H.-E. – WINTERBERGER K. C. (2009): Integrating field and lidar data to monitor Alaska's boreal forests. Extending Forest Inventory in Space and Time, May 19-22, 2009, Quebec City, Canada

- BROLLY G. – KIRÁLY G. – CZIMBER K. (2013): Mapping Forest Regeneration from Terrestrial Laser Scans, *Acta Silvatica Et Lignaria Hungarica* 9: pp. 135-146.
- CZIMBER K. – KIRÁLY G. – BROLLY G. (2015): Légi lézeres letapogatás adatfeldolgozó modul fejlesztése DigiTerra Map szoftverhez, In: Bidló, A; Facskó, F (szerk.) V. Kari Tudományos Konferencia - Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Sopron, Magyarország : Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó (2015) 173 p. pp. 73-78. , 6 p.
- CZIMBER K. (2018): Távérzékeléssel és mobil térinformatikával segített erdészeti adatgyűjtés. In: Molnár, Vanda (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IX: Theory meets practice in GIS, Debrecen, Magyarország, Debreceni Egyetemi Kiadó, (2018) pp. 63-69.
- CZIMBER K. (2019): Erdőleltározás légi lézeres letapogatással és közel fotogrammetriával – Első tesztek eredményei. In: Molnár Vanda Éva (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X: Theory meets practice in GIS, Debrecen, Magyarország, Debreceni Egyetemi Kiadó, (2019) pp. 77-81.
- CZIMBER K. – TOMOR T. – BURAI P. – LÉNÁRT Cs. – ROMÁN A. – KOVÁCS Z. – BEKŐ L. – NAGY M. (2020): Légi lézeres, légi hiperspektrális és földi fotogrammetriai faállomány-felmérés első eredményei. *Erdészeti Lapok*, 155. évf. 3. sz. 2020. március, 82-86.
- KOVÁCS Z. – BEKŐ L. – BURAI P. (2018): Voxel alapú fapozíció-meghatározás pontfelhőből. In: Molnár, Vanda (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IX: Theory meets practice in GIS, Debrecen, Magyarország, Debreceni Egyetemi Kiadó, (2018) pp. 171-178.
- KIRÁLY G. – BROLLY G. – BURAI P. (2012): Tree Height and Species Estimation Methods for Airborne Laser Scanning in a Forest Reserve. In: Nicholas Coops, Mike Wulder (szerk.) Full Proceedings of SilviLaser 2012: 12th International Conference on LiDAR Applications for Assessing Forest Ecosystems. 492 p. Konferencia helye, ideje: Vancouver, Kanada, 2012.09.16-19. Vancouver: pp. 260-270.

ÚJ ADATOK A MAGYARORSZÁGI GYERTYÁNOSOK (*CARPINUS BETULUS*) FATERMÉSÉRŐL

New data about the yield of Hungarian hornbeam (*Carpinus betulus*) forests

KOLLÁR TAMÁS¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály
kollar.tamast@uni-sopron.hu

Kivonat

A SOE-ERTI tartamkísérleti hálózata adatainak alapján a magyarországi elegyetlen gyertyánosok (*Carpinus betulus*) fatermési tábláját Béky Albert 1970-ben (1974-ben Sopp László, fatömegszámítási táblázatok mellékleteként is megjelent), 1977-ben és 1983-ban adta ki. Elegyes gyertyános kocsánytalan tölgyes táblát 1995-ben adtak ki Somogyi Zoltánnal közösen. Az elmúlt közel hat évtizedben felhalmozódott felvételi adatok alapján két fatermési táblát javasolt készíteni gyertyánra. Külön felső szintű állományok és alsó szintű elegyek esetében. Jól érzékelhető különbségek tapasztalhatóak a korábbi táblák vagy az alsó-felső szintek között az élő és mellékállományban is a kor függvényében vizsgált paraméterekben, mint az átlagmagasság (H_g), átlagátmérő (D_g), tőszám (N), körlap (G), fatérfogat (V), összes előhasználat fatömege ($V_{\text{öeh}}$), összes fatermés fatömege ($V_{\text{öf}}$) vagy átlag növedék (I_a). 20 éves korban a felső szintű gyertyánosok folyónövedéke (I_f) $2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$ -el jelentősebb összehasonlítva egy elméletileg 100%-os alsó szintű állománnyal, azonban idősebb korra az alsó szintű állomány növedéke kevésbé esik vissza. 160 éves korra $1-3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$ a felső szintű állományok növedéke, míg alsó szint esetében ez $2-5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$.

Abstract

From the data of the long-term experiment network of the UOS-FRI, forest yield tables of Hungarian pure hornbeam (*Carpinus betulus*) stands were published by Albert Béky in 1970 (also published in László Sopp, timber volume calculate tables appendix in 1974), in 1977 and in 1983. Mixed hornbeam-sessile oak yield table was published in 1995 together with Zoltán Somogyi. According to the records aggregated in the near last six decades, two forest yield tables suggested to be made for hornbeam. Separately for overstorey stands and understorey mixed stands. There are significant differences proportionally to the previous tables or the under and overstorey in the living and the secondary stand by the studied parameters depending on the age, such as average height (H_g), average diameter (D_g), stem number (N), basal area (G), volume (V), total intermediate cutting volume ($V_{\text{öeh}}$), total yield volume ($V_{\text{öf}}$) or average increment (I_a). In 20-year-old understorey hornbeam stand, current increment (I_f) is $2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$ higher compared to a theoretically 100% overstorey stand, but in older age the understorey stands increment decrease less. The increment of a 160-year-old overstorey stand is $1-3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$, while in case of understorey this is $2-5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$.

Bevezetés

A gyertyán fafaj 97 ezer ha területet borít Magyarországon, élőfakészletét 18 millió m^3 -re becsli az Országos Erdőállomány adattár (NFK-EF 2020). Éves növedéke 0,34 millió m^3 , éves fahasználata 0,25 millió m^3 a becslések szerint. Területaránya az országos erdőterület 5%-a, míg fatömege szintén 5%-ot teszi ki.

Fája kevésbé értékes, főként tűzifaként hasznosítják. Erdőművelési hasznosítása jelentős, hiszen elegyként segíti a nemesebb fafajok, elsősorban a kocsánytalan tölgy nevelését. Elegyetlen állományai azonban jellemzően rontott erdők, az értékesebb bükkösök,

gyertyános-kocsánytalan tölgyesek helyén találhatóak, melyek átalakítása csak vágásfordulójuk végén gazdaságos. Mindezek miatt fatermésének vizsgálatától nem tekinthetünk el.

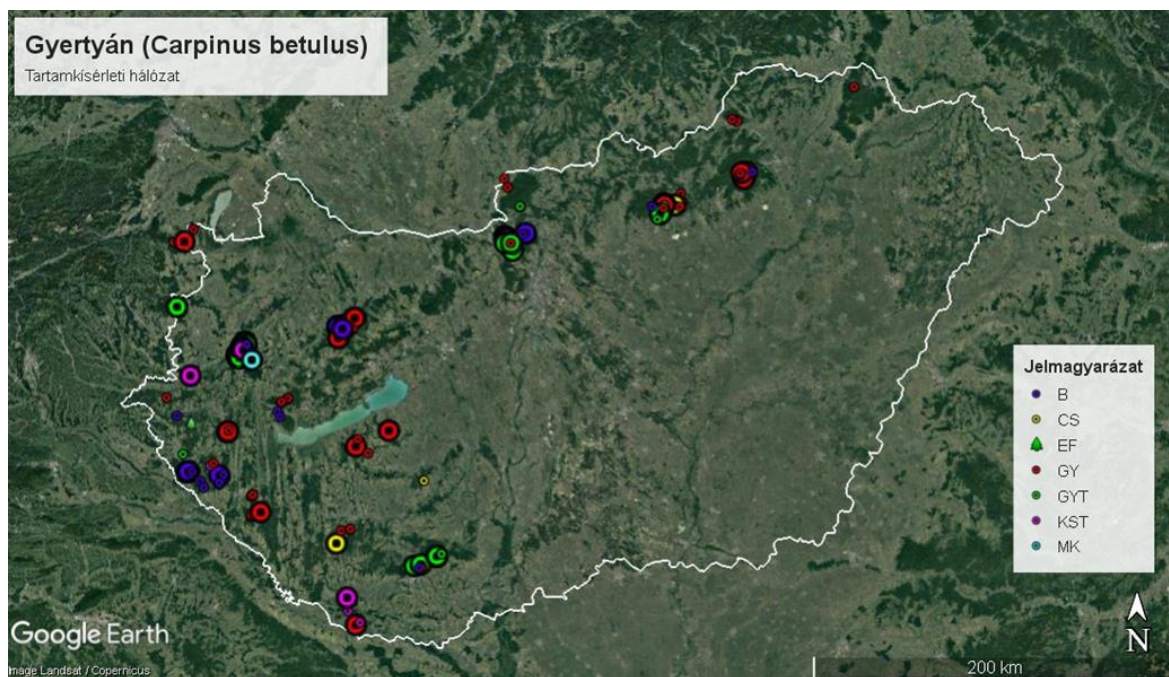
A gyertyán fatermési vizsgálatával Magyarországon Béky Albert foglalkozott. Kutatói életpályája során három különböző gyertyán fatermési táblát adott ki (BÉKY 1970, BÉKY 1977, BÉKY 1983). Az 1974-ben kiadott Sopp táblában az 1970-es gyertyán tábla adatai szerepelnek (SOPP 1974). Ezek a táblák kifejezetten elegyetlen gyertyán állományok leírására vonatkoznak. Elegyes állományok vizsgálatával a faterméstan sokáig nem foglalkozott, esősorban elegyetlen erdőket vizsgáltak. Az eddigi egyetlen magyarországi elegyes fatermési tábla gyertyános - kocsánytalan tölgyesre készült (BÉKY-SOMOGYI 1995).

Anyag és módszer

A fatermési táblák szerkesztésének kiinduló adatait a SOE-ERTI hosszúlejáratú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának (KOLLÁR-BOROVICS 2021) gyertyán fő- vagy elegy-fafajú parcellái adják (1. ábra), melyek az 1960-as évektől állnak rendelkezésünkre. A faegyedek pozíciója alapján két különböző, új gyertyán fatermési táblát javasunk létrehozni. Az egyik felső szintű, gyertyán főfafajú (elegyetlen) állományok fatermését írja le, míg a másik az alsó szintű, gyertyán elegyes állományokra vonatkozik. Ez esetben a gyertyán elegyaránya a kísérleti parcellákban eléri a minimum 10%-ot, tehát nem szálanként fordult elő, hanem valódi alsósíntet alkot. 103 db elegyetlen gyertyán parcella 460 jegyzőkönyvét, és 178 db elegyes parcella 721 jegyzőkönyvét használtuk fel jelen vizsgálatunkban.

A parcellák felvételei alapján két állományrészt különítettünk el. Az egyik a teljes élőfakészletet adó élőállomány, mely a fő- és elméleti mellékállomány összege, más néven egészállomány. A másik állományrész a két felvételi periódus között eltűnt (kitermelt, lábbon száradt vagy kidőlt), száradékként nyilvántartott valós mellékállomány, mely a kitermelt faanyagot jellemzi. A valós mellékállomány fatérfogatát az utolsó ismert adat alapján számoltuk. Az eltűnt faegyedek fakitermelésig vagy elhalásig megtermelt növedéke nem ismert, mivel a kitermelések, illetve az egyes fák elhalásának időpontja pontosan nem meghatározható, kizárólag a felvételek dátumai. A készített fatermési tábla valós mellékállománya emiatt a valósághoz képest alábecsült. A vizsgált paraméterek a körlap szerinti átlagmagasság (H_g) és átlagátmérő (D_g), törzsszám (N), körlap (G), fatérfogat (V). Számoljuk az összes előhasználatot ($V_{\text{öeh}}$), előhasználati részarányt (Ehr), összes fatermés fatérfogatát ($V_{\text{öf}}$), folyó- (I_f) és átlagnövedéket (I_a).

A táblák alapjául szolgáló állományok természetesen elegyesek még az elegyetlennek mondott felső szintű állományok esetében is. A gyertyán állományok tőszámát, körlapját és fatérfogatát a körlap szerinti elegyaránnyal osztottuk, ezáltal 100%-os elegyarányra vonatkoztatott adatokat kaptunk. Az idős állományok esetében a záródás gyakran visszaesett a felújító vágások miatt. Ezekben az esetekben a záródás értékkel is korrigálni kellett az adatokat 100%-os záródásra.

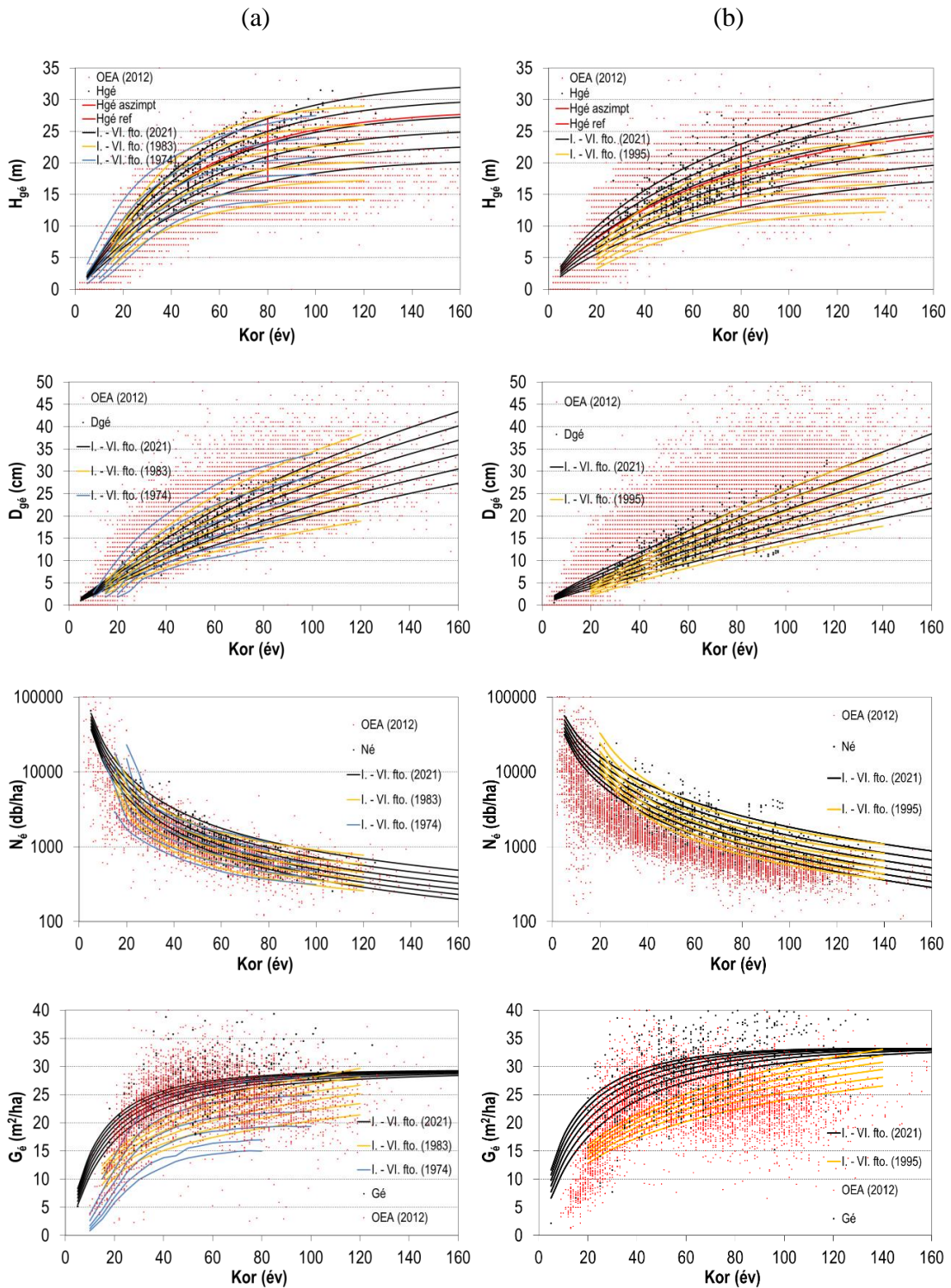


1. ábra: A SOE-ERTI gyertyán fő- vagy elegy-fafajú kísérleteinek hálózata

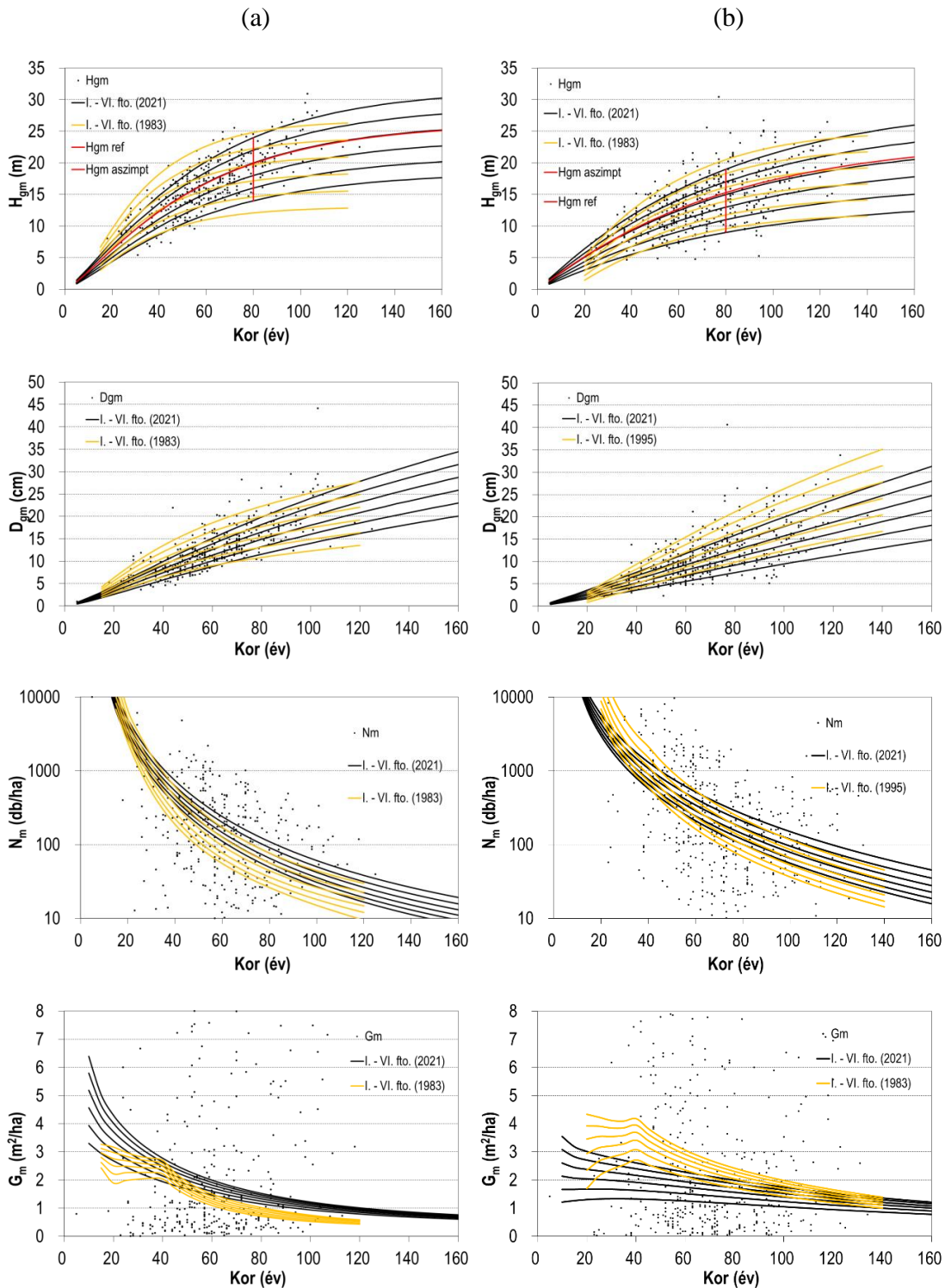
Eredmények

Az 1974-es és 1983-as elegyetlen gyertyán fatermési tábla, illetve az 1995-ös elegyes gyertyán tábla adatait (100% elegyarányra korrigálva), az Országos Erdőállomány Adattár 2012 évi adatait, a kísérleti parcellák adatait, valamint az adatok alapján javasolható új fatermési táblák vezérgörbéit diagramokon ábrázoltuk (2-4 ábra).

Az új fatermési tábla szerkesztésének alapjául az erdőmérnöki karon oktató fatermés-tan tantárgy keretein belül kiadott oktatási segédlet szolgált (VEPERDI 2005). Az élőállományt és a mellékállományt azonos módszerrel számoltuk ki, két elkülönülő állományrészként vizsgálva. A fatermési tábla szerkesztésekor törekedtünk a korábban publikált táblák szerkezetének megőrzésére, azonban ez nem teljesen egyezik. A korábbi gyérítetlen állományokra vonatkozó főállomány és mellékállomány felosztást, a kezelt erdőkre vonatkozó élőállomány és mellékállomány felosztásra változtattuk. Ennek oka, hogy a mellékállomány elkülönítése a jegyzőkönyvekben nem egyértelmű. A diagramokon a hagyományokhoz híven 6, azonos relatív magassági növekedési menetű, egyenlő sáv szélességű fatermési osztályra bontva mutatjuk be a szokásos állományszerkezeti adatokat.



2. ábra: A felső (a) és alsó (b) szintű gyertyán élőállomány faállomány szerkezeti jellemzői a kor függvényében (H_{ge} , D_{ge} , N_e , G_e , V_e), összehasonlítva a korábbi fatermési táblák és az Országos Erdőállomány Adattár adataival



3. ábra: A felső (a) és alsó (b) szintű gyertyán mellékállomány faállomány szerkezeti jellemzői a kor függvényében (H_{gm} , D_{gm} , N_m , G_m , V_m), összehasonlítva korábbi fatermési táblák adataival

Az élőállomány (2. ábra) átlagmagasságát ($H_{g\acute{e}}$) vizsgálva felfelé tolnak a gyenge termőhelyek átlagmagasság görbéi. Elegyes állományoknál pedig a jobb termőhelyek görbéi is emelkednek. A javasolt új táblák esetében a két különböző szintű gyertyános állomány között jól látható magassági eltérés tapasztalható. Eközben az adattári adatokban jelentős

számú alacsonyabb állomány mutatkozik elegyetlen állományokból, és jelentősen felül mértek az alsó szintű állományok átlagadatai.

Az átlagátmérő ($D_{g\acute{e}}$) adatokon is jól láthatóak a különbségek. Legfeltűnőbb, hogy az országos adatok felül mértek, a korábbi táblákhoz képest is. Ennek oka lehet, hogy a nagy tőszámú, de kis átmérőjű egyedek ritkábban kerülnek bele a becslésekbe, és ezért van túlbecsülve az átlagátmérő. Felső szintű gyertyánosok esetében az új tábla valamivel szűkebb osztálytartományt feltételez, mint a korábbi táblák. Alsó szintű, elegyes állományokban azonban elég hasonló eredmények láthatóak.

A törzsszám ($N_{\acute{e}}$) adatok logaritmikuskálán láthatóak. Felső szint esetén az adatok elég jól összevágának az országos pontfelhővel, itt a jelentősebb különbség a fiatalkori tőszámokban mutatkozik. A korábbi táblák jelentősen kevesebb tőszámot becsültek fiatal korban. Alsó szintű állományok esetében viszont látványosabbak a különbségek az üzemtervi adatokhoz képest. Az adattár jelentősen alul becsült egyedszámot mutat. Ez lehet az oka a felülbecsült átlagátmérőnek is. A korábbi táblához hasonló az új adatsor.

A körlap ($G_{\acute{e}}$) összegzi a tőszám és átmérő adatokat. Itt igen jelentős különbségek láthatóak. Az országos adattár hatalmas szórással rendelkezik. A korábbi táblák pedig széles, de alul becsült tartományt fednek le. Az új táblák az adatok alapján szűkebb tartományokat vesznek fel, és idős korban ezt tartják. A nagy szórású adattári adatok oka a gyéritésekkel magyarázható. A fatermési tábla egy átlag adat, míg a valóságban a régóta nem érintett, gyérités előtt álló állományok jelentősebb körlappal rendelkeznek, míg a frissen meggyéritett állományok alacsonyabbal.

Az élőállomány fatérfogata ($V_{\acute{e}}$) esetében azt látjuk, hogy a felső szint esetében az új tábla elhagyja a korábbi gyenge osztályokat, azonban a felső határa egybe esik. Az országos adatokkal is jól korrelál a jobb termőhelyeken, gyenge termőhelyeken azonban alul becsültek. Alsó szint esetében viszont ugyanaz az alul becsülés látszik országosan, mint a felső szintnél. A korábbi tábla egy-két osztállyal kisebb fatérfogatot mutat. Ez is a nem felmért, de nagyszámú, vékony faegyed miatt lehetséges.

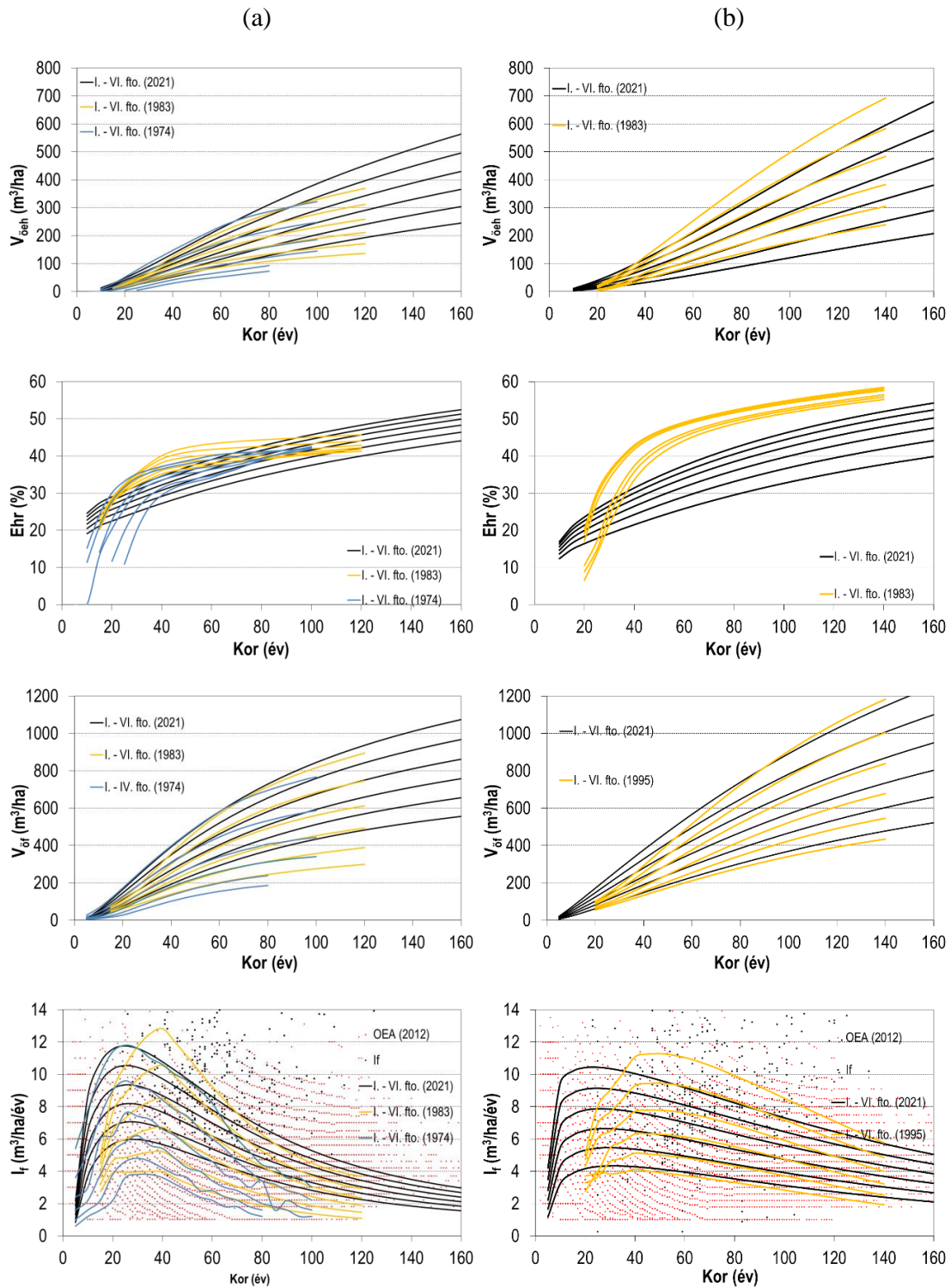
A mellékállomány (3. ábra) esetében az 1974-es tábla kevés adatot tartalmaz, így az összehasonlítás fatérfogat kivételével csak a későbbi táblákkal lehetséges. A mellékállomány adatok 5 éves periódusokra érvényesek. Az átlagmagasság (H_{gm}) enyhe növekedést mutat felső szintű állományok esetében, míg alsó szintnél a görbék hasonlóak.

Átlagátmérő (D_{gm}) esetében felső szintben szintén enyhe növekedés tapasztalható, miközben az alsó szintű állományoknál jelentős, kétosztálynyi felfelé tolódás figyelhető meg.

Törzsszám (N_m) esetében mindkét táblánál jelentős növekedést tapasztalni.

A körlap (G_m) felső szint esetén jelentősen növekszik, míg alsó szint esetében csökkenés tapasztalható a korábbi táblához képest.

A mellékállomány fatérfogata (V_m) kiegyenlítettebb, maximuma ugyan kevesebb, de kevésbé csökkenő tendenciát mutat, mint a korábbi táblák.



4. ábra: A felső (a) és alsó (b) szintű gyertyán állományok összes fatermés jellemzői a kor függvényében ($V_{\text{öeh}}$, Ehr, $V_{\text{öf}}$, I_f , I_a), összehasonlítva a korábbi fatermési táblák és az Országos Erdőállomány Adattár adataival

Az összes fatermés esetében (4. ábra), az összes előhasználati fatérfogatnál ($V_{\text{öeh}}$) mindkét tábla esetében eltolódást látunk, azonban ellentétes irányban. Felső szint esetén egy osztállyal feljebb tolódnak a görbék, míg alsó szint esetén egy osztállyal lefelé. Az előhasználati részarányok (Ehr) teljesen megváltoznak. Az összes fatermés fatérfogata ($V_{\text{öf}}$) felső szint esetében felfelé tolódást mutat, mely első fatermési osztályban csak enyhe,

azonban gyenge fatermőképesség esetén felfelé tolódik 2 osztályt is. Alsószintű állományok esetében a korábbi táblához hasonló eredmény látható.

A fatermési tábla talán legfontosabb eredménye a folyónövedék (I_f). Itt látható, hogy az országos adatbázis nem különíti el a gyertyán növekedését alsó vagy felső szint szerint. A piros pontok jórészt azonosak, viszont nem hasonlítanak a korábbi 1974-es táblához sem. A felső szint esetében a gyenge termőhelyeken szükséges emelni a növedéket, alsó szint esetén pedig egy kevésbé meredek, kiegyenlített növedéket kapunk, ami bár kevesebb a korábbi táblához képest, de idős korban megelőzi a felső szintű gyertyánosok növedékét. 20 éves korban a felső szintű gyertyánosok folyónövedéke $2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$ -el jelentősebb összehasonlítva egy elméletileg 100%-os alsószintű állománnyal, azonban idősebb korra az alsó szintű állomány növedéke kevésbé esik vissza. 160 éves korra $1-3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$ a felsőszintű állományok növedéke, míg alsó szint esetében ez $2-5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$.

Az átlagnövedék (I_a) vezérgörbéi elhagyják az új táblákban a korábbi alsó osztályokat elegyetlen állományok esetében, míg elegyes állományokban fiatal korban jelentősebb, idősebb korban közel azonos átlagnövedék látható.

Következtetések

A korábbi táblák kiadása óta eltelt évtizedekben jelentős adattömeg halmozódott fel a SOE-ERTI hosszúlejáratú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának újra felvételezéseivel, mely alapján a gyertyán országos fatermési tábláját pontosítani célszerű.

A diagramokon bemutatott javasolt új fatermési táblák (2-4. ábra) jelentősen eltérnek a korábban publikáltaktól. Természetesen ez az eltérés faállomány szerkezeti jellemzőkként, korszakonként és fatermési osztályonként is jelentősen változik. Mindezek alapján javasolt két új, országos gyertyán fatermési tábla bevezetése, külön felső szintű, elegyetlen és alsó szintű, elegyes állományokra vonatkoztatva. Ehhez szükséges ezek korszerű publikálása. Szükséges a hagyományos táblázat formátum mellett függvényekkel leírhatóan. Javasolt kiadni a táblák alapján készült erdőnevelési modelleket is. Célszerű lenne digitális formában hozzáférhetővé tenni az eredményeket, mely segítségével egyedi állományokra is elvégezhetőek a faállománybecslések, és tervezések.

Köszönetnyilvánítás

A TKP2021-NKTA-43 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BÉKY, A. (1970): Gyertyánosaink fatermése. Erdészeti kutatások, 1969. (65. évfolyam) 2-3. szám. kötet, pp. 51-65.
- BÉKY, A. (1977): Új gyertyánfatermési tábla. Erdészeti kutatások, 1976. Vol. 72. I. kötet. kötet, pp. 33-47.
- BÉKY, A. (1983): Országos fatermési tábla gyertyánállományokra. Erdészeti kutatások, 1983. Vol. 75. kötet, pp. 199-207.
- BÉKY, A. - SOMOGYI, Z. (1995): Fatermési tábla optimális szerkezetű gyertyános-kocsánytalan tölgyesre. Erdészeti kutatások, 1995. Vol. 85. kötet, pp. 49-78.
- KOLLÁR, T. - BOROVIČS, A. (2021): A magyarországi hosszú lejáratú erdészeti tartamkísérleti hálózat fenntartásának korszerű irányelvei, adatfeldolgozási módszerei és legfontosabb eredményei. Erdészettudományi Közlemények, 11. évfolyam 1-2. szám, pp. 1-20.
- NFK-EF (2020): Magyarország erdeinek összefoglaló adatai 2019, Budapest: Nemzeti Földügyi Központ, Erdészeti Főosztály.
- SOPP, L. (1974): Fatömegszámítási táblázatok fatermési táblákkal, második, átdolgozott, bővített kiadás. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- VEPERDI, G. (2005): Faterméstan gyakorlati feladatok. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem.

ÚJ ADATOK A MAGYARORSZÁGI CSERESEK (*QUERCUS CERRIS*) FATERMÉSÉRŐL

New data about the yield of Hungarian Turkey oak (*Quercus cerris*) forests

KOLLÁR TAMÁS¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály
kollar.tamast@uni-sopron.hu

Kivonat

A SOE-ERTI tartamkísérleti hálózata adatainak alapján a magyarországi cseres (*Quercus cerris*) állományok fatermési tábláját elsőként 1974-ben Hajdú Gábor (1974-ben Sopp László, fatömegszámítási táblázatok mellékleteként is megjelent), majd 1983-ban Kovács Ferenc adta ki. Az elmúlt közel hat évtizedben felhalmozódott felvételi adatok alapján új fatermési táblát javasolt készíteni a csertölgyre. Jól érzékelhető különbségek tapasztalhatóak a korábbi táblákhoz viszonyítva az élő és mellékállományban is a kor függvényében vizsgált paraméterekben, mint az átlagmagasság (H_g), átlagátmérő (D_g), tőszám (N), körlap (G), faterfog (V), összes előhasználat fatömege ($V_{\text{öeh}}$), összes fatermés fatömege ($V_{\text{öf}}$), átlag növedék (I_a). A folyónövedék (I_f) adataink alapján egy kiegyenlítettebb folyamatot mutat a korábbi táblákhoz viszonyítva, maximuma 20 évesen 5-12 m³/ha/év, míg 160 éves korra 1-4 m³/ha/év.

Abstract

From the data of the long-term experiment network of the UOS-FRI, forest yield tables of Hungarian Turkey oak (*Quercus cerris*) stands were published first by Gábor Hajdú in 1974 (also published in László Sopp, timber volume calculate tables appendix in 1974), then in 1983 by Ferenc Kovács. According to the records aggregated in the near last six decades, new forest yield tables suggested to be made for Turkey oak. There are significant differences proportionally to the previous tables in the living and the secondary stand by the studied parameters depending on the age, such as average height (H_g), average diameter (D_g), stem number (N), basal area (G), volume (V), total intermediate cutting volume ($V_{\text{öeh}}$), total yield volume ($V_{\text{öf}}$) or average increment (I_a). Current increment (I_f) by data shows a more balanced process compared to the previous tables, its maximum at 20-year-old is 5-12 m³/ha/year, while at 160-year-old 1-4 m³/ha/year.

Bevezetés

A csertölgy 213 ezer ha területet borít Magyarországon, élőfakészletét 49 millió m³-re becsüli az Országos Erdőállomány adattár (NFK-EF 2020). Éves növedéke 1 millió m³, éves fahasználata 0,8 millió m³ a becslések szerint. Területaránya az országos erdőterület 11%-a, míg fatömege valamivel többet, 13%-ot teszi ki. Fája kevésbé értékes, főként tűzifaként hasznosítják, azonban gazdasági jelentősége így is jelentős, fatermésének vizsgálata ezért nagy fontosságú.

A csertölgyre vonatkozó hazai fatermési táblát a tartamkísérletek adataira alapozva először Hajdú jelentetett meg (HAJDÚ 1974), mely az 1974-ben kiadott Sopp táblában is megjelent (SOPP 1974). Később Kovács Ferenc adta ki újabb tábláját (KOVÁCS 1983).

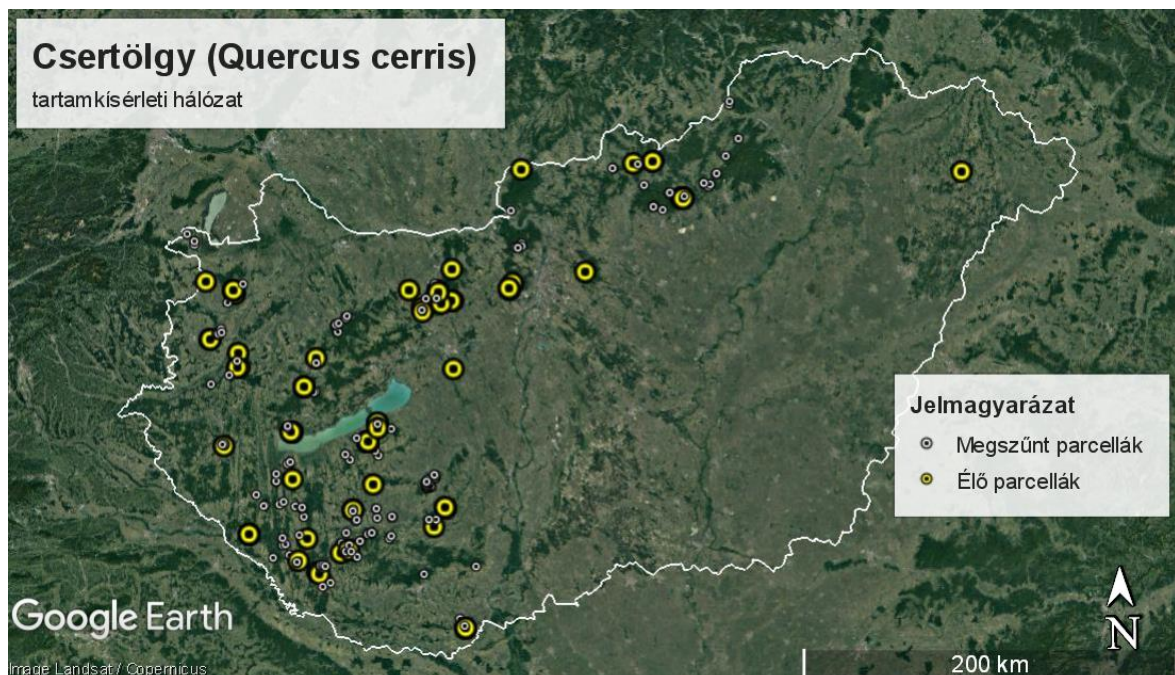
Anyag és módszer

A fatermési táblák szerkesztésének kiinduló adatait a SOE-ERTI hosszúlejáratú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának (KOLLÁR-BOROVICS 2021) cser fafajjú parcellái adják (1. ábra), melyek az 1960-as évektől állnak rendelkezésünkre.

Elemzésünkben az erdészeti tartamkísérleti adatrendszer digitálisan hozzáférhető cseretölgy főfafajú parcelláinak adatait használtuk fel. Ezek a parcellák felölelik a magyarországi hegy- és dombvidékek változatos termőhelyi és koreloszlású csereseit a legjobb fatermőképességtől a leggyengébb állományokig. Ez 343 db parcella 923 digitalizált jegyzőkönyvét jelenti.

A parcellák felvételei alapján két állományrészt különítettünk el. Az egyik a teljes élő-fakészletet adó élőállomány, mely a fő- és elméleti mellékállomány összege, más néven egészállomány. A másik állományrész a két felvételi periódus között eltűnt (kitermelt, lábom száradt vagy kidőlt), száradékként nyilvántartott valós mellékállomány, mely a kitermelt faanyagot jellemzi. A valós mellékállomány fatérfogatát az utolsó ismert adat alapján számoltuk. Az eltűnt faegyedek fakitermelésig vagy elhalásig megtermelt növedéke nem ismert, mivel a kitermelések, illetve az egyes fák elhalásának időpontja pontosan nem meghatározható, kizárólag a felvételek dátumai. A készített fatermési tábla valós mellékállománya emiatt a valósághoz képest alábecsült. A vizsgált paraméterek a körlap szerinti átlagmagasság (H_g) és átlagátmérő (D_g), törzsszám (N), körlap (G), fatérfogat (V). Számoljuk az összes előhasználatot ($V_{\text{öeh}}$), előhasználati részarányt (E_{hr}), összes fatermés fatérfogatát ($V_{\text{öf}}$), folyó- (I_f) és átlagnövedéket (I_a).

A táblák alapjául szolgáló állományok természetesen elegyesek még az elegyetlennek mondott állományok esetében is. A cser állományok tőszámát, körlapját és fatérfogatát a körlap szerinti elegyaránnyal osztottuk, ezáltal 100%-os elegyarányra vonatkoztatott adatokat kaptunk. Az idős állományok esetében a záródás gyakran visszaesett a felújító vágások miatt. Ezekben az esetekben az adatokat a záródás értékkel is korrigálni kellett az adatokat 100%-os záródásra.

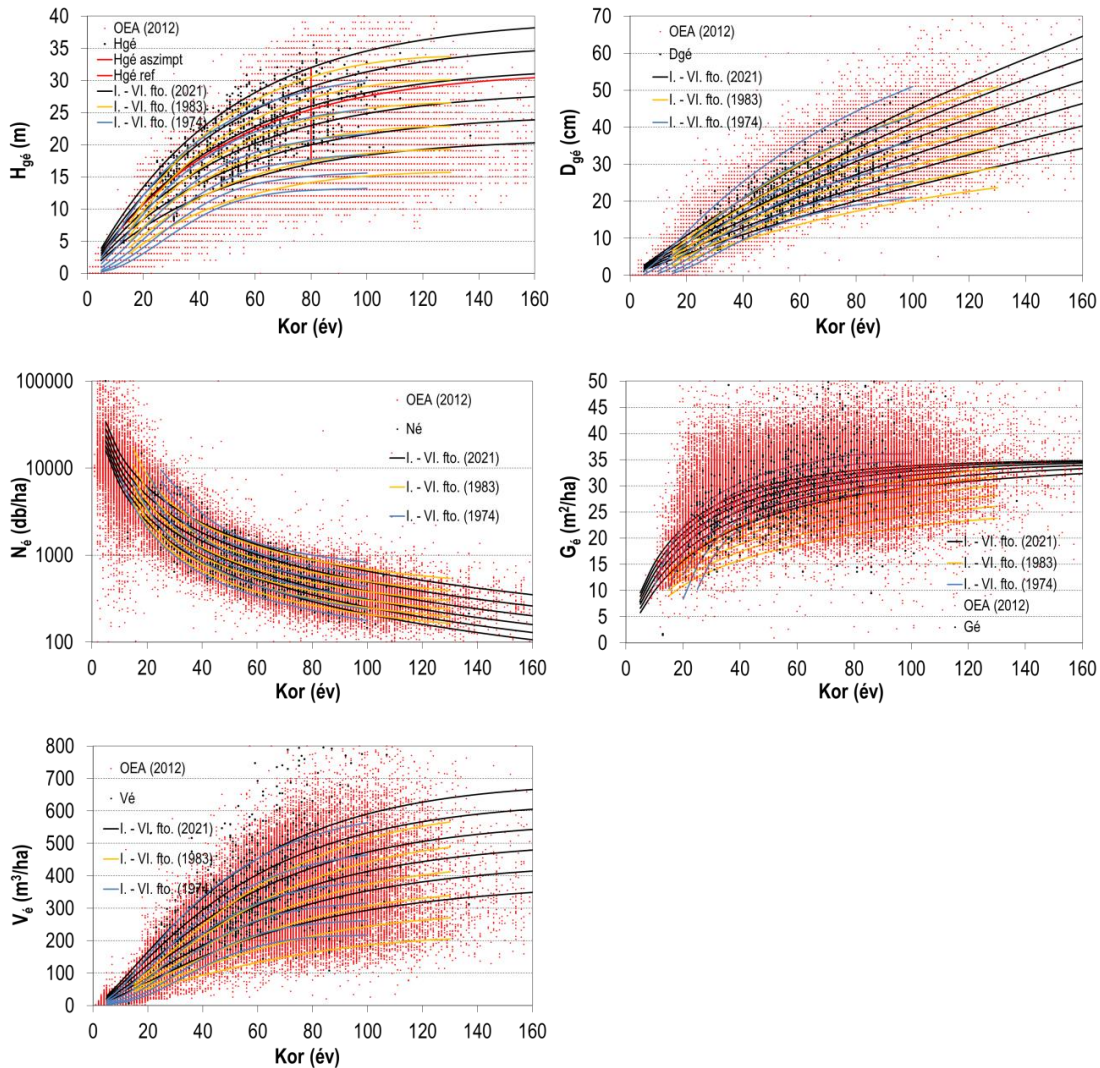


1. ábra: A SOE-ERTI cser főfafajú kísérleteinek hálózata

Eredmények

Az 1974-es és 1983-as cseres fatermési táblák adatait, az Országos Erdőállomány Adattár 2012 évi adatait, a kísérleti parcellák adatait, valamint az adatok alapján javasolható új fatermési táblák vezérgörbéit diagramokon ábrázoltuk (2-4 ábra).

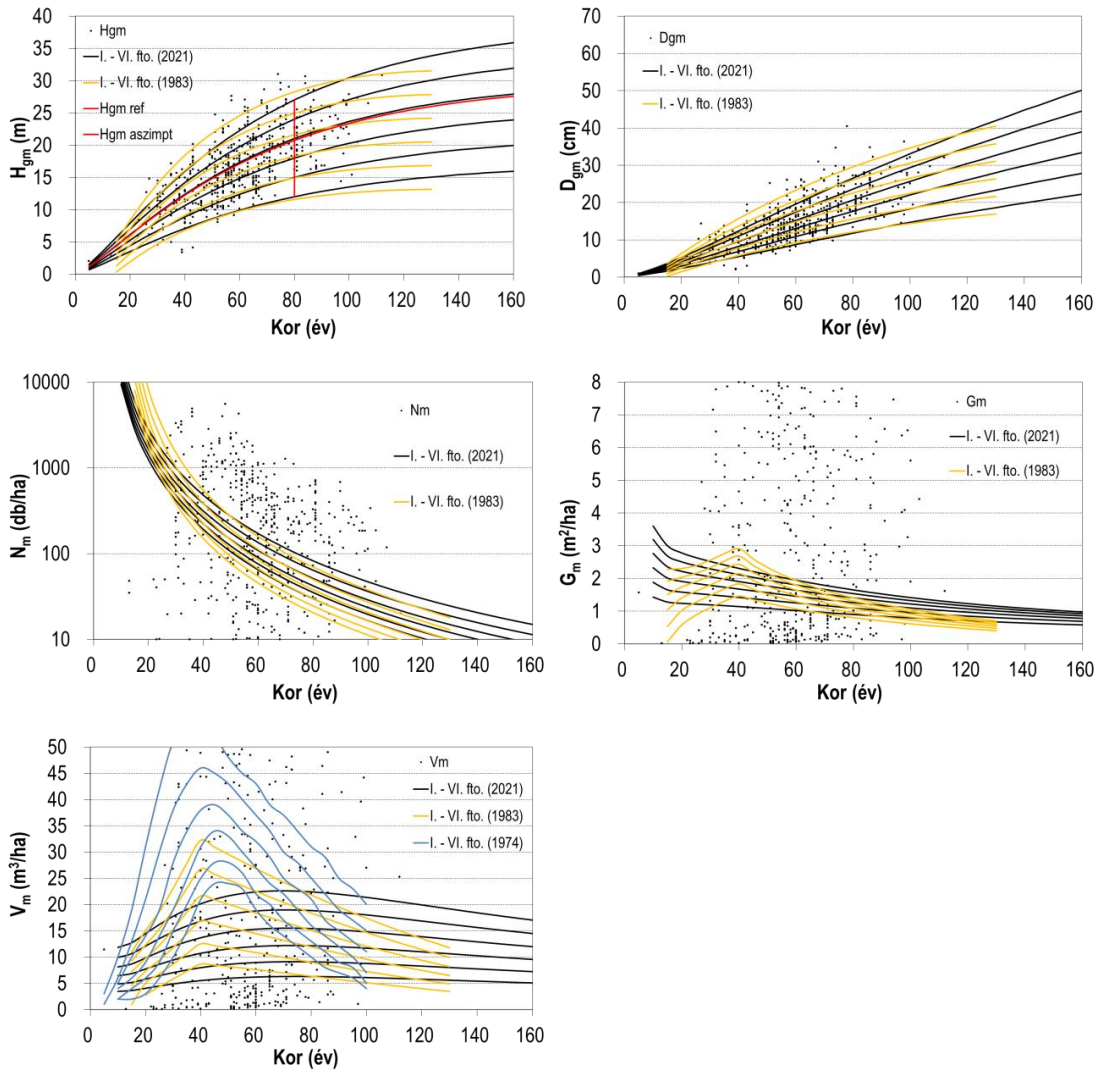
Az új fatermesztési tábla szerkesztésének alapjául az erdőmérnöki karon oktató fatermesztés tanterv keretein belül kiadott oktatási segédlet szolgált (VEPERDI 2005). Az élőállományt és a mellékállományt azonos módszerrel számoltuk ki, két elkülönülő állományrészként vizsgálva. A fatermesztési tábla szerkesztésekor törekedtünk a korábban publikált táblák szerkezetének megőrzésére, azonban ez nem teljesen egyezik. A korábbi gyérintetlen állományokra vonatkozó főállomány és mellékállomány felosztást, a kezelt erdőkre vonatkozó élőállomány és mellékállomány felosztásra változtattuk. Ennek oka, hogy a mellékállomány elkülönítése a jegyzőkönyvekben nem egyértelmű. A diagramokon a hagyományokhoz híven 6, azonos relatív magassági növekedési menetű, egyenlő sávszélességű fatermesztési osztályra bontva mutatjuk be a szokásos állományszerkezeti adatokat.



2. ábra: Az élőállomány faállományszerkezeti jellemzői a kor függvényében ($H_{gé}$, $D_{gé}$, $N_{gé}$, $G_{gé}$, $V_{gé}$), összehasonlítva a korábbi fatermesztési táblák és az Országos Erdőállomány Adattár adataival

Az élőállomány (2. ábra) átlagmagassága ($H_{gé}$) esetében a korábbi táblákhoz képest javasolt felfelé eltolni az osztályokat. Az országos adatok látszólag kissé lefelé becsülnek, illetve jól láthatóan hiányoznak az idős, jó fatermesztőképességű állományok. Átlag átmérő ($D_{gé}$) tekintetében az 1974-es táblához képest szűkebb tartomány, míg az 1983-ashoz képest felfelé eltoló osztályok javasoltak. Az országos átmérők is enyhén felfelé becsültek. A

törzsszámok (N_{ϵ}) viszonylag együtt futnak a korábbi táblákkal, és az országos adatokkal. A körlap (G_{ϵ}) jelentős szórásokat mutat az országos adatokban, eközben az 1974-es tábla enyhén felül, míg az 1983-as tábla jelentősen alulbecsli a körlapot. A javasolt új táblában a körlap egy nagyjából állandó értéket vesz fel, és ezt tartja idős korban. Az élőállomány fatérfogata (V_{ϵ}) felfelé tolódást mutat. Az 1974-es táblához képest a gyenge osztályokban, míg az 1983-as tábla esetén egyenletesen felfelé tolnak a görbék.

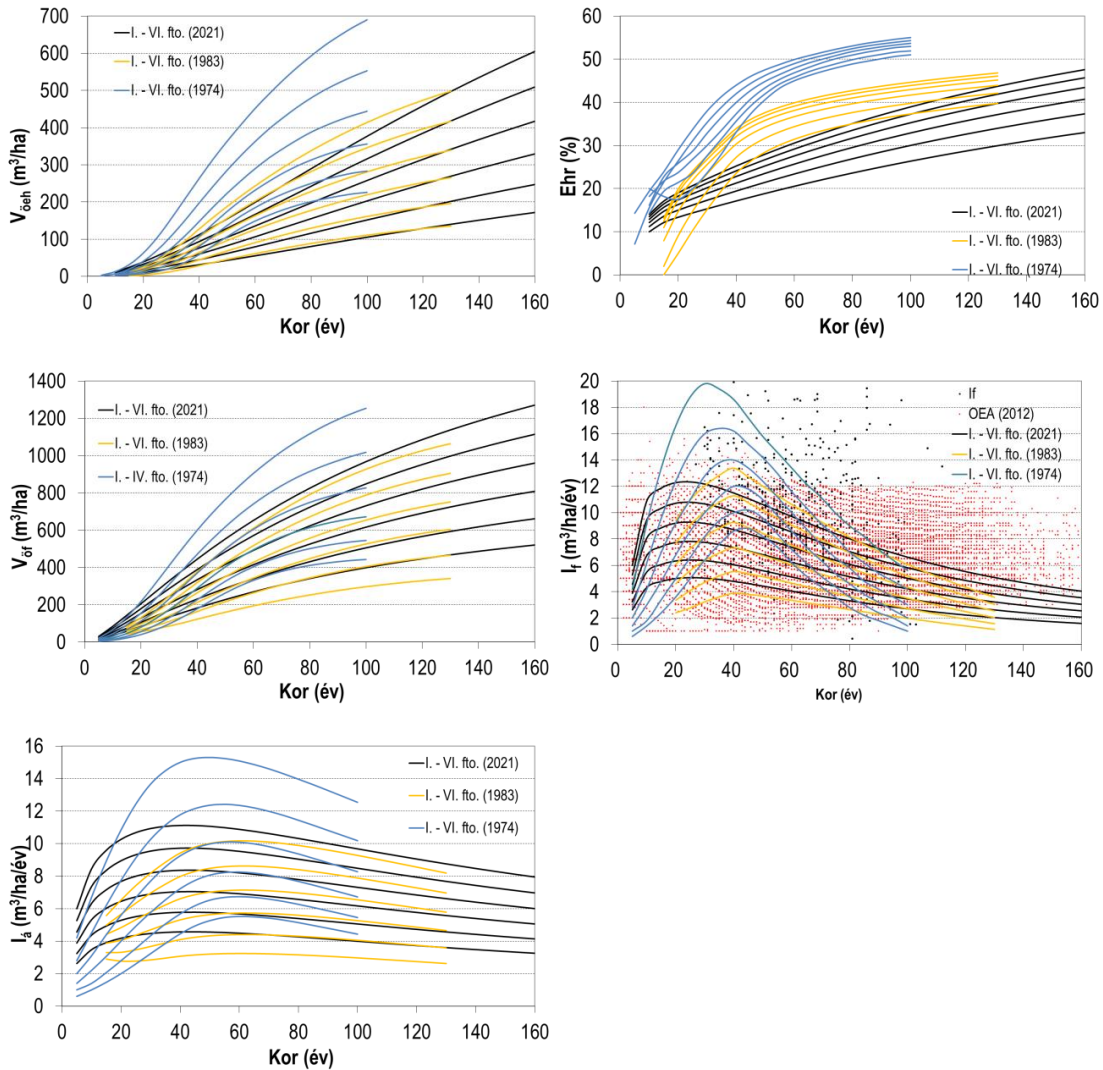


3. ábra: A mellékállomány faállományszerkezeti jellemzői a kor függvényében (H_{gm} , D_{gm} , N_m , G_m , V_m), összehasonlítva korábbi fatermési táblák adataival

A mellékállomány (3. ábra) esetében az 1974-es tábla kevés adatot tartalmaz, így az összehasonlítás fatérfogat kivételével csak az 1983-as táblával lehetséges. A mellékállomány adatok 5 éves periódusokra érvényesek. Az átlagmagasság (H_{gm}) enyhén növekedést mutat. Átlagátmérő (D_{gm}) esetében szintén nagyon enyhén növekedés tapasztalható. Törzsszám (N_m) esetében növekedést tapasztalni. A körlap (G_m) enyhén növekszik a korábbi táblához képest. A mellékállomány fatérfogata (V_m) kiegyenlített, fiatal korban ugyan kisebb, de később kevésbé csökkenő tendenciát mutat, mint a korábbi táblák.

Az összes fatermés (4. ábra) esetében az összes előhasználati fatérfogat ($V_{\text{öeh}}$) az 1974-es táblában jelentősen felül van becsülve, gyakorlatilag három osztállyal, míg az 1983-as

tábla elég hasonló eredményeket mutat. Az előhasználati részarányok (Ehr) teljesen megváltoznak. Az összes fatermés fatérfogata ($V_{\text{öf}}$) is jelentősen felülbecsült az 1974-es táblához képest. Az 1983-as tábla pedig kb. fél-egy osztálynyi eltolásra szorulna az új javasolt táblához képest. A folyónövedék (I_f) elég meglepő. Az 1974-es tábla irreálisan magas fiatalkori növedéket mutat, míg az 1983-as tábla egy lassabban emelkedő, majd lecsökkenő folyónövedék görbét rajzol ki. A folyónövedék adataink alapján egy kiegyenlítettebb folyamatot mutat a korábbi táblákhoz viszonyítva, maximuma 20 évesen $5-12 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$, míg 160 éves korra $1-4 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$. Az országos adatok ezzel szemben egy szinte állandó értéket mutatnak, mely nem növekszik kiugróan fiatalon, és nem is csökken le idős korban sem. Az átlagnövedék (I_a) vezérgörbéi a két korábbi tábla között, kiegyenlítősebben futnak.



4. ábra: Az összes fatermés jellemzői a kor függvényében ($V_{\text{öeh}}$, Ehr, $V_{\text{öf}}$, I_f , I_a), összehasonlítva a korábbi fatermési táblák és az Országos Erdőállomány Adattár adataival

Következtetések

A korábbi táblák kiadása óta eltelt évtizedekben jelentős adattömeg halmozódott fel a SOE-ERTI hosszúlejárátú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának újra felvételezései, mely alapján a cserések országos fatermési tábláját pontosítani célszerű.

A diagramokon bemutatott javasolt új fatermési táblák (2-4. ábra) jelentősen eltérnek a korábban publikáltaktól. Természetesen ez az eltérés faállományszerkezeti jellemzőkként, korszakonként és fatermési osztályonként is jelentősen változik. Mindezek alapján javasolt egy új, országos cser fatermési tábla bevezetése. Ehhez szükséges ezek korszerű publikálása. Szükséges a hagyományos táblázat formátum mellett függvényekkel leírhatóan. Javasolt kiadni a táblák alapján készült erdőnevelési modelleket is. Célszerű lenne digitális formában hozzáférhetővé tenni az eredményeket, mely segítségével egyedi állományokra is elvégezhetőek a faállománybecslések, és tervezések.

Köszönetnyilvánítás

A TKP2021-NKTA-43 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- HAJDÚ G. (1974): Fatermési vizsgálatok csertölgy-állományokban. Erdészeti kutatások, 1974. Vol. 69. I. kötet. kötet, pp. 171-182.
- KOLLÁR T. - BOROVICS A. (2021): A magyarországi hosszú lejárátú erdészeti tartamkísérleti hálózat fenntartásának korszerű irányelvei, adatfeldolgozási módszerei és legfontosabb eredményei. Erdészettudományi Közlemények, 11. évfolyam 1-2. szám, pp. 1-20.
- KOVÁCS F. (1983): A csertölgyállományok fatermése. Erdészeti kutatások, 1983. Vol. 75.. kötet, pp. 179-188.
- NFK-EF (2020): Magyarország erdeinek összefoglaló adatai 2019, Budapest: Nemzeti Földügyi Központ, Erdészeti Főosztály.
- SOPP L. (1974): Fatömegszámítási táblázatok fatermési táblákkal, második, átdolgozott, bővített kiadás. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- VEPERDI G. (2005): Faterméstan gyakorlati feladatok. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem.

ÚJ ADATOK A MAGYARORSZÁGI KOCSÁNYTALAN TÖLGYESEK (*QUERCUS PETRAEA*) FATERMÉSÉRŐL

New data about the yield of Hungarian sessile oak (*Quercus petraea*) forests

KOLLÁR TAMÁS¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály
kollar.tamast@uni-sopron.hu

Kivonat

A magyarországi kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) állományok fatermési táblája elsőként 1974-ben Sopp László, fatömegszámítási táblázatok mellékleteként jelent meg. A SOE-ERTI tartamkísérleti hálózata adatainak alapján 1981-ben Béky Albert készített új táblát. Az elmúlt közel hat évtizedben felhalmozódott felvételi adatok alapján új fatermési táblát javasolt készíteni a kocsánytalan tölgyre. Jól érzékelhető különbségek tapasztalhatóak a korábbi táblákhoz viszonyítva az élő és mellékállományban is a kor függvényében vizsgált paraméterekben, mint az átlagmagasság (H_g), átlagátmérő (D_g), tőszám (N), körlap (G), fatérfogat (V), összes előhasználat fatömege ($V_{\text{öeh}}$), összes fatermés fatömege ($V_{\text{öf}}$) vagy átlag növedék (I_a). A folyónövedék (I_f) maximuma 40 évesen 5-14 m³/ha/év, míg 160 évesen 3-7 m³/ha/év.

Abstract

Forest yield tables of Hungarian sessile oak (*Quercus petraea*) stands were published first in 1974 in László Sopp, timber volume calculate tables appendix. From the data of the long-term experiment network of the UOS-FRI, Albert Béky created a new table in 1981. According to the records aggregated in the near last six decades, new forest yield tables suggested to be made for sessile oak. There are significant differences proportionally to the previous tables in the living and the secondary stand by the studied parameters depending on the age, such as average height (H_g), average diameter (D_g), stem number (N), basal area (G), volume (V), total intermediate cutting volume ($V_{\text{öeh}}$), total yield volume ($V_{\text{öf}}$) or average increment (I_a). Current increment (I_f) maximum at 40-year-old is 5-14 m³/ha/year, while at 160-year-old 3-7 m³/ha/year.

Bevezetés

A kocsánytalan tölgy fafaj 178 ezer ha területet borít Magyarországon, élőfakészletét 37,3 millió m³-re becsüli az Országos Erdőállomány adattár (NFK-EF 2020). Területaránya az országos erdőterület 10%-a, míg fatömege 9%-ot teszi ki. Hegy- és dombvidéki erdeink legelterjedtebb és legértékesebb fafaja, gazdasági jelentősége kiemelkedő, azonban védelmi és közjóléti hasznosítása is jelentős. Fatermésének vizsgálatától nem tekinthetünk el.

Az 1974-ben kiadott Sopp táblában található fatermési tábla erdőrendezőségi adatok alapján készült. A kocsánytalan tölgyre vonatkozó hazai fatermési táblát a tartamkísérletek adataira alapozva Béky Albert jelentetett meg (BÉKY 1981).

Anyag és módszer

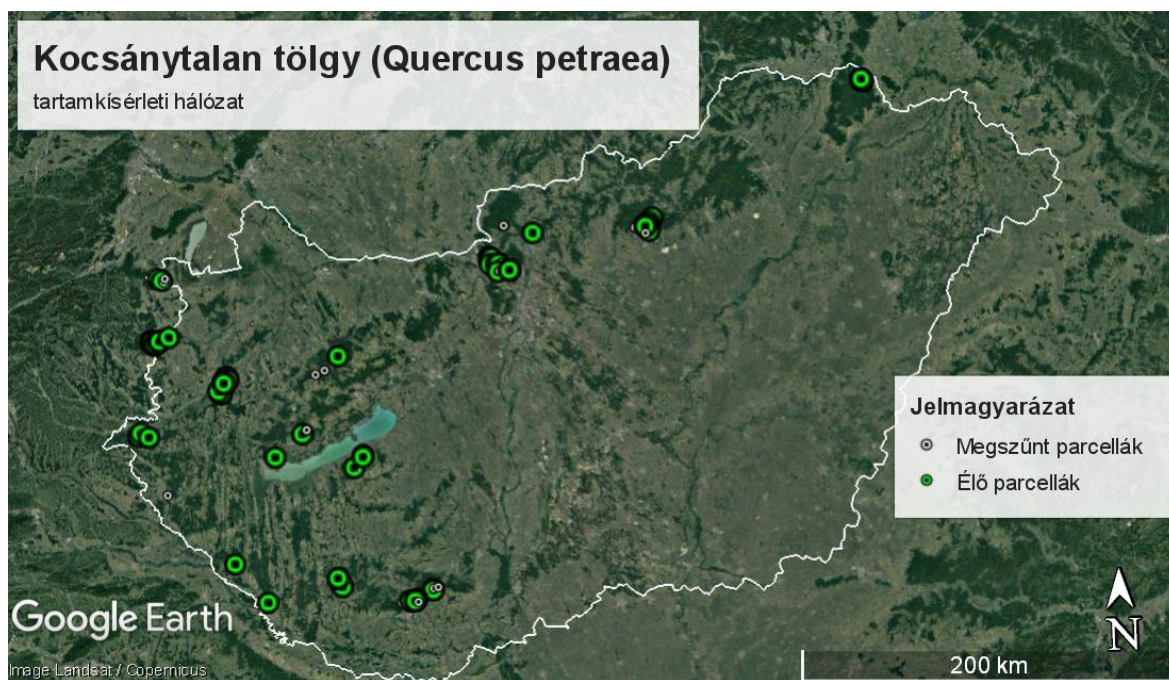
A fatermési táblák szerkesztésének kiinduló adatait a SOE-ERTI hosszúlejáratú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának (KOLLÁR-BOROVICS 2021) kocsánytalan tölgy főfafajú parcellái adják (1. ábra), melyek az 1960-as évektől állnak rendelkezésünkre.

Elemzésünkben az erdészeti tartamkísérleti adatrendszer digitálisan hozzáférhető kocsánytalan tölgy főfafajú parcelláinak adatait használtuk fel. Ezek a parcellák felölelik a magyarországi hegy- és dombvidékek változatos termőhelyi és koreloszlású kocsánytalan

tölgyeseit a legjobb fatermőképességtől a leggyengébb állományokig. Ez 243 db parcella 1262 digitalizált jegyzőkönyvét jelenti.

A parcellák felvételei alapján két állományrészelt különítettünk el. Az egyik a teljes élőfakészletet adó élőállomány, mely a fő- és elméleti mellékállomány összege, más néven egészállomány. A másik állományrészelt a két felvételi periódus között eltűnt (kitermelt, lábom száradt vagy kidőlt), száradékként nyilvántartott valós mellékállomány, mely a kitermelt faanyagot jellemzi. A valós mellékállomány fatér fogatát az utolsó ismert adat alapján számoltuk. Az eltűnt faegyedek fakitermelésig vagy elhalásig megtermelt növedéke nem ismert, mivel a kitermelések, illetve az egyes fák elhalásának időpontja pontosan nem meghatározható, kizárólag a felvételek dátumai. A készített fatermési tábla valós mellékállománya emiatt a valósághoz képest alábecsült. A vizsgált paraméterek a körlap szerinti átlagmagasság (H_g) és átlagátmérő (D_g), törzsszám (N), körlap (G), fatér fogat (V). Számoljuk az összes előhasználatot ($V_{\text{öeh}}$), előhasználati részarányt (Ehr), összes fatermés fatér fogatát ($V_{\text{öf}}$), folyó- (I_f) és átlagnövedéket (I_a).

A táblák alapjául szolgáló állományok természetesen elegyesek még az elegyetlennek mondott állományok esetében is. A kocsánytalan tölgy állományok tőszámát, körlapját és fatér fogatát a körlap szerinti elegyarányal osztottuk, ezáltal 100%-os elegyarányra vonatkoztatott adatokat kaptunk. Az idős állományok esetében a záródás gyakran visszaesett a felújító vágások miatt. Ezekben az esetekben az adatokat a záródás értékkel is korrigálni kellett az adatokat 100%-os záródásra.



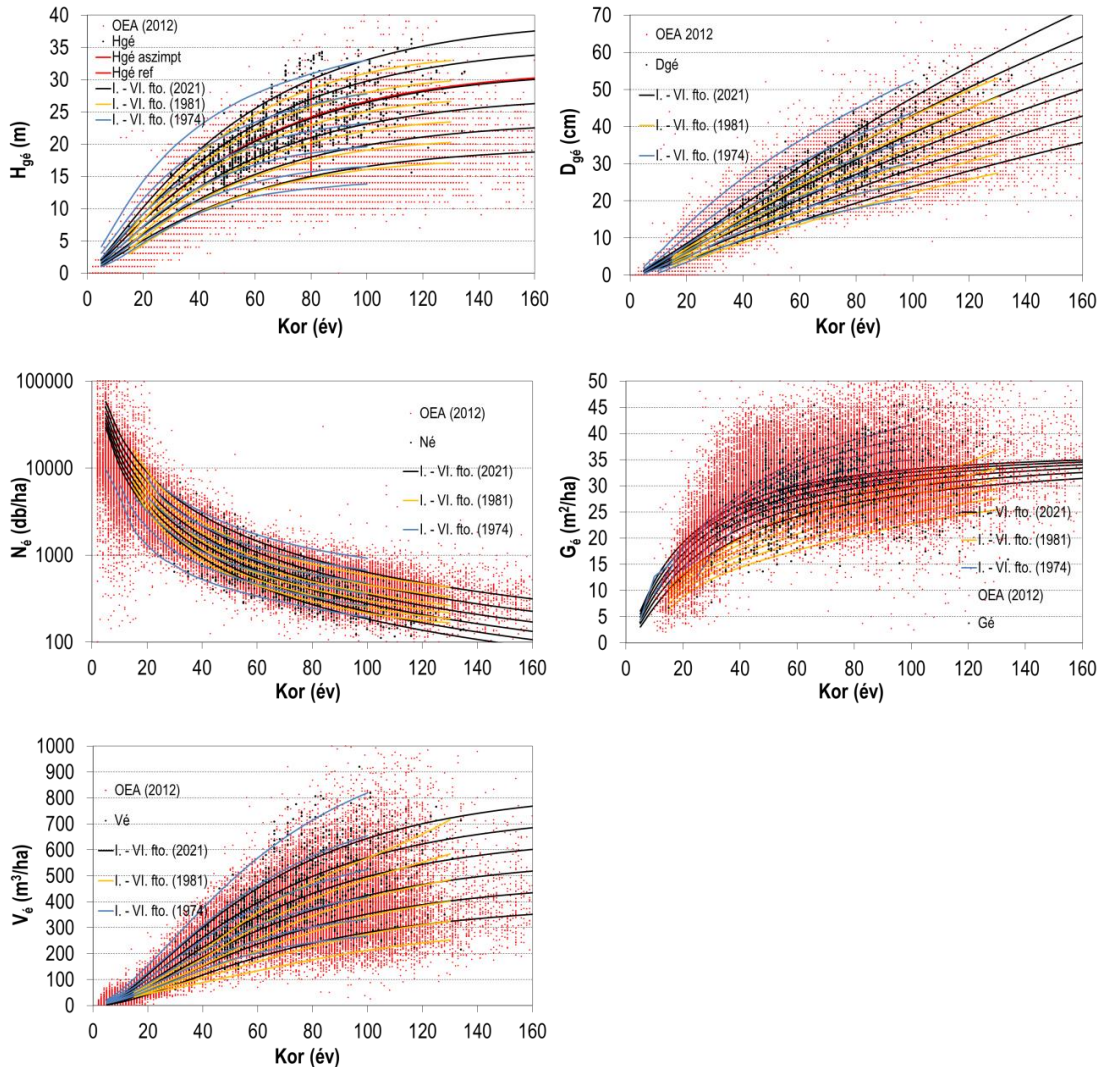
1. ábra: A SOE-ERTI kocsánytalan tölgy főfafajú kísérleteinek hálózata

Eredmények

Az 1974-es és 1981-es kocsánytalan tölgy fatermési táblák adatait, az Országos Erdőállomány Adattár 2012 évi adatait, a kísérleti parcellák adatait, valamint az adatok alapján javasolható új fatermési táblák vezérgörbéit diagramokon ábrázoltuk (2-4 ábra).

Az új fatermesztési tábla szerkesztésének alapjául az erdőmérnöki karon oktatott fatermés tanterv keretein belül kiadott oktatási segédlet szolgált (VEPERDI 2005). Az élőállományt és a mellékállományt azonos módszerrel számoltuk ki, két elkülönülő állományrészelt vizsgálva. A fatermési tábla szerkesztésekor törekedtünk a korábban publikált táblák szerkezetének megőrzésére, azonban ez nem teljesen egyezik. A korábbi gyérítetlen

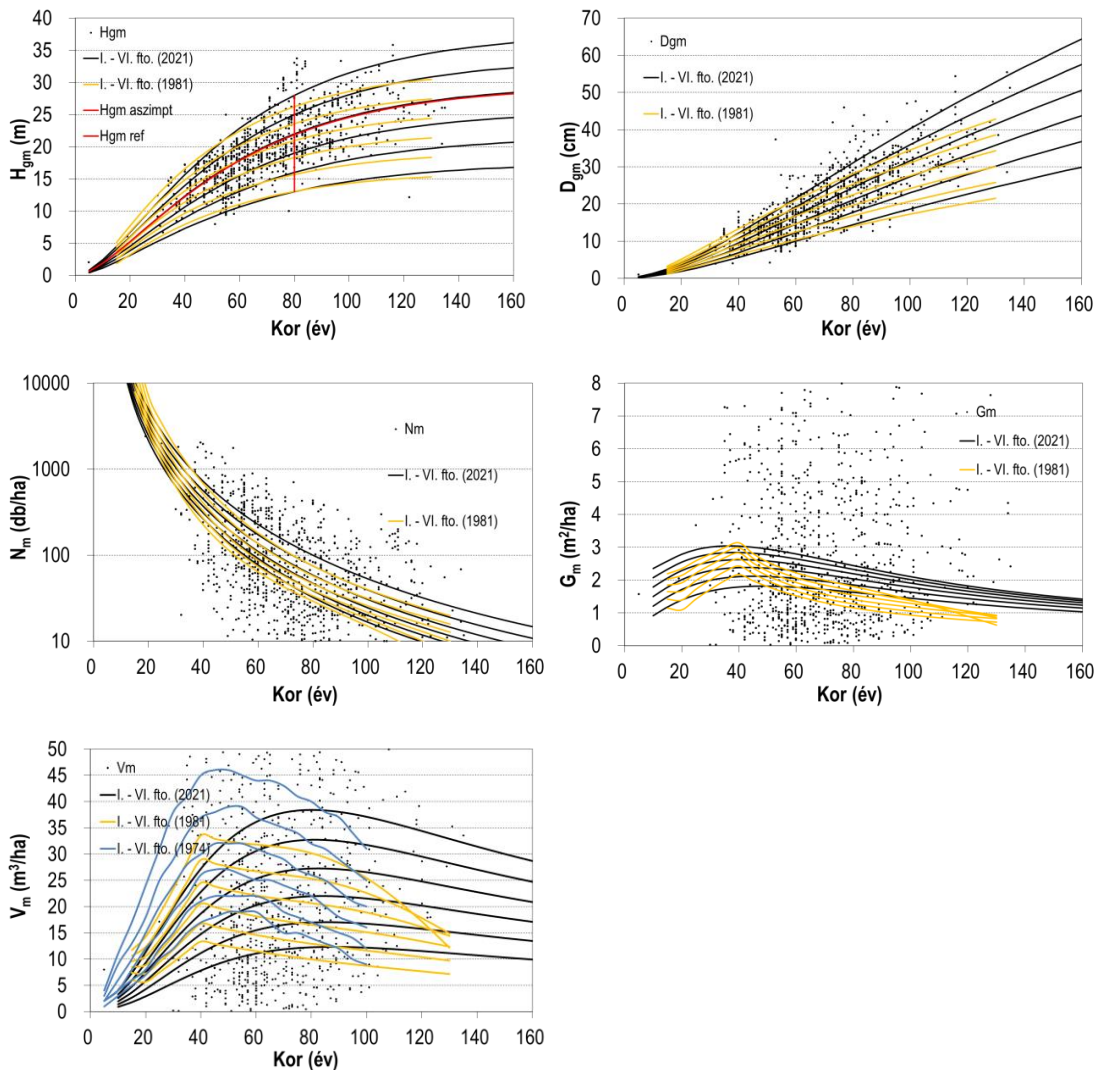
állományokra vonatkozó főállomány és mellékállomány felosztást, a kezelt erdőkre vonatkozó élőállomány és mellékállomány felosztásra változtattuk. Ennek oka, hogy a mellékállomány elkülönítése a jegyzőkönyvekben nem egyértelmű. A diagramokon a hagyományokhoz híven 6, azonos relatív magassági növekedési menetű, egyenlő sávszélességű fatermési osztályra bontva mutatjuk be a szokásos állományszerkezeti adatokat.



2. ábra: Az élőállomány faállományszerkezeti jellemzői a kor függvényében ($H_{g\acute{e}}$, $D_{g\acute{e}}$, $N_{\acute{e}}$, $G_{\acute{e}}$, $V_{\acute{e}}$), összehasonlítva a korábbi fatermési táblák és az Országos Erdőállomány Adattár adataival

Az élőállomány (2. ábra) átlagmagassága ($H_{g\acute{e}}$) az Erdőállomány Adattár szerint alul van becsülve. Az 1974-es és 1981-es táblákhoz képest javasolt új tábla egy osztálynyi feljebb tolódást mutat. Emellett az átlagátmérő ($D_{g\acute{e}}$) szűkebb tartományt javasolt az 1974-es táblához képest, és egy osztálynyi felfelé eltolást az 1983-as táblához képest. Itt az országos adatok elég jól fedik az ERTI adatait. A törzsszámok ($N_{\acute{e}}$) hasonlóak és elég jók az országos adatokkal való hasonlóságuk is. A körlap ($G_{\acute{e}}$) nagy szórást mutat, az 1974-es tábla jelentősebb felfelé becsül, míg az 1981-es tábla jelentős alul becsülést mutat, viszont a 130 éves becsülési kor végén jelentős emelkedési tendencia látható, ami nem megfelelő. Az új tábla viszonylag állandó középértéket vesz fel. Az élőállomány fatérfogata a korábbi tábláknál alul

és felülbecslést mutat, illetve meredek emelkedést 130 éves kor felett, amit a javasolt új tábla kiküszöböl. Az országos adatok is elég jól közelítik a javasolt táblát.

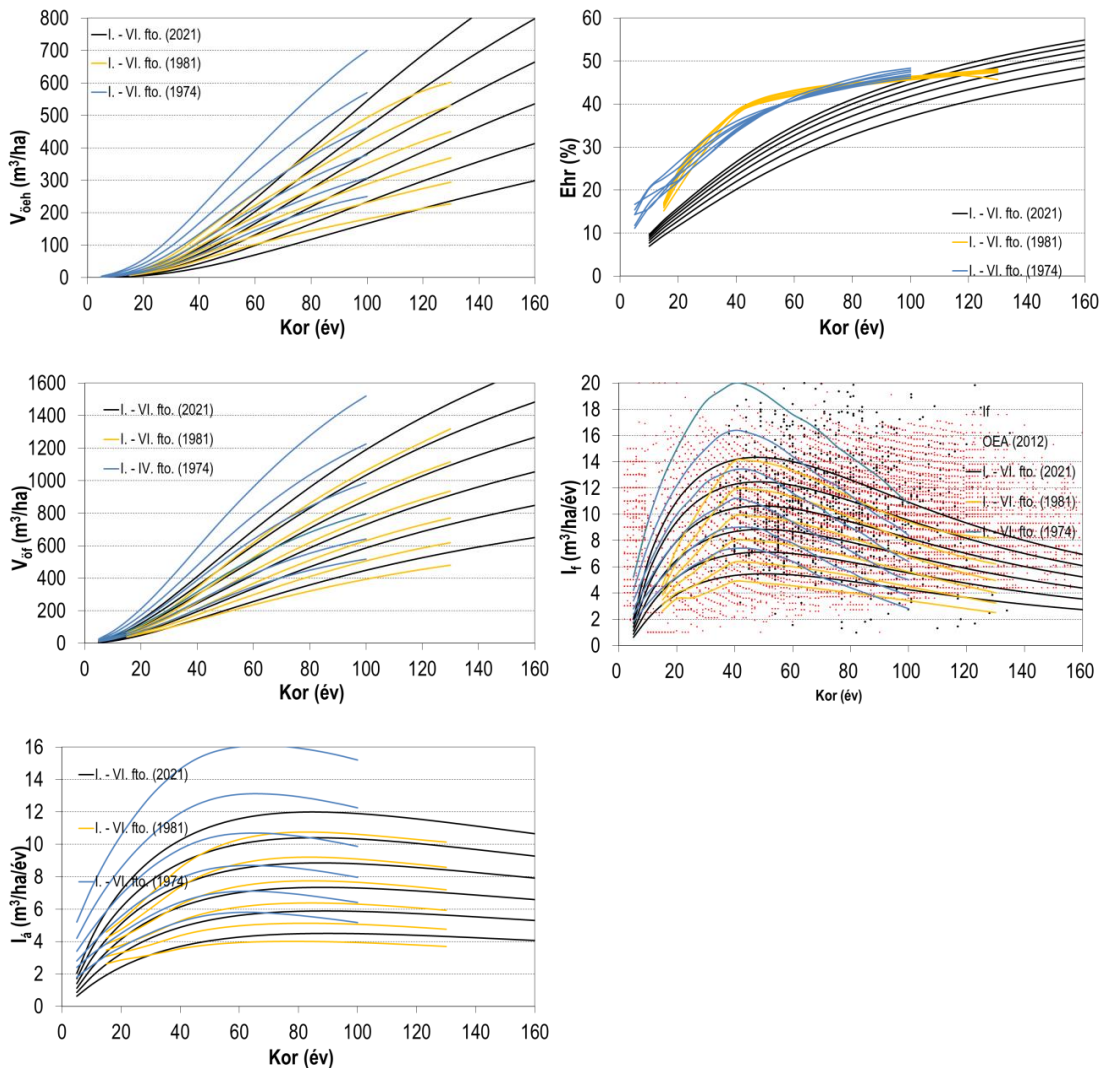


3. ábra: A mellékállomány faállományszerkezeti jellemzői a kor függvényében (H_{gm} , D_{gm} , N_m , G_m , V_m), összehasonlítva korábbi fatermési táblák adataival

A mellékállomány (3. ábra) esetében az 1974-es tábla kevés adatot tartalmaz, így az összehasonlítás faterfogat kivételével csak az 1981-es táblával lehetséges. A mellékállomány adatok 5 éves periódusokra érvényesek. Az átlagmagasság (H_{gm}) egy osztálynyi növekedést mutat jobb termőhelyeken. Átlagátmérő (D_{gm}) esetében szintén jelentős növekedés tapasztalható a jobb termőhelyek irányában. Törzsszám (N_m) esetében enyhe növekedést tapasztalni. A körlap (G_m) növekszik a korábbi táblához képest. A mellékállomány faterfogata (V_m) kiegyenlítettebb, fiatal korban ugyan kisebb, de később kevésbé csökkenő tendenciát mutat, mint a korábbi táblák.

Az összes fatermés (4. ábra) esetében az összes előhasználati faterfogat ($V_{\text{öeh}}$) az 1974-es tábla két osztállyal becsli felül, míg az 1983-as táblainkább alul becsüli az idős korban kitermelhető faanyagot. Az előhasználati részarányok (Ehr) teljesen megváltoznak. Az összes fatermés faterfogatát ($V_{\text{öf}}$) adataink alapján a két korábbi tábla közé javasolt becsülni. A folyónövedék (I_f) is hasonló. Az 1974-es tábla jelentősen felül becsül fiatal korban, majd

rohamos csökkenést mutat, míg az 1983-as táblához képest enyhe növekedést javasolunk. A folyónövedék maximuma 40 évesen 5-14 m³/ha/év, míg 160 évesen 3-7 m³/ha/év. Az országos adatok itt is eléggé állandóak, nem követik a táblák adatait. Az átlagnövedék (I_a) vezérgörbéi a két korábbi tábla között, kiegyenlítettebben futnak.



4. ábra: Az összes fatermés jellemzői a kor függvényében ($V_{\text{öeh}}$, E_{hr} , $V_{\text{öf}}$, I_f , I_a), összehasonlítva a korábbi fatermési táblák és az Országos Erdőállomány Adattár adataival

Következtetések

A korábbi táblák kiadása óta eltelt évtizedekben jelentős adattömeg halmozódott fel a SOE-ERTI hosszúlejárta fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának újra felvételezései, mely alapján a kocsánytalan tölgyesek országos fatermési tábláját pontosítani célszerű.

A diagramokon bemutatott javasolt új fatermési táblák (2-4. ábra) jelentősen eltérnek a korábban publikáltaktól. Természetesen ez az eltérés faállomány szerkezeti jellemzőkként, korszakonként és fatermési osztályonként is jelentősen változik. Mindezek alapján javasolt egy új, országos kocsánytalan tölgy fatermési tábla bevezetése. Ehhez szükséges ezek korszerű publikálása. Szükséges a hagyományos táblázat formátum mellett függvényekkel leírhatóan. Javasolt kiadni a táblák alapján készült erdőnevelési modelleket is. Célszerű lenne

digitális formában hozzáférhetővé tenni az eredményeket, mely segítségével egyedi állományokra is elvégezhetőek a faállománybecslések, és tervezések.

Köszönetnyilvánítás

A TKP2021-NKTA-43 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BÉKY A. (1981): Mag eredetű kocsánytalantölgyesek fatermése. Erdészeti kutatások, 1981. Vol. 74.. kötet, pp. 309-320.
- KOLLÁR T. - BOROVICS A. (2021): A magyarországi hosszú lejáratú erdészeti tartamkísérleti hálózat fenntartásának korszerű irányelvei, adatfeldolgozási módszerei és legfontosabb eredményei. Erdészettudományi Közlemények, 11. évfolyam 1-2. szám, pp. 1-20.
- NFK-EF (2020): Magyarország erdeinek összefoglaló adatai 2019, Budapest: Nemzeti Földügyi Központ, Erdészeti Főosztály.
- SOPP L. (1974): Fatömegszámítási táblázatok fatermési táblákkal, második, átdolgozott, bővített kiadás. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- VEPERDI G. (2005): Faterméstan gyakorlati feladatok. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem.

ÚJ ADATOK A MAGYARORSZÁGI KOCSÁNYOS TÖLGYESEK (*QUERCUS ROBUR*) FATERMÉSÉRŐL

New data about the yield of Hungarian pedunculate oak (*Quercus robur*) forests

KOLLÁR TAMÁS¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály
kollar.tamast@uni-sopron.hu

Kivonat

A SOE-ERTI tartamkísérleti hálózata adatainak alapján a magyarországi kocsányos tölgyes (*Quercus robur*) állományok fatermési tábláját elsőként 1971-ben Kiss Rezső (1974-ben Sopp fatömegszámítási táblázatok mellékleteként is megjelent), majd 1986-ban Kiss Rezső, Somogyi Zoltán és Juhász György adott ki közösen fatermési táblát. Az elmúlt közel hat évtizedben felhalmozódott felvételi adatok alapján új fatermési táblát javasolt készíteni a kocsányos tölgyre. Jól érzékelhető különbségek tapasztalhatóak a korábbi táblákhoz viszonyítva az élő és mellékállományban is a kor függvényében vizsgált paraméterekben, mint az átlagmagasság (H_g), átlagátmérő (D_g), tőszám (N), körlap (G), fatérfogat (V), összes előhasználat fatömege ($V_{\text{öeh}}$), összes fatermés fatömege ($V_{\text{öf}}$) vagy átlag növedék (I_a). A folyónövedék (I_f) maximuma 40 évesen 6-13 m³/ha/év, míg 160 évesen 3-7 m³/ha/év.

Abstract

From the data of the long-term experiment network of the UOS-FRI, forest yield tables of Hungarian pedunculate oak (*Quercus robur*) stands were published first by Rezső Kiss in 1971 (also published in László Sopp, timber volume calculate tables appendix in 1974), then in 1986 Rezső Kiss, Zoltán Somogyi and György Juhász publicised together a yield table. According to the records aggregated in the near last six decades, new forest yield tables suggested to be made for pedunculate oak. There are significant differences proportionally to the previous tables in the living and the secondary stand by the studied parameters depending on the age, such as average height (H_g), average diameter (D_g), stem number (N), basal area (G), volume (V), total intermediate cutting volume ($V_{\text{öeh}}$), total yield volume ($V_{\text{öf}}$) or average increment (I_a). Current increment (I_f) maximum at 40-year-old is 6-13 m³/ha/year, while at 160-year-old 3-7 m³/ha/year.

Bevezetés

A kocsányos tölgy fafaj 174 ezer ha területet borít Magyarországon, élőfakészletét 47,1 millió m³-re becsüli az Országos Erdőállomány adattár (NFK-EF 2020). Területaránya az országos erdőterület 9%-a, míg fatömege 12%-ot teszi ki. A kocsányos tölgy sík- és dombvidékeink fafaja. Fája értékes, gazdasági jelentősége kiemelkedő, azonban védelmi és közjóléti hasznosítása is jelentős. Fatermésének vizsgálatától nem tekinthetünk el.

A kocsányos tölgy fatermési vizsgálatával Kiss Rezső foglalkozott, fatermési táblát először 1971-ben adott ki (KISS 1971), mely az 1974-ben kiadott Sopp táblában is megjelent (SOPP 1974). Később szerzőtársaival 1986-ban (KISS ET AL. 1986) adta ki újabb tábláját.

Anyag és módszer

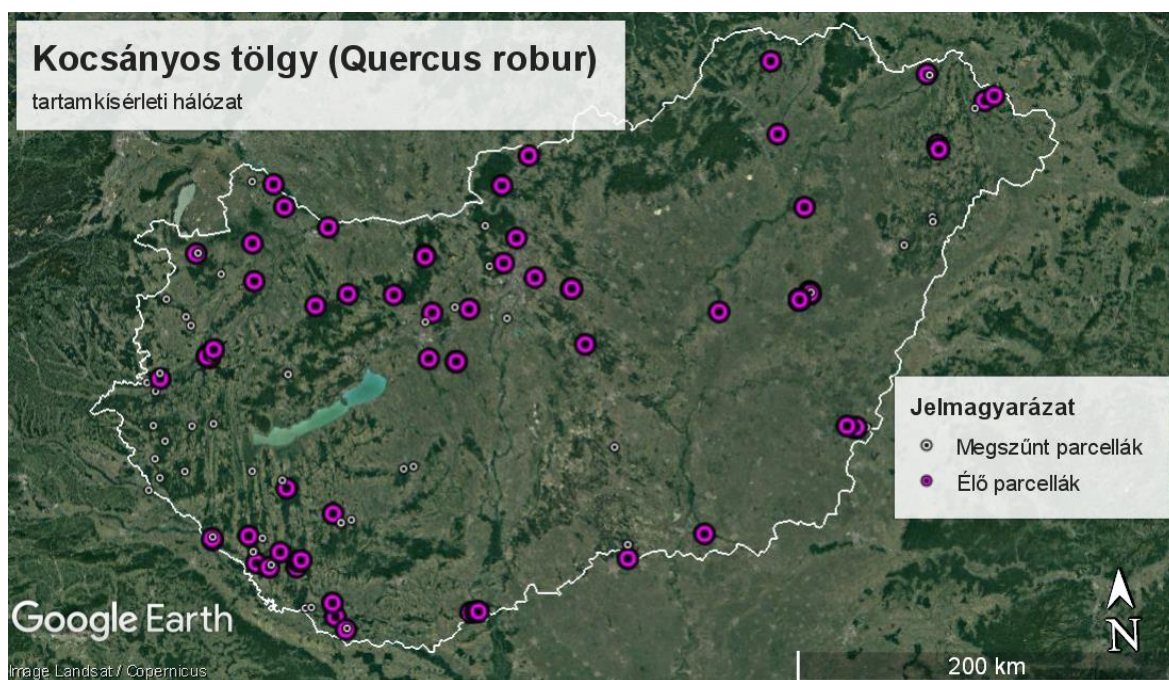
A fatermési táblák szerkesztésének kiinduló adatait a SOE-ERTI hosszúlejáratú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának (KOLLÁR-BOROVICS 2021) kocsányos tölgy főfafajú parcellái adják (1. ábra), melyek az 1960-as évektől állnak rendelkezésünkre.

Elemzésünkben az erdészeti tartamkísérleti adatrendszer digitálisan hozzáférhető kocsányos tölgy főfafajú parcelláinak adatait használtuk fel. Ezek a parcellák felölelik a

magyarországi dombvidékek és síkságok változatos termőhelyi és koreloszlású kocsányos tölgyeseit a legjobb fatermőképességtől a leggyengébb állományokig. Ez 243 db parcella 1015 digitalizált jegyzőkönyvét jelenti.

A parcellák felvételei alapján két állományrészt különítettünk el. Az egyik a teljes élőfakészletet adó élőállomány, mely a fő- és elméleti mellékállomány összege, más néven egészállomány. A másik állományrész a két felvételi periódus között eltűnt (kitermelt, lábbon száradt vagy kidőlt), száradékként nyilvántartott valós mellékállomány, mely a kitermelt faanyagot jellemzi. A valós mellékállomány fatérfogatát az utolsó ismert adat alapján számoltuk. Az eltűnt faegyedek fakitermelésig vagy elhalásig megtermelt növedéke nem ismert, mivel a kitermelések, illetve az egyes fák elhalásának időpontja pontosan nem meghatározható, kizárólag a felvételek dátumai. A készített fatermési tábla valós mellékállománya emiatt a valósághoz képest alábecsült. A vizsgált paraméterek a körlap szerinti átlagmagasság (H_g) és átlagátmérő (D_g), törzsszám (N), körlap (G), fatérfogat (V). Számoljuk az összes előhasználatot ($V_{\text{öeh}}$), előhasználati részarányt (Ehr), összes fatermés fatérfogatát ($V_{\text{öf}}$), folyó- (I_f) és átlagnövedéket (I_a).

A táblák alapjául szolgáló állományok természetesen elegyesek még az elegyetlenek mondott állományok esetében is. A kocsányos tölgy állományok tőszámát, körlapját és fatérfogatát a körlap szerinti elegyaránnyal osztottuk, ezáltal 100%-os elegyarányra vonatkoztatott adatokat kaptunk. Az idős állományok esetében a záródás gyakran visszaesett a felújító vágások miatt. Ezekben az esetekben az adatokat a záródás értékkel is korrigálni kellett az adatokat 100%-os záródásra.



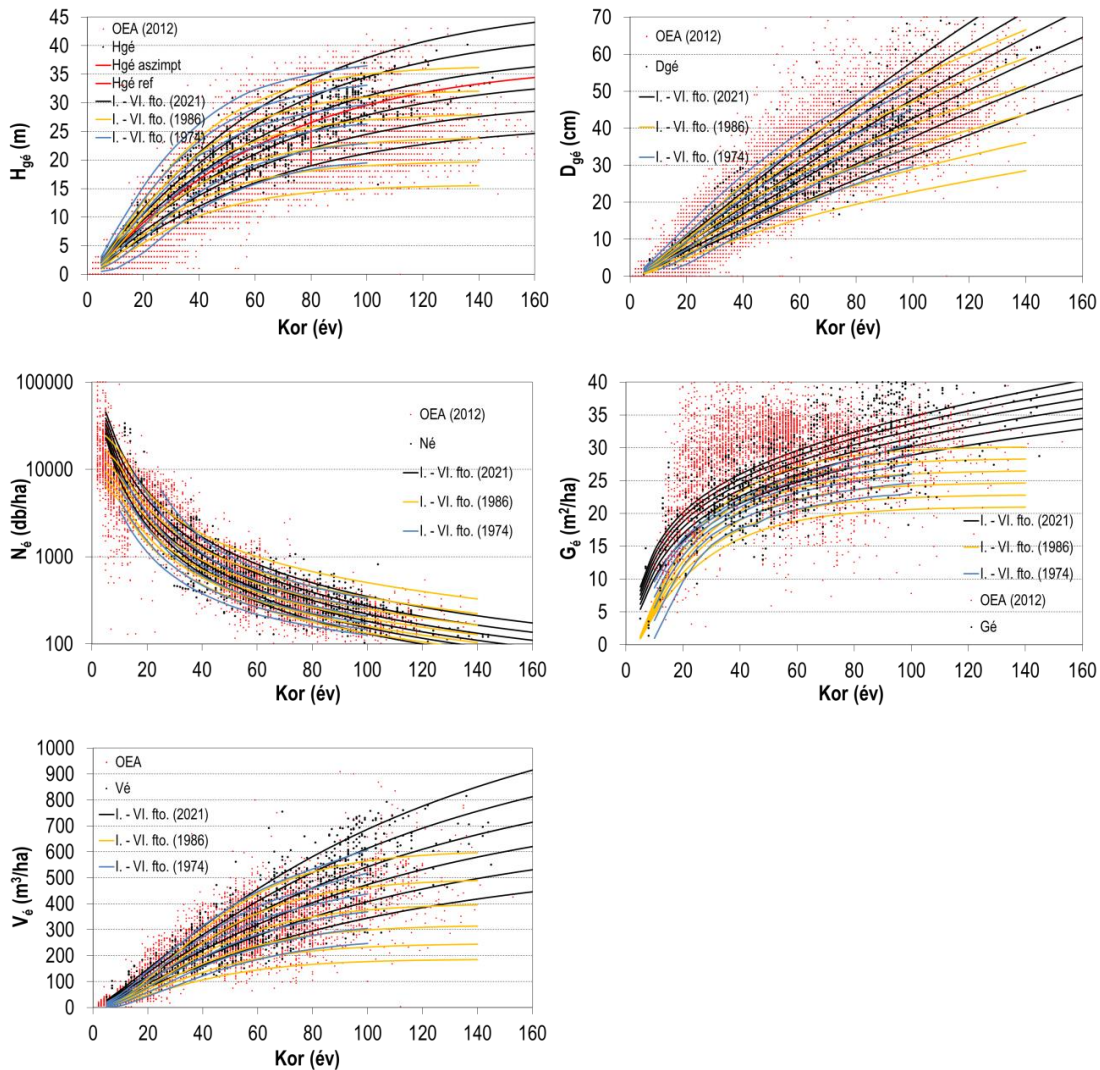
1. ábra: A SOE-ERTI kocsányos tölgy főfafajú kísérleteinek hálózata

Eredmények

Az 1974-es és 1986-os kocsányos tölgy fatermési táblák adatait, az Országos Erdőállomány Adattár 2012 évi adatait, a kísérleti parcellák adatait, valamint az adatok alapján javasolható új fatermési táblák vezérgörbéit diagramokon ábrázoltuk (2-4 ábra).

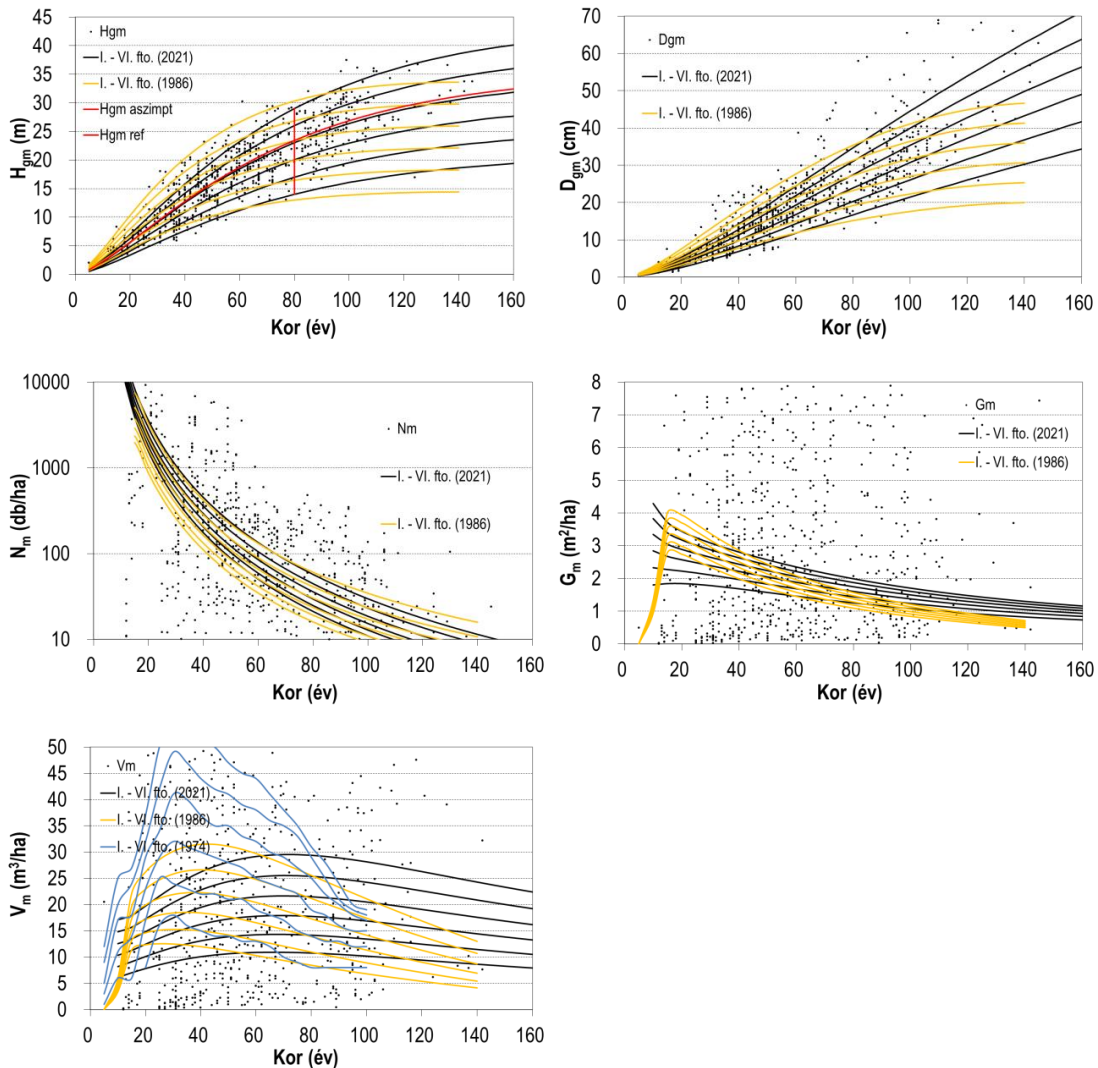
Az új fatermesztési tábla szerkesztésének alapjául az erdőmérnöki karon oktatók fatermés tanterv keretein belül kiadott oktatási segédletet szolgált (VEPERDI 2005). Az élőállományt és a mellékállományt azonos módszerrel számoltuk ki, két elkülönülő

állományrészként vizsgálva. A fatermési tábla szerkesztésekor törekedtünk a korábban publikált táblák szerkezetének megőrzésére, azonban ez nem teljesen egyezik. A korábbi gyéritetlen állományokra vonatkozó főállomány és mellékállomány felosztást, a kezelt erdőkre vonatkozó élőállomány és mellékállomány felosztásra változtattuk. Ennek oka, hogy a mellékállomány elkülönítése a jegyzőkönyvekben nem egyértelmű. A diagramokon a hagyományokhoz híven 6, azonos relatív magassági növekedési menetű, egyenlő sáv szélességű fatermési osztályra bontva mutatjuk be a szokásos állományszerkezeti adatokat.



2. ábra: Az élőállomány faállományszerkezeti jellemzői a kor függvényében ($H_{g\acute{e}}$, $D_{g\acute{e}}$, $N_{g\acute{e}}$, $G_{g\acute{e}}$, $V_{g\acute{e}}$), összehasonlítva a korábbi fatermési táblák és az Országos Erdőállomány Adattár adataival

Az élőállomány (2. ábra) átlagmagasságát ($H_{g\acute{e}}$) a korábbi táblákhoz képest javasolt jelentősen emelni. Ugyanez igaz az átlagátmérő ($D_{g\acute{e}}$) adataira is. Az országos adatok hasonlóak a javasolt új táblákhoz. A törzsszámot ($N_{g\acute{e}}$) a két korábbi tábla között javasolt tartani. A körlap ($G_{g\acute{e}}$) esetében még 160 éves kor felett is növekedést tapasztalunk. Erre magyarázat lehet, hogy a fafaj élettartama jóval hosszabb is lehet, mint a jelenlegi vágásfordulók. A korábbi táblák is kisebbre becsülték a körlapértéket. Az élőállomány fatérfogata ($V_{g\acute{e}}$) a körlaphoz hasonlóan jelentősen, és folyamatosan emelkedik az adataink alapján. A korábbi táblák felfelé tolása szükséges.

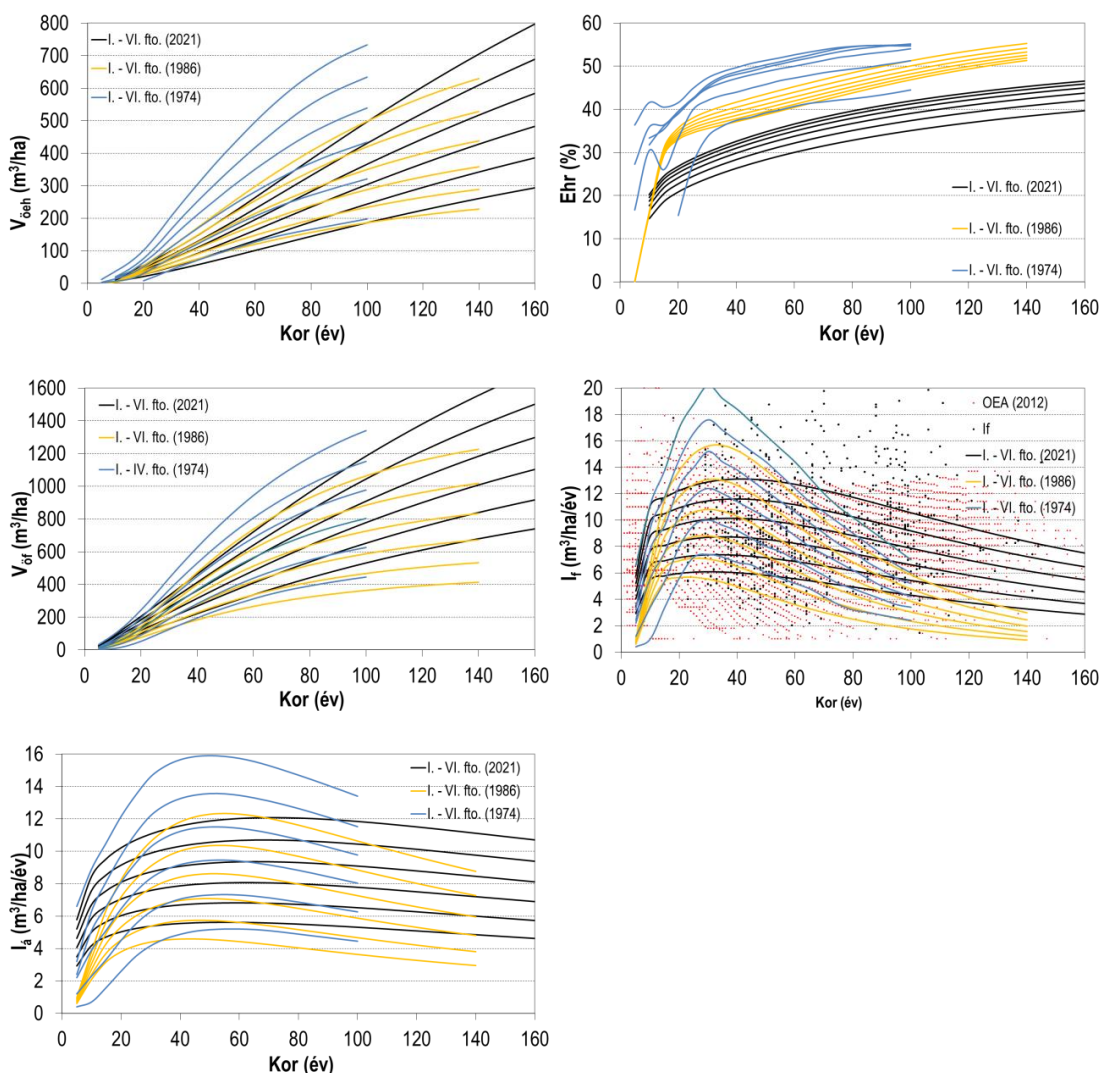


3. ábra: A mellékállomány faállományszerkezeti jellemzői a kor függvényében (H_{gm} , D_{gm} , N_m , G_m , V_m), összehasonlítva korábbi fatermési táblák adataival

A mellékállomány (3. ábra) esetében az 1974-es tábla kevés adatot tartalmaz, így az összehasonlítás fatérfogat kivételével csak az 1986-os táblával lehetséges. A mellékállomány adatok 5 éves periódusokra érvényesek. Az átlagmagasság (H_{gm}) egy osztálynyi növekedést mutat idősebb korban. Átlagátmérő (D_{gm}) esetében szintén jelentős növekedés tapasztalható idős korban. A törzsszám (N_m) a korábbi táblához képest szűkebb tartományt vesz fel. A körlap (G_m) növekszik a korábbi táblához képest. A mellékállomány fatérfogata (V_m) kiegyenlítettebb, fiatal korban ugyan kisebb, de később kevésbé csökkenő tendenciát mutat, mint a korábbi táblák.

Az összes fatermés (4. ábra) esetében az összes előhasználati fatérfogatot ($V_{\text{öeh}}$) jelentősen felül becsüli az 1974-es tábla, míg a 86-os tábla egészen hasonló adatokat mutat. Az előhasználati részarányok (Ehr) teljesen megváltoznak. Az összes fatermés fatérfogata ($V_{\text{öf}}$) a két korábbi tábla között helyezkedik el. A folyónövedék (I_f) a kocsányos tölgy esetében egy eléggé kiegyenlített növekedést mutat, szemben a korábbi táblák kimagasló fiatalkori és jelentősen lecsökkenő időskori növedékéhez viszonyítva, maximuma 40 évesen 6-13

$\text{m}^3/\text{ha}/\text{év}$, míg 160 évesen $3\text{-}7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$. Az átlagnövedék (I_a) vezérgörbéi a két korábbi tábla között, kiegyenlítettebben futnak.



4. ábra: Az összes fatermés jellemzői a kor függvényében ($V_{\text{öeh}}$, E_{hr} , $V_{\text{öf}}$, I_f , I_a), összehasonlítva a korábbi fatermési táblák és az Országos Erdőállomány Adattár adataival

Következtetések

A korábbi táblák kiadása óta eltelt évtizedekben jelentős adattömeg halmozódott fel a SOE-ERTI hosszúlejártú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának újra felvételezései, mely alapján a kocsányos tölgyesek országos fatermési tábláját pontosítani célszerű.

A diagramokon bemutatott javasolt új fatermési táblák (2-4. ábra) jelentősen eltérnek a korábban publikáltaktól. Természetesen ez az eltérés faállomány szerkezeti jellemzőkként, korszakonként és fatermési osztályonként is jelentősen változik. Mindezek alapján javasolt egy új, országos kocsányos tölgy fatermési tábla bevezetése. Ehhez szükséges ezek korszerű publikálása. Szükséges a hagyományos táblázat formátum, emellett célszerű kiadni a táblák alapján készült erdőnevelési modelleket is. Célszerű lenne digitális formában hozzáférhetővé tenni az eredményeket, mely segítségével egyedi állományokra is elvégezhetőek a faállománybecslések, és tervezések.

Köszönetnyilvánítás

A TKP2021-NKTA-43 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- KISS R. (1971): Fatermési tábla a magyarországi kocsányos tölgyesekre. Erdészeti kutatások, 1970. 66. évfolyam. kötet, pp. 103-114.
- KISS R. - SOMOGYI Z. - JUHÁSZ G. (1986): Kocsányos tölgy fatermési tábla. Erdészeti Kutatások, 78. kötet, pp. 265-282.
- KOLLÁR T. - BOROVICS A. (2021): A magyarországi hosszú lejáratú erdészeti tartamkísérleti hálózat fenntartásának korszerű irányelvei, adatfeldolgozási módszerei és legfontosabb eredményei. Erdészettudományi Közlemények, 11. évfolyam 1-2. szám, pp. 1-20.
- SOPP L. (1974): Fatömegszámítási táblázatok fatermési táblákkal, második, átdolgozott, bővített kiadás. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- VEPERDI G. (2005): Faterméstan gyakorlati feladatok. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem.

ÚJ ADATOK A MAGYARORSZÁGI KÖRISEK (*FRAXINUS SSP.*) FATERMÉSÉRŐL

New data about the yield of Hungarian ash (*Fraxinus ssp.*) forests

KOLLÁR TAMÁS¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály
kollar.tamast@uni-sopron.hu

Kivonat

A SOE-ERTI tartamkísérleti hálózata adatainak alapján a magyarországi kőrisek – magas kőris (*Fraxinus excelsior*) és magyar kőris (*Fraxinus angustifolia subsp. pannonica*) – fatermési tábláját elsőként 1973-ban Kovács Ferenc (1974-ben Sopp László, fatömegszámítási táblázatok mellékleteként is megjelent), melyet 1981-ben és 1986-ban is megújított. Az elmúlt közel hat évtizedben felhalmozódott felvételi adatok alapján új fatermési táblát javasolt készíteni a kőrisekre. Jól érzékelhető különbségek tapasztalhatóak a korábbi táblákhoz viszonyítva az élő és mellékállományban is a kor függvényében vizsgált paraméterekben, mint az átlagmagasság (H_g), átlagátmérő (D_g), tőszám (N), körlap (G), fatérfogat (V), összes előhasználat fatömege ($V_{\text{öeh}}$), összes fatermés fatömege ($V_{\text{öf}}$) vagy átlag növedék (I_a). A folyónövedék (I_f) maximuma 40 évesen 5-12 m³/ha/év, míg 160 évesen 2-4 m³/ha/év.

Abstract

From the data of the long-term experiment network of the UOS-FRI, forest yield tables of Hungarian ash stand – common ash (*Fraxinus excelsior*) and Hungarian ash (*Fraxinus angustifolia subsp. pannonica*) – were published first by Ferenc Kovács in 1973 (also published in László Sopp, timber volume calculate tables appendix in 1974), then renewed in 1981 and 1986. According to the records aggregated in the near last six decades, new forest yield tables suggested to be made for ash. There are significant differences proportionally to the previous tables in the living and the secondary stand by the studied parameters depending on the age, such as average height (H_g), average diameter (D_g), stem number (N), basal area (G), volume (V), total intermediate cutting volume ($V_{\text{öeh}}$), total yield volume ($V_{\text{öf}}$) or average increment (I_a). Current increment (I_f) maximum at 40-year-old is 5-12 m³/ha/year, while at 160-year-old 2-4 m³/ha/year.

Bevezetés

A kőris fafaj 63 ezer ha területet borít Magyarországon, élőfakészletét 13,8 millió m³-re becsüli az Országos Erdőállomány adattár (NFK-EF 2020). Területaránya az országos erdőterület 3%-a, míg fatömege 4%-ot teszi ki. A magas kőris (*Fraxinus excelsior*) és magyar kőris (*Fraxinus angustifolia subsp. pannonica*) a két leggyakrabban előforduló, faalakú kőris faj hazánkban. Fájuk kiemelkedő minőségű, ezért fatermésének vizsgálatától nem tekinthetünk el. Sajnálatos módon a kőrispusztulás veszélyezteteti állományait, melyek területe várhatóan jelentősen lecsökkenhet a jövőben.

A kőrisek fatermési vizsgálatával Magyarországon Kovács Ferenc foglalkozott. Kutatói életpályája során három különböző kőris fatermési táblát adott ki (KOVÁCS 1974, KOVÁCS 1981, KOVÁCS 1986). Az 1974-ben kiadott Sopp táblában az 1974-es gyertyán tábla adatai szerepelnek (SOPP 1974).

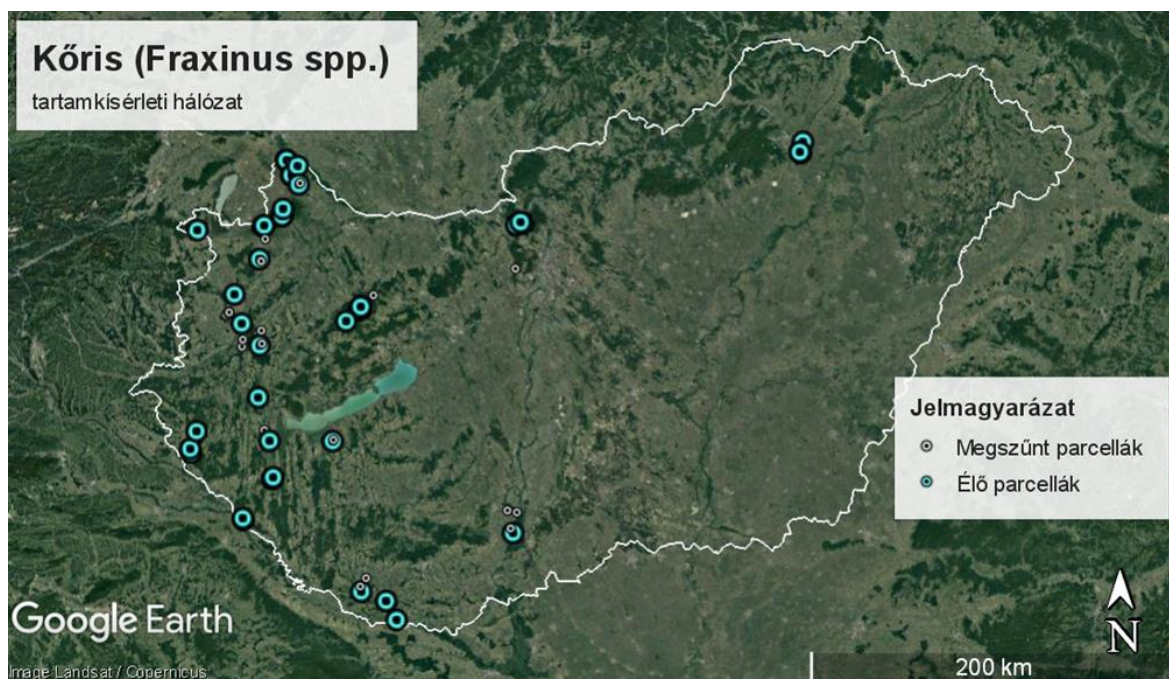
Anyag és módszer

A fatermési táblák szerkesztésének kiinduló adatait a SOE-ERTI hosszúlejáratú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának (KOLLÁR-BOROVICS 2021) magas- és magyar kőris főfafajú parcellái adják (1. ábra), melyek az 1960-as évektől állnak rendelkezésünkre.

Elemzésünkben az erdészeti tartamkísérleti adatrendszer digitálisan hozzáférhető kőris főfafajú parcelláinak adatait használtuk fel, melyek felölelik a magyarországi sík- és dombvidékek változatos termőhelyi és koreloszlású kőriseseit a legjobb fatermőképességtől a legyengébb állományokig. Ez 92 db parcella 249 digitalizált jegyzőkönyvét jelenti.

A parcellák felvételei alapján két állományrészt különítettünk el. Az egyik a teljes élőfakészletet adó élőállomány, mely a fő- és elméleti mellékállomány összege, más néven egészállomány. A másik állományrész a két felvételi periódus között eltűnt (kitermelt, lábom száradt vagy kidőlt), száradékként nyilvántartott valós mellékállomány, mely a kitermelt faanyagot jellemzi. A valós mellékállomány fatérfogatót az utolsó ismert adat alapján számoltuk. Az eltűnt faegyedek fakitermelésig vagy elhalásig megtermelt növedéke nem ismert, mivel a kitermelések, illetve az egyes fák elhalásának időpontja pontosan nem meghatározható, kizárólag a felvételek dátumai. A készített fatermési tábla valós mellékállománya emiatt a valósághoz képest alábecsült. A vizsgált paraméterek a körlap szerinti átlagmagasság (H_g) és átlagátmérő (D_g), törzsszám (N), körlap (G), fatérfogat (V). Számoljuk az összes előhasználatot ($V_{\text{öeh}}$), előhasználati részarányt (E_{hr}), összes fatermés fatérfogatót ($V_{\text{öf}}$), folyó- (I_f) és átlagnövedéket (I_a).

A táblák alapjául szolgáló állományok természetesen elegyesek még az elegyetlennek mondott állományok esetében is. A kőris állományok tőszámát, körlapját és fatérfogatót a körlap szerinti elegyaránnyal osztottuk, ezáltal 100%-os elegyarányra vonatkoztatott adatokat kaptunk. Az idős állományok esetében a záródás gyakran visszaesett a felújító vágások, vagy károsítás miatt. Ezekben az esetekben az adatokat a záródás értékkel is korrigálni kellett az adatokat 100%-os záródásra.

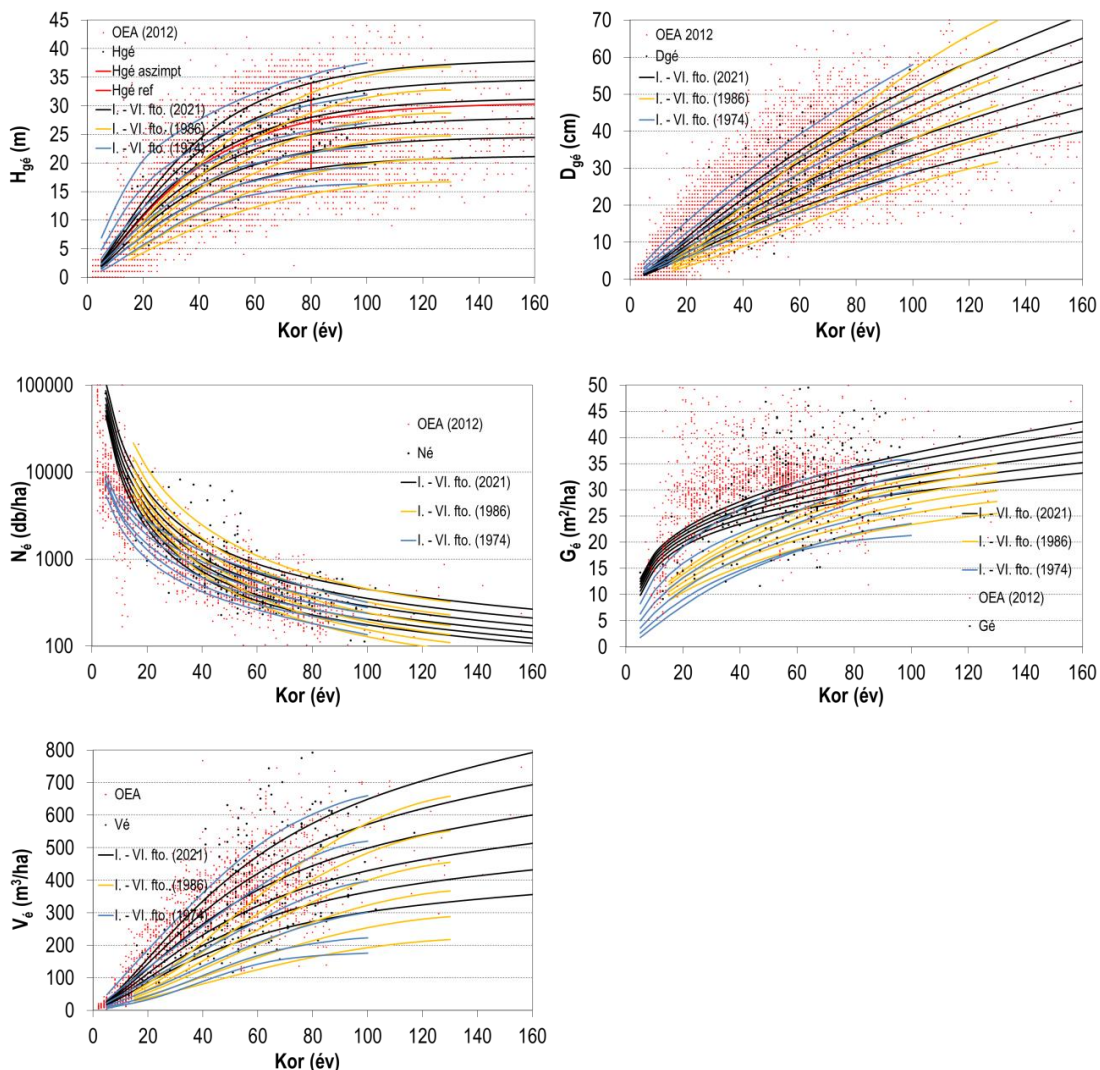


1. ábra: A SOE-ERTI kőris főfafajú kísérleteinek hálózata

Eredmények

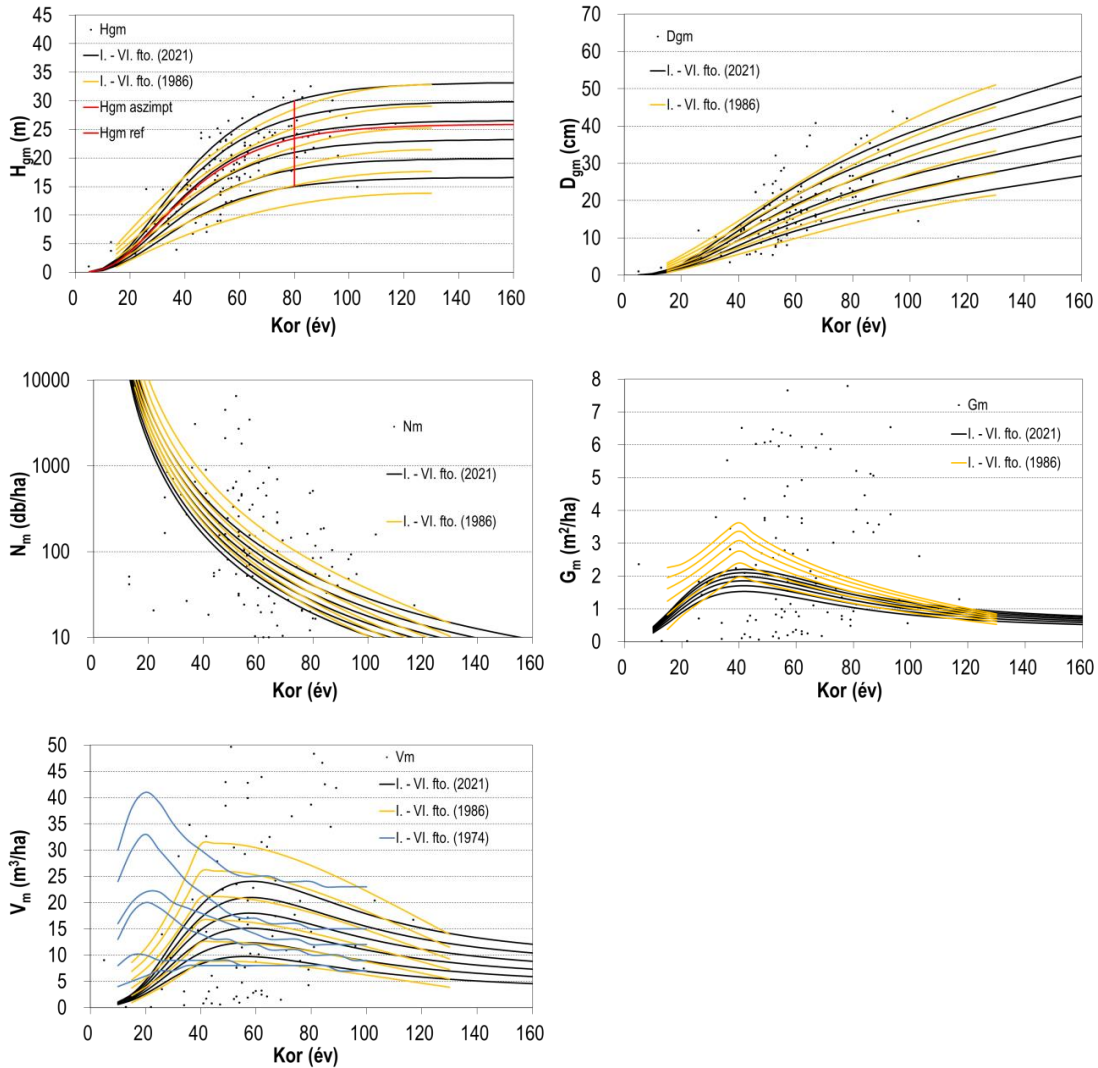
Az 1974-es és 1986-os kőris fatermési táblák adatait, az Országos Erdőállomány Adattár 2012 évi adatait, a kísérleti parcellák adatait, valamint az adatok alapján javasolható új fatermési táblák vezérgörbéit diagramokon ábrázoltuk (2-4 ábra).

Az új fatermesztési tábla szerkesztésének alapjául az erdőmérnöki karon oktató fatermesztés tanterv keretein belül kiadott oktatási segédlet szolgált (VEPERDI 2005). Az élőállományt és a mellékállományt azonos módszerrel számoltuk ki, két elkülönülő állományrészként vizsgálva. A fatermési tábla szerkesztésekor törekedtünk a korábban publikált táblák szerkezetének megőrzésére, azonban ez nem teljesen egyezik. A korábbi gyérítetlen állományokra vonatkozó főállomány és mellékállomány felosztást, a kezelt erdőkre vonatkozó élőállomány és mellékállomány felosztásra változtattuk. Ennek oka, hogy a mellékállomány elkülönítése a jegyzőkönyvekben nem egyértelmű. A diagramokon a hagyományokhoz híven 6, azonos relatív magassági növekedési menetű, egyenlő sáv szélességű fatermési osztályra bontva mutatjuk be a szokásos állományszerkezeti adatokat.



2. ábra: Az élőállomány faállományszerkezeti jellemzői a kor függvényében ($H_{g\acute{e}}$, $D_{g\acute{e}}$, $N_{\acute{e}}$, $G_{\acute{e}}$, $V_{\acute{e}}$), összehasonlítva a korábbi fatermési táblák és az Országos Erdőállomány Adattár adataival

Az élőállomány (2. ábra) átlagmagassága ($H_{g\acute{e}}$) és átlagátmérője ($D_{g\acute{e}}$) esetében a javasolt új tábla a két korábbi közé ékelődik. Az országos adatok talán enyhén felfelé becsültek a körisek esetében. Törzsszáma ($N_{\acute{e}}$) nagyobb, mint a korábbi táblák, míg körlapja ($G_{\acute{e}}$) 160 éves korban is emelkedést mutat. A korábbi táblák szintén alul becsült körlapot mutatnak. Az élőállomány fatérfogata ($V_{\acute{e}}$) szűkebb tartományt mutat, mint az 1974-es tábla, de felfelé eltolt az 1986-os táblához képest.

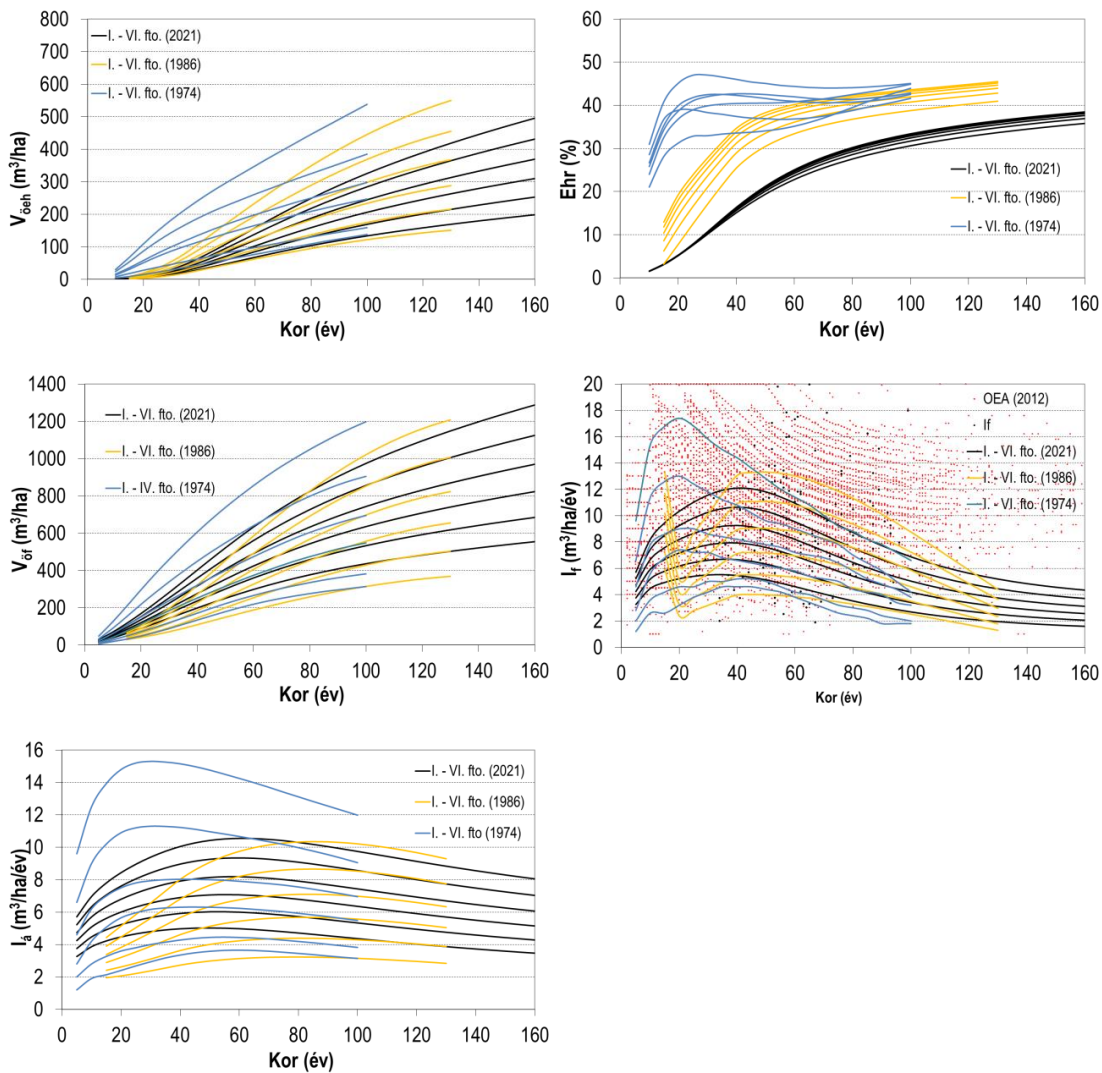


3. ábra: A mellékállomány faállományszerkezeti jellemzői a kor függvényében (H_{gm} , D_{gm} , N_m , G_m , V_m), összehasonlítva korábbi fatermési táblák adataival

A mellékállomány (3. ábra) esetében az 1974-es tábla kevés adatot tartalmaz, így az összehasonlítás fatérfogat kivételével csak az 1986-as táblával lehetséges. A mellékállomány adatok 5 éves periódusokra érvényesek. Az átlagmagasság (H_{gm}) egy osztálynyi növekedést mutat jobb termőhelyeken. Átlagátmérő (D_{gm}) a korábbi táblához képest szűkebb tartományt vesz fel. Törzsszám (N_m) esetében csökkenést tapasztalni. A körlap (G_m) is csökken a korábbi táblához képest. A mellékállomány fatérfogata (V_m) csökken a korábbi táblához képest.

Az összes fatermés (4. ábra) esetében az összes előhasználati fatérfogat ($V_{\acute{o}eh}$) jelentősen kevesebb, mint a korábbi táblák becslései. Itt a jó termőhelyeken akár kétosztálynyival is

viSSzaesik az előhasználati fatérfogat. Az előhasználati részarányok (Ehr) teljesen megváltoznak. Az összes fatermés fatérfogata ($V_{\text{öf}}$) szintén a két korábbi tábla között helyezkedik el. A folyónövedék (I_f) esetében a korábbi 1974-es tábla igen magas fiatalkori növedéket mutat, illetve az 1986-os tábla egy furcsa hullámformát mutat fiatal korban, ami biztosan hibás táblát eredményezett. A javasolt új fatermési tábla kiküszöböli a két korábbi tábla furcsaságait, és egy állandóbb, fokozatosan csökkenő tendenciájú növedék menetet rajzol fel. Maximuma 40 évesen $5-12 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$, míg 160 évesen $2-4 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$. Az átlagnövedék (I_a) vezérgörbéi a két korábbi tábla között, kiegyenlítettebben futnak.



4. ábra: Az összes fatermés jellemzői a kor függvényében ($V_{\text{öeh}}$, Ehr, $V_{\text{öf}}$, I_f , I_a), összehasonlítva a korábbi fatermési táblák és az Országos Erdőállomány Adattár adataival

Következtetések

A korábbi táblák kiadása óta eltelt évtizedekben jelentős adattömeg halmozódott fel a SOE-ERTI hosszúlejáratú fatermési és erdőnevelési tartamkísérleti hálózatának újra felvételezéseivel, mely alapján a körisek országos fatermési tábláját pontosítani célszerű.

A diagramokon bemutatott javasolt új fatermési táblák (2-4. ábra) jelentősen eltérnek a korábban publikáltaktól. Természetesen ez az eltérés faállományszerkezeti jellemzőkként, korszakonként és fatermési osztályonként is jelentősen változik. Mindezek alapján javasolt

egy új, országos kocsányos tölgy fatermési tábla bevezetése. Ehhez szükséges ezek korszerű publikálása. Szükséges a hagyományos táblázat formátum, emellett célszerű kiadni a táblák alapján készült erdőnevelési modelleket is. Célszerű lenne digitális formában hozzáférhetővé tenni az eredményeket, mely segítségével egyedi állományokra is elvégezhetőek a faállománybecslések, és tervezések.

Köszönetnyilvánítás

A TKP2021-NKTA-43 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- KOLLÁR T. - BOROVICS A. (2021): A magyarországi hosszú lejáratú erdészeti tartamkísérleti hálózat fenntartásának korszerű irányelvei, adatfeldolgozási módszerei és legfontosabb eredményei. Erdészettudományi Közlemények, 11. évfolyam 1-2. szám, pp. 1-20.
- KOVÁCS F. (1974): A kőris fatermése. Erdészeti kutatások, 1973. Vol 69. I. kötet. 217-222.
- KOVÁCS F. (1981): Új kőrisfatermési táblák. Erdészeti kutatások, 1981. Vol. 74. 321-334.
- KOVÁCS F. (1986): A mag eredetű kőrisek fatermése. Erdészeti kutatások, 1986. Vol. 78. 225-240.
- SOPP L. (1974): Fatömegszámítási táblázatok fatermési táblákkal, második, átdolgozott, bővített kiadás. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- VEPERDI G. (2005): Fatermésstan gyakorlati feladatok. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem.

BIOGÁZNÖVELÉS LEHETŐSÉGEINK KÉRDÉSEI A SOPRONI SZENNYVÍZ-TISZTÍTÓ TELEPEN

Possibilities of biogas increase at the Sopron wastewater treatment plant

VÁGVÖLGYI ANDREA¹, MÉSZÁROS IMRE²

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet;

²Soproni Vízmű Zrt.

vagvolgyi.andrea@uni-sopron.hu

Kivonat

A Soproni Szennyvíztisztító telepen Sopron városában és környékén keletkezett szennyvíz tisztítása történik kompakt, igen magas szinten automatizált technológia segítségével. A szennyvíztisztítás során keletkezett iszapot anaerob fermentációnak vetik alá, ezáltal biogázt termelnek, melyet gázmotorban elégetve villamos- és hőenergia előállítására használnak fel. A kutatásban vizsgáltuk a biogáz termelés, ezzel együtt az energiatermelés növelési lehetőségeit.

Abstract

Treatment of wastewater generated in and around Sopron it is done using compact and highly automated technology. The resulting sludge is subjected to anaerobic fermentation to produce biogas, which is burned in a gas engine and used to produce electricity and heat. In the research, we examined the possibilities of increasing biogas production, as well as energy production.

Bevezetés

Egy szennyvíztisztító telepen a szennyvíztisztítás során ugyanazok a folyamatok játszódnak le mint a természetben, csak intenzívebb, ideálisabb körülmények között. Mechanikai, biológiai és harmadlagos kezelést követően a szennyvíz a befogadóba kerül és visszamarad a szennyvíziszap, melynek kezeléséről gondoskodni kell. A szennyvíztisztítási technológia két pontjáról kerül ki iszap. Az előüleptetőből nyersiszap, valamint a biológiai tisztítási körből fölösiszap.

A nyersiszap további sűrítése, víztartalmának csökkentése műtárgyban pálcás sűrítővel történik. A technológiáról lekerülő mintegy 0,5-1%-os szárazanyag tartalmú fölösiszapot 7-7,5%-ra sűrítik a gépekkel, majd a nyersiszappal keveredve, mintegy 4,5-5%-os szárazanyag tartalommal kerül a fermentorokba (1. ábra).



1-2. ábra: Fermentor tornyok, gázfáklya, gázsűrítő gépház, és a gáztároló
(Készítette: Mészáros Imre)

A rothasztó tornyok mezofil tartományban dolgoznak, tehát 35-38 °C-on. A rothasztási idő így mintegy 25 nap. A rendszer hőigénye igen magas, hiszen 4450 m³ iszaptérfogatot

kell 38°C-on tartani, valamint napi mintegy 160 m³ iszapot kell felfűteni $\Delta T=25^\circ$. Ezt a feladatot a fűtőhálózatról cső a csőben hőcserélővel oldják meg.

Rothasztás után 3%-os szárazanyag-tartalommal kerül a centrifugákra, amikről mintegy 22%-os szárazanyag tartalommal kerül tovább. Tehát az eredetileg a technológiáról lekerülő, mintegy 450-500 m³/d iszap (nyers és fölös) térfogata 50-55 m³/d-ra csökken. A rothasztó tornyokban folyamatosan képződő biogáz egy 30 mbar nyomású rendszeren kerül a puffer-tartályba.

Erre a vezetékre vannak felfűzve a:

- biogáz kazánok (feladatuk a gázmotor hőjének hosszabb kiesése esetén a technológia és a technológiai helységek fűtése).
- gázfáklya: automatán üzemel a beállított érték szerint, a puffertartály 90%-os teltségénél indul, mintegy egy órás üzemével 200 m³ gázt eléget (feladata, hogy gázfogyasztó hiánya esetén se kerüljön ki metán a környezetbe).
- gáznyomás fokozó gépház (feladata a 30 mbar-os gáznyomás felemelése 70 mbar-ra a gázmotor felé menő vezetékben).
- gázmotor (feladata a biogáz elégetésén keresztül villamosáram- és hőtermelés).
- gáztároló (puffer tartály, feladata a keletkező biogáz pufferálása, a termelés és felhasználás (2. ábra) közötti különbségek kiegyenlítése).

A szennyvíztisztító telep hidraulikai kapacitása 21 000 m³/nap. 2020-ban átlagosan napi 15408 m³ nyers szennyvíz érkezett a szennyvíztisztító telepre. Így a hidraulikai kiterheltség 73,4%-os. A telep mértékadó szennyezőanyag terhelése 165 000 LE. Egy ember napi kibocsátott szennyezőanyag mennyisége a két vizsgált paraméternek megfelelően:

- KOI: 120mg/nap
- BOI₅: 60 mg/nap (Öllös, 1994)

A 2020-as évben a Szennyvíztisztító telep átlagos KOI terhelése 754 mg/l, míg az átlagos BOI₅ terhelése 405 mg/l volt. A minimum napi terhelés 2020-ban KOI-ra vetítve 321 mg/l, míg BOI₅-re vetítve 90,1 mg/l volt.

- A technológia szennyezőanyag kiterheltsége:
 - o KOI: 11569 [kg/d] / 0,12 [kg/d] = 96 408 LEÉ
- Így a szennyezőanyag kiterheltség **58,4%**
 - o BOI₅: 6191,6 [kg/d] / 0,06 [kg/d] = 103 193 LEÉ
- Így a szennyezőanyag kiterheltség **62,5%**.

Tehát a szennyvíztisztító telep terhelése növelhető.

A biogáznövelés lehetőségei a szennyvíztisztítótelepen

A szervesanyag növelésre két lehetőség van, egyrészt megvizsgáljuk milyen lehetőségek találhatóak a szennyvíztisztító telepen belül, másrészt vizsgáljuk a külső -tehát a beszállításra kerülő- szervesanyag lehetőségeit.

Belső lehetőségek

A szennyvíztisztító telepen belül az alábbi pontokon vizsgáltuk a szervesanyag növelés lehetőségeit.

Homok-zsírfogó – zsírkezelés

A zsírfogóban a leválasztott zsír gázképző hatása a legmagasabb (1 kg leválasztott zsírból 1,43 N m³ gáz nyerhető), tehát ezzel adott lehet a telep biogáztermelés növelésének lehetősége, viszont a kiválasztás során rendkívül sok nehezen bomló és nem bomló anyag kerül közbe.

Rendkívül nagy a szálas, és egyéb nem lebomló anyag (pl. fültisztító pálcika, haj stb.) tartalma. Ezek a nem bomló anyagok azontúl, hogy feleslegesen terhelik a rothasztókat, üzemzavart, dugulásokat okozhatnak a torony keverő és az iszapfűtés keringető

szivattyúknál. Tehát bármilyen jó a zsírfogóban leválasztott anyagok gázkihozatala, mégsem ajánlott azok előkezelés nélkül történő rothasztóba juttatása.

Előülepítő – nyersiszap elvétel – nyersiszap sűrítés, kezelés

A nyersiszap igen jó gázképző, tartalmaz viszonylag gyorsan lebomló alkotórészeket. Így törekedni kell arra, hogy minél előbb a rothasztó tornyokba kerüljön.

Az iszap sűrítése pálcás sűrítőben valósul meg, ahonnan a homogenizáló medencébe kerül, majd a technikai adottságok szerint a fölősiszappal keverten jut fel a rothasztó toronyba.

Mérések alapján a pálcás sűrítővel el lehet érni 6%-os szárazanyag tartalmat is, csak ez esetben értékes gázképző anyagokat veszünk. Az előülepítőről 20-30 kg tsza/m³ koncentrációval elvett 140-210 m³ iszap jellemzően 27%-os hamutartalommal számolva 3 107 kg VSS/d szerves anyagot jelent.

Biológiai blokk - iszapkoncentráció

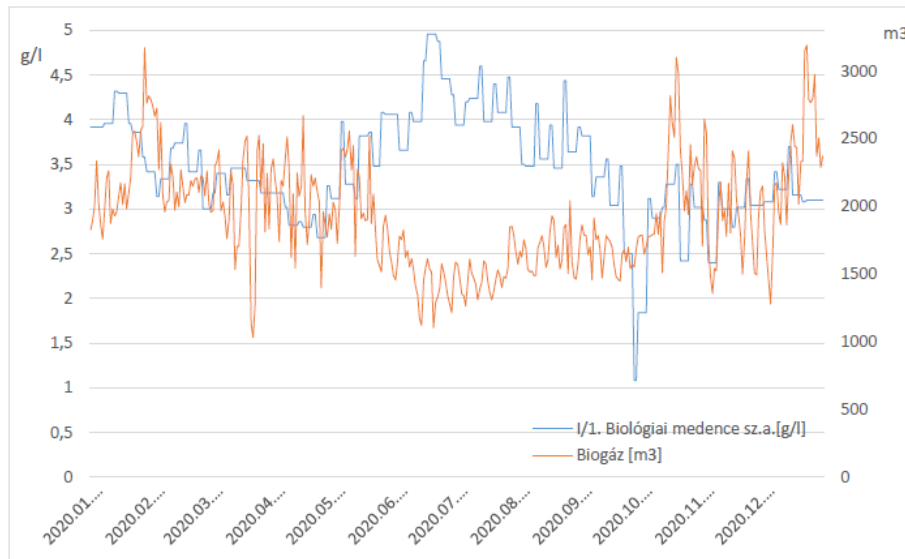
A technológia szabályozásának egyik paramétere a levegőztető medencékben tartandó szárazanyag koncentráció. Ezzel összefüggésben az iszapkor és a recirkuláció. Magas iszapkor esetén a gépi sűrített, rothasztóba feladott fölős iszap minimális biogáz többletet teremt, inkább rontja a gázkihozatalt. A szennyvíz bioreaktorban töltött ideje a hidraulikus tartózkodási idő. A medencében lévő iszap tartózkodási idejét pedig az iszapkor értéke fejezi ki. Ha a reaktort iszaprecirkuláció nélkül működtetnénk, az iszapkor megegyezne a hidraulikus tartózkodási idővel. A soproni telep tervezett iszapkora 15 nap.

Normál telepi működés esetén az iszapkoncentráció egyenes arányban van az iszapkoral. Törekedni kell minél kisebb koncentráció tartására, úgy hogy a tisztítástechnológia kiváló működését ne csökkentse.

Egyértelműen megállapítható hogy magasabb koncentrációnál kevesebb a képződő biogáz. Jellemző a szennyvíztelepekre az évszakos változás, ezt a szakzsargonon őszi és tavaszi vedlésnek nevezi. Ezekben az esetekben megfigyelhető a biológiai életközösségben némi változás, a mikroorganizmus közösség fajainak összetétele kismértékben változik, ez minden esetben rövidebb-hosszabb ideig kihat a tisztított vízminőségre is.

A soproni szennyvíztisztító telepen ez a folyamat nem jellemző. Ennek oka a viszonylag egyenletes szennyvízkibocsátás. Jellemzően az évszakok között sem hidraulikai, sem szervesanyag kibocsátás változás nem mérhető. Érdekességképpen felfedezhető egy kifejezetten soproni szennyvíz kibocsátási „szokás”. Más telepek esetében kimérhető némi hétvégi hidraulikai, és szervesanyag csökkenés. Sopronban a hétvégéken 10% körüli hidraulikai terhelés, és 25-30% körüli szervesanyagterhelés növekedés mérhető. Ennek oka a település sajátosságainak köszönhető (külföldi munkavállalók hétvégi albérlésben tartózkodásával, ételtelével).

A szennyvíztisztítási technológia rugalmasságának köszönhetően ezeket a terhelési többleteket jól kezeli a telep, nem okoznak működési zavart. Példaként a 2020. évre vonatkozó biogázképződés az iszapkoncentráció függvényében (3. ábra).



3. ábra Biogázképződés az iszapkoncentráció függvényében 2020.
(Forrás: Soproni Vízmű Zrt. adatai alapján szerkesztette Mészáros Imre)

Az adatok szerint az 5 g/m³ körüli koncentrációjú technológiából kikerülő fölösiszap gázkihozatala elhanyagolható.

A 4-4,5 g/m³ koncentrációjú technológiából kikerülő fölösiszap az összes gázképződés mintegy 10-15%-át adja.

Ha a koncentrációt 3-3,5 g/m³ körül tudják tartani, akkor az összes gázképződés akár 25%-a kerülhet ki a fölösiszapból.

Jelenlegi ismeretek szerint 3 g/m³ alatti koncentrációt nem célszerű tartani így biztosítva a technológia kiváló működését, és kellő rugalmasságát.

A fentiek alapján javasolható az iszapkoncentráció optimalizálását, ezzel stabilan tartható a 10%-os biogáz mennyiség növekedés.

Csurgalékvizek, belső telepi vízforgalom

Két, esetünkben jelentős csurgalékvizet vizsgáltunk:

- sűrítőről lekerülő csurgalékvíz;
- víztelenítőkről lekerülő csurgalékvíz.

A fölösiszap sűrítő gépekről visszakerülő csurgalékvíznek nincs változtató hatása a gázképződésre, ellenben a tisztítás-technológiára okoz egy többletterhelést, így minősége más szempontok szerint igen lényeges.

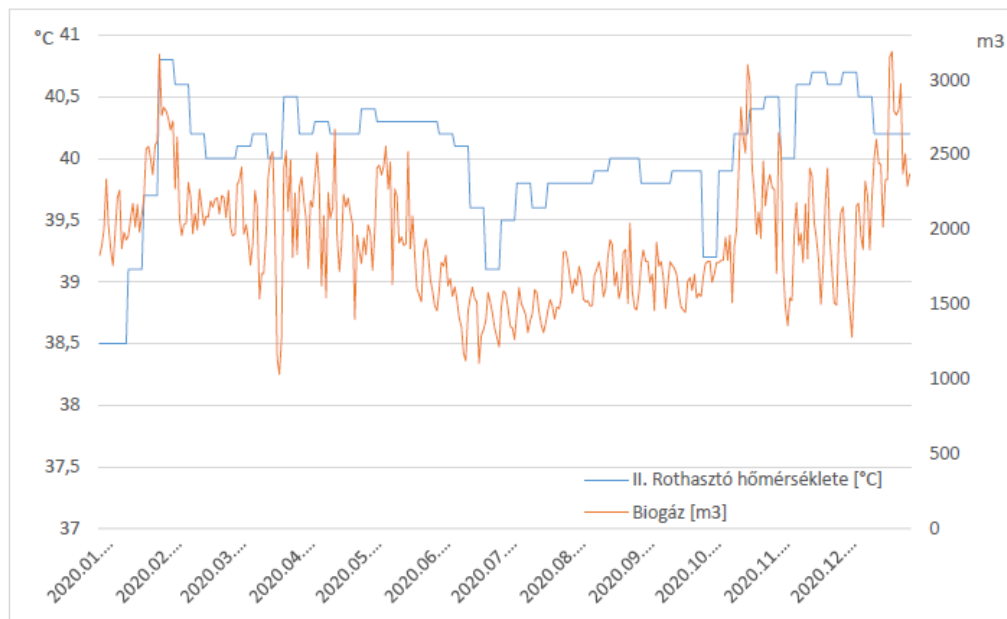
Az iszapvíztelenítő centrifugákról lekerülő csurgalékvíz anaerob iszaptól keletkezett, így jól bomló, gázt képző anyagot már nem tartalmaz, ellenben a tisztítás-technológiára nézve okoz egy többletterhelést, így minősége más szempontok szerint igen lényeges.

Rothasztó tornyok

A mezofil tartományban (35-38°C) üzemelő, megfelelő térfogatú (2x2250 m³) tornyok hosszú tartózkodási időt biztosítanak (24-25 nap), így elvárható a jó szervesanyag lebontás, és biogáz kihozatal.

A fűtőkört jelenleg úgy állították be, hogy az automatika 40°C-ig engedi felfűteni a rothasztó tornyokat.

Az adatok alapján elmondható, hogy 35°C-nál lényegesen kevesebb a képződő biogáz, mint 38°C-nál, de az elmúlt időszak alapján kijelenthető, hogy a 38°C-os tornyokhoz képest, ha 40°C-on tudják tartani a rendszert mintegy 10%-kal több gáz képződik (4. ábra).



4. ábra Biogázképződés a rothasztó torony hőmérséklet függvényében 2020.
(Forrás: Soproni Vízmű Zrt. adatai alapján szerkesztette Mészáros Imre)

„Külső” biogáz növelési lehetőségek

Beszállított hulladékok

A biogáz képződésre nagy hatással van a zsíros hulladék, de a biológiai tisztító fokozatra is.

Jelenleg is fogadnak hulladékokat a telepen, ezek jellemzően szennyvizek:

- részben lakossági eredetűek,
- csurgalékvizek,
- különböző technológiákból származó szennyvizek pl. sörgyár,
- zsírfogókból származó vizek több-kevesebb zsírtartalommal,
- üzemi szennyvíztisztítóból iszap.

A hulladékfogadásra rendelkezésre áll egy automata „szippantott szennyvíz fogadó”. Itt a szennyvíz előkezelése megtörténik, majd a szűrlet a telepi csurgalék-rendszerbe, technológiára kerül. Az előkezelés szűrést jelent, így a zsíros hulladékok fogadására alkalmatlan a technológia. Ezeket közvetlenül a rothasztó tornyokba adagolják.

A hulladékok összetételét figyelik, fontos kémiai paramétereit laboratóriumban vizsgálják (pH, KOI_{Cr} , nitrogénformák, ÖP). Negyedévente számolják a hulladék terhelését a technológiára,

A számadatokat áttekintve általánosan elmondható, hogy a beszállítások a telepi hidraulikai terhelés 0,2%-át, szerves anyag terhelésének 3,44%-át teszik ki.

A hidraulikai terhelés közel állandó, a szervesanyag terhelés 1,5-4% között változik.

A beszállított hulladékok növelése a biogáz mennyiségi növelése szempontjából célszerű. A térségben keletkezik és a telepre régebben beszállításra is került nagy mennyiségű zsíros hulladék. Vizsgálni kell a hulladékfogadás lehetőségét további kezelését, hatását, visszahatását a tisztítás technológiára és az iszapvonalra. A zsíros hulladék állateledel gyártótól származik, így a fogadása illetve kezelése a 142/2011/EU rendeletnek, valamint 45/2012. (V. 8.) VM rendeletnek, az Élelmiszerlánc-Biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóság előírásainak előírásai szerint kell, hogy történjen. Biztosítani kell a megfelelő

fermentációs időt, ami 70°C egy óra időtartamban. A fentiek alapján a hulladékfogadás számottevő növelésére nincs mód.

Ha fenti vizsgálatokkal összevetjük a rothasztó kapacitását.

Tervezési adatok:

A rothasztóba kerülő sűrített, kevert iszap 178 m³/d

Rothasztó térfogat 25 napos tartózkodási idővel számolva 178 x 25 = 4450 m³

Sűrített iszap 8.889 kgTS/d, ebből szerves 6.651 kgVSS/d / 4450 m³ = 1,5 kgVSS/m³,d tervezett térfogat szerves anyag terhelése 1,5 kg szerves szerves anyag/m³/nap.

Üzemelési adatok:

A rothasztóba kerülő sűrített, kevert iszap 161 m³/d, szerves anyagban 6.016 kgVSS/d / 4450 m³ = 1,35 kgVSS/m³, Ez 90%-os kiterheltség, de irodalmi adatok szerint a tartózkodási idő biztonsággal csökkenthető 20 napra, így a kiterheltség $(0,9/25 \cdot 20) \cdot 100 = 72\%$ -os, de irodalmi adatok szerint a térfogat szerves anyag terhelése biztonsággal növelhető akár 2,5 kgVSS/m³,d-re, így a kiterheltség $(0,72/2,5 \cdot 1,5) \cdot 100 = 43\%$ -os. (AQUINNO Kft., 2008)

Az áttekintés alapján megállapítható, hogy a rothasztókapacitás jelentős tartalékokkal rendelkezik. Az első terhelési növelési lehetőség a 25 napos tartózkodási idő 20 napra csökkentése. Második terhelési növelési lehetőség a szerves anyag terhelés megemlése 2,5 kg/VSS/m³/napra. Kérdés hogy a megnövekedett biogáz mennyiséget is tudja-e kezelni/szálítani a gázellátó rendszer? Ehhez meg kell vizsgálni annak elemeit.

Gázvezeték

Mivel a gáz páratartalma 100% körül van hőmérséklete 38°C körüli, ezért víz kondenzálódással kell számolni. A vezeték lejtése jó, mélypontján vízleeresztő van. Mérete megfelelő (NA 200), nyomvonalán adódó problémákat megoldották. A vezeték kivitelezése után utólag felderített „kontras” szakaszt kijavították, így ennél a szegmensnél nem jelentkezik probléma.

Gázfáklya

Ideális üzem mellett nem történik fáklyázás, mint biztonsági műtárgy van csak jelen. Teljesítménye meghaladja a mindenkori gázképződést.

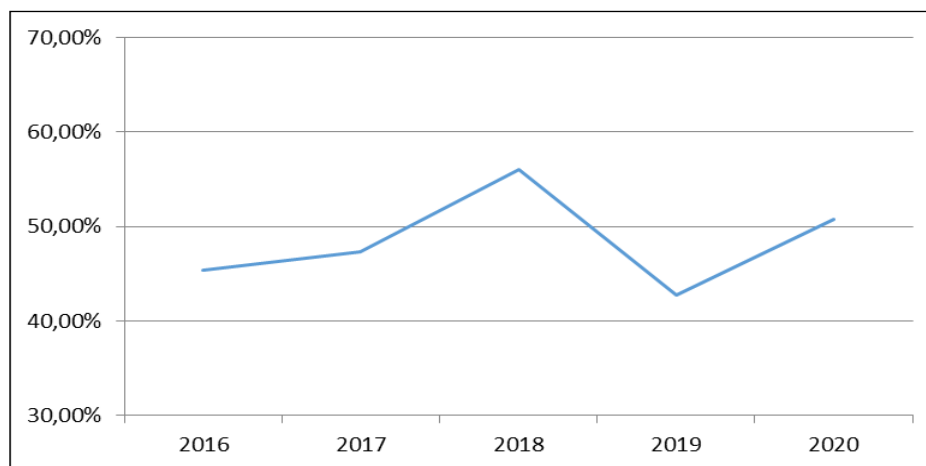
Gázsűrítő

Egy ventilátor sűríti 30 mbar-ról a nyomást a gázmotornak szükséges 70 mbar-ra. Tartalék nincs, így szükséges egy tartalékberendezés beszerzése.

Gáztároló (puffer), gázmotor

A gáztároló 1030 m³-es térfogatú, mely szakirodalmi adatok szerint elégséges. A szakirodalom a napi termelt gázmennyiség 25%-ára alkalmas tározó térfogatot irányoz elő. Az ÖKOTECHNIK Kft, mint szakcég, tervezési értéknek a napi gáztermelés 20-50%-val számol. Esetünkben ez 40%. A gáztároló térfogat egy folyamatosan, napi 24 órában üzemelő gázmotor mellett elégséges, de a helyi sajátosságok miatt a gázmotor napi 18-20 órás üzeme mellett igen kiterhelt. Gázmotor terheltségében van 15% tartalék, üzembiztonsági szempontokból, a hulladékkal jelentősen megnövelhető biogáz hasznosítására már nem alkalmas.

A megtermelt villamosenergia felhasználás alakulását mutatja be az 5. ábra.



5. ábra: Az éves villamos energia fogyasztás-termelés megoszlása a szennyvíztisztító telepen
(Forrás: Soproni Vízmű Zrt. adatai alapján szerkesztette Mészáros Imre)

Látható, hogy egy mértékadónak nevezhető évben (2018.) kitermelhető a saját energiaigény 56%-a. Ha a biológiánál javasolt iszapkoncentrációt sikerül tartani, akkor a biogáz, villamosenergia-termelés 15%-kal nő, így egy zavarmentesnek tekinthető 2018-as év alapján számolva a saját energiaszükséglet 65%-át fogja kitermelni.

Következtetések

A technológiai folyamatok optimalizálásával (iszapkoncentrációk megfelelő intervallumok közötti tartása, tartózkodási idők csökkentése, rothasztó tornyok hőmérséklete, ...) 10-15%-kal is növelhető a termelt biogáz mennyisége.

Szabad kapacitás van pl. külső hulladékok fogadására, de ehhez technológiai fejlesztésekre van szükség. Mivel a fejlesztések több technológiai elemet érinthetnek (pl. gáztározó növelés, gázmotor beszerzés stb.), ezért a technológia és gazdaságossági kérdéseket tanulmánytervben vizsgálni kell. A fejlesztések nagyságrendje a több száz millió forintot is elérheti.

Irodalomjegyzék

- AQUINNO KFT. (2008). Soproni Szennyvíztisztító Telep Komposztáló Végleges kezelési utasítás. Budapest 90 p.
- MÉSZÁROS I. (2021): A biogáz-termelés növelésének kérdései a soproni szennyvíztisztító telep példája alapján. Diplomamunka, SOE, EMK, EMKI
- ÖLLÖS G. (1994): Szennyvíztisztító telepek üzemeltetése I-II. Budapest: Akadémiai Kiadó.

LÖSZGYEPPFRAGMENTUMOK VEGETÁCIÓJÁNAK SZEREPE AZ AGRÁRTÁJAK DIVERZITÁSÁBAN A MOSONI-SÍK PÉLDÁJÁN

The role of dry loess grassland fragments in the diversity of Mosoni Plain agricultural landscapes

KIRÁLY ANGÉLA¹, KIRÁLY GERGELY², LÁSZLÓ RICHÁRD¹, FARAGÓ SÁNDOR¹

¹SOE EMK, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet

²SOE EMK, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

kiraly.angela@uni-sopron.hu

Kivonat

A Mosoni-síkon nagyüzemi szántók közé ékelődve, speciális élőhelyeken, rézsűkön, mezővédő erdősávok, utak mellett maradtak fenn kisebb gyepfoltok. Ezek refúgiumot jelentenek az egykori természetes vegetáció elemei számára, egyben propagulumforrást az esetleges visszatelepülésekhez. A szisztematikus gyepfelmérés 2021 vegetációs időszakában megkezdődött, előzetes eredményekről számolunk be a tanulmányban. A vizsgálatok célja a természetközeli állapotú illetve a degradált, másodlagos gyepek fajkészletének, szerkezetének összehasonlítása. Továbbá a leromlott területek regenerációs lehetőségeinek vizsgálata a természetközeli gyepek befolyásának függvényében.

Abstract

Wedged between large areas of arable land in the Mosoni plain, small areas of grassland have been preserved in special habitats, on slopes, next to forest strips and along roads. These are areas of retreat for elements of the former natural vegetation and a source of propagation for possible resettlement. The systematic grassland survey started in the vegetation period 2021; preliminary results are reported in the study. The aim of the investigations is to compare the species population and the structure of semi-natural and degraded secondary grasslands. Furthermore, the investigation of the regeneration possibilities of degraded areas depending on the influence of semi-natural grassland areas.

Bevezetés

A Mosoni-sík kistáj mai képét a szántóföldi művelés határozza meg, a természetközeli élőhelyek kiterjedése csekély, az erős fragmentációhoz a sok közlekedési létesítmény is hozzájárul. A vizsgálataink tárgyaként szolgáló száraz élőhelyek közül a száraz tölgyeseknek a tájban hírmondója sem maradt, a jó állapotú száraz gyepek is nagyon megritkultak.

A Kisalföld egyes, nem ártéri jellegű tájai (pl. Ausztriában a Pándorfalvi-fennsík, Magyarországon a Gönyüi-homokvidék, Szlovákiában a Hegyfarok) erdőssztyep-területei számos interglaciális vagy posztglaciális jellegű sztyepfaj, illetve sztyep-eredetű füves élőhely potenciális menedékei. A fajok közül kiemelhetők a Nezsider mellett előforduló *Artemisia pancicii*, *Arenaria procera* (vö. CSAPODY 1975), vagy a Győr melletti pusztákon megtalálható *Astragalus excapus*, *Daphne cneorum* (vö. SCHMIDT 2010). Az e két tájjal szerves biogeográfiai kapcsolatban álló Mosoni-sík egykor szintén számos ősi száraz gyepvel rendelkezett. A szántóföldi művelés térnyerése után ezek a gyepek nagyrészt megszűntek, mindössze kivételes szituációkban, így az országhatár, községhatárok melletti pásztaikon, a nagyobb táblákat elválasztó sávokon maradhattak meg, ezek mellett néhány rövidfüves legelő folt is megmaradt.

A Kisalföld flórájának későbbi kutatása során a Moson-sík, különösen annak határ közeli része, gyakorlatilag teljesen fehér folt maradt, az 1990-es évekig a Szigetközre koncentráltak a kutatók (WERNER 1990, KEVEY & ALEXAY 1992, CZIMBER 1993a, 1993b). Ekkor a térségben még létező extenzív mezőgazdasági kultúráknak köszönhetően PINKE GYULA

vezetésével évekig foglalkozott egy kutatócsoport a területtel (PINKE 1998, 2000a, 2000b, 2000c, 2001, 2009; PINKE-PÁL 2001, 2008; KIRÁLY et al. 2006). Ennek megfelelően a terület gyomvegetációjával kapcsolatban vannak ismereteink, a gyepterületekkel kapcsolatban publikáció nem jelent meg, csupán WERNER ERVIN, valamint e tanulmány szerzőinek kéziratosa datairól tudunk. A terület löszgyepfragmentumainak feltérképezése, botanikai feltárásának része a mostani vizsgálat.

Anyag és módszer

A terület gye- és gyomtársulásait cönológiai felvételek készítésével és azok elemzésével végeztük. A felvételezési módszertan BRAUN-BLANQUET módszerét követte, a felvételek helyét az adott táblára vagy élőhelyfoltra nézve tipikusnak, jellemzőnek vehető folton, szubjektív szemrevételezéssel jelöltük ki (JAKUCS-PRÉCSÉNYI 1981). A mintaterületeket általában 10×10 m-es négyzetet (100 m²) formájában jelöltük ki, ahol a felméréndő terület ennél kisebb kiterjedésű, akkor 100 m²-nek megfelelő területet vettünk fel. A borításértékeket az UJVÁROSI-féle skála értékeivel becsültük (UJVÁROSI 1973).

A cönológiai felvételek helyét, valamint a ritka fajok ezeken kívül előkerült lelőhelyeit GPS segítségével pontosan rögzítettük. A mintavételek helye részben állandó, a gyepekben kijelölt, évente azonos helyszínek mellett további felvételek is készültek. A növényfajok azonosítását minden esetben a terepen elvégeztük, kérdéses esetben SIMON (2000) és KIRÁLY (2009) határozókulcsait felhasználva. A növényfajok nevezéktana KIRÁLY (2009) munkáját követi. Az életforma-adatokat UJVÁROSI (1973) szerint kezeltük, az ott hiányzó fajok esetében saját tapasztalatainkat követve kalkuláltuk. A nyers adatokat MICROSOFT EXCEL táblázatkezelővel dolgoztuk fel.

Eredmények

A kutatási területen négy fő gyeptípust különítettünk el, ezek szubjektív, a kutatási terület gyepterületeit jellemző kategóriák:

1. több éves parlagok, ruderáliák
2. másodlagos, fajszegény száraz gyepek
3. bolygatott gyepek, löszgyepi fajokkal
4. természetközeli állapotú löszgyepek

Az első a legkevésbé természetközeli, általában felhagyott vadföldeken a többéves parlagok és régi trágyalerakókon létrejövő ruderális élőhelyek. Viszonylag kis területen vannak jelen, amennyiben nem vonják őket ismét művelés alá a szukcesszió során átmenetet képeznek a következő típus, a fajszegény másodlagos gyepek felé. A mikroélőhely sajátosságainak megfelelően kb. egy évtized alatt begyepesednek.

A második típust alkotják a másodlagos, erősen degradált, fajszegény száraz gyepek, melyek a területfoglalás szempontjából a legjelentősebbek.

Állapotuk részben az akác és más inváziós fajok (pl. *Fallopia baldschuanica*) térhódításának köszönhető, de nagyon jelentős a vegyszerbemosódás, vegyszerszóródás miatt bekövetkező elszegényedés. Jellemző, nagy borítású fűfajok a *Bromus inermis*, *Elymus repens*, *Poa angustifolia*, *Arrhenatherum elatius*. A zártabb gyepek igazán értékes fajai nincsenek jelen, kis kiterjedésű foltokon ritkán megjelenhetnek (pl. *Salvia aethiopsis*).

A harmadik típusba olyan bolygatott, féltermészetes gyepeket soroltunk, amelyek fajkészlete löszgyepekre emlékeztet, *Festuca rupicola*-val és jellegzetes karakterfajokkal (*Viola ambigua*, *Taraxacum serotinum*, *Thalictrum minus*, *Centaurea scabiosa*). Egyes részein magasabb fűvű, zártabb gyepekkel (*Brachypodium pinnatum*, *Bromus erectus*), itt kiemelhető még a *Rosa rubiginosa*, *Asperula cynanchica*, *Teucrium chamaedrys*, *Salvia*

verticillata, *Linum austriacum*, *Cephalaria transsylvanica*, *Thymus pannonicus*, *Astragalus onobrychis*, *Tunica saxifraga* megléte.

A negyedik típusba a legértékesebb, már löszgyepi karakterű állományokat soroltuk. Fajgazdag, többszintes szerkezetű gyepek számos kétszikű fajjal. Uralkodó fűfajuk a *Festuca rupicola*, *Bromus erectus*, *Elymus hispidus*, *Koeleria cristata*. A harmadik típusban előfordul karakterfajok mellett további löszgyepi elemek jellemzők (*Astragalus austriacus*, *Carex praecox*, *Fragaria viridis*, *Hesperis tristis*, *Linum austriacum*, *Melica transsylvanica*, *Plantago media*, *Stachys recta*, *Stipa capillata*, *Viola ambigua*). A kutatási területen a legkisebb térfoglalású vegetációs egység, egyben a legdiverzebb élőhely.

Következtetések

A máig fennmaradt természetközeli élőhelyek kis kiterjedésűek, általában keskenyek, az állandósuló szegélyhatás, fizikai károsodások, vegyszerbemosódás és inváziós fafajok terjedése miatt erősen leromlottak – mégis máig biztosítják értékes fajok életfeltételeit. A terület száraz gyepei mészkedvelő jellegűek, összetételük (bár az alapkőzet homokos-kavicsos szövetű) leginkább a löszgyepekre emlékeztet. A társulásalkotó fajok közül meghatározó a *Festuca rupicola*, de előfordul a *Brachypodium pinnatum* és *Bromus erectus* is. Ezek a gyepek a Mosoni-sík utolsó természet-közeli állapotú állományai közé tartoznak, ökológiai jelentőségük a fragmentált tájban kimagasló, fenntartásuk, további leromlásuk megakadályozása mezőgazdasági, természetvédelmi és apróvad-gazdálkodási szempontból is mindenképpen kívánatos. Emellett számos szegélyes gyomfaj előfordulását teszik lehetővé, így a „sztyepp-reliktumok” megőrzése mellett kiemelkedő szerepük van az ősi gyomflóra megőrzésében is.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-3-II Új Nemzeti Kiválóság Programja támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- CSAPODY I. (1975): A Fertő-táj flórája és vegetációja. Prodrómus florae vegetationsque regionis Peisonis. In: Aujezsky L., SCHILLING F. & SOMOGYI S. (szerk.): A Fertő-táj Monográfiáját előkészítő Adatgyűjtemény III. Természeti adottságok: a Fertő-táj bioszférája. Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, Budapest, p. 1–420.
- CZIMBER GY. (1993a): Északnyugat-Magyarország szegélyes gyomvegetációja. I. A Szigetköz búzavetéseinek gyomnövényzete. Növénytermelés 42. (2) 143–154.
- CZIMBER GY. (1993b): Északnyugat-Magyarország szegélyes gyomvegetációja. II. A Szigetköz kukoricavetéseinek gyomnövényzete. Növénytermelés 42: 241–252.
- JAKUCS P. – PRÉCSÉNYI I. (1981): A fitocönózisok. In: HORTOBÁGYI, T. & SIMON, T. (szerk.): Növényföldrajz, társulástan, ökológia. Tankönyvkiadó, Budapest, p. 192–225.
- KEVEY B. – ALEXAY Z. (1992): Adatok a Szigetköz flórájához. Acta Ovariensis 34: 29–37.
- KIRÁLY A. – KIRÁLY G. – NAGY A. (2006): Possibility of maintenance of endangered weed species on intensive plough-land (Kisalföld, Hungary). In: Elias P. (szerk.): Threatened weedy plants species. Slovak Agricultural University, Nitra, p. 55–61.
- KIRÁLY G. (szerk.) (2009): Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Hattározókulcsok. ANP Igazgatóság, Jászvafő, 616 p.
- PINKE GY. (1998): Adatok a Mosoni-síkság és a Szigetköz gyomflórájának ismeretéhez. Kitalébia 3(1): 105–108.
- PINKE GY. (2000a): Gyomvegetáció-vizsgálatok a Kisalföldön külterjes termelési viszonyok mellett. I. Kalászos vetések és elsőéves parlagok. Növénytermelés 49: 607–621.

- PINKE GY. (2000b): Ackerwildkraut-Gesellschaften extensiv bewirtschafteter Felder in der Kleinen Ungarischen Tiefebene. *Tuexenia* 20: 335-364.
- PINKE GY. (2000c): A vetett növény és a differenciális fajok jelentősége a gyomtársulások leírásában. *Kitaibelia* 5(2): 319-330.
- PINKE GY. (2001): Gyomvegetáció-vizsgálatok a Kisalföldön külterjes termelési viszonyok mellett. II. Tarlók, kapáskultúrák; életforma- és flóraelem-vizsgálatok. *Növénytermelés* 50: 17-29.
- PINKE, GY. (2004): Letzte Vorkommen von Caucalion-Arten im Nordwesten Ungarns. *Z. Pflanzenk. Pflanzen.* 19: 73-82.
- PINKE GY. – Pál R. (2001): Adatok a Kisalföld gyomflórájának ismeretéhez. *Kitaibelia* 6(2): 381-400.
- PINKE GY. – Pál R. (2008): Phytosociological and conservational study of the arable weed communities in western Hungary. *Plant Biosystems* 142(3): 491-508.
- SCHMIDT D. (2010): Adatok a Kisalföld flórájának ismeretéhez II. *Botanikai Közlemények* 97: 79-95.
- SIMON T. (2000): A magyarországi edényes flóra határozója. 4., átdolgozott kiadás, Tankönyvkiadó, Budapest, 976 p.
- UJVÁROSI M. (1973): Gyomnövények, gyomirtás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 833 p.
- WERNER E. (1990): A Felső-Szigetköz néhány botanikai értéke. A Mosonmagyaróvári Kosuth L. Gimn. Évkönyve, p.: 20-29.

A FENNTARTHATÓSÁGRA NEVELÉS AZ ÉLETTELEN ÉRTÉKVÉDELEMTŐL AZ ERDŐPEDAGÓGIÁIG – KUTATÁS KÖZBEN

Education for sustainability from lifeless value protection to forest pedagogy
– during research

CSÁKINÉ DOBOS LAURA¹ ÉS KOLLARICS TÍMEA²

¹Soproni Egyetem, Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola

²Soproni Egyetem, Benedek Elek Pedagógiai Kar, Neveléstudományi és Pszichológiai Intézet

csakinedoboslaura@gmail.com

Kivonat

Első szerzőnk múzeumpedagógusként dolgozott a Pásztói Múzeumnál 2018 szeptemberétől 2020 decemberéig, ami egy természettudományi tematikus múzeum. Végzett erdőpedagógusként fontosnak tartja, hogy a múzeumpedagógiai foglalkozásoknál egyre nagyobb teret kapjon a fenntarthatóságra nevelés. Ebben a kétéves időperiódusban bebizonyosodott, hogy a fenntarthatóságra nevelés az élettelen természeti értékvédelemtől az élő természeti értékekig nagyon jól működő szimbiózissá nőheti ki magát. Ezeket a fenntarthatóságra nevelést célzó projekteket az erdőpedagógia eszköztárának és módszerének használatával még hatékonyabbá lehet tenni. Tanulmányunkban a fenti előzményekre alapozott doktori kutatás céljait, módszereit és aktuális állapotát mutatjuk be.

Abstract

Our first author worked as a museum educator at the Pásztó Museum from September 2018 to December 2020, which is a science themed museum. As a qualified forest pedagogue, he considers it is important that education for sustainability be given more and more space in museum pedagogical classes.

During this two-year period, it has been shown that education for sustainability can grow into a very well-functioning symbiosis from the protection of inanimate natural values to living natural values. These sustainability education projects can be made even more effective by using the tools and methods of forest pedagogy. In our study, we present the aims, methods, and current state of doctoral research based on the above antecedents.

Bevezetés - elméleti háttér, előzmények

A fenntarthatóság csak alapvető környezettudatos magatartás mellett jöhet létre. A környezettudatos magatartás kialakítása a környezeti nevelés feladata. Molnár (2009) így vélekedik a környezeti nevelésről: „*A környezethez való pozitív viszony a környezeti nevelés elengedhetetlen feltétele és következménye. A természeti környezetben való tanulásban közvetlen környezetvédelmi tevékenységek is jelen vannak. [...] E tevékenységek pedagógiai jelentősége a gyakorlati hasznukat jóval meghaladja: szemléletet alakít, beépül a személyiségbe, ugyanis szabályozza a gyermekek, fiatalok cselekedeteit, magatartását, az ember és a természet közötti kapcsolatot (MOLNÁR, 2009).*”

A környezeti nevelés fontos színterei (természetesen más helyszínek mellett) a múzeumok (FODOR, 2015). A múzeumi tanulás egy olyan informális, önkéntes környezetben szerzett tapasztalat, amelyben új attitűdökkel, érdeklődésekkel és értékekkel leszünk gazdagabbak (LORD, 2007). A múzeumpedagógia pedagógiai oktató és nevelő tevékenység, amely figyelembe veszi a korosztályi sajátosságokat is (PERCZES, 2010).

A fenntarthatóságra nevelés azt jelenti, hogy kapcsolatokat hozunk létre a fenntarthatóság három összetevője között: holisztikusan kell vizsgálnunk a környezet, a gazdaság és a

társadalom összefüggéseit (HAVAS, 2001; HAVAS–VARGA, 2006). Mindez egész életen át tartó tanulási és szocializációs folyamat (CZIPPÁN–HAVAS–VICTOR, 2010). A fenntarthatóságra nevelésre szükség van. Ezt bizonyítja az a felmérés is, amit Kollarics, Hartl és Molnár 2020-ban, „Fenntarthatósággal kapcsolatos attitűdök feltárása különböző célcsoportokban” című kutatásukban tapasztaltak (KOLLARICS–HARTL–MOLNÁR, 2020). Sajnálatos, hogy a Nemzeti Alaptanterv nem ezt támogatja. Pl.: 2020-tól kivette a környezetismeretet az 1-2.osztályból. Ezzel a döntéssel nagyobb szerepet kapott minden fenntarthatóságra nevelést célzó program.

Az erdőpedagógiai projekt eredendően komplex témaköröket dolgoz fel, integrált ismereteket tartalmaz és gyakorlatorientált (KOVÁTSNÉ NÉMETH, 1998). A projektmódszer jelentősége a multidiszciplináris jellegénél fogva kiemelkedő, biztosítja a környezettudatos magatartás fejlesztésének lehetőségét. Különböző tudományterületeket kapcsol össze egy egységgé. Az erdőpedagógiai módszerek kiválóan bevihetők a múzeumokba. Az ismeretszerzés során a tanulók tapasztalatszerzésén, önálló vagy csoportos tevékenységén van a hangsúly. Előnyben részesítjük a felfedező, kutató jellegű munkát. A tanulók a múzeumban tartott foglalkozásokon megismerik a kiállításokat és ezeken keresztül az élő és élettelen természeti értékeket. Jelen van az interaktivitás, a tapasztalatokon szerzett tudásátadás, az élményszerű tanulás. Fizikai kísérletek megfigyelése, illetve kivitelezése során a gyermekek könnyebben megérthetik a tudományos fogalmakat, az ok-okozati összefüggéseket.

Az elmúlt években az iskolákban nagy sikere volt a Pásztói Múzeum munkatársaként tartott erdőpedagógiai foglalkozásoknak, amelyeket az iskolaudvarban és a múzeumi kertben tudunk megvalósítani. A múzeumpedagógiai-erdőpedagógiai foglalkozások során elengedhetetlen, hogy a példamutató magatartás közvetítése mellett a szóbeli ismeretközlésünk felkészült, zökkenőmentes, konkrét példákhoz kötött legyen, de megfeleljen a legfrissebb kerettantervi rendeletben szereplő tantárgyak tematikai leírásainak is. Fontos a tárgyak, a jelenségek közötti kontextus megismertetése, hiszen az összefüggések felismerése és a kapcsolatok feltárása nagyon lényeges. Egy művészeti alkotás is betölthet ismeretterjesztő funkciót, főleg egy egész kiállítás. Éppen ezt kihasználva, a kiállításokhoz tartozó foglalkozásokat már úgy terveztük, hogy a környezeti nevelés elemei és a természettudományos tárgyakhoz kapcsolódó ismeretanyag megjelenjen (CSÁKINÉ DOBOS, 2020).

Múzeumpedagógiai programjainkat nagyon népszerű kísérletekkel tarkítottuk. Tapasztalati tény, hogy a gyermekek spontán érdeklődéssel viszonyulnak a természetes környezetükben megtalálható eszközök vagy jelenségek megfigyeléséhez, azokról szívesen gondolkodnak. Fizikai kísérletek megfigyelése, illetve kivitelezése során a gyermekek könnyebben megérthetik a tudományos fogalmakat, az ok-okozati összefüggéseket. A kísérletek alkalmazása fontos, hiszen ismert ingerre adott választ vizsgál laboratóriumi vagy természetes körülmények között, ok-okozati feltárás kontroll beállítása mellett (KOVÁTS–NÉMETH, 2020). Lehetőséget biztosítottunk arra, hogy az adott témánkhöz tartozó tárgyakat kézből is tanulmányozzák a gyerekek. Az észlelés révén az érzékszervekre ható ingereket és ezzel együtt a kognitív képességeket javítjuk.

Kilenc tematika készült minden egyes foglalkozáshoz. Három különböző korosztálynak és három különböző érdeklődési körnek megfelelően állítottuk össze a programokat. Forgószínpad-szerűen, kooperatív csoportmunkában dolgoztuk fel a diákokkal az adott témákat. Ez a módszer bevált, hiszen egy csoportban nem volt több 8-10 gyereknél és tíz perces váltásokban a kialakított csoportok résztvevői is folyamatosan új és változatos ingereket kaptak. Az együttműködésük során nélkülözhetetlen összetartozás jött létre, ami nagy lehetőséget adott a kommunikációra. Ez a visszacsatolás elengedhetetlen volt. Ennek köszönhetően lehetett irányítani a múzeumi órák menetét. Mindezen múzeumpedagógiai-környezeti/fenntarthatóságra nevelési munkákhoz szükség van jól kidolgozott és biztos forrásokra, támogatói rendszerre, megfelelő és hasznos információkra, rendezvényekre, együtt gondolkodásra,

műhelymunkákra, konferenciákra és továbbképzésekre (CSÁKINÉ DOBOS, 2018; HARTL, 2008).

Célok és módszerek

Az előzményekre és előzetes tapasztalatokra alapozott doktori kutatás célja a Magyarországon működő természettudományi tematikus múzeumok hatékonyságának elemzése a környezettudatos nevelésben. A környezeti neveléshez és ismeretszerzéshez hozzátartozik az élettelen természeti értékek bemutatása és a földtani örökségünk megőrzése is. Cél, hogy a múzeumi foglalkozásokon részt vevő gyerekek környezettudatos készségeit a lehető leg szélesebb tudományos alapokkal fejlesszük és ismereteiket bővítsük az élettelen és élő természeti értékeinkkel és a velük kapcsolatos teendőkkel. A természettudományi múzeumokban számos változtatás mellett növelhetjük a diákok környezettudatos nevelésének hatékonyságát. A kutatás egyik célja, hogy a Pásztói Múzeum vonzáskörzetében lakó általános iskolai tanulóknál (harmadik, negyedik, ötödik és hatodik osztályos tanulók) a környezeti szemléletformálást végző múzeumi foglalkozások hatásait megfigyeljük és dokumentáljuk a diákok ismeretszint-változásait, illetve mérjük a rövid és a hosszú távú emlékezésüket. További cél felmérni a vizsgált múzeumok vonzáskörzetéhez tartozó oktatási intézmények pedagógusainak és diákjainak környezeti ismereteit.

A kutatás főbb módszerei a szakirodalom feltárásakor a forráselemzés és dokumentum-elemzés (hazai és külföldi szakirodalmak, jogszabályok, tantervek, tantárgyi tematikák, foglalkozástervezetek, kapcsolódó kutatások, vizsgálatok, statisztikák, jelentések). Az írásbeli kikérdezés módszerével a véleménykérő kérdőívek mellett az önkontrollos pedagógiai kísérletek során a diákok ismeret-szint változásainak mérése (tudásszintmérés), nyomon követése történik (longitudinális vizsgálat). A múzeumok igazgatóinál strukturált interjúk alkalmazását tervezzük. Az eredmények értékelése leíró statisztikai módszerekkel, egyszerű összesítéssel, gyakoriság- illetve átlagszámítással, tartalomelemzéssel és matematikai statisztikai módszerekkel történik.

Várható eredmények

A kutatás elején járunk. A kutatáshoz kapcsolódóan múzeumpedagógiai foglalkozásokon vettek részt Pásztó vonzáskörzetében élő általános iskolás diákok a Pásztói Múzeumban, a Magyar Mezőgazdasági Múzeumban és a Széchenyi Zsigmond Kárpát-medencei Magyar Vadászati Múzeumban. Az egyes foglalkozásokhoz kapcsolódó empirikus mérőeszközök (kérdőívek, ezen belül tesztkérdések) összeállítása megtörtént a diákok véleményének és ismeretszint-változásainak felmérésére. Ezidáig mindösszesen 1526 kérdőív (ezen belül teszt) került kitöltésre. Az egy évre tervezett longitudinális vizsgálatban való részvétel feltétele a foglalkozásokon való állandó jelenlét. A tesztek kiértékelése folyamatban van. Szignifikáns különbségre számítunk mindhárom múzeumpedagógiai foglalkozás esetén a két mérés között, vagyis a foglalkozás után a diákok teljesítménye feltételezéseink szerint nagymértékben, lényegesen javul. A longitudinális vizsgálat során az egy év múlva történő ismételt megkérdezés esetén feltételezéseink szerint romlik a hosszú távú emlékezés hatékonysága.

Összegzés

A környezeti nevelés, a múzeumpedagógia, az erdőpedagógia és a fenntarthatóságra nevelés fogalmi rendszerében meg kell találnunk a kapcsolódási pontokat. Komplex cél, hogy szerteágazó, cselekvésorientált módszerekkel, tudatos tervezéssel, élményszerű programokkal és hiteles mintákkal sikerüljön megalapozni a környezettudatos szemléletmódot és kialakítani a fenntarthatóságot értő és szem előtt tartó magatartást (mindezt gyermekkorban, fiatalkorban végezhetjük talán a legkönnyebben). Nélkülözhetetlen az együttműködés, a kommunikáció a folyamatban résztvevő szakemberek között (múzeumpedagógusok, környezeti

nevelők, pedagógusok, természettudományos és egyéb szakemberek) (LETT–JÁGER–STARK, 2015).

Doktori kutatásunkban a természettudományos tematikus múzeumok környezeti nevelésben betöltött szerepének vizsgálatát tűztük ki célul. Statisztikai módszerekkel vizsgáljuk a múzeumpedagógiai foglalkozásokon részt vevő diákok ismereteinek változását rövid és hosszú távon. Feltételezéseink szerint a foglalkozásokon részt vevő diákok ismeretei szignifikánsan nőnek a foglalkozások előtti sinthez képest, hosszú távon a hatékonyság csökkenésére számítunk. Jelenleg a kutatás elején járunk, az eddigi vizsgálatok kiértékelése folyamatban van.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



Irodalomjegyzék

- CSÁKINÉ DOBOS, L. (2018): Cser(e) Erdei Iskola. [Szakdolgozat] Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.
- CSÁKINÉ DOBOS, L. (2020): A környezeti nevelés gyakorlata egy természettudományi tematikus múzeumban, a Pásztói Múzeumban. In: Tanulmánykötet Mészáros Károly tiszteletére 2020. (Ed.: Lett, B. et al.), 121–133. Sopron: Sopron Egyetem Kiadó.
- CZIPPÁN K. - HAVAS P. - VICTOR A. (2010): Környezeti nevelés a fenntarthatóságért. In: Nemzeti Környezeti Nevelési Stratégia: alapvetés: 2010. (Ed.: Vásárhelyi J.) Magyar Környezeti Nevelési Egyesület, Budapest. 33-41.
- FODOR, R. (2015): *A környezeti nevelés lehetőségei a múzeumban*. In: Környezeti nevelés és tudatformálás. 249–255. Eger: Eszterházy Károly Főiskola Líceum Kiadó.
- HARTL, É. (2008): A „Környezetünk az erdő” pedagógus továbbképzés környezettudatos nevelésben betöltött helye, szerepe és hatékonysága [Doktori disszertáció] Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.
- HAVAS P. (2001): A fenntarthatóság pedagógiája. In: A fenntarthatóság pedagógiája: A remény paradigmája a 21. század számára. (Ed.: Wheeler, K. A. – Bijur, A. P.) Körlánc, Budapest. 9-40.
- HAVAS P. – VARGA A. (2006). A környezeti neveléstől a fenntarthatóság pedagógiai gyakorlata felé. In: Tanulás a fenntarthatóságért. (Ed.: Varga A.) Országos Közoktatási Intézet, Budapest. 49-72. p.
- KOLLARICS, T. – HARTL, É. – MOLNÁR, K. (2020): Fenntarthatósággal kapcsolatos attitűdök feltárása különböző célcsoportokban – Képzés és Gyakorlat, 18. évf. 2020/3–4. 50–59.
- KOVÁTSNÉ NÉMETH, M. (1998): Erdőpedagógia. Győr: Apáczai Csere János Tanítóképző Főiskola.
- KOVÁTS-NÉMETH, M. (2010): Az erdőpedagógiától a környezetpedagógiáig, Comenius Kft., Pécs, ISBN 978 963 9687 18 9

- LETT, B. – JÁGER, L. – STARK, M. (2015): A Nemzeti Erdőstratégia (NES) és Erdőprogram (NEP) megújítása – Az intézkedési területek harmonizációja. In: Erdővagyon-gazdálkodási közlemények. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó.
- LORD, B. (2007): What is Museum-Based Learning? In: The Manual of Museum Learning. Lanham: AltaMira Press.
- MOLNÁR, K. (2009): Erdővel kapcsolatos ismeretek gyermeket nevelő családok körében. [Doktori disszertáció]. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.
- PERCZES Á. (2010): Múzeumpedagógia. [online]
<http://www.jokai16.hu/tamop/innovaciok/muzeumpedagogia.pdf> [2022. január 25.]

ERDŐPEDAGÓGIA ÉS KOMMUNIKÁCIÓ MEGJELENÉSE AZ ERDÉSZ GYAKORLATBAN

Varga Rita – Horváth Tamás

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar,
Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet
varga.rita@rothszki.hu
horvath.tamas@uni-sopron.hu

Kivonat

Az erdő közjóléti rendeltetésének előtérbe kerülése az ágazat minden résztvevője számára új feladatkört hozott magával. Erdői iskolák, szakvezetések, a megnövekedett látogatószám az erdőkben napi szinten igényli a szakemberek részéről a folyamatos kommunikációt. Felmérésünk célja annak vizsgálata, hogy a kerületvezető erdészek napi munkájában milyen arányban jelenik meg az ilyen irányú tevékenység, mennyire vannak felkészülve ezen feladatok elvégzésére.

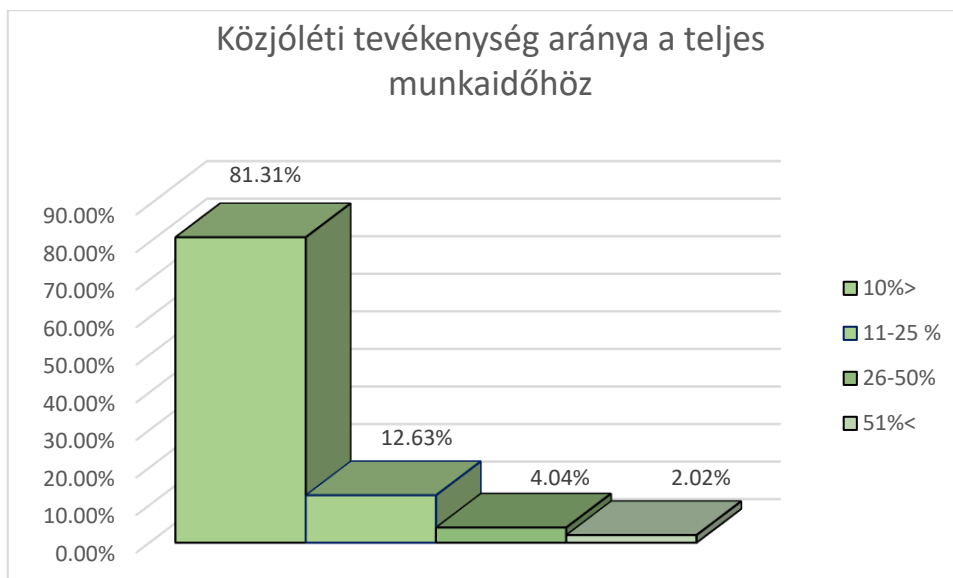
Abstract

The promotion of the public welfare purpose of the forest brought new responsibilities for all participants in the sector. Forest schools, specialist guides, the increased number of visitors to the forests require constant communication on the part of the professionals daily. The purpose of our survey is to investigate the proportion of activities in this direction in the daily work of the district head foresters, and how well they are prepared to perform these tasks.

Kérdőíves felmérés

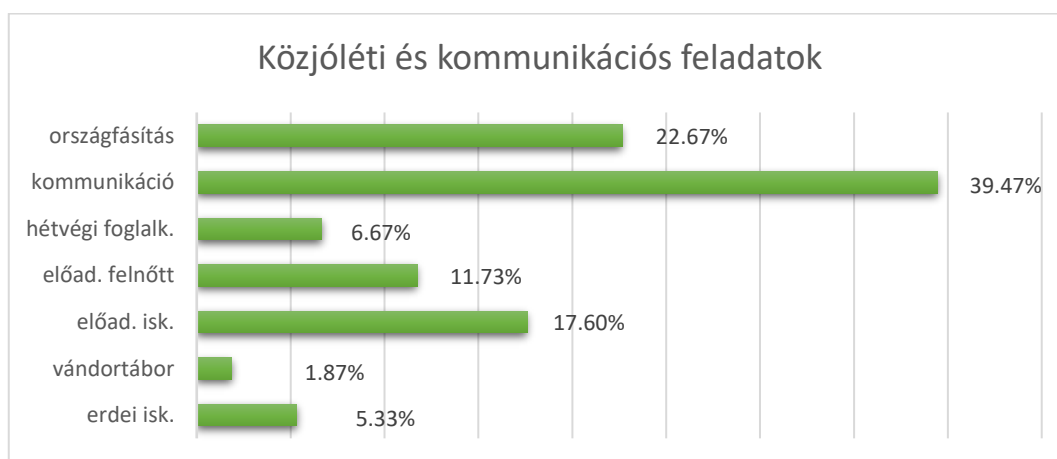
Online kérdőívet készítettünk, melyet eljuttatunk az állami erdőgazdaságokhoz és a magánerdőgazdálkodókhoz egyaránt. 206 kérdőívet kaptunk vissza, melynek 53%-a állami erdőgazdaságtól kapott válasz és 47%-a magánerdőgazdálkodóktól érkezett. Válaszadóink 65% a tapasztaltabb- 45 év feletti- korosztályt képviseli, közülük is 14% a 65 évet is elhagyta. A szakmai tapasztalatokat tekintve 51%-a több mint 25 év szakmában eltöltött időt mondhat magáénak. A szakmai végzettségekre is rákérdeztünk, az itt kapott válaszok alapján elmondható, hogy válaszadóink 56% erdésztechnikus, viszonylag nagy arányban (34%) rendelkeznek valamilyen felsőfokú végzettséggel, az érettségivel és szakmai képzettség nélkül mindösszesen 10% dolgozik tő mellett.

Elsőként a munkaidő erdőpedagógia tartalmára voltunk kíváncsiak. Válaszadóink több, mint 80%-a átlagosan 10% nál kisebb mennyiségű időt fordít közjóléti tevékenységre, a tő melletti erdészek 12.6 % viszont a munkaidő akár 25%-ban ,azaz heti 10 órában is ezzel a tevékenységgel foglalkozik. (1. ábra)



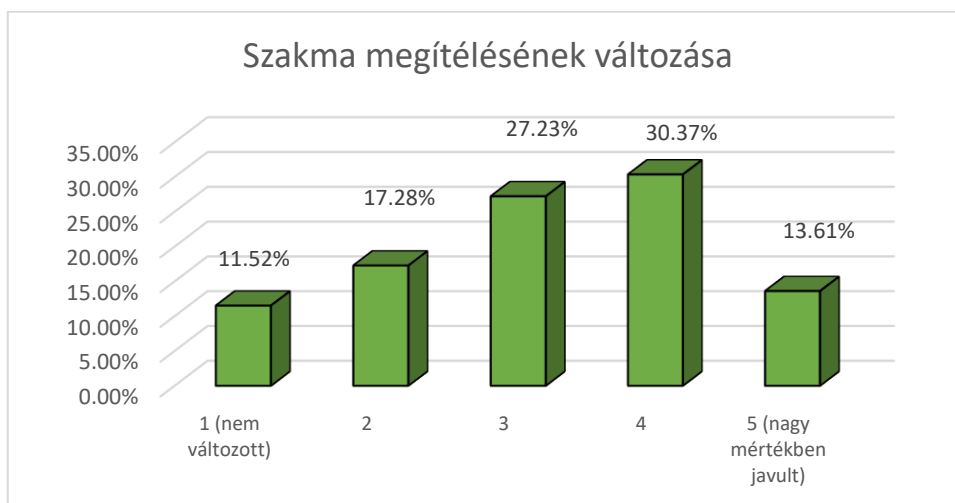
1. ábra: A munkaidőben elvégzett közjóléti feladatok aránya

Az elmúlt évek pandémiás helyzete sok embert sarkallt arra, hogy szabad idejében az erdőket járja, így természetesen jobban szem elé került az erdőgazdálkodás, az erdészek napi tevékenysége is. Az erdészeti közjóléti tevékenységek közül elsősorban a felnőtt lakossággal történő kommunikáció kapott az eddiginél nagyobb hangsúlyt. Arra kértük a kollégákat, hogy jelöljék meg, munkájuk során melyik a 3 leggyakrabban végzett erdőpedagógiai és kommunikációs feladat. A felmérés eredményeként megállapítható, hogy a legnagyobb szerepe a napi szintű kommunikációnak van. Komoly szakmai kapcsolatot jelent az országfásítási mozgalom elindulása is, harmadik leggyakoribb találkozási pont az iskolai előadások tartása. Érdekességgént megállapítható, hogy a rendkívül népszerű erdei vándortábor programot válaszadóink 1,87%-a tette az első 3 hely valamelyikére. Ezen feladatokat jobbra szezonális jelleggel végzik (2.ábra).

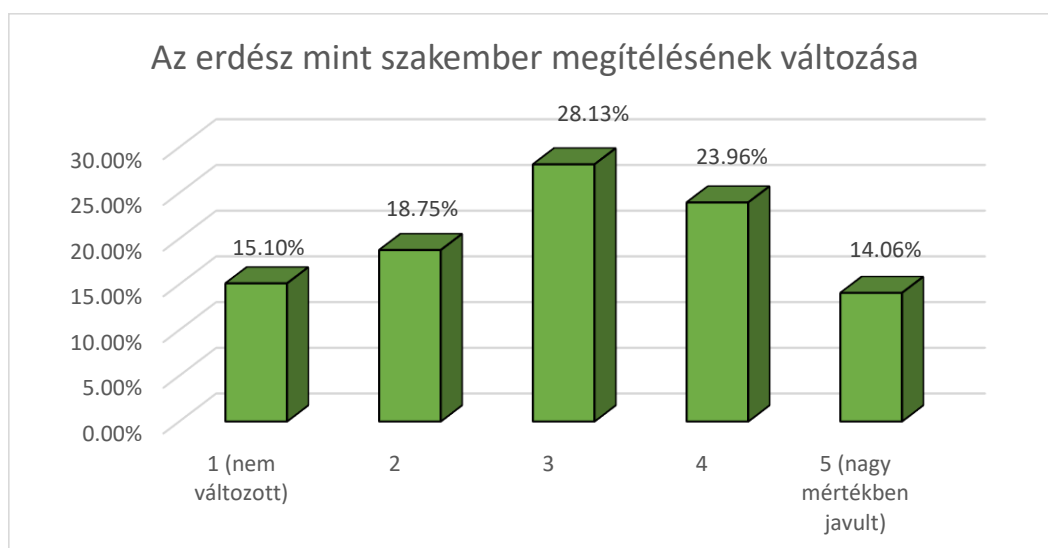


2. ábra: Közjóléti és kommunikációs feladatok megoszlása

A fenti feladatok hatással vannak mind a szakma, mind a szakemberek társadalmi megítélésére is. A szakma társadalmi megítélése szakembereink szemszögéből nézve is jelentős javulást mutat (3.ábra), valamint érzékelhető a szakemberek megítélésének pozitív változása is (4.ábra).

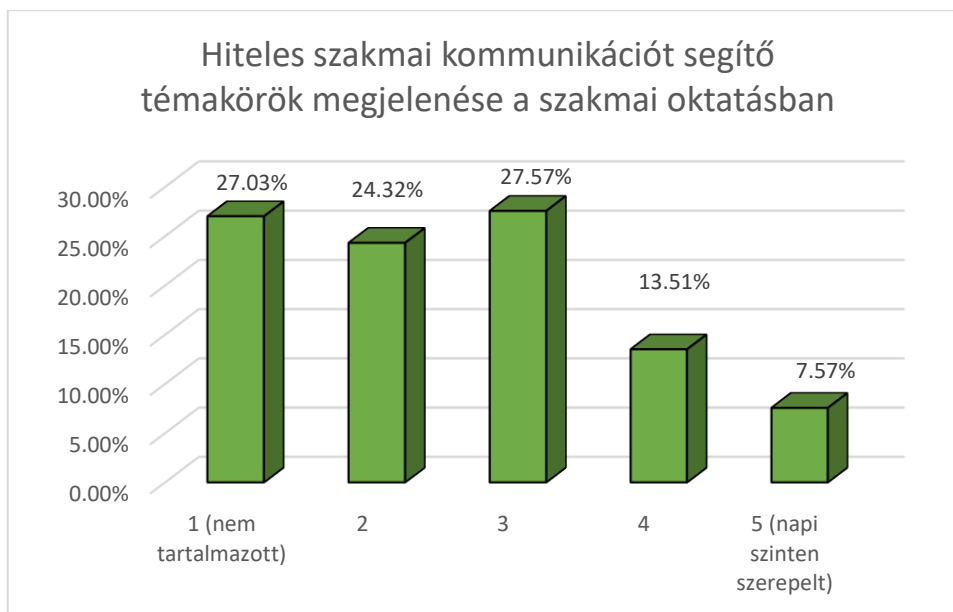


3. ábra: A szakma megítélésének változása szakembereink szerint

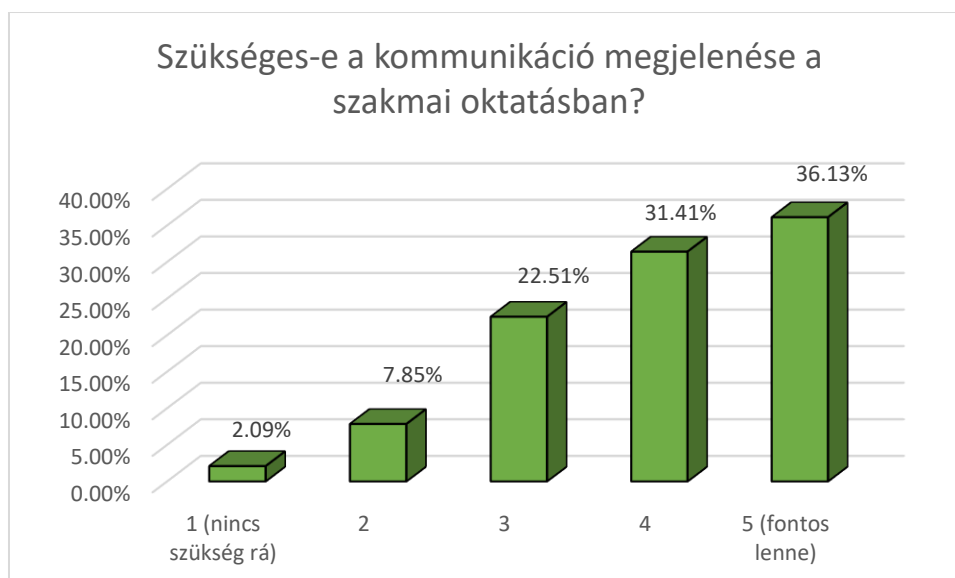


4. ábra: A szakemberek megítélésének változásai

Fontosnak tartottuk a szakmai képzések vizsgálatát is, ezen belül is a középfokú erdész-képzésben az erdészeti kommunikáció és erdőpedagógia megjelenését. A kapott válaszok alapján megállapítható, hogy a hiteles szakmai kommunikációra való felkészítésben nem áll jól a jelenlegi szakképzés (5. ábra). AZ 1-5-ig osztott skálán közel 50%-ban kaptunk a kérdésre 1-es és 2-es besorolást, ami azt jelenti hogy ebben erőteljes változtatás szükséges. Ezzel párhuzamosan feltettük azt a kérdést is, hogy szakembereink véleménye szerint szükséges-e a képzésnek ilyen irányú kompetenciákat is tartalmaznia. A válasz egyértelműen az igen felé mutat (6.ábra).

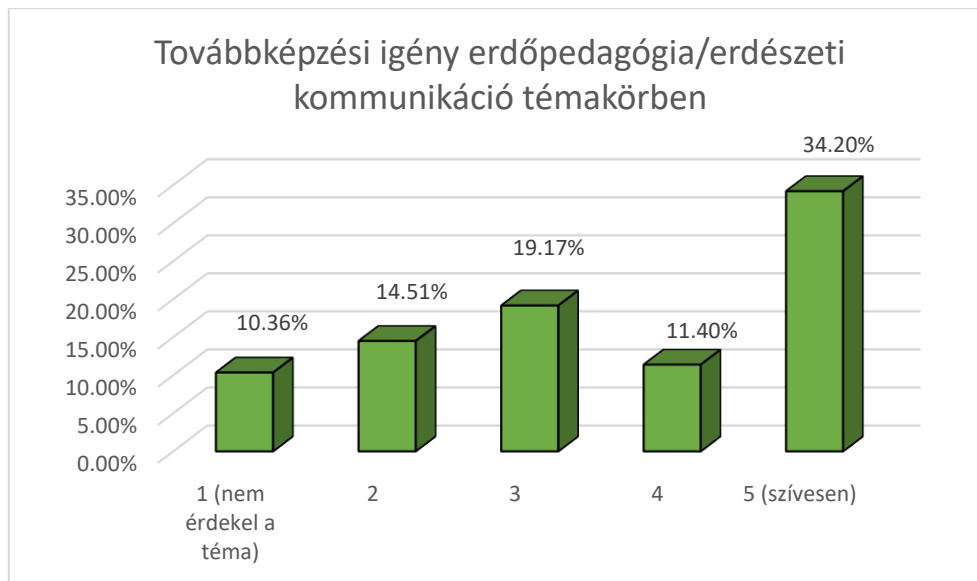


5. ábra: Szakmai tanulmányok hatékonysága a hiteles kommunikáció elsajátítására



6. ábra Igények a szakmai oktatásban az erdőpedagógia és erdészeti kommunikáció megjelenésére

Szerettük volna felmérni, hogy van-e igény egy kommunikációt segítő, erdőpedagógiai alapokra épülő gyakorlati szakmai továbbképzésre. A válasz egyértelműen a képzések, továbbképzések iránti igényt mutatta (7. ábra).



7. ábra: Igények továbbképzésekre a témában

A fenti kutatással párhuzamosan megvizsgáltuk az erdőpedagógiai képzések iskolarendszerű és iskolarendszeren kívüli képzéseit is.

Iskolarendszeren kívüli képzések 1.

Az iskolarendszeren kívüli képzések megjelenésében a 2001-es év volt mérföldkő. Egymással párhuzamosan, egymást kiegészítve két erdőpedagógiai szempontból jelentős továbbképzés is akkreditálásra került. Lényeges kiemelni, hogy mindkettő képzés szervesen illeszthető volt a pedagógusok hétéves kötelezően előírt továbbképzési rendjébe. (277/1997. (XII. 22.) Korm. rendelet a pedagógus-továbbképzésről, a pedagógus-szakovizsgálóról, valamint a továbbképzésben részt vevők juttatásairól és kedvezményeiről)

Környezetünk az erdő

2001-ben a Nyugat-magyarországi Egyetem Erdővagyon-gazdálkodási Intézete dolgozta ki a „Környezetünk az erdő” című továbbképzését, melynek elsődleges célja az erdővel, erdőgazdálkodással kapcsolatos ismeretek bővítése volt.

A 60 órás továbbképzés célcsoportjai a pedagógus végzettséggel rendelkező óvópedagógusok, tanítók, tanárok voltak (országos beiskolázással), de más felsőfokú végzettséggel rendelkező érdeklődő is részt vehetett rajta. A hatékonyabb munkavégzés érdekében a képzés 1 hetes, bentlakásos rendszerű volt, mely lehetőséget adott szélesebb spektrumú ismeretátadásra. A szervezők nagy hangsúlyt fektettek az elméleti ismeretek megszerzésén túl a személyes tapasztalatszerzésre is, így számos, az erdő- és vadgazdálkodó számára mindennapos, de egy laikus számára különleges élményt nyújtó szakmai bemutatóra is sor került (a képzés időpontjától függően éjszakai vadles, vagy hajnali cserkelés).

A továbbképzések időpontjának kiválasztásakor minden esetben figyelembe vették az aktuális tanév programjait, segítve ezzel az intézményvezetők munkáját.

A képzést 2001 és 2006 között 6 alkalommal, 5 különböző helyszínen rendezték meg, Sopron, Bugac, Kardosfa, és Sarkadremete 1-1 alkalommal, míg Paks 2 alkalommal adott otthont neki. Sopronban és Pakson a jelentkezők igényeinek megfelelően napi bejárással zajlott a program, a többi helyszínen vadászház, vagy erdei iskola volt a bázis, ami még vonzóbbá tette ezt az érdeklődők számára.

Az elméleti képzést az egyetem oktatói és meghívott szakmai előadók tartották, míg a terepi kirándulások, bemutatók kivitelezésében az oktatókon túl a helyi erdőgazdaság szakemberei kalauzolták a résztvevőket. Összesen 136 fő végezte el sikeresen a továbbképzést, melynek végén minden résztvevő tanúsítványt kapott (Hartl 2008).

Környezeti nevelés az erdőben

Az Országos Erdészeti Egyesület Erdészeti Erdei Iskolák Szakosztálya megalakulása (1996) utáni években felvette a kapcsolatot erdőpedagógia területén jártas, tapasztalatokkal rendelkező külföldi szakemberekkel is annak érdekében, hogy minél hatékonyabb legyen az erdőpedagógia integrálása a köznevelés egyes szintjeibe.

A svájci kapcsolatokkal rendelkező Öko-Fórum Alapítvánnyal 2000. május 4-én aláírt együttműködési megállapodás célja a környezeti nevelés helyi programjainak kidolgozása saját és svájci tapasztalatok alapján, valamint az ELTE Tanító- és Óvóképző Főiskolai Kar bevonásával erdőpedagógiai továbbképzés indítása. A képzés tematikájának kidolgozását svájci tanulmányút előzte meg, melynek során az erdőpedagógiai gyakorlat tapasztalatait ismerhette meg a 4 fős delegáció.

A sikeres akkreditációt követően 2001. szeptemberében indult az első 60 órás „Környezeti nevelés az erdőben” továbbképzés. Több szempontból is speciális képzésről beszélhetünk. Először is a résztvevők összetételében tér el az átlagostól, hiszen 50-50%-ban vettek rajta részt erdészek és pedagógusok (első alkalommal 20-20 fő), aminek célja kapcsolódási, együttgondolkodási pontok keresése a környezeti nevelés hatékonyabbá tétele érdekében. Másrészt újítás volt az időpontok meghirdetése is: a 60 órás képzést 2 részletben, tavasszal és ősszel 3-3 napos, bentlakásos formában rendezték Sopronban. Ennek célja az erdei életközösség, az erdőgazdálkodás alaposabb megismerése/megismertetése volt. (Ormos 2001)

A képzés elméleti részében pedagógiai és erdőgazdálkodási ismeretekkel gazdagodtak a résztvevők az ELTE Tanító- és Óvóképző Főiskolai Kar-, a Nyugat-Magyarországi Egyetem oktatói, a Tanulmányi Erdőgazdaság munkatársai, valamint meghívott szakmai előadók segítségével. A képzés 50%-ban gyakorlatból állt, itt Franz Lohri, svájci erdőpedagógus útmutatásai alapján soproni gyakorló erdőpedagógusok vezették a foglalkozásokat. A kézműves foglalkozásokat a Nyugat-Magyarországi Egyetem Benedek Elek Főiskolai Kar oktatói tartották. (Bihariné 2001, 2002)

Érdeemes megjegyezni, hogy az előzőekben tárgyalt „Környezetünk az erdő” és a „Környezeti nevelés az erdőben” című továbbképzések oktatói között átfedés tapasztalható. Ez azonban nem okozott konfliktust, hiszen más-más célcsoportot szólítottak meg a képzések. A továbbképzés 2006-ig került megszervezésre, ez idő alatt 100-nál is több résztvevő kapott tanúsítványt.

Erdőpedagógiai szemináriumok

A Németországban több éve folytatott erdőpedagógiai tevékenység tapasztalatait Roland Migende erdőmérnöktől tanulhatták a magyar erdőpedagógusok. Nordrhein- Westfalia tartomány erdőtanácsosa 1989 óta rendszeresen járt Magyarországra, 1996 és 2005 között 10 alkalommal szervezett Erdőpedagógiai szemináriumokat, melyek célcsoportja a gyakorlatban tevékenykedő erdei iskolai szakvezetők voltak (iskolai végzettségtől függetlenül).

A szemináriumok helyszínei: (1996 – Kecskemét, 1997 – Pécs, 1998 – Debrecen, 1999 – Sopron, 2000 – Szombathely, 2001 – Miskolc, 2002 – Győr, 2003 – Szolnok, 2004 – Baja, 2005 – Mátraszentimre) Minden szeminárium az adott helyszín természeti és gazdálkodási jellegzetességeinek megismerésén túl 1-1 konkrét témakört dolgozott fel, számos gyakorlati példával segítve a későbbi munkánkat. A szemináriumon résztvevők száma változó volt,

általában 15-20 fő vett részt (a házigazdákkal, tolmáccsal együtt), és közülük többen szinte az összes helyszínen részt vettek. Tanúsítványt nem adott, inkább egyfajta tapasztalatcsere volt, képzésnek nem nevezhető.

Erdei vándortábor vezető

„A vándortáborozás az a szokásos környezetén kívüli, szabadidős céllal folytatott többnapos tevékenység, melynek során a résztvevők fizikai erejük felhasználásával haladnak a természetben és rövid időszakonként más-más helyen szállnak meg.” (Bánhidi 2004)

E szép hagyomány újraélesztését célozta meg a magyar kormány támogatásával létrehozott Vándortábor program, melynek célja a természetjárás és a sport, valamint az azon keresztül megvalósuló egészség- és környezettudatos életmód megismertetése, népszerűsítése a felső tagozatos és középiskolás fiatalok körében.

Az erdei vándortáborok gyalog teljesíthető, egyhetes táborok. A csoportok 7 nap alatt 50-90 kilométert tesznek meg, és jellemzően kétnaponta váltanak táborhelyet. Az egy hét során erdei iskolai programok segítségével bővíthetik a diákok természet- és honismereti tudását.

Az Országos Erdészeti Egyesület a Testnevelési Egyetemen karöltve hirdette meg 2017-ben a „Gyalogos vándortábor-vezető” akkreditált pedagógus képzést. A 30 órás akkreditált képzésnek az előzőektől eltérően alapfeltétele a pedagógus végzettség (egyetemi vagy főiskolai szintű diploma vagy oklevél) valamint a házi- / orvos/üzemorvos által igazolt legalább általános egészségi állapot.

A képzés célja a pedagógusok felkészítése természetjáró gyalogos vándortáborok vezetésére, akik a tanfolyam elvégzése után táborvezetőként vagy kísérőként részt vehetnek az Országos Erdészeti Egyesület erdei vándortábor programjában. Az 1 napos elméleti felkészítés Budapesten, a Testnevelési Egyetemen történik, a 3 napos gyakorlat (péntek délutántól-vasárnap délutánig) pedig terepen zajlik, Ennek keretein belül megismerkedhetnek a résztvevők többek között az erdőpedagógia alapjaival is. Sikeres elméleti és gyakorlati (döntően tájékozódási) vizsga esetén a résztvevők tanúsítványt kapnak.

Kiemelném azt a nem elhanyagolható motivációs eszközt is, mely szerint a vándortábort szervező, a fenti képzésen tanúsítványt szerzett vándortábor-vezető az 1 hetes táborért bruttó 100 000 Ft juttatásban részesül. 2020 decemberéig 1087 fő vett részt és tett sikeres vizsgát (forrás OEE).

Iskolarendszerű képzések 2.

Iskolarendszerű erdőpedagógiai képzések jelenleg egyetlen intézményhez, a Soproni Egyetemhez köthetők. 2011-ben hirdette meg először a Nyugat-magyarországi Egyetem (a Soproni Egyetem jogelődje) Erdőmérnöki kara az erdőpedagógiai szakirányú továbbképzést levelező tagozaton, melynek célja a környezeti nevelés területén dolgozó, felsőfokú végzettséggel rendelkező szakemberek módszertani és szakmai ismereteinek szélesítése, nagy hangsúlyt fektetve a gyakorlati ismeretekre is. (a képzések során az összes óraszám 69%-a szakmai tantárgy, és a szakmai tárgyak óraszámának 25% a terepgyakorlat)

A jelentkezők bemeneti végzettségétől függően három szinten kezdték el az erdőpedagógiai továbbképzést.

- A mesterképzésben szerzett erdőmérnöki végzettség vagy a 2006 előtti felsőoktatási rendszer alapján szerzett egyetemi szintű erdőmérnöki végzettséggel rendelkező jelentkezők számára mesterszintű erdőpedagógiai szakmérnök képzést hirdettek meg.

- Alapképzésben szerzett vadgazda- vagy természetvédelmi mérnöki végzettség vagy a 2006 előtti felsőoktatási rendszer alapján szerzett főiskolai szintű vadgazda- vagy természetvédelmi mérnöki végzettség esetén sikeres záróvizsga után alapszintű erdőpedagógiai szakmérnök végzettség szerezhető.
- alapképzésben szerzett bármely pedagógiai végzettség vagy bármely más felsőfokú diploma

A 3 szemeszteres, kizárólag levelező tagozaton költségtérítéses formában meghirdetett képzés nem indul minden évben, csak ha a jelentkezők száma az adott félévben eléri a 15 főt. A képzés célja egy olyan komplex szemlélet átadása, mely segíti a realitásokon alapuló környezettudatos szemlélet kialakítását.

A szakmai tárgyak oktatását az Erdőmérnöki kar erre felkért oktatói végzik, míg a pedagógiai tárgyakat a Benedek Elek Pedagógiai Kar oktatói jegyzik. A gyakorlatokat közösen tartják, kiegészülve néhány gyakorló szakemberrel.

Az előzőekben nem szerepel, de említésre méltó szerepe van a szemléletformálásban az egyetemeken/főiskolákon hallgatható erdőpedagógia című tantárgyaknak. Erdőmérnök képzés hazánkban egyetlen helyen, a Soproni Egyetemen zajlik, és képzési tervbe beépített tantárgyként is csak Sopronban hallgatható erdőpedagógia.

Az erdőmérnöki kar tantárgykínálatában három tantárgy található:

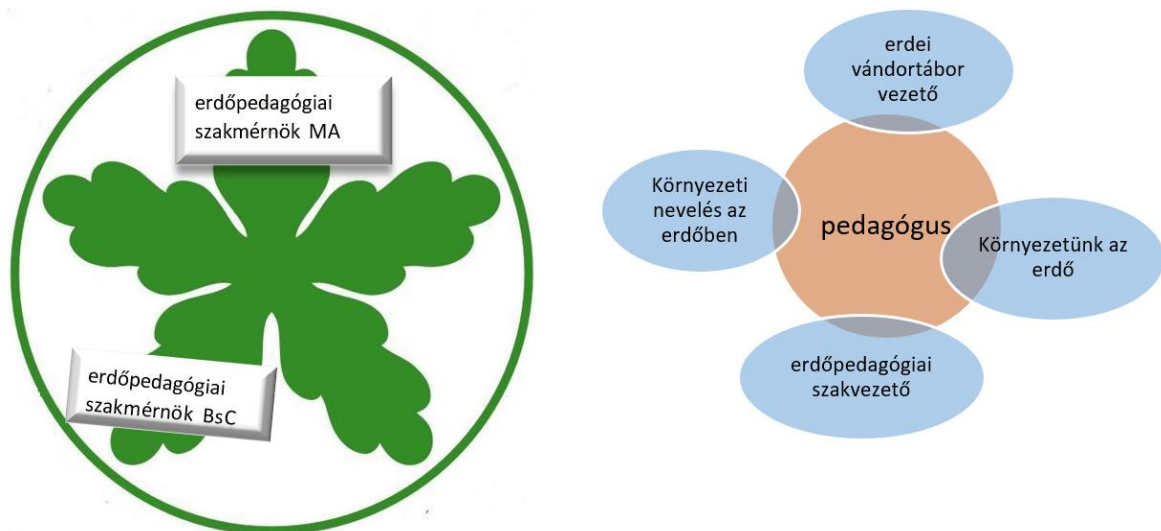
- Erdőpedagógia alapjai,
- Erdőpedagógia szakmai módszertan,
- Erdőpedagógia és kommunikáció

A Soproni Egyetem Benedek Elek Pedagógiai Főiskolai Karán is szerepel Erdőpedagógia tantárgy a felvehető tárgyak között. Mindkét esetben a választható/nem kötelező tárgyakról van szó.

Összegzés

Idén lesz 20 éve, hogy 2001-ben az első erdőpedagógiai képzés megjelent Magyarországon. Eleinte csak továbbképzési jelleggel, majd 2011 óta iskolarendszerű képzések is meghirdetésre kerültek.

Az elmúlt két évtized alatt közel 1500 hallgató ismerkedett meg az erdőpedagógia alapjaival. Ha megnézzük a képzési palettát, látható, hogy túlnyomó részben pedagógusok számára indított továbbképzésekről van szó.



A pedagógusok számára kötelező továbbképzések (277/1997. (XII. 22.) Korm. rendelet) sorába beilleszthetők voltak ezek a képzések, a szakmai vonalon nem beszélhetünk kötelező továbbképzésről, így ez jobbra önkéntes alapon működött, illetve a munkáltató is beiskolázhatta a szakembereket.

Lényeges megemlíteni, hogy a jelenleg aktuális képzéseket kizárólag felsőfokú végzettséggel rendelkező szakemberek számára írták ki, viszont leggyakrabban a mérnökök mellett a középfokú végzettséggel rendelkező erdősztechnikusok találkoznak a csoportokkal. 2009-ben az Országos Erdészeti Egyesület már felhívta a figyelmet, hogy célszerű lenne az erdősztechnikus képzésbe is beilleszteni az erdőpedagógiát.

A törekvés annyira időszerű, hogy 2016-ban az Országos Erdészeti Egyesület által, a középfokú végzettséggel rendelkezők számára meghirdetett Év erdésze verseny döntőjében közjóléti feladatként a versenyzőknek 4 gyereknek kellett csoportos foglalkozást tartani.

A két kutatást összevetve megállapítható, hogy a középfokú végzettséggel rendelkező „tő melletti” erdészek közjóléti feladatai, erdőpedagógiai szerepvállalása egyre nagyobb mértékben jelentkezik, viszont ezzel párhuzamosan jelenleg középfokú végzettséggel nincs lehetőségük a témában ismereteik bővítésére.

Irodalomjegyzék

BÁNHIDI ATTILA (2004): A vándortáborozás fogalma. In: Bánhidi Attila (szerk.): Vándortáborozási kézikönyv. Mobilitás, Budapest 9.p.

BIHARINÉ DR. KREKKÓ ILONA (szerk.): Környezeti nevelés az erdőben; Öko-Fórum Alapítvány, Budapest, 2002

BIHARINÉ DR. KREKKÓ ILONA, DÓSA GY.: „Találkozzunk az erdőben!” KÖRNYEZETI NEVELÉS AZ ERDŐBEN TOVÁBBKÉPZÉS PEDAGÓGUSOK, ERDÉSZEK RÉSZÉRE, Erdészeti Lapok CXXXVI. évf. 12. szám (2001. december) 391. o.

HARTL É. (2008) A „Környezetünk az erdő” pedagógus továbbképzés környezettudatos nevelésben betöltött helye, szerepe és hatékonysága, Doktori (PhD) értekezés Sopron

ORMOS B (2001) Akkreditált erdőszeti erdei iskolai továbbképzés, Erdészeti Lapok CXXXVI. évf. 12. szám (2001. december) 389. o. (<http://erdeszetilapok.oszk.hu/00272/pdf/09ormos.pdf>)

277/1997. (XII. 22.) Korm. rendelet a pedagógus-továbbképzésről, a pedagógus-szakvizsgáról, valamint a továbbképzésben részt vevők juttatásairól és kedvezményeiről

<https://www.erdeivandor.hu/kepzes>

https://www.oee.hu/hirek/egyesuleti-hirek/erdei_vandortabor_majus_5_jelentkezes

<http://emk.uni-sopron.hu/erdopedagogiai-szakiranyu-tovabbkepzes>

THE MULTIFUNCTIONAL ROLE OF TREES IN KINDERGARTEN ENVIRONMENTAL EDUCATION IN THE LIGHT OF TODAY'S ECOSOCIAL CHALLENGES

KISS ANDREA TÜNDE

University of Sopron, Sopron, Hungary
kissantu999@gmail.com

Abstract

This article focuses on pre-school environmental education and above all, mainly on the multifunctional role of trees. The work of excellent instructors and my personal commitment to respect for the environment encouraged me to continue on this path. I think it's important for people to realize the many values that trees give us. The necessary approach is worth developing in pre-school children. To be aware the methods currently in use, I conducted a literature review that suggests that there is still much to be done in this area and I will do my best to make trees more valued by people. The forest is an indispensable environmental system, which is also the most developed living community. It is a huge challenge not only for those who farm it, as we have to return it to the next generations in the same or better condition. This is also what the well-known saying is pointing out, that we borrowed the forest from our grandchildren.

Introduction

The forest is an indispensable environmental system, which is also the most developed living community. It is a huge challenge not only for those who farm it, as we have to return it to the next generations in the same or better condition. This is also what the well-known saying is pointing out, that we borrowed the forest from our grandchildren. Since my topic is about the multifunctional role of trees, and trees are mainly individuals of the forest, I consider it necessary to start my research from this direction. (Mecsekerdő Zrt.,2012)

„The most important effects of the forest:

- the largest carbon consumer (carbon sequestration) and oxygen producer,
- the largest producer of organic matter, the source of wood as a raw material, a renewable energy source, and the source of many other products from the forest,
- the basic regulator of the Earth's water balance,
- influencer of the meso- and macroclimate,
- it is slowly becoming the only place to maintain the food chain without interruption,
- the most significant protector of the environment,
- its health-promoting and regenerating effect is incomparable,
- its welfare, cultural and aesthetic impact is essential.” (A Mi Erdőnk,2019)

The importance of forest pedagogy and the opportunities inherent in it have already been researched by known lecturers, some of whom I would like to highlight: Prof. Dr. István Lükő, Dr. Katalin Molnár. They were pioneers in this field at the University of Sopron and to this day they are enthusiastic about encouraging both students and children to love the forest and better respect their environment. During my Bachelor and PhD years I had many experiences with them that encouraged me to continue on this path. I have read many doctoral dissertations on this topic, however, I have found that none of them focus on trees and their multifunctional role, although this is an extremely important topic in my opinion. However, in order to observe a significant change in the attitudes of adults, it is necessary to start forming attitudes in young children. I carry out my research in kindergartens in Győr-Ménfőcsanak-Sopron County and in kindergartens in Burgenland, which provide useful information and form an excellent basis for comparison between the Hungarian and Austrian situations.

The ONAP (National Basic Program for Kindergarten Education) has the following expectations for pre-school teachers regarding active learning about the outside world: „4. It is the responsibility of the pre-school teacher to enable the child to actively learn about the environment. The pre-school teacher has to provide sufficient opportunity, time, space, tools to gain spontaneous and organized experience and knowledge to form environmental culture and safe living habits. He/she also has to promote the child’s independent opinion-making, the development of his/her decision-making skills, in contemporary relationships and the forming of the environment, as well as place emphasis on the foundation and forming of environmentally conscious behaviour in order to achieve sustainable development.” (363/2012.XII.17.Korm.rendelet) During my research I am looking for the answer to the level of pre-school education of children in cities, towns and villages, with regard to the multifunctional role of trees. This is relevant because of how their readiness will later base their connection to NAT (National Core Curriculum).

Literature review

A change of attitude on the threshold of the 21st century

One of the most significant challenges of the 21st century is development, especially sustainable development, which requires a lot of consultation. The development is mostly present in a materialized way. **Graham Hancock** took the following view of today’s idea of development: „Today’s man thinks of development as having striped toothpaste, Coca-Cola and an atomic bomb instead of white cream, tap water and sword fighting. It might be development, but this development is the development of cancer as well: a mindless expansion, a proliferation that does not stop until it consumes everything around it and eliminates its own living conditions. We can say that according to this, the consciousness of consumer society is cancerous.” (Jakab,2007)

The pedagogy of sustainability

Changes are taking place around us that are far-reaching: e.g. disturbances in the biosphere, climate change, the ozone hole, air-water and soil pollution, problems of people’s quality of life, extinction of various species. These are all challenges that have an urgent pedagogical message.

Educators can form a person’s values and way of life, thus forming and educating their habits. The pedagogy of sustainability is a significant activity in the history of environmental education.

The concept of environmental education

At the UNESCO Conference in Tbilisi in 1977, environmental education was formulated to affect generations, with the goal of developing an attitude that motivates the individual to act individually and as a group for their environment. The material of the Tbilisi Conference helped to define the content of environmental education, which is as follows:

1. Transfer and understanding of knowledge about environmental values and environmental problems
2. Environmental education, research, inquiries
3. Caring for the environment and developing a responsible attitude

It is also characteristic of environmental education that it can be found in the natural and social sciences. It is of paramount importance as it educates on a systems approach. It demands a holistic worldview, as it enables the individual to view the problems that arise in the environment at large. In fact, environmental education is a lifelong process in which, in addition to intellectual education, emotional education also plays an important role. And its lifelong nature can be seen in particular in the fact that it is not only the problems of the

present that need to be addressed, as the problems of the present also have an impact on the future. (Jakab&Varga,2005)

The way children think about the environment

The knowledge system related to environmental education is based on an ecological knowledge system. This includes, but is not limited to, photosynthesis, respiration, energy and metabolism with the environment, degradation, and habitat issues. For environmental education to be effective, one must be aware of one's place in ecosystems. Among these, knowledge about the functioning of society and environmentally conscious behavior also plays a key role.

Éva Wagner's research in kindergartens in Kecskemét and Budapest revealed that small group discussions are the most ideal for children to systematize their knowledge. The educator is there to help them, as he/she can control the conversation and help the children give the right answer to a particular question. However, this by no means carries with it the certainty that children can react similarly in another situation. For teaching to be effective, educators need to be in possession of questioning techniques that familiarize them with the deep structure of children's thinking.

According to Éva Wagner, children have ideas about the environment around them and the relationships present in it, as they have their own opinions on everything. This serves as an extremely good basis for deepening environmental education. However, children's perceptions of the availability of energy resources continue to be a relevant factor. According to this, they can not be expected to treat energy sources sparingly if they think we have an infinite amount of it at our disposal. That is why it is necessary to acquaint them with the essence of the finiteness of energy sources. It became clear from the survey that children have the idea that energy is produced by itself somewhere and then used in the same way. In this context, it is important to note how children feel about relationships in the living world. The experimental task with children confirms that children are not yet able to think in systems. Although educators gain a wealth of knowledge, they are only able to use it in the context in which it was acquired. (Jakab,2007)

The situation of environmental education in Europe

The relationship between man and society played an important role in the development of environmental education. An outstanding result of the reign of humans was the subjugation of nature, the fact that humans became able to rule over nature. This caused humans to make more and more use of nature for their own convenience. Experts say that the degree of utilization can be measured by the degree of cognition. However, anyone who tried to get to know nature was either admired or persecuted or simply feared. The 19th century was a milestone in that humanity realized where it had actually developed. This encouraged the experts to draft a forest law and to protect certain areas from nature conservation. These were important initiatives, yet they proved to be few, for nature had already reached a stage that fundamentally rearranged it. During the technical revolution, humans did everything they could to create devices for their own comfort. However, this industrial development produces so much waste and pollutes the environment to such an extent that it is slowly causing the loss of humanity. And only humanity can do against it. This realization was born in humans and they wanted to take action to protect their environment from further destruction. That is why in **1906** the Ministry of Religion and Public Education ordered the celebration of Birds and Trees Day in Hungary. A few decades later, in **1935**, the first Hungarian nature conservation law was passed. The International Union for Conservation of Nature was established in **1948** with the aim of educating people who have a modern worldview and live in harmony with their environment. We have been celebrating Earth Day on April 22 since

1970 and World Environment Day on June 5 since 1972. 1972 is also famous for another major event, namely the United Nations World Conference on the Environment, which was held in Stockholm. The international program of environmental education was discussed at this conference. 5 years later, in 1977, at the UNESCO Conference on Environmental Education in Tbilisi, they formulated proposals for the production of school textbooks for environmental education. In 1987, at a conference called „Tbilisi+ 10 years”, the changes that had taken place since 1977 were discussed and further proposals were made for the development of environmental education. 1992 was also a particularly important date, as the Rio Conference set the goal of sustainable development, but it was incomprehensibly not accepted by all countries.

The situation of environmental education in Hungary

I consider it especially important to illustrate the situation in Hungary. In 2003, the National Institute of Public Education conducted a survey on the topic of environmental education in primary and secondary schools. Reflecting this, Péter Havas, Nikolett Széplaki and Attila Varga conducted a research in 2009 on the practice of environmental education in Hungary. The United Nations has described the decade 2005-2015 as a decade of „Pedagogy for sustainability”. The Hungarian government has also expressed its commitment to environmental education and sustainability in several documents, which is also reflected in the National Core Curriculum.

P. Havas, N. Széplaki and A. Varga carried out a research aimed at what, according to teachers, are the most important objectives of environmental education. As a result of the research, it became clear that although environmental education plays an important role in public education and is present as a legal obligation, in 2003 schools did not implement it to a small extent. Among the pedagogical objectives of environmental education, the formation of attitudes and the development of environmentally conscious thinking appeared, but the transmission of knowledge and the introduction of environmental problems also caught up. It is striking that no school has set itself the goal of promoting sustainable development. Havas-Széplaki-Varga's research shows that on average 94% of primary school students take part in environmental education, but there are places where this makes up only 30%. (Havas,Széplaki&Varga,2009)

Children's books

Mini: The forest (recommended from the age of 2) (Leporello)

It describes the forest as a large family where trees and other plants find food and protection for themselves. It distinguishes deciduous trees from conifers. It shows how the seed becomes a tree. It draws a parallel between man and the tree with the observation that trees also grow throughout their lives. The age of a tree can be clarified by counting its annual rings, as a new ring is formed on it every year. It illustrates trees and their parts and their functions with fold-out drawings. It shows in detail what are the essential foods without which no tree would exist. This way, kids can learn about the tremendous importance of air, light and mineral salts in the soil and water for trees. Furthermore, children can observe how different the fruits and leaves of different trees are. Also, the book gives some DIY ideas from the leaves and fruits illustrated earlier.

The next chapter draws attention to the habitat of animals living in the forest. Here the book compares the forest to a huge house with different animals living on each „floor”. We learn from this that under the „thick leaf” (at canopy level) squirrels, insects and birds are happy to find a home. It is characteristic of animals living in the forest that they move mostly at night. Their night activities are needed because that's when they can hunt perfectly. The fold-out drawings show exactly which animal is feeding what. This makes it clear to the

children what the main food of the wild boar, the badger or the owl is. The book also covers the underground inhabitants of the forest.

The book concludes with a chapter that focuses on the treasures of the forest. It reveals to us the treasures provided by the forest in different seasons, which are on the one hand the succulent fruits and on the other hand the branches, twigs, colorful leaves, cones, bird feathers, chestnuts, that children can use to create countless toys for themselves using their creativity. (Weinhold, 2012)

Egon Schmidt-Tibor Budai: Walks in nature –Forest life

It presents the wildlife of forests in a school setting. Its protagonist is Uncle Feri and his students, who can experience the environment around them and the creatures that occupy them up close on a class trip in April, July and February. Already on the first page, the authors introduce their readers to special bird species such as the gray heron as well as the woodpecker. The book places great emphasis on getting kids to get to know all three faces of the forest. The very first class trip takes place in April. Uncle Feri plans to leave early in the morning, because as we have learned, the forest animals are most likely to come out at this time. The first creature seen by the children in the April forest was an eight-lane pawn. The book depicts animals and plants in great detail. As a next moment, the authors dispelled the suspicion of bee or wasp stings and it became clear that they were using their sting only for protection. Birds living in the woods then received special attention. In this way, children can get acquainted with, among other things, the spawning time of the buzzard, woodpecker, flycatcher, tit, the number of its chicks and their nesting habits. Comparing the animals living in the parks with the animals in the forest, Uncle Feri concluded that the animals living in the parks are always much friendlier to humans. The advantage of the book is that it not only pays even more attention to the already popular animals, but also presents less symphatetic animals such as the legless lizard and encourages the reader not to be disgusted or afraid of it. The story also focuses on fish and introduces children to the phenomenon of fishing, as it is important for children to be aware that a lot of animals, no matter how cute, still serve human food. Furthermore, it does not obscure the fact that not only people kill animals for food, but they do the same to each other. The behavior of animals also changes in different seasons, as the book highlights. The authors created a miniature animal determinant that housed some butterfly species, bird species, and forest mammal species. (Schmidt&Budai,2015)

Implications

During the analysis of the available literature, I became convinced of the important role of the 21st century in shaping the kind of attitude that leads people to sustainable development. The pursuit of sustainability also appears in pedagogy. Educators have a very important role to play in this, as they are already part of the lives of the youngests and are able to shape their habits. In Hungary, there are initiatives such as Birds and Trees Day, which really focuses on introducing trees to children. Henceforth, the analysis of children's books available in Hungary has shown how many opportunities are still untapped on this topic. This is also evidenced by the fact that although these children's books draw attention to the fact that we can distinguish between deciduous and evergreen trees, as well as the nutrition of trees and DIY ideas, there is still a lot of useful information to be given to children about trees.

References

A Mi Erdőnk (2019.02). Az erdők jelentősége, legfontosabb funkciói. Date of download: 20 January 2021

<http://www.nefag.hu/wp-content/uploads/2019/02/Magyar-erdok-A-magyar-erdogazdalkodas-split.pdf>

A. Weinhold (2012). Mini: Az erdő. Budapest: Scolar Kiadó Kft.

363/2012. (XII.17.) Korm. rendelet Az óvodai nevelés országos alapprogramja. Date of download: 20 January 2021, Source: Jogszabálykereső:

<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200363.kor>

Havas P. Széplaki N.&Varga A. (2009.06.17.). A környezeti nevelés magyarországi gyakorlata. Date of download :5 August 2021, Source: Eszterházy Károly Egyetem Oktatókutatató és Fejlesztő Intézet

<https://ofi.oh.gov.hu/tudastar/kornyezeti-neveles-090617-1>

Jakab Gy.&Varga A. (2007). A fenntarthatóság pedagógiája. Budapest: L'Harmattan Kft.

Mecsekerdő Zrt. (2012). Erdőgazdálkodás. Date of download: 20 January 2021

<https://www.mecsekerdo.hu/erdogazdalkodas-2>

Schmidt E. & Budai T. (2015). Séták a természetben- Az erdők élővilága. Piliscsév: Műszaki Könyvkiadó Kft.

HAGYOMÁNYOS ÉS ONLINE KONFERENCIA SZÉNLÁBNYOMÁNAK ÖSSZE-HASONLÍTÓ ELEMZÉSE

Comparative analysis of the carbon footprint of the conventional and online conference

POLGÁR ANDRÁS¹ – ELEKNÉ FODOR VERONIKA¹ – HORVÁTH ADRIENN¹ – KOLOSZÁR LÁSZLÓ²

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet

²Soproni Egyetem, Lámfalussy Sándor Közgazdaságtudományi Kar, Üzleti Tanulmányok Intézet
polgar.andras@uni-sopron.hu

Kivonat

A szénlábnym megmutatja, hogy mennyi egy személy, szervezet, rendezvény, vagy termék teljes – direkt és indirekt – üvegházhatású gáz kibocsátása szén-dioxid egyenértékben kifejezve. Kutatásunkban a 35. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Közgazdaságtudományi Szekciójának megrendezési alternatíváinak karbonlábnymát vizsgáltuk meg hagyományos és online esetben.

Célul tűztük ki a konferencia alternatívák szénlábnymának kiszámítását, a hagyományos és online verzió összehasonlító elemzését, a CO₂ megtakarítás vizsgálatát és értelmezését. Megvizsgáltuk a semlegesítési lehetőségeket valamint meghatároztuk a konferencia online verziójának Fenntartható Fejlődési Célokhoz (SDG-k) való hozzájárulását.

Abstract

The carbon footprint shows the total - direct and indirect - greenhouse gas emissions of a person, organization, event or product in terms of carbon dioxide equivalent. In our research, we examined the carbon footprint of the alternatives of the Economics Section of the 35th National Scientific Student Conference in the traditional and online version.

We aimed to calculate the carbon footprint of the conference alternatives, to compare the conventional and online versions, and to study and interpret CO₂ savings. We examined the neutralization options and determined the contribution of the online version of the conference to the Sustainable Development Goals (SDGs).

Bevezetés

A lábnyom egy kvantitatív mérőszám, az emberiség természetbe történő beavatkozásnak mértékére szolgáló mutatószám (HOEKSTRA 2008). Az UNEP/SETAC (2009) definíciója szerint megmutatja, hogy különböző környezeti elemeket milyen hatás éri a fenntarthatósági célok megvalósítása során. Mára már több kutatás irányul arra, hogy a különböző (ökológiai, energia, víz, karbon) lábnyomokat összehasonlítsák és együttes hatásukat, vagy a köztük levő kapcsolatot értékeljék (GALLI et al. 2010; FANG et al. 2013).

A kilencvenes években a fenntartható fejlődés és a környezetterhelés mérése okán megjelent egy új fogalom, amit ökológiai lábnyomnak neveztek el (WACKERNAGEL – REES 1996). Az ökológiai lábnyom népszerűsége további lábnyomok bevezetését eredményezte, amelyeknél az életciklus szemlélet is erőteljesebben megjelent, és a Föld mellett más környezeti közegek terheléséről is információt adnak. A lábnyomok számítása objektív mérésnek tekinthető, és a szabványos módszerek alkalmazásával megbízhatósága elismert.

A környezeti lábnyomok a környezeti teljesítmény mérésére és összehasonlítására szolgáló mérőszámok. Az egyes környezeti közeget ért terhelések (föld, víz, levegő, vagy éppen élővilág, beleértve magát az embert is) számszerű kimutatásával kitűnő információt szolgáltatnak részvényesek, politikusok, üzleti partnerek, konkurensok vagy civil szervezetek számára, és orientálják a piaci szereplőket. A lábnyomok külön-külön, de együttesen is a

fenntarthatóság felé tett lépések jellemzésére is szolgálnak, és jó eszközei a környezeti teljesítmények benchmarkjának (TÓTHNÉ SZITA 2018).

A szén-dioxid-, egyszerűbben karbon-, illetve szénlábnyom az emberi tevékenység környezeti hatásának egyik mércéje. A karbonlábnyom a légszennyezettséggel és klímaváltozással hozható összefüggésbe. A karbonlábnyom megmutatja, hogy mennyi egy személy, szervezet, rendezvény, vagy termék teljes – direkt és indirekt – üvegházhatású gáz (ÜHG) kibocsátása szén-dioxid egyenértékben kifejezve. Minél nagyobb valamilyen tevékenység vagy egyén, közösség, társadalom karbonlábnyoma, annál nagyobb a globális felmelegedést okozó hatása (TÓTHNÉ SZITA 2018).

A szervezeti, esemény szintű karbonlábnyom számításánál figyelembe kell venni: valamennyi közvetlen hatást és közvetett komponenst; a működés közben és a cég járművei által kibocsátott emissziókat; a vásárolt elektromos áramhoz, gőzhöz és hőhöz, a beszerzett javakhoz és szolgáltatásokhoz köthető, a közlekedésből adódó emissziókat; a hulladékképződéssel és vízszolgáltatással összefüggő szén-dioxid kibocsátásokat, illetve üvegházhatású gázokat. Nemzeti szinten valamennyi közvetlen üvegházhatású emissziót és az ellátó lánc-hoz köthető indirekt emissziókat (TÓTHNÉ SZITA 2018). Magyarország egy főre jutó éves CO₂ kibocsátásának mértéke 2018-ban 6,55 t CO₂-egyenérték, összehasonlításképp: a fenntarthatónak számító karbonlábnyom értéknek globálisan 2-2,5 t CO₂-egyenérték/fő/év körül kellene lennie (URL2).

Egyes iparágak és szervezetek már felismerték a karbonsemleges működés szükségességét. Kiszámoltatták és auditálták karbonlábnyomukat, semlegesítették azt a CO₂ mennyiséget is, melyet már nem tudtak csökkenteni ún. ellentételezési egységek (karbonkreditek) megvásárlásával, melyek hazai vagy fejlődő országbeli, jellemzően erdőtelepítési vagy megújuló energiatermelési projektekhez kötődnek. A vállalatok és szervezetek körében komoly rangja van a karbonsemlegességnek, ezzel is kifejezhetik társadalmi felelősségvállalásukat. A világszerte közzismert márkák közül számos csatlakozott a kezdeményezéshez, egyebek közt a Google, a Dell, a PepsiCo, a Tesco, a Microsoft vagy az Avis vagy hazai szinten a Magyar Telekom. Bizonyos fejlettségi szint fölött elvárás: az országok közül nemsokára karbonsemleges lehet a zöldenergiában gazdag Costa Rica, Izland, Norvégia, a Maldív-szigetek, Svédország. (URL1).

A tudatformálás kiemelt fontosságú, ezért a rendezvények és konferenciák szervezése során a fenntartható megvalósítás mind inkább előtérbe került. Egy esemény karbonlábnyomának megismerése felhívja a figyelmet a klímaváltozás globális problémájára, szemléletesen bemutatja a résztvevőknek a kibocsátások alakulását, fő összetevőit és a csökkentés lehetőségeit. Az elemzések rámutattak arra, hogy nem feltétlenül a rendezvények áramfogyasztása, hanem a résztvevők közlekedése és ellátása jelentik inkább a kritikus pontokat. A helyzet megismerése hozzájárul egyéni és szervezeti szinten a gyakorlati megoldások alkalmazásának elterjesztéséhez és a környezettudatosság fejlesztéséhez.

A COVID-19 koronavírus járvány miatt a hangsúly a hagyományos „face-to-face” rendezvényekről áttevődött az online, virtuális térben zajló videokonferenciákra. Felmerül a kérdés, hogy ez miként befolyásolja az események szénlábnyomának alakulását.

Kutatásunkban a 35. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Közgazdaságtudományi Szekciójának megrendezési alternatíváinak karbonlábnyomát vizsgáltuk meg hagyományos és online esetben.

Célul tűztük ki a konferencia alternatívák szénlábnyomának kiszámítását, a hagyományos és online verzió összehasonlító elemzését, a CO₂ megtakarítás vizsgálatát és értelmezését, a semlegesítési lehetőségek elemzését és az online verzió SDG's szempontú hozzájárulásának kimutatását.

Anyag és módszer

Vizsgálataink során a 35. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Közgazdaságtudományi Szekciójának szénlábnyom számítását végeztük el. Az elemzés célja a hagyományos és online megrendezési alternatívájú esemény klímaváltozásra gyakorolt környezeti hatásainak összehasonlító elemzése volt, CO₂-egyenértékben kifejezve. Az elemzéshez szükség volt a leíró és a jellemző bemeneti környezeti adatok összegyűjtésére. A kalkuláció kimeneti oldalán eredményként a szénlábnyom értékek [kg CO₂-egyenérték] adódtak, amelyek alapján a környezeti hatások értékelését végeztük el. E megközelítés a problémaorientált (köztipont) módszer (TÓTHNÉ 2008), mely megáll a mennyiségi modellezésnél a végpont előtt, és a környezeti leltáradatokat (melyek esetünkben környezeti tényezőknek tekinthetők) a környezeti problémákhoz (globális felmelegedés, mint köztipont (midpoint)) rendeli.

Leíró adatok: A rendezvény 2021. április 22-24. között zajlott le, Sopronban. A konferencia során három napon keresztül 25-25 arányú megosztással, összesen 50 tagozatban folytak az előadások, emellett ünnepélyes nyitó- és záróüléssel, a zsűri napi egyeztetéseivel és kiegészítő programokkal lehetett még számolni (pl. reggeli mozgás, fenntarthatósági sarok, esti koncert, interaktív színház).

A nagyszámú résztvevő megoszlása az alábbi volt: mintegy 600 fő előadó, 220 fő zsűritag, 60 fő középiskolás diák, 100 fő kísérő és látogató, 30 fő VIP meghívott és 50 fő helyi szervező. Összesen 1060 fő vett részt a nagyszabású országos konferencián.

A COVID-19 koronavírus járvány okozta pandémiás helyzet miatt a szervezők eredeti elképzelését, miszerint a konferenciát hagyományos módon rendezik meg, felváltotta az online formában való megvalósítás igénye. Munkánk során ezért két alternatíva, a hagyományos és az online konferencia esetében gyűjtöttük össze tevékenység- és folyamatszemplében a környezeti leltáradatokat. Ezzel alakítottuk ki az elemzés rendszerhatárait. Az adatgyűjtéssel érintett fő folyamatok megvalósítási verzióként az alábbiak voltak: mobilitás, szállás, étkeztetés, energia, felhasznált anyagok, szállítás, hulladékok. További kapcsolódó termékrendszerek, háttérfolyamatok környezeti adatait külön nem gyűjtöttük össze (pl. a közlekedés során elhasznált üzemanyag előállításának környezeti hatásai bemeneti adatként nem jelentek meg).

Hagyományos (jelenléti) alternatíva esetében meghatároztuk a konferencia környezeti hatásainak oldaláról a legjelentősebb környezeti input adatokat.

A résztvevők közlekedése esetén feltételeztük, hogy helyi, környezetbarát közlekedéssel (kerékpár és gyalog) érkezik a középiskolások 80%-a (48 fő) és a szervezők teljes köre (50 fő). Tömegközlekedéssel, azon belül vonattal az előadók 60%-a (360 fő), középiskolások 10%-a (6 fő), a zsűritagok 20%-a (44 fő) és a kísérők, látogatók fele (50 fő), míg autobusszal az előadók 10%-a (60 fő) és a középiskolások 10%-a (6 fő) érkezik. Személygépkocsival az előadók 30%-a (180 fő), a zsűritagok 80%-a (176 fő), a kísérők és látogatók fele (50 fő), a VIP meghívottak teljes köre (30 fő) utazik. Becslésünk szerint az előadók és a kísérők egy autóban érkeznek, így átlagosan 3-3 fő utazik együtt, a zsűritagok párban, a VIP meghívottak szintén párban érkeznek. Az egyszerűsítés miatt az utazások átlagos körzetének egységesen 300 km-es távolságot adtunk meg, amely oda-vissza számítva 600 km megtételét jelentette (kivéve a középiskolások esetében: közülük a busszal érkezők 45 km-es körzetből jöttek).

Számításaink szerint a résztvevői tömegközlekedéssel megtett táv 39474 km (27294 km vasúton, 12180 km busszal), valamint a személygépkocsival megtett távolság 97800 km.

A résztvevők számára biztosított étkezések száma az alábbiak szerint alakult: 1700 db reggeli, 3400 db meleg étkezés (egységes ételjegyes), valamint 850 db díszvacsora, amely többféle csévinget jelent (melegen tartott), 70% nem vegetáriánus és 30% vegetáriánus megoszlásban. Minden étkezéskor felszolgáltak kávé és ásványvizet. Bor, sör és rövidital csak

ebéd és vacsora esetén adódott. Az étkezésekből származó műanyag hulladék (PET) mennyisége összesen 59,5 kg (100%-ban szelektíven gyűjve, 100% újrahasznosítással).

A jelenléti és távolléti verziójú rendezvény tavaszi időpontja miatt a helyiségek (összesen kb. 1250 m²) fűtési és légkondicionálási igénye nem merült fel. A hagyományos rendezvény jellege (projektoros vetítés) miatt a helyiség megvilágítás energiaigénye elhanyagolható volt.

A tagozatok jelenléti előadásai 50 db laptop és 50 db projektor működését igényelték, átlagosan 6-6 óra üzemidővel. Az előadók mindegyike saját laptopján további 4-4 órás üzemidőt produkált. A számításkor a konferencia szervezésének energiaigényét is figyelembe vettük.

A konferencia során 1000 db-os példányszámban nyomtatott kiadvány is készült (terjedelme egyenként 660 oldal), valamint ajándék jegyzetfüzet és vászontáska (összesen 10,6 kg textil) mellett, részvételi okleveleket osztottak ki. Megközelítőleg 1654,1 kg papír felhasználásával számoltunk. A résztvevők azonosítására polietilén (PE) névjegykártya tartókat alkalmaztak (összesen 5,3 kg, amely visszagyűjtésével és újrahasználatával nem számoltunk).

A résztvevők elszállásolása esetében összesen 1900 vendégéjszakával számoltunk (elsősorban diákhotelben), ahol összesen 68,4 kg műanyag hulladék (PET) keletkezés mennyiségét becsültük (100%-ban szelektíven gyűjtve, 100% újrahasznosítással).

A hagyományos és az online konferencia során sem merült fel a résztvevők külső helyszíneken zajló programokra történő utaztatása.

Online (távolléti) alternatíva esetében minden résztvevő otthoni bejelentkezésével számoltunk, így a közlekedéssel és a vendégéjszakákkal járó környezeti hatások elhagyhatók voltak. A résztvevők napi normál étkezését sem kapcsoltuk az online rendezvényhez, így az étkeztetés hatásai nem jelentkeztek.

A tagozatok online előadásai 710 db laptop, 350 db PC + monitor (LED) + webkamera, 1060 db modem működését igényelték, tagozatonként átlagosan 6-6 óra üzemidővel. A résztvevők mindegyike saját eszközén további 2-2 órás üzemidőt produkál (online programok). A számításkor a konferencia szervezésének energiaigényét is figyelembe vettük.

Az online konferencia során átadásra szánt nyomtatott kiadvány, ajándék nem készült, nyomtatva csak a részvételi okleveleket osztották ki. Megközelítőleg 4,1 kg papír felhasználásával számoltunk ebben az esetben. Online alternatíva esetén a konferenciához köthető műanyag hulladék nem keletkezik.

A szénlábnyom kalkulációt a bemeneti adatok figyelembe vételével végeztük el a két alternatívára nézve. A számításhoz a „myclimate foundation – The Climate Protection Partnership” módszertanát használtuk fel. A módszertan lehetőséget adott a felhasznált energia esetén 100%-ban megújuló energiával való helyettesítés forgatókönyvének figyelembe vételére is (URL3).

Eredmények

A bemeneti környezeti leltárakat önmagukban is értékes információval szolgáltak, melyek környezeti szempontból általánosan is értékelhetők voltak.

Hagyományos alternatíva esetén a helyszín választása központi elhelyezkedést és jó megközelíthetőséget jelentett, mely ideális környezeti szempontból. A közlekedési módok közötti megoszlás és a megtett kilométerek száma jól mutatja a személygépkocsival való utazás előnyben részesítését. Szerencsére egy személygépkocsiban nagy arányban többen utaztak. Környezetbarát konferencia szervezése érdekében inkább a tömegközlekedés arányának növelését, telekocsi alkalmazását javasolt hangsúlyozni.

A program kialakítása ideálisnak mondható, a rendezvény nem húzódott el feleslegesen, további környezeti hatásokat generálva. Az időpont tavaszi megválasztása már lehetővé tette

a helyiségek fűtési/hűtési igényének mellőzését. A konferencia által érintett napszakok és az esemény jellege (projektoros vetítés) a helyiségek felesleges megvilágítását is elkerülhetővé tette.

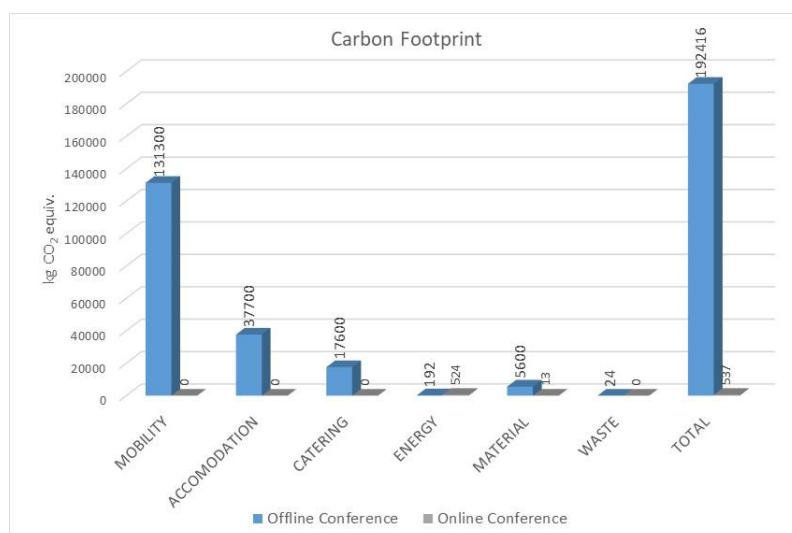
Az étkeztetés során minden hulladék szelektív gyűjtése megoldott volt. A helyi, minőségi catering szolgáltatás nem tartalmazott egyszerhasználatos elemeket, valamint a pontos regisztráció kiküszöbölte a pazarlást, a felesleges adagok készítését. Fenntartható rendezvények esetén javasolt a szezonális áruk, méltányos kereskedelemből származó termékek alkalmazása, a minősített gazdálkodások bevonása, ennek propagálása. A vegetáriánus ételek nagyobb arányú kínálata szintén kedvező környezeti szempontból.

A konferencia résztvevői tájékoztatást kaptak a rendezvény szénlábnyomának alakulásáról és értelmezéséről, mely környezettudatosságuk növelését segítette elő. Az online alternatíva számos környezeti megtakarítást eredményezett, melynek kiemelt kommunikációját a szervezők elvégezték.

A jelenléti verzió esetén műanyag névjegykártya tartókkal számoltunk, ezek visszagyűjtése és helyettesítése környezetbarát alternatívával javasolt.

A konferencia szervezése során nyomtatás nem volt jellemző, a kommunikáció elektronikusan zajlott. A szükségszerű kiadványok esetében a nyomtatás során javasolt az újrahasznosított papír alkalmazása, kétoldalas nyomtatással.

Az alábbiakban bemutatjuk a hagyományos és online konferencia fő tevékenységi területen tapasztalt szénlábnyom értékeit.

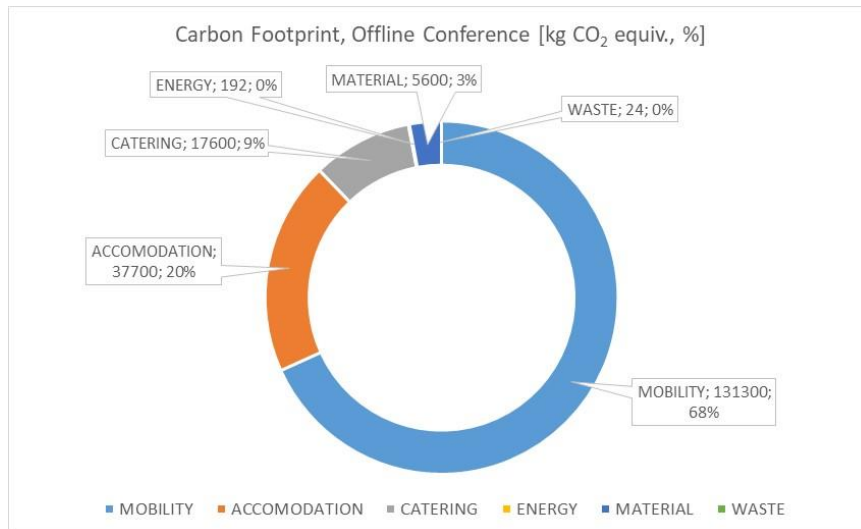


1. ábra. Hagományos (offline) és online konferencia fő tevékenységeinek részletes és teljes szénlábnyoma (kg CO₂-egyenérték)

A hagyományos konferencia megrendezése esetén a szénlábnyom nagysága 192416 kg CO₂-egyenérték mutat, míg online esetben ez csupán 537 kg CO₂-egyenérték. Az értékek egyértelműen mutatják az online rendezvény jelentette jelentős környezeti megtakarításokat összességében és részterületenként (kivéve energia).

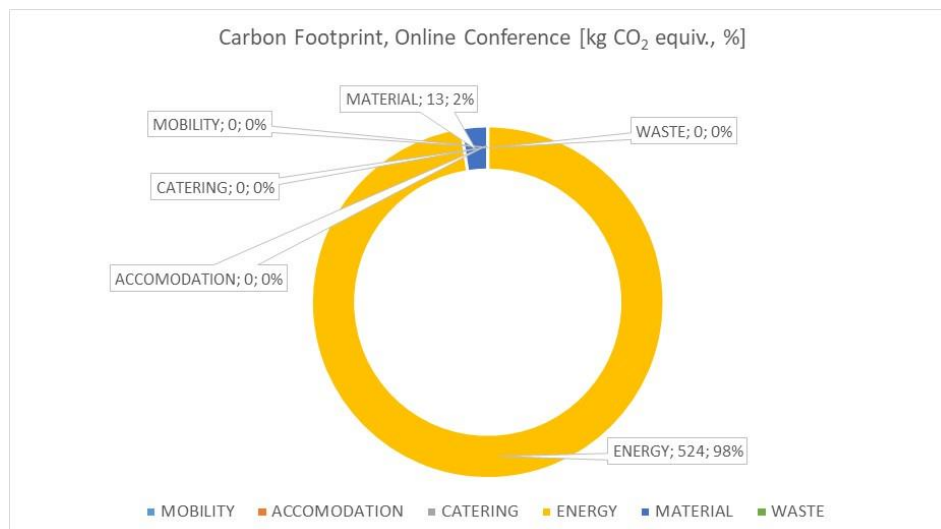
Jelenléti alternatíva esetén feltétlenül számolni kell a résztvevők mobilitásával, szállás igénybevételével, étkeztetésükkel, a rendezvény energiaigényével, felhasznált anyagokkal és hulladékok keletkezésével. Az online megvalósítás során esetünkben csak az energiaigény és a csekély anyagfelhasználás adódott.

Az egyes tevékenységi területeken kalkulált szénlábnyom értékek egymáshoz viszonyított arányát mutatják be a következő ábrák.



2. ábra. Hagyományos (offline) konferencia fő tevékenységei szénlábnomának arányai (kg CO₂-egyenérték, %)

Az offline konferencia során a szénlábnomhoz való hozzájárulás esetén legmeghatározóbb a résztvevők mobilitása (68%). Ezt követi a szállás igénybevételéből adódó részarány (20%), majd az étkeztetés részesedése (9%). A nyomtatott kiadványok, felhasznált anyagok, ajándéktárgyak összesen kis részesedési hányadot tettek ki (3%). A hagyományos konferencia energiaigénye csak az elektronikai eszközök működtetésére szorítkozik (helyiségek fűtése/hűtése nem jelentkezett), ezért részaránya elhanyagolható volt (0,099%), ahogy a szelektíven gyűjtött hulladékokból sem származott jelentős hozzájárulás (0,012%).



3. ábra. Online konferencia fő tevékenységei szénlábnomának arányai (kg CO₂-egyenérték, %)

Az online konferencia során a szénlábnom legjelentősebb részét az elektronikai eszközök működtetését fedező energiaigény teszi ki (98%), míg a nyomtatott részvételi oklevelek csak kismértékben járultak hozzá (2%). Más tevékenységi területről az online rendezvényen esetünkben nem történt részesedés.

Következtetések

Össességében megállapíthatjuk, hogy az online konferencia megvalósításával megtakarított CO₂-egyenérték mennyisége: 191879 kg (99,72%-os megtakarítás). Ez a mennyiség vált elkerülhetővé az eredeti szervezői elképzelés, vagyis a hagyományos (jelenléti) rendezvény átalakításával.

Az online konferencia esetén egyedül az energiaigény (873,81 kWh, 524 kg CO₂-egyenérték) jelent többletet a hagyományos eseményéhez képest (321 kWh, 192 kg CO₂-egyenérték), online formában így 272%-os energiafelhasználással kellett számolni. Ez azonban – a végeredményben jelentkező teljes megtakarítás tükrében – csupán elenyésző többlet CO₂-egyenérték hozzájárulást jelentett a távolléti formában az energia tevékenységi részterületen (online többlet: 332 kg).

A szénlábnyom kalkuláció alkalmazott módszertana lehetőséget adott a felhasznált energia esetén 100%-ban megújuló energiával való helyettesítés forgatókönyvének figyelembe vételére is.

Ha az energiaigényt teljes mértékben „zöld energiával” biztosítjuk, akkor az energia tevékenységi terület hagyományos konferencia rendezésekor összesen 20 kg CO₂-egyenértéket eredményez, míg online alternatíva esetén 54 kg CO₂-egyenértéket. Mindezt figyelembe véve hagyományos esetben a teljes szénlábnyom értéke csak csekély mértékben csökkentene, ám online eseménynél már számottevő különbség adódik: az energiaigény okozta karbon részesedést 90%-kal lehetne tovább csökkenteni, ami a teljes online CO₂ profilban 88% csökkentésként jelentkezik (új online konferencia részesedési arányok: energia 81%, anyagfelhasználás 19%).

Fontos megjegyezni, hogy az online rendezvény esetén hozzájárulhatunk a következő Fenntartható Fejlesztési Célok (SDG-k) megvalósulásához: No. 3: Egészség és jólét; No. 4: Minőségi oktatás; No. 5: Nemek közötti egyenlőség; No. 6: Tiszta víz és alapvető köztisztaság; No. 8: Tisztességes munka és gazdasági növekedés; No. 10: Egyenlőtlenségek csökkentése; No. 16: Béke, igazság és erős intézmények; No. 17: Partnerség a célok eléréseért (URL4).

A szénlábnyom eredmények ismeretében meghatároztuk a megtakarítás gyakorlati jelentőségét, valamint megvizsgáltuk a tényleges szénlábnyom semlegesítés lehetőségeit is („carbon offset” elemzése).

A hagyományos konferencia szénlábnyoma 10722 fő, az online konferencia szénlábnyoma 30 fő magyar lakos átlagos napi CO₂ kibocsátásával egyenértékű (bázisév: 2018). Az online esetben jelentkező megtakarítás hazai viszonylatban 10692 fő napi átlagos energiafogyasztásával egyenértékű. Globálisan fenntartható, egy főre jutó napi szénlábnyom értéken ebből a megtakarításból átlagosan 28014 fő energiafogyasztását lehetne fedezni. Ha az online konferencia tisztán megújuló energiaforrásokból valósult volna meg, ez további hazai 30 fő és globálisan fenntartható módon további 69 fő energiafogyasztását fedezhetné (DANIEL et al. 2018).

A konferencia típusok szénlábnyomának biomassza általi semlegesítésére különböző lehetőségeket és időtávokat tártunk fel, amennyiben a teljes kitermelt faanyag (100%) tartós szénmegkötése biztosított (URL5, URL6). A hagyományos alternatíva esetében 2791 db faegyedből (kb. 11 ha erdőterület), az online alternatíva esetében 8 db faegyedből (kb. 0,03 ha erdőterület) álló 50 éves korú erdőállomány 1 éves nevelésére és fenntartására („adoptálására”) lenne szükség a CO₂-kibocsátás kompenzálására.

Kb. 20 év időtartamra tervezve, az emittált CO₂ megkötésére: a hagyományos konferencia verzióhoz tartozóan 385 db kocsányos tölgy faegyedre (faegyedek ára, 2021. évi, összesen: kb. nettó 77000 HUF, kb. 2 ha erdőterület), online esemény verzióhoz tartozóan 1 db kocsányos tölgy faegyed (faegyed ára, 2021. évi: kb. nettó 200 HUF) telepítésére lenne szükség,

A 385 db kocsányos tölgy faegyed nagyjából azt jelenti, hogy a Közgazdaságtudományi Szekcióba nevezők kb. 60%-át kitevő alapszakos szerzők születésekor el kellett volna ültetni egy-egy tölgyfát és egészen a konferenciáig gondozni.

Összességében a szénlábnyom alakulásáról elmondható, hogy az online megrendezésű konferencia jelentős környezeti megtakarításokat (99,72%) eredményezett a hagyományos változathoz képest. Tevékenységeink és rendezvényeink során már nemcsak a jövőben, hanem a jelenben is nagy figyelemmel kell lennünk a fenntarthatóságra, a karbonlábnyomunk csökkentésére és lehetőleg a szénszemlegesség elérésére. Ez az életciklus szemléletben való gondolkodást kívánja meg, amely *mind a külső (összehasonlító), mind a belső (hatékony-ságnövelő) előnyök elérése érdekében is prioritás.*

Irodalomjegyzék

- MORAN D. – KANEMOTO K. – JIBORN M. – WOOD R. – TÖBBEN J. – SETO K. C. (2018): CARBON FOOTPRINTS OF 13 000 CITIES. ENVIRON. RES. LETT. 13 064041
- FANG K. – SONG S. – HEIJUNGS R. – GROOT S. – DONG L. – SONG J. (2016): The footprint's fingerprint: on the classification of the footprint family Current Opinion in Environmental Sustainability Volume 23, December 2016, Pages 54-62
- GALLI A. – WEINZETTEL GRANSTON G. – ERCIN E. (2010): A footprint Family extended MRIO model to support Europe's transition to a One Planet Economy, Sci Total Environ 2013 Sep 1; 461-462: 813-8.doi:10.1016/j.scitotenv.2012.11.071.Epub 2012 Dec 26
- HOEKSTRA ARJEN Y. (2008): The water footprint of food - Water Footprint Network, Twente Water Centre, University of Twente
- TÓTHNÉ SZITA K. (2018): Amit a környezeti lábnyomokat üzennek. ECO-MATRIX: Az LCA Center Egyesület online folyóirata. 2017: 1-2 pp. 24-36. , 13 p.
- TÓTHNÉ SZITA. K. (2008): Életciklus-elemzés, életciklus-hatásértékelés. ME-GTK, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc
- UNEP/SETAC (2009): United Nations Environment Programme, Life Cycle Management. How business uses it to decrease footprint, create opportunities and make value chains more sustainable, UNEP/SETAC
- WACKERNAGEL M. – REES W. (1996): The State of the Art in Ecological Footprint Theory and Applications New Society Publishers, Gabriola Island, BC, Canada
- URL1: Climenews. A karbonsemlegesség az új hívószó annak, aki zölden gondolkodik. <https://climenews.com/a-karbonsemlegesseg-az-uj-hivoszo-annak-aki-zolden-gondolkodik>. (Leolvasás: 2021.03.28)
- URL2: European Environment Agency. Country profiles - greenhouse gases and energy 2020. <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/trends-and-projections-in-europe/climate-and-energy-country-profiles/country-profiles-greenhouse-gases-and-1>. (Leolvasás: 2021.03.28)
- URL3: MyClimate Foundation – The Climate Protection Partnership, Svájc <https://www.myclimate.org/>. (Leolvasás: 2021.03.28)
- URL4: MeetGreen - UnCarbon Calculator <https://meetgreen.com/sustainability-consulting/uncarbon-calculator/>. (Leolvasás: 2021.03.28)
- URL5: Radó D: A fák környezeti haszna. <https://www.levego.hu/sites/default/files/kiadvany/fak.htm>. (Leolvasás: 2021.03.28)
- URL6: Szén-dioxid kompenzáció, <https://www.bekatutaj.net/info/co2-kompenzacio-carbon-offset>. (Leolvasás: 2021.03.28)

FÖLDI ÉS KÉZI LÉZERSZKENNELÉSBŐL SZÁRMAZÓ PONTFELHŐK FELDOLGOZÁSA FAVIZSGÁLATI CÉLLAL VÁROSI KÖRNYEZETBEN

Processing point clouds from terrestrial and hand-held laser scanners for the assessment of urban trees

BROLLY GÁBOR¹, KIRÁLY GÉZA¹, BAZSÓ TAMÁS¹, NÉMETH KRISTÓF²

¹ Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar

² Dendrocomplex Kft.

brolly.gabor@uni-sopron.hu

Kivonat

A városi fák állapotfelvétele a faegyedek méretbeli és fiziológiai leírását foglalja magába. A keresett jellemzők lézershakennelésből származó pontfelhők alapján irodában is meghatározhatók, ami a hagyományos helyszíni méréseknél gyorsabb, és objektív eredményt nyújthat. A pontfelhők földi lézershakennelésből (TLS), vagy a napjainkban terjedő kézi lézershakennelésből (HLS) származhatnak. Munkánkban a városi környezetben mért pontfelhők feldolgozását vizsgáltuk, valamint a kétféle szenzor adataiból levezetett eredményeket hasonlítottuk össze. Az erdei környezetre kifejlesztett automatikus eljárás a mesterséges terptárgyak kiszűrése után alkalmazhatók városi fák térképezésére, és jelenleg csak a főbb méretadatok meghatározására korlátozódnak. A két szenzor adataiból levezetett jellemzők jó egyezést mutatnak, viszont közvetlenül nem helyettesítik a helyszíni vizuális favizsgálatot és az egyed-szintű kezelési terv készítéséhez sem elég részletesek.

Abstract

Assessment of urban trees involves measurement of their structural metrics and biophysical properties. These parameters can be estimated from laser scanner point clouds in the office, which, in comparison to conventional measurements, may deliver objective and more accurate results. The point clouds can be recorded by terrestrial laser scanners (TLS) or state-of-the-art hand-held laser scanners (HLS). In this study, we investigated the processing of the point clouds captured in urban environment, and compared the outcomes derived from the data of both sensors. The automatic algorithm that we developed originally for processing scans over forest environment is adaptable for urban scenes following the elimination of artificial objects, and it is currently limited to the extraction of the main tree metrics. The estimated variables from the two sensors show high correlation; however, they neither substitute in-situ visual tree assessment, nor provide enough details for planning the treatment of trees.

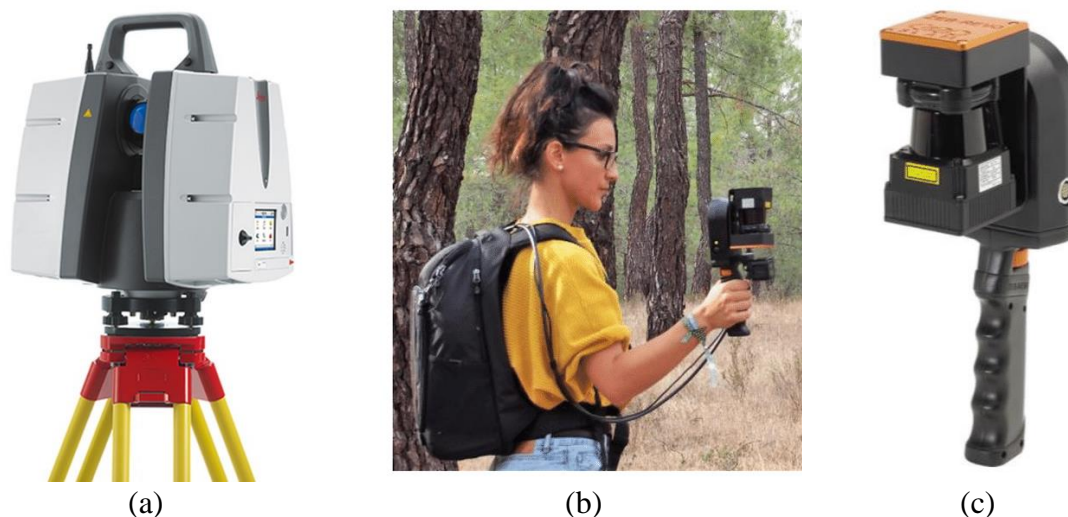
Bevezetés

A közterületekre ültetett fák állapotfelvétele több közös vonást mutat az erdőbecslési célú dendrometriai mérésekkel, ám előbbi - esztétikai és kármegelőzési okok miatt - a fa szerkezeti jellemzőinek szélesebb körére terjed ki. A favizsgálat a gyakorlatban terepi szemrevételezéssel és dendrometriai mérésekkel történik, ami nagyobb méretű, vagy nehezen megközelíthető egyedek esetében nehezen kivitelezhető, esetleg pontatlan lehet. A keresett jellemzők egy része lézershakennelésből származó pontfelhők alapján irodában is meghatározható, ami a hagyományos méréseknél gyorsabb, pontosabb, és objektívebb eredményt nyújthat.

A pontfelhő előállítását statikus földi lézershakennerrel (TLS), vagy kézben hordozható lézershakennerrel (HLS) történhet (*1. ábra*). A két adatgyűjtési mód több szempontból eltér egymástól, ahogy az általuk szolgáltatott pontfelhők jellege is. A TLS mérés műszerállványról történik, amit a munkafolyamatban egy másik pontra történő átállítás és mérés követ. Az

egy pontfelhők összekapcsolása és közös térképi rendszerbe történő transzformációja jel-tárcsákra történő mérések alapján történik, amit korábbi tanulmányunkban részletesen ismertettünk (BROLLY ET AL., 2019). A HLS a mobil lézershakkenelési eljárások közé tartozik; a mérést végző személy kézbentartja a szenzort, és a felvételt a munkaterület bejárása folyamán készíti. A szenzor folyamatosan változó pozíciójának meghatározása, és az adatgyűjtés egyidejűleg történik, ami SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) technológiaként vált ismertté (BAILEY ÉS DURRANT-WHYTE, 2006). Ennek során inerciális navigációs egység segítségével először meghatározzák a szenzor közelítő koordinátáját, amit aztán szoftveres úton javítanak az azonos felületeken található pontok egyeztetésével. A pontok belső tájékozásának pontossága 1 – 2 centiméteres (GEOSLAM, 2022), ami elmarad a TLS pontok tájékozásakor elérhető pár milliméteres pontosságtól.

A földi lézershakkenelésben szerzett tapasztalatok után, e kutatás keretében először nyílt lehetőségünk arra, hogy fákról készített HLS pontfelhőket dolgozzunk fel. A legfőbb kérdésünk, hogy vajon a HLS TLS-hez viszonyított alacsonyabb pontossága, hatótávolsága és adatsűrűsége milyen mértékben jelentkezik az egyed szintű jellemzők meghatározásakor?



1. ábra: A kutatásban használt műszerek: (a) Földi lézershakkenner, (b-c) Kézi lézershakkenner (CABO ET AL., 2018)

Az erdei környezetben, faállománybecslési céllal készített felmérések feldolgozására már rendelkezünk eljárásokkal, amelyeket széleskörű vizsgálatoknak vetettünk alá (KIRÁLY ÉS BROLLY, 2007; LIANG ET AL., 2018; BROLLY ET AL., 2021). A mesterséges tereptárgyak jelenléte miatt azonban a városi környezet szerkezetileg heterogénebb az erdeinél, így további kérdés, hogy a rendelkezésre álló, erdei környezetben már kipróbált eljárások milyen mértékben alkalmazhatók városi fák felmérésére.

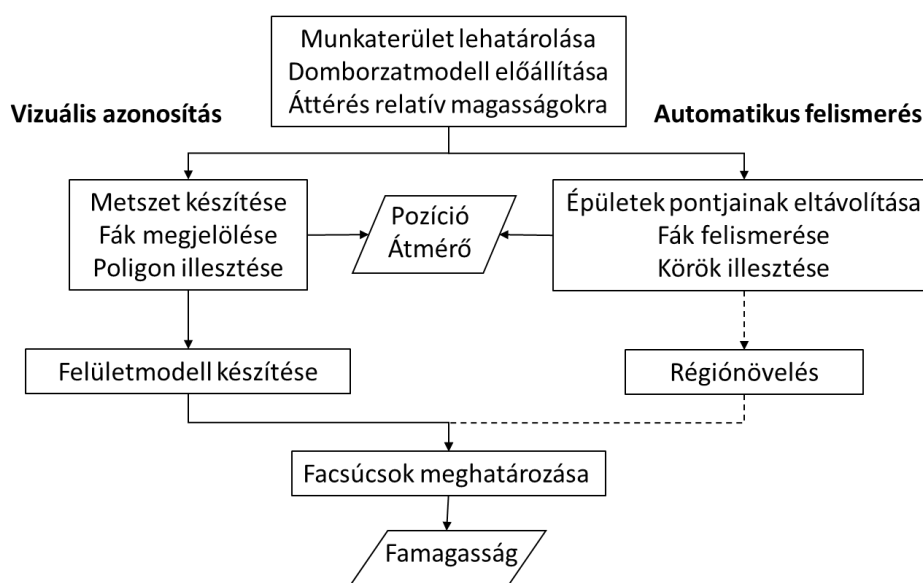
Anyag és módszer

A felmérések Budapesten készültek két szomszédos mintaterületen; mindkettő épületekkel határolt, park-jellegű udvar. Az udvarokon nagy és közepes termetű, többségében lombhullató fák mellett örökzöld sövények képviselik a fás szárú növényzetet. Az 1-es mintaterület nagyobb, park-jellegű, a 2-es mintaterületen csak sorfák vannak. A felmérés kora tavasszal készült, a fák még lombtalanok voltak. Az épületek és közvetlen tartozékaik mellett parkoló személygépkocsik, kerítések, lámpaoszlopok, információs táblák teszik változatossá az udvar belső elrendezését, valamint jellemző a mérsékelt, autó- és gyalogosforgalom.

A földi lézershakennelést Leica® P40 és Leica® BLK360 típusú műszerekkel végeztük, míg a mobil lézershakennelés a GeoSlam® ZEB sorozat műszerével történt. A TLS felmérést a két mintaterületeken négy és két műszerállásból végeztük el. A TLS mérésekből származó pontfelhők relatív tájékozásához 4,5” méretű tárcsákra végeztünk nagy pontsűrűségű méréseket, az abszolút tájékozásához pedig RTK GNSS méréssel meghatározott illesztőpontokat használtunk. A pontfelhők tájékozását Leica® Cyclone szoftverrel végeztük. A HLS adatok georeferálását – az adatgyűjtéshez hasonlóan – külső cég végezte GeoSlam® SLAM eljárással.

A további feldolgozáshoz a HLS pontfelhőt a Dendrocomplex Kft. bocsájtotta rendelkezésünkre. A két különböző típusú pontfelhőt a továbbiakban azonos módon dolgoztuk fel. A tereppontok szűrése, és a domborzatmodell előállítása után terepszint fölötti magasságra térünk át, így a magassági koordináták a növények, tereptárgyak magasságára vonatkoznak. A feldolgozást a fák vizuális és automatikus azonosításával is elvégeztük. A vizuális eljárás során a fák néhány pontjának kézi kiválasztását követően a fa pozíciója és átmérője automatikusan kerül meghatározásra.

A famagasság meghatározása a lombkorona felületmodelljén (DSM) történik a lokális maximumok és a törzspozíciók távolság alapon történő összekapcsolásával. Az automatikus eljárás az egyes fák kiválasztása után régiónöveléssel felépíti azok modelljét, ami a koronára is kiterjed, majd a modell alapján ad becslést a fa pozíciójára, átmérőjére, magasságára. A módszerek folyamatábráját mutatja a 2. ábra, ahol a szaggatott vonal jelzi azokat a lépéseket, amelyeket csak a 2-es mintaterületen tudunk elvégezni.



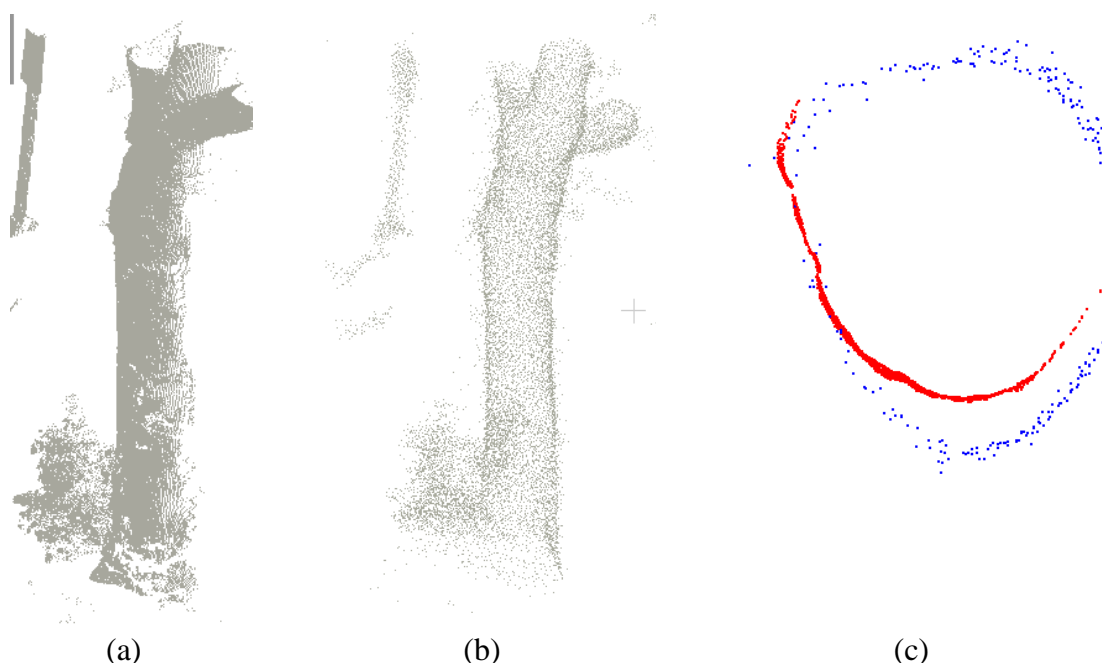
2. ábra: A pontfelhők feldolgozásának folyamatábrája. Vizuális és automatikus fa felismerést használtunk. A szaggatott vonallal jelzett lépéseket csak a 2-es, kisebb mintaterületen végeztük el.

A fák automatikus felismerésére írt eljárás az épületekről mért pontméréseket nem tudta kezelni, ezért a feldolgozás előtt ezeket el kell távolítani a pontfelhőből. Az épületek pontjainak eltávolítása manuális úton történik, ami meglehetősen időigényes, ha az épületek mellett álló fák koronája közel van a fal síkjához, vagy a tető fölé hajlik. A hatékonyság megőrzése érdekében az 1-es, nagyobb mintaterületen a pontfelhőnek csak a talajhoz közel eső, négy méteres szakaszát dolgoztuk fel. Bár ezzel a megoldással a fák magassága és koronamérete már nem lesz becsülhető, az épületek eltávolításához szükséges idő töredékére csökken. Az automatikus törzsfelismerés több magasságban valósul meg, ezért a kisebb tereptárgyak – autók, kerítések, sövények, padok – kiszűrhetők, így manuális eltávolításukra nem

volt szükség. A fák vizuális interpretációja nem igényli az épületpontok eltávolításának többletmunkáját, mert azok szabad szemmel könnyen felismerhetők. A fák pozíciója és átmérője a törzs pontjaira 1 méter magasságban illesztett kör, illetve poligon középpontjával és átmérőjével azonos.

Eredmények

A törzsek felületéről nyert HLS pontmérések száma mindössze 2%-a a TLS pontmérések számának. Ez azzal magyarázható, hogy TLS méréskor a pontsűrűséget úgy kell megválasztani, hogy a műszertől távolabbi (jelen esetben 20 méter távolságot meghaladó) törzsek átmérőbecsléséhez is elegendően részletes pontmintázatot biztosítson, ami a közelebbi fák felületén a szükséges pontszám többszörösét eredményezi. HLS mérés közben a szenzor mozgatható, felméréskor a fák távolsága a szenzortól a négy-öt métert ritkán haladja meg, ezért a pontsűrűség alacsonyabb de egyenletesebb eloszlású. A ponthalmazok metszetét vizsgálva megállapítható, hogy a TLS és HLS adatok helyzetüket tekintve jól illeszkednek, ami azt igazolja, hogy a SLAM algoritmussal feldolgozott pontfelhők tájékozásának abszolút pontossága elegendő a fák azonosításához (3. ábra).

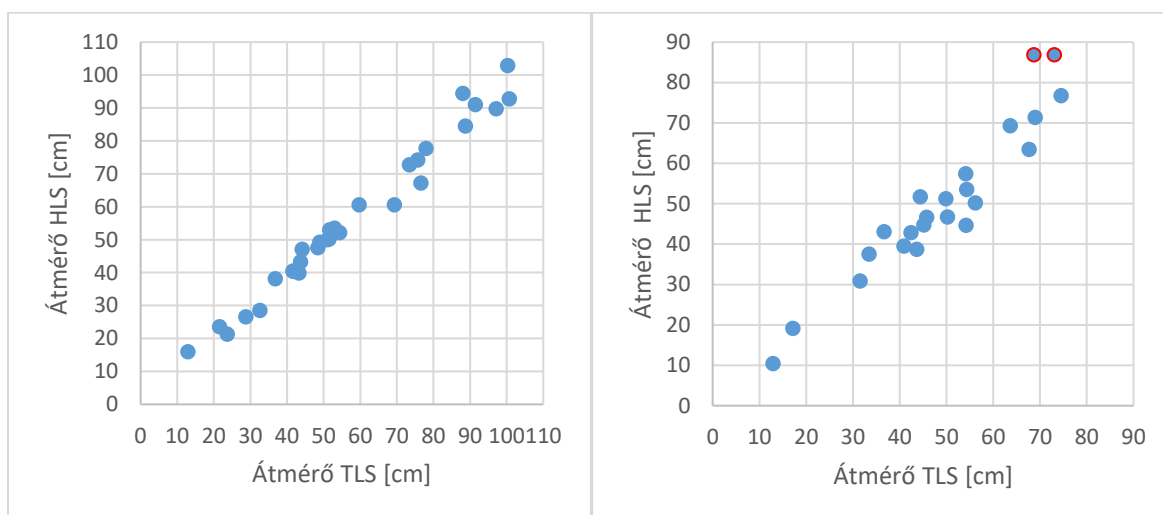


3. ábra: A két szenzorból származó pontfelhő összehasonlítása. (a) Egy fa képe a TLS pontfelhőben, (b) Ugyanazon fa képe a HLS pontfelhőben (c) Törzs keresztmetszete, a piros pontmérések a TLS-ből, a kékek a HLS-ből származnak. Jellemző, hogy a HLS pontmérések ritkábbak, de több irányban is megtalálhatók.

Vizuális úton 30 fát sikerült mindkét pontfelhőben azonosítani, automatikus felismeréssel pedig 23-at. Automatikus felismerésnél a TLS ponthalmazból kihagyott fák között nagyobb átmérőjű egyedeket is találunk, míg a HLS ponthalmazból inkább a kisebb átmérőjű egyedek hiányoznak. Ennek oka a felvételi geometriában és a pontsűrűségben keresendő: A fák körbejárásával a HLS adatgyűjtés a törzs teljes kerületére kiterjed, ami a felismerés szempontjából kedvező. A TLS ponthalmazból viszont a nagy adatsűrűség miatt az algoritmus vékony, 5 – 6 cm átmérőjű fákat is kimutatott, míg a HLS ponthalmazból 13 cm-es volt a legkisebb átmérőjű fa. A suháng méretű, ültetett fák kimutatása városi környezetben jelentőséggel bír, hiszen az ilyen méretű díszfák anyagi értéke már számottevő. Az automatikus felismerő eljárás – a kisméretű tereptárgyak kiszűrése céljából – akkor sorol el egy

pontcsoportot fa osztályba, ha annak keresztmetszete 2 méter magasság fölött is jellemzően kör alakú. Ezzel a téves felismerések száma jelentősen csökkenthető, viszont a díszfák ebben a magasságban – a hasonló méretű erdei fákkal ellentétben – már vastagabb oldalágakkal vagy koronával rendelkezhetnek, ami a fák kihagyását okozhatja. A villanyoszlopok, tartóoszlopok alakja és mérete szép növéssű, monopodiális fatörzsrre hasonlít, ami könnyen megteveszti mind az interpretálást végző személyt, mind az automatikus eljárást.

Az átmérőbecslés eredményének összehasonlítása sarkalatos kérdés, hiszen a HLS alacsonyabb pontsűrűsége, és a mérések kisebb pontossága joggal vet fel kérdéseket a technológia alkalmazhatóságát illetően. A 4. ábrán a TLS és HLS adatokból levezetett átmérőbecslések összehasonlítása látható. A törzsek vizuális azonosításával és poligonon történő átmérőbecslése átlagos 1,3 cm eltérést ad TLS és HLS adatokból levezetve, míg az eltérések szórása 3,6 cm. Az automatikus törzsfelismerés és körillesztés átlagos eltérése 0,1 cm, szórása 4,3 cm. Ennél a módszernél két kiugró eltérés is jelentkezett, amelyek nem szerepelnek az összehasonlításban. A kiugró eltérések oka, hogy a TLS ponthalmazban a fák félig takarásban voltak. A törzsek felületén a HLS mérésekből származó pontok szóródása szemmel láthatóan nagyobb, de a több irányból történő mérés miatt ez legfeljebb a kisméretű fák esetén okoz számottevő eltérést.



4. ábra: TLS és HLS ponthalmazokból végzett átmérőbecslések összehasonlítása (a) vizuális azonosítás és poligon, valamint (b) automatikus azonosítás és körillesztés alapján.

A famagasságmérés az egyes fák lombkoronájának viszonylag pontos lehatárolását igényli – akár DSM, akár régiönövelés alapján végezzük – hiszen a szomszédos fák csúcsát el kell különíteni. Itt az a tapasztalatunk, hogy a ponthalmaz alapján történő magasságmeghatározás a hagyományos trigonometriai magasságmérés eredményével összevetve általában azonos, vagy magasabb értéket ad. A hibák elsősorban nem a ponthalmazok minőségével hozható összefüggésbe, hanem a koronák elkülönítésével. Azoknál a fáknál, ahol lombkoronák összeérnek, az eljárások egy közös facsúcsot azonosítanak, ami kiugró hibához vezethet, ha a facsoport alászorult vagy közbeszorult fákat is tartalmaz. Azoknál a fáknál, ahol a lombkoronák elkülönítése egyértelmű, mind a TLS, mind a HLS adatokból származó magasságmérés megfelel a gyakorlat számára. Az alkalmazás szempontjából a probléma inkább az, hogy a durva hibás mérések kiküszöbölése végett a facsúcsok azonosítását vizuálisan ellenőrizni kell, ami több időt vesz igénybe, mint a törzsek esetén.

Következtetések

Bár a vizsgálat viszonylag kis mintaterületen és kis egyedszám mellett történt, sokrétű tapasztalatot szereztünk mind a HLS pontthalmazok jellemzői, mind a városi környezetben történő feldolgozás sajátosságairól.

- A TLS és HLS pontthalmazok feldolgozása hasonló eredményt ad, mindkét szenzor jól használható a városi fák térképezésére. A HLS előnye a több irányból történő, egyenletesebb mintavétel, a TLS előnye a nagyobb pontsűrűségnek köszönhető részletesség. A HLS pontossága átmérőbecslési pontossága az első összehasonlítás alapján ígéretes, de indokoltak a további vizsgálatok.
- Az erdei környezetre írt automatikus eljárásunk városi környezetben csak a mesterséges tereptárgyak – különösen az épületek – eltávolítását követően alkalmazható. Ha a tereptárgyak szabad szemmel elkülöníthetők, a fák vizuális azonosítása változatlan formában alkalmazható.
- A pontthalmazok alapján a fák pozíciója és átmérője a gyakorlati igényeket kielégítően meghatározható, a magasságmeghatározás eredménye ellenőrzést követően fogadható el. A pontfelhők vizuális interpretációjával bizonyos habitussal összefüggő kockázati problémák kimutathatók (villás elágazások, erős külpontosság, megemelt koronaszint). Ugyanakkor, kizárólag a pontthalmazok alapján jelenleg nem határozható meg a szükséges faápolási beavatkozások, és a pontthalmazok részletessége nem elegendő a vizuális favizsgálat kiváltására.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a „Fás biomassza termesztési feltételeinek vizsgálata” (GINOP-2.3.3-15-2016-00039) projekt támogatásával valósult meg. A kézi lézerszkennelvel mért adatokat a Dendrocomplex Kft. bocsájtotta rendelkezésünkre.

Irodalomjegyzék

BAILEY, T. – DURRANT-WHYTE, H. (2006): *Simultaneous localization and mapping (SLAM): Part II. IEEE Robot. Autom. Mag. 13, 108–117.*

BROLLY G. – KIRÁLY G. – BAZSÓ T. – PRIMUSZ P. (2019): *Több műszerállásból készített lézerszkennelések tájékozása erdőállományok felmérése céljából. Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, VII. Kari Tudományos Konferencia (Sopron, 2019.02.12.). p. 48-53*

BROLLY G. – KIRÁLY G. – LEHTOMÄKI M. – LIANG X. (2021): *Voxel-Based Automatic Tree Detection and Parameter Retrieval from Terrestrial Laser Scans for Plot-Wise Forest Inventory. Remote Sensing. 2021, 13(4), 542*

CABO, C. – DEL POZO, S. – RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ, P. – ORDÓÑEZ, C. – GONZÁLEZ-AGUILERA, D. (2018): *Comparing Terrestrial Laser Scanning (TLS) and Wearable Laser Scanning (WLS) for Individual Tree Modeling at Plot Level. Remote Sensing 10, 540, doi:10.3390/rs10040540.*

GEOSLAM (2022): *ZEB Go Product sheet. https://geoslam.com/wp-content/uploads/2021/03/ZEB_Go_Spec_Sheet.pdf*

KIRÁLY G. – BROLLY G. (2008): *Modelling single trees from terrestrial laser scanning data in a forest reserve. The Photogrammetric Journal of Finland, Vol 21, No. 1, p.37-50.*

LIANG X. – HYYPPÄ J. – KAARTINEN H. – LEHTOMÄKI M. – PYÖRÄLÄ J. – PFEIFER N. – HOLOPAINEN M. – BROLLY G., ET AL. (2018): *International benchmarking of terrestrial laser scanning approaches for forest inventories. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 144, 137 - 179. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.06.021>*

CORRELATION OF BIOMASS AND LEAF AREA INDEX IN POPLAR SHORT ROTATION COPPICE (SRC)

HEILIG DÁVID – KOVÁCS GÁBOR – HEIL BÁLINT

University of Sopron, Faculty of Forestry, Institute of Environmental Protection and Nature Conservation, dahe@hotmail.hu

Kivonat

A klímaváltozás hatásainak mérséklése érdekében a fosszilis tüzelőanyagokat ki kell váltani megújuló energiaforrásokkal. Európában a biomassza rendelkezik a legnagyobb potenciállal és sok más forrás mellett a gyors növekedésű fajokkal – fűzekkel vagy nyárrakkal – létesített fásszárú energetikai ültetvények egy fenntartható és kis befektetési igényű lehetőséget kínálnak. Sok esetben az ültetvény telepítésére szánt területek talajtulajdonságai tekintetében heterogének, ami eltérő növekedésű foltokban mutatkoznak meg. Mivel a legfontosabb tulajdonság az energetikai ültetvények gazdaságosságának megítélésékor a hozam, a fakészlet meghatározása megkerülhetetlen része az ültetvény tervezésnek és kezelésnek. A tanulmányunkban in situ mért fakészlet adatokat és Sentinel-2 műholdfelvételek alapján meghatározott levélfelületi indexeket (LAI) hasonlítottunk össze egy heterogén termőhelyi adottságokkal rendelkező nemesnyár energetikai ültetvényen két fajta, az 'AF2' és 'Kopecky' esetében. Célunk, hogy feltárjuk a lehetőségeit és korlátait ennek az alkalmazásnak. Erős összefüggést találtunk a LAI és a földfeletti biomassza tekintetében. A 'Kopecky' esetében 4%-os alul becslést tapasztaltunk, míg az 'AF2' esetében 16%-os túlbecslést. A teljes vizsgálati területre vetítve mintegy +8%-os eltérést találtunk a becslés és a tényadat között, ami ezen módszer lehetőségeire mutat rá.

Abstract

To mitigate the effects of climate change, the use of fossil fuels must be substituted with renewable ones. Biomass has the highest potential in Europe, and among the several sources, woody plantations established with fast growing tree species – such as poplar or willow hybrids – are providing a sustainable and low-input option. In many cases the sites used for short rotation coppice (SRC) establishment are heterogenous in a sense, soil parameters. This results in patches with different growth rates. Since yield is the most important factor to determine if an SRC is economically sound, the biomass inventory is a crucial part of planning and management. In our research, we compare in-site measured above ground biomass of a heterogenous poplar SRC, planted with 'AF2' and 'Kopecky' to Sentinel-2 leaf area index (LAI) products to show the possibilities and limitations of satellite imagery-based biomass-estimation method of SRC.

Strong correlation was found between LAI and aboveground biomass. Underestimation of 4% was found in the case of 'Kopecky', while 'AF2' was overestimated by 16%, on plantation level the estimation was +8% which shows the potential of this method.

Introduction

New goals were set by the European Union in 2020 lowering the emission of greenhouse gases (55% of the levels in 1990), to mitigate the effects of climate change (EUROPEAN COMMISSION 2020). traditional energy production is not able to fulfill these targets, however, there is great potential in solid biomass sources. Especially woody biomass production can be a viable way both in the sense of economic stability and ecological services (HAN ET AL. 2020). MEYER ET AL. (2021) emphasized the role of the short rotation coppices (SRC) in the diversification of agricultural landscape, habitat creation and development. Since most of the plantations are established on marginal arable lands the SRCs don't threaten the agricultural production and can be a more beneficial and profitable land use.

The biomass estimation is a key element of the planning and management of the SRC plantations. This task is a labor intensive and time-consuming procedure. The methods are close to the traditional forestry practice. Usually, sample areas are set where the diameter at breast height (DBH) or at the ground level (D0) and height is measured which provide the raw data for biomass estimation functions and the point measurements are upscaled for the whole area of the plantations.

An alternative method is the application of spaceborne remote sensed data. Several authors have published about yield and vegetation state predictor methods based on Sentinel-2 imagery for agricultural crops (HAN ET AL. 2020, HERMANN ET AL. 2011, KAMENOVA – DIMITROV 2021, SADEH ET AL. 2021).

The remote sensed data is a good tool assessing the plant changes. Leaf area index (LAI) was estimated based on vegetation indices (KAPLAN – ROZENSTEIN 2021). Sentinel-2 imagery, especially the red edge band and vegetation indices proved to be a reliable LAI estimator (DELEGIDO, ET AL. 2011, KAPLAN – ROZENSTEIN 2021). The Sentinel-2 imagery can be processed by the users with the biophysical processor of Sentinel Application Platform (SNAP) software (WEISS – BARET 2016). This provides an available source of high special resolution biophysical variables, such as LAI, Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation (FAPAR), Canopy Water Content (CW), Chlorophyll Content in the leaf (Cab) and Fraction of Vegetation Cover (FVC).

Forestry use of Sentinel-2 based LAI is presented for different purposes, e.g. carbon stock estimation of forests (ALI ET AL. 2018, BARTON 2021). There are also limitations, such as the general underestimation of actual LAI due to the clumped and dense canopies of the trees or the lower reliability of LAI estimation on varying topography (CHEN 2018).

This study aims to (1) test the LAI as growth predictor of poplar SRC and (2) to compare the accuracy of the produced models.

Materials and Methods

The research area is located in Hungary, within the Marcal-basin forestry region, near the village of Gógánfa (N47°02'03.0", E17°10'38.1"). The macroclimate of the region was warm temperate, fully humid, and hot summer climate. The annual average temperature was 16.4 °C and the total precipitation 701 mm while in the growing season it was 11.4 °C with 445 mm.

The research area was on a gentle sloping hillside close to the river Marcal (Fig. 1). The Dominant aspect is southwestern. The groundwater level lies several meters below the surface. The soils were mostly formed on alluvial sand deposits and partly on sandy loess. There were Fluvic Cambisols and Endocalcaric Luvisols (IUSS WORKING GROUP WRB 2015).

The plantation was set in 2011 in a 3.0 × 0.5 m grid (6 667 trees ha⁻¹) with 20 cm cuttings. Two clones were used in separate blocks: 'AF2' on 13.5 ha and 'Kopecky' on 7.9 ha. Mechanical weed control (disc harrowing) was done between the rows twice for each growing season. The harvest cycle was three years long. There is no data about the first cycle. The average yield of 'AF2' was 8.3 bdt (bone dry ton) ha⁻¹ in 2016 and 8.0 bdt ha⁻¹ in 2019 while 'Kopecky' had 7.2 bdt ha⁻¹ in 2016 and 7.1 bdt ha⁻¹ in 2019.

Since 2019 yearly biomass measurement have been carried out on 10 sample areas. Two rows of 20 m length have been surveyed. We measured the breast height circumference (CBH) with a measuring tape (mm accuracy). Under 30 mm CBH, the shoot number was counted only. The CBH values were divided by π to get diameter at breast height (DBH).

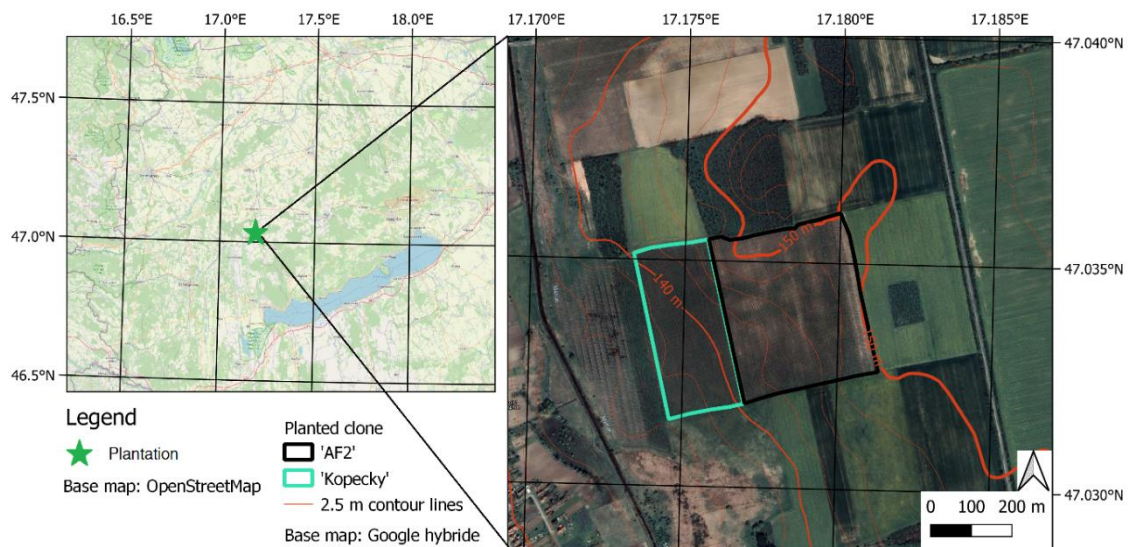


Figure 1. Location of the research plantation.

Site specific yield estimation functions (allometric functions) for both clones were developed. 15 sample trees along the whole DBH distribution were felled for both clones separately. Weight and length (i.e. tree height) of the shoot were measured. Samples were taken from the base and weighted on the field then after drying at 105 °C for three days, they were weighed (absolute dry weight) and the volume of the samples was determined by submerging them in water. Based on these data we calculated the density, moisture content and total dry weight of the sample trees.

The Sentinel-2 imagery was collected from the 2019-2021 period, preferably one for every month (except for winter months). Altogether 21 images were assessed with lower cloud coverage than 10%. Level-1C products were processed with the Sen2Cor plugin in the SNAP software to obtain corrected reflectances to the bottom of the atmosphere. Geometric correction was used on these images and as a final step the biophysical processing was done to achieve the LAI values. The maximum value was determined as 6 m² m⁻² in the modul (WEISS – BARET 2016).

In January 2021 LAI was measured with litter bag method. Every sample area had 3 repetitions of litter bags (30 cm × 30 cm). The leaf area was measured based on photographs and averaged on sample area level. The average field measured LAI ranged between 3 and 8 m² m⁻² based on the measurements of TRIPATHI ET AL. (2015).

Average height was calculated as weighted average where the weights were the basal areas. Average DBH is the quadratic mean of the measured diameters. Biomass was determined on single tree level and summed up to research plots. It was calculated with the area of plots to bdt ha⁻¹ dimension, and their increment was calculated as a difference between the given year and the previous year. Correlation analysis was used to find connection between parameters. The mapping and spatial statistics were performed in QGIS version 3.16.11(QGIS.ORG 2020).

Results

Based on the felled trees separate biomass estimator functions were fitted for both clones (Fig. 2). The coefficient of determination (R^2) reached high values (over 0.90), which represents strong relations between the DBH and biomass. The equation of 'Kopecky' is: Biomass (bone dry g) = 76.441 × DBH^{2.3203} with 252.486 root mean square error (RMSE) while for 'AF2' it is: Biomass (bone dry g) = 47.509 × DBH^{2.5134} with RMSE = 488.635 (DBH is in cm). The equations were similar, 'Kopecky' showed higher amount of biomass than 'AF2'

with the same DBH, although ‘AF2’ had broader DBH range (0-7 cm) than ‘Kopecky’ which had 0-6 cm. This could be explained with the different growth, the slightly different tree shapes and the different wood densities of the clones. According to the density measurements ‘Kopecky’ was 0.38 g cm^{-3} while ‘AF2’ is less dense, its value is 0.34 g cm^{-3} .

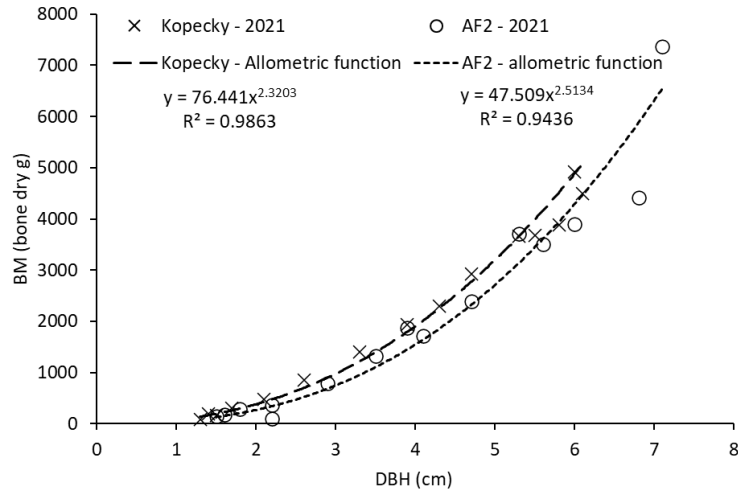


Figure 2. Fitted aboveground biomass estimator equations of the clones

The results of the survey at the ten sample points were collected in Table 1. The two clones had similar stand parameters both in 2020 and 2021. Generally, ‘AF2’ had higher DBH and lower height than ‘Kopecky’. The minimum average DBH was 1.1 cm and the maximum 3.0 cm while the minimum average height was 3.6 m and the maximum 6.0 m. The average biomass increments also differed, ‘AF2’ showed better growth. The standing biomass in the two survey years ranged between 5.0 and 13.8 bdt ha⁻¹. The stem number (N) decreased between the two investigated growing seasons. It was slightly lower than the half of the planned N in 2021. This reduction was compensated by the enlargement of the growing space.

Table 1. Descriptive statistics of the sample plots (mean ± standard error) (LAI – Leaf Area Index, DBH – diameter at breast height, H – height, bdt – bone dry tons)

Year	Clone	Number of plots	Avg. LAI (m ² m ⁻²)	Avg. biomass increment (bdt ha ⁻¹ yr ⁻¹)	Trees per hectare (pcs. ha ⁻¹)	Avg. DBH (cm)	Avg. H (m)
2020	'AF2'	5	1.50 ± 0.021	5.8 ± 0.033	3167 ± 271.598	1.9 ± 0.049	3.8 ± 0.037
	'Kopecky'	5	1.55 ± 0.035	5.5 ± 0.063	2933 ± 190.597	1.5 ± 0.046	3.9 ± 0.037
	Total	10	1.53 ± 0.042	5.7 ± 0.084	3050 ± 334.073	1.7 ± 0.100	3.9 ± 0.057
2021	'AF2'	5	1.94 ± 0.049	6.2 ± 0.180	2700 ± 259.272	2.4 ± 0.096	5.1 ± 0.127
	'Kopecky'	5	1.68 ± 0.086	6.0 ± 0.233	2733 ± 91.625	2.0 ± 0.057	5.7 ± 0.111

Total	10	1.81 ± 0.108	6.1 ± 0.297	2717 ± 275.042	2.2 ± 0.133	5.4 ± 0.196
-------	----	-----------------	----------------	-------------------	----------------	----------------

Table 1 also included the remote sensed LAI averages. The 2020 image was taken 14 September and the 2021 one was taken 10 August. The minimum in 2020 was $1.32 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ and the maximum $1.78 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, while in 2021 they were $1.24 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ and $2.27 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. The field measured values were higher, they ranged between $4.84 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ and $8.69 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. The correlation between the two datasets were strong $R^2 = 0.87$ ($\text{LAI}_{\text{remote sensed}} = 0.2141 \times \text{LAI}_{\text{field measured}} + 0.4054$).

The changes of the average LAI for both clones and their averages were drawn on Figure 3. The highest values were reached during the growing season of 2019, before coppicing. The one-year-old shoots had lower LAI and in the second growing season it was slightly higher. The LAI of the two clones were similar. The different reaction of the clones could be seen in the spring and early summer of 2020 (dry period), when ‘Kopecky’ had a local maximum while ‘AF2’ a local minimum. The depression in mid-August 2021 is again a sign of a dry period.

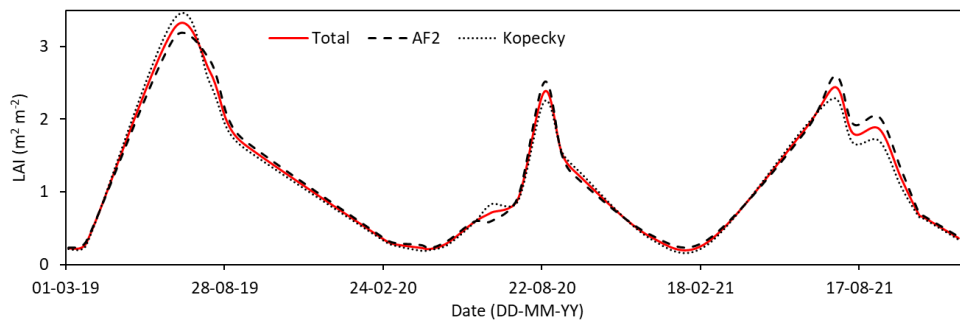


Figure 3. Changes of the remote sensed LAI averages over the study period (LAI – Leaf Area Index)

LAI showed strong linear relationship with both clones separately in 2020 ($R^2 > 0.90$), slightly higher values were found for ‘AF2’ than for ‘Kopecky’ (Fig. 4.). When the data was pooled it showed medium correlation ($R^2 = 0.52$). In 2021 ‘Kopecky’ showed the strongest connection ($R^2 = 0.96$), while ‘AF2’ had $R^2 = 0.89$, both values indicated strong connection. The pooled data also had strong relation ($R^2 = 0.84$).

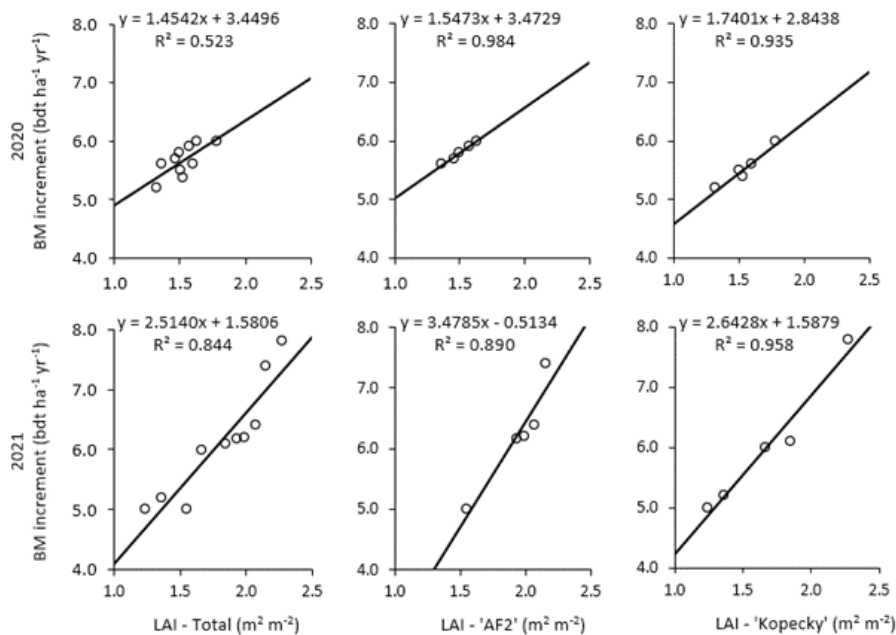


Figure 4. Correlations between LAI and biomass increment for all the samples and separately for the clones (BM – Biomass, LAI – Leaf Area Index)

Figure 5 introduced the three different states of the satellite imagery processing. The first picture is showed the RGB composite of the research plantation from August 2019. The second one was the result of the biophysical processor. The greener pixels indicated higher LAI values. LAI ranged between 0.5 and 3.5 m² m⁻² in the SRC. Altogether 528 pixels belonged to the research area. 'AF2' had slightly higher mean 2.7 m² m⁻² against 'Kopecky's 2.5 m² m⁻². The standard error was 0.026 and 0.024 consecutively.

The model of the pooled data of 2021 was used to calculate the biomass yield. Right image of Figure 5 showed the differences of the estimated increments. The pixel values ranged between 2.9 and 10.3 bdt ha⁻¹ yr⁻¹. The average of 'Kopecky' was 7.7 bdt ha⁻¹ yr⁻¹ and the measured mean was 8.0 bdt ha⁻¹ yr⁻¹ (-4% difference) and 'AF2' showed 8.2 bdt ha⁻¹ yr⁻¹ in comparison to the actual 7.1 bdt ha⁻¹ yr⁻¹ (+16% difference).

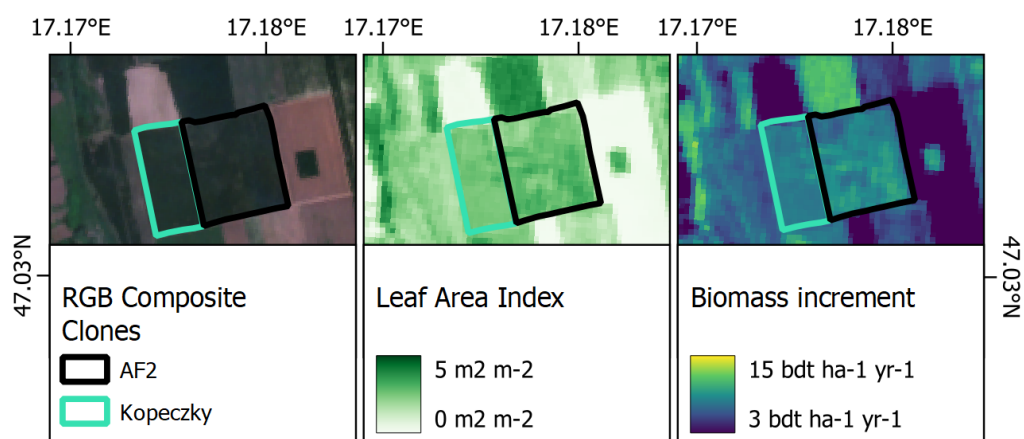


Figure 5. Comparison of the different Sentinel-2 images and the calculated biomass increment map

Discussion

This study found strong correlation between the biomass increment of a poplar SRC on the level of sample areas and the Sentinel-2 imagery based LAI (Research question 1). Several studies discovered similar correlations between aboveground biomass of crops and LAI (DELEGIDO ET AL. 2011, HERMANN ET AL. 2011, KAMENOVA – DIMITROV 2020, KAPLAN – ROZENSTEIN 2021, SADEH ET AL. 2021) or forest and plantation volume, carbon stocks and sequestration and LAI (ALI ET AL. 2018, HAN ET AL. 2020, TRIPATHI ET AL. 2015).

The growth results of 2020 and 2021 are better than in the former years which emphasizes that an SRC on marginal site can provide good results even in the 4th rotation if the weather conditions are favorable. The height and DBH increment were promising in the first year (2020) and lower in 2021. The biomass increment was similar in both years, 2021 had higher values, which was expected.

In general, the remote sensed LAI of the forests are underestimated due to the clumping of the leaves in the canopy (Chen 2018). This study encountered the same problem although the in field measured and the remote sensed LAI showed high correlation which highlighted that the changes of the LAI through the year are correct, only the magnitude differs. This makes the LAI products usable tool in biomass estimation.

The two investigated clones showed similar curve shape in the investigation period. This indicates us that ‘AF2’ and ‘Kopecky’ has similar reactions to environmental effects, their growing period overlaps. In the case of the dry spring and early summer of 2020 the clones behaved differently, while ‘AF2’ reacted with a decreasing LAI ‘Kopecky’ could achieve higher values. For better resolution of LAI observations non-destructive LAI reading could be done. This would help to describe the deviances of magnitude during the growing season.

The model validation was done based on the 2019 field measurements. We used the general model of 2021. The results are promising. ‘Kopecky’ was underestimated only with 4% while ‘AF2’ had worse results, it was overestimated by 16%. This means 8% overestimation on the plantation level (Research question 2). These results hold a great potential for further research. More accurate results could be produced based on more sample areas of the plantation, which would cover more of the heterogeneity of the growth.

The overall aim of this study was to investigate the potential of the use of Sentinel-2 based LAI as a biomass increment predictor. Our results showed that this method worth the effort, however there are limitations. Our results are valid only for the investigated plantations and probably for the ones that were established with the same clones and on sites with similar environmental conditions. The validation and extension provide basis for further studies which may result in estimator functions. The task would be enormous, but with such models for all the planted clones and site conditions in a long term the models could be a useful tool of forestry and plantation management practice.

References

- ALI, A. – ULLAH, S. – BUSHRA, S. – AHMAD, N. – ALI, A. – KHAN, M. A. (2018) Quantifying forest carbon stocks by integrating satellite images and forest inventory data. *Austrian Journal of Forest Science* 135(2):93–118.
- BARTON, I. (2021) *Surveying and Modeling Forests with Remote Sensing and GIS Methods*. PhD Thesis, University of Sopron, Sopron. p 102. [in Hungarian]
- CHEN, J. M. (2018) Remote Sensing of Leaf Area Index and Clumping Index. In *Comprehensive Remote Sensing*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, Volume 3, pp. 53–77. DOI: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10540-8.

- DELEGIDO, J. – VERRELST, J. – ALONSO, L. – MORENO, J. (2011): Evaluation of Sentinel-2 Red-edge Bands for Empirical Estimation of Green LAI and Chlorophyll Content. *Sensors* 11:7063–7081. DOI: 10.3390/s110707063.
- EUROPEAN COMMISSION (2020) A European Green Deal. Available: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en. (Downloaded: February 7, 2022).
- GASCON, F. – BOUZINAC, C. – THÉPAUT, O. – JUNG, M. – FRANCESCONI, B. – LOUIS, J. – LONJOU, V. – LAFRANCE, B. – MASSERA, S. – GAUDEL-VACARESSE, A. – LANGUILLE, F. – ALHAMMOUD, B. – VIALLEFONT-ROBINET, F. – PFLUG, B., BIENIARZ, J. – CLERC, S. – PESSIOT, L. – TRÉMAS, T. – CADAU, E. – BONIS, R.D. – ISOLA, C. – MARTIMORT, P. – FERNANDEZ, V. (2017). Copernicus Sentinel-2A Calibration and Products Validation Status. *Remote Sensing* 9:584. DOI: 10.3390/rs9060584.
- HAN, Q. – HARAYAMA, H. – UEMURA, A. – ITO, E. – UTSUGI, H. – KITAO, M. – MARUYAMA, Y. (2020) High Biomass Productivity of Short-Rotation Willow Plantation in Boreal Hokkaido Achieved by Mulching and Cutback. *Forests* 11:505. DOI: 10.3390/f11050505.
- HERRMANN, I. – PIMSTEIN, A. – KARNIELI, A. – COHEN, Y. – ALCHANATIS, V. – BONFIL, D.J. (2011) LAI assessment of wheat and potato crops by VEN μ S and Sentinel-2 bands. *Remote Sensing of Environment* 115:2141–2151. DOI: 10.1016/j.rse.2011.04.018.
- IUSS WORKING GROUP WRB (2015): World Reference Soil Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for maps (English). World Soil Resources Report No. 106. FAO, Rome, Italy. 192 p.
- KAMENOVA, I. – DIMITROV, P. (2020) Evaluation of Sentinel-2 vegetation indices for prediction of LAI, fAPAR and fCover of winter wheat in Bulgaria. *European Journal of Remote Sensing* 54:89–108. DOI: 10.1080/22797254.2020.1839359.
- KAPLAN, G. – ROZENSTEIN, O. (2021): Spaceborne Estimation of Leaf Area Index in Cotton, Tomato, and Wheat Using Sentinel-2. *Land* 10:505. DOI: 10.3390/land10050505.
- MEYER, M. – TAVARES WAHREN, F. – WEBER, N. – ZALESNY, R. S. – WEIH, M. (2021) Sustainable Biomass Value Chains Based on Poplar Plantations in European Rural Areas. *BioEnergy Research* 14:355–356. DOI: 10.1007/s12155-021-10275-3.
- QGIS.ORG (2020): QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.
- SADEH, Y. – ZHU, X. – DUNKERLEY, D. – WALKER, J.P. – ZHANG, Y. – ROZENSTEIN, O. – MANIVASAGAM, V.S. – CHENU, K. (2021) Fusion of Sentinel-2 and PlanetScope time-series data into daily 3 m surface reflectance and wheat LAI monitoring. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 96:102260. DOI: 10.1016/j.jag.2020.102260.
- TRIPATHI, A. M. – FISCHER, M. – TRNKA, M. – ORSÁG, M. – VANBEVEREN, S. P. P. – MAREK, M. V. (2015): Leaf area index development and radiation use efficiency of a poplar short rotation coppice culture. In: URBAN, O. – SPRTOVÁ, M. – KLEM, K. GLOBAL CHANGE: A Complex Challenge. pp. 90–93. DOI: 10.13140/RG.2.1.5118.4486
- WEISS, M. – BARET, F. (2016) S2ToolBox Level 2 Products: LAI, FAPAR, FCOVER. Available: http://step.esa.int/docs/extra/ATBD_S2ToolBox_L2B_V1.1.pdf. (Downloaded: February 7, 2022).

DIGITÁLIS DOMBORZATMODELL-ELŐÁLLÍTÁS LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA FAÁLLOMÁNYOK ALATT UAV-ALAPÚ LÉGIFÉNYKÉPEK SEGÍTSÉGÉVEL

Investigation of the possibilities of producing digital terrain models in forests using UAV-based aerial photography

SZÁSZ BOTOND - KIRÁLY GÉZA - BROLLY GÁBOR
Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet
szasz.botond@uni-sopron.hu

Kivonat

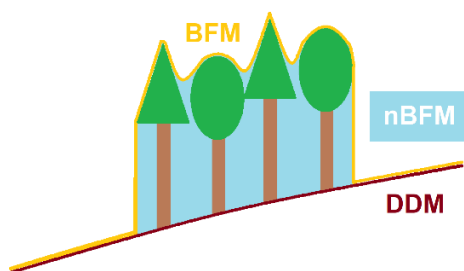
A pilóta nélküli légi járművek (UAV-k) erdészeti alkalmazása esetén a borított felszínmodell (BFM) előállítása mellett szükségünk van egy megfelelő minőségű digitális domborzatmodellre (DDM) is, mely több forrásból is elérhető, azonban a helyi szintű előállítása nagyobb pontosságot, ebből következően pedig megbízhatóbb modellt eredményezhet. Ilyen modellek a faállományok lombtalan állapotban való lerepülésével állíthatók elő. A légifényképek elkészítéséhez egy *DJI Mavic 2 Pro* típusú drónt használtunk, a repülést a Soproni hegységben kijelölt 100x100 méter nagyságú mintaterületek fölött végeztük el három különböző repülési magasságból. A repülések során mind a bázisirányú, mind pedig a sorok közötti átfedést 90%-ban határoztuk meg, a feldolgozás során azonban azt is vizsgáltuk, hogy minden második, vagy minden harmadik repülési sor képeinek, illetve soron belül csak minden második, vagy harmadik kép felhasználásával, azaz alacsonyabb átfedési viszonyok esetén milyen mértékben változik az előállított domborzatmodell pontossága. A pontosság ellenőrzéséhez a kijelölt mintaterületeken földi lézerszkenneléssel bemért pontokból előállított domborzatmodellt alkalmaztunk referenciaként.

Abstract

By using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in forestry, near the production of the digital surface model (DSM) we need a good quality digital terrain model (DTM), which can be accessed from several sources, but producing it locally could result better accuracy and a more reliable model. These models can be produced by capturing aerial images in leafless state. We used a *DJI Mavic 2 Pro* drone for capturing the aerial images. The flight was executed on a sample area of 100x100 meters in the Sopron mountains. Both the front and the side overlap were set to 90%, but during the processing we also created models using only every second or every third picture in a row, or using only every second or every third row, so we could see how the accuracy changes by using lower overlap settings. To check the accuracy of the produced models, we created a reference model by terrestrial laser scanning (TLS).

Bevezetés

Az elmúlt években egyre több tanulmány jelent meg UAV-alapú borított felszínmodellek erdészeti felhasználásainak lehetőségeiről. Ezek a modellek megfelelő előállítás (és bizonyos korlátok) mellett alkalmasak különböző faállomány-paraméterek meghatározására. Az egyik ilyen fontos paraméter a famagasság. Mint ismeretes, ezt úgy lehet kivitelezni, hogy a lombkoronáról készített borított felszínmodellből (BFM) kivonjuk a talajszintet leíró digitális domborzatmodellt (DDM), melynek végeredménye a normalizált borított felszínmodell (nBFM), vagy más néven famagasságmodell, amelyről meg lehet határozni az egyes fák magasságát, illetve az átlagmagasságot (Király és mtsai, 2017). Ezeket a modelleket az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: A különböző felületmodellek

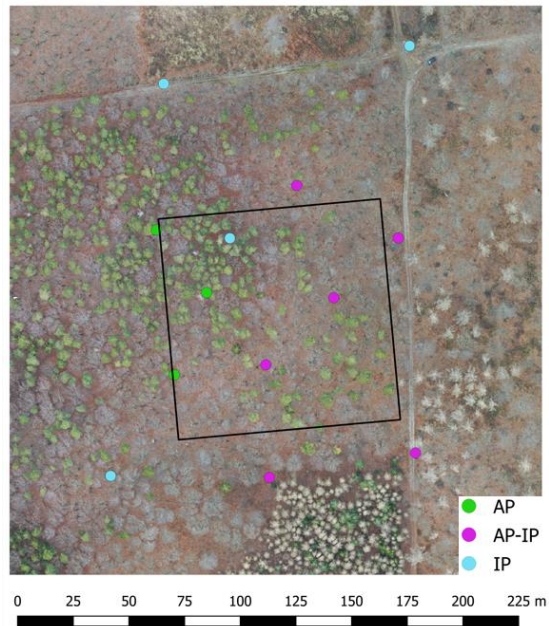
A megbízható méréshez azonban egy megfelelő pontosságú és minőségű domborzatmodellre van szükség. Ilyen domborzatmodelleket több forrásból is be lehet szerezni kisebb-nagyobb összegekért, azonban pontosságuk megkérdőjelezhető. Egyik legismertebb megoldás a Lechner Tudásközponttól beszerezhető DDM5, amelynek már a nevéből következtethetünk arra, hogy 5 méter/pixel felbontású raszteres állományról van szó. Ez a felbontás enyhe lejtésű területekénél megfelelő lehet, azonban változatos domborzati viszonyok között nem képes megfelelően lekövetni ennek változását. A megoldás tehát a helyi jellegű domborzatmodell-előállítás, amelyre szintén több lehetőség van, attól függően, hogy milyen eszközök állnak rendelkezésünkre.

Mivel tudvalevő, hogy téli, lombtalan állapotban készített légifelvételeken többé-kevésbé látható a talajszint (lombhullató faállományok esetén természetesen), így lehetőség nyílik a domborzat térképezésére is. Az ily módon előállított domborzatmodell feltételezhetően már pontosabb képet mutathat. Jelen tanulmányban ennek a lehetőségeit vizsgáltuk.

Anyag és módszer

A vizsgálathoz egy 100x100 méter kiterjedésű mintaterületet jelöltünk ki a Soproni-hegység területén belül, a 182/C erdőrészletben, amely jellegét tekintve egy tölgyes-erdeifenyves, de megtalálható benne a bükk is.

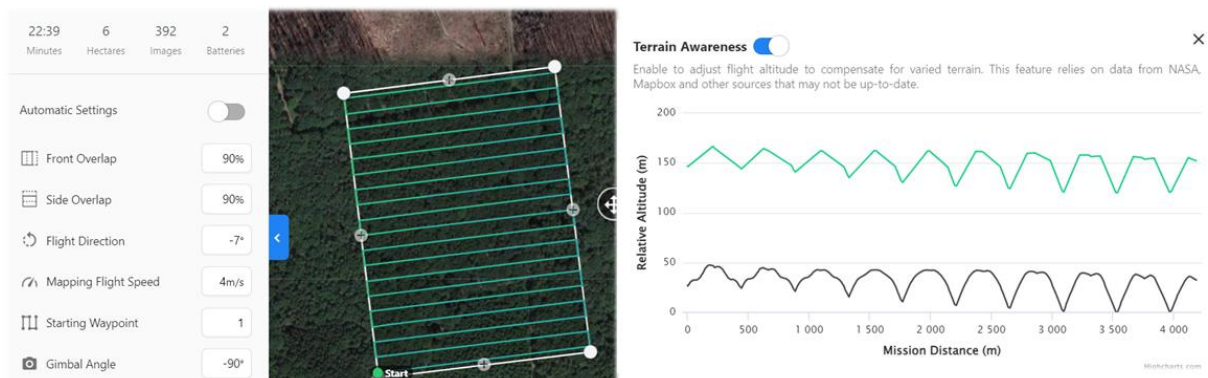
A fényképekből előállított domborzatmodell pontosságának ellenőrzéséhez egy referencia-modellre is szükség volt, melyet földi lézerekkel készítettünk el, a tanszék tulajdonában levő *Leica ScanStation P40* segítségével. Az említett területen összesen 9 állásponton (AP) szkenneltünk. Ezen álláspontok egy része később, a légifényképezés során földi illesztőpontként (IP) is szolgált, a pontok koordinátáit egy *Leica GS16* típusú GNSS-vevővel, vagy szkennerek segítségével, poláris méréssel határoztuk meg. Összesen 10 földi illesztőpont lett kihelyezve (2. ábra).



2. ábra: Szkennelési álláspontot és illesztőpontok

A szkennerről letöltött pontfelhő vetületbe illesztését a *Cyclone* nevű szoftverrel végeztük, míg a pontok ritkításához, illetve a domborzatmodell előállításához a *LASTools* moduljait vettük igénybe. Az elkészített referencia-domborzatmodell felbontása 0,25 cm/pixel.

A repülés egy saját tulajdonú *DJI Mavic 2 Pro* típusú repülőeszközzel lett kivitelezve, amely 20 megapixel felbontású, 1 inch átmérőjű Hasselblad-optikával van felszerelve. A repülést három lépésben, három különböző magasságból (80, 100, 120 méter) végeztük el, 90%-os bázisirányú és szintén 90%-os sorirányú átfedéssel. A repülési terv elkészítéséhez a *DroneDeploy* applikációt használtuk (3. ábra), amely betölti a tervet a repülőeszköz memóriájába, a repülés végrehajtása így teljesen automatikus. Az applikáció egy olyan új funkciót is tartalmaz, amellyel a repülés a domborzat változását követve végezhető el, így garantálható, hogy minden ponton az előre megadott magasságon tartózkodik az UAV. Ez a megfelelő átfedés biztosítása mellett azért is fontos, mert a 2020-ban bevezetett új dróntörvény szerint nyílt kategóriás repülés esetén a repülőeszköz minden pillanatban legfeljebb 120 méterre lehet a földfelszíntől.



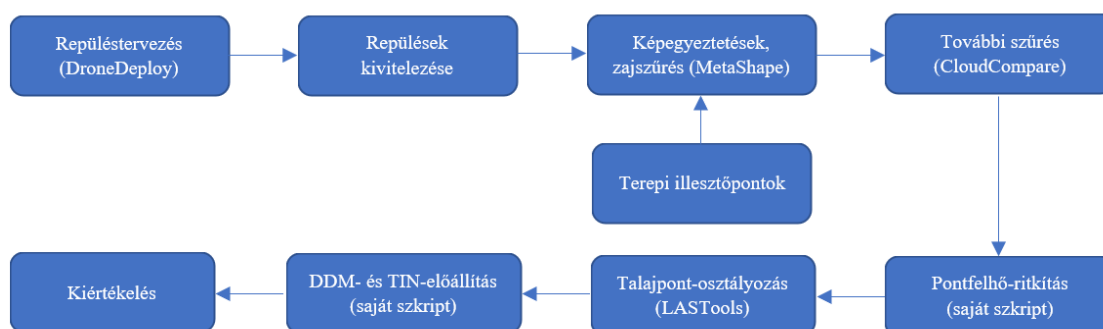
3. ábra: Repülési terv és domborzatkövető funkció

A képek egyeztetése, illetve a pontfelhők előállítása az *Agisoft Metashape* nevű szoftverrel történt. A repülési magasságok mellett az átfedések mértékéből adódó eltéréseket is vizsgáltuk, ezért mind bázisirányban, mind sorok közötti irányban minden második, illetve

minden harmadik képet felhasználva is lefuttattam a képegyeztetést, illetve a pontfelhő-előállítást, amely így tehát összesen 27 különböző variációt jelent.

Az így kapott pontfelhőkből előbb a *Metashape* „filter by confidence”, azaz „megbízhatósági szűrés” funkciójával eltávolítottuk a zaj nagy részét, majd a *CloudCompare* nevű szoftver, a *LASTools*, illetve egy saját szkript segítségével további zajszűrést, ritkítást, illetve talajpont-osztályozást végeztünk, mígnem a végleges pontfelhőkből elő nem állítottuk a 0,25 m felbontású raszteres domborzatmodellt, illetve a pontokra illeszkedő TIN-hálót. A pontok közötti üres cellákat lineáris interpolációval töltöttük ki. A kiértékelés során először összehasonlítottuk a referenciamodellt a Lechner Tudásközponttól igényelt DDM5-tel, majd vizsgáltuk a különböző variációk pontsűrűségét, a TIN-háló mintaterületre eső háromszögeinek nagyságát, illetve a raszterek közötti eltéréseket is.

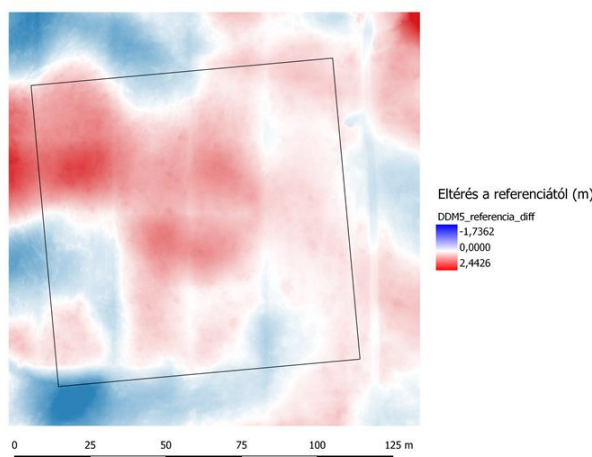
A fent leírt folyamat lépéseit a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra: A domborzatmodell-előállítás folyamatábrája

Eredmények

Mielőtt rátérnénk a konkrét eredmények ismertetésére, előtte szemléltetnénk a DDM5, valamint a TLS-pontfelhőből előállított referenciaraszter közötti eltérést (5. ábra). Amint az látható az ábrán, az eltérések helyenként igencsak jelentősek, méteres nagyságrendűek, ezért egyértelműen van létjogosultsága a helyi domborzatmodell-előállításnak.



5. ábra: A DDM5 és a referenciaraszter közötti eltérés

A 27 különböző variáció közül 7 esetében nem sikerült a képegyeztetés, főként a vizsgálati terület meredekebb részén, az alacsonyabb repülési magasságú képeknél. A sikeres eseteknél listáztuk a fentebb említett adatokat, végül a kapott modelleket három paraméter alapján rangsoroltuk: átlagos háromszög-nagyság, átlagos magasságetérés abszolút

értékben (hogy a pozitív és negatív eltérések az átlag számításakor ne egyenlítsék ki egymást), és 99%-os eltéréshatár (1. táblázat).

1. táblázat: A vizsgált paraméterek értékei variációnként

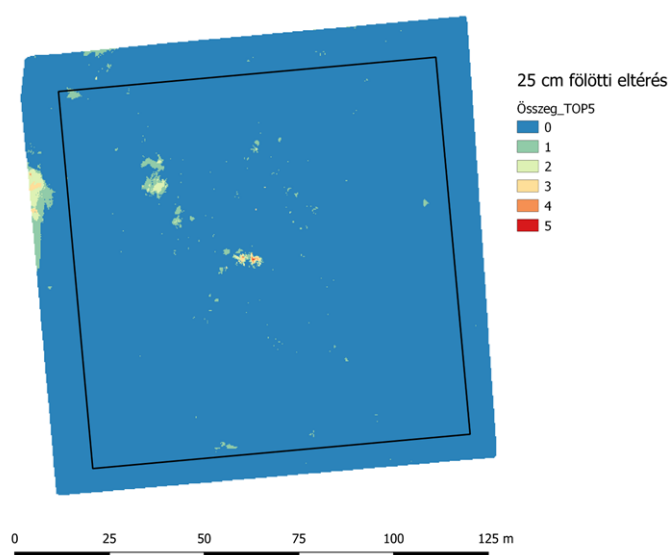
Repülési magasság	Átfedések		Átlagos Δ (m ²)	Átlagos eltérés (m)	99%-os eltéréshatár	Eltérésátlag
	Bázisirányú	Sorok közti				
120 m	90%	90%	0,038	0,067	0,238	1,122
		80%	0,040	0,086	0,366	1,445
		70%	0,058	0,091	0,350	1,624
	80%	90%	0,042	0,074	0,368	1,392
		80%	0,051	0,084	0,446	1,653
		70%	0,082	0,117	0,540	2,289
	70%	90%	0,067	0,212	1,043	3,465
		80%	0,095	0,300	2,465	6,345
		70%				
100 m	90%	90%	0,036	0,057	0,254	1,064
		80%	0,045	0,066	0,277	1,239
		70%	0,057	0,083	0,333	1,540
	80%	90%	0,039	0,054	0,262	1,086
		80%	0,048	0,069	0,317	1,344
		70%	0,071	0,073	0,501	1,856
	70%	90%	0,050	0,075	0,374	1,484
		80%				
		70%				
80 m	90%	90%	0,035	0,056	0,229	1,012
		80%	0,043	0,071	0,323	1,318
		70%	0,048	0,092	0,371	1,565
	80%	90%	0,038	0,060	0,242	1,085
		80%				
		70%				
	70%	90%	0,041	0,071	0,306	1,274
		80%				
		70%				

Ezen paraméterek segítségével állítottuk fel a rangsort oly módon, hogy először mindhárom esetben meghatároztuk, hogy melyik variációnál a legkedvezőbb az eredmény (ennek az értéke 1), a többi variáció értéke pedig a hozzátartozó adat, illetve a legkisebb adat hányadosa, tehát minden esetben nagyobb, mint 1. Ezekből a variációnként három értékből átlagot vontunk. Ez az eltérésátlag, amely szintén fel van tüntetve az 1. táblázatban. Az 1-hez legközelebb álló eltérésátlagú variáció került az első helyre, és így tovább. A rangsort a 2. táblázat mutatja be.

2. táblázat: A kilenc legjobb variáció rangsora az eltérésátlag alapján

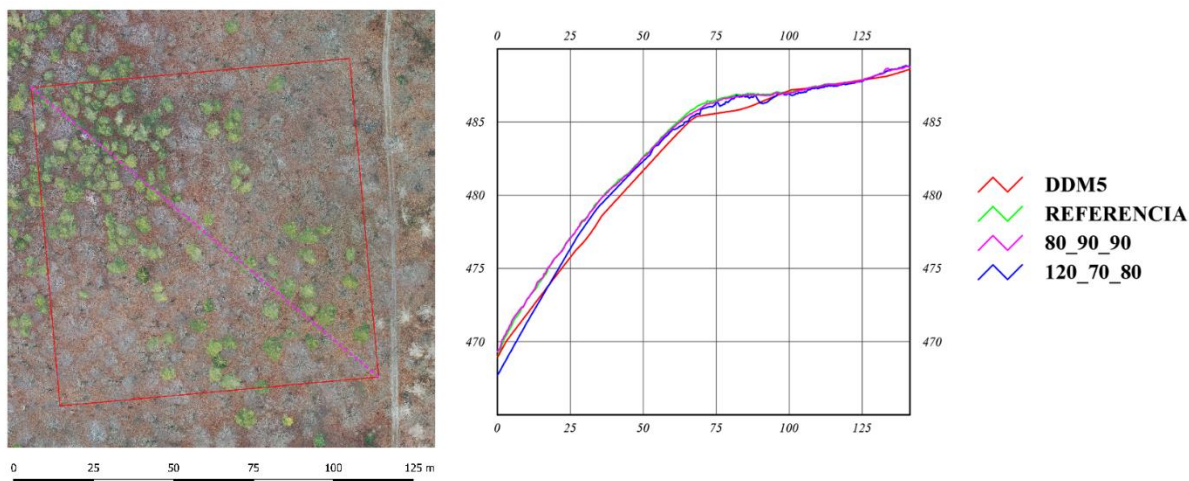
Rangsor		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Eltérésátlag		1,012	1,064	1,085	1,086	1,122	1,239	1,274	1,318	1,345
Repülési magasság		80	100	80	100	120	100	80	80	100
Át- fedés	Bázisirányú	90	90	80	80	90	90	70	90	80
	Sorok közti	90	90	90	90	90	80	90	80	80

A fenti táblázatban rangsorolt első öt domborzatmodellt egymásra helyezve, a 7. ábrán látható, hogy az öt legjobb eltérésátlagú modellnél a mintaterület jelentős részén kisebb a referenciától való eltérés, mint 25 centiméter, amely a famagasság mérésében nem okoz kezelhető hibát. A fenyves folt alatt már észrevehető, hogy az öt modelltől nem mindegyik teljesíti ezt az igényt, míg a mintaterület központi részén található kisebb, pár négyzetméteres területen közel egyik modell sem. Ez valószínűleg annak köszönhető, hogy egy kisebb púp helyezkedik el ezen a területen, amelynél a pontfelhő zajsűrűsége nem működött megfelelően.



6. ábra: Az öt legpontosabb domborzatmodell eltérése a referenciamodelltől

A 7. ábrán szemléltetjük a DDM5, a referenciamodell, illetve a legjobb (80 méter repülési magasság, 90%-os bázisirányú és sorok közötti átfedés) és a legrosszabb (120 méter repülési magasság, 70% bázisirányú és 80% sorok közötti átfedés) eltérésátlagú modell összehasonlítását a négyzet alakú mintaterület egyik átlójának mentén felvett metszeten. Jól látható, hogy a legjobb eltérésátlagú modell szinte tökéletesen leköveti a referenciamodellt. A legrosszabb eltérésátlagú modell esetében a mintaterület felső, lombhullató faegyedekkel borított részén 1-2 kisebb kiugrást leszámítva szintén elfogadható módon leköveti a valós domborzatot, azonban az északnyugati félen található erdőfenyves folt alatt már jelentősebb az eltérés, mint a referencia és a DDM között, amely egyértelműen az alacsonyabb átfedéseknek köszönhető, melynek egyenes következménye, hogy a kamera kevesebb szögből látott be a fenyőegyedek alá.



7. ábra: A DDM5, a referenciamodell, illetve a legjobb és legrosszabb eltérésátlagú modell szemléltetése átlós metszeten

Következtetések

A különböző repülési paraméterekkel készített légifényképek egyeztetése, illetve a segítségével előállított domborzatmodellek eltérésátlagai alapján kijelenthetjük, hogy az alacsonyabbra megválasztott repülési magasság (80 m) ugyan pontosabb domborzatmodell eredményezhet, mint a magasabbak (100 m, 120 m), azonban az átfedések csökkentésével a képek egyeztetetősége jelentősebben romlik. A 120 méter repülési magasságú fényképezés esetén az előállított modell kevésbé pontos, azonban az átfedések csökkentésével a meredekebb területe részekben is sikeresebb a képegyeztetés.

Messzemenő következtetések nyilván nehéz levonni egyetlen mintaterület eredményeiből, az azonban jól látható volt, hogy a kisebb törzsszámú, tisztán lombhullató fagyedek alkotta állomány előállított domborzatmodellje kisebb átfedések esetén is megfelelően közelíti a valós domborzatot, azonban a fenyves csoportok megjelenésével egyértelműen szükséges a 90%-os átfedés, máskülönben az alattuk levő terepszint nem jelenik meg megfelelő számú képen, ezért az interpolációval érintett terület is megnövekszik, melynek egyenes következménye a pontosság csökkenése.

Irodalomjegyzék

KIRÁLY G., BALLA CS., BARTON I., MÉSZÁROS GY., PETRÁNYI B., SZABÓ K. (2017): Borított felszínmodellek erdészeti felhasználása. In: Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VI. Kari Tudományos Konferencia (szerk.: Bidló A. – Facskó F.) p. 118-122. Soproni Egyetem Kiadó. Sopron.

FEKETEFENYVESEK HELYÉN REGENERÁLÓDÓ ÉLŐHELYEK VIZSGÁLATA A KESZTHELYI-HEGYSÉGBEN

Studies on the habitat regeneration in place of black pine stands of Keszthely Hills

CSISZÁR ÁGNES¹, KORDA MÁRTON¹, BARTHA DÉNES¹, ZSIGA ANDRÁS¹, ZAGYVAI GERGELY¹

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
csiszar.agnes@uni-sopron.hu

Kivonat

Az elmúlt évtizedekben a Keszthelyi-hegység feketefenyves állományaiban nagy területet érintő pusztulási folyamat zajlott. Az elpusztult fenyveseket letermelték, majd az állományok többségénél a felújulást a spontán, természetes folyamatokra bízta. Kutatásunk célja ezeknek a regenerációs folyamatoknak az értékelése cönológiai felvételek készítésével egykor fenyővel borított élőhelyeken, le nem termelt fenyvesekben és jó természetességű referencia állományokban. Eredményeink alapján a felmért kvadrátok növényzetének fajkészlete és borítási viszonyai nem különböztek jelentősen sem a szociális magatartási típusok, sem pedig a cönoszisztematikai kategóriák szerint. A feketefenyves és a korábban fenyőállománnyal borított mintaterületeken is a gyepi és a száraz erdei fajok domináltak, fajkészletükben és dominancia viszonyaikban a referencia területekkel mutattak hasonlóságot.

Abstract

In recent decades, a large-scale destruction process has taken place in the black pine stands of the Keszthely Hills. Destroyed pine stands were harvested and most of them were left to spontaneous, natural regeneration. The aim of our research is to evaluate these regeneration processes by coenological records in formerly pine-covered habitats, current pine forests and reference stands of good naturalness. Based on our results, the species composition and dominance conditions of the vegetation of the surveyed quadrats did not differ significantly according to either the types of social behaviour types or the coenosystematic categories. The grassland and dry forest species also dominated in the sample areas of black pine stands and stands previously covered with pine, showing similarities with the reference areas in their species composition and dominance conditions.

Bevezetés

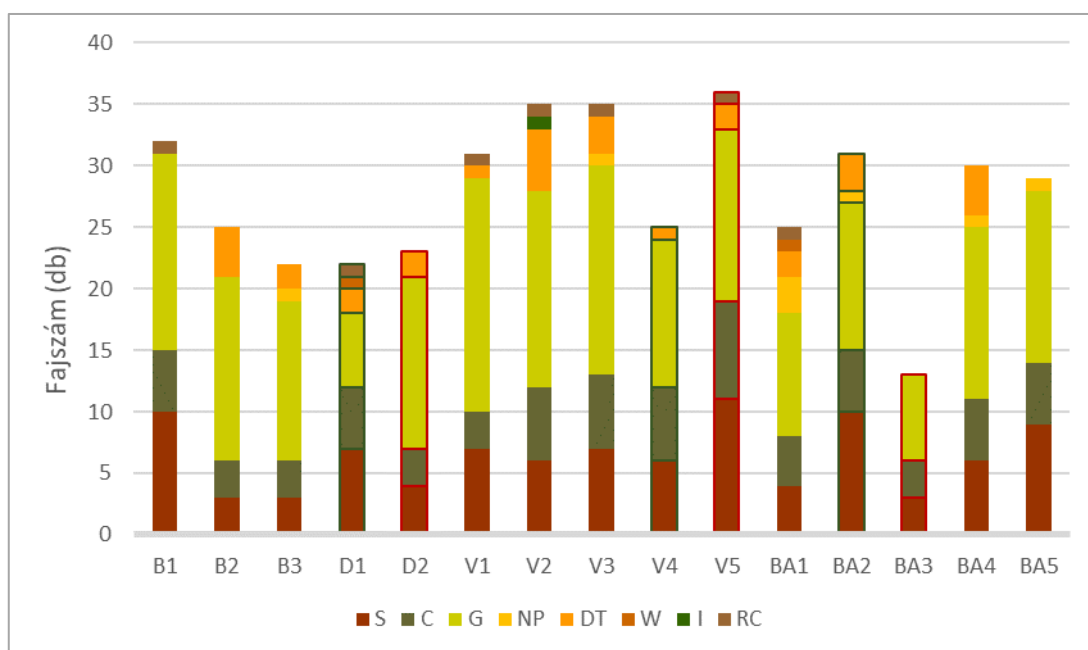
Az elmúlt évtizedekben a Keszthelyi-hegység feketefenyves állományaiban nagy területeket érintő pusztulási folyamat zajlott, a pusztulással érintett területek nagysága 2012-13-ban kiemelkedő volt (HOFMANN 2014). A soktényezős folyamatban a klímaváltozás kulcsfontosságú szerepet játszott. Az erdőgazdálkodó a pusztuló, illetve elpusztult fenyveseket folyamatosan letermelte, 2013-ban szinte az összes fenyő eltávolításra kerül, majd az állományok többségénél a felújulást a spontán, természetes folyamatokra bízta. Ez természetvédelmi és gazdasági szempontból egyaránt kedvező, az eljárással a természetvédelmi kezelő is egyetértett. Kutatásunk elsődleges célja ezeknek a regenerációs folyamatoknak aktuális értékelése és a hosszú távú megfigyelést lehetővé tevő monitoring megalapozása, vagyis mintavételi helyszínek kijelölése, állandósítása és az alapállapotfelvétel elkészítése. A jövőbeli monitoring eredmények értékelése során jó összehasonlítási alapot jelentenek a feketefenyvesek átalakításával kapcsolatos hasonló hazai kutatások (CSONTOS 2007, TÜRKE – KUN 2008, BÓDIS – BAUER 2018).

Anyag és módszer

A regenerálódó élőhelyek vizsgálatára 2021-ben, visszakereshető módon dokumentálva, három tájrészletben (kvadrátcsoportban) 15 db 10 x 10 méteres cönológiai kvadrátban mintáztuk meg a szukcesszió azon stádiumait, melyek a vegetáció szerkezete alapján egyértelműen elkülönülnek. Felvételeket készítettünk jó természetességű referencia állományokban, le nem termelt feketefenyvesekben és egykor fenyővel borított regenerálódó élőhelyeken is. A cönológiai felvételezés során az alábbi változókat is rögzítettük: szintek borítása, lejtők, kőborítás, avarborítás, holtfa borítása, földes foltok borítása, kitétség. A cönológiai felvételeket a Borhidi-féle szociális magatartási típusok és cönoszisztematikai kategóriák felhasználásával értékeltük (BORHIDI 1993, HORVÁTH et al. 1995). A Borhidi-féle cönoszisztematikai kategóriákat a könnyebb áttekinthetőség végett az alábbi módon alkalmaztuk: száraz és félszáraz gyepek: 5.3. Festuco-Brometea, száraz és mezofil cserjések: 8.6. Rhamno-Prunetea, száraz erdők: 8.4.2. Quercetalia pubescentis-petraeae, mezofil erdők: 8.4. Quercu-Fagetea és 8.4.3. Fagetalia. A mintaterületek növényzetének fajösszetételi és borítási viszonyait nemparaméteres varianciaanalízissel (Friedman teszt), a háttérváltozók és a növényzet kapcsolatát Spearman-féle rangkorrelációval vizsgáltuk (InStat 2003).

Eredmények

Az egyes mintaterületeken előforduló növényfajok szociális magatartás típus kategóriák szerinti megoszlását illetően a varianciaanalízis szignifikáns különbséget mutatott ki ($P = 0,0289$). A tizenöt kvadrátban készített cönológiai felvételek a fajszám tekintetében is különböztek (1. ábra). Legmagasabb fajszámmal a V5 referenciaterület jellemezhető, ugyanakkor a legalacsony fajszám is egy referencia területhez (BA3) köthető a cerszömörce (*Cotinus coggygria*) magas borításának köszönhetően.

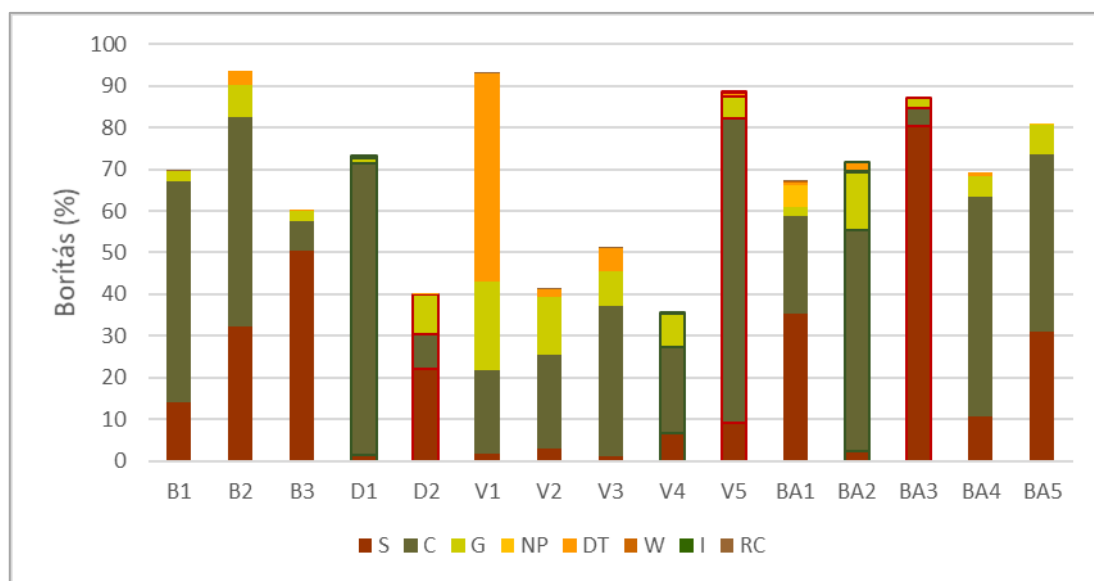


1. ábra: A mintaterületeken előforduló növényfajok megoszlása a Borhidi-féle szociális magatartás típusok szerint

Jelmagyarázat: S(6): specialisták, szűk ökológiájú stressz-tűrők, C(5): természetes kompetitorok, G(4): generalisták, tág ökológiájú stressz-tűrők, NP(3): természetes pionírok, DT(2): zavarástűrő növények; W(1): honos gyomfajok, I(-1): betelepített növények, RC(-2): a honos flóra ruderalis kompetitorai, zöld vonal: feketefenyves mintaterület, piros vonal: referenciaterület

A mintaterületek többségén a generalista fajok jelentek meg a legnagyobb fajszámmal, mint például a soktérű salamonpecsét (*Polygonatum odoratum*), de jelentős volt a specialista (pl. *Daphne cneorum*, *Phyteuma orbiculare*) és a természetes kompetitor fajok száma is, míg a gyomfajok, ill. ruderális kompetitorok száma elenyésző volt.

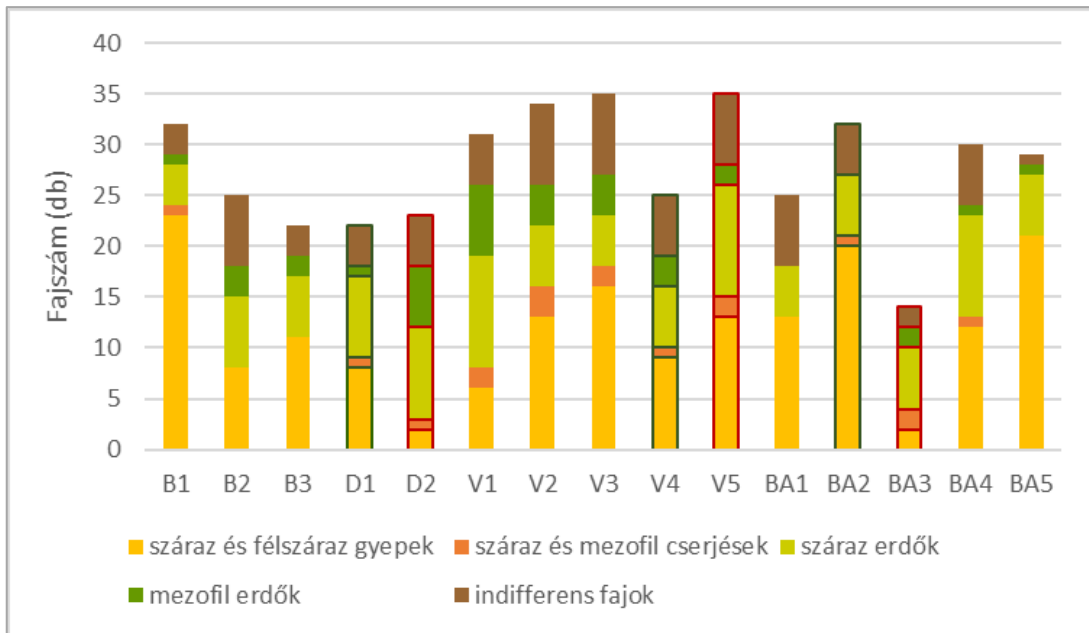
A különböző magatartás típusú növényfajok borítását vizsgálva a varianciaanalízis nem mutatott ki szignifikáns különbséget mutatott az egyes mintaterületek között ($P = 0,6740$). A kvadrátok többségében a természetes kompetitor fajok (pl. *Fraxinus ornus*, *Carex humilis*) érték el a legmagasabb borítást, helyenként azonban a specialista fajok is jelentős borítással rendelkeztek (pl. *Cotoneaster tomentosus*, *Sorbus aria*) (2. ábra). Mindössze egy kvadrátban (V1) volt meghatározó a zavarástűrő fajok borítása, ahol a földi szeder (*Rubus fruticosus*) kiterjedt állományt alkotott.



2. ábra: A mintaterületeken előforduló növényfajok borítása a Borhidi-féle szociális magatartás típusok szerint. Jelmagyarázat: ld. 1. ábra

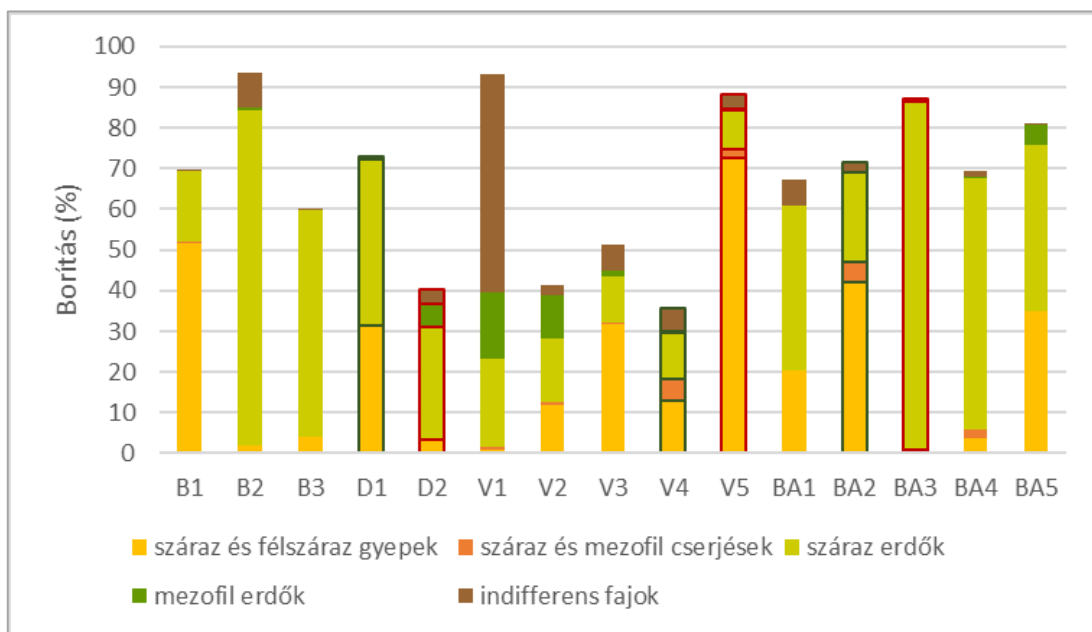
A cönoszisztematikai kategóriák szerint a varianciaanalízis nem mutatott szignifikáns különbséget az egyes mintaterületeken előforduló növényfajok száma ($P = 0,2463$), illetve borítása ($P = 0,9853$) között. A kvadrátok fajkészletét vizsgálva egy kivételtől (BA3) eltekintve mindenütt jelentős volt a száraz és félszáraz gyepek fajainak száma, mint például a tavaszi hérics (*Adonis vernalis*), a korai kakukkfű (*Thymus praecox*) vagy a lappangó sás (*Carex humilis*) (3. ábra). Ezt követte a száraz erdők fajainak száma (pl. *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens*), míg a mezofil erdők fajtái (pl. *Mycelis muralis*, *Campanula persicifolia*) csak néhány kvadrát esetén voltak számottevők. A száraz és mezofil cserjések mindössze három fajjal képviselték magukat a felvételekben.

A fajok borítását vizsgálva már jelentősebb különbségek figyelhetők meg (4. ábra). A V5 kvadrátban a sudár rozsok (*Bromus erectus*) magas borításának köszönhetően kiemelkedő a gyepi fajok borítása, míg a B2 és BA3 kvadrátban a cserszömörce és a virágos kőrís magas borítása miatt a száraz erdők fajainak borítása. Azokat a kvadrátokat vizsgálva, amelyek lombkoronaszintjében a feketefenyő különböző záródással megjelenik, megállapíthatjuk, hogy gypeszintjükben viszonylag magas borítással jelentek meg a száraz és félszáraz gyepek, valamint a száraz erdők fajtái, míg az indifferens fajok borítása itt sem számottevő. Mindössze egy kvadrátban (V1) volt meghatározó az indifferens fajok dominanciája, a földi szeder (*Rubus fruticosus*) borítása miatt.



3. ábra: A mintaterületeken előforduló növényfajok megoszlása cönoszisztematikai besorolás szerint.

Jelmagyarázat: zöld vonal: feketefenyves mintaterület, piros vonal: referenciaterület



4. ábra: A mintaterületeken előforduló növényfajok borítása cönoszisztematikai besorolás szerint.

Jelmagyarázat: ld. 3. ábra

A háttérváltozók közül a Spearman-féle rangkorreláció a lejtfolk, a cserjeszint záródása és a feketefenyő záródása esetén nem mutatott ki szignifikáns korrelációt a növényzeti paraméterekkel, a többi háttérváltozó esetén viszont szignifikáns kapcsolat volt tapasztalható (1. táblázat).

1. táblázat. A háttértényezők és a növényzeti paraméterek közötti korrelációs kapcsolatok szignifikancia szintjei (P).

Jelmagyarázat: Természetességet jelző fajok: S(6): specialisták, szűk ökológiájú stressztűrők, C(5): természetes kompetitorok, G(4): generalisták, tág ökológiájú stressztűrők, Ruderális fajok: NP(3): természetes pionírok, DT(2): zavarástűrő növények; W(1): honos gyomfajok, I(-1): betelepített növények, RC(-2): a honos flóra ruderális kompetitorai

	Gyepszint fajsza ma	Gyepszint borítása	Term. index	Term. jelző fa- jok száma	Term. jelző fajok borítása	Ruderális fajok száma	Ruderális fajok borítása	Simpson diverzitás	Shannon diverzitás
Lejtfok	0.9073	0.5196	0.7573	0.7591	0.9744	0.2846	0.3402	0.4043	0.8119
Avarborítás	0.0210	0.9491	0.7129	0.0656	0.9495	0.4122	0.3129	0.0572	0.0165
Holtfa borítás	0.3597	0.0260	0.0484	0.5467	0.1607	0.3123	0.8966	0.2057	0.0123
Kőborítás	0.1650	0.1188	0.0761	0.3544	0.0856	0.4513	0.8434	0.0494	0.0012
Földes foltok aránya	0.4433	0.1567	0.1037	0.5085	0.1069	0.5461	0.5741	0.0121	0.0334
Lombkorona- szint záródása	0.0147	0.8427	0.7029	0.0366	0.6102	0.1513	0.0821	0.0546	0.2521
Felső cserje- szint záródása	0.5140	0.2867	0.2700	0.5629	0.3927	0.7976	0.7603	0.0559	0.0529
Alsó cserje- szint záródása	0.9643	0.3017	0.1879	0.8356	0.3209	0.8419	0.2466	0.7940	0.0536
Virágos kőris záródása	0.0330	0.2838	0.0966	0.1675	0.1733	0.1295	0.0877	0.0008	0.0013
Feketefenyő záródása	0.4327	0.6337	0.9096	0.3456	0.6723	0.8568	0.7634	0.5238	0.5905
Molyhos tölgy záródása	0.0463	0.7809	0.7799	0.0540	0.9699	0.5441	0.2478	0.1111	0.2909

A korrelációs kapcsolatok jelentős része negatív volt, amely megmutatkozott az avarborítás és a gyepszint fajsza ma, a holtfaborítás és a gyepszint borítása, illetve a természetességi index között. A lombkoronaszint záródása, a virágos kőris záródása és a molyhos tölgy (*Quercus pubescens*) záródása szintén negatív korrelációt mutatott a gyepszint fajsza mával. A diverzitás pozitívan korrelált a holtfa- és kőborítással, valamint a földes foltok arányával, de negatívan összefüggést mutatott az avarborítással (2. táblázat).

A tapasztalt korrelációs kapcsolatok valószínűleg azzal magyarázhatók, hogy a magasabb lombkorona záródottság esetén magasabb volt az avarborítás, mindez a gyepszintben alacsonyabb fajsza mához és borításhoz vezetett. A természetességet jelző fajok száma és a lombkorona záródásának mértéke között szintén negatív korreláció volt tapasztalható. Kevésbé zárt lombkorona esetén a fajgazdagabb gyeptözegek alakultak ki, így a gyepszint fajgazdagsága és borítása magasabb volt, mely magasabb diverzitást eredményezett. Az eredmények értékelésénél ezért figyelembe kell venni, hogy azok különböző szukcessziós stádiumú élőhelyekre vonatkoznak, melyek diverzitása magas természetesség esetén is jelentősen különbözhet.

2. táblázat. A háttértényezők és a növényzeti paraméterek közötti korrelációs kapcsolatok korrelációs együtthatói (Spearman r). Jelmagyarázat: ld. 1. táblázat, NS: nem szignifikáns

	Gyepszint fajsza ma	Gyepszint borítása	Term. index	Term. jelző fa- jok száma	Term. jelző fajok borítása	Ruderális fajok száma	Ruderális fajok borítása	Simpson diverzitás	Shannon diverzitás
Lejtfo k	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Avarborítás	-0.5887	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0.6064
Holtfa borítás	NS	-0.5718	-0.5171	NS	NS	NS	NS	NS	0.6272
Kőborítás	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.5152	0.7527
Földes foltok aránya	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.6287	0.5508
Lombkorona- szint záródása	-0.015	NS	NS	-0.5427	NS	NS	NS	NS	NS
Felső cserje- szint záródása	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Alsó cserje- szint záródása	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Virágos kőr is záródása	-0.5517	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0.768	-0.7495
Feketefenyő záródása	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Molyhos tölgy záródása	-0.5213	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Következtetések

Vizsgálataink eredményei alapján a felmért kvadrátok növényzetének fajkészlete és borítási viszonyai nem különböztek jelentősen sem a szociális magatartási típusok, sem pedig a cönoszisztematikai kategóriák szerint. A feketefenyves és a korábban fenyőállománnyal borított mintaterületeken is a gyepi és a száraz erdei fajok domináltak, a bolygatástűrő fajok borítása nem volt számottevő, vagyis fajkészletükben, dominancia viszonyaikban a referencia területekkel mutattak hasonlóságot. Mindezek alapján a vizsgált mintaterületeken a szukcessziós folyamatok iránya kedvező képet mutat.

Vizsgálataink eredményei csak részben vethetők össze a feketefenyvesek helyén regenerálódó élőhelyeket vizsgáló más kutatásokkal az eltérő helyszín, módszertan és a feketefenyő letermelése óta eltelt idő miatt. TAMÁS és CSONTOS (2007) dolomitgyepek regenerálódását vizsgálták feketefenyvesek leégése után a Budai-hegységben. Tapasztalataik alapján a tűz után regenerálódó dolomitsziklagyep fajsza
ma a tűz utáni ötödik évig meredeken növekedett, majd a tizedik évben kissé visszaesett és 30-40 faj közötti értéket vett fel. Az általunk vizsgált kvadrátok fajsza
ma ehhez némiképp hasonlóan, 20-40 faj körül alakult, megjegyzendő azonban, hogy a vizsgált élőhelyek között nem csak sziklagyep, hanem a szukcesszió különböző stádiumait képviselő élőhelyek is szerepeltek. TAMÁS és CSONTOS (2007) tapasztalatai szerint a tűz után eltelt tizedik évben regenerálódó növényzet már számos tekintetben hasonlóan bizonyult a kontroll dolomitsziklagyephez, melyből a terület nagyfokú regenerációs képességére következtettek.

TÜRKE és KUN (2007) a Szénás-hegy dolomitsziklagyepjainak regenerációját vizsgálták a feketefenyvesek szerkezetátalakítását követő években nyílt- és zárt dolomitsziklagyepben, molyhos tölgyesben és gyertyános tölgyesben. A regeneráció kezdeti stádiumában szinte az összes vizsgálati egységben kiemelkedően találtak az általános sziklagyepi fajok és a

száraz, nyílt erdők fajainak borítását. E két csoport dominanciája az általunk felvételezett mintaterületeken is megfigyelhető volt (5. ábra), azonban esetünkben a feketefenyő letermelését követően több idő telt el (8-10 év). A szerzők a regenerálódó élőhelyek sikeres „túlélő” fajai között megemlítik a pápaszemes korongpárt (*Biscutella laevigata*) és a védett gombos varjúkormót (*Phyteuma orbiculare*) (TÜRKE és KUN 2007), melyek az általunk vizsgált kvadrátokban is gyakran előfordultak. Az általánosan előforduló száraz gyepi fajok hasonló borítási értéke a fenyves alatti és a referenciaállományokban szintén hasonló tapasztalatra utal. TÜRKE és KUN (2007) a regeneráció kezdeti stádiumát vizsgálva azt tapasztalták, hogy a generalista fajok borítása a természetes gyepekhez képest alig változott és a fontosabb kompetitor fajok is jelen vannak a regenerálódó élőhelyen, ezzel szemben a specialisták borításvesztését jelentősnek ítélték. Az általunk vizsgált élőhelyeken a feketefenyő letermelése óta több idő telt el, így reménykeltő lehet, hogy a generalista és kompetitor fajok mellett a specialisták fajszáma és borítása is jelentős a vizsgált kvadrátok többségében. Szintén kedvező folyamatokra utalhat, hogy a gyom- és zavarástűrő fajok elszaporodása egyik vizsgálat tapasztalatai alapján sem volt jelentős, legfeljebb csak helyenként, szórványosan volt megfigyelhető.



5. ábra: Száraz gyepi fajok előfordulása a regenerálódó élőhelyen.
Forrás: Csiszár Ágnes

BÓDIS és munkatársai (2017) a Keszthelyi-hegység területén nagyléptékű felmérést indítottak a feketefenyő pusztulás miatt letermelt erdőrészek vizsgálatára céljából. A vizsgált kvadrátok cserje- és újulatú szintjében a virágos kőris jelentős dominanciáját tapasztalták, melyet a fajok gyakoriságát tekintve a molyhos tölgy és a lisztes fonákú berkenye fajok követtek. Tapasztalataink a vizsgálatukat követő negyedik évben megerősítik ezt a tendenciát. BAUER és munkatársai (2019) a vizsgálat folytatásaként kijelölt kontroll kvadrátok

növényzetében azonban jelentős különbséget tapasztaltak a fakitermelés utáni területek növényzetéhez képest. A feketefenyvesek helyén kialakult élőhelyeken számos faj hiányzott, amely a jó természetességű kontrollterületeken előfordult, emellett több gyom- és zavarástűrő faj jelenlétét is regisztrálták. Ezzel szemben az általunk vizsgált mintaterületeken a gyom-, illetve zavarástűrő fajok jelenléte nem volt számottevő, viszont számos specialista, ill. természetességet jelző faj előfordulását tapasztaltuk. Ennek oka lehet az eltérő mintaterület, de akár a két vizsgálat között eltelt néhány év is, amely a vizsgált élőhelyek kedvező regenerációs képességére utalhat.

Kutatásunk eredményei kapcsán fontos hangsúlyozni, hogy jelenleg az alapállapot felvételezése zajlott, így a folyamatok értékelésére még korlátozottan nyílik lehetőség. Az így nyert adatokból, illetve a különböző helyszínekből levonható tanulságokból annyi azonban már most is látszik, hogy a regenerálódó területeken a fajkészlet jelentős átrendeződésen megy keresztül. Igaz ez mind a feketefenyves (kiinduló állapot), mind a bokorerdő (potenciális záró állapot) kontroll fajkészletéhez viszonyítva, mely az intenzív szukcessziós folyamatokat támasztja alá. Tekintve, hogy erdőszukcesszióról beszélünk, így a monitoring hosszú távú folytatásától várhatók pontos, a természetvédelmi és erdészeti gyakorlat számára is hasznosítható eredmények.

Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatás az Agrárminisztérium támogatásával (EGF/103/2021) valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BAUER N. – BÓDIS J. – HORVÁTH M. (2019): Erdőátalakítás hatásainak kutatása a Keszthelyi-hegységben a feketefenyő pusztulás miatt elrendelt egészségügyi termelésekkel érintett erdőrészekben kutatás a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság megbízásából. Budapest, Magyar Természettudományi Múzeum.
- BÓDIS J. – BAUER N. (2018): Erdőátalakítás hatásainak kutatása a Keszthelyi-hegységben a feketefenyő pusztulás miatt elrendelt egészségügyi termelésekkel érintett erdőrészekben, kutatási jelentés a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság megbízásából. Pannon Egyetem Georagion Kar, Magyar Természettudományi Múzeum.
- BORHIDI A. (1993): A magyar flóra szociális magatartás típusai, természetességi és relatív ökológiai értékszámai. JPTE Növénytan Tanszék, Pécs, 95 pp.
- HOFFMANN P. S. (2014): A feketefenyő pusztulása a Keszthelyi-hegységben. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar.
- HORVÁTH F. – DOBOLYI Z. K. – MORSCHHAUSER T. – LŐKÖS K. – KARAS L. – SZERDAHELYI T. (1995): Flóra adatbázis. FLÓRA munkacsoport, MTM Növénytára, Vácrátót, pp. 141-196.
- INSTAT (2003): GraphPad InStat, Version 3.06, for Windows, GraphPad Software, Inc., San Diego
- TAMÁS J. – CSONTOS P. (2007): Dolomitgyepek regenerálódásának első évtizede a fenyvesek leégése után. In: Csontos P. (szerk.): Feketefenyvesek ökológiai kutatása. Scientia, Budapest, 95-103.
- TÜRKE I. J. – KUN A. (2008): A növényzet regenerálódásának vizsgálata feketefenyvesek szerkezetátalakítása után. (2005–2007). Rosalia (4) 79-103.

KLÍMAADATBÁZISOK ÉS ERDÉSZETI CÉLÚ FELHASZNÁLÁSUK AZ ASZÁLY PÉLDÁJÁN

Climate databases and their application for forestry purposes

GÁLOS BORBÁLA

¹SOE EMK, Környezet- és Természetvédelmi Intézet
galos.borbala@uni-sopron.hu

Kivonat

Jó alkalmazkodási stratégiák kialakításához megbízható klímainformáció szükséges. Hazai és nemzetközi szinten is folyamatosan növekszik a szabadon hozzáférhető, több szektor adatigényének kielégítését célzó éghajlati adatbázisok száma. A cikk áttekintést ad a klímaadat kínálatról, az egyes adatbázisok jellemzőiről, előnyeiről, korlátairól. Elemzéseink alátámasztják, hogy az adatigény hatásvizsgálat-specifikus meghatározását, a megfelelő adatbázis kiválasztását, az adatok célzott előfeldolgozását, a bizonytalanságok kezelését és a klímainformáció helyes értelmezését az erdésznek/kutatónak szakértő bevonásával javasolt végezni. Jelenleg a klímaadat kínálat és az erdészeti kutatás/gyakorlat igényeinek összehangolása is kihívást jelent. A rendelkezésre álló adatok és módszerek bizonytalansága nem lehet akadálya annak, hogy elkezdjük az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodást az erdészeti szektorban is.

Abstract

Appropriate adaptation strategies require reliable climate information. The number of freely accessible climate databases is increasing at both national and international level. This summary aims to overview the climate data supply, the characteristics, advantages and limitations of the available databases. Our analyses confirm that it is recommended to involve a climate expert in the impact assessment-specific determination of the data demand, selection of the appropriate database, pre-processing, uncertainty treatment and correct interpretation of the climate information. Bridging the gap between the climate data supply and the demand of the forestry research/practice is a challenge, so far. Uncertainty of the available data and methods should not be an obstacle to start climate change adaptation in the forestry sector.

Bevezetés

Az erdészeti kutatásban és gyakorlatban egyre szélesebb körben igénylik és használják a múltra, jelenre, vagy jövőre vonatkozó időjárás- és éghajlati információt. Célunk, hogy áttekintést adjunk a szabadon hozzáférhető klímaadatbázisokról, azok főbb jellemzőiről, előnyeiről és korlátairól, valamint a szakszerű adatfeldolgozás segítése érdekében összegyűjtjük a leggyakoribb adatfeldolgozási hibákat (Gálos 2020a,b,c).

Anyag és módszer

Az adatbázisokat az alábbi szempontok alapján mutatjuk be: (1) Milyen nyers és származtatott adatok érhetők el? (2) Milyen térségre és térbeli léptékben? (3) Milyen időszakokra és időbeli léptékben? (4) Jól dokumentált és felhasználóbarát az adatbázis?

Eredmények

Mért és mérésekből származtatott adatok (1. Táblázat)

A meteorológiai szolgálatok adatai két fő csoportra oszthatók: (1) meteorológiai állomások adatai, (2) rácshálózati (raszteres) adatok. A raszteres adatok előállításának célja, hogy olyan helyeken is elérhetőek legyenek adatsorok, ahová nem telepítettek állomást (az éghajlati modellek eredményeinek validálására is ezeket az adatbázisokat alkalmazzák). Fontos, hogy a mérési adatokon alapuló adatbázisok jelentősen különbözhetnek egymástól és bizonytalanságokkal terheltek.

1. Táblázat: Az elérhető meteorológiai adatbázisok főbb előnyei és korlátai

	Adatbázis neve	Előnyei	Korlátai
Meteorológiai állomások	OMSZ állomásadatai ¹	110 év adatsora, felhasználóbarát	Kevés állomás adatsora hozzáférhető szabadon, kevés dokumentáció
	OMSZ Napijelentés kiadvány ¹	Napi idősorok küszöbnappal	Csak elsődleges ellenőrzésen ment át, trendelemzésre nem alkalmas
	NOAA – Globális felszíni meteorológiai mérőhálózat	Hosszútávú idősorok, könnyű kezelhetőség	Kevés magyarországi állomás adatsora elérhető
	GSOD – Globális felszíni mérőhálózat napi összesítő	Hosszútávú idősorok, felhasználóbarát	Kevés magyarországi állomás, sok adathiány
Raszteres napi adatok	CarpatClim ²	Kárpát-medence specifikus, meteorológiai sajátosságokat figyelembe vevő módszerekkel hozták létre. Származtatott indexeket is tartalmaz, nemzetközileg elismert	A 17. hosszúsági körtől keletre van szabadon hozzáférhető adat
	E-OBS ³	Egész Európa, 0.1° * 0.1° és 0.25° * 0.25° felbontás	Nem egyforma az alapul szolgáló állomások sűrűsége, az adatok minősége
	CRU ⁴	Globális, 0.5° * 0.5° felbontás	

A leggyakoribb adatfeldolgozási hibák kiküszöbölése érdekében az alábbiakra kell figyelni:

- Ha csak 2010-ig állnak rendelkezésre rácsponti adatok, ne töljük meg az idősort egyetlen állomáson mért adatokkal, mert hamis trendet fogunk kapni. Általánosságban is igaz, hogy csak szakértővel való konzultálás után egészítsük ki az egyik adatbázis hiányzó adatait egy másik adatbázisból, egyik állomás adatait a szomszédos állomás adataival (különösen csapadék esetén).
- Ha nincs a saját erdőrészletünket reprezentáló adat, ne próbálkozzunk két közeli állomás adatából magunk interpolálni (különösen heterogén domborzati adottságok mellett).
- Ha durvának találjuk a rácsponti adatbázis felbontását, saját térinformatikai vagy egyéb interpolálási módszerek alkalmazása előtt konzultáljunk szakértővel. A komplex légkörfizikai, légkördinamikai folyamatok miatt egyrészt speciális módszereket

kell alkalmazni, másrészt 2 km * 2 km-es felbontás alatt már minden módszer irreális eredményeket adhat.

- Néhány év saját mérési eredményei nem összehasonlíthatók a helyszín 10 km * 10 km-es körzetét reprezentáló 30 éves klímaadatokkal, és belőlük nem vonható le következtetés a megfigyelt klímaváltozásra.

Klímamodell szimulációk eredményei (2. Táblázat)

A klímamodell szimulációk eredményeinek feldolgozása, értékelése során nem szabad megfeledkezni arról sem, hogy a klímamodelllezés célja a nagyobb térbeli kiterjedésű légköri folyamatok, hosszútávú éghajlati tendenciák szimulálása, nem az egyes erdőrészeket mikroklimájának (állományklímájának), lokális folyamatainak leírása.

2. Táblázat: Az elérhető klímaadatbázisok főbb előnyei és korlátai

Adatbázis neve	Előnyei	Korlátai
EURO-CORDEX projekt adatbázisa ⁵	Egész Európára több regionális klímamodell eredménye, több éghajlati forgatókönyv alapján, 0.11° * 0.11° felbontás	Az adatok letöltése, előfeldolgozása megfelelő szoftverkörnyezetet, programozási ismereteket, szakértői segítséget igényel
Copernicus Climate Data Store ⁶	Globálisan, szabadon letölthető adatok + szektoronkénti információ, részletes dokumentáció, kész ábrák, mintaprogramok	Egyelőre nem felhasználóbarát, magas szintű klimatológiai és programozási ismereteket
Climate EU adatbázis ⁷	Európára akár 1 km * 1 km-es felbontás + bioklimatológiai változók	Globális modellek statisztikai leskálázásával hozták létre, megbízhatósága hazánkra nincs ellenőrizve
WorldClim adatbázis ⁸	Globális, meteorológiai és bioklimatológiai változók	
Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) ⁹	Hatásvizsgálat és alkalmazkodás orientált döntéstámogató alkalmazások	Kizárólag 30 éves átlagértékek, régióra, helyszínre szűrés nincs, különböző modelledmények és változók közötti eligazodás nehézkes
KlimAdat projekt adatbázisa ¹⁰	10 km * 10 km-es felbontású regionális klímamodell eredmények + városokra finomabb felbontás	Csak a Magyarországon futtatott modellek eredményei
FORESEE adatbázis ¹¹	Jól dokumentált, felhasználóbarát adatletöltés	Az alapul szolgáló E-OBS adatbázis bizonytalansága

A leggyakoribb adatfeldolgozási hibák és tévhitek:

- „A jövőbeli klimatikus viszonyokat megtudjuk, ha a mért adatok idősorát meghosszabbítjuk a modellekből származó idősorokkal. A klímaváltozás nagyságát pedig, ha a jövőre vonatkozó modellszimuláció eredményét viszonyítjuk a meteorológiai állomáson mért adatokhoz” – a modellek szisztematikus hibája miatt mindkét eljárás hibás eredményt ad.
- “Válasszuk ki a jó modell eredményét”. Egyetlen modell eredménye nagy bizonytalanságot hordozhat. Több forgatókönyv alapján futtatott sok modell alapján, nagyobb

térségekre és hosszabb időszakok átlagára, vagy trendekre vonatkozóan megbízhatóbb következtetések vonhatók le.

- „A finomabb felbontás pontosabb eredményt ad”. Ami technikailag lehetséges, az nem feltétlenül helyes szakmailag és nem feltétlenül van valóságtartalma! Bármekkora térbeli léptékre interpolálhatók az eredmények, azonban a fizikai háttér nem áll rendelkezésre a modell térskálájánál finomabb felbontással, így ez valójában részletesebb többlet-információt nem szolgáltat. (pl. egy durvább felbontásban nem létező hegy felhő- és csapadékképződésre gyakorolt hatását nem lehet interpolációval generálni). Nem utolsósorban a finom felbontású ábrák az alapadatok pontosságát tekintve félrevezetik a felhasználót.
- „A modellnek egyezni kell a valósággal, ezért a hibás modelleredményeket korrigálni kell.” Viszont egyetlen korrekciós módszer alkalmazása sem ad tökéletes eredményt minden meteorológiai változóra, minden tér- és időbeli léptékben (és a korrekció alapjául szolgáló mért adatok sem hibátlanok). A tökéletesnek vélt múltbeli adat nem vonja maga után a jövő tökéletes előrejelzését.

Összességében, a modell eredeti térbeli léptékének finomítása, valamint a korrekciós módszerek alkalmazása növeli, és nem csökkenti a szimulált eredmények bizonytalanságát.

Következtetések

Az elvárásokkal ellentétben nem létezik egy egységes, minden felhasználói igényt egyaránt kielégítő klímaadatbázis. Fejlesztés alatt állnak olyan adatbázisok, amelyek ezt tűzték ki célul, az összes elérhető adat rendelkezésre bocsátásával. De ezek egyelőre még nem felhasználóbarátok, a megfelelő adatok leszűrése klimatológiai és programozási előismereteket követel. Az elvárások megfogalmazásakor azt is fontos tudnunk, hogy sem a meteorológiai adatokat, sem a klímamodell eredményeket nem speciálisan erdészeti célokra, hatáselemzésre állítják elő, hanem sokkal általánosabb célokra, szélesebb felhasználói réteg számára.

A jövőre vonatkozó előrebecsléseknél a klímaadat kínálat és az erdészeti kutatás/gyakorlat igényeinek összehangolása, valamint a klímamodell eredmények megfelelő kezelése jelenti a legnagyobb kihívást, melyre az erdészeti célú klímahatás vizsgálatok és döntéstámogatás során még nincs kidolgozott módszer. Az adatigény hatásvizsgálat-specifikus meghatározását, a megfelelő adatbázis kiválasztását, az adatok célzott előfeldolgozását, a bizonytalanságok kezelését és a klímainformáció helyes értelmezését az erdésznek/kutatónak szakértő bevonásával javasolt végezni. A klímaváltozással kapcsolatos döntések meghozatalához jobban hozzájárulunk akkor, ha számszerűsítjük, megjelenítjük, kommunikáljuk a bizonytalanságot a klímaelemzések és a hatáselemzések (valamint döntéstámogatás) minden lépése során, mint ha annak látszatát keltjük, hogy egyetlen helyes adat van. A rendelkezésre álló adatok és módszerek bizonytalansága nem lehet akadálya annak, hogy elkezdjük az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodást az erdészeti szektorban is.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00678/20/4) támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- GÁLOS B. (2020a): Klímaadat-szolgáltatás az erdészetben. Elvárások és realitások. Erdészeti Lapok 155: 229-230.
- GÁLOS B. (2020b): Megmértük, ezért ennyi!(?) A konkrét céllal és megfelelő módszerrel mért klimatológiai adatok hasznosíthatósága az erdészeti gyakorlatban és kutatásban. Erdészeti Lapok 155: 264-266.

GÁLOS B. (2020c): Mire használhatók a „szobatudósok jóslatai”? Klímamodell eredmények, új adatbázisok, erdészeti alkalmazásuk. Erdészeti Lapok 155: 300-303.

¹<https://odp.met.hu/>

²<http://www.carpatclim-eu.org/pages/home>

³<https://www.ecad.eu/download/ensembles/download.php>

⁴<https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg>

⁵<https://www.euro-cordex.net/060378/index.php.en>

⁶<https://cds.climate.copernicus.eu>

⁷<https://sites.ualberta.ca/~ahamann/data/climateeu.html>

⁸<https://worldclim.org>

⁹<https://map.mbfisz.gov.hu/nater>

¹⁰<https://klimadat.met.hu/>

¹¹<http://nimbus.elte.hu/FORESEE/index.html>

HIDRO-METEOROLÓGIAI HÁLÓZAT AZ ERDŐÁLLOMÁNYOK HOSSZÚ-TÁVÚ FENNTARTÁSA ÉRDEKÉBEN

Hydro-meteorological system for the long-term treatment of forest stands

BOLLA BENCE¹, SZABÓ ANDRÁS¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály
bolla.bence@uni-sopron.hu

Kivonat

Az időjárási szélsőségek nyomon követése nemcsak a klímaváltozás miatt fontos, hanem a természetben, azaz erdőkben lezajló vízforgalmi folyamatok alaposabb megértése, feltérképezése érdekében is nagy jelentőséggel bír. Az erdőket is érintő időjárási szélsőségek megfigyelése és nyomon követésére létesítettünk egy olyan hidro-meteorológiai mérőhálózatot, amely elsősorban magas erdősültséggel rendelkező területeken mér és gyűjt adatokat. Az Erdészeti Tudományos Intézet 22 GPRS rendszerű meteorológiai állomást és 15 talajvízkutat üzemeltet. Méréseink alapján a meteorológiai szélsőségek száma folyamatosan növekszik, miközben a talajvízszint több mérési helyen folyamatosan süllyed.

Abstract

Monitoring of the weather extremes is not only important because of the climate change, but it is also necessary to better understand of the water balance in forests. Establishing and maintaining a meteorological monitoring system which measure and collect data in highly forested areas is the most suitable way to monitor and keep track of meteorological extremities affecting forests. The Forest Research Institute operates 22 GPRS weather stations and 15 groundwater wells across Hungary. The number of meteorological extremities is constantly increasing nowadays, meanwhile the groundwater level is declining under several study areas.

Bevezetés

Hidro-meteorológiai mérésekkel és az erdőállományok vízháztartási jellemzőinek vizsgálatával az erdészeti kutatások már régóta foglalkoznak Magyarországon (BELHÁZY 1886, IJJÁSZ, 1936, 1938). Ijjász Ervinhez köthető az erdészeti csapadékmérő és talajvíz-megfigyelő hálózat koncepciója és annak megvalósítása is. Az erdészeti meteorológiai mérések jelentőségét a múlt század közepén már Papp László is közölte (PAPP, 1957). Keresztesi Béla kutatásaiban különböző mintaterületeken vizsgálata az egyes fafajok gyökérmélységet, mely a jövőre nézve nagyon fontos iránymutatással szolgált az erdőállományok kapilláris zónából történő vízfelvételének meghatározáshoz (KERESZTESI, 1969). Járó Zoltán máriabesnyői mintaterületein vizsgálata az egyes erdőállományokra ható időjárási jelenségeket és az erdők regionális vízháztartásában betöltött szerepét (JÁRÓ, 1980, JÁRÓ-SITKEY, 1995).

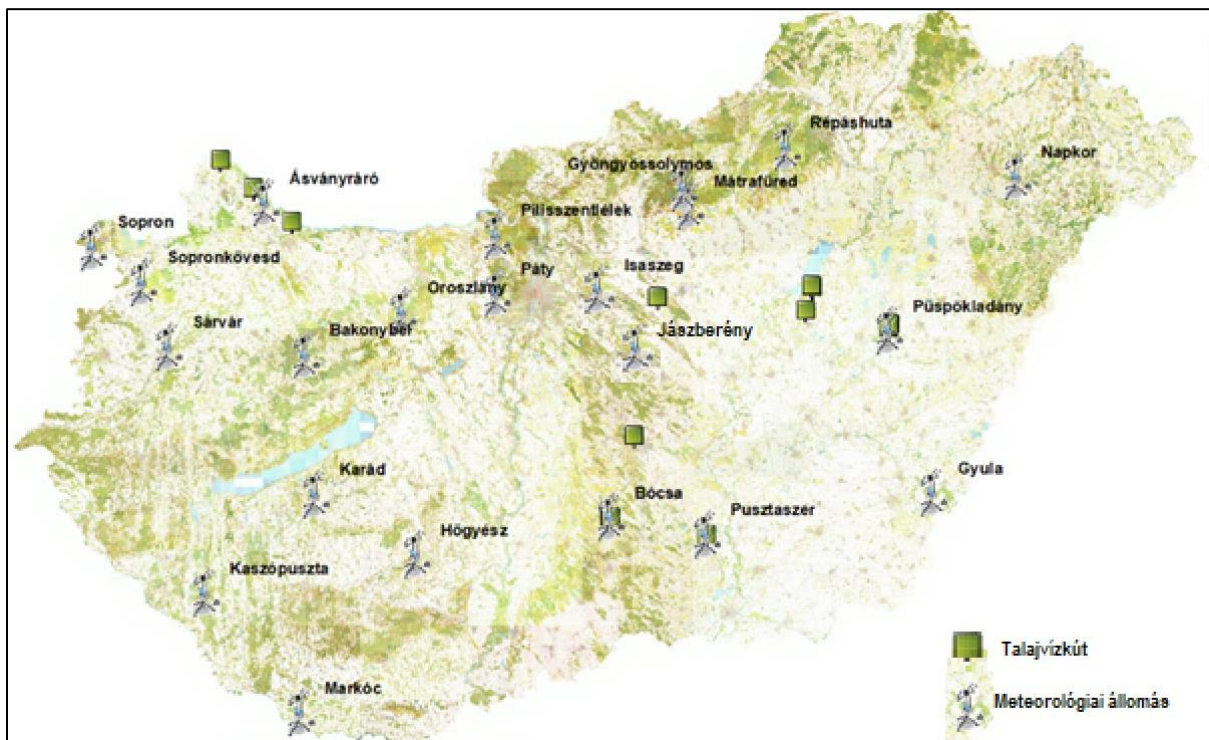
Az Erdészeti MÉRŐ- és Megfigyelő Rendszer az Intenzív monitoring program jóvoltából a Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézete 1996-tól végez automatizált meteorológiai adatgyűjtést. Az erőben lezajló mikroklimatikus viszonyokat Vig Péter és Justyák János kutatta (VIG-JUSTYÁK, 1997), az intercepcióval kapcsolatos kutatásokat az Egyetemen Kucsara Mihály vezette (KUCSARA, 1998). Manninger Miklós és munkatársai a csapadék és a hőmérséklet hatását vizsgálták egy kijelölt bükkös mintaterületen (MANNINGER et al. 2012). A vízforgalmi modellezéshez felhasznált automatizált, erdészeti, hidro-meteorológiai méréseket Gácsi Zsolt és Móricz Norbert folytatott (GÁCSI 2000, MÓRICZ et al. 2011). A klímaváltozás okozta hatások vizsgálatával és annak előrejelzésének módszereivel Gálos Borbála és Führer Ernő részletesen publikált (FÜHRER et al. 2011, FÜHRER, 2018, GÁLOS-FÜHRER, 2018). Az új erdészeti hidro-meteorológiai mérőhálózat kiépítése a 2014-ben vette

kezdetét, mely azóta is folyamatosan gyűjti az adatokat az erdősült mintaterületeken (BOROVICS et al. 2018, BOLLA-SZABÓ, 2020).

Anyag és módszer

Az Erdészeti Tudományos Intézet jelenleg 22 GPRS rendszerű meteorológiai állomást üzemeltet (1. ábra). Az állomások kihelyezésénél folyamatosan törekedtünk a nagyobb erdősültségű tájakat előnyben részesíteni, így közelítve az országos lefedettség eléréséhez. A mérőhálózat 2014-ben indult 7 helyszínen (Püspökladány, Kecel, Karád, Pilisszentlélek, Sárvár, Napkor, Kaszó). 2018-ban további 11 állomás (Ásványráró, Bócsa, Markóc, Hőgyész, Páty, Isaszeg, Bakonybél, Gyula, Mátrafüred, Gyöngyössolymos, Répáshuta és Kecel helyett Pusztaszer) került felszerelésre. 2021-ben az Éghajlatváltozási Cselekvési Terv program jóvoltából újabb 4 állomással (Sopron, Sopronkövesd, Oroszlány, Jászberény) bővült a hálózat.

A meteorológiai állomások típusa a Boreas Kft. által gyártott Agromet-Solar időjárás állomás. Az állomások segítségével mérjük a szélirányt, szélsébséget, globálsugárzást-napfénytartamot, hőmérsékletet, páratartalmat, szabad területi csapadékot, talajnedvességet és talajhőmérsékletet. A talajnedvességet és a talajhőmérsékletet 4 rétegben követjük nyomon (10cm, 25cm, 50cm, 70cm) a kijelölt mintaterületeken. Az adatokat a GPRS adatgyűjtők továbbítják az Intézet saját szervere felé további feldolgozás céljából. Az alap és a származtatott adatok egy webes felületen tekinthetők meg (eforest.hu).



1. ábra: A meteorológiai állomások és talajvízszint monitoring kutak elhelyezkedése.

A meteorológiai állomások mellett, azokkal részlegesen átfedésben talajvízszint monitoring kutakat is működtet az Erdészeti Tudományos Intézet. Ennek alapját egy korábbi OKTA pályázat (OTKA NN79835) jelentette, melynek keretén belül korábban 30 monitoring kút létesült. Jelenleg ebből 15 db üzemel 8 mintaterületen (Jászfelsőszentgyörgy, Bócsa, Pusztaszer, Püspökladány, Kaszó, Dunakiliti, Dunasziget, Kisbodak). Minden mintaterületen az erdei mintapont(ok)hoz kapcsolódóan, minden esetben található egy nem fásszárú növényzettel borított kontrollpont is, amelyekkel lehetőség van a különböző

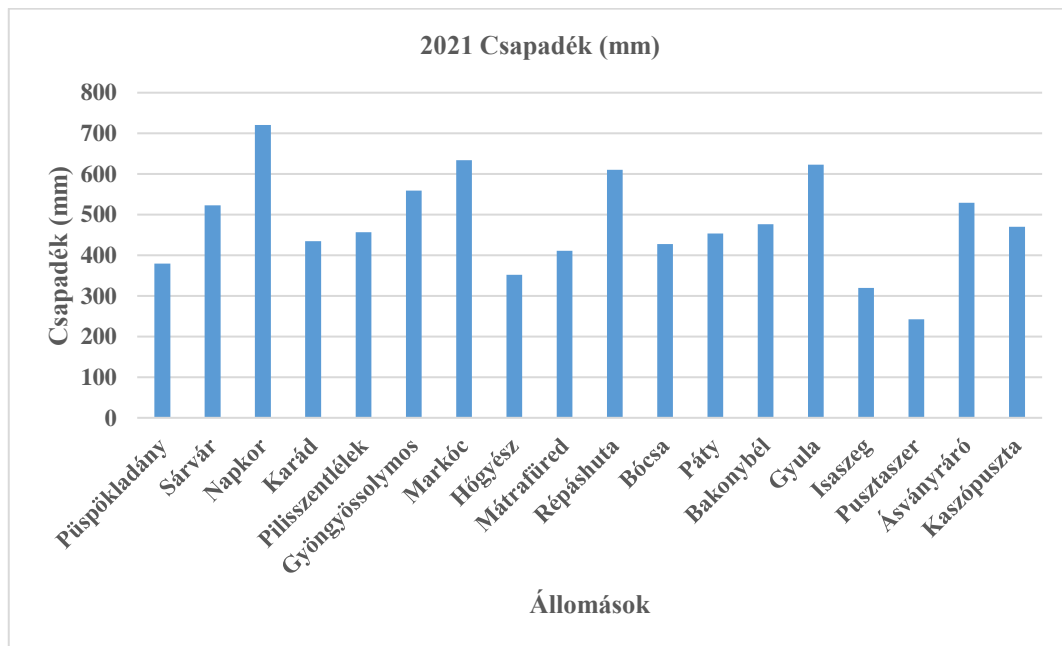
vegetációtípusok alatti talajvízszint változások összehasonlítására. A kutakban nyomászondákhoz kapcsolt Dataqua, DA-S-URC 227 típusú adatgyűjtők 15 percenként regisztrálják a talajvízszint aktuális mélységét és hőmérsékletét.

Eredmények

Meteorológiai mérések eredményei

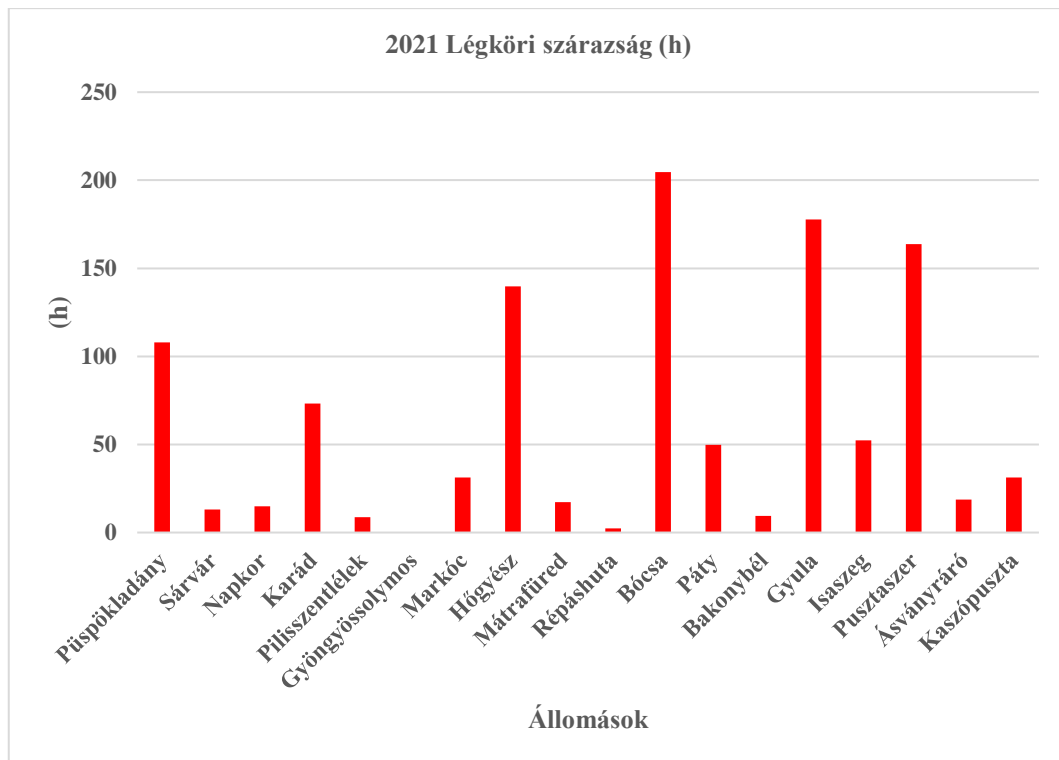
Csapadék és hőmérséklet

A csapadék alakulása helyszínenként változatosnak mondható, több esetben az átlagnál több csapadék hullott éves szinten (pl.: 2019-ben Hőgyészen 1000,2 mm csapadék hullott, de 2021-ben csupán 351 mm), de azok eloszlása nem mondható egyenletesnek. A mintaterületek éves csapadékösszegek közötti különbség is rámutat, hogy a csapadék éves eloszlása olykor szélsőséges lehet (2. ábra).



2. ábra: Az éves csapadék eloszlása 2021-ben.

Több alkalommal hosszú aszályos periódusok voltak megfigyelhetőek (pl.: 2019, 2020, 2021. március, április), mely a magas hőmérsékletben és a hosszú csapadékmentes időszakokban is megmutatkozott. A 2021-es év rendkívül csapadékszegény volt. Az alföldi állomások esetében a nyári hónapokban figyelhetőek meg hosszabb aszályos időszakok július, augusztus hónapokban is, így jelentős légköri szárazság (azon órák száma, mikor egyidejűleg a léghőmérséklet 30 C° felett és a páratartalom 40% alatt van) is jelentkezett ezekben a hónapokban (3. ábra). Légköri szárazság olyan erdősült völgyekben is megjelent, mint pl.: Répáshuta község külterületén.



3.ábra: A légköri szárazság időtartalmának eloszlása 2021-ben.

Páratartalom (légnedvesség)

A megszokottnál melegebb, aszályos időszakokat és az alacsony (napi) csapadékösszegeket jól visszaadják a relatív pártartalom értékei. Jellemzően a márciusi, áprilisi, valamint a június és a júliusi értékek elmaradnak az ilyenkor megszokott légnedvesség-tartalomaktól (75-85%). Az augusztus hónapban a növekedett a relatív páratartalom mértéke. Pozitív anomália (100% feletti nedvességtartalom) a eddigi méréseink során nem mutatkozott. A legnagyobb negatív változás (a 100%-os értéktől való eltérés) napi légnedvesség tekintetében 2019 áprilisában volt tapasztalható. A július hónap átlagos 14 órai páratartalma 2020-ban Répáshután 56,2%, Bócsán 47,5%, Pusztaszeren 44,3%. Az erdőállományon belüli méréseink alapján elmondhatjuk, hogy a légnedvesség átlagosan 2,5-5,1%-kal magasabb, mint a nem erdei környezetben lévő mérőállomások esetében. Az állományon belüli hőmérsékletek alacsonyabbak a szabadterületi adatokhoz képest, mely jelenség az erdőállományok jellemző adottságaival (pl.: a lombkorona záródása) állnak szoros összefüggésben.

Globálsugárzás (napfénytartam)

A legmagasabb havi átlagérték 2021-ben Pusztaszeren (280 W/m²) júliusban jelent meg, a legalacsonyabb Répáshután (28 W/m²) pedig januárban volt érzékelhető. Napi átlagértékek közül a legmagasabb júliusban és augusztusban többször volt mérhető: 2019-ben, 296 W/m² Pusztaszeren, a legalacsonyabb 2019. január hónapban 1,22 W/m² ismét Répáshután. Minden állomás esetében hasonló lefutás jellemzi a globálsugárzás alakulását az évek során gyűjtött adatok alapján.

Szélirány és szélesebesség

A legmagasabb átlagszélesebesség a 2019-es évben 2,62 m/s Pusztaszeren, a legalacsonyabb Markócon 1,12 m/s volt. A legszelesebb napok Pusztaszeren november, december hónapokban voltak (2019, 2020, 2021), ekkor a napi átlagos szélesebesség: 8,92 m/s. A legszelesebb hónap általában a január volt, havi átlagos szélesebesség 1,91 m/s az összes állomás esetében. Az uralkodó szélirány jellemzően az észak-nyugati volt, de a melegebb őszi,

tavaszi és nyári hónapokban több alkalommal tartósan a déli áramlás volt jellemző. A legtöbb szeles nap (162-168) Pusztaszeren fordult elő (vagyis amikor a szél legerősebb lökésének sebessége eléri, vagy meghaladja a 10 m/s-t). A legkevesebb szeles nap (38-43) Isaszegen tapasztalható.

Talajnedvesség és talajhőmérséklet

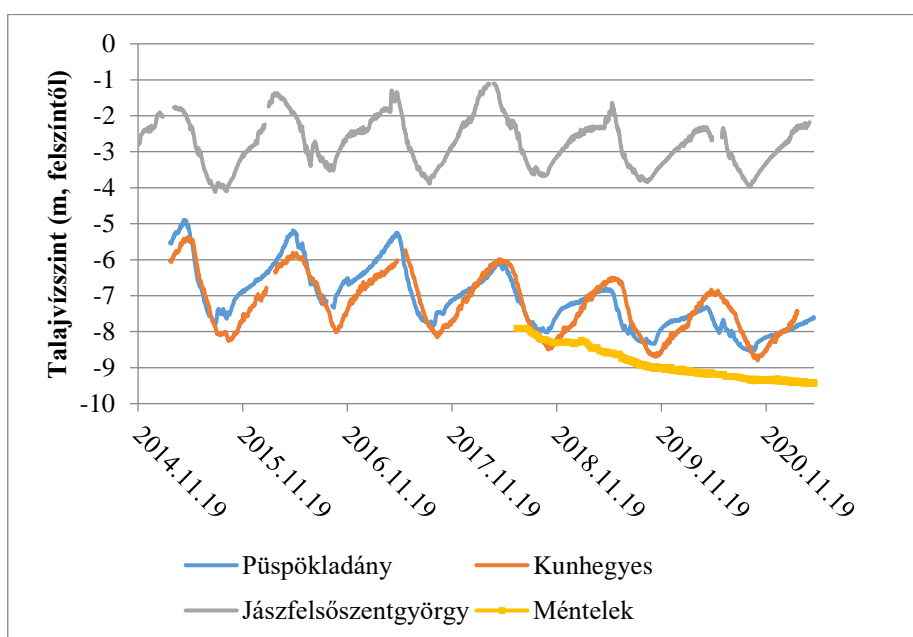
A talajnedvesség alakulása minden állomás esetében a megszokott trendszerű változásokat mutatta. A vegetációs időszakban alacsonyabb, míg a nyugalmi időszakban magasabb értékek kerültek regisztrálásra. Az alacsonyabb nedvesség értékeket a nyári fokozott párolgás is elősegítette a felső talajrétegben (0-10 cm). A csapadék alakulására 70 cm-en mért nedvesség értékek reagáltak a legkevésbé.

A nyári hónapokban igen alacsony talajnedvesség adatok tapasztalhatóak a gyenge termőképességű homoktalajokon (pl.: Bócsán 2019. augusztus 12-én: 2,1%, Pusztaszeren 2019. szeptember 23-án: 2,1%, ugyanakkor Répáshután 2019. augusztus 28-án 14,2%, Bakonybélben 2019. augusztus 18-án 30,1% 10 cm-es mélységben).

A talajhőmérséklet esetében a leghidegebb január és február hónapok (pl.: Répáshután -1,5 °C a legfelső talajrétegben 0-10 cm). A legmelegebb Bócsán szintén a legfelső talajrétegben 26,6-27,8 °C között a június, július hónapokban.

Talajvízszint mérések eredményei

A hosszútávú talajvízszint adatok alapján megállapítható, hogy az Alföld több területén is folyamatos talajvízszint süllyedés figyelhető meg (4. ábra). Közsimert, hogy ez a negatív tendencia a Homokhátságon már több évtizede tart, ugyanakkor az hidrológiai és talajtani szempontból is jelentősen eltérő Tiszántúli területeken is megfigyelhető. A két területen a talajvíz dinamikája alapvetően más képet mutat: A kunhegyesi és püspökladányi kutak adatain egyértelműen látszik a vegetációs időszakoknak megfelelő vízfelvételi-visszatöltődési ciklus, míg a Homokhátságon (Méntelek) gyakorlatilag nem jelentkezik a visszatöltődés. Az előbbiekkal ellentétben a jászfelsőszentgyörgyi területen a vízszint többé kevésbé stabilnak tekinthető.



4. ábra: A hosszútávú talajvízszint monitoring adatai különböző mintaterületeken

Eredmények értékelése, megvitatása

Napjainkban a változó klíma egyre növekvő szélsőségei egyaránt érintenek minket a mindennapi erdőkezelési tevékenységünkben is. A gazdálkodási tevékenységek tervezhetősége érdekében a helyi hidrológiai, meteorológiai mérések kiemelt jelentőséggel bírnak. Az eddigi méréseink alapján elmondhatjuk, hogy az egyes meteorológiai szélsőségek a elérő időpontokban jelentkeznek az ország különböző pontjain. A csapadékszegény 2021-es évben ismét növekedtek a hőségnapok száma. Légköri szárazság olyan erdősült völgyekben is megjelent, mint pl.: Répáshuta község területén. Az erdőállományon belüli páratartalom-méréseink alapján elmondhatjuk, hogy a légnedvesség átlagosan 2,5-5,1%-kal magasabb, mint a nem erdei környezetben lévő mérőállomások esetében, valamint fontos kiemelni, hogy az erdőállományon belüli hőmérsékletek alacsonyabbak a szabadterületi adatokhoz képest.

A talajvízszint a ménteleki mintaterületünkön folyamatosan süllyed, amelyet az egyre csökkenő csapadék már nem tud visszapótolni. A Tiszántúlon is hasonló folyamatok figyelhetőek meg, de az eltérő talajvízszint dinamika miatt, itt feltételezhetően más mechanizmusok állnak a háttérben. A járszági mintaterületeinken a talajvízszint kiegyenlítettebb vízjárást mutat, melyet elsősorban a növényzet vízfelvételének éves változása határoz meg. A magas hőmérséklet, a csapadékszegény időjárás és a talajvízszint süllyedése várhatóan a jövőben is nagyban befolyásolja majd erdeink állapotát és vízháztartásban betöltött szerepüket is.

Irodalomjegyzék

- BELHÁZY J. (1886): Az erdő befolyása a levegő átlagos hőfokára, és a levegő hőfokának határaitra. Erdészeti Lapok 25(4):287-29
- BOLLA B. – SZABÓ A. (2020): A NAIK-ERTI hidro-meteorológiai monitoring rendszerének kezdeti eredményei a 2019 évi mérések alapján. Erdészettudományi közlemények 10(1-2):41-54.
- BOROVICS A. (2018): Erdészeti klímaközpont kialakításának szükségessége és lépései. Erdészettudományi közlemények 8(2):5-8.
- FÜHRER E. - MAROSI GY. - JAGODICS A. - JUHÁSZ I. (2011): A klímaváltozás egy lehetséges hatása az erdőgazdálkodásban. Erdészettudományi Közlemények, 1(1): 17-28.
- FÜHRER E. (2018): A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. Erdészettudományi közlemények 8(1):27-42.
- GÁCSI Zs. (2000): A talajvízszint észlelés, mint hagyományos, s a vízforgalmi modellezés, mint új módszer Alföldi erdeink vízháztartásának vizsgálatában. Doktori (Ph.D) értekezés, NyME, 69-93.
- GÁLOS B. - FÜHRER E. (2018): A klíma erdészeti célú előrevetítése. Erdészettudományi Közlemények, 8(1): 43-55.
- IJJÁSZ E. (1936): Az erdészeti altalajvízmegfigyelések eredményeinek rövid ismertetése. Erdészeti lapok 71(9-10):820-829.
- IJJÁSZ E. (1938): Az erdő szerepe a természet vízháztartásában. Hidrológiai Közlöny 18(1):416-445.
- JÁRÓ Z. (1980): Intercepció a gödöllői kultúr erdei ökoszisztémában, Erdészeti kutatások, 73 (1):7-17
- JÁRÓ Z. - SITKEY J. (1995): Az erdő és a talajvíz kapcsolata, Erdészeti kutatások, 85(1):35–49.
- KERESZTESI B. (1969): Beszámoló a Nemzetközi Biológiai Program (IBP) „A gyökérzet és a rizoszférában élő szervezetek produktivitásának módszerei” című szimpóziumáról

(Moszkva-Leningrád-Dusanbe, 1968. augusztus 28. - szeptember 12.). Erdészeti Kutatások 65(1):329-363.

KUCSARA M. (1998): Az erdő csapadékviszonyainak vizsgálata. Vízügyi Közlemények, 80(3):456-475.

MANNINGER M. - EDELÉNYI M. - PÖDÖR Z. - JEREB L. (2012): A hőmérséklet és a csapadék hatása a bükk növekedésére In: Bíróné, Kircsi A (szerk.) Magyar Meteorológiai Társaság XXXIV. Vándorgyűlés és VII. Erdő és Klíma Konferencia, Magyar Meteorológiai Társaság (MMT), pp. 45-46.

MÓRICZ N. - BERKI I. - RASZTOVITS E. (2011): A Nagyalföld erdeinek állapota és hatásuk a talajvízszintre – In: Rakonczay János (szerk.): Környezeti változások és az Alföld, Nagyalföld Alapítvány kötet 7, Nagyalföld alapítvány, Békéscsaba, 119-126.

PAPP L. (1957): Az erdészeti meteorológiai kutatás jelentősége. Az Erdő 92(9):348-353

VIG P. - JUSTYÁK, J. (1997): Az erdő mikroklímája In: Szász, G; Tőkei, L - Meteorológia mezőgazdáknak, kertészeknek, erdészeknek. Budapest, Magyarország: Mezőgazda Kiadó, pp. 543-563.

SPONTÁN ERDŐÁLLOMÁNYOK FAFAJÖSSZETÉTELÉNEK ORSZÁGOS LÉPTÉKŰ ELEMZÉSE A VÁLTOZÓ KLÍMÁBAN

Studies on the species composition of spontaneous forests on a nationwide scale in a changing climate

ZAGYVAI GERGELY¹, BARTHA DÉNES²

^{1,2}Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar Környezet- és Természetvédelmi Intézet
zagyvai.gergely@uni-sopron.hu

Kivonat

Kutatásunk során összekapcsoltuk az Országos Erdőállomány Adattár állományait a potenciális természetes erdőtársulások (PTE) adatbázisával és a klímára vonatkozó adatokkal. A potenciális bükkösök, gyertyános-kocsánytalan tölgyesek, cseres-kocsánytalan tölgyesek, mész- és melegkedvelő tölgyesek esetében főkomponens analízissel (PCA) és redundancia analízissel (RDA) elemeztük a spontán erdők fafajösszetételét bevonva a következő háttérváltozókat: erdészeti aszályossági index (FAI), a FAI változásának mértéke, környező erdő-részletek fafajösszetétele. Részben a fehér akác inváziója miatt, részben klimatikus okokból erősen korlátozott a bükk és a kocsánytalan tölgy szerepe a spontán erdősődésben. Körülhatároltuk azokat az őshonos fajokot is, melyek ígéretes eszközei lehetnek az erdőborítás spontán szukcesszió útján történő növelésének, úgy hogy a természetvédelmi szempontok is érvényesüljenek.

Abstract

National Forest Database was connected to database of potential natural forest communities and to data describing changing climate. Species composition of spontaneous forests were analysed by principal component analysis (PCA) and redundancy analysis (RDA) in the case of beech forests, sessile oak-hornbeam forests, turkey oak-sessile oak forests, thermophilous forests. Following variables were used in course of RDA: Forest Aridity Index (FAI), measure of FAI change, species composition of surrounding forest stands. Role of *Fagus sylvatica* and *Quercus petraea* are strongly limited in spontaneous forest succession on the grounds of invasive tree species and climatic reasons. As a conclusion to this research, native tree species were appointed, which can provide near-natural solutions for forest cover expansion using spontaneous processes in changing climate.

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 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, ami inkább egy minimális nagyságnak értékelhető.

Magyarországon a spontán erdősődés legtöbb esetben az inváziós fajok térhódításához vezet, de kedvező körülmények között sikeres lehet az őshonos fajokkal történő regeneráció is (ZAGYVAI 2020, TIBORCZ et al. 2019). A kutatás fontos kérdése, hogy melyek azok a tényezők, melyek 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 forgatókönyvekről (ADAMOWSKI és BOMANOWSKA 2011).

A szukcessziós folyamat hatótényezői rendkívül összetettek, közülük meghatározó jelentőségűek a termőhelyi tényezők, a fajok propagulumának elérhetősége és a felhagyás óta eltelt idő. A termőhelyi tényezők változóinak koncentrált kezelésére és vizsgálatára ad lehetőséget a potenciális természetes erdőtürsulás (PTE) koncepciója. A PTE háttértényezőinek legdinamikusabb eleme a klíma, mely a potenciális természetes türsulások legfontosabb fajtáinak vágáskorát figyelembe véve bizonyosan jelentős mértékben elmozdul arról a kategóriáról, mely a PTE meghatározásánál felhasznált üzemtervekben szerepel.

A klíma változásának jelenleg is érzékelhető erdőkre gyakorolt hatásai a jövőben várhatóan fokozódnak a Kárpát-medencében (MÁTYÁS 2009). 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 fajválasztást illetően. Egyes pozitívan reagáló, eddig háttérbe szorított fajták alkalmazkodási lehetőséget kínálhatnak az erdészet és a természetvédelem számára egyaránt.

Terjedelmi korlátok miatt leszűkítettük a potenciális természetes erdőtürsulások (PTE) körét a következő kategóriákra: hegy- és dombvidéki bükkös (HDB), gyertyános-kocsánytalan tölgyes (GY-KTT), cseres-kocsánytalan tölgyes (CS-KTT), valamint mész- és melegkedvelő tölgyes (BAZ-T).

Anyag és módszer

Elemzésünk alapját három eltérő információ-tartalmú adatbázis, az Országos Erdőállomány Adattár (2016-os állapot), a potenciális természetes erdőtürsulások (PTE) adatbázisa és a klímát jellemző adatok összekapcsolása jelentette. Spontán eredetűnek tekintettük és a továbbiakban így nevezzük azokat az erdőrészteteket, melyeket besoroltak a „talált erdő” kategóriába.

A potenciális természetes erdőtürsulások (PTE) aktuális elterjedési mintázatának tekintetében BARTHA et al. (2018) munkájára támaszkodtunk.

Az elemzések során havi átlaghőmérsékletekből (T) és csapadékösszegekből (P) származtatott erdészeti szárazsági mutatót (FAI) alkalmaztuk (Führer 2011). 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 2021–2050-es időszakra becsült FAI és a 1981–2010-es periódus FAI értékek különbségeként kaptuk a klíma változásának gyorsaságát jellemző változó értékeit (dFAI).

Az Országos Erdészeti Adattár és a PTE térképi állományait összemetsztük a térinformatikai adatfeldolgozás során és a további elemzéshez az átfedő poligonokat tartottuk meg. A poligonokhoz hozzárendeltük az 5 × 5 km-es hálózat legközelebbi eleméhez tartozó FAI (1981–2010) értékeket és a változását jellemző értékeket (dFAI).

A szukcesszió legfontosabb tényezői közé tartozó propagulumok elérhetőséget a spontán erdőszülő terület környezetében található erdők természetességi mutatójával jellemeztük, melynek értéke arányos a honos és adventív fajták hányadával. A PTE- és klímadatokat is tartalmazó térkép spontán állományainak poligonjait összemetsztük a MÉTA felmérés (MOLNÁR et al. 2007) során használt, tájökölógiai elemzésekre is alkalmas, 35 has-
os elemekből felépülő hatszög hálózattal. A vizsgált erdőrésztetet körülvevő, elemzett hatszögekre vonatkozóan összesítettük a természetesebb (TERM₁₋₃ = természetességi mutató: 1–3) és kevésbé természetes (TERM₄₋₆ = természetességi mutató: 4–6) erdők területét.

Ezekből az értékekből egy olyan indexet (TERM) képeztünk az alábbi módon, mely minden spontán állomány esetében egységesen 0-tól 100-ig terjed.

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

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 sokváltozós statisztikáknál szűrt erdőrészeteket elemeztük annak érdekében, hogy bizonyos zavaró tényezőket minimalizáljunk. Azok az erdők kerültek be a szűrt halmazba, melyek 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, lásd fent).

Eredmények

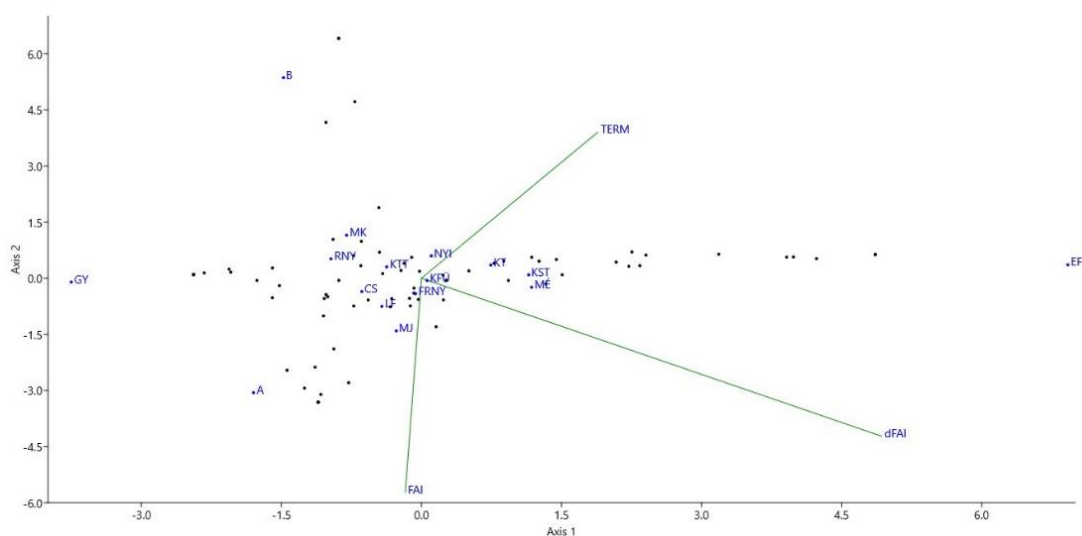
Potenciális hegy- és dombvidéki bükkösök (HDB)

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

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 juharrá is érvényes ez a megállapítás, ami logikus következménye annak, hogy mindkét fafaj 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 (1. ábra).

Bevontuk az elemzésbe a spontán eredetű erdőrészetek környezetének természetességét jellemző változót (TERM), mely utal az őshonos fafajok elérhetőségére a szukcessziós folyamatok során. A statisztikák szerint ez az érték csaknem ellentétes tendenciát mutat a FAI értékekhez képest, amennyiben az akáca 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.

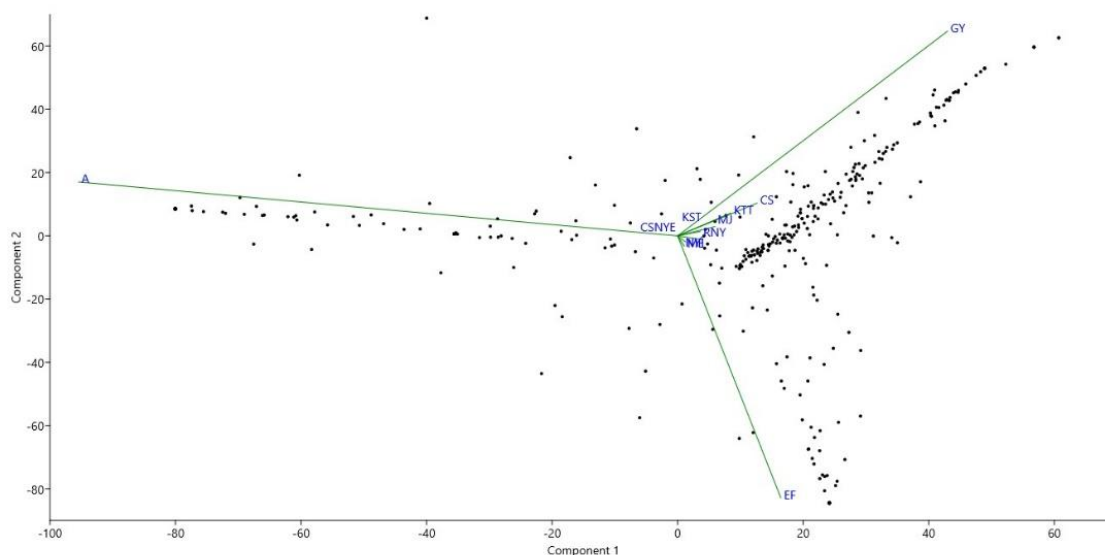
Ha az akácot (területaránya a vizsgált erdőrészetekre vonatkozóan 5,3 %) kiemeljük a statisztikából, már árnyaltabb képet kapunk az őshonos fafajok viselkedését meghatározó szomszédosságra vonatkozóan. Azokban az állományokban, amelyek természetesebb környezetben helyezkednek el és erősebben szárazodnak, 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 erdősődés során.



1. ábra: A potenciális bükkös (HDB) kategóriába sorolt, 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.

Potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyesek (GY-KTT)

A főkomponens analízis (PCA) eredményei azt mutatják, hogy a potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyen kialakult erdők esetében meghatározó típust jelentenek az akácos jellegű állományok. Fontos rendezői az ordinációnak az erdeifenyő dominancia viszonyai is. Az erdőrészek többségében a gyertyán jelenléte meghatározó. A (szinte) elegenden gyertyánosok mellett jellemző típust képeznek a cserrel és kocsánytalan tölgygel elegyes spontán állományok, de fontos elegyfajként lép fel a rezgő nyár, mezei juhar és a mézgás éger (2. ábra).



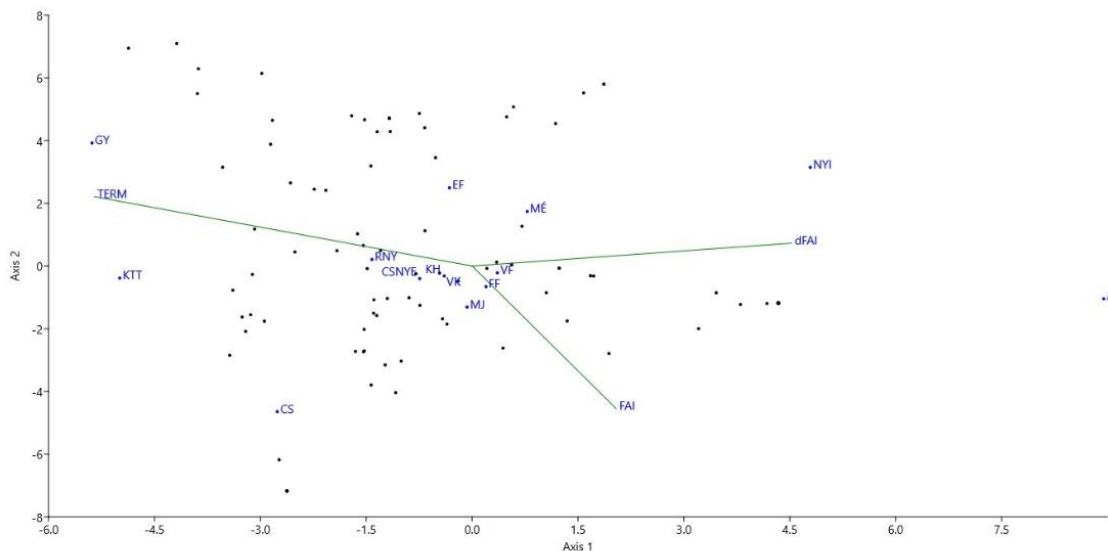
2. ábra: A potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes (GY-KTT) kategóriába sorolt, spontán erdőállományok és legfontosabb fafajainak helyzete főkomponens-analízis (PCA) alapján.

Míg a fafajösszetételt meghatározó háttérváltozók közül a potenciális bükkösök spontán állományai esetében az erdőrésztlet 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 erdősődés, 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 erdőrésztletek környezetében az erdők természetessége magas.

Potenciális cseres-kocsánytalan tölgyesek (CS-KTT)

A potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhely spontán 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 erdőrésztletekre jellemző – fafaj, a csertölgy, amely gyakran a gyertyánnal elegyedik.

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 fafaj mindkét klíma változó (FAI, dFAI) szempontjából a felvázolt gradiens szélén, alacsony értékeknél jellemző. A pionír fafajok közül a rezgő nyár mutat hasonló jellemzőket. Karakteres összefüggést mutat a többi pionír fafaj 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 (3. ábra).

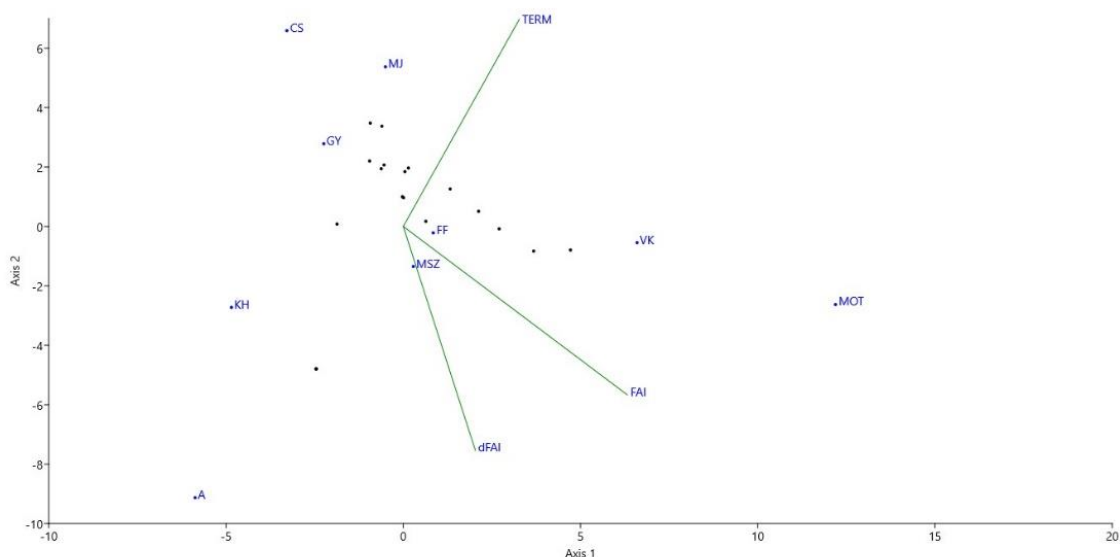


3. ábra: A potenciális cseres-kocsánytalan tölgyes (CS-KTT) kategóriába sorolt spontán erdőállományok és legfontosabb fafajainak helyzete redundancia-analízis (RDA) alapján, az erdőrésztletek környezetének természetessége (TERM), az erdészeti aszályossági index (FAI) és annak változása (dFAI) függvényében.

Potenciális mész- és melegkedvelő tölgyesek (BAZ-T)

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.

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 csapadékelátottságú, honos fafajokkal erdősült területekre jellemző inkább (4. ábra).



4. ábra: A potenciális mész- és melegkedvelő tölgyes (BAZ-T) kategóriába sorolt 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.

Következtetések

A honos fafajokkal történő spontán erdősödés egyik legfontosabb akadályozója az inváziós fafajok terjedése. A potenciális cseres-kocsánytalan tölgyes és gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyeken a **fehér akác** terjedésének mértéke kritikus. A potenciális mész- és melegkedvelő tölgyesek esetében arra utalnak az eredmények, hogy ha a potenciális társulás fontos fafajai elérhető távolságban vannak, reális esély van a honos fafajokkal történő regenerációra. A **bálványfa** területaránya sokkal kisebb az akácénál, szárazságtűrése felülmúlja a legtöbb társulásalkotó fafajét, így a jövőben előretörése várható ez utóbbi potenciális erdőtársulásnál.

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.
- A potenciális bükkös termőhelyek spontán erdei a leginkább gazdagok honos **pionír fajokban** (rezgő nyár, bibircses nyír, mézgás éger, kecskefűz), ebből következően többféle termőhelyi helyzetben állhat rendelkezésre olyan fafaj, mely már a felhagyást követően rövid idő alatt állományt alkothat. A pionír elegyfajok jelenléte a hozzájuk kapcsolódó állatfajokon keresztül is hozzájárul a biodiverzitás növeléséhez (AMBRUS 2016).
- 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 fafaj honos (Nyugat-Dunántúl), vagy ha alternatívája valamelyik inváziós fafaj, így terjedése kisebbik rossznak tekinthető.
- A **gyertyán** jelentősége a potenciális bükkös és gyertyános-kocsánytalan tölgyes termőhelyek erdősödése szempontjából kulcsfontosságú. 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)
- A **csertölgy** a K-stratégista fafajok közül a legrugalmasabbként a potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyestől, a cseres-kocsánytalan tölgyesen keresztül a mész- és melegkedvelő tölgyesekig fontos fafaj. A potenciális gyertyános-kocsánytalan tölgyes esetében a kocsánytalan tölgy háttérbe szorul, és a gyertyán gyakran a csertölgyel elegyedik.
- A spontán erdősödés szempontjából fontosabb honos fafajok közül a **mezei juhar** a legszélesebb spektrumú a potenciális társulások szempontjából. Ehhez az ökológiai rugalmassághoz elsősorban a nedvességigény terén tanúsított tág tűrése járulhat hozzá (CHYBICKI et al. 2014).
- A mész- és melegkedvelő tölgyesek regenerációjának feltétele a természetes vegetációs környezet, minél kisebb inváziós fertőzöttséggel. 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. Jelen kutatás az Agrárminisztérium támogatásával (EGF/103/2021) valósult meg.

Irodalomjegyzék

- ADAMOWSKI, W., BOMANOWSKA, A. (2011): Forest return on an abandoned field – secondary succession under monitored conditions. *Folia Biologica et Oecologica* 7: 49–73.
- 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.
- AMBRUS A. (2016): Pionír fajok 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.
- ÁESZ (2004): Erdőrendezési útmutató. 4. változat. 179 pp.
- 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.
- BARTHA D.– BERKI I. – LENGYEL A. – RASZTOVITS E. – TIBORCZ V. – ZAGYVAI G. 2018: Erdőtársulások és fajaik átrendeződési lehetőségei a változó klímában. *Erdészettudományi Közlemények* 8(1): 163-195.
- 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.
- CSONTOS P., TAMÁS J. 2005: Tájidegen fajok által meghatározott spontán erdősődő területek növényzetének vizsgálata. *Kanitzia* 13: 69–79.
- 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.
- 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 [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp <http://www.ipcc.ch/report/ar5/>
- KIRÁLY G. (szerk.) 2009: Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő, 616 pp.
- 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.
- 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.
- 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 Verlag, pp. 35–46.
- MOLNÁR ZS., BARTHA S., SEREGÉLYES T., ILLYÉS E., TÍMÁR G., HORVÁTH F., RÉVÉSZ A., KUN A., BOTTA-DUKÁT Z., BÖLÖNI J., BIRÓ M., BODONCZI 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.
- 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.

- 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 fafajösszetételének áttekintő értékelése az Országos Erdőállomány Adattár alapján. Tájékológiai Lapok 18(1): 65–86.

A BÜKK ÉS A KOCSÁNYTALAN TÖLGY PERSPEKTÍVÁI AZ OSZTRÁK-MAGYAR HATÁRRÉGIÓBAN

PERSPECTIVES OF BEECH AND SESSILE OAK IN THE AUSTRIAN-HUNGARIAN BORDER REGION

MÓRICZ NORBERT¹, SZAMOSVÁRI ERIK², MARCELA VAN LOO², HEINO KONRAD², NAGY LÁSZLÓ¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet,

²Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien, Österreich

moricz.norbert@uni-sopron.hu

Kivonat

A SUSTREE Interreg CE projekt keretében 7 fafajra készültek európai szintű elterjedésmoდეlek az RCP 4.5 és 8.5 kibocsátási forgatókönyvek figyelembevételével. A REIN-Forest Interreg AT-HU projekt keretében e modellek, valamint a Copernicus Land Monitoring Service adatai alapján értékeltük két, alapvető jelentőségű zonális fafajunk, a bükk és a kocsánytalan tölgy állományainak, előfordulásainak sérülékenységet az osztrák-magyar határ régióban, Győr-Moson-Sopron, Vas és Zala megyére, illetve Burgenlandra és Alsó-Ausztriára kiterjedően. Az eredmények a természetes erdők fajösszetételének jelentős változásait vetítik előre, a modellezett terület nagy részén várhatóan mindkét fafaj vesztit élőhelyéből, dominanciájából a század végéig.

Abstract

Within the framework of the SUSTREE Interreg CE project, European-level distribution models were developed for 7 tree species using the RCP 4.5 and 8.5 emission scenarios. In the framework of the REIN-Forest Interreg AT-HU project, based on these models and the data of the Copernicus Land Monitoring Service, we assessed the vulnerability of two essential zonal tree species, beech and sessile oak, in the Austro-Hungarian border region, Győr-Moson-Sopron, Vas and Zala counties, as well as Burgenland and Lower Austria. The results predict significant changes in the species composition of natural forests, and in most of the modeled area both tree species are expected to lose their habitat and dominance by the end of the century.

Bevezetés

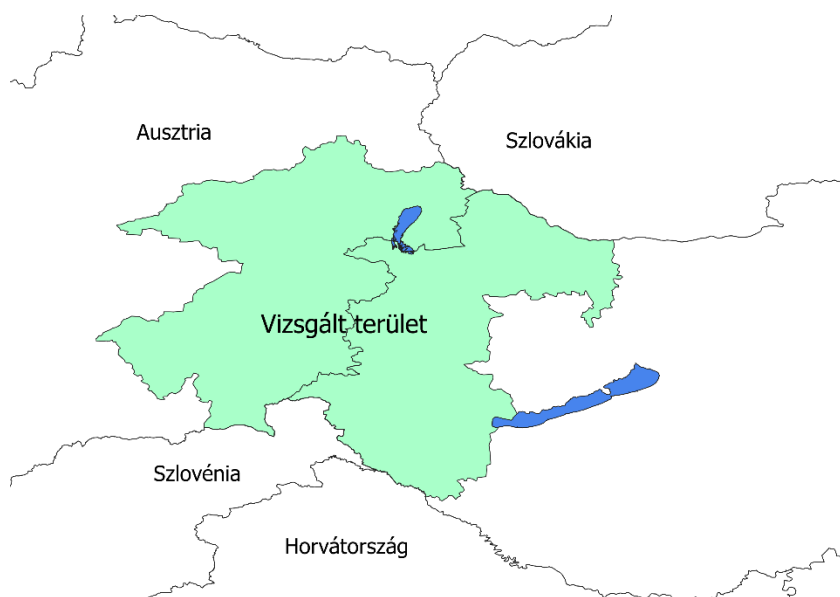
A Föld számos térségéhez hasonlóan, az osztrák-magyar határtérségben is felgyorsult a klímaváltozás az emberi tevékenységek következtében (IPCC, 2018). Az éghajlatváltozás világszerte veszélyezteti az erdők stabilitását és biológiai sokféleségét. A változó éghajlat negatív hatásai már napjainkban is tetten érhetőek, az elmúlt évtizedekben tapasztalt, tömeges nyugat-magyarországi erdőkárok jelentős része éghajlati-időjárási okokra vezethető vissza (CSÓKA, 1996; LAKATOS – MOLNÁR, 2009). Mivel a változások sebessége példátlanul magas, kérdéses, hogy az erdei ökoszisztémák, illetve az azokat alkotó fajok természetes úton képesek lesznek-e a változásokhoz alkalmazkodni.

A bükk (*Fagus sylvatica* L.) és a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) az osztrák-magyar határtérség erdeinek domináns fajai, ökológiai és gazdasági szempontból egyaránt nagy jelentőséggel bírnak. A térség természetes erdőtakarójának jövője szempontjából kulcsfontosságú kérdés, hogy az éghajlatváltozás várható hatásai következtében a bükkös és tölgyes állományok stabilitása, produkciója miképp változik meg.

Anyag és módszer

A vizsgált terület

A vizsgált terület az osztrák-magyar határ régiót (Győr-Moson-Sopron, Vas és Zala megye, illetve Burgenland és részben Stájerország és Alsó-Ausztria) foglalja magában (1. ábra).



1. ábra: A vizsgált terület

Erdőtérkép készítése

A fafaj sérülékenységi térképeket a projekt terület erdővel borított területére készítettük el. Az erdővel borított terület kijelöléséhez a Copernicus földmegfigyelési szolgáltatás 2018-ra vonatkozó 100 méter felbontású erdőborítás sűrűség térképét használtuk (<https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/forests/tree-cover-density/status-maps/tree-cover-density-2018>).

Első lépésben egy a projekt területét mutató képet georeferáltunk, majd az így kapott térképen digitalizáltuk a határvonalakat. Ezután az Európára vonatkozó erdőborítás sűrűség térképet megvágtuk a projekt terület határával. Az erdőborítás sűrűség térképről az 50% feletti pixeleket választottuk ki, mellyel így eltávolítottuk a gyéren fásult területeket (pl. erdő-sávokat). Az így kapott erdőterképet vektoros formára alakítottuk. Létrehoztunk egy 1 km-es felbontású rácsot a fafaj előfordulási valószínűségi térkép felhasználásával és metszettük az előbb kapott vektoros erdőterképpel, majd kiszámoltuk az erdők százalékos arányát minden egyes 1*1 km-es pixelre. Végül kiválasztottuk azokat a pixeleket, ahol az erdők aránya 75%-nál nagyobb volt, így megkapva a végleges 1 km felbontású erdőmaszkot.

Elterjedési és sérülékenységi térképek

A bükk és kocsánytalan tölgy európai elterjedési térképei a SUSTREE Interreg CE projekt keretében készültek. A modellezés során mindössze 7 klimatikus változót alkalmaztunk a lehetséges 83-ból, melyeket a változók egymás közötti korrelációs értékeinek segítségével választottunk ki. Az elterjedési térképek a BIOMOD modellcsomagban található 10 modell (pl. generalizált lineáris modell, gépi-tanulás módszerek) együttes (ensemble) becslésének eredményeként születtek. A jelenre (1961-1990) és jövőre vonatkozó térképek (2041-2060, 2061-2080, 2081-2100) minden egyes modell esetén rendelkezésre álltak két kibocsátási forgatókönyvre (RCP 4.5 és 8.5), majd a teljes konszenzus térkép a modellek átlagos

előfordulási valószínűsége alapján készült el, kiegészítve a variációs együtthatóval (szórás/átlag). Az elterjedési térképeket a korábban létrehozott 1 km-es erdőterkép segítségével maszkoltuk.

Minden időszakra és kibocsátási forgatókönyvre kiszámítottuk a két fafaj területi eloszlását az előfordulási valószínűségek alapján (20%-os intervallumokban). A múltbeli (1961-1990) és az egyes jövőbeli előfordulási valószínűségek alapján a pixeleket három kategóriába soroltuk. Azokat a pixeleket, ahol az előfordulás valószínűsége nem csökkent a múlthoz képest nagyobb mértékben, mint 15%, nem veszélyeztetett kategóriába soroltuk. Azok a pixelek, ahol a csökkenés mértéke 15 és 50% között volt, a mérsékelten veszélyeztetett és ahol pedig nagyobb volt, mint 50%, az erősen veszélyeztetett kategóriába kerültek besorolásra.

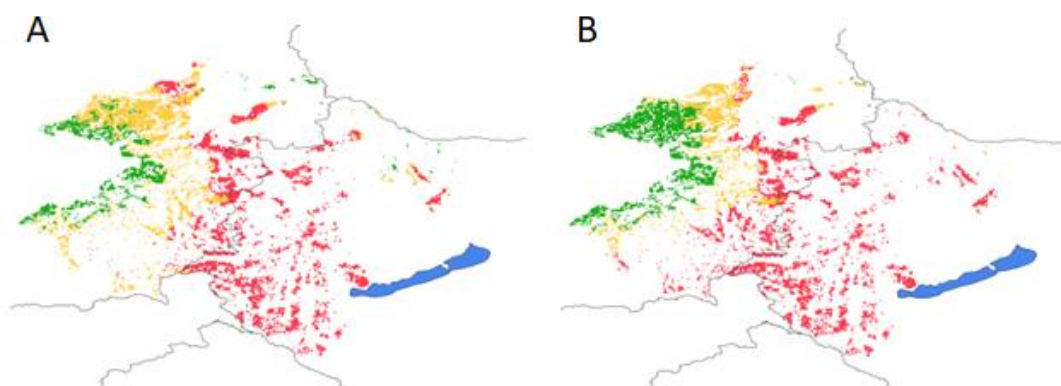
Eredmények és következtetések

Az eredmények alapján a bükk előfordulási valószínűsége jelentősen csökken a század folyamán, főként a kevésbé optimista 8.5-ös kibocsátási forgatókönyv szerint. A jelenleg magas előfordulási valószínűséggel rendelkező pixelek aránya folyamatosan csökken, miközben emelkedik a kisebb valószínűségű (20-60%) területek aránya (1. táblázat).

1. Táblázat: A bükk területi elterjedésének százalékos megoszlása az előfordulási valószínűség függvényében (20% feletti értékek félkövéren)

Bükk	1961-1990	2041-2060		2061-2080		2081-2100	
előf.val. (%)		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
0-20	2.1	22.5	9.8	16.2	4.7	15.3	27.7
21-40	6.6	27.7	24.4	10.5	21.7	21.4	24.6
41-60	15.1	12.3	24.7	34.5	36.2	24.8	18.4
61-80	25.3	6.2	9.6	10.0	9.7	9.7	11.6
81-100	50.8	31.3	31.5	28.8	27.6	28.8	17.7

Hasonló képet mutatnak a veszélyeztetettségi térképek is (2. ábra). A bükkösök a század utolsó 20 évére a projekt terület nagyobb, sík-és dombvidéki részein erősen veszélyeztetettek lesznek, ez alól csak a magasabban fekvő Kelet-Alpokbeli elterjedési területek jelentenek kivételt.



2. ábra: A bükk (A) és a kocsánytalan tölgy (B) veszélyeztetettségi térképe a 2081-2100 közötti időszakban az RCP 8.5 kibocsátási forgatókönyv szerint. Piros szín: erősen veszélyeztetett, sárga szín: mérsékelten veszélyeztetett, zöld szín: nem veszélyeztetett.

A kocsánytalan tölgy a bükkhöz hasonló jelentős változásokat mutat, főként a projekt terület magyarországi területein. Jelentős, különbséget a bükkhöz képest csak a terület nyugati, hegyvidéki területein találunk, ahol a tölgyesek nagyobb területen válhatnak uralkodóvá (1. ábra).

A tölgy esetén a változások kissé kedvezőbbek. Bár a magas előfordulási valószínűségi területek aránya gyorsan csökken a század során, az elterjedési terület döntő részén a tölgy előfordulási valószínűsége továbbra is 40-80% körül alakulhat. A drasztikusabb változás a század végére az RCP 8.5 kibocsátási forgatókönyv szerint várható (2. táblázat).

2. Táblázat: A kocsánytalan tölgy területi elterjedésének százalékos megoszlása az előfordulási valószínűség függvényében (20% feletti értékek félkövéren)

KTT	1961-1990	2041-2060		2061-2080		2081-2100	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
előf.val. (%)							
0-20	0.5	8.7	1.9	2.0	2.7	7.3	8.3
21-40	4.1	12.3	6.0	8.8	9.8	10.3	30.8
41-60	14.6	47.1	42.2	42.5	44.6	42.4	33.6
61-80	16.8	31.7	48.7	46.8	42.4	39.3	26.6
81-100	64.1	0.3	1.3	0.0	0.5	0.6	0.7

Eredményeink nagyrészt egybeesnek az irodalomban korábban közölt elterjedés modellezés eredményekkel. A bükkösök területének hasonló mértékű jövőbeli csökkenését valószínűsítik többek között CZÚCZ et al. (2011), FÜHRER et al. (2011), mely eredményeket más módszerekkel történt vizsgálatok is megerősítettek (RASZTOVITS et al., 2014; MÁTYÁS et al., 2018). A tölgyesek bükknél kedvezőbb klímaváltozási reakcióját számos hazai és nemzetközi kutatás mutatta ki (CZÚCZ et al., 2011; MÁTYÁS et al., 2018; CICEU et al., 2020, KASPER et al., 2022).

Megjegyzendő ugyanakkor, hogy vizsgálataink csupán az előfordulást, elterjedést meghatározó tényezők egy részének, az éghajlati viszonyok változásának hatására irányult. Nem vizsgáltuk a termőhelyet meghatározó további elemek, a talajviszonyok és a vízellátottság hatását, sem pedig a genetikai háttér, a biotikus környezet változásainak, vagy éppen egy jövőbeli, tudatos, alkalmazkodó erdőkezelés esetleges hatását. Ezek rövid távon nyilván elenyészolhatják az éghajlati kitettség fokozódását (MÁTYÁS et al., 2018), így a fenti prognózisok minden bizonnyal pesszimisták. Ugyanakkor a változások becsült mértékét és kiterjedését tekintve valószínűsíthető, hogy a természetes, természetközeli erdők fajösszetétele jelentősen át fog alakulni a régióban.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a REIN-Forest Interreg AT-HU projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

CICEU A. – POPA I. – LECA S. – PITAR D. – CHIVULESCU S. – BADEA O. (2020): Climate change effects on tree growth from Romanian forest monitoring Level II plots. Science of The Total Environment 698: 134129. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134129>

- CZÚCZ B. – GÁLHIDY L. – MÁTYÁS C. (2011): Present and forecasted xeric climatic limits of beech and sessile oak distribution at low altitudes in Central Europe. *Ann. For. Sci.* 68: 9-108.
- CSÓKA GY. (1996): Aszályos évek – fokozódó rovarkárok erdeinkben. *Növényvédelem* 32: 545 - 551.
- FÜHRER E. – HORVÁTH L. – JAGODICS A. – MACHON A. – SZABADOS I. (2011): Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás* 115, 103–118.
- IPCC (2018): Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R.Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C.Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield(eds.)]. In Press.
- KASPER J. – LEUSCHNER C. – WALENTOWSKI H. – PETRITAN A.M. – WEIGEL R. (2022): Winners and losers of climate warming: Declining growth in *Fagus* and *Tilia* vs. stable growth in three *Quercus* species in the natural beech–oak forest ecotone (western Romania), *Forest Ecology and Management*, Volume 506, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119892>.
- LAKATOS F. – MOLNÁR M. (2009): Mass mortality of beech (*Fagus sylvatica* L.) in South-West Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 5: 75–82.
- MÁTYÁS CS. – BERKI I. – BIDLÓ A. – CSÓKA GY. – CZIMBER K. – FÜHRER E. – GÁLOS B. – GRIBOVSZKI Z. – ILLÉS G. – HIRKA A. – SOMOGYI Z. (2018): Sustainability of forest cover under climate change on the temperate-continental xeric limits. *Forests* 9, 489. <https://doi.org/10.3390/f9080489>.
- RASZTOVITS E. – BERKI I. – MÁTYÁS CS. – CZIMBER K. – PÖTZELSBERGER E. – MÓRICZ N. (2014): The incorporation of extreme drought events improves models for beech persistence at its distribution limit. *Ann. For. Sci.* 71, 201–210. <https://doi.org/10.1007/s13595-013-0346-0>.

FIATAL KOCSÁNYTALAN TÖLGY ÉS CSERTÖLGY ÁLLOMÁNYOK SZÁRAZSÁGÉRZÉKENYSÉGÉNEK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

Comparative drought sensitivity analysis of young sessile oak and Turkey oak trees in Somogy county (Hungary)

NÉMETH TAMÁS MÁRTON¹ & MÓRICZ NORBERT¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet
nemeth.tamas.marton@uni-sopron.hu

Kivonat

Jelen munkánkban somogyi kocsánytalan tölgy és csertölgy (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Q. cerris* L.) állományok aszályra adott növekedési reakcióját vizsgáltuk, egy csapadék gradiens mentén. Az értékeléshez évgyűrűmintákat (136 db) és klimatikus adatokat használtunk fel, az aszályérzékenység meghatározásához évgyűrű növekedés alapú indexeket számoltunk. A vízhiányt a nedvesség-stressz index felhasználásával becsültük. Az eredmények alapján, a két fafaj évgyűrű képzését leginkább az adott év nyári csapadék mennyisége határozta meg, és a két tölgyfaj eltérő stratégiát folytat az aszályos időszakok átvészelésére. A csertölgy dinamikusabban reagált az aszályokra, mint a kocsánytalan tölgy, így a rendelkezésre álló talajnedvességet takarékosabban használta fel. Mindezek alapján a cser jobban ellenáll az aszályoknak, így akár versenyképesebb is lehet az előre jelzett klímaváltozás kapcsán.

Abstract

This paper analyses the drought induced growth responses of oak stands, sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) and Turkey oak (*Q. cerris* L.), along a precipitation gradient in Somogy County. 136 tree-ring samples were analysed and dendroecological metrics were also applied to assess the drought sensitivity of the species. Water deficit was estimated by the water stress index. Results indicated a strong dependency of annual tree ring width on the water availability of current year summer but found different strategies of the two tree species against drought conditions. Turkey oak responded more dynamically to droughts than sessile oak, thus it used the available soil moisture more economically. Based on our findings it seems that Turkey oak copes better with droughts than sessile oak and may gain competitive advantages under the projected climate change.

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben, Európában gyakoribbá és súlyosabbá váltak az aszályok, és ez a folyamat várhatóan tovább fog folytatódni (IPCC 2018). Ez az állományok növekedésére negatív hatással van, így a fatermését is befolyásolja (MÁTYÁS et al. 2018). Továbbá a gyakori, hosszantartó aszályok sokszor az erdők nagymértékű vitalitás vesztesének közvetlen vagy közvetett meghatározó tényezői, például a másodlagos biotikus károk révén (BUSOTTI-POLLASTRINI 2017).

Egyes európai őshonos fafajok, mint például a közönséges bükk (*Fagus sylvatica* L.), vagy a kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.) aszályra adott válaszreakciójának megértése a kutatások középpontjában áll (SCHARNWEBER et al. 2011). Viszont azokról a fafajokról, amelyek valószínűleg Közép-Európában jobban tolerálják az aszályt, mint például a csertölgy (*Quercus cerris* L.), erdei fenyő (*Pinus sylvestris* L.), vagy a fekete fenyő (*Pinus nigra* Arn.), jóval kevesebb információ található a szakirodalomban (MÉSZÁROS et al. 2011, MISI-NÁFRÁDI 2017, MÓRICZ et al. 2018).

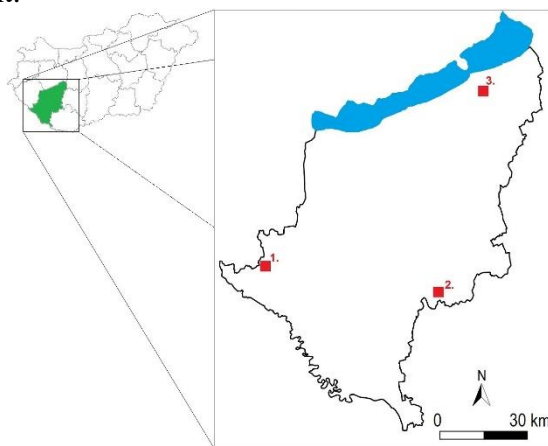
A kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) és a csertölgy ökológiailag és gazdaságilag is a legfontosabb hazai fafajok közé tartozik, együttesen az összes erdőterület mintegy 21%-át teszik ki. Magyarországon a tölgyerdők – elsősorban a kocsányos és kocsánytalan tölgy – vitalitása már az 1980-as években jelentős romlást mutatott az elhúzódó aszályos időszakoknak köszönhetően. A tendencia az 1990-es évek eleje óta jelentkező rendkívül száraz évek sorozatával folytatódott, melyek főként a kocsánytalan tölgy vitalitására volt negatív hatással (pl. MÉSZÁROS et al. 2011, GULYÁS et al. 2019).

Az éghajlatváltozás következtében szélsőségesebb és időben elhúzódó aszályok várhatók, így fontos kérdés, hogy a csertölgy aszályokra adott növekedési reakciója kedvezőbb lehet-e, mint a kocsánytalan tölgyé. Ennek kapcsán, a klíma és a fanövekedés kapcsolatát vizsgáltuk fiatal somogyi kocsánytalan tölgy és csertölgy állományokban. Az összehasonlításához dendrokronológiai adatokat és éghajlati mutatókat használtunk, valamint az aszályra adott növekedési reakciókat (LLORET et al. 2011, THURM et al. 2016, SCHWARZ et al. 2020) elemeztük.

Anyag és módszer

Vizsgálati terület

A mintaterületeket Somogy megyében jelöltük ki, Iharos (IH), Zselickisfalud (ZS) és Szántód (SZ) települések határában (1. ábra). Csak a Zselicben lévő elegyes állományok helyezkedtek el távolabbi (<600 m) erdőrészteltekben (1. táblázat). A helyszínek közötti csapadékmennyiség különbsége alapján (1985-2018 közötti időszak), a legnedvesebb az IH (774 mm), majd ZS (711 mm) és a legszárazabb SZ (614 mm) volt. Az állományok mageregetű, hasonló termőhelyi körülmények között (mély, alacsony váztartalmú, többletvízhatástól független agyagos barna erdőtalaj) helyezkednek el. A növedékcsap mintavétel az esetleges állományszerkezeti hatások minimalizálása érdekében minden helyszínen domináns faegyedekekből történt.



1. ábra: A vizsgált erdőrészteltek elhelyezkedése
(1. Iharos - IH, 2. Zselickisfalud - ZS, 3. Szántód - SZ).

Meteorológiai adatok és talajvízkészlet meghatározása

Délnyugat-Magyarországon az elmúlt három évtizedben a hőmérséklet múltbeli változása egy felmelegedési tendenciát mutatott. A vizsgált helyszínek éves csapadékmennyiségei közötti különbségek kissé csökkentek, mivel az iharosi területen kisebb mértékű visszaesés, míg a másik két területen növekedés volt megfigyelhető az elmúlt időszakban. A vizsgált időszak alatti (1985-2018) klíma- és növekedésreakció elemzéséhez különböző meteorológiai adatbázisok voltak segítségünkre. A napi minimum és maximum hőmérséklet értékek, az 1 km-es felbontású DAYMET adatbázisból (MORENO-HASENAUER 2015), az 1985

és 2010 közötti havi csapadék adatok a homogenizált és interpolált, 10 km-es felbontású CARPATCLIM adatbázisból származtak (SZALAI et al. 2013). Ezen kívül az Országos Meteorológiai Szolgálat által üzemeltetett legközelebbi meteorológiai állomások csapadékkadatait is felhasználtuk a 2011–2018 közötti időszakra vonatkozóan. A standardizált csapadékpárolgási (SPEI, VICENTE SERRANO et al. 2010) és az erdészeti aszályossági indexeket (FAI, FÜHRER et al. 2011) a havi meteorológiai adatokból származtattuk és különböző időléptékeket (havi/évszakos/évi) használva korreláltattuk a növekedéssel.

1. Táblázat: Az állományok főbb jellemzői

Helyszín	Fafaj	Tszf. magasság (m)	Kitettség	Kor	Elegyarány (%)	Magasság (m)	Átmérő D _{1,3m} (cm)
IH	KTT	220	É	29	38	13	11
	CS	220	É	29	15	13	13
ZS	KTT	280	DK	35	51	15	12
	CS	280	DK	36	49	20	14
SZ	KTT	275	NY	33	13	15	16
	CS	275	NY	33	67	16	14

Az 1985 és 2010 közötti időszak havi vízmérleg modelljének meghatározásához a Thornthwaite típusú modellt alkalmaztuk (THORNTHWAITE 1948). Minden állományban, a talajszelvényekben még megfigyelhető hajszálygökök alapján a gyökérmélységet egységesen 1 m-re határoztuk meg. A talajmintákat minden esetben legalább három mélységből vettük. A talajok nedvesség megtartó-képesség vizsgálatához három ismétlésben 1,3 m mélységig bolygatatlan talajmintákat vettünk 100 cm³-es hengerrel. Továbbá a nyári hónapok nedvesség-stressz indexét (I_s) is meghatároztuk (GRANIER et al. 1999).

Mintavétel és adatfeldolgozás

A mintaterületek állományaiban fafajonként 12 domináns faegyedből vettünk növekedéscsapmintákat (Σ 144 db) Pressler-fúró segítségével két irányból, mellmagasságban (1,3 m). A mintákat száradás, ragasztás és csiszolás után, nagy felbontásban (1200 dpi) beszkenneltük. A képek feldolgozását a WinDENDRO programmal (Regent Instruments Canada Inc.) végeztük, ahol az évgűrűszélesség mérése 0,001 mm-es pontossággal történt. A kereszt-datalás után a potenciálisan hibás mintákat újból ellenőriztünk és javítottuk, amennyiben ez lehetséges volt. Amelyiknél erre nem volt lehetőség, azokat kivettük a további elemzésből, így összesen 136 db mintával dolgoztunk. A minták trendmentesítéséhez és a további elemzésekhez az R statisztikai programot használtuk (BUNN 2008). A trendmentesítésnél a simítógörbe tulajdonságán nem változtattunk, mert megfelelőnek bizonyult a viszonylag rövid évgűrű sorozataink esetében is. Somogy megyében bekövetkezett jelentősebb rovarkárok kapcsán (HIRKA 2006), az évgűrűszélesség-növekedésre gyakorolt hatásukat is megvizsgáltuk, a kiugró évek meghatározva. A MODIS műholdfelvételekből származó standardizált NDVI nyári átlaga és a nedvesség-stressz index értékek ellenőrzés egyértelműsítette, hogy a csökkent fotoszintetikus aktivitást a rovarkárok okozták. Ezáltal a károsítással befolyásolt éveket kiszűrtük így a további feldolgozásban nem szerepeltek.

Mintaterületenként a tölgyfajok évgűrű-kronológiáját, a havi és adott időszak meteorológiai adatait (átlaghőmérséklet és csapadékösszeg), továbbá a származtatott indexek (FAI, SPEI és I_s) közti kapcsolatot Pearson-féle korrelációs együtthatóval határoztuk meg. A havi korrelációs együtthatókat egy 18 hónapos – az előző év áprilisától az évgűrű kialakulási évének szeptemberéig tartó – időszakra számoltuk ki, tekintettel arra, hogy az előző év időjárása is befolyásolja a következő évi fejlődést.

Az aszályos éveket a standardizált nyári nedvesség-stressz indexek segítségével határoztuk meg. Azokat az éveket tekintettük aszályos évekként, amelyek szórás felénél nagyobb mértékben tértek el a hosszútávú átlagtól (1985–2018). Az aszályos évekre és a többéves aszályos időszakokra az ún. Lloret-féle aszályreakciós mutatókat számoltunk ki (LLORET et al. 2011). Ezek a dimenzió nélküli számok azt mutatják meg, hogy a fák hogyan tudják elviselni az aszályt (ellenállás - RES), miként tudnak regenerálódni (helyreállítás - REC), valamint milyen képességgel bírnak az aszály előtti növekedési szint eléréséhez (rugalmasság - RESI). A többéves aszályok esetében az ellenállás és helyreállítás mutatókat úgy számítottuk ki, hogy átlagoltuk az egymást követő aszályos évek értékét. Továbbá két másik mutatót – a regenerációs időszak hossza (RP) és a teljes növekedéscsökkenés (TGR) – is felhasználtunk az értékeléshez (THURM et al. 2016). Az RP azt az időtartamot jelenti években kifejezve, amelynek el kell telnie ahhoz, hogy az aszályt megelőző növekedési értéket újból elérje. A TGR azt mutatja meg, hogy mekkora az aszály miatt bekövetkezett növekedéscsökkenés összege, beleértve az aszályos évet és az RP alatti növekedés veszteségét is. Kiszámításra került továbbá fafajonként, az összes aszályos időszakra mindhárom területen a TGR összege. Végül összehasonlítottuk az ellenállás és a helyreállítás mutatók közötti kapcsolatot is (SCHWARZ et al. 2020).

Eredmények és következtetések

Évgyűrűelemzés és a klíma hatása a növekedésre

A két fafaj átlagos évgyűrűsége között szignifikáns különbség nem adódott. A csertölgy évgyűrű-kronológiájában az egyes évek közötti eltérések jobban megfigyelhetők, mint a kocsánytalan tölgy esetében.

A meteorológiai adatok és a trendmentesített évgyűrű-kronológiák közötti elemzések alapján a legmagasabb korreláció mindkét tölgyfaj esetén a tavaszi és nyári időszakokban mutatkozott. A nyári csapadékmennyiség hatása pozitív ($r = 0,45$) volt, míg a nyári hőmérsékletek negatív korrelációt mutattak (CS: $r = -0,49$, KTT: $r = -0,46$) mindkét fafaj tekintetében. Így a nyári vízháztartás a legmeghatározóbb tényező a növekedés tekintetében mindkét tölgyfajunkra nézve. A legmagasabb korrelációs értékek az aktuális év nyarának nedvesség-stressz indexnél adódtak (CS: $r = -0,68$, KTT: $r = -0,66$), amely mutató figyelembe veszi a talajok víztartó képességét is. A nyári SPEI (CS: $r = 0,45$, KTT: $r = 0,55$) és a FAI (CS: $r = -0,49$, KTT: $r = -0,52$) mutatókkal is szoros korrelációt találtunk és a két tölgyfaj közötti korreláció nem tért el szignifikánsan egymástól. Meglepő volt, hogy a nyári hőmérséklet hatásának erőssége a csapadékosabb iharosi területről kiindulva egyre gyengül a szárazabb, szántódi terület irányába. A nyári hőmérsékletek összehasonlításakor a június szignifikáns negatív korrelációt mutatott, az augusztusi hőmérséklet pedig csak részben volt meghatározó. Ezek alapján általánosságban elmondható, hogy a fiatal tölgyek különösen érzékenyek a tavaszi (az évgyűrűképződés kezdetét megelőző hónapok) és a kora nyári hónapok időjárási viszonyaira.

A csertölgy esetében azt figyeltük meg, hogy a rendelkezésre álló nedvesség mennyiségére dinamikusan válaszol azáltal, hogy az aszályos időszakokban jelentős mértékben csökkenti a növekedését, majd a következő kedvező időszakban erőteljes növedéket produkál. A kocsánytalan tölgy ezzel ellentétesen viselkedik, kevésbé volt érzékeny a rendelkezésre álló nedvességre. A csapadék gradienst illetően a nyári nedvesség-stressz index és a növekedés kapcsolata eltérő volt az egyes mintaterületek esetén. Habár az eltérés mértéke hasonló volt az iharosi és az szántódi helyszínen, nagyobb vízhiány esetén a növekedés visszaesése meredekebb vonalú volt a száraz szántódi állomány esetén.

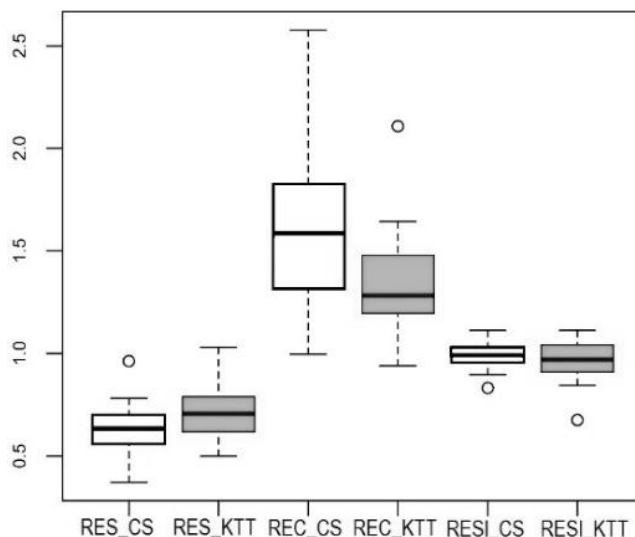
A rovarfajok tömegszaporodása is befolyásolhatja az évgyűrűk növekedését, mivel kártételükkel visszavetik a fák fotoszintézisét, sőt akár súlyos lombvesztést is előidézhetnek

(CSÓKA-HIRKA 2009). 2005-ben mindkét tölgyfaj esetében kiugró értékeket detektáltunk a szántódi terület mintáiban. Ellenőrizve a standardizált NDVI nyári átlag, valamint nedves-ség-stressz értékeket, azt állapítottuk meg, hogy a változás oka a gyapjas lepke (*Lymantria dispar* L.) tömegszaporodásából származik. 2006-ban megfelelő volt a talajnedvesség értéke, az előző évi károsítás hatása még érzékelhető volt a kocsánytalan tölgy évgyűrű növekedésében, viszont a csertölgy növekedése esetén ennek a hatása már nem mutatkozott. Ezért a szántódi minták elemzésekor a 2005-ös és 2006-os éveket figyelmen kívül hagytuk, ennek következtében a 2007-es aszályos év elemzése is kikerült az elemzésből, mivel valószínűleg a gradáció még ezt az évet is befolyásolhatta.

Aszályok és a növekedésmenet kapcsolata

Összesen 13 aszály időszakot határoztunk meg, amelyek között egy és két éves időszakokat is szerepelnek, majd mindegyik esetében kiszámoltuk a korábban már említett Lloret-féle mutatókat (RES, REC, RESI). Az összes aszály időszakot figyelembe véve, azt az eredményt kaptuk, hogy a kocsánytalan tölgy állományok RES értéke szignifikánsan magasabb volt, mint a csertölgy állományoké ($t = -1,95$, $p < 0,05$), viszont a REC átlagértékek tekintetében pont az ellenkezője adódott ($t = 3,03$, $p < 0,05$), így az ebből eredő RESI mindkét fafaj esetén hasonló volt (2. ábra). Ez azt erősíti meg, hogy a fafajok két külön csoportba sorolhatók (izohidrikus - anizohidrikus) abból a szempontból, hogy milyen módon próbálnak az aszályokkal megbirkózni (GAZOL et al. 2017). PRETZSCH et al. (2012) azt állapították meg, hogy a kocsánytalan tölgy inkább az anizohidrikus csoportba tartozik, tehát jó az ellenálló képessége az aszályokkal szemben, de az aszályok után csak lassabban tud regenerálódni. Feltételezhetően a kocsánytalan tölgy az aszályok során is magas szinten tartja a párologtatását, ami a rendelkezésre álló vízmennyiség idő előtti felhasználását eredményezheti. Ezzel szemben a csertölgyek hamarabb lezárják a sztomáikat, így csökkentik a transzspirációt és a szénmegkötést. Továbbá az aszály alatt fenntartott fotoszintézis során a fák feltehetőleg több szénhidrát felhasználásra van szükségük, így szénhidrát tartalékuk az aszály utáni időszakra lecsökken, ami lassabb regenerációs sebességet eredményez (MICHELOT et al. 2012). Az említett ökofiziológiai tulajdonságok és az általunk mért évgyűrű-szélességek alapján a csertölgy ellenálló képessége az aszályal szemben kedvezőbb, mint a kocsánytalan tölgnél, feltehetőleg a talajnedvesség takarékosabb felhasználása miatt. Továbbá azok a fafajok, amelyek növekedésüket aszály esetén visszafogják, mint ahogy azt a csertölgy esetében tapasztaltuk, valószínűleg az erőforrásaikat inkább a gyökerek fejlesztésére fordítják, ezzel javítva a vízhez és a tápanyagokhoz való hozzáférést. Majd az aszály elmúltával, újra helyreállhat a megszokott hajtás és gyökér növekedés egyensúlya (MCCARTHY-ENQUIST 2007).

Ha a TGR értékeket hasonlítjuk össze (mindhárom területre nézve), akkor a csertölgy esetében az érték magasabb volt (5,36), mint a kocsánytalan tölgyé (5,08), de a különbség nem szignifikáns ($t = 0,47$, $p < 0,05$). A regenerációs időszak hossza (az évek száma), szinte megegyezett (QC= 21, QP= 22). Ennek az a lehetséges magyarázata, hogy a két fafaj hasonlóan reagál a talajnedvesség csökkenésére a jobb termőhelyeken, viszont a kocsánytalan tölgy TGR és I_5 arányának csökkenése nagyobb sebezhetőséget (azaz érzékenységet) jelez és ezáltal gyengébb növekedésbeli plaszticitást mutat az aszályokkal szemben.



2. ábra: A Loret-féle mutatók értékei (összes aszályos időszakra, $n=13$)
(RES: ellenállás, REC: helyreállítás, RESI: rugalmasság.)

A tölgyfajok RES és REC értékeit vizsgálva, azt figyeltük meg, hogy az alacsonyabb ellenállási értékekhez a csertölgy esetén magasabb helyreállási érték párosult, szemben a kocsánytalan tölgygel, ami arra utal, hogy a csertölgy jobb ellenálló képességgel bír az aszályokkal szemben (ANOVA $p < 0,01$). Ennek következtében a kocsánytalan tölgy állományok egészségügyi állapota a jövőben akár jelentős mértékben is romolhat, szemben a csertölgy állományokkal, mivel előfordulhat, hogy az egymást követő aszályos időszakok között nem lesz képes megfelelő mértékben regenerálódni.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet a SEFAG Zrt. munkatársainak a vizsgálataink során nyújtott segítségért. A talajelemzést köszönjük az ATK-TAKI és a SOE-ERTI laboratórium munkatársainak. Köszönjük Dr. Hirka Anikó segítségét, a biotikus károkkal kapcsolatban.

Irodalomjegyzék

- BUNN A. G. (2008): A dendrochronology program library in R (dplR). *Dendrochronologia* 26. 115-124.
- BUSOTTI, F. – POLLASTRINI, M. (2017): Traditional and novel indicators of climate change impacts on European forest trees. *Forests* 8. 137.
- CSÓKA, GY. – HIRKA, A. (2009): A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) legutóbbi tömegszaporodása Magyarországon. *Növényvédelem* 45. 196-201.
- FÜHRER, E. – HORVÁTH, L. – JAGODICS, A. – MACHON, A. – SZABADOS, I. (2011): Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás* 115. 103-118.
- GAZOL, A. – CAMARERO, J. J. – ANDEREGG, W. R. L. – VICENTE-SERRANO, S. M. (2017): Impacts of droughts on the growth resilience of Northern Hemisphere forests. *Global Ecology and Biogeography* 26. 166-176.
- GRANIER, A. – BRÉDA, N. – BIRON, P. – VILLETTE, S. (1999): A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands. *Ecological Modelling* 116. 269-283.
- GULYÁS, K. – MÓRICZ, N. – RASZTOVITS, E. – HORVÁTH, A. – BALÁZS, P. – BERKI, I. (2019): Accelerated height growth versus mortality of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. in Hungary. *South-east European forestry* 10. 1-7.
- HIRKA, A. (2006): Várható erdőkárok 2006-ban. *Erdészeti Lapok* 141. 117-119.

- IPCC 2018: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C. URL: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- LLORET, F. – KEELING, E. G. – SALA, A. (2011): Components of tree resilience: Effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests. *Oikos* 120. 1909-1920.
- MÁTYÁS, CS. – BERKI, I. – BIDLÓ, A. – CSÓKA, GY. – CZIMBER, K. – FÜHRER, E. – GÁLOS, B. – GRIBOVSKI, Z. – ILLÉS G. – HIRKA, A. – SOMOGYI, Z. (2018): Sustainability of forest cover under climate change on the temperate-continental xeric limits. *Forests* 9. 489.
- MCCARTHY, M. C. – ENQUIST, B. J. (2007): Consistency between an allometric approach and optimal partitioning theory in global patterns of plant biomass allocation. *Functional Ecology* 21. 713-720.
- MÉSZÁROS, I. – KANALAS, P. – FENYVESI, A. – KIS, J. – NYITRAI, B. – SZÖLLÖSI, E. – OLÁH, V. – DEMETER, Z. – LAKATOS, Á. – ANDER, I. (2011): Diurnal and seasonal changes in stem radius increment and sap flow density indicate different responses of two co-existing oak species to drought stress. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 7. 97-108.
- MICHELOT, A. – SIMARD, S. – RATHGEBER, C. – DUFRÈNE, E. – DAMESIN, C. (2012). Comparing the intra-annual wood formation of three European species (*Fagus sylvatica*, *Quercus petraea* and *Pinus sylvestris*) as related to leaf phenology and non-structural carbohydrate dynamics. *Tree Physiology* 32. 1033-1045.
- MISI, D. – NÁFRÁDI, K. (2017): Growth response of Scots pine to changing climatic conditions of the last 100 years: a case study from Western Hungary. *Trees* 31. 919-928.
- MORENO, A. – HASENAUER, H. (2015): Spatial downscaling of European climate data. *International Journal of Climatology* 36. 1444-1458.
- MÓRICZ, N. – GARAMSZEGI, B. – RASZTOVITS, E. – BIDLÓ, A. – HORVÁTH, A. – JAGICZA, A. – ILLÉS, G. – VEKERDY, Z. – SOMOGYI, Z. – GÁLOS, B. (2018): Recent drought-induced vitality decline of Black Pine (*Pinus nigra* Arn.) in South-West Hungary – Is this drought-resistant species under threat by climate change? *Forests* 9. 414.
- PRETZSCH, H. – SCHÜTZE, G. – UHL, E. (2012): Resistance of European tree species to drought stress in mixed versus pure forests: evidence of stress release by inter-specific facilitation. *Plant Biology* 15. 483-495.
- SCHARNWEBER, T. – MANTHEY, M. – CRIEGEE, C. – BAUWE, A. – SCHRÖDER, C. – WILMKING, M. (2011): Drought matters – Declining precipitation influences growth of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. in north-eastern Germany. *Forest Ecology and Management* 262. 947-961.
- SCHWARZ, J. – SKIADARESI, G. – KOHLER, M. – KUNZ, J. – SCHNABEL, F. – VITALI, V. – BAUHUS, J. (2020): Quantifying growth responses of trees to drought – a critique of commonly used resilience indices and recommendations for future studies. *Current Forestry Reports* 6. 185-200.
- SZALAI, S. – AUER, I. – HIEBL, J. – MILKOVICH, J. – RADIM, T. – STEPANEK, P. – ZAHRADNICEK, P. – BIHARI, Z. – LAKATOS, M. – SZENTIMREY, T. – LIMANOWKA, D. – KILAR, P. – CHEVAL, S. – DEAK GY. – MIHIC, D. – ANTOLOVIC, I. – MIHAJLOVIC, V. – NEJEDLIK, P. – STASTNY, P. – MIKULOVA, K. – NABYVANETS, I. – SKYRYK, O. – KRAKOVSKAYA, S. – VOGT, J. – ANTOFIE, T. – SPINONI, J. (2013): Climate of the Greater Carpathian region. Final Technical Report. URL: www.carpatclim-eu.org.
- THORNTHWAITE, C. (1948): An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review* 38. 55-94.
- THURM, E. A. – UHL, E. – PRETZSCH, H. (2016): Mixture reduces climate sensitivity of Douglas-fir stem growth. *Forest Ecology and Management* 376. 205-220.
- VICENTE-SERRANO, S. M. – BEGUERÍA, S. – LÓPEZ-MORENO, J. I. (2010): A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate* 23. 1696-1718.

MOTORFŰRÉS SZ HASZNÁLÓI SZOKÁSOK MAGYARORSZÁGON

Chainsaw user habits in Hungary

MAJOR TAMÁS¹, KOZÁK GÁBOR²

¹ Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

² Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet
major.tamas@uni-sopron.hu

Kivonat

Az utóbbi években a fahasználatokban a többcélú fakitermelő gépek (harveszterek) rohamos terjedésének lehetünk tanúi. Többekben felmerült a kérdés a fakitermelési munkák során a motorfűrészek szükségességéről. Az elmúlt időszakban a felhasználói igények és szokások is megváltoztak. Mindezek indokolják olyan vizsgálatok elvégzését, melyből a motorfűrészek használatával kapcsolatos szokásokról, igényekről, alternatív felhasználási lehetőségeikről megfelelő képet kaphatunk.

Google kérdőív segítségével egy országos felmérést végeztünk. A kérdőív első részében a motorfűrészek tulajdoni és üzemeltetési viszonyaira, a gépek típusára, életkorára, műszaki állapotára, felhasználási jellegére és a használók karbantartási szokásaira kérdeztünk rá. Jelen cikkünkben ezen kérdésekre adott válaszokat elemezzük a kapott 385 válasz alapján.

Abstract

Recent years have witnessed the rapid expansion of multipurpose logging machines (harvesters) in timber harvesting. Many have questioned the need for chainsaws in logging operations. User needs and habits have also changed in recent times. This justifies the need to carry out studies to gain an adequate picture of the habits, needs and alternative uses of chainsaws.

A national survey was carried out using a Google questionnaire. In the first part of the questionnaire, we asked about the ownership and operation of chainsaws, their type, age, technical condition, type of use and maintenance habits of users. In this article we analyse the answers to these questions based on the 385 responses received.

Bevezetés

A motorfűrészek kialakulásának, elterjedésének kezdete a XVIII. század végére és a XIX. század elejére nyúlik vissza. A kezdeti nehézségeket követően ugrásszerű fejlődésük és nagyarányú elterjedésük a második világháborút követő újjáépítés és gazdasági fellendülés időszakában történt. A fa iránti fokozott kereslet és az egyidejű munkaerőhiány ösztönözte a motorfűrészek fejlesztését, sorozatgyártását. Az 1950-es évek elején már tízezrével kerültek a fakitermelésbe a motorfűrészek (SZEPESI, 1963; HORVÁTH, 2016).

Hazánk sem maradt ki ebből a folyamatból. Magyarországon az 50'-es évek közepétől kezdtek el rendszeresen használni a fakitermelésekben, majd később más területeken (mezőgazdaság, ipar, sőt a háztartásokban) is megjelent.

Az utóbbi években a fahasználatokban a többcélú fakitermelő gépek (harveszterek) rohamos terjedésének lehetünk tanúi (HORVÁTH, 2015; CZUPY – HORVÁTH, 2019). Többekben felmerült a kérdés a fakitermelési munkák során a motorfűrészek szükségességéről. Az elmúlt időszakban a felhasználói igények és szokások is megváltoztak. Mindezek indokolják olyan vizsgálatok elvégzését, melyből a motorfűrészek használatával kapcsolatos szokásokról, igényekről, alternatív felhasználási lehetőségeikről megfelelő képet kaphatunk.

Vizsgálatok leírása

Kutatásunk során egy országos felmérést készítettünk a magyar motorfűrész használói igényekről és szokásokról. Az adatgyűjtés Google Kérdőív segítségével interneten valósult meg. A potenciális jelölteknek több mint két hónap állt rendelkezésükre a kitöltésre.

A megcélzott populációt 5 célcsoportra bontottuk:

- Állami Erdőgazdaságok;
- Állami szervek (Nemzeti Parkok, Katasztrófavédelem, Honvédség);
- Magán erdőtulajdonosok és gazdálkodók, vagy alkalmazottjaik;
- Motorfűrészekkel dolgozó gazdasági társaságok, vagy alkalmazottjaik;
- Magánszemélyek, egyéni vállalkozók.

A kérdőív elérhetőségét egy kísérőlevél kíséretében a megcélzott populáció számos tagjának E-mailben megküldtük:

- 22 Állami Erdőgazdaságnak;
- 10 Nemzeti Park Igazgatóságának;
- 28 Hivatásos Katasztrófavédelmi szervnek;
- 197 Magán erdőtulajdonosnak és gazdálkodónak, vagy alkalmazottjának;
- 7 Magyar Erdészeti Oktatási Intézménynek;
- 66 Stihl Szakkereskedésnek;
- 68 Husqvarna Szakkereskedésnek.

A szakmai médiában is felhívtuk rá a figyelmet, továbbá a közösségi oldalakon is megosztottuk. A felmérést 385 személy töltötte ki (KOZÁK, 2020).

Alapjában véve az öt célcsoportnak szóló kérdőív kérdései megegyeztek, viszont a kérdéseket a célcsoportok tevékenységi köréhez igazítottuk.

A kérdőív első részében a motorfűrész tulajdoni és üzemeltetési viszonyaira, a gépek típusára, életkorára, műszaki állapotára, felhasználási jellegére és a használók karbantartási szokásaira kérdeztünk rá. Likert-skála alkalmazásával vizsgáltuk a felhasználói csoportok vásárlási szokásait is. A kérdőív második részében a munkavédelemmel kapcsolatos kérdéseket tettünk fel. Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kap a környezettudatosság, ezért kérdőívünkben vizsgáltuk azt is, hogy a vásárlás és üzemben tartás során milyen mértékben befolyásolja a felhasználókat a fenntarthatóság. A kérdőív negyedik részében pedig demográfiai kérdések szerepeltek.

Jelen cikkünkben a feltett kérdések közül a motorfűrészre és használatukra vonatkozó kérdésekre adott válaszokat elemezzük.

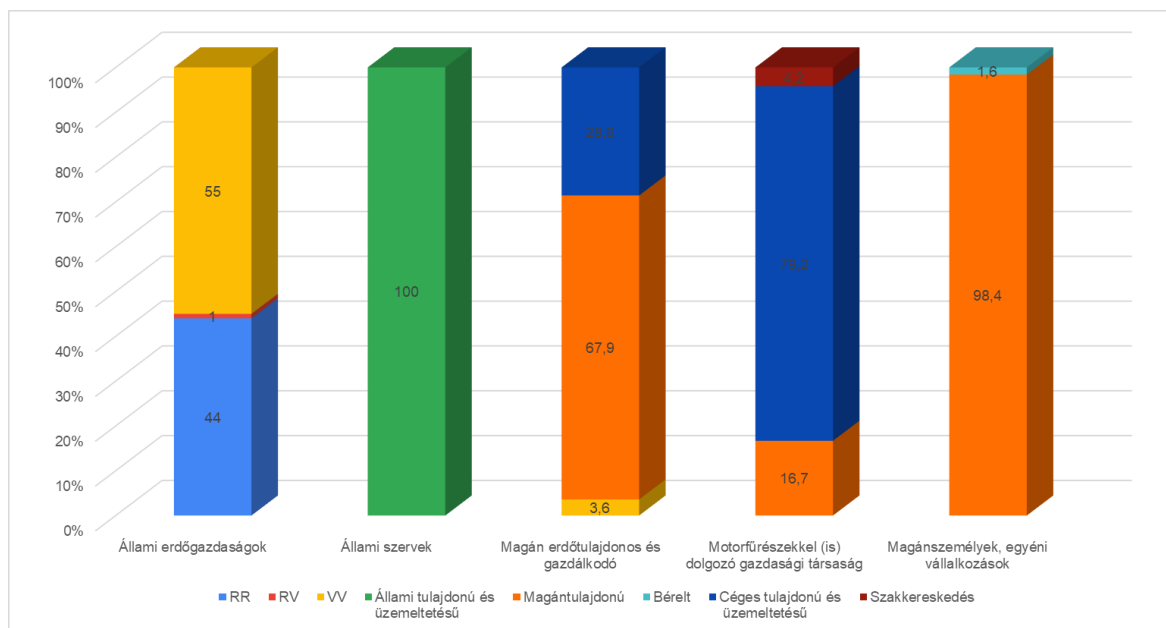
Motorfűrész tulajdoni és üzemeltetési viszonyai

A kérdőívet kitöltők összesen 1583 darab motorfűrészrel rendelkeznek, amelyek 10,1%-a az állami erdészeti részvénytársaságoknál, vagy a velük szerződésben álló vállalkozások tulajdonában van. A fűrészek 22,4%-át állami szerveknél, 8,8%-át magánerdő tulajdonosok és gazdálkodóknál, 15,3%-át motorfűrészekkel is dolgozó gazdasági társaságoknál és a 43,4%-át magánszemélyek tulajdonában találhatjuk meg.

Az *állami erdőgazdaságok* területén dolgozó motorfűrész tulajdon- és üzemeltetési viszonyai három jellemző csoportba sorolható:

- részvénytársasági tulajdonú és üzemeltetésű gépek (RR);
- részvénytársasági tulajdonú, vállalkozói üzemeltetésű gépek (RV);
- vállalkozói tulajdonú és üzemeltetésű gépek (VV).

Az 1. ábrán a zárójelben feltüntetett rövidítések kerültek feltüntetésre.



1. ábra. Motorfűrészek tulajdoni és üzemeltetési viszonyai

A motorfűrészek közel fele, egész pontosan 44%-a részvénytársasági tulajdonú és üzemeltetésű (RR), 55%-a vállalkozói tulajdonú és üzemeltetésű (VV), továbbá 1%-a részvénytársasági tulajdonú és vállalkozói üzemeltetésű (RV).

Az *állami szerveknél* munkában lévő motorfűrészek egyértelműen állami tulajdonúak és üzemeltetésűek, ennek értelmében a tulajdoni és üzemeltetési viszonyok vizsgálatának kérdésköre irreleváns.

A *magán erdőtulajdonos és gazdálkodó* célcsoport esetén három fő tulajdoni és üzemeltetési viszonyt lehet megkülönböztetni. A motorfűrészek 67,9%-a magántulajdonú és üzemeltetésű, 28,6%-a céges tulajdonú és üzemeltetésű, illetve 3,6%-ban vállalkozói tulajdonú és üzemeltetésű.

Motorfűrészekkel is dolgozó *gazdasági társaságok* esetén 79,2%-ban egyértelműen céges tulajdonú és üzemeltetésűek a fűrészek, viszont 16,7%-ban magántulajdonú és üzemeltetésű. Ebbe a célcsoportba soroltuk be azokat a társaságokat, amelyek ugyan átmenetileg tulajdonolják, viszont nem üzemeltetik a motorfűrészeket, ezek a szakkereskedések, melyek a gazdasági társaságok 4,2%-át teszik ki.

Magánszemélyeknél úgy gondolhatnánk, hogy a tulajdoni és üzemeltetési viszonyokra vonatkozó kérdésnek nincs értelme, azonban csak 98,4%-uk használ saját fűrész, akiknek nincsen szüksége saját motorfűrészre – különböző okok miatt – bérelni szokták azokat. Utóbbi csoport a válaszadó magánszemélyek 1,6%-a, melyből következtethetünk arra, hogy a motorfűrészek bérlési költsége viszonylag magas, így magánszemélyként jobban megéri egy idénymunkára alkalmas alacsonyabb kategóriás gépre beruházni.

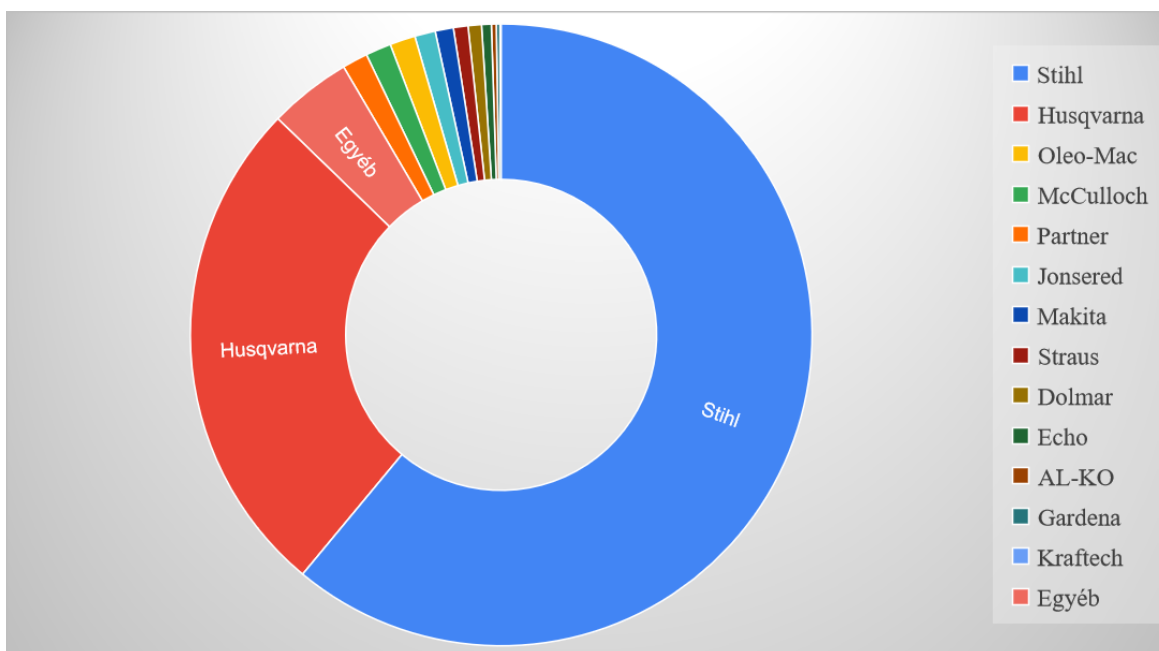
A motorfűrész típusok megoszlása

A felmérésben résztvevők 19 márka közül választhatták ki az általuk birtokolt vagy üzemeltetett motorfűrész(ek) márkáját és darabszámát. Ha a kitöltő személy nem találta meg a saját motorfűrészének márkáját a listában, akkor azt egy „egyéb” mezőben megtehetette. Az előre megadott 19 márka közül 6 olyan volt, amelyre egyetlen válasz sem érkezett. Ezek a következők voltak: Bosch, Hyundai, Maruyama, Oregon, Ranger, Ryobi.

A teljes mintavételre vonatkozóan a leggyakoribb márkák (2. ábra) a Stihl 61,0%-kal, a Husqvarna 26,2%-kal, az Oleo-Mac 1,3%-kal, a Partner 1,3%-kal, a McCulloch 1,3%-kal,

a Jonsered 1,1%-kal, a Makita 0,9%-kal, a Straus 0,8%-kal, a Dolmar 0,7%-kal, az Echo 0,5%-kal, az AL-KO 0,3%-kal, a Gardena 0,2%-kal, a Kraftech 0,1%-kal.

Az „Egyéb” márkák kategóriájába 4,3% került, ezek javarészt távol-keleti márkák, mint például Hecht, Fuxtech, Hitachi, GoodLuck stb (2. ábra).



2. ábra. Motorfűrész márkák megoszlása a felmérésben

A motorfűrészek átlagos életkora

A jelen felmérésben szereplő 1583 darab motorfűrész átlagos életkora 8 év, szórása 6,9 év. Leggyakoribb a 3 éves motorfűrészek használata (14,6%), ezt követik az 5 éves fűrészek 10,8%-os gyakorisággal. A célcsoportok motorfűrészének átlagos életkorának és szórásának megoszlását az 1. táblázat mutatja.

Az állami erdőgazdaságok gépparkjának átlagos életkora 5 év, ami az összes motorfűrész átlagos életkorához képest fiatalabbnak mondható. Az állami szervek motorfűrészének átlagos életkora 8 év, ami megegyezik az összes motorfűrész átlagéletkorával. A magánerdőtulajdonosok fűrészének átlagos életkora 7 év, ami szintén jobb érték az összesített átlaghoz viszonyítva, azonban fontos felhívni a figyelmet a szórásra, mely megmutatja, hogy a korábbi két tevékenységi körhöz képest a magánerdőtulajdonosok és a magánszemélyek motorfűrészének életkora széles határok között mozog, az egyes gépek kora jelentősen eltérhet az átlagos értéktől. A gazdasági társaságok esetén az átlagéletkor 4 év, ami rendkívüli jónak mondható, azonban a szórása az állami erdőgazdaságokhoz képest 1,7 évvel nagyobb, vagyis a 4 éves átlag jóval szélsőségesebb adatokból származik. A magánszemélyek tulajdonában lévő fűrészek átlagos életkora a legmagasabb, 9 év, aminek a szórása is a legnagyobb értéket mutatja. Ez nem meglepő, hiszen a más célú és gyakoriságú használat lehetővé teszi, hogy ezen csoport tulajdonában előforduljon 20-30 évnél idősebb motorfűrész is.

1. táblázat. Motorfűrészek átlagos életkorának megoszlása

Tevékenységi kör (Célcsoportok)	Motorfűrészek átlagos életkora (év)	Szórás (év)
Állami erdészeti részvénytársaság	5	2,6
Állami szerv (Nemzeti Park, Katasztrófavédelem, Honvédség)	8	4,0
Magán erdőtulajdonos és gazdálkodó	7	6,1

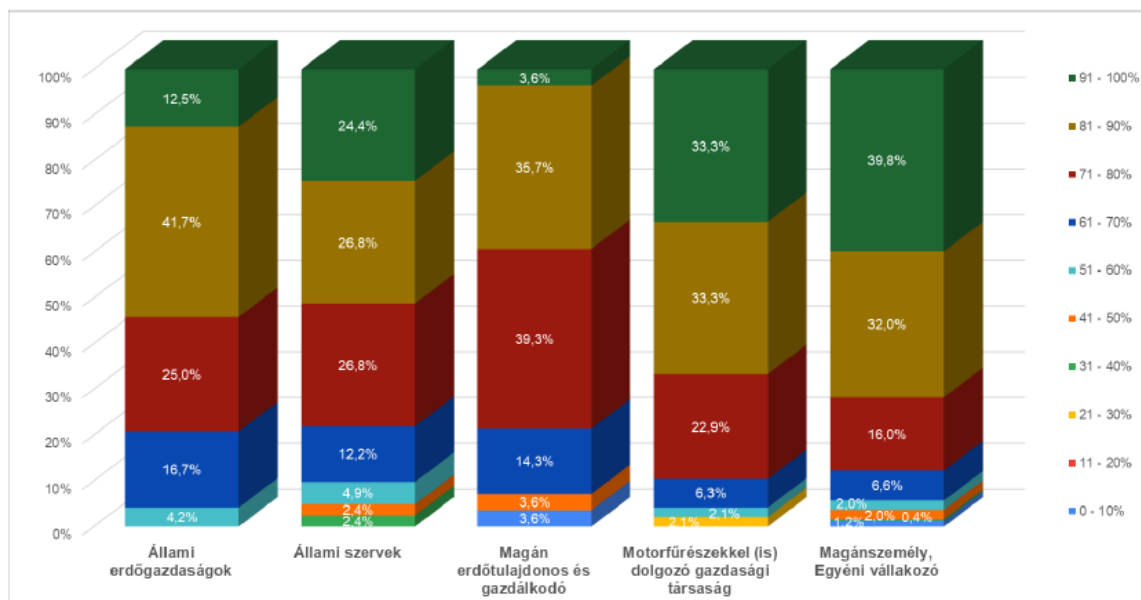
Motorfűrészekkel (is) dolgozó gazdasági társaság	4	4,3
Magánszemély (Hobbista), Egyéni vállalkozó	9	7,7
Teljes mintavételre vonatkozóan	8	6,9

A motorfűrészek átlagos műszaki állapota

A motorfűrészek átlagos műszaki állapota az üzemeltető becslése alapján értelmezett százalékos érték, mely azt fejezi ki, hogy az adott művelethez tartozó gépei összességében milyen műszaki színvonalat képviselnek az új gépekhez képest.

A különböző műszaki állapotok sokfélesége miatt, 10 százalékonkénti csoportokat alkottunk. Általánosságban elmondható, hogy a teljes alapsokaság 43,6%-ának 91-100%-os állapotú a motorfűrésze, azaz szinte újnak mondható, míg 32,5%-ának 81-90%-os, 20,3%-ának 71-80%-os műszaki állapotúak a motorfűrészei. A válaszadók közül csupán 3,6% mondta azt, hogy a motorfűrésze(i) 50%-os műszaki állapot alatt van (3. ábra).

Az *állami erdőgazdaságok* tekintetében elmondható, hogy a saját, illetve a velük szerződésben álló vállalkozások tulajdonában álló motorfűrészek állapota javarészt 61-90%-os, a *magán-erdőtulajdonosok* tulajdonában lévő gépek állapota szinte megegyezik az állami erdőgazdaságok gépeinek állapotával. Az *állami szervek* gépparkjának műszaki állapota az erdészeti részvénytársaságokéhoz képest jobb, viszont a *gazdasági társaságok*éhoz viszonyítva rosszabb. Az utóbbi célcsoport motorfűrészeinek állapota jól tükrözi azt a tény, hogy akik nap mint nap motorfűrésszel dolgoznak azoknak fontos az üzembiztos eszközpark fenntartása. *Magánszemélyek* esetében a motorfűrészek jelentős része 61%-os vagy a feletti, azonban a birtokukban lévő motorfűrészek több mint 5%-a ennél rosszabb állapotú. Ez egybevág a gépek életkorának vizsgálata során kapott eredményekkel, ahol a már korábban említett szórás értékéből megállapítható a gépek széles skálán való elhelyezkedése, mind az életkor mind az állapot tekintetében.



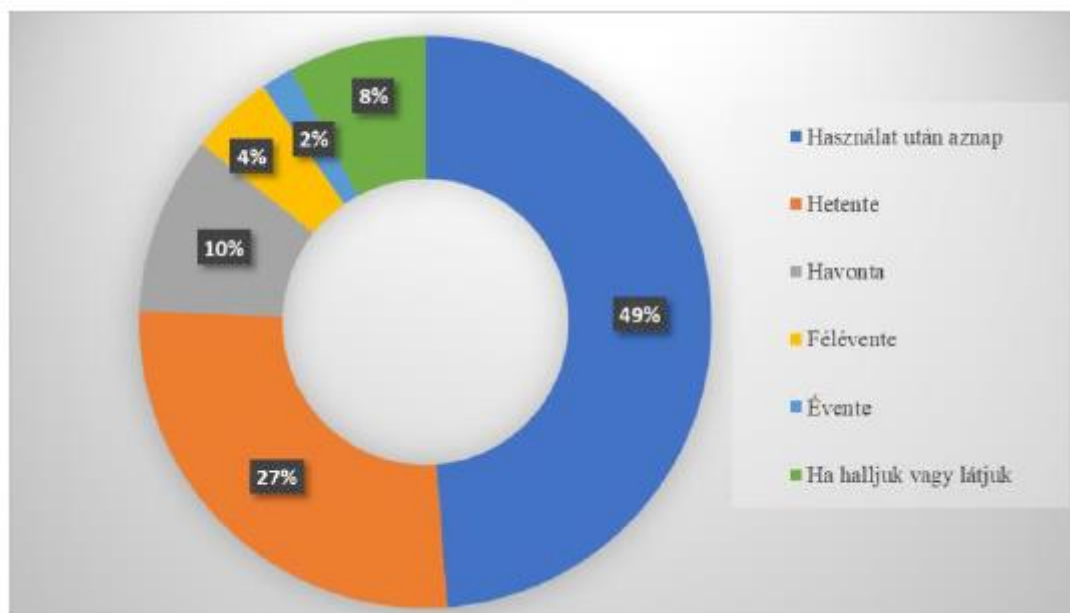
3. ábra. Motorfűrészek átlagos műszaki állapotának megoszlása tevékenységi körök szerint

Összességében a legtöbb motorfűrész átlagos műszaki állapota 71 és 100% között van.

Motorfűrészek karbantartása

A kérdőívben szereplő kérdések az általános karbantartás gyakoriságára és annak helyszínére irányultak.

A teljes alapsokaság 48,8%-a használat után aznap, 26,8%-a hetente, 10,1%-a havonta, 4,7%-a félévente, 1,8%-a évente, 7,8%-a csak akkor, ha „hallja vagy látja”, végzi el az általános karbantartást a gépeiken (4. ábra).



4. ábra. Motorfűrészek karbantartásának gyakorisága

A százalékokból jól látszik az, hogy a megkérdezettek közel 76%-a már a munka befejezését követően egy héten belül elvégzi a szükséges karbantartási feladatokat vagy kompresszorral kifújatja motorfűrészét.

A válaszadók túlnyomó többségben saját műhelyben végzik el az általános karbantartást. Saját műhelyükben végzik el a karbantartást az *állami erdőgazdaságok* 58,3%-a, az *állami szervek* 87,8%-a, a *magán erdőtulajdonosok* 92,8%-a, a *gazdasági társaságok* 83,3%-a, a *magánszemélyek és egyéni vállalkozások* 57%-a.

Márkaszervízbe hordja karbantartásra az *állami erdőgazdaságok* 29,1%-a, az *állami szervek* 14,6%-a, a *magánerdőtulajdonosok és gazdasági társaságok* 25%-a, *magánszemélyek és egyéni vállalkozások* 24,1%-a.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Fás biomassza termesztési feltételeinek vizsgálata” (GINOP-2.3.3-15-2016-00039) projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- CZUPY I. – HORVÁTH A. L. (2019): Többműveletes gépek alkalmazásának alakulása Magyarországon. Kutatási jelentés, Sopron.
- HORVÁTH A. L. (2015): Többműveletes fakitermelő gépek a hazai lombos állományok felhasználásában. Doktori (PhD) értekezés, Sopron.
- HORVÁTH B. szerk. (2016): Erdészeti gépek. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- KOZÁK G. (2020): Felmérés a motorfűrész használói igényekről és szokásokról. Diplomamunka, Sopron.
- SZEPESI L. (1963): A motorfűrész. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

PAULOWNIA, MINT FAIPARI ALAPANYAG

Paulownia wood as a raw material

KOMÁN SZABOLCS, FEHÉR SÁNDOR, NÉMETH RÓBERT
Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Faipari és Műszaki Intézet
koman.szabolcs@uni-sopron.hu

Kivonat

Az utóbbi évtizedben jelentősen megnőtt az érdeklődés a paulowniák iránt Európaszerte. A fellelhető tudományos publikációk viszont nem adnak teljes képet a fafaj faanyagának tulajdonságairól. A vizsgált 232-300 kg/m³-es légszáraz sűrűséggel rendelkező faanyag alacsony hajlító-, nyomó-, nyíró-, húzó- és ütő-hajlító szilárdsági értékeket produkált. A zsuorodási anizotrópia értéke viszont nagyon kedvező.

Abstract

Over the recent decade, interest in paulownias increased significantly in Europe. However, the available scientific publications do not give a complete picture of the properties of the wood. The investigated wood with an air-dry density of 232-300 kg/m³ has shown low bending, compressive, shear, tensile and impact strength values. The ratio of tangential to radial shrinkage is very favourable.

Bevezetés

A faanyag kereskedelemben tapasztalható kereslet-kínálat közötti űr betöltésére egyre nagyobb igény mutatkozik a gyorsan növő fafajok iránt. A probléma megoldása érdekében ezek egyre nagyobb figyelmet kapnak az utóbbi időben, amelyek jeles képviselői a különböző paulownia fajták.

A nagylevelű császárfa (*Paulownia tomentosa*) felhasználási területeit tekintve a világ legsokoldalúbb fafaja. Ezt bizonyítja, hogy az ipari hasznosítástól (bútor- és épületfa, papír- ipari alapanyag, energia célú biomassza), a méhészeti és gyógyszeripari felhasználáson át, a díszítő funkcióig (parkfa, faragványok) találkozhatunk vele (VITYI-MAROSVÖLGYI, 2012).

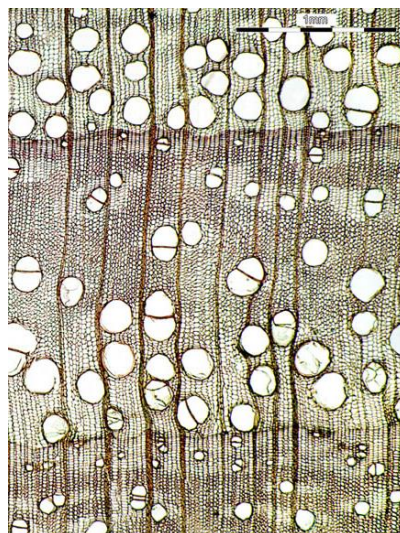
A paulownia az egyik leggyorsabban növekvő fafaj a világon (1. ÁBRA), de egyben a legalacsonyabb sűrűségű fafajok között tartják számon. A faanyag felhasználhatóságát több jellemző befolyásolja, amelyek közül azonban kiemelkedik a sűrűség. A klasszikus faipari értelemben vett felhasználás szempontjából a légszáraz sűrűség értéke a mérvadó, amely a paulownia esetében 0,25-0,3 g/cm³.

Anatómia felépítését tekintve gyűrűs- vagy félig gyűrűslikacsú fafajnak tekinthető (2. ÁBRA). A korai pásztában a nagyméretű edények önállóan vagy 2-3 tagú likacsugárba rendeződnek. Az edényekben tilisz, illetve spirális sejtfalvastagodás is megtalálható. Farostjai vékony falúak. Bélsugarai 3-5 sejt sor szélesek.

Az utóbbi évtizedben jelentősen megnőtt az érdeklődés a paulowniák iránt Európaszerte. A vonatkozó jogszabályban az erdőt alkotó fafajok és cserjefajok valamint az idegenhonos termesztésbe vonható fafajok jegyzékében nem szerepel a paulownia. A NÉBIH nemzeti fajtajegyzékében az államilag elismert dísznövényfajták közt viszont már találhatunk két fajtát „Robust4” és „Continental E.” néven.



ábra: Paulownia ültevény
Forrás: Komán 2022.



2. ábra: Paulownia mikroszkópos keresztmetszete. Forrás: <http://delta-intkey.com>

Hazánkban néhány éven belül több helyen lesznek olyan idősebb telepítések, amelyek már fűrészipari szempontból felhasználható méretekkel rendelkeznek majd. A fellelhető tudományos publikációk viszont nem adnak teljes képet a fafaj faanyagának tulajdonságairól. A különböző nemesített változatok esetében pedig elsősorban az alapfaj jellemzőire hivatkoznak.

A hazánkban forgalmazott különböző változatok és klónok faanyagminőségére vonatkozóan több információt közölnek a fajta tulajdonosok/forgalmazók, de ezekhez nem található független vizsgáló laboratóriumok által közölt eredmények. Bár említések több esetben vannak különböző vizsgáló helyek által meghatározott eredményekről, egyedül a „Robust4” szelektált változat esetében található hivatalos jegyzőkönyv ezekről. Jelen publikációban ezért olyan alapvető anyagjellemzők meghatározására törekedtünk, amelyeket a fellelhető irodalmak tudományosan nem támasztanak alá.

Anyag és módszer

A paulowniák tulajdonságairól olyan információkat gyűjtöttünk, amelyek bárki számára fellelhetők nyomtatott kiadványokban vagy elektronikus felületeken. Az ezekben megtalálhatókat, pedig a vonatkozó szabványoknak megfelelő vizsgálatok alapján határoztuk meg. Ezekon kívül olyan alapvető anyagjellemzők is vizsgálatra kerültek, amelyek fontosak a faanyag felhasználhatósága szempontjából.

Eredmények

A paulownia faanyagának esztétikai tulajdonságait tekintve megfigyelhető, hogy rendelkezik színes geszttel. Gesztje halványsárga, rózsaszínes vagy szürkés-barnás, míg szíj-ácsa világos sárgás árnyalatú. A bél 2-3 centiméter széles és rekeszekre osztva jelenik meg a fatestben (3. ÁBRA). A rekeszek hossza a törzs magasságának függvényében változik.



3. ábra: *Paulownia fateste a nagyméretű bélel.* Forrás: Komán 2022.

Nedvességtartalma élőnedves állapotban igen magas. Bruttó nedvességtartalma meghaladja a 60%-ot. Szárítása a hasonlóan alacsony sűrűséggel rendelkező nyár faanyaghoz alkalmazott szárítási menetrenddel történhet. Általában sem a feldolgozáskor, sem a szárítás után, nem jelentkezik jelentős deformáció a faanyagon, illetve a látható száradási repedések száma is elenyésző.

A sűrűség, mint alapvető anyagi jellemző szempontjából az alábbi információkat olvashatjuk különböző helyeken:

- „Könnyű, de erős, mivel nagy sűrűségű.”
- „Keményfa.”

Vizsgálataink szerint (KOMÁN et al. 2017, KOMÁN-FEHÉR 2020) a paulowniák sűrűsége légszáraz állapotban ($u=12\%$) $232-300 \text{ kg/m}^3$ közé tehető.

A faanyag vízzel való kapcsolatára a következők találhatók a fafajleírásokban:

- „nem abszorbeálja a nedvességet a levegőből”
- „nedvesség ellenálló”
- „vízálló”

A nedvességvesztés hatására a paulowniák faanyaga is mutat méretváltozást (KOMÁN et al. 2017, KOMÁN-FEHÉR, 2020). Zsugorodás szempontjából a legkisebb mértékű rostirányban (0,6-0,7%), amit a sugárirányú méretváltozás követ (2,2-3,2%), míg a legnagyobb húrirányban (3,7-5,0%). Térfogati méretváltozásuk 6,3-8,5% közöttire tehető.

A paulowniák szilárdságának jellemzésére többek között találkozhatunk az alábbi megfogalmazással is:

- „teherbírása közel azonos a fenyőfáéval”.

A paulowniák faanyagának szilárdsága (KOMÁN et al. 2017, KOMÁN-FEHÉR, 2020) a lucfenyőhöz (MOLNÁR et al. 2016) képest szilárdság típusonként az alábbi értékekkel alacsonyabb:

- nyomószilárdság: 58%
- szakítószilárdság: 60%
- nyírószilárdság: 17%
- hajlítószilárdság: 53%
- hajlító rugalmassági modulusz: 67%
- ütő-hajlító szilárdság: 65%

Következtetések

A paulowniák sűrűsége 232-300 kg/m³ közé esik, amely alapján semmiképpen nem nevezhető nagy sűrűségűnek illetve keményfának. Ez az érték hazai fafajaink közül pl. a nemesnyárok (320-420 kg/m³) vagy a lucfenyő (470 kg/m³) sűrűsége (MOLNÁR et al. 2016) alatt marad. Az alacsony sűrűség következménye a várhatóan jó hőszigetelő képesség, amely jellemzőt célszerű a jövőben alaposabban is megvizsgálni.

A faanyag méretváltozása sűrűségéből adódóan igen kedvező. Húr- és sugárirányban értékei nem érik el a nemesnyárok, illetve a lucfenyő méretváltozását. Húrirányú méretváltozása általában nem haladja meg a sugár irányban mért érték kétszeresét, ezért a zsgorodási anizotrópia szempontjából kedvező értékkel rendelkezik.

Szilárdsági jellemzőit előrevetíti alacsony sűrűsége, amelynek köszönhetően ilyen irányú értékei igen alacsonyak. A nyírószilárdság kivételével minden szilárdsági típus esetében kevesebb mint fele akkora értékkel rendelkezik, mint a szerkezeti célra gyakran alkalmazott lucfenyő.

Irodalomjegyzék

- KOMAN, SZ. – FEHER S. – VITYI, A. (2017): Physical and mechanical properties of paulownia tomentosa wood planted in hungaria. Wood Res. 62(2): 335-340. <http://www.woodresearch.sk/wr/201702/15.pdf>
- KOMAN, SZ. – FEHER, S. (2020): Physical and mechanical properties of Paulownia clone in vitro 112, Eur J Wood Wood Prod 78(2): 421-423. <http://dx.doi.org/10.1007/s00107-020-01497-x>
- MOLNÁR, S. – FARKAS, P. – BÖRCsök, Z. – ZOLTÁN, GY. (2016): Földünk ipari fái. Erfaret Nonprofit Kft. Sopron. ISBN 978-963-12-5239-2
- VITYI, A. – MAROSVÖLGYI, B. (2012): A Paulownia-fafajok alkalmazásának jelenlegi helyzete és jövőbeni lehetőségei. NYME, Környezeti Erőforrás-gazdálkodás és védelmi KKK, Sopron.
- WATSON, L. – DALLWITZ, M. J. (1992): The grass genera of the world: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval; including synonyms, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology, classification, pathogens, world and local distribution, and references. <http://delta-intkey.com>.

HARVESZTERES ÉS MOTORFŰRÉSZES FAKITERMELÉS ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA NEMESNYÁR ÁLLOMÁNYOKBAN

Comparative study of logging with harvester and chainsaw in poplar stands

HORVÁTH ATTILA LÁSZLÓ¹, SZAKÁLOS NÉ MÁTYÁS KATALIN²

¹Soproni Egyetem, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

²Soproni Egyetem, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

ahorvath@uni-sopron.hu

Kivonat

A többműveletes fakitermelő gépek napjainkra már nem csak fenyves állományok kitermelésében állnak helyt a hazai erdőhasználatok során, hanem nemesnyár állományokban is. Motorfűrészsel végzett döntés és döntés-gallyazás, valamint harveszterrel végrehajtott fakitermelés időtartamának és fajlagos időszükségletének alakulását taglalja jelen mű a nettó fatérfogat csoportok vonatkozásában. Nemes nyár állományok kitermelése során terepi adatgyűjtéseket végeztünk folyamatos időméréses módszerrel, mely során rögzítésre kerültek többek között a műveletelemek és azok befejező időpontja, faegyedenként termelt választékok száma és mérete (hossz, csúcsátmérő). Ezek alapján meghatározható volt a műveletelemek időtartama, a faegyed kitermelésének időtartama, az egyes faegyedek nettó fatérfogata. Továbbá az időtartam és a nettó fatérfogat hányadosa alapján a fajlagos időszükséglet. Motorfűrészsel végzett munka esetében, jelen kutatás szempontjából az alábbi műveletelemek a mértékadóak: Fa felkeresése, Fakörnyéktisztítás, Döntés, Gallyazás. Harveszterrel végzett munka esetében, jelen kutatás szempontjából az alábbi műveletelemek a fontosak: Fa felkeresése, Döntés, Felkészítés.

Abstract

Nowadays, multi-operation logging machines are not only used for the pine stands, but also for poplar stands. The present work discusses the development of the duration and specific time requirements of decision-making and felling with chainsaw, as well as logging with a harvester in relation to the net timber volume groups. During the extraction of noble poplar stands, field data collection was performed using a continuous time measurement method, during which, among other things, the process elements and their completion date, the number and size of the assortments produced per tree (length, peak diameter) were recorded. It was possible to determine the duration of the operation elements, the duration of the harvest of the tree, the net volume of each tree, the specific time requirement based on the quotient of duration and net tree volume. In the case of work with a chainsaw, the following process elements are useful for the present research: Seeking out the tree, cleaning the area around tree, felling, delimiting. In the case of work with a harvester, the following process elements are useful for the present research: Seeking out the tree, felling, processing.

Bevezetés

A többműveletes fakitermelő gépek – vagy ahogy leggyakrabban említésre kerülnek, a harveszterek – mint köztudott, eredendően a skandináv fenyvesek kitermelésére lettek specializálva. A kezdeti gépek megjelenését és fejlesztését a legidőigényesebb és egyben a költségesebb művelet, a gallyazás gépesítési igénye indukálta. Napjainkra már nem csak fenyves állományok kitermelésében állnak helyt, hanem többek között a fenyőkhöz nagyon hasonló alakú megjelenésű és felépítésű nemesnyár állományokban is. Ez hazánkba is szép számmal megfigyelhető, köszönhetően annak, hogy a Magyarországon dolgozó

harveszterek száma növekszik, főként az ágazatot is érintő munkaerőhiány miatt. Míg 2010 környékén még csak egy-két hazai tulajdonú gép dolgozott az országban, addigra napjainkban ez a szám már 90 környékén van. Megfelelő tudással rendelkező, megbízható harveszter gépközlelők hiánya továbbra is probléma. Ennek oka, hogy nem megoldott a gépközlelői kép-zés hazánkban, különösen a nappali tagozatos iskolarendszeren kívüli oktatás.

Anyag és módszer

A Nemesnyár állományok motorfűrészszel történő kitermeléséhez – mint motormanuális technikai szinthez – képeset a többműveletes fakitermelő gépekkel végrehajtott kitermelés már a fejlettebb szintet, a folyamatgépesített fakitermelést képviseli. Kutatásunk arra irányult, hogy a két technikai szinten végrehajtott munka időtartama és fajlagos időszükséglete milyen mértékben különbözik adott faegyedekre, nettó fatérfogatra vetítve. Nemes nyár állományok kitermelése során terepi adatgyűjtéseket végeztünk folyamatos időméréses módszerrel, amely során rögzítésre kerültek többek között a műveletelemek és azok befejező időpontja, faegyedenként termelt választékok száma és mérete (hossz, csúcsátmérő). Ezek alapján meghatározható volt a műveletelemek időtartama, a faegyed kitermelésének időtar-tama, az egyes faegyedek nettó fatérfogata. Továbbá az időtartam és a nettó fatérfogat hányadosa alapján a fajlagos időszükséglet.

Motorfűrészszel végzett munka esetében, jelen kutatás szempontjából az alábbi művele-telemek a figyelembe veendőek:

- Fa felkeresése (FF): a kidöntendő fa megközelítése, szemrevételezése, döntési irány meghatározása;
- Fakörnyéktisztítás (TI): a döntést akadályozó és a menekülési útban lévő növényzet felszámolása;
- Döntés (D): a hajk elkészítésének kezdetétől a fa ledőléséig eltelt idő.
- Gallyazás (G): Döntött fák gallyazása a vágásteren.

Harveszterrel végzett munka esetében, jelen kutatás szempontjából az alábbi művele-telemek a fontosak:

- Fa felkeresése (F): a harveszterfejjel a fa törzsének megfogása;
- Döntés, felkészítés (D): a döntést, előközelítést, gallyazást, választékolást, darabo-lást és a választékok minőség szerinti rakásolását magába foglaló műveletelem.

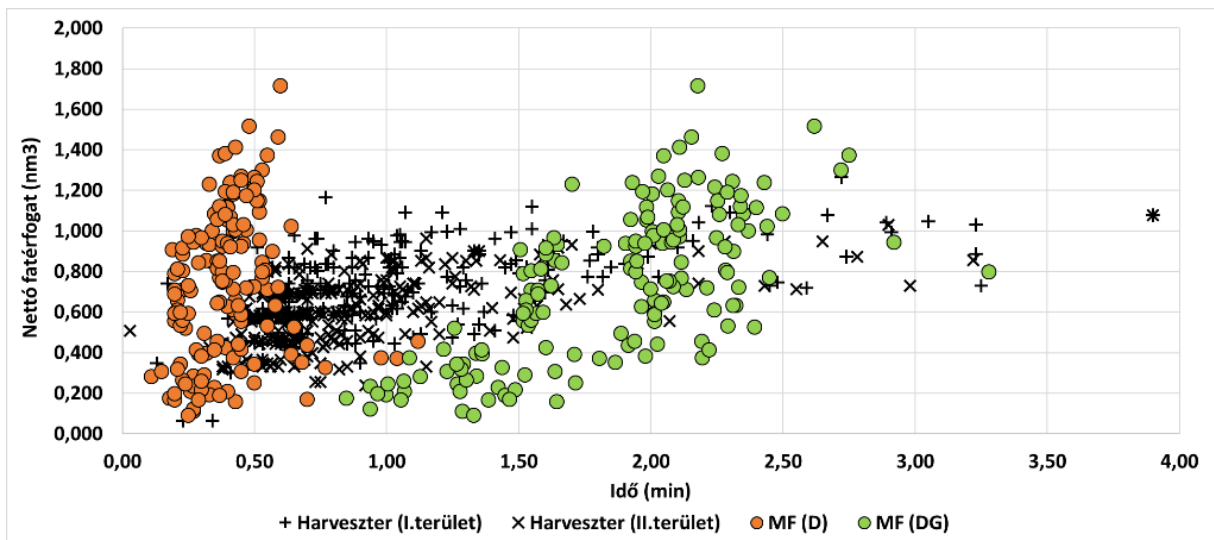
Látható, hogy a két fakitermelési megoldás (1. ábra) jelentősen eltér egymástól, össze-hasonlításuk nehézkes. Motorfűrészszel vizsgálatok esetében a fakitermelés kivitelezésétől függően kétféle módon történt az adatgyűjtés. Egyik esetben az adatrögzítések során a vá-gásteren csak a faegyedek döntése történt meg, a gallyazás és további műveletek 1-2 nappal később valósultak meg, így azok felvételezésére nem volt lehetőség. Ezen esetekben a mell-magassági átmérők és famagasságok rögzítésre kerültek, így a nettó fatérfogatot a vé-konyfa százalékok felhasználásával kerültek meghatározásra. Másik esetben a gallyazás is megtörtént a döntést követően, így ezen művelet időtartama is rögzíthető volt. Kapcsolt vizs-gálat eredményeképpen – amely a közelítőgépre irányult – ismertek az adott faegyedekből termelt választékok adatai, így meghatározhatók a nettó fatérfogatok. Döntést követően a faegyedet sorszámmal látták el, így nyomon követhető volt a térben és időben elhúzó-dó vizsgálat során. Harveszter esetében minden művelet a vágásterületen történt és minden szükséges adat a tő mellett rögzíthető volt. Az adatok kiértékelésénél motorfűrészszel esetében a 'Döntés' és a 'Gallyazás', harveszter esetében a 'Döntés, felkészítés' műveletelem adatai kerültek felhasználásra. A 'Fa felkeresése' és a 'Fakörnyéktisztítás' műveletelemeket el-hagytuk, mivel motorfűrészszel esetében számottevően hosszabb időtartamúak, ezáltal torzítot-ták volna az adatokat, valamint még inkább megnehezítették volna az összehasonlítást.



1. ábra: Harveszterrel és motorfűrészsel végrehajtott nemesnyár tarvágás.
Forrás: Saját fotó.

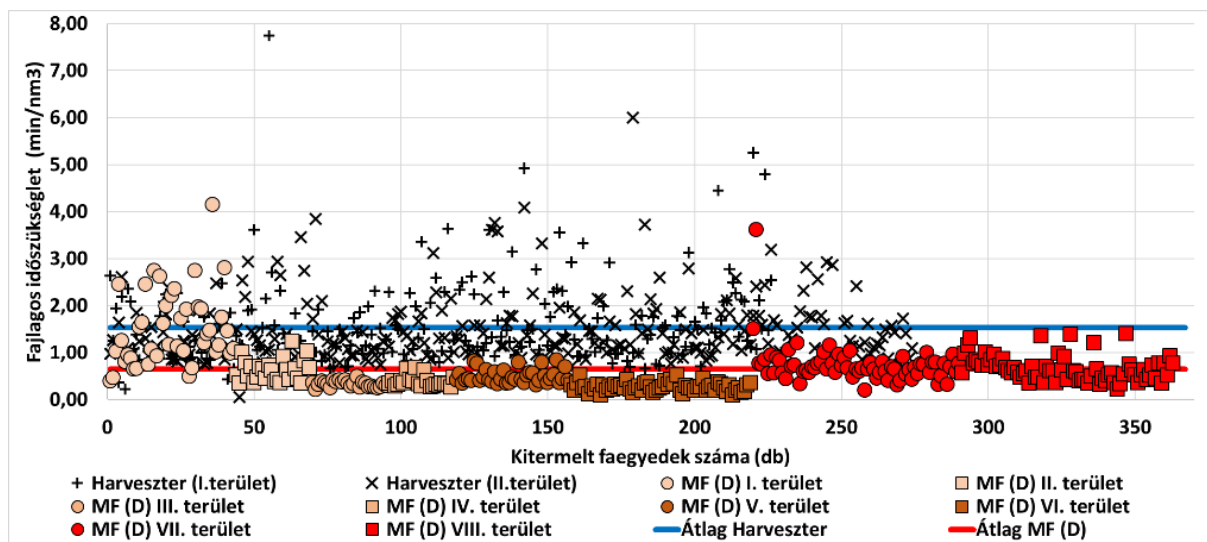
Eredmények

A terepi mérésekből származó egy-egy kitermelt fához tartozó fakitermelési idő és nettó fatérfogat adatok szerepelnek az 2. ábrán. Harveszteres fakitermelésből származó adathalmaz nagy területen helyezkedik el. Jellemzően 0,3 - 0,9 nm³-es faegyedek kitermelése (döntéstől a rakásolásig) történt meg 0,5 – 1,2 perc alatt. Motorfűrész esetében, ha csak a 'Döntés'-t vesszük alapul, akkor azt tapasztaljuk, hogy egy viszonylag függőleges pontfelhő alakult ki 0,2 – 0,6 perces időszámban. 'Döntés'-t és 'Gallyazás'-t együtt vizsgálva, azt látjuk, hogy az adatok jobban szóródnak jobbra-felfelé irányba. A 0,2 nm³-es faegyedek döntésgallyazása 1,0 – 1,5 percig tartott, az 1,4 nm³-es fáké 2 – 2,5 percig.



2. ábra: Motorfűrészsel végzett döntés és döntés-gallyazás, valamint harveszterrel végrehajtott fakitermelés időtartama nettó fatérfogat függvényében. Forrás: Saját szerkesztés.

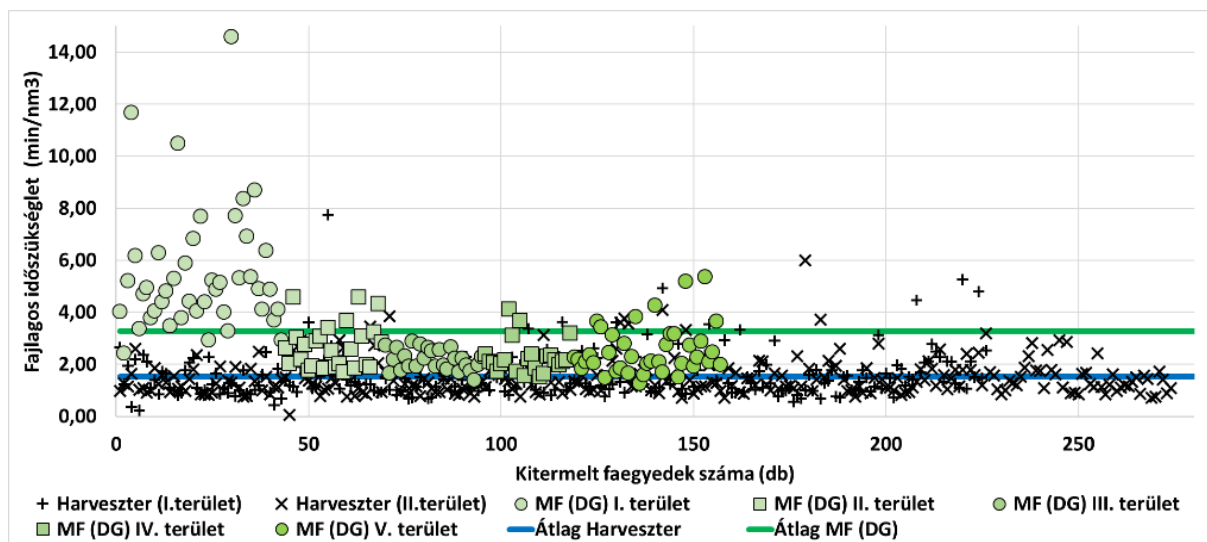
A kitermelt faegyedek esetében meghatároztuk a fajlagos időszükségleteket. A 3. ábrán a motorfűrészsel végzett döntés és a harveszterrel végrehajtott fakitermelés fajlagos időszükségletei láthatók az egyes fák esetében. A döntés fajlagos időszükséglet adatai viszonylag kis szórással a 0,65 min/nm³ átlag körül helyezkednek el (min.: 0,086 min/nm³, max.: 4,148 min/nm³). Míg harveszter esetében az 1,53 min/nm³ átlag értékhez képest nagyon szórnak az adatok (min.: 0,059 min/nm³, max.: 7,742 min/nm³).



3. ábra: Motorfűrészsel végzett döntés és harveszterrel végrehajtott fakitermelés fajlagos időszüksége. Forrás: Saját szerkesztés.

A motorfűrész adatok átlagosan 1 perccel alacsonyabbak, de nem szabad megfeledkezni arról, hogy ez esetben csak a döntésre, míg a harveszter esetében a választékok területen történő rakásolásáig vonatkoznak az adatok.

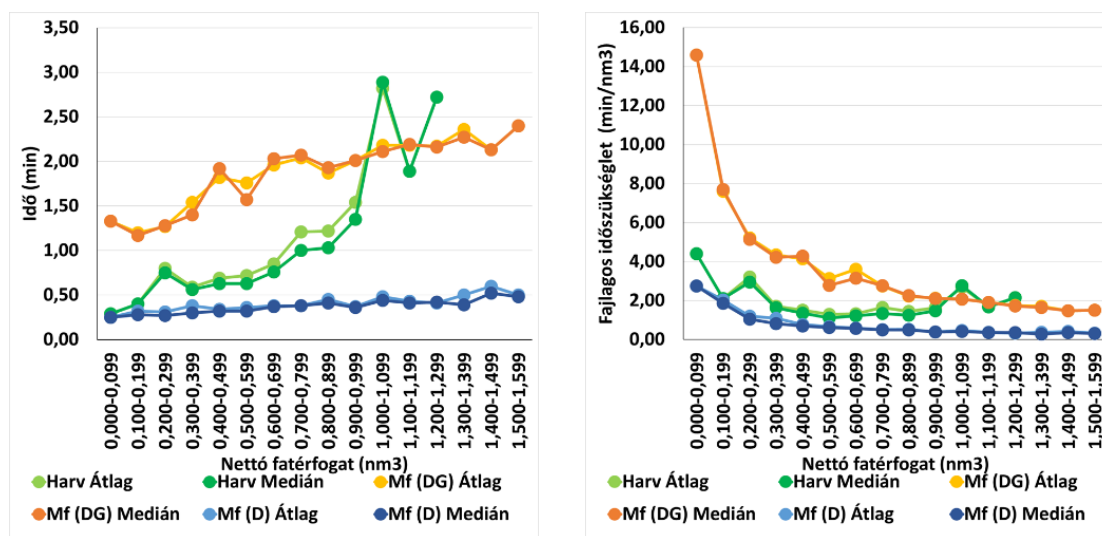
A 4. ábrán a harveszteres fajlagos időszükséglet adatok mellett azon motorfűrész adatok láthatók, ahol a döntést követően a nemes nyár egyedek gallyazásai is megvalósultak. Ez esetben az átlagos fajlagos időszükséglet 3,28 min/nm³ lett. Az adatok a 2. ábrához hasonlóan nagyobb szórást mutatnak (min.: 1,271 min/nm³, max.: 14,588 min/nm³). A motorfűrész átlagadat így már több mint kétszerese a harveszter fajlagos időszükségletének, továbbá a motormanuális fakitermelés esetében még nem történt meg a választékolás és a darabolás.



4. ábra: Motorfűrészsel végzett döntés-gallyazás és harveszterrel végrehajtott fakitermelés fajlagos időszüksége. Forrás: Saját szerkesztés.

Ezek alapján elmondható, hogy a harveszterekkel, folyamatgépesített szinten nagyobb teljesítménnyel valósíthatók meg a nemes nyár állományok kitermelése, mint motormanuális szinten, motorfűrészekkel.

A fakitermeléseket hasonló méretű gépekkel (motorfűrész, harveszter) hajtották végre. Harveszterek esetében a harveszterfejek átmérőtartományokra vannak optimalizálva, így érdemes megvizsgálni, hogy nettó fatérfogatcsoportok esetében hogy alakultak a kitermelési idő és a fajlagos időszükséglet adatok. Az 5. ábrán láthatók a nettó fatérfogat csoportok kitermelési idő és fajlagos időszükséglet átlagai, valamint mediánjai. Motorfűrész esetében a döntési idők átlagai és mediánjai enyhe emelkedéssel követik a nettó fatérfogat növekedését. A döntés-gallyazás ideje intenzívebb emelkedést mutat. A harveszteres fakitermelés időadatai exponenciális növekednek. 1 nm³ feletti faegyedek esetében már meghaladja a motorfűrészsel végzett döntés-gallyazás időadatait. Ezen méretű fák már nagy koronával, vastag oldalágakkal rendelkeznek, amelyek sok esetben a harveszterfej ívkéseivel már nem vághatók le. A fej oldalra történő áthelyezését követően a fűrészláncos vágószerkezettel kell eltávolítani a törzsről, ami jelentős időszükséglettel jár.

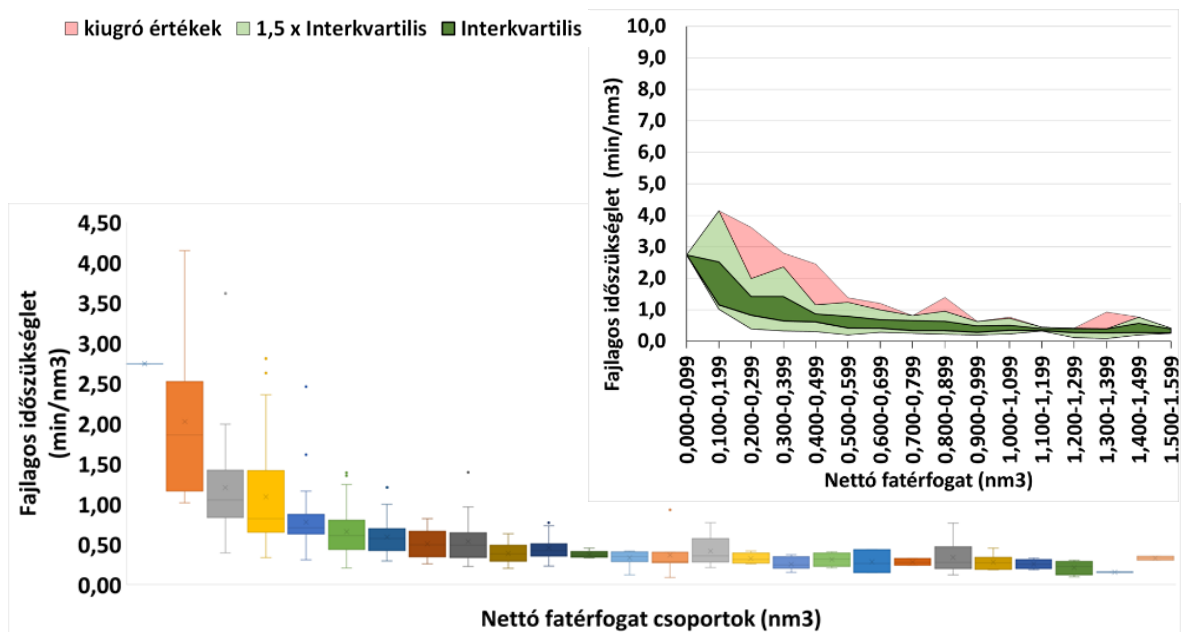


5. ábra Átlag és medián értékek alakulása: időtartam és fajlagos időszükséglet esetében nettó fatérfogat csoportonként. Forrás: Saját szerkesztés.

Az egyes fák kitermelésére fordított időadatok és fajlagos időszükségleti adatok nettó fatérfogat csoportonkénti eloszlásának vizsgálata mélyebb összefüggéseket mutat meg az átlagidőknél. A 6-8. ábrán megjelenő téglalapok (dobozok) szélei mutatják az alsó és felső kvartilis közötti távolságot, míg a középen megjelenő vonal a medián értékét. Az ábrán, a dobozokban található X jelöli az átlagot. Az interkvartilis (felső és alsó kvartilis különbsége) másfélszerese a dobozból felfelé és lefelé irányuló vonalak hosszának (ACS ET AL., 2014).

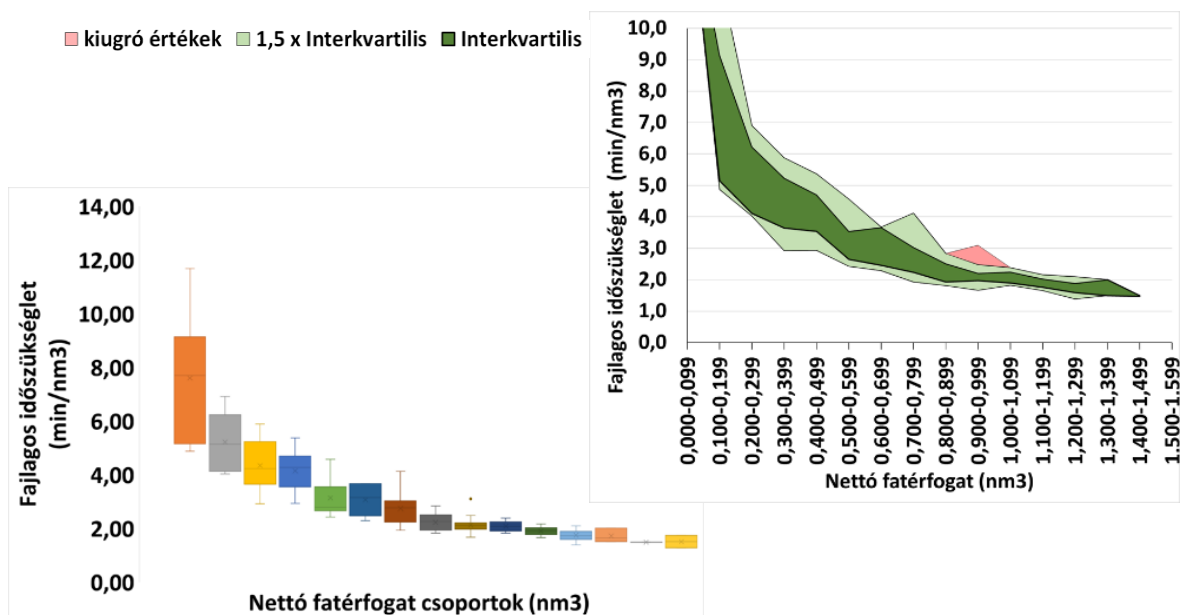
Legnagyobb adatsor motorfűrészkes döntés esetében állt rendelkezésre, mind darabszám, mind fatérfogat spektrum tekintetében. Fatérfogat vizsgálatánál kisebb adathalmazzal dolgoztunk motorfűrészkes döntés-gallyazás és harveszteres fakitermelés esetében, ezért rövidebbek ezen diagrammok.

Időadatok és fajlagos időszükségleti adatok nettó fatérfogat csoportonkénti eloszlásának vizsgálata alapján megállapítható, hogy az 5. ábrán megfigyelhető tendenciák helytállóak, az adatsorok kevés kiugró adatot tartalmaznak, így az átlag és medián értékek nem torzultak. Az 6-8. ábrán látható nettó fatérfogat csoportonkénti dobozok az interkvartiliseket tartalmazzák, azaz adathalmazok középső 50%-át. A legjellemzőbb adatok által rajzolódik ki tehát az időtartamok és fajlagos időszükségletek (döntés, döntés-gallyazás, fakitermelés) tendenciái, melyek így megbízhatóak. Az egyes nettó fatérfogat csoportok interkvartiliseit (alsó, felső), interkvartilisek másfélszereseit (alsó, felső) és a kiugró értékeket (alsó, felső) látványosabb módon, azonos koordináta tengely határok között szemlélteti az ábrák jobb felső része.



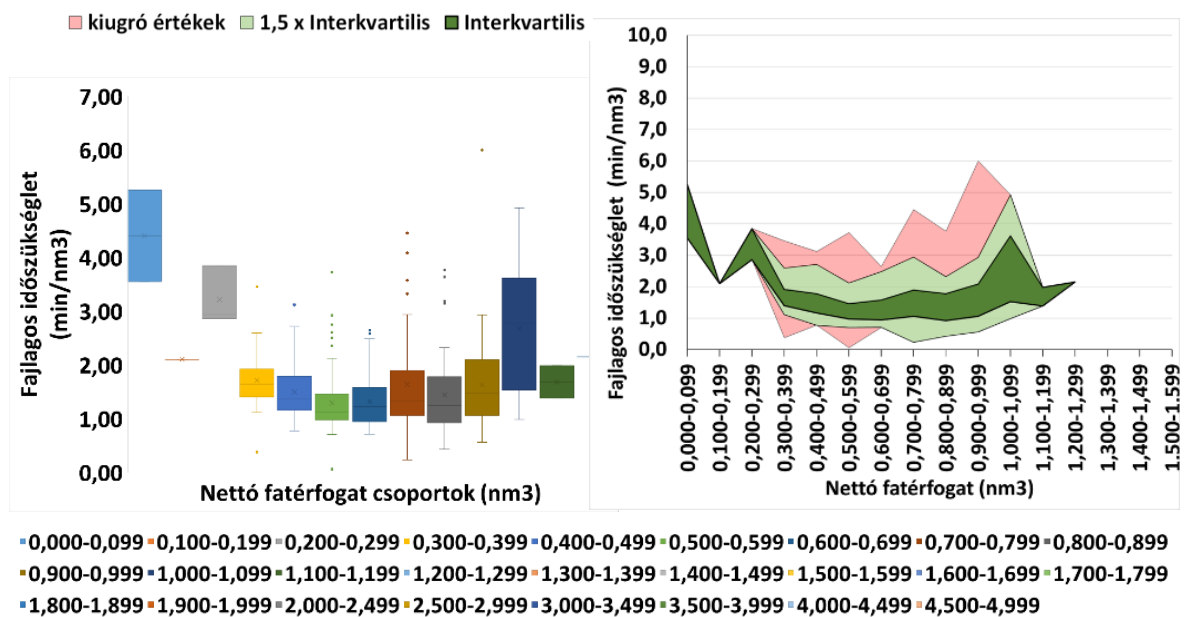
■ 0,000-0,099 ■ 0,100-0,199 ■ 0,200-0,299 ■ 0,300-0,399 ■ 0,400-0,499 ■ 0,500-0,599 ■ 0,600-0,699 ■ 0,700-0,799 ■ 0,800-0,899
 ■ 0,900-0,999 ■ 1,000-1,099 ■ 1,100-1,199 ■ 1,200-1,299 ■ 1,300-1,399 ■ 1,400-1,499 ■ 1,500-1,599 ■ 1,600-1,699 ■ 1,700-1,799
 ■ 1,800-1,899 ■ 1,900-1,999 ■ 2,000-2,499 ■ 2,500-2,999 ■ 3,000-3,499 ■ 3,500-3,999 ■ 4,000-4,499 ■ 4,500-4,999

6. ábra: Motorfűrészsel végzett döntés fajlagos időszükségletének eloszlása nettó fatérfogat csoportonként. Forrás: Saját szerkesztés.



■ 0,000-0,099 ■ 0,100-0,199 ■ 0,200-0,299 ■ 0,300-0,399 ■ 0,400-0,499 ■ 0,500-0,599 ■ 0,600-0,699 ■ 0,700-0,799 ■ 0,800-0,899
 ■ 0,900-0,999 ■ 1,000-1,099 ■ 1,100-1,199 ■ 1,200-1,299 ■ 1,300-1,399 ■ 1,400-1,499 ■ 1,500-1,599 ■ 1,600-1,699 ■ 1,700-1,799
 ■ 1,800-1,899 ■ 1,900-1,999 ■ 2,000-2,499 ■ 2,500-2,999 ■ 3,000-3,499 ■ 3,500-3,999 ■ 4,000-4,499 ■ 4,500-4,999

7. ábra: Motorfűrészsel végzett döntés-gallyazás fajlagos időszükségletének eloszlása nettó fatérfogat csoportonként. Forrás: Saját szerkesztés.



8. ábra: Harveszterrel végrehajtott fakitermelés fajlagos időszükségletének eloszlása nettó fatérfogat csoportonként. Forrás: Saját szerkesztés.

Következtetések

A kutatás alátámasztotta, hogy a magasan gépesített fakitermelésekben alkalmazott harveszterek, a folyamatgépesített fakitermelési technikai szint legjellemzőbb vezérgépei, magasabb teljesítmény elérésére képesek, mint ami a hagyományos módon motorfűrészsel végrehajtott fakitermelés esetében elérhető. Ezen kijelentés csak akkor helytálló, ha a kitermelendő állomány paramétereinek megfelelő gépeket alkalmazunk.

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció a „GINOP-2.3.3-15-2016-00039 – Fás biomassa termesztési feltételeinek vizsgálata” című projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- ÁCS P. – OLÁH A. – KARAMÁNNÉ PAKAI A. – RAPOSA L. (2014): Gyakorlati adatelemzés. Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar; Pécs; ISBN 978-963-642-682-8; 280 p.
- DELI GY. M. (2021): Az alföldi fakitermelések gépesítésének lehetőségei. Diplomamunka. Sopron, 74 p.
- HORVÁTH A. L. – SZNÉ. MÁTYÁS K. – HORVÁTH B. (2012): Investigation of the Applicability of Multi-Operational Logging Machines in Hardwood Stands. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica Vol. 8, Magyar Tudományos Akadémia Erdészeti Bizottsága, Sopron, ISSN 1786-691X, pp 9-20.
- HORVÁTH A. L. (2015): Többműveletes fakitermelő gépek a hazai lombos állományok felhasználásában. NYME EMK EMKI, Doctoral (PhD) dissertation, Sopron, 180 p.
- RUMPF J. (SZERK.), HORVÁTH A. L., MAJOR T., SZAKÁLOS NÉ MÁTYÁS K. (2016): Erdőhasználat, Mezőgazda Kiadó, Budapest, ISBN:9789632867199, 390 p.
- SZABÓ M. (2019): Nemesnyár állományok fakitermelésének vizsgálata magán-erdőgazdálkodásban. Diplomamunka. Sopron, 54 p.

MUNKAVÉDELEM ÉS KÖRNYEZETTUDATOSSÁG A MOTORFŰRÉSZ HASZNÁLÓK KÖRÉBEN

Occupational safety and environmental awareness among chainsaw users

MAJOR TAMÁS¹, KOZÁK GÁBOR²

¹ Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet

² Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet
major.tamas@uni-sopron.hu

Kivonat

A fakitermelés és a motorfűrészszel végzett munka az egyik legveszélyesebb tevékenységnek számít. Nap mint nap nehéz gépekkel, hosszú órákat dolgoznak, nehéz körülmények között, amely nem csak rendkívüli figyelmet, hanem nagy energiát is igényel.

Az utóbbi években ugyanakkor egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek nem csak a különböző vállalkozások, hanem a magánszemélyek is a környezettudatosságra.

Országos felmérést végeztünk Google kérdőív segítségével, melynek a második részében a munkavédelemmel kapcsolatos kérdéseket tettünk fel, míg a harmadik részben a motorfűrész használók környezettudatosságára voltunk kíváncsiak.

Jelen cikkünkben ezen kérdésekre adott válaszokat elemezzük a kapott 385 válasz alapján.

Abstract

Logging and chainsaw work are among the most dangerous activities. Working with heavy machinery, for long hours every day, in difficult conditions that require not only extreme attention but also a lot of energy.

In recent years, however, there has been a growing emphasis on environmental awareness, not only among businesses but also among individuals.

A nationwide survey was carried out using a Google questionnaire, the second part of which included questions on occupational health and safety, while the third part focused on the environmental awareness of chainsaw users.

In this article, we analyse the answers to these questions on the basis of the 385 responses received.

Bevezetés

A motorfűrész kialakulásának, elterjedésének kezdete a XVIII. század végére és a XIX. század elejére nyúlik vissza. Magyarországon az 50'-es évek közepétől kezdték el rendszeresen használni a fakitermelésekben, majd később más területeken (mezőgazdaság, ipar, sőt a háztartásokban) is megjelent. (SZEPESI, 1963; HORVÁTH, 2016).

A fakitermelés és a motorfűrészszel végzett munka az egyik legveszélyesebb tevékenységnek számít, hiszen 28-szor nagyobb valószínűséggel hal meg ezen a területen egy szakember, mint más munkakörök esetén, derül ki egy 2019-ben publikált amerikai statisztikai felmérésből (WEB 1). Nap mint nap nehéz gépekkel, hosszú órákat dolgoznak, nehéz körülmények között, amely nem csak rendkívüli figyelmet, hanem nagy energiát is igényel. Az utóbbi években ugyanakkor egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek nem csak a különböző vállalkozások, hanem a magánszemélyek is a környezettudatosságra.

Fentiek miatt kutatásaink során vizsgáltuk, hogy a különböző tevékenységi köröket végzők miként látják a motorfűrészszel végzett munka veszélyességét, milyen gyakran történt velük baleset, milyen munkavédelmi felszereléseket használnak. A környezettudatossággal

kapcsolatban pedig, hogy mi a véleményük a biológiailag lebomló lánckenő olajok és az akkumulátoros fűrészek használatáról, ezek miként befolyásolják vásárlási szokásaikat.

Vizsgálatok leírása

Kutatásunk során egy országos felmérést készítettünk. Az adatgyűjtést Google kérdőív segítségével végeztük (KOZÁK, 2020).

A megcélzott populációt 5 célcsoportra bontottuk:

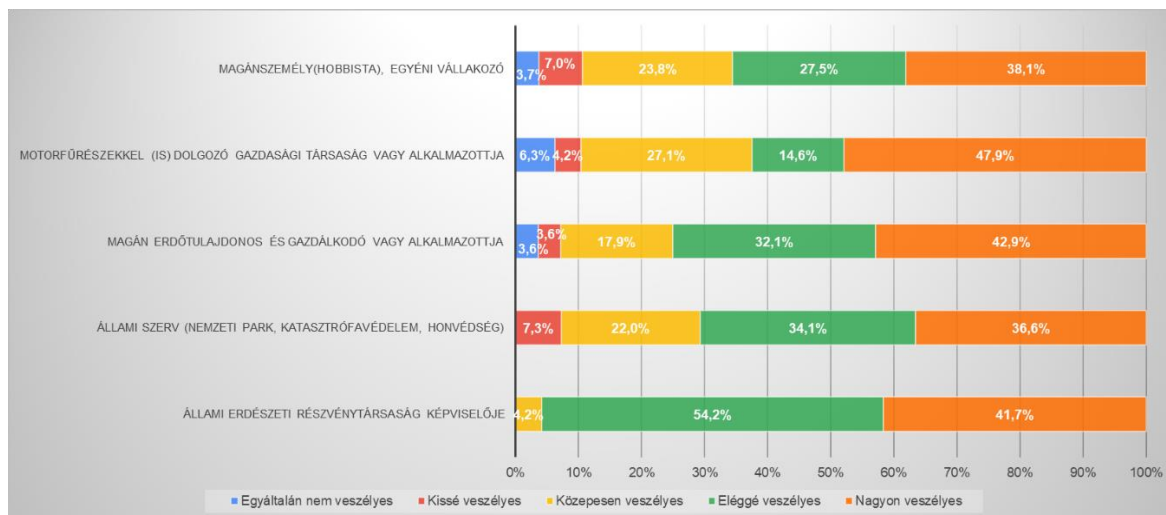
- Állami Erdőgazdaságok;
- Állami szervek (Nemzeti Parkok, Katasztrófavédelem, Honvédség);
- Magán erdőtulajdonosok és gazdálkodók, vagy alkalmazottjaik;
- Motorfűrészekkel dolgozó gazdasági társaságok, vagy alkalmazottjaik;
- Magánszemélyek, egyéni vállalkozók.

A kérdőív elérhetőségét a megcélzott populáció számos tagjának megküldtük. A szakmai médiában is felhívtuk rá a figyelmet, továbbá közösségi oldalakon is megosztottuk. A kérdőív kitöltésére több mint két hónap állt rendelkezésre. A felmérést 385 fő töltötte ki.

Az első célcsoportból, a jelenleg Magyarországon működő 22 állami erdőgazdaságból 15-en vettek részt a kutatásban, és járultak hozzá kitöltésükkel a felmérés sikerességéhez. A magyar erdőgazdaságokon kívül – 16. erdőgazdaságként – a romániai, Hargita Megyei Állami Erdészet Csíkszeredai Erdészet Igazgatósága is kitöltötte a kérdőívet. A 10 hazai Nemzeti Park közül 8-an töltötték ki a kérdőívet. Ezen részcsoport csoportbeli részvételi aránya 80%-os volt. Katasztrófavédelmi szervek közül 31-en töltötték ki a kérdőívet, valamint két Szakgimnázium járult hozzá a felméréshez. A magán erdőtulajdonos és gazdálkodó célcsoportból 28-an adtak választ a kérdőívben feltett kérdésekre.

A motorfűrészsel végzett munka veszélyessége

A munkavédelemmel kapcsolatos első kérdésünkkel azt vizsgáltuk, hogy a különböző tevékenységi köröket végzők miként látják a motorfűrészsel végzett munka veszélyességét (1. ábra).

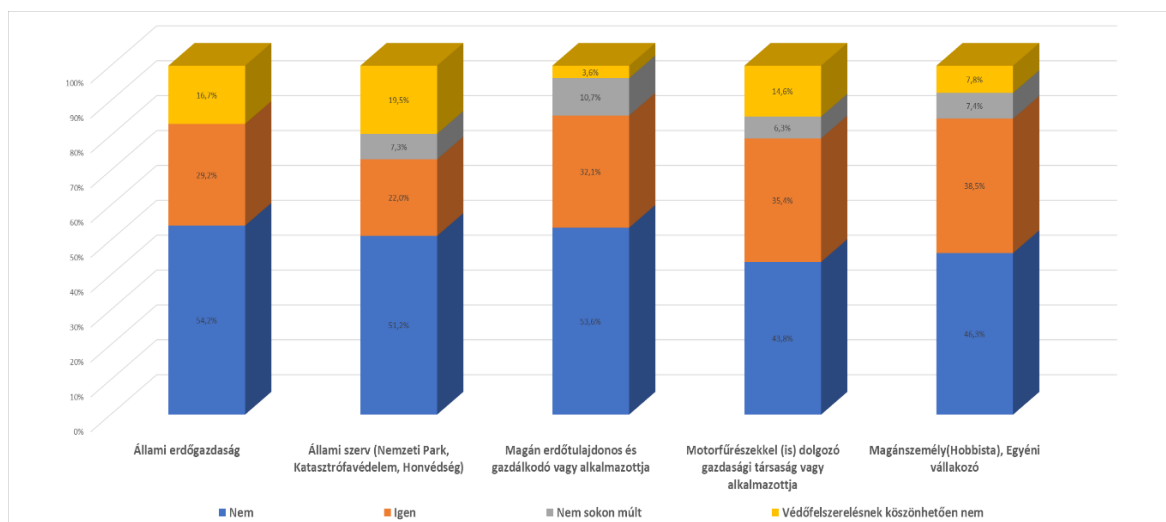


1. ábra. Motorfűrész veszélyességének megítélése tevékenységi körök szerint

Nagyon **veszélyesnek érzi** a motorfűrész használatát az állami szervek döntő többsége 36,6%-a, a magánerdő tulajdonosok és gazdálkodók 42,9%-a, a gazdasági társaságok 47,9%-a és a magánszemélyek és egyéni vállalkozások 38,1%-a. Az állami erdőgazdaságok 54,2%-a szintén eléggé veszélyesnek ítélik meg a motorfűrész veszélyességét.

Összességében a megkérdezettek 39,7%-a gondolja úgy, hogy nagyon veszélyes a motorfűrész használata, 28,6%-a eléggé veszélyesnek érzi, 22,3%-a közepesen veszélyesnek gondolja és szerencsére csak 6%-a gondolja azt, hogy kissé veszélyes és 3,4%-a, hogy egyáltalán nem veszélyes.

A motorfűrész munkavégzésével kapcsolatos második kérdésünk az eddig **előfordult balesetekre** vonatkozott. A válaszadók 47,5%-a nem, 7%-ának nem sokon múlt, 10,1%-a védőfelszerelésnek köszönhetően nem szenvedett balesetet motorfűrészrel végzett munka során (2. ábra).



2. ábra. Motorfűrész okozta balesetek megoszlása a felmérésben

Sajnálatos módon 136 fő, azaz az összes megkérdezett 35,3%-a szenvedett már motorfűrészrel balesetet. A legnagyobb arányban a **magánszemélyek és egyéni vállalkozások** körében fordult elő balesetet. A **gazdasági társaságok és magánerdő-tulajdonosok** esetében is minden harmadik személy sérült már meg motorfűrész által.

A motorfűrészrel való munka veszélyességét jelen felmérésben is jól lehet érzékelni, ezért is lenne kötelező védőfelszerelést használni bármilyen körülmények között, ha motorfűrész van a kezünkben. Az alapsokaság 10%-a (39 fő) védőfelszerelések használata miatt nem szenvedett el komolyabb sérülést.

A munkavédelmi felszerelések használata

Korunk munkavédelmi felszerelései egyre inkább specializálódtak az egyes munkakörökhez azért, hogy a súlyos és halálos balesetek számát, és azok előfordulásának valószínűségét minimalizálni tudják. A motorfűrész használók – legyen az fakitermelésben, tűzifadarabolásnál, de még egy egyszerűbb ácsmunkánál is – személyes védelme a legfontosabb. A szaktalpak széles termékpalettája lehetővé teszi a különféle speciális munkavédelmi ruházatok, eszközök és termékek elérhetőségét, melyek használata – magánszemélyek otthoni munkavégzésén kívül – kötelező, számos erdészeti tevékenység elvégzése közben.

A felmérés szerint a **vállalkozóikra bízta** a döntést az állami erdőgazdaságok 33,3%-a és a magánerdő tulajdonosok 7,1%-a, hogy használtatnak-e védőfelszerelést a dolgozóikkal vagy sem, ezzel vállalva az esetleges ellenőrzésekből származó bírságot.

A kérdőívben 16 különböző munkavédelmi felszerelés használatára kérdeztünk rá. Itt ezek közül a legfontosabb védőfelszerelések használatát mutatjuk be. Arra voltunk kíváncsiak, hogy az egyes védőfelszerelések közül melyeket viselik saját testi épségük megóvása érdekében. Mivel ennél a kérdéskörnél egyszerre több válasz is megjelölhető volt a kérdőívben, ezért nagyobb a százalékban kapott eredmények összessége 100%-nál, hiszen

munkatípustól és/vagy évszaktól függően változó védőszereléseket viselnek a kutatásban megkérdezettek.

Felmérésünk szerint a legfontosabb **munkavédelmi felszerelések alkalmazása** a következőképpen alakult.

A válaszadók túlnyomó többsége, 89,4%-a használ rendszeresen **munkavédelmi bakancsot**, akik közül a speciális vágásbetétes bakancsot viselők aránya megközelíti a 40%-ot.

Nadrág viselését tekintve a munkásnadrágot a megkérdezettek 42,1%-a (162 fő) viseli, míg vágásbetétes – és nem vágásbiztos – nadrágot hord fűrészeléshez a megkérdezettek 41,3%-a (159 fő).

Megnyugtató az a tény, hogy a **fej és fül védelmének** érdekében a válaszadók 51,7%-a (199 fő) kombinált védősisakot (fültok + arcvédő rostély + sisak), 68,8%-a (265 fő) fültokot használ munkavégzés közben, ezzel szemben füldugót és fültok+ arcvédő rostélyt csak kb. 10%-a alkalmazza munkavégzés közben. A motorfűrészrel dolgozók 33,5%-a (129 fő) csupán a védőszemüveget veszik fel.

Kabátot (zubbonyt) a megkérdezettek 29,6%-a (114 fő), míg vágásbetétes kabátot csak 7,5%-a (29 fő) használ, ebből a legnagyobb arányban az állami szervek és a magánerdő gazdálkodók köréből.

Alapfelszerelés a **munkavédelmi kesztyű**, amelyet szerencsére sokan használnak. Pontosán 296 fő hord védőkesztyűt, ami a megkérdezettek 76,9%-át teszi ki.

Arra a kérdésre, hogy nyáron semmilyen védőfelszerelést nem viselnek a motorfűrész használata közben, szerencsére igen kevés válasz érkezett (a kitöltők 3,1%-a).

Az alapsokaság részét képezik az állami szerveken belül az egyes állami és önkéntes tűzoltóságok is. Ők egyértelműen bevetési védőruházatot, tűzoltó védősisakot, tűzoltó védőkesztyűt és tűzoltó csizmát szükséges, hogy viseljenek a mentési munkálatok során.

A biológiailag lebomló lánckenő-olaj használata

A biológiailag lebomló lánckenőolajat már 1985-ben kifejlesztették a talajok védelmének érdekében, mégis megoszló a használatuk és tapasztalatok velük szemben.

Jelenleg a válaszadók 28,1%-a (108 fő) használja, míg 71,9%-a (277 fő) nem használja a „bio-olajat”.

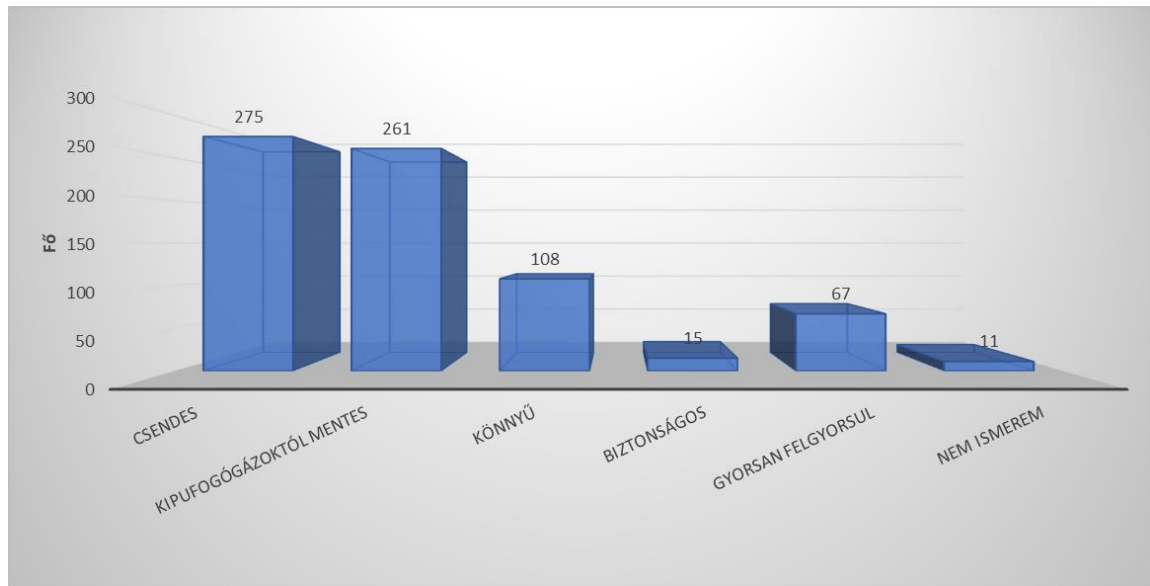
83,4%-a (321 fő) szívesen használná, ha kevesebbe kerülne, mint a sima lánckenőolaj. 64 fő (16,6%) akkor sem használna biológiailag lebomló lánckenőolajat, 6,2 % azért nem mert ragadós, a többiek nem indokolták.

A válaszadók 6,2%-a (24 fő) akkor sem használna biológiailag lebomló növényi lánckenőolajat, ha olcsóbb lenne, mint a hagyományos (lassabban lebomló), mivel számukra túl ragadós.

Akkumulátoros fűrészek

A 2000-es évek elején jelentek meg az akkumulátoros fűrészek. A felmérésben ezen témakör esetében az emberek véleményére, igényeire és tapasztalataira voltunk kíváncsiak.

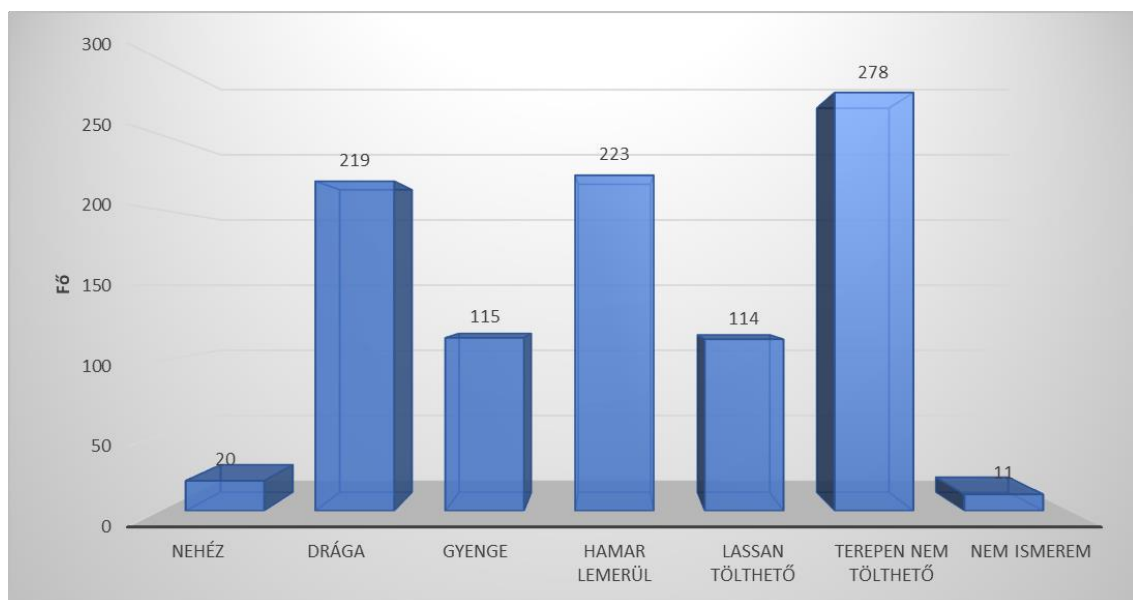
Az akkumulátoros fűrészek előnyeit kérdeztük meg első körben. A válaszadók 71,4%-a (275 fő) szerint csendesebb; 67,8%-a (261 fő) szerint az előnye az, hogy kipufogógázoktól mentes; 28,1%-a (108 fő) mondja azt, hogy a súlya könnyű; 3,9%-a (15 fő) véli azt, hogy biztonságosabb és 17,4%-a (67 fő) szerint az előnye, hogy nagyon gyorsan felgyorsul (a maximális nyomaték azonnal rendelkezésre áll). Az alapsokaság csupán 2,9%-a (11 fő) nyilatkozott úgy, hogy nem ismeri, nincs tapasztalata az akkumulátoros fűrészekkel kapcsolatosan (3. ábra).



3. ábra. Akkumulátoros fűrészek előnyei

A következő kérdés az akkumulátoros fűrészek hátrányait kutatja.

A válaszadók 5,2%-a (20 fő) véli hátrányként, hogy nehéz az akkumulátoros motorfűrész; 56,9% (219 fő) szerint ezen típusú gépek hátránya, hogy viszonylag drágák; 29,9% (115 fő) nyilatkozta, hogy gyenge teljesítményűek. A válaszadók több mint fele, 57,9% (223 fő) gondolja azt, hogy hamar lemerülnek, 29,6%-nak (114 fő) jelent problémát, hogy az akkumulátor töltési ideje hosszú; 72,2 %-a (278 fő) hátrányként ítéli meg azt, hogy terepen (erdőben) nem lehet tölteni a gépeket. Az alapsokaság 2,9%-a (11 fő) nem ismeri, nincs tapasztalata az akkumulátoros fűrészekkel kapcsolatban (4. ábra).



4. ábra. Akkumulátoros fűrészek hátrányai

A felmérésben részt vevők közül 84-en (21,8%) vásárolnának feltétel nélkül akkumulátoros motorfűrész, 103-an (26,8%) akkor vásárolnának, ha az akkumulátor üzemideje hosszabb lenne, valamint további 86-an (22,3%) nyilatkozták azt, hogy ha olcsóbbak lennének az akkumulátoros fűrészek akkor szívesen vásárolnának olyat.

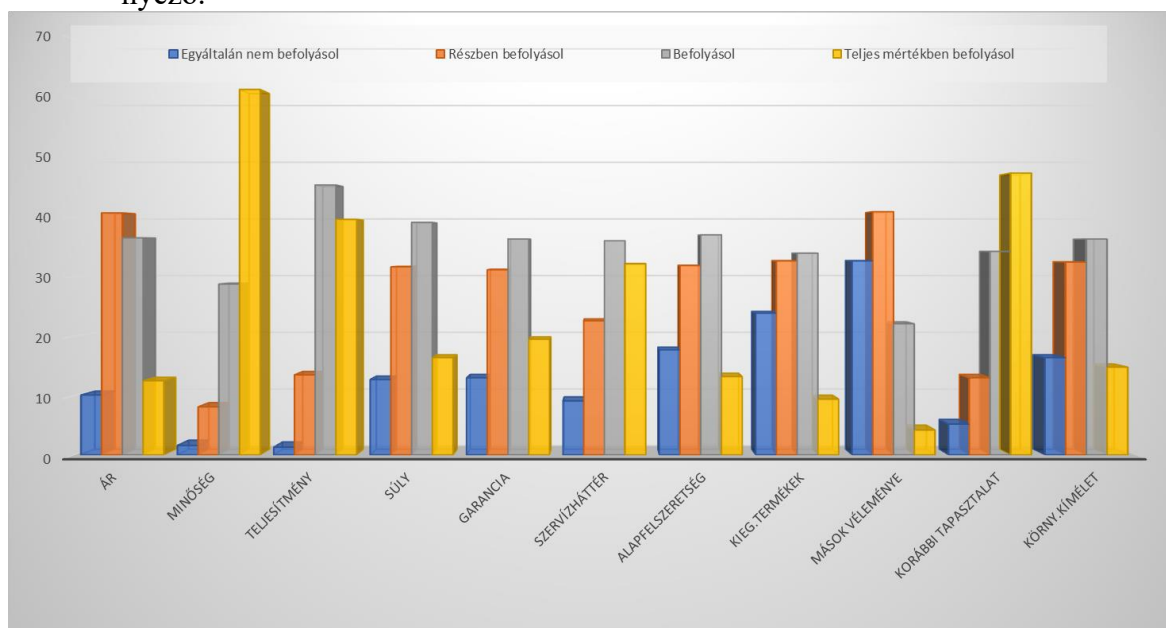
A válaszadók közül 45 személy (11,7%) azért nem vásárolna akkumulátoros fűrészt mert erdőgazdálkodási célokra alkalmatlanok, 1 fő (0,3%) azért nem vásárolna mert az EBSZ tiltja a használatát és 3 fő (0,8%) mentési munkákra alkalmatlannak találja.

Motorfűrészek vásárlását befolyásoló tényezők

A motorfűrészek vásárlását befolyásoló tényezőket az 5. ábra szemlélteti.

Összességében elmondható, hogy motorfűrész vásárlásnál:

- a minőség és a korábbi tapasztalatok teljes mértékben befolyásoló tényezők;
- a teljesítmény, a súly, a garancia, a szervizhálózat, az alapfelszereltség, a kiegészítő termékek, a környezet-kíméletesség befolyásoló tényezők;
- az ár és mások véleménye részben befolyásoló tényezők;
- az állami támogatás (a releváns célcsoportoknál) egyáltalán nem befolyásoló tényező.



5. ábra. Motorfűrész vásárlását befolyásoló tényezők megoszlása a felmérésben

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Fás biomassza termesztési feltételeinek vizsgálata” (GINOP-2.3.3-15-2016-00039) projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

HORVÁTH B. et. al. (2013): Motor- és tisztítófűrészek, Nemzeti Agrárszaktanácsadási és Vidékfejlesztési Intézet, Budapest, 42-81pp.

HORVÁTH B. szerk. (2016): Erdészeti gépek. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.

KOZÁK G. (2020): Felmérés a motorfűrész használói igényekről és szokásokról. Diplomamunka, Sopron.

SZEPESI L. (1963): A motorfűrész. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

WEB 1: Amerikai Munkaügyi Statisztikai hivatal 2019-ben kiadott jelentése.

Lelőhely: <https://www.bls.gov/news.release/pdf/cfoi.pdf>

ERDEI BIOMASSZA ENERGETIKAI CÉLÚ FELHASZNÁLÁSÁNAK ERDÉSZETPOLITIKAI KIHÍVÁSAI

Challenges of biomass energy utilization for forest policy

VARGOVICS MÁTÉ¹, NAGY DÁNIEL²

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar

²NÉBIH EUTR Erdészeti Hatóság

vargovicsmate@gmail.com

Kivonat

A megújuló energiaforrások szerepe a közelmúltban jelentős mértékben felértékelődött, melyet a hazai és uniós stratégiai törekvések is egyre inkább ösztönöznek. Magyarországon az erdei biomassa-felhasználás jelentős arányt képvisel a megújuló energiahordozókon belül, ennek ellenére piaci pozíciója, társadalmi- és környezetvédelmi megítélése, támogatottsága elmarad a többi megújuló energiáétól. A dolgozat fő célja, hogy reális képet adjunk az erdei biomassa energiaszektoron belüli versenyképességéről, alkalmazásának korlátairól, kitekintve annak szabályozási keretrendszerére. A trendeket vizsgálva, idősorosan ábrázoljuk a végbemenő változásokat, összehasonlítva a különböző energiahordozókat. Távlati célunk egy komplex javaslatcsomag kidolgozása az erdei biomassa, azon belül is a tűzifa versenypozícióinak javítására és kiszámítható piaci viszonyok megteremtésére.

Abstract

The role of renewable energy sources has recently appreciated significantly, which is also encouraged by domestic and EU strategic efforts. In Hungary, forest biomass is the most significant renewable energy source, however, its market position, social perception and support background lag behind that of other renewables. The main goal of the dissertation is to give a realistic picture of the competitiveness of forest biomass in the energy sector, with special regard to the regulatory background. Examining the trends, the changes are plotted over time, comparing different energy sources. Our long-term goal is to develop a complex package of proposals to improve the competitiveness and market position of forest biomass.

Bevezetés

Dolgozatunkban a megújuló energiaforrások, azon belül is az erdei biomassa energetikai célú felhasználásnak jelenét tekintjük át többféle szempontból, eljutva az erdészetpolitikai lehetőségekig. Napjaink egyik legaktuálisabb témájává vált az energiafelhasználás kérdése, mely nemcsak környezetvédelmi, hanem ellátásbiztonsági oldalról is komoly kihívások elé van állítva. A jelenkor technológiai felkészültsége sokféle ajtót tár elénk, kérdés, hogy a mindenkori politika – eleget téve a társadalmi igényeknek – melyiken szeretne avagy kénytelen átmenni. Erdészetpolitikai szemszögből szükségszerű versenypozícióba hozni a legnagyobb részarányal bíró megújuló energiahordozónkat, az erdei biomasszát, amihez elengedhetetlen mindenekelőtt feltérképeznünk a benne rejlő potenciált, energetikai adottságait, illetve szemügyre venni annak jelen piaci és szabályozási környezetét.

Anyag és módszer

Az erdei biomassa energetikai felhasználásának egyaránt vannak környezetvédelmi, energiasztratégiai, vidékfejlesztési, adózási, erdőgazdálkodási és természetvédelmi vetületei. Bár stratégiai szinten több oldalról is megjelenik az erdei biomassa felhasználási lehetősége, megítélése szabályozási és főleg támogatási szinten már nem következetes, az egyes szereplők eltérő fogalomrendszere, másik területre vonatkozó kölcsönös ismeret hiánya

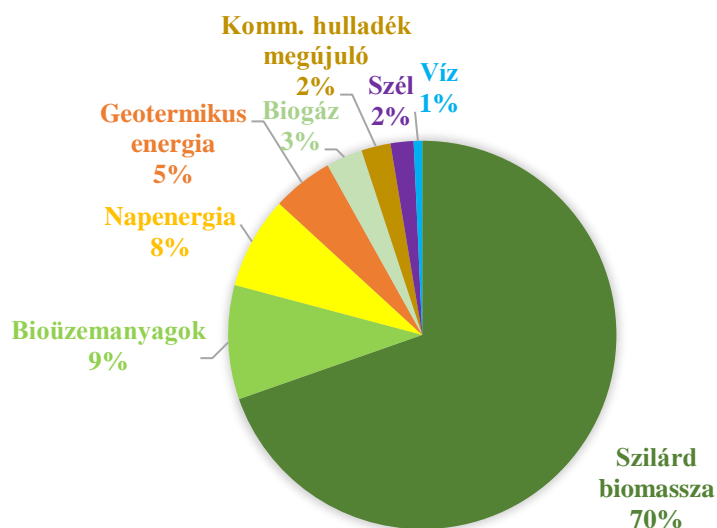
akadályozza a minden fél számára kedvezőbb, közgazdasági és környezetvédelmi szempontból középtávon is fenntartható piaci környezet kialakulását.

A terület elemzése interdiszciplináris megközelítést igényel energetikai, jogi, közgazdasági és erdészeti rész kérdések vizsgálatával. Ennek első lépésében feltáró esettanulmány módszerével, stratégiai dokumentumok, jogszabályok, a hivatalok által közreadott statisztikai adatok, valamint a piaci szereplőkkel és fogyasztókkal készített interjúk, hatósági panaszok és eljárások adatai alapján mutatjuk be az erdei biomassza felhasználás jelenlegi helyzetét, és határozzuk meg a későbbi modellalkotáshoz szükséges elemeket.

A klímaváltozás hatásainak csökkentése érdekében elengedhetetlen újragondolnunk energiapolitikánkat, melyet immár a társadalmi igények kielégítése mellett a fenntarthatóság követelményeinek figyelembevételével kell alakítanunk, természetesen a lehetőségek szabta racionális kereteken belül. Világszinten az üvegházhatású gáz kibocsátás több, mint háromnegyedéért az energiaszektor felelős, ebből kb. 17,5%-os részarányt képvisel a lakossági és kereskedelmi épületekhez köthető (világítás, főzés, fűtés stb.) energiafelhasználás (web1). Ennek értelmében ezen épületek fosszilis tüzelőanyag-felhasználásának mérséklése, visszaszorítása jelentősen hozzájárulhat a kibocsátási célok eléréséhez. Ezt egyrészt az energia-takarékosság, valamint energiahatékony megoldások segíthetik, mint például a korszerű szigetelés, másrészt pedig a megújuló energiaforrások arányát szükséges növelni az energiafelhasználáson belül.

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) legfrissebb adatai szerint a 2020-as az energiamérlegben a teljes energiaellátás több, mint kétharmadát (68%) a fosszilis energiahordozók biztosították, míg a megújuló energiaforrások 11%-ot tettek ki (az EU 2009/28/EK irányelv alapján kitűzött 13%-os, majd 14,65%-os cél a megújuló részarányra vonatkozóan a végső energiafogyasztásra vonatkozik).

MEGÚJULÓ ENERGIAHORDOZÓK - 2020



1. ábra: Az elsődlegesen megújuló energiahordozók primer felhasználása, 2020
Saját szerkesztés a MEKH adatai alapján

A megújulókon belül továbbra is a szilárd biomassa a legmeghatározóbb (1. ábra), ugyanakkor számottevő még a bioüzemanyagok, a geotermikus valamint a napenergia szerepe, ez utóbbi részaránya a 2014-es 0,5%-ról 7,7%-ra növekedett (web2).

A szakterület – esszenciális jellege és sokoldalú érintettsége miatt – a politikai látótér centrumában helyezkedik el, ezáltal több nemzetközi és hazai dokumentum is részletesen

foglalkozik az energiapolitikával. Az Európai Unió általános célkitűzései között szerepel az energiabiztonság garantálása, egy integrált belső piac létrehozása, a diverzifikáció, az energiahatékonyság és a dekarbonizáció növelése, és az ezzel kapcsolatos kutatások ösztönzése. E célkitűzéseket megvalósítandó, az Európai Bizottság 2015. február 25-én közzétette az energiaunióra vonatkozó stratégiáját (web3), majd 2016. november 30-án javaslatot tett a „Tiszta energia minden európainak” csomagra (web4), mely további 8 jogalkotási javaslatból áll. A dolgozat tartalmi és terjedelmi beláthatóságára tekintettel a továbbiakban a megújuló energiára vonatkozó elemek kerülnek bemutatásra.

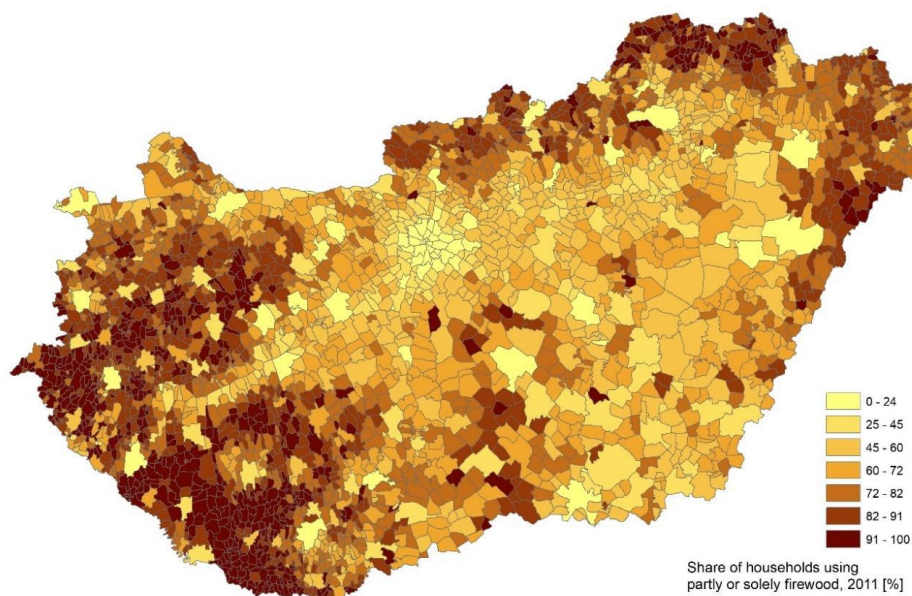
Az energiatakarékosságot és -hatékonyságot, valamint a megújuló energiaforrások előtérbe helyezését elsőként az 1997-ben Fehér Könyv szorgalmazta, amit a 2001/77/EK, majd 2003/30/EK irányelvek már tagállamokra konkretizált célszámokkal egészítettek ki. 2009. április 23-án aztán elfogadásra került a megújuló energiaforrásokból előállított energiáról szóló 2009/28/EK irányelv, mely többek között előírta, hogy 2020-ra az EU energiafogyasztásának 20%-a, a közlekedésen belüli felhasználásnak 10%-a kötelezően megújuló energiaforrásokból kell származnia, mindemellett pedig kötelező nemzeti célkitűzéseket állapított meg az egyes tagállamok részére (web5). Az irányelv többször módosításra került, majd helyébe lépett a 2018-as (EU 2018/2001), immár RED II-ként ismert irányelv, mely a fentebb említett csomag részeként lépett hatályba 2018 decemberében, a jogharmonizációt követően pedig 2021. júliustól nemzetállami szinten is kötelező implementálni. Az új célkitűzések 2030-ig szólnak, miszerint az uniós végső energiafelhasználás legalább 32%-át megújuló energiából kell kinyerni, a közlekedésen belül pedig 14%-os minimum szint elérése került kitézésre. A Bizottság 2021-ben javaslatot tett további módosítások végrehajtására az időközben elfogadott európai zöld megállapodásban foglalt éghajlat-politikai törekvésekkel való jobb összhang elérése érdekében. Az ezekről folyó tárgyalások jelenleg is zajlanak (web6).

Hazai viszonylatban is összefoglalásra kerültek a közép- és hosszútávú célok és elképzelések, melyet a Nemzeti Energiastratégia testesít meg és a Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terv mutat be részletesen. Ezek alapján a végső felhasználás 20%-os megújuló erőforrás alapú részarányának elérésében komoly szerep hárul a biomasszára, ami a legmeghatározóbb megújuló energiaforrásunk. Bár a hazai biomassa rendelkezésre áll a felhasználói oldal előtt, ennek felső korlátját inkább a gazdaságossági és technológiai keretek adják. A biomasszafelhasználást illetően a stratégia a következők szerint fogalmaz: „*A megújuló energiaforrások felhasználásának ösztönző rendszerét úgy kell kialakítani, hogy kapcsolt, villamos áramot és hőt együttesen szolgáltató energiatermelés esetén prioritást a kapcsoltan termelő biogáz és biomassa erőművek kapjanak (...)*”. A jelenleg Tanácsi egyeztetés alatt álló REDIII tervezet már nemcsak támogatási prioritásként határozza meg a kapcsolt energiatermelést, hanem kapacitástól függetlenül tiltja a nem kapcsolt villamosenergia termelés tagállami támogatását. A kapcsolt energiatermelés mellett hangsúlyozza továbbá a decentralizált kistérségi megújuló energia előállítás jövőbeni szerepét, melyhez elengedhetetlen egy egyszerűbb és befektető barátibb jogszabályi környezet megteremtése (web7).

Az erdőgazdálkodás fő terméke jelenleg is az erdőből kikerülő fa, melynek felhasználását elsősorban fizikai adottságai determinálják, ezáltal hasznosításuk ipari vagy energetikai célra történhet. Az erdei biomassa energetikai felhasználásával kapcsolatban mind az EU-s, mind pedig a hazai erdőstratégia célokat fogalmaz meg. Előbbi esetében a klímapolitikai szempontok kerülnek előtérbe, és a fák szén-dioxid megkötő képességét hangsúlyozza. Ennek értelmében a lépcsőzetes felhasználás elvét ajánlott követni, miszerint „*a fát a lehető legnagyobb mértékben hosszú élettartamú anyagok és termékek előállítására kell felhasználni*”, és az energiatermelésre csak az előbbire alkalmatlan, valamint a másodlagos biomassa használandó. Emellett felhívja a figyelmet a 2018. évi megújulóenergia-irányelv által lefektetett fenntarthatósági kritériumokra az energetikai célú biomasszát illetően,

kiterjesztve azok alkalmazási körét és a tilalmi beszerzési zónákat, továbbá a hatékonyság növelése érdekében korlátozza az állami támogatást a kizárólag villamos energiát termelő erőművek esetében (web8).

A Nemzeti Erdőstratégia ugyancsak 2030-ra vonatkozóan fogalmazza meg célkitűzéseit, melyek több ponton átfednek az EU-s stratégiában leírtakkal (pl. biomassa szerepe a szénmegkötés és energiabiztonság szempontjából, decentralizált biomassa alapú fűtési rendszerek stb.), ugyanakkor ettől eltérő vagy már tovább gondolt elemek is találhatóak benne. Egyik ilyen „újítás” az erdőgazdasági gyűjtőközpontok felállításának ötlete, mely egyrészt az ideiglenes tárolást, másrészt a folyamatos rendelkezésre állást szolgálná. A biomassa alapú energiahasznosítást döntően lokális szinten, helyi fűtő- és erőművek létesítésével és üzemeltetésével kívánja megvalósítani, és szorgalmazza az ezt ösztönző fejlesztési és foglalkoztatáspolitikai támogatásokat. Mindezzel nemcsak az ellátásbiztonsági célkitűzések elérését segítené, de a vidékfejlesztésben is komoly előrelépést prognosztizál általa, ugyanis a biomasszát használó háztartások túlnyomó többsége a rurális térségekben található (2. ábra). Ehhez azonban elengedhetetlen a támogatási rendszer mellett a technológiai színvonal javítása a hatékonyság és az emberi egészség érdekében, ugyanis termelői oldalról a leírás szerint „az erdőből származó energetikai célú „biomassa” kitermelés felső határát már elértük” (web9).



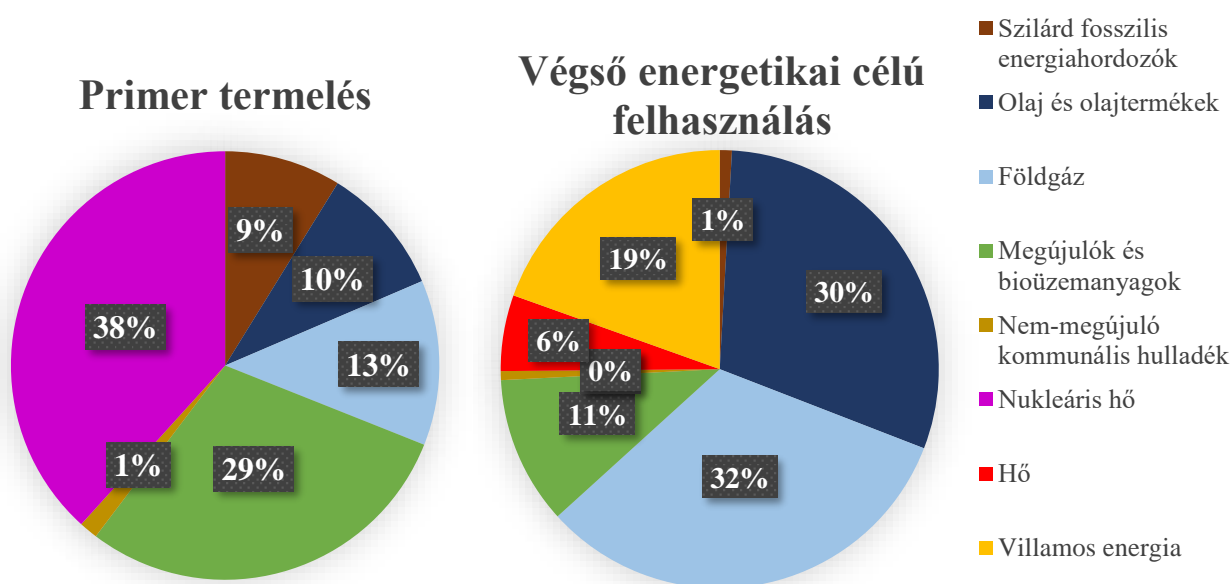
2. ábra: Részben vagy teljes mértékben tűzifát használó háztartások
Forrás: KSH, 2011

Az energiapolitikai törekvéseket nagyban módosíthatják, átrendezhetik a különféle makrokörnyezeti tényezők. Az elmúlt évtized főbb hazai és nemzetközi eseményei közül érdemes párat megemlíteni. Elsőként ide sorolandó a rezsicsökkentés politikája. Ennek eredményeként 2013-2014-ben három lépésben mérsékeltek a lakosságot terhelő különféle rezsidíjakat (pl. földgáz, villany, távhő stb.), melynek következményeként a lakossági felhasználók a piaci ár helyett befagyasztott áron juthattak hozzá bizonyos energiaforrásokhoz (NOVOSZÁTH, 2010). Az évtized végét a válságok zaklatták fel. A koronavírus okozta egészségügyi, majd gazdasági világválság először a gazdaság leállításához vezetett, majd annak felpörgése a kilábalás kezdetén oly mértékben megnövelte az energiaigényt, amivel a kínálati oldal nehezen vagy alig tudott lépést tartani, ezáltal felhajtva az energiaárakat. Természetesen a kialakult helyzet komplex folyamatok eredménye, így sok más tényező is hozzájárult az energiaárak destabilizálásához (web10). A helyreállítás időszakában (2022) következett be

a jelenleg is tartó újabb krízis, az orosz-ukrán konfliktus. Ennek hatásai jelenleg még beláthatatlanok, ellenben energiabiztonsági szempontból kulcsfontosságú szerepet játszanak. A helyzetre reagálva az Európai Bizottság javaslatot tett – REPowerEU néven –, melynek célja az orosz fosszilis tüzelőanyagoktól való függetlenedés, az energiaforrások diverzifikálása, valamint a megújuló energiára való átállás felgyorsítása még 2030 előtt (web11).

Eredmények

Magyarország energiamérlegét vizsgálva a termelés és egyéb input forrásoktól kezdve a végső felhasználásig számos szakasza van az energiaáramlásnak. A 3. ábra két stádiumot mutat be a 2020-as évre vonatkozóan, a belföldön megtermelt energia összetételét, valamint a végső, energetikai célú felhasználásra rendelkezésre álló energiamix szerkezetét.

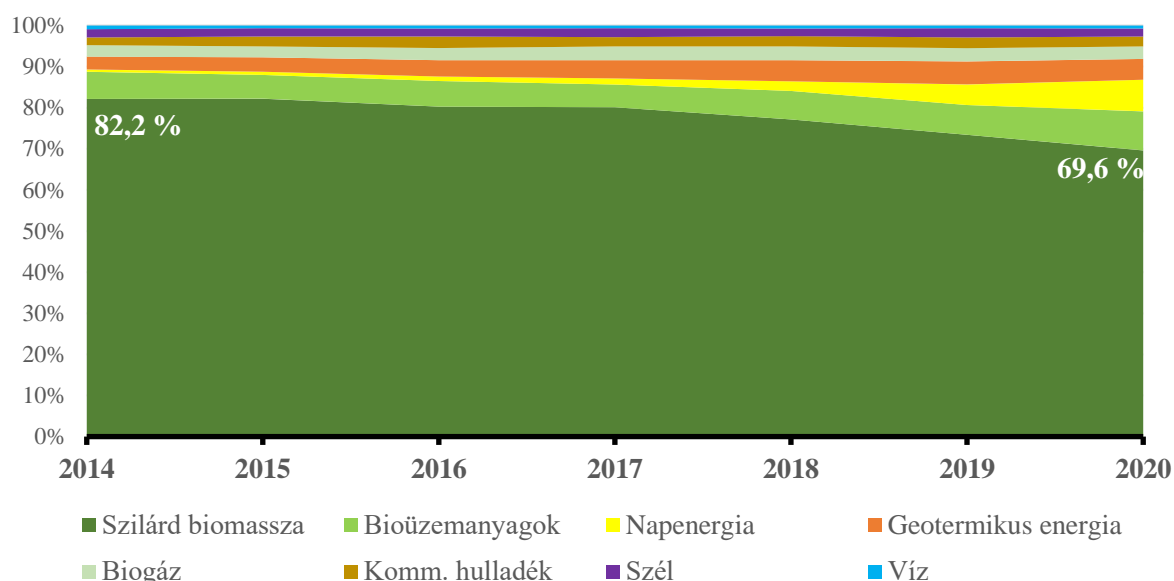


3. ábra: A primer termelés és a felhasználható energia, 2020, Forrás: MEKH

A 2020-as évben összesen 443.306 TJ energia termelődött az országban, melynek legnagyobb részét a Paksi Atomerőműben előállított nukleáris hő adta, de ugyancsak közel egyharmados részaránnyal bírtak a megújuló energiaforrások, ami 129.829 TJ-nyi energiát jelent. A végső felhasználásig az energia egy része átalakul – ahogy a nukleáris hő teljes egészében – másik része nem energetikai célra kerül felhasználásra (pl. földgáz esetében), továbbá hálózati veszteségek is terhelik a szektort. A hatalmas – többségében orosz – importnak köszönhetően a felhasznált energia (824.487 TJ) közel kétharmada fosszilis energiahordozókból származik, a megújulók aránya pedig mindössze 11%-ot tesz ki. Az ország energiainport-függősége magas, földgáz esetében 75%-os, ami figyelmeztető jel lehet a diverzifikálás szükségességét illetően, illetve az ország szuverenitása érdekében.

A 4. ábra idősorosan mutatja a különböző energiahordozók megújuló energiaforrásokon belüli részarány változását. Látható, hogy a biomassza 2014-ben még 80% fölötti hányadot tudhatott magáénak, ami 2020-ra 70% alá süllyedt, miközben az ország teljes energiafelhasználása nőtt. Ennek főbb okai többek között, hogy a szilárd biomasszát legnagyobb arányban (kb. 80-90%) a lakosság használja fel tűzifa formájában, viszont az enyhe telek, valamint a rezsicsökkentett gáz- és villanyár visszavetette az irántuk való keresletet. Mindezzel párhuzamosan több más energiahordozó kezdett teret nyerni, például 2018-tól kezdve – a kedvező szabályozási és támogatási környezetnek köszönhetően – rohamos fejlődésnek indult a napenergia hasznosítása és ugyancsak növekedett a bioüzemanyagok hazai termelése és felhasználása is.

Primer felhasználás - Megújuló



4. ábra: Elsődleges megújuló energiaforrások felhasználása, Forrás: MEKH

Az 1. táblázat a megújuló energiából előállított energia részarányát taglalja felhasználási terület szerinti bontásban. A táblázatból kiolvasható, hogy 2013-ban a megújuló energia részaránya a bruttó végső felhasználáson belül lokális maximumot ért el (16,2%), mely elsősorban a fűtési célra szánt biomassza felhasználásnak volt köszönhető. Ugyanebben az évben került elindításra a rezsicsökkentés, mint kormányzati program. A kedvező hatósági árszabályozás, az enyhébb telek, valamint a helytelen lakossági szilárd tüzelés okozta légszennyezés mind-mind hozzájárult a fűtési célú megújulóenergia-felhasználás népszerűségének visszaeséséhez.

1. Táblázat: Megújuló energiaforrások felhasználásának százalékos részaránya a bruttó végső energia fogyasztáson belül 2010-2020, Forrás: MEKH

[%]	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Villamos energia	7,1	6,4	6,1	6,6	7,3	7,3	7,3	7,5	8,3	10,0	11,9
Fűtés/hűtés	18,1	20,0	23,3	23,7	21,3	21,3	21,0	19,9	18,2	18,2	17,7
Közlekedés	6,2	6,2	6,0	6,3	7,0	7,2	7,8	7,7	7,7	8,1	11,6
Bruttó végső felhasználás	12,7	14,0	15,5	16,2	14,6	14,5	14,4	13,6	12,5	12,6	13,9

Alapvetően két termékpálya azonosítható az erdei biomassza esetén. Az egyik a lakossági termékpálya a másik az erőművi termékpálya.

A lakossági termékpályán középtávon csökkenő kereslettel számolhatunk, aminek számos oka van:

- szigetelési, épületkorszerűsítési programok;
- melegebb telek (harmadával csökkent a fagyos napok száma 100 év alatt);
- fűtéskorszerűsítési programok 50-100%-os állami támogatással, napelem, villanyfűtés, geotermikus energia, hőszivattyú;

- emelkedő építési költségek, szilárd tüzelésű kémény kialakításának többlet költségei új ingatlanoknál;
- tűzifa mennyiségének, minőségének meghatározási nehézségei, ingadozása, ezzel kapcsolatos rossz fogyasztói tapasztalatok
- emelkedő szállítási költségek, behajtási, úthasználati díjak, súlykorlátozások.

A tűzifa termékjellemzői is változnak keresleti és kínálati oldalon egyaránt. Az erdőgazdálkodók, fakitermelést végző vállalkozások az emelkedő bérköltségek és a munkaerőhiány miatt a gépesítéssel, technológiai, vágásszervezési változtatásokkal a hosszított vagy hosszú tűzifa választékok felé mozdultak el. A méteres tűzifa lakosságnak történő kiszállítása kisteherautóval egyrészt jelentős szervezési kapacitást igényel, másrészt az elszállított kis mennyiség, a kézi felterhelés, leterhelés magas fajlagos szállítási költséget eredményez.

A konyhakész tűzifa gépi feldolgozását és a kiszállítást elsősorban tűzépek végzik, de számos nagyobb erdőgazdálkodó és fakitermelő vállalkozás is kihasználja a magasabb feldolgozottságú termékben rejlő lehetőségeket, ami egyúttal alacsonyabb fajlagos szállítási költségeket eredményez. A konyhakész tűzifa iránti igény a piacon is nő, hiszen a kiegészítő jelleggel fával fűtők nem kívánják saját maguk feldolgozni a tűzifát, a kizárólag fával fűtő háztartásoknál pedig nő az idősök aránya, akik nem képesek a feldolgozásra.

Széles körben jellemző, hogy a háztartások nem száraz tűzifát használnak, mert vagy hely, vagy az anyagi fedezet nincs meg a tűzifa készletezéséhez. Száraz vagy szárított tűzifához a piacon is nehéz hozzájutni, mert sem az erdőgazdálkodók, sem a kereskedők nem vállalják a készletezéssel kapcsolatos kockázatokat és többletköltségeket.

Az erőművi termékpálya számos előnnyel jár az erdőgazdálkodás és az energiabiztonság számára egyaránt. Az erdei biomassa hazai termelésű és előállítású energiahordozó, hazai fenntartható gazdálkodásból. Szélesebb körű és magasabb hatásfokú felhasználása hozzájárulhat az energia diverzifikációhoz, az import függőség csökkentéséhez. A biomassa esetében energiatárolás természetes úton valósulhat meg, ami nagyfokú rugalmasságot és flexibilitást jelenthet a villamosenergia rendszerben, időjárás független kapacitásként segítheti újabb időjárásfüggők csatlakoztatását is. Az erőművi felhasználásnál az emisszió csökkenthető (szűrés, tökéletes égés, szárítás), valamint biztos, tervezhető keresletet jelenthet az erdőgazdálkodóknak. Könnyebben gépesíthető, a logisztikája tervezhetőbb, mint a lakossági tűzifa ellátásnál, és kisebb az adminisztrációs költsége.

A REDII irányelv hazai végrehajtását a megújuló energia közlekedési célú felhasználásának előmozdításáról és a közlekedésben felhasznált energia üvegházhatású gázkibocsátásának csökkentéséről szóló a 2010. évi CXVII. törvény és végrehajtási rendeletként a bioüzemanyagok, folyékony bioenergiahordozók és biomasszából előállított tüzelőanyagok fenntarthatósági követelményeiről és igazolásáról szóló 821/2021. (XII. 28.) Korm. rendelet valósította meg. Jelenleg 20 MW feletti teljesítményű biomassa erőművek vonatkozásában fenntarthatósági követelményeket és igazolási rendszert vezetett be, elkülönítve az erdei és fásszárú biomassa fogalmát. A fenntarthatósági követelményeket az erdőterv szerint folytatott magyarországi erdőgazdálkodás könnyedén teljesíti, az egyéb fás területekre előírt felújítási (fa pótlási) és tápanyag utánpótlási követelmények pedig segítik ledolgozni a fenntartható erdőgazdálkodásból származó faanyag versenyhátrányát. A REDIII Csomag várhatóan tovább csökkenti azt a teljesítmény határt, aminél a fenntarthatósági és nyomonkövetési követelményeket alkalmazni kell.

A megújuló energiatermelésre működtetett korábbi KÁT rendszer után 2017-től bevezetett METÁR pályázati rendszer nem segítette új biomassa erőművek létesítését. A magasabb termelési ár miatt a biomassa projektek nem voltak versenyképesek a fotovoltatikus és geotermikus energia projektekkal. A biomassa erőművek csak barnamezős

beruházásként kiírt pályázaton tudtak befutni, ahol a kiírási feltételek gyakorlatilag kizárták a többi megújulót. Ezek is nagy kategóriájú, korábbi erőművek átépítésével megvalósuló kapacitások lesznek.

Összefoglalás, következtetések

A METÁR pályázati rendszerben csak külön feltételek mellett versenyképesek a biomassza erőművek. A barnamezős beruházások mellett az új, kapcsolt energiatermelő biomassza kiserőművek támogatását is meg kell teremteni. Ennek egyik lehetősége a külön kategóriás pályáztatás, hiszen ezen hazai termelést használó kiserőművek időjárás független termelési kapacitást jelentenek egyetlenként a megújulók között; a másik a 2018-ban megszüntetett, 500 kW alatti biomassza hasznosító kiserőművek pályázat nélküli támogatási rendszerének visszaállítása. Ha a támogatási feltétel teljesül, erdőgazdálkodási oldalról érdemes lenne projekt-gazdaként részt venni a folyamatban, ezzel is előre lépni az alapanyag termelésből. Megfelelő minta dokumentációkkal, az engedélyezési eljárások menedzselésével, az ellátási lánc és az ellátásbiztonság megszervezésével ezek a projektek termelői oldalról jobban katalizálhatóak, biztos, kiszámítható keresletet teremtenek a termelőknek. Ez a lehetőség most különösen aktuális, hiszen az önkormányzatok kikerülnek a rezsicsökkentési rendszerből és piaci áron kell az energiát beszerezniük.

Mindamelletten kiemelten fontos a megfelelő arányok fenntartása. A lokális eltérések figyelembevétele mellett ágazati szinten sem a lakossági sem az erőművi termékpályát nem szabad kizárólagossá tenni vagy pillanatnyi piaci viszonyok miatt a keresletet kielégítetlenül hagyni, hiszen ez a lakosság esetén a tűzifa fűtési módról történő átállást eredményezheti. Emellett a helyi igények helyi fával történő kielégítése klímavédelmi szempontból is kedvezőbb, hiszen a kisebb szállítási távolság kisebb kibocsátással jár. A lakossági termékpályánál technológiai okokból (tűzifa-feldolgozó kapacitás, szállítási kapacitás jobb kihasználása, az erőművi termékpályán volumen és logisztikai okokból szükséges lenne az integráció elősegítése. Ilyen jogcím a jelenlegi vidékfejlesztési programban is van, de gyakorlatilag nem működik, ennek feltételeit érdemes lenne erdőgazdálkodók speciális gazdálkodási viszonyaihoz igazítani.

A rezsicsökkentést nemcsak a szociális tűzifán keresztül kellene érvényesíteni a lakossági termékpályánál, hiszen más energiahordozók esetén is mindenki számára rendelkezésre áll. Jelenleg az állami erdőgazdaságoknak, mint a piacot kitermelési volumen miatt meghatározó szereplőknél, közvetve megjelennek szociális szempontok is az árazásnál, ami kihat a magánerdőgazdálkodók értékesítési lehetőségeire is. A tűzifa rezsicsökkentést érdemes lenne egy erdőgazdálkodói top up támogatással megvalósítani, amikor az erdőgazdálkodó a szállítójeggyel igazolt, háztartásonként meghatározott mennyiségű tűzifa után igényelheti a támogatást.

Az elmúlt évek válsághelyzeteinek, piaci hullámainak tompítására és az ellátásbiztonság növelésére lenne alkalmas egy stratégiai tűzifa tartalék létrehozása 0,7-1 millió köbméter mennyiséggel. Ehhez természetesen egyes helyeken tárolási kapacitásokat kell teremteni, de sok erdőgazdálkodónál ezek rendelkezésre állnak. A stratégiai tűzifa tartalék feltöltése történhetne kínálati piacnál, létrejötté elősegítené egyrészt az éves kereseti hatások kiegyenlítését másrészt a több éves száraz tűzifa biztosítását a piacon, ami az emisszió csökkentését is jelentené.

Irodalomjegyzék

NOVOSZÁTH P. (2017): Karcsúsított kormányzás és rezsicsökkentés, Polgári Szemle, 13. évf. 1–3. szám

Letöltve: 2022. 05. 25.

web1: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>

- web2: <http://www.mekh.hu/eves-adatak>
- web3: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52015DC0080&from=HU>
- web4: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016DC0860&from=EN>
- web5: https://www.parlament.hu/documents/10181/39233854/Infojegyzet_2021_25_megujulo_energia.pdf/ac8a31f3-cbb9-fe8f-faaf-12c5767a30e6?t=1619161603958
- web6: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hu/sheet/70/megujulo-energia>
- web7: <https://2010-2014.kormany.hu/download/4/f8/70000/Nemzeti%20Energia-strat%C3%A9gia%202030%20teljes%20v%C3%A1lltozat.pdf>
- web8: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0572&from=EN>
- web9: http://erdo-mezo.hu/wp-content/uploads/2016/10/nemzeti_erdostrategia_2016.pdf
- web10: https://www.researchgate.net/publication/355427767_Globalis_energiavalsag_europai_sajatossagok_es_kovetkezmenyek_2021_oktober_20
- web11: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/hu/ip_22_1511

KÉPALKOTÓ DIAGNOSZTIKAI ELJÁRÁSOK ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA AZ ERDEI SZALONKA (*SCOLOPAX RUSTICOLA L.*) IVARMEGHATÁROZÁSA SORÁN

Examination of the applicability of imaging diagnostic methods in Woodcock sex determination (*Scolopax rusticola L.*)

ATTILA BENDE¹, LÁSZLÓ BOA², ÁGOSTON HUNOR¹, RICHÁRD LÁSZLÓ¹

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet. Sopron 9400, Bajcsy-Zsilinszky utca 4.

²BOA-VET Állatorvosi Rendelő, Nagykanizsa, Teleki utca 56.
bende.attila@uni-sopron.hu

Kivonat

Az erdei szalonka (*Scolopax rusticola L.*) kutatása során az ivarok ismeretének kiemelt jelentősége lenne. Az ivarmeghatározások egyik módszertani csoportja a képalkotó diagnosztikai eljárások, amelyek alkalmazhatóságát, megbízhatóságát vizsgáltuk, ennek során összehasonlítottuk a röntgennel, az ultrahanggal, valamint endoszkópos eljárással történő ivarmeghatározás lehetőségét. Az eredményesség értékeléséhez a tavaszi vadászatok során elejtett madarak (n=20) boncolása során, míg a befogott madarak (n=5) esetén azok vérmin-táinak genetikai analízise során meghatározott ivar szolgált referenciaként. Az ultrahang és a röntgen vizsgálatok alkalmazását azok kis megbízhatósága miatt, míg a teljes megbízhatósággal alkalmazható invazív endoszkópiát komplikált, magas költségű és nagy stresszhatást eredményező ismervei miatt nem javasoljuk.

Abstract

In the study of the woodcock (*Scolopax rusticola L.*), knowledge of sexes would be of great importance. One of the methodology groups of sex determination is the imaging diagnostic methods. We examined the applicability and reliability of these methods and compared them with the possibility of sex determination by X-ray, ultrasound, and endoscopic methods. The reference for evaluating effectiveness was the sex determined by dissection of birds (n=20) bagged during spring hunts and the sex determined by genetic analysis of blood samples from captured birds (n=5). The use of ultrasound and X-ray examinations is not recommended due to their low reliability, while invasive endoscopy, which can be used with full reliability, is also not recommended due to its complicated, high cost and high-stress characteristics.

Bevezetés

Az erdei szalonka ivarának elkülönítése szemrevételezés alapján nem lehetséges (CLAUSAGER 1973, CRAMP-SIMMONS 1983, FERRAND-GOSSMAN 2009), azonban fajjal kapcsolatos kutatás során nagy jelentősége lenne az ivar ismeretének az adatok ivar, valamint ivar és kor szerint differenciált értékeléséhez. Néhány tanulmány (pl.: HOODLESS 1994, ARADIS et al. 2015) bemutat testméretek alapján történő ivarmeghatározási lehetőségeket, de ezek alapján az ivarok kellő megbízhatósággal nem különíthetők el. Ismertek a biometriai paraméterek alapján meghatározott formulák is az ivarok elkülönítésére (MACCABE-BRACKBILL 1973, STRONACH et al. 1974; ROCKFORD-WILSON 1982), ugyanakkor ezen módszerek megbízhatósága szintén alacsony.

A morfometriai adatok eltérésén alapuló részletes statisztikai vizsgálatok – a lineáris modellek, a diszkriminancia- és a főkomponensanalízis – más Charadriiformes fajok esetében sem vezettek biztos eredményre (REMISIEWICZ-WENNERBERG 2006, SCHROEDER et al. 2008, BRADY et al. 2009; DECHAUME-MONCHARMONT et al. 2011).

Vizsgálatunk keretében nagy megbízhatóságú ivarmeghatározást lehetővé tevő, jól használható módszert kerestünk, összevetve az alternatív ivarmeghatározási lehetőségeket, amelyek alkalmazhatósága az erdei szalonka esetében is számításba jöhet. Jelen tanulmányban a vizsgált eljárások közül az ultrahangos, a röntgen, illetve az invazív endoszkópos vizsgálat eredményeit mutatjuk be röviden.

Anyag és módszer

Mintavétel

Az erdei szalonka élvefogása során alkalmazott borítóhálós módszer régről ismert az ornitológiai szakirodalomban (BUB 1996), amit azonban az erdei szalonka esetében először csak 1976-ban alkalmaztak (MANSOORI 1977), annak ellenére, hogy e módszer az amerikai szalonka (*Scolopax minor* L.) esetében már 1939-ben sikeresnek bizonyult (MEROVKA 1939). A módszert e fajra Franciaországban alkalmazták először széles körben (GOSSMANN et al. 1988, FERRAND-GOSSMANN 1989, 1990, GOSSMANN-IBANEZ 1991), hazánkban csak a 2000-es éveken terjedt el. Éjszaka a nyílt területen – jellemzően a rövid fűvű gyepterületen – táplálkozó madarak megkeresése és befogása reflektor és borítóháló segítségével történik (GLASGOW 1958).

A madarak befogására Sopron környékén került sor, ahol a táplálkozó erdei szalonkákat 1 300 lumenes reflektor és hőkamera (Pulsar Axion Xm38) segítségével megkerestük, majd a folyamatosan megvilágított madarat megközelítve egy 8 m hosszúságú teleszkópos bot végére erősített, 1 m átmérőjű, a keretére lazán rögzített háló segítségével leborítottuk (1. ábra).



1. ábra: Az erdei szalonka gyűrűzés és ivarmeghatározás céljából történő befogása

A befogást követően a madarakat a Soproni Állatorvosi Centrumba szállítottuk, ahol a madarak vizsgálatát elvégeztük.

A kontroll vizsgálatokhoz a vért a hematológiai protokollt betartva a szárnyvénából (vena cutanea ulnaris) vettük, amihez nem távolítottuk el a felkaron lévő tollakat, csak 70%-os alkoholos vattával félresimítettük őket.

A vérmintákat 2 ml-es fecskendővel és 25G-s injekcióstűvel vettük le (0,5–1 ml). A vérmintát fecskendőben, illetve a hematológiai vizsgálatok során alkalmazott antikoaguláns (Na-EDTA) oldattal töltött vérvételi csövekbe gyűjtöttük és hűtve (5°C) 5 napig, míg a tavaszi mintákat a pandémiás helyzet miatt kényszerűen késlekedő feldolgozási lehetőség miatt több hónapig mélyhűtve (-20°C) tároltuk. A vérvételt követően izofuránnal bódítottuk a madarakat, ami rövid ideig okoz bódult állapotot, így a felvételek elkészítésére néhány percünk volt a madarak ébredéséig (2. ábra).



2. ábra: Az erdei szalonka izofurános bódítása a radiológiai vizsgálat előtt

A **röntgen**vizsgálathoz a Soproni Állatorvosi Centrumban Gierrth RHF 200 ML típusú hordozható röntgenkészüléket használtunk Jungwon Precision Ind. Co. LTD röntgen kazetákkal és 400-as zöldérzékeny erősítő fóliákkal, Retina XOE green sensitive filmekkel 50 kV és 20 mAs, 55 kV és 20 mAs, 50 kV és 16 mAs, valamint 65 kV és 4 mAs beállítások mellett. Ventro-dorsalis helyzetben a madarat hátával a kazetára fektettük, szárnyait oldalra rögzítve, lábait kissé hátra és oldalra húzva, fejét oldalra fordítva és az állkapocsízületnél rögzítve. Latero-laterális helyzetben a konzekvensen jobb oldalra fektetett madarak szárnyát a hát irányába a test fölé kihajtva és rögzítve készítettünk felvételt. A latero-laterális sugárirányú felvételek készítése élő vadmadarak esetében a fokozott stresszhelyzet miatt akár spontán légzésmegálláshoz is vezethet, így körültekintően kell elvégezni a vizsgálatot (MOLNÁR et al. 2007).

Az **ultrahang**-diagnosztikai vizsgálatokhoz Mindray Digiprince DP-6900 Vet mobil ultrahang készüléket alkalmaztunk mikrokonvex transzducerral, 8,5 MHz-n a Soproni Állatorvosi Centrumban. A vizsgálati módszert a tavaszi mintavételek során frissen elejtett erdei szalonkák (n=20) teszteltük. A testen csupán két terület van, ami alkalmas echoablakot biztosít a vizsgálathoz. Ezek a mellcsont processus xyphoideus-a és a medencecsont között a hasfal ventro-mediális része, továbbá parasternalis irányban a has dorso-laterális oldalán a combok illeszkedése és a legutolsó bordaív között (BEREGI 2007). Saját vizsgálataink során a dorzálisan fektetett madarakon a vizsgálófejjel a mellcsont caudális vége mögött, a

középvonaltól kissé jobbra vizsgáltuk az erdei szalonkák testüregét, így kikerülve a zúzógyomrot, ami a benne lévő táplálékmaradványok miatt rontja a képalkotás minőségét.

Az **invazív endoszkópia** egy a vadmadárkutatóban is alkalmazható költséges eljárás, aminek egyik indikációja jellemzően az ivari dimorfizmussal nem rendelkező madárfajok esetében az ivarok elkülönítése. A madárfajok többségénél csak a bal oldali petefészek, illetve petevezető fejlődik ki ezért a standard endoszkópiás bemeneti oldal jobb oldalon helyezkedik el. A laterálisan oldalhelyzetbe fektetett madár testüregébe az utolsó borda mögött, a musculus flexor cruris medialis izom és az os pubis alatt, a combizomzat craniális szélé előtt történt a behatolás (TAYLOR 1994). Az élő madáron végzett vizsgálatokhoz a 300 g körüli testtömegű madaraknál alkalmazott premedikáció nélküli isofluran anesztézia javasolt, amit a madárfajok túlnyomó többségénél eredményesen alkalmaznak (SÓS et al. 2007). Az összehasonlításban használt erdei szalonka endoszkópiás vizsgálatokat korábban négy példányon dr. Boa László a Fővárosi Állat és Növénykert Állatorvosi központjában Karl Storz típusú endoszkóppal, 0–30 fok látószögű, 2,7 mm-es átmérőjű, merev optikával végezte.

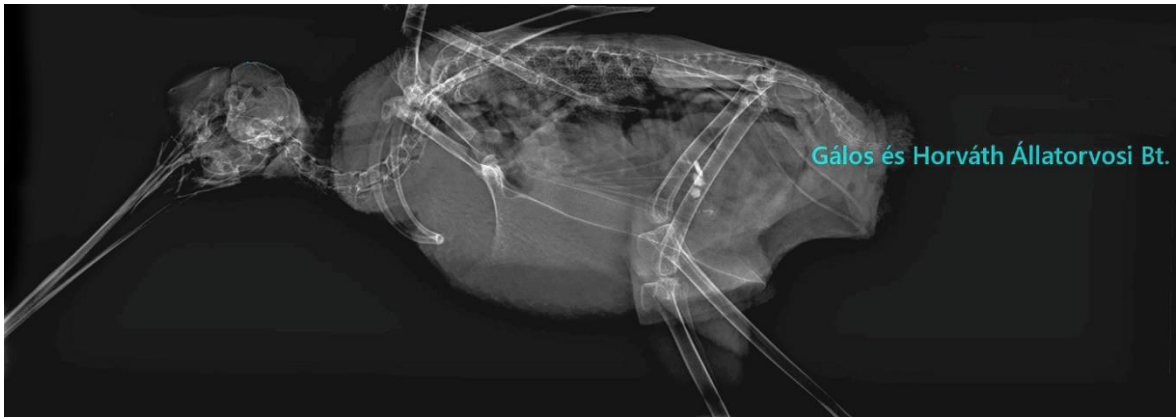
A módszerek értékeléséhez és összevetéséhez szükséges vizsgálatokat dr. Boa László, dr. Molnár Fanni és dr. Ágoston Hunor állatorvosok végezték.

Eredmények és megvitatás

A **röntgenvizsgálat** során a testet fedő sűrű tollazat, valamint a markánsan el nem különülő kontrasztú belső szervek nagyban nehezítették a radiológiai felvételek értékelését (4–5. ábra). A felvételeken még a zúzógyomor sem minden esetben megbízható orientációs pont, mivel az erdei szalonka esetében csak ritkán tartalmaz szilárd ásványi eredetű részeket (kavicsok, mészváz). MOLNÁR és mtsai. (2007) eredményei alapján a gonádok a tüdő és a vese között csak eseti jelleggel voltak megfigyelhetők. Röntgen vizsgálataink során csak néhány esetben tudtuk sikeresen megállapítani az adott egyed ivarát. Élő madáron végzett vizsgálat esetében a rögzítés alapszempont a sikeres felvétel elkészítéséhez, amit nagyon körültekintően kell elvégezni figyelembe véve a vadmadarakra általánosan jellemző stresszérzékenységet. A fentiek alapján e módszert alacsony megbízhatósága miatt nem javasoljuk az erdei szalonka ivarának meghatározására.



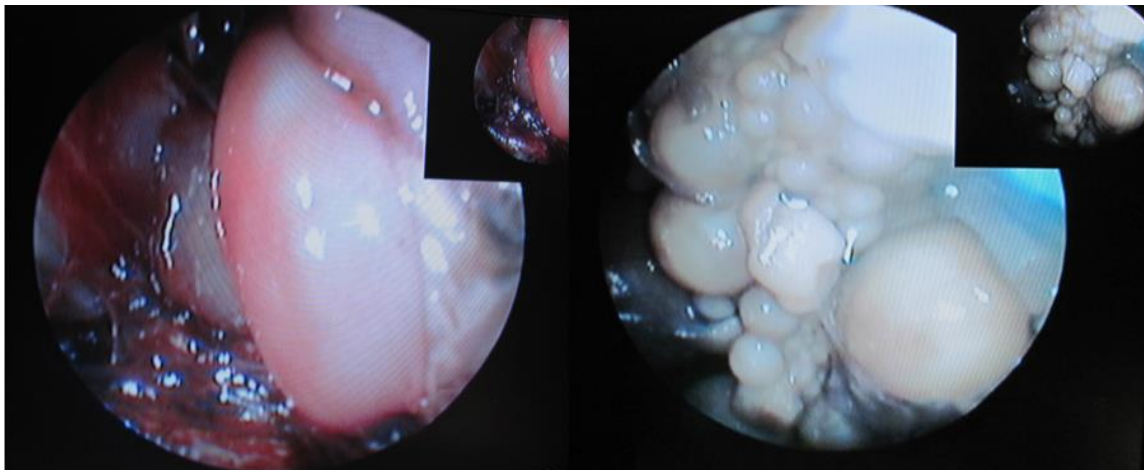
4. ábra: Erdei szalonka ventro-dorsalis radiológiai felvétele



5. ábra: Erdei szalonka latero-lateralis radiológiai felvétele

Az **ultrahang** diagnosztika a madarak esetében anatómiai okok miatt kisebb jelentőséggel bír, mint az emlősök vizsgálata esetén. Ennek magyarázata részben a sűrű tollazat, részben pedig a madarak testében lévő nagy levegőtartalmú hátulsó hasi és mellkasi légzőrendszer, illetve a béltraktus a zúzógyomorral, ami szintén jelentősen csökkenti az ultrahangos képalkotás minőségét. Eredményeik szerint a mintegy 350–400 g tömegű erdei szalonkák esetében a gonádok (több centiméteres páros herék, és a petefészek a néhány milliméteres jól fejlett tüszőkkel és a szikanyaggal) még az ivarilag aktív hyperpláziás állapot ellenére is meglehetősen kicsik, nehezen leképezhetők. Valószínűsítjük, hogy a petevezetőben képződő tojás, különösen a tojásfejlődés előrehaladott állapotában jól látható lenne az ultrahangos leképezés során. Az elvégzett vizsgálatok igazolták, hogy a non-invazív ultrahangos eljárás alkalmazhatósága korlátozott. A megvizsgált erdei szalonkák (n=20) esetében egy esetben sem volt teljes biztonsággal felismerhető az ivarszerv.

Az **invazív endoszkópia** vizsgálatokat dr. Boa László korábban végezte, amely során minden esetben (n=4) jól vizualizálhatók voltak az ivarszervek, ami igazolja, hogy az erdei szalonka kutatása során is alkalmazható eljárás lenne az endoszkópia az ivarok egyértelmű meghatározására (6. ábra).



6. ábra: Erdei szalonka invazív endoszkópos vizsgálata

A viszonylag kis kockázattal alkalmazható, biztos, és azonnali eredményt szolgáltató invazív eljárás, aminek hátránya az anesztézia és a nagy infrastrukturális igény, ami nem minden esetben és nem feltétlenül azonnal biztosítható, továbbá jelentős költséget jelent. Kockázati tényezőként a vérzés említhető, ami részben rontja a láthatóságot, másrészt a

vizsgált példányt is veszélyeztetheti. Vértetés esetén a vizsgálatot meg kell szakítani az optika megtisztításához, másrészt a vértetés helyének felderítése céljából.

A módszer előnyeként említi Sós és mtsai. (2007), hogy a madarak coeloma-ürege viszonylag ellenálló a bakteriális fertőzésekkel szemben, így a szepikus szövödmények valószínűsége minimális, ugyanakkor a módszer nagy infrastrukturális, továbbá az anesztéziás igényét, továbbá a befogott madarakat ért stresszhatást és a jelentős költséget figyelembe véve praktikus alkalmazhatóságát korlátozottan tartjuk.

Következtetések

Eredményeink is alátámasztják, hogy e módszerek alkalmazhatóságát jelentősen befolyásolja a vizsgálni kívánt madarak kora és a vizsgálat időpontja, ugyanis a juvenilis vagy inaktív állapotú adult gonádok detektálásának lehetősége képalkotó diagnosztikai eljárásokkal erősen korlátozott. A juvenilis petefészek lapos, hosszúkas, finoman granuláris szerkezetű, érése során egyre meghatározóbb lesz a szőlőfürtre emlékeztető jelleg a különböző fejlettségű tüszők miatt, de a kifejlett vagy csaknem teljesen kifejlett tojások tennék csak lehetővé a nőivar detektálását. A juvenilis herék jobban vizualizálhatók ugyan a fejlődő tüszőknél, de a radiológiai felvételeken ezeket nem tudtuk azonosítani. A gonádok még az adult egyedek esetében az ivarilag aktív fázisban is csak eseti jelleggel voltak regisztrálhatók annak ellenére, hogy e hasüregi szervek hyperpláziája folytán térben jelentősen. Eredményeink alapján a tesztelt eljárások nem elégítik ki a gyakorlati praktikum és a megbízhatóság igényét, így az erdei szalonka esetében alkalmazásukat nem javasoljuk.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket szeretnénk kifejezni a soproni Tanulmányi Erdőgazdaság Zrt-nek, hogy lehetővé tették, illetve segítették a terepi mintagyűjtő munkát mind az őszi befogások, mind pedig a tavaszi mintavételek során. Köszönjük Reményfy Zsigmondnak, hogy segítségünkre volt a mintagyűjtés során. Köszönettel tartozunk a Soproni Állatorvosi Centrum ügyvezetőinek, hogy biztosították a radiológiai vizsgálatok lehetőségét, valamint dr. Molnár Fanninak, hogy segítségünkre volt az ultrahangos és a radiológiai vizsgálatok elvégzése során. E tanulmány a GINOP-2.3.3-15-2016-00039 projekt támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

- ARADIS A. – LANDUCCI G. – TAGLIAVIA M. – BULTRINI M. (2015): Sex Determination of Eurasian Woodcock *Scolopax rusticola*: a molecular and morphological approach. *Avocetta* 39:83–89.
- BEREGI A. (2007): Egzotikus madarak és hüllők ultrahangdiagnosztikája. Molnár V, Sós E, Liptovszky, M. (ed.) *Proc. Diagnosztika a vadállatorvoslásban - Diagnostics in wild animal medicine*. pp. 13–14.
- BUB H. (1996): *Bird Trapping and Bird Banding: A Handbook for Trapping Methods All over the World*. Cornell University Press, Ithaca, NY. pp. 328.
- BRADY, RS. – PARUK JD. – KERN AJ. (2009): Sexing adult Northern Shrikes using DNA, morphometrics, and plumage. *Journal of Field Ornithology* 80:198–205.
- CLAUSAGER I. (1973): Age and sex determination of the Woodcock, *Scolopax rusticola*. *Danish Review of Game Biology* 8(1) 3–18.
- CRAMP S. – SIMMONS KEL. (1983): *Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North America: The Birds of the Western Palearctic*. Waders to Gulls. Volume 3. Oxford University Press, Oxford, U.K. pp. 444–457.
- DECHAUME-MONCHARMONT FX. – MONCEAU K. – CEZILLY F. (2011): Sexing Birds Using Discriminant Function Analysis: A Critical Appraisal *Auk* 128:78–86.

- FERRAND Y. – GOSSMANN F. (1989): Woodcock ringing in Norway - A report on two missions of the O.N.C., France. IWRB-WSRG Newsletter 15:42–49.
- Ferrand Y. – Gossmann F. (1990): Report on the Woodcock (*Scolopax rusticola*) mission of O.N.C. France to Finland. IWRB-WSRG Newsletter 16:36–50.
- FERRAND Y. – GOSSMANN F. (2009): Ageing and sexing series 5: Ageing and sexing the Eurasian Woodcock *Scolopax rusticola*. Wader Study Group Bulletin 116:75–79.
- GLASGOW LL. (1958): Contributions to the knowledge of the ecology of the American woodcock, *Philohela minor* (Gmelin), on the wintering range in Louisiana. PhD Thesis. Agricultural and Mechanical College of Texas, Texas. pp. 158.
- GOSSMANN F. – FERRAND Y. – LOIDON Y. – SARDET G. (1988): Méthodes et Résultats de Baguages des Bécasses des Bois (*Scolopax rusticola*) en Bretagne. In: Havet P, Hirons GJM. (eds.) Third European Woodcock and Snipe Workshop. Paris, France. ONC, IWRB, CIC, Paris.
- GOSSMANN F. – IBANEZ F. (1991): Report of a mission of O.N.C. France on Woodcock (*Scolopax rusticola*) ringing in Sweden. IWRB-WSRG Newsletter 17:29–42.
- HOODLESS AN. (1994): Aspects of the ecology of the European woodcock *Scolopax rusticola* L. PhD Thesis. Durham University, Durham City. 350 pp.
- MACCABE RA. – BRACKBILL M. (1973): Problems in determining sex and age of European Woodcock. Proc. 10th International Congress of Game Biology. pp. 619–637.
- MANSOORI J. (1977) A survey of the distribution and ecology of the woodcock (*Scolopax rusticola*) in Gilan, N.W. Iran. IWRB-WSRG Newsletter 3:46–53.
- MEROVKA LJ. (1939): The woodcock in Louisiana. Louisiana Conservation Review for winter 1930–40. 8(4):11–14.
- MOLNÁR V. – BEREGI A. – SÓS E. – LIPTOVSKY M. (2007): Egzotikus és vadmadarak röntgendiagnosztikája. In: Molnár V, Sós E, Liptovszky M (eds.) Proc. Diagnosztika a vadállatorvoslásban - Diagnostics in wild animal medicine. pp. 21–23.
- REMISIEWICZ M. – WENNERBERG L. (2006): Differential migration strategies of the Wood Sandpiper (*Tringa glareola*): Genetic analyses reveal sex differences in morphology and spring migration. phenology. Ornis Fennica 83:1–10.
- ROCKFORD JM. – WILSON HJ. (1982): Value of biometric data in the determination of age and sex in the Woodcock (*Scolopax rusticola*). U.S. Fish and Wildlife Service Research Report 14:158–167.
- SCHROEDER J. – LOURENÇO PM. – VAN DER VELDE M. – HOOIJMEIJER JC. – BOTH C. – PIERSMA T. (2008): Sexual dimorphism in plumage and size in Black-tailed Godwits *Limosa limosa limosa*. Ardea 96:25–37.
- SÓS E. – MOLNÁR V. – BEREGI A. – MEZŐSI L, LIPTOVSKY M. (2007): Madarak endoszkópos vizsgálata. In: Molnár V, Sós E, Liptovszky M (eds.) Proc. Diagnosztika a vadállatorvoslásban - Diagnostics in wild animal medicine. pp. 31–33.
- STRONACH B. – HARRINGTON D. – WILHSNES N. (1974): An analysis of Irish Woodcock data. Proc. Fifth Amer. Woodcock Workshop, Athens, GA.
- TAYLOR M. (1994): Endoscopic examination and biopsy techniques. In: Ritchie BW, Harrison GJ, Harrison LR (eds.) Avian Medicine: Principles and Application. Wingers, Lake Worth, FL. pp. 328–354.

A MAGYARORSZÁGON ELŐFORDULÓ MADÁR-VÉRMÉTELY FAJOK ÉS AZOK KÖZEGÉSZSÉGÜGYI KOCKÁZATA.

Avian schistosomes occurring in Hungary and their risk to public health.

ÁGOSTON HUNOR, JUHÁSZ ALEXANDRA, MAJOROS GÁBOR

Állatorvostudományi Egyetem, Parazitológiai és Állattani Tanszék
agoston.hunor@gmail.com

Kivonat

Az emberek cercária dermatitisze egy újra előtérbe kerülő zoonotikus betegség. A kórt a vízimadarak vérmételyeinek fertőző lárvái okozzák, melyek a vízben tartózkodó ember bőrébe fúrják magukat és az érintett bőrterületen erős viszketéssel társultan vörös, hólyagos kiütéseket alakítanak ki. Kutatásunk során az ország 9 megyéjének 12 különböző tájáról származó, récefélék fejét és zsigereit vizsgáltuk 2019 januárja és 2020 szeptembere között. A vizsgálatok során, morfológiai alapon azonosítottunk két, cercaria dermatitist bizonyítottan előidéző vérmételyt, a *Bilharziella polonica* és a *Dendritobilharzia pulverulenta* fajokat. Megtaláltuk továbbá egy harmadik, a *Trichobilharzia* nem legalább két, hazánkban eddig még nem kimutatott fajtát is. Jelentős különbséget mutattunk ki a vadon élő récepopulációk, illetve a vadásztatásra nevelt állományok fertőzöttsége között. Megvizsgáltunk egy városi dísztóából származó, 122 fülcsigát (*Radix auricularia*) is, ezzel bizonyítani tudtuk, hogy ezeknek a parazitáknak a fejlődési ciklusa városi környezetben is végbe mehet. Vizsgálataink alapján kijelenthetjük, hogy a magyarországi récefélékben is megtalálhatóak a számos európai országban visszatérő problémákat okozó madár-vérmételyek, így elvileg bármilyen vízben számítani lehet a cercária dermatitisz kialakulására, ahol ezek a madarak a jelen vannak.

Abstract

Cercarial dermatitis in humans is a re-emerging zoonotic disease. This illness is caused by the infectious larvae of avian blood flukes in the Schistosomatidae family that penetrate human skin in water and cause vesiculomaculo-papular skin eruptions accompanied by intensive itching. In this study the head and viscera of waterfowls were examined from 12 regions of 9 different counties of Hungary between January of 2019 and September of 2020. Based on morphological analysis, we were able to identify the schistosomid species *Bilharziella polonica* and *Dendritobilharzia pulverulenta*, which are well-known causative agents of cercarial dermatitis. In addition, at least two species of the genus *Trichobilharzia* were found that had not yet been described in Hungary. We were able to demonstrate a significant difference between the infection of wild duck populations and the infestation of those flocks of birds which were reared for hunt. Furthermore, 122 European ear snails (*Radix auricularia*) were collected from an urban pond in Hungary. This finding proves that the life cycle of these parasites can be realized even in an urban environment as long as the pond is regularly visited by waterfowl. Based on our results we can ascertain that avian schistosomes, which are responsible for recurring problems in numerous European countries, can also be found in Hungarian waterfowl. It is possible that the people can count on the occurrence of cercarial dermatitis in any type of water what these birds visit.

Bevezetés

A Schistosomatidae családba tartozó vérmételemek gerinces gazdát fertőzni képes lárvaformái, a cercáriák, csiga köztigazdákban fejlődnek ki. Az ivartalan szaporodás végén a csiga köztigazdából fertőzőképes lárvák, a furkocercáriák rajzanak ki, melyek nevüket testük hátsó, farokszerű végződésének villás elágazásáról (furca) kapták (TOLSTENKOV et al., 2011). Ahogy a köztigazdát elhagyva a fertőző lárvák a vízbe kerülnek, csupán rövid ideig életképesek, ezért gyors mozgással a víz felszíni rétegeibe úsznak, ahol aztán mozdulatlaná válnak. Mozgásukat valószínűsíthetően a feji végükön lévő két pigmentált fotoreceptor segítségével detektált árnyékok befolyásolják (HORÁK et al., 2002; HAAS & HABERL, 1997; SHORT & GAGNÉ, 1975). A cercáriák amennyiben gazdatestet találnak, annak bőrén keresztül fertőzik azt. A gazda lehet kompatibilis végleges gazda, vagy inkompatibilis alkalmi (akcidentális) gazda. A vérmételemek csak előbbiek testében érik el az ivarérett, petetermelő stádiumot.

Amennyiben a lárvák a végleges gazdájuk, például egy réceféle testébe kerülnek, attól függően, hogy melyik vérmételevfajhoz tartoznak, vándorolni kezdenek a rájuk jellemző szaporodási hely felé. Ez alapján kétfajta útvonalat különböztethetünk meg. A visceralis típusba tartozó fajok a keringés útján a portalis és mesenterialis erekbe, illetve bélfalba, a nasalis fajok pedig az idegrendszer mentén vándorolnak az ornyálkahártya ereibe, ahol ivaréretté válnak (HORÁK et al., 2002). A Schistosomatidae családba tartozó madár- és emlős-vérmételemek a laposférgek között egyedülálló módon váltivarúak (BASCH, 1990). Ivarérés után az adultok párba állnak, majd a nőtényen elkezd petéket üríteni. Ennek a folyamatnak a helye még nem teljesen tisztázott.

Bizonyos fajok (pl. *Trichobilharzia szidati*) adultjai képesek elhagyni a mesenterialis és portalis nagyereket, mivel többször is megemlítésre kerül a faj a bélfal szöveteiben történő előfordulása (muscularis submucosa, mucosa) (BASCH, 1990; HORÁK et al., 2002). A praepatens idő visceralis fajoknál 12-14 nap (MEULEMAN et al., 1984), nasalis fajoknál legalább 14 nap (HORÁK et al., 1999). A bélfalba vándorolt adult férgek 21 nappal a fertőzés után eltűnnek, ami a postpatens szakasz kezdetét jelenti. Bizonyos esetekben több száz napos perzisztencia is fennállhat, azonban az általánosan elfogadott feltételezések szerint az adultok döntő többsége peterakás után nem sokkal elpusztul (HORÁK et al., 2002).

A vízimadarak és az emlősök hámszövetének felszínén lévő lipidek hasonlósága elősegítheti, hogy madarak vérmételevi nem kompatibilis gazda (emlősállatok, ember) bőrébe fúrják magukat (HORÁK & KOLÁŘOVÁ, 2001). Ezekben a szervezetekben azonban nem képesek kifejlődni, így rövidesen elpusztulnak. Az elpusztult lárvák teste, levedlett képleteik, valamint kiválasztott anyagaik immunválaszt váltanak ki a gazda szervezetében. Ismételt kitettség esetében emberben makulo-papulo-vezikuláris kiütések alakulnak ki, amikhez erős viszketés, bőrpír, de akár környéki nyirokcsomó megnagyobbodás, ödéma vagy láz is társulhat (LICHTENBERGOVÁ et al., 2008).

A tünetek súlyosságának foka függ többek között a bőrbe hatoló cercáriák mennyiségétől, a korábbi cercária fertőzések számától és a gazdaszervezet immunállapotától (CHAMOT et al., 1998). A madár-vérmételevi lárvaának átalakulása penetráció után (mind kompatibilis és nem kompatibilis gazdatestben) hasonló a humán vérmételeviéhez (HORÁK et al., 1998). A glycoalyx levedlése után kialakuló schistosomulák prosztaglandinokat, leukotriéneket és hidrox-eikoz-tetraenolátot termelnek, amiknek immunszuppressziót és vazodilatációt okozó hatásuk feltételezett, továbbá szerepük lehet a neutrofil granulociták szuperoxid termelésének akadályozásában is.

Különbség ugyanakkor, hogy egy, az ember *Schistosoma mansoni* vérmételevi által termelt 16.8 kDa molekulatömegű gyulladáscsökkentő faktor hiányzik egyes madár-vérmételevi lárvaiból, ami magyarázhatja a madár schistosoma-cercáriák okozta erősebb allergiás

reakciót. A hevesebb immunválasz ellenére azonban ezen lárvák legalább részleges migrációja emlős akcidentális gazdáiban is megfigyelhető (HORÁK & KOLÁŘOVÁ, 2001).

Anyag és módszer

A kutatás témáját képző vérmételey fajokat azok ismert hazai végleges gazdáiból, a récefélékből mutattuk ki a zsigerek és a fej vizsgálatával. A mintagyűjtési időszak 2019 januárja és 2020 szeptembere között zajlott, ezen az idő alatt 92 tőkés récét (*Anas platyrhynchos*), 2 csörgő récét (*Anas crecca*), valamint egy cigányrécét (*Aythya nyroca*) vizsgáltunk. Bizonyos esetekben egész tetemekkel, máskor csupán egyes szervekkel rendelkezhattünk. Az egyedek döntő többsége vadászatok során elejtett madár volt, melyek között voltak vadon élők, valamint vadásztatás céljából tenyésztettek is. A tenyésztett madarak kivétel nélkül ugyanazon évi, a tavasz beköszöntével tavon nevelt állatok voltak. Vadászokon kívül mada-rászok, nemzeti parkok is rendelkezésünkre bocsátottak befogás során, illetve egyéb betegségekben elhullott egyedeket vizsgálatra.

A morfológiai vizsgálatokat az Állatorvostudományi Egyetem Parazitológiai és Állattani Tanszékén végeztük. A kutatás időtartama alatt 25 májat, 22 fejet, illetve 46 egész récét vizsgáltunk. Utóbbi esetben a középső- és alsó légutakat, a szívet, a beleket, valamint a testüregi mosadékot is vizsgáltuk. A mintákhoz mellékelte kísérőirat tartalmazta az elejtett állat származási helyét, illetve az elejtés dátumát. A minták kisebb részben frissen, de leginkább fagyaszttva történő tárolás után kerültek feldolgozásra.

Az adult, illetve juvenilis férgek kimutatásához a kiolvasztott szerveket egyesével 1-2 cm-es darabokra aprítottuk, majd vízben áztattuk néhány percig óvatos kevergetés mellett. A szervdarabok eltávolítása után a folyadékot 180 µm lyukátmérőjű szitán öntöttük keresztül, majd a szüredéket kevés vízzel hígítva petri-csészében, sztereomikroszkóp alatt vizsgáltuk. Egész tetem esetében a testüreget átöblítésével nyert folyadékkal is hasonló módon jártunk el. A vérmételeyetek kimutatása szedimentációval, illetve flotációval történt. Ehhez az előző eljárásokból megmaradt fejet, valamint szív- és májdarabokat használtuk. A szervdarabokat (szerv szerint külön edényekben) 4-5%-os NaOH oldatos feltárás után háztartási turmixgéppel szuszpendáltuk.

A turmixolással szuszpendált szervet levezűrőkön, majd egyre kisebbedő lyukbőségű szeparáló szitákon (*Endocotts Test Sieve*) csapvízzel mostuk át és az ezeken átjutott, egyre kisebb szemcséjű szuszpenziót fogtuk fel. A sziták lyukbősége és átmérője a szűrni kívánt anyag sűrűségétől és mennyiségétől függően többféle is lehet, de az utolsó szita lyukbőségének mérete 68 µm kell legyen, hogy a vérmételey-petek fennmaradjanak rajta. Az utolsó szitán marad anyagot vízbe mostuk és 5-10 percig ülepedni hagytuk talpas ülepítőpohárban.

Ezt követően a felülúszót leöntöttük, a dekantátumot pedig újra felhígítottuk vízzel. Ezt az eljárást kétszer, háromszor megismételtük, amíg fel nem tisztult az üledék feletti víz. Az utolsó dekantálás után körülbelül 50-100 ml térfogatú üledék maradt, amit egy kevés vízzel elkevertünk. Az üledékből egy cseppet tárgylemezre helyezve fénymikroszkóp alatt vizsgáltuk natívan, vagy pár csepp savanyú fukszinnal festve. Amennyiben ülepítéssel nem sikerült petéket kimutatni, akkor felszindúsítással próbáltuk a jelen lévő petéket izolálni. Ekkor az előbb vizsgált üledéket 15 ml-es centrifugacsövekbe osztottuk szét, 1-2 perces centrifugálással pelletáltuk a szilárd részeket és a vizet kiöntöttük a csövekből.

Az eltávolított vizes oldat helyére 1300 g/liter sűrűségű, dúsító oldatot töltöttünk. Ezt kristályos konyhasó, szacharóz és cink szulfát technikai tisztaságú anyagaiból és desztillált vízből kevertük ki és a használat előtt areométerrel állítottuk be az éppen alkalmazni kívánt sűrűséget. Az üledéket felráztuk, majd újra centrifugáltuk 5000 g gyorsulással 1-2 percig. A dúsító oldat tetejéről érdesre csiszolt végű üvegbottal tárgylemezre helyeztünk pár cseppet a szuszpenzióból, amit fedőlemezzel fedtünk, majd a petéket fénymikroszkóp segítségével kerestük.

Az élő cercáriákat a vérmételyek köztigazdáiból, 122 fülcsigából (*Radix auricularia*) történő kirajoztatás során vizsgáltuk. A mintákat 2020 júniusában gyűjtöttük Egerből, az Érsekkerti díszútból, melyet rendszeresen látogatnak vadmadarak. Feldolgozásig az élő csigákat jól szellőző műanyag dobozban, nedves papíron tároltuk. A cercária rajoztatáshoz a fülcsigákat egyesével 4-6 cm átmérőjű Petri-csészékbe, vagy 6, illetve 12 lyukú sejttenyésztő lemezbe raktuk, majd kevés desztillált vizet öntöttünk rájuk.

A Petri-csészéket és sejttenyésztő lemezeket fedelükkel lefedve olyan helyre helyeztük, ahol közvetlen napfényt kaphatnak, majd másnap reggeltől naponta kétszer sztereomikroszkóp alatt kerestünk a csigák körüli vízben az aktív mozgásra képes cercáriákat. A pipettával kiemelt furkocercáriákat 70%-os alkoholban tartósítottuk további vizsgálatokig. A kísérlet során a csigák vizét naponta egyszer cseréltük.

Eredmények

A kutatásunk során talált adult vérmételyeket morfológiai sajátásaik alapján három jól elkülöníthető csoportba sorolhattuk. Az egyik csoportba tartozók teste lapított volt, száji és hasi szívókákkal rendelkeztek. Ilyen típusú férgeket a májból és a mesenterialis nagyerekből (a testüreg öblítésével), illetve egy alkalommal a légutakból mutattunk ki és *Bilharziella polonica* fajnak azonosítottuk. A második csoportba tartozó mételyek szintén rendelkeztek száji és hasi szívókával, testük azonban keskenyebb volt és farokfelőli végük hosszan, fonálszerűen elvékonyodott. A csoportba tartozó mételyeket *Trichobilharzia sp.*-ként jelöltük. Kimutatásuk a récék májából történt. A harmadik típusba sorolt adultok teste széles, lapos és az előzőeknél jelentősen nagyobb volt. Ezek a vérmételyek egyáltalán nem rendelkeztek szívókákkal, sűrűn elágazó bélcsövük sötét rajzolata alapján *Dendritobilharzia pulverulenta*-ként kerültek azonosításra. Előfordulási helyük szintén a máj volt.

A kísérletben talált petéket két fő csoportba osztottuk. A fejből kimutatott peték kivétel nélkül orsó alakúak voltak, ovális testük hossz tengelyének két pólusából kiinduló egy-egy közel azonos méretű nyúlvánnyal. A peték legszélesebb átmérője a hossz tengely közepénél volt mérhető. Ilyen alaktani sajátságokkal rendelkező peték fejen kívül kimutatásra kerültek májából is. Ezen típusba tartozó petéket egyaránt *Trichobilharzia sp.*-ként azonosítottuk, de különbséget tettünk, a fejekben talált (nasalis), és a zsigerekben talált (visceralis) peték között. Az egyes peték alakja között felfedezhetőek voltak karakterisztikus eltérések is (keskenyebb, nyúltabb forma, nyúlványok görbesége és szimmetriája). A másik petealak teste szintén ovális volt, de rövidebb tengelyének egyik végén rövid túske, másikon egy hosszú egyenes nyúlvány volt megfigyelhető. Ezek a peték voltak megtalálhatóak a májban, valamint esetenként a szívben is. Az utóbbi petéket morfológiája alapján *Bilharziella polonica*-ként tudtuk azonosítani.

1. táblázat: A vizsgált minták, illetve a belőlük származó eredmények adatai.

Faj	Származás	Eredmény
Tőkés réce (vad, 1 egyed)	Ercsi, 2019.02.05.	Fej: <i>Trichobilharzia</i> sp. (nas.) peték
Tőkés réce (vad, 8 egyed)	Csenderes, 2019.01.14.	Szív: <i>Bilharziella polonica</i> peték Máj: <i>Bilharziella polonica</i> adultok és peték
Tőkés réce (nevelt, 13 máj és fej)	Noszlop, 2019.08.06.	-
Tőkés réce (nevelt, 10 egyed)	Alap, 2019.09.10.	-
Csörgőréce (vad, 2 egyed)	Mekszikópuszta, 2019.09.	Máj: <i>Bilharziella polonica</i> adultok és peték
Tőkés réce (nevelt, 5 egyed)	Hajdúnánás, 2019.10.10.	-
Tőkés réce (nevelt, 12 máj és fej)	Hajdúnánás, 2019.12.12.	-
Tőkés réce (vad, 5 egyed)	Ercsi, 2020.01.09.	Máj: <i>Bilharziella polonica</i> adultok és peték, <i>Trichobilharzia</i> sp. (visc.) adult
Tőkés réce (nevelt, 18 máj és fej)	Szentes, 2020.01.10.	Máj: <i>Bilharziella polonica</i> adult
Tőkés réce (vad, 5 máj)	Ádánd, 2020.02.13.	Máj: <i>Trichobilharzia</i> sp. (visc.) adultok és peték
Tőkés réce (vad, 4 egyed)	Kápolna, 2020.02.14.	Máj: <i>Trichobilharzia</i> sp. (visc.) adultok, <i>Bilharziella polonica</i> adultok
Tőkés réce (vad, 1 egyed)	Szabadszállás, 2020.02.14.	Máj: <i>Trichobilharzia</i> sp. (visc) adultok
Cigányréce (vad, 1 egyed)	Budapest, 2020.02.28.	Máj: <i>Bilharziella polonica</i> adultok, peték
Tőkés réce (vad, 9 egyed)	Hortobágy, 2020.01.	Fej: <i>Trichobilharzia</i> sp. (nas) Légutak: <i>Bilharziella polonica</i> adultok Máj: <i>Trichobilharzia</i> sp. (visc.) adultok és peték, <i>Bilharziella polonica</i> adult, <i>Dendritobilharzia pulverulenta</i> adultok Testüregi mosadék: <i>Bilharziella polonica</i> adultok
Tőkés réce (vad, 1 egyed)	Budapest, 2020.09.09.	-

Összesen 92 tőkés récét, 2 csörgőrecét és 1 cigányrecét vizsgáltunk. Az egyes helyszínekről érkező alacsony mintaszám nem adott lehetőséget a különböző térségekhez tartozó prevalencia reprezentatív módon történő meghatározására. A kísérletben vizsgált vad, illetve vadásztatásra tartott réceállományok fertőzöttsége azonban nagyban különbözött. Vadon élő madarak esetében egyetlen kivétellel, (amely esetben csupán egy állat teste érkezett) az összes helyszínről származó minták között találtunk fertőzött egyedeket. Nevelt állomány

esetében azonban hiába álltak fenn látszólagosan a fertőződéshez szükséges feltételek (olyan elérhető szabad vízfelület, amely élettérül szolgálhat a köztigazdáknak, vagy akár más fertőzött végleges gazdáknak is), az vizsgált madarak közül, csupán egy állat májából tudtunk kimutatni vérmétely-fertőzöttséget.

A vizsgált 122 db fülcsiga (*Radix auricularia*) közül ötből rajoztak ki cercáriák, amik közül egy csiga esetében voltak felismerhetőek a melegvérű állatokat fertőző vérmételyek furkocercáriáira jellemző morfológiai sajátosságok. A többi lárva az *Opisthioglyphe*, *Plagiorchis* és *Sanguinicola* nemek tagjaiként kerültek azonosításra.

Következtetések

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a humán cercaria dermatitis betegséget előidéző különböző mételyfajok Magyarország több táján előfordulnak és széles körben okozzák récefélék vérmétely-fertőzöttségét. Kutatásunk során a morfológiai analízis alapján három nemhez tartozó legalább négy különböző faj egyedeit találtuk meg a récék portalis, illetve mesenterialis nagyerei, mája, valamint feje vizsgálata során. Egyes esetekben egyéb szervekben is találtunk vérmételyeket (*Bilharziella polonica* tüdőben). Ez a jelenség bekövetkezhet a mételyek vándorlása miatt is, vagy pedig egyszerűen annak köszönhető, hogy a lövés utáni agónia során a féreg az eredeti tartózkodási helyéről a szervezet más pontjára sodródik.

Mindenesetre a mételyek ektópiás előfordulása arra int, hogy a lőtt vad vizsgálata alkalomával az összes zsigerszervet érdemes megvizsgálni, ha azokban vérmételyeket akarunk találni. A morfológiai sajátosságai alapján könnyedén azonosítható *Bilharziella polonica* adultok és peték, illetve *Dendritobilharzia pulverulenta* adult férgek kivül találtunk még alak-tani vizsgálatok alapján fajsztinon nem azonosítható *Trichobilharzia* adultokat, valamint petéket is. Bár a fejek vizsgálata során adult férgemet nem tudtunk kimutatni, tekintettel arra, hogy egyes esetekben semelyik másik szerv nem tartalmazott petéket, nagy biztonsággal állíthatjuk, hogy ezekben az esetekben a peterakás az orröblök nyálkahártyájában történhetett és nem pedig a test más pontjáról, keringéssel a fejbe sodródott petékről van szó.

Más hasonló közép-európai országokban végzett vizsgálatok során nasalis életmódot folytató *Trichobilharzia* fajként csak a *Trichobilharzia regenti* került leírásra (RUDOLFOVÁ et al., 2007; JOUET et al., 2009), ezért feltételezhető, hogy az általunk talált peték is ehhez a fajhoz tartoznak. A küllemi eltéréseik alapján esetlegesen alcsoportokba sorolható peték közti különbségek oka a molekuláris vizsgálatokig nem állapítható meg bizonyosan. Lehetséges, hogy a peték kettőnél több *Trichobilharzia* fajhoz tartoznak, de az sem kizárható, hogy egyedi változékonyágról van szó. A nevelt, illetve vadon élő récék fertőzöttsége közötti feltűnő különbséget magyarázhatja a vadásztatásra tartott madarak fiatal (~fél éves) kora, valamint helyhez kötött életmódja.

A madarak vérmételyeinek behurcolása sokkal valószínűbb azokon a területeken (tavakon, folyókon), amelyeken több, kisebb, esetleg vándorló életmódot folytató végleges gazdaállat populációja osztozik, mint azokon, amelyeket egy nagy, többnyire első nyarukat élő, takarmányigényét kielégített állomány népesít be. Az egri Érsekkerti dísztóból gyűjtött fertőzött köztigazdákból kirajzott furkocercáriák bizonyítják, hogy a potenciális fertőződési helyszínek nem korlátozódnak csupán a vadvizekre, hanem urbánus környezetben is számítanunk kell rájuk.

Akár mesterséges tavak vizével történő kontaktus, például csónakázás, de akár kéz- vagy lábhűsítés során is kialakulhat cercaria dermatitisz, ha bizonyos feltételek (köztigazdák jelenléte, végleges gazdák rendszeres látogatása) fennáll. A minták heterogenitása miatt nem volt célunk semmiféle prevalencia vizsgálata, hanem arra törekedtünk, hogy az Európában ismert madár-vérmétely fajok közül minél többet megtaláljunk. A vadon élő madarak és a természetes élőhelyeken élő köztigazda csigák vizsgálata olyan sok technikai nehézséget rejt

magában, hogy jó eredménynek könyvelhetjük el azt, hogy Magyarországon először sikerült *Trichobilharzia* példányokat találnunk és Edelényi múlt században végzett vizsgálatai óta először mutattunk ki *Bilharziella* és *Dendritobilharzia* férgeket a hazai récékből (EDELÉNYI, 1974). Madár-vérmétely cerkáriákat sem gyűjtöttek eddig az országban molekuláris vizsgálatok céljára. Annak ellenére, hogy a cercaria dermatitis kórképe kifejezetten emberi megbetegedés, az állatorvosi szakirodalom is foglalkozik vele, mint zoonózis. Munkánk kezdeti lépés a madár-vérmételyek okozta kórképek felismeréséhez.

Irodalom

- BASCH P. F., 1990: Why do schistosomes have separate sexes? *Parasitology Today*, 6, 160-163.
- CHAMOT E., TOSCANI L., ROUGEMONT A., 1998: Public health importance and risk factors for cercarial dermatitis associated with swimming in Lake Lemán at Geneva, Switzerland. *Epidemiology and Infection*, 120, 3, 305-314.
- EDELÉNYI B., 1974: Mételyek II.-Trematodes II. Közvetett fejlődésű mételyek-Digenea. *Fauna Hungariae*, II/5, 117 Akadémiai kiadó, Budapest, 1-342.
- HAAS W., HABERL B., 1997: Host recognition by trematode miracidia and cercariae. *Advances in Trematode Biology*, Fried, B. & Graczyk, T.K., New York, CRC Press, 197-227.
- HORÁK P., DVOŘÁK J., KOLÁŘOVÁ L., TREFIL, L. 1999: *Trichobilharzia regenti*, a pathogen of the avian and mammalian central nervous systems. *Parasitology*, 119, 577-581.
- HORÁK P., KOLÁŘOVÁ L., 2001: Bird schistosomes: do they die in mammalian skin? *Trends in Parasitology*, 17, 2, 66-69.
- HORÁK P., KOLÁŘOVÁ L., ADEMA C.M., 2002: Biology of the Schistosome Genus *Trichobilharzia*. *Advances in Parasitology*, 5, 155-233.
- HORÁK P., KOVÁŘ L., KOLÁŘOVÁ L., NEBESÁŘOVÁ J., 1998: Cercaria-schistosomulum surface transformation of *Trichobilharzia szidati* and its putative immunological impact. *Parasitology*, 116, 139-147.
- JOUET D., FERTÉ H., HOLOGNE C., KALTENBACH M.L., DEPAQUIT J., 2009: Avian schistosomes in French aquatic birds: a molecular approach. *Journal of Helminthology*, 83, 181-189.
- LICHTENBERGOVÁ L., KOLBEKOVÁ P., KOUŘILOVÁ P., KAŠNÝ M., MIKEŠ L., HAAS H., SCHRAMM G., HORÁK P., KOLÁŘOVÁ L., MOUNTFORD A. P., 2008: Antibody responses induced by *Trichobilharzia regenti* antigens in murine and human hosts exhibiting cercarial dermatitis. *Parasite Immunology*, 30, 585-595.
- MEULEMAN E.A., HUYER A.R., MOOIJ J.H., 1984: Maintenance of the life-cycle of *Trichobilharzia ocellata* via the duck *Anas platyrhynchos* and the pond snail *Lymnaea stagnalis*. *Netherlands Journal of Zoology*, 34, 414-417.
- RUDOLFOVÁ J., LITTLEWOOD D. T. J., SITKO J., HORÁK P., 2007: Bird schistosomes of wild-fowl in the Czech Republic and Poland. *Folia Parasitologica*, 54, 88-93.
- SHORT R., GAGNÉ H., 1975: Fine Structure of a Possible Photoreceptor in Cercariae of *Schistosoma mansoni*. *The Journal of Parasitology*, 61, 1, 69-74.
- TOLSTENKOV O. O., AKIMOVA L. N., CHRISANFOVA G. G., TEREININA N. B., GUSTAFSSON M. K. S., 2011: The neuro-muscular system in fresh-water furcocercaria from Belarus. I Schistosomatidae. *Parasitology Research*, 110, 185-195.

A NYUGAT-NÍLUSI LÁZ JÁRVÁNYTANI HELYZETE HAZÁNKBAN.

The epidemiological status of West-Nile Virus in Hungary.

ÁGOSTON HUNOR, BENDE ATTILA, LÁSZLÓ RICHÁRD

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet

agoston.hunor@gmail.com

Kivonat

A nyugat-nílusi láz vírusa okozta fertőzések száma jelentős eltéréseket mutat bizonyos évek között. A 2018-as fertőzési szezon során mindaddig soha nem tapasztalt számú megbetegedés történt mind Magyarországon, mind Európa szerte és amelyhez hasonló esetszámot az azt követő években sem rögzítettek. Az alábbi irodalmi áttekintésben a vírus hazánkban történő előfordulásának története mellett összegyűjtésre kerültek mindazon járványtani sajátságok, valamint az nyugat-nílusi láz vírusa által kialakított betegség patomechanizmusának elemei, melyek befolyással lehetnek a vírus terjedésére.

Abstract

The number of West-Nile Fever cases differ between certain years. In the season of 2018 the number of west-Nile patients reached an all-time not just in Hungary but also around the European continent and since then no such amount of cases have been registered. In the following literature review takes place the history of the west-nile virus in Hungary, as well as its epidemiological characteristics and the patomechanisms of the disease, which may affect the spread of the virus.

Kóroktan

A nyugat-nílusi láz vírusa a japán encephalitis antigénkomplex egyik tagja, ami a Flaviviridae családbeli Flavivirus genusba tartozik. A komplexhez tartozó összes ismert vírus vérszívó ízeltlábúak által terjesztett, emberre is veszélyes, olykor halálos kimenetelű betegségek kialakításáért felelős. A Flavivírusok közül leginkább elterjedt nyugat-nílusi láz egy újból előtérbe kerülő betegség (HUBÁLEK & HALOUZKA, 1999). Jelen van Afrikában, Európában, a Közel-Keleten, Nyugat-Ázsiában, az amerikai kontinensen Venezuelától Kanadáig, valamint Ausztráliában is. (WHO, 2017).

Járványtan

A fertőződés az esetek döntő hányadában vírus hordozó szúnyog csípése során történik (ZELLER & SCHUFFENECKER, 2004). A szúnyogok, mint biológiai vektorok vesznek részt a fertőzési láncban, bélmirigyjeikben a vírus nagy számban replikálódik, majd a haemolympha útján kerül a nyálmirigyekbe. Vérszívás során innen jut át a gazdaszervezetbe, ami a legtöbb esetben vadmadarat jelent (KOMAR, 2003). A gazdatestben viraemia alakul ki, ami azonban nem feltétlenül okoz azonnali klinikai tüneteket. A központi idegrendszerbe jutva azonban a neuronokat károsítva azok apoptózisát, illetve helyi gyulladást vált ki. Azon egyedek, melyek átvészelik a fertőzést életük végéig szeropozitívak maradnak. A betegségben már elhullott madarak valószínűleg közvetlenül fertőzhetnek, amennyiben azok tetemét más ragadozómadarak elfogyasztják (DOCHERTY et al., 2004). Szúnyogok által azonban nem csupán madarak, hanem rágcsálók, juhok, lovak és ember is fertőződhet a nyugat-nílusi láz vírusával. Összehasonlítva azonban elmondható, hogy az ezen gazdaszervezetekben kialakuló viraemia jóval rövidebb, illetve a vérben mérhető vírustiteretek jelentősen alacsonyabbak, mint a madarakban, így járványtani szerepük vitatott, hiszen csupán néhány

faj véréből sikerült olyan vírustiter-szinteket kimutatni, amik már feltételezik a vérszívással történő átvitel lehetőségét (ROOT & BOSCO-LAUTH 2019). Humán esetekben leírtak egyéb fertőzési formákat úgy, mint szervátültetés, vérátömlesztés, illetve intrauterin és galaktogén úton való terjedést is (SÁRDI et al., 2012).

Szezonális

A nyugat-nílusi láz okozta megbetegedések száma erős hullámzást mutat mind az évszakok, mind az egymást követő évek között. A fertőzés általában nyár végén és ősszel történik, mivel a vérszívó köztigazdák ebben az időben aktívak, illetve a vírus bennük ekkorra éri el a fertőzőképes állapotot (EPSTEIN, 2001; BAKONYI et al., 2013). Mivel a szúnyogok fejlődéséhez vízre van szükség, a csapadékosabb évek és a fertőzések számának növekedése között párhuzam fedezhető fel. A meleg időjárás viszont mind a köztigazdák, mind a vírus köztigazdán belüli replikációját is segíti (EPSTEIN, 2001; BAKONYI et al., 2006).

Kórlefolyás

Madarak esetében a tünetek súlyossága a kor előrehaladtával csökken. A főleg fiatal egyedekben kialakuló meningoencephalitis a kezdeti szakaszban elesettséget, bágyadtságot okoz, majd kifejezett központi idegrendszeri tünetek: opisthotonus, torticollis, ataxia, később paralízis alakul ki, az általános állapot romlása, illetve a táplálékszerzés akadályozottsága miatti testtömegvesztés eredményeképpen az állat végül elhullik (GLÁVITS et al., 2005). Lovaknál a fertőzött állatok jelentős része tünetmentes, a beteg egyedekben a madarakhoz hasonlóan kialakuló meningoencephalitis tünetei között ataxiával, hátsó testfélgyengeséggel, illetve hyperaesthesiával találkozhatunk. Az idegrendszeri tüneteket mutató egyedek között körülbelül 30-40%-os az elhullás, a gyógyultak között sok esetben maradnak vissza mozgászavarok (Sárdi 2012). Ember esetében is gyakran alakul ki tünetmentes fertőzöttség. Enyhe megbetegedés esetén a klinikai tünetek láz, fejfájás, szédülés, izomgyengeség. Legyengült immunrendszer esetén kialakulhatnak súlyosabb idegrendszeri tünetek, akár halál is (PAPA et al., 2011).

Filogenetika

A nyugat-nílusi láz vírusának törzseit változatos genetikai tulajdonságaik alapján csoportosítjuk két fő és több kisebb vonalra (BERTHET et al., 1997). Az 1-es genetikai vonalon belül három fő csoportot különböztetünk meg. A csoportok genetikai különbségeiken kívül földrajzi elterjedésükben is eltérnek. Az „A” csoportba tartozó törzsek tagjai Európában, Közép-Keleten, Ázsiában és Amerikában terjedtek el. A „B” csoport tagjai Afrikában, a „C” csoporté Indiában fordulnak elő (LANCIOTTI et al., 2002; BAKONYI et al., 2006). A 2-es genetikai vonalhoz tartozó törzsek kezdetben csupán Közép- és Dél-Afrikában fordultak elő, ide tartozik az első izolált vírustörzs (B956) is. Az európai kontinensen először Magyarországon mutattak ki ehhez a vonalhoz tartozó vírust 2004-ben (BAKONYI et al., 2006). A két fő vonalon kívül további öt genetikai vonal is izolálásra került, ezek a vírusok azonban genetikailag nagyobb különbségeket mutatnak a két fővonálhoz képest, ezért pontos besorolásuk vitatott, egyesek szerint nem is nyugat-nílusi láz vírusához tartoznak, hanem egyéb tagjai a japán encephalitis víruskomplexnek (BAKONYI et al., 2005). A harmas vonal (Rakensburg vírus) Csehország és Ausztria határterületén került azonosításra szúnyogokból. A 4-es vonalat kaukázusi kullancsokban találták meg. A harmadik, valamint negyedik vonalba sorolt törzsek távolabbi rokonságot ugyan mutatnak a nyugat-nílusi láz vírusával, de egyik főcsoportba tartozó törzshöz sem társíthatók. Az ötödik vonalat jelentő törzset 2006-ban izolálták Spanyolországban, szúnyogból (VÁZQUEZ et al., 2010). Virulencia tekintetében a törzsek jelentősen eltérnek egymástól, kezdetben csak az 1-es genetikai vonal törzseit tartották neuroinvaszívnak, a 2-es vonalat kevésbé virulensnek tekintették. Az utóbbi időben azonban több

ezen vonalba tartozó erős tüneteket okozó neuroinvazív törzset azonosítottak Afrika számos területén, de újabban Európában is (PAPA et al., 2011).

Előfordulása Magyarországon

A nyugat-nílusi láz vírusa hazánkban először erdei rágcsálók szervezetéből került izolálásra (MOLNÁR 1982). Az első klinikai tünetekkel jelentkező eset azonban csak mintegy harminc évvel később 2003-ban került feljegyzésre, amikor is egy házilúd állományban (*Anser anser domesticus*) változatos idegrendszeri elváltozásokra utaló megbetegedés jelent meg az egyedek között. A morbiditás a fiatal, 6 hetes korban volt a legmagasabb, a mortalitás ezen állatok között 14%-os volt. A vírust a kórszövettani vizsgálat után szerológiai, valamint direkt nukleinsavat kimutató (RT-PCR) vizsgálatokkal mutatták ki (BAKONYI et al., 2005).

Ugyanebben az évben került regisztrálásra az első humán eset Magyarországon, mégpedig az említett háztáji állományt gondozó család utólagos szerológiai vizsgálata során, már a betegség lezajlását követően. A fertőzöttek enyhe tünetekkel vészték át a betegséget (GLÁVITS et al., 2005). A rákövetkező évben a Kőrös-Maros Nemzeti Park területén azonosították a vírust egy héja (*Accipiter gentilis*) agyvelejéből vett mintájából. Az állat elhullása előtt idegrendszeri tüneteket mutatott. 2005-ben szintén a Kőrös-Maros Nemzeti Parkban mutatták ki nyugat-nílusi láz vírusát további három héjából, illetve két karvalyból (*Accipiter nisus*). Az öt madárból egy héja és egy karvaly átvészelte a fertőzést (BAKONYI et al., 2006).

Ugyanebben az évben egy szintén idegrendszeri tünetek mellett elpusztult négyéves anyajuhból származó minta bizonyult pozitívnak a nyugat-nílusi láz vírusára a RT-PCR-rel való vizsgálat során (KECSKEMÉTI et al., 2007). A 2004-es és 2005-ös esetekből izolált vírustörzsek eltértek a 2003-ban vizsgáltaktól, ugyanis utóbbiak a 2-es genetikai vonalhoz tartoztak, amely mindezidáig csak Afrikában, a Szaharától délre eső területeken került leírásra (BAKONYI et al., 2006). Az ezt követő években egy passzív monitorozási program során 33 különböző fajhoz tartozó, összesen 91 elhullott vadmadarat vizsgáltak hazánkban RT-PCR segítségével. Ebből 26 (28,6%) bizonyult nyugat-nílusi lázzal fertőzöttnek. Központi idegrendszeri tüneteket mutató lovak szerológiai vizsgálata során 27 vérsavó és liquormintából 12 (44,4%) volt pozitív a vírusra nézve.

A kísérlet folytatása során összesen 276 vizsgált lóból 79 (28,6%) volt fertőzött. A 2008/9-es években már 33 klinikai tünetekkel járó humán eset került feljegyzésre (BAKONYI et al., 2013). Nevelt tűzokokon végzett monitoring program részeként több évben is (2006, 2009, 2011) szerológiai vizsgálatokat végeztek a Dévaványai Tűzokmentő Állomáson. A fiatal, elengedésre váró madarak között minden évben több szeropozitív egyed is azonosításra került (SÓS et al., 2012).

A 2018-as évben számos országban ugrásszerűen megnőtt a nyugat-nílusi lázas esetek száma mind a humán, mind az állati fertőzések tekintetében. a 2017-es és 2018-as éveket összehasonlítva a regisztrált humán fertőzések száma 208-ról 1605-re, míg hazánkban 23-ról 225-re emelkedtek. A halálesetek nyugat-nílusi lázhoz köthető száma Magyarországon ezekben az években 4, valamint 15 volt (ECDC, 2019a; ECDC 2019b).

Egy monitoring vizsgálat során 162 Somogy, illetve Baranya megyében tartott idegrendszeri tüneteket soha nem mutató, nyugat-nílusi láz vírusa ellen oltatlan, valamint a vizsgálat idejében egészséges lóból vettek vért, melyek ELISA antigéntesztel történő vizsgálata során 102 (62%) volt pozitív, 57 (35,2%) volt negatív és 3 (1,8%) esetben kétes volt a teszt eredménye. A kutatás folytatásaként további 8 másik megyéből származó 112 vérmintából végzett teszt 82 esetben mutatott pozitívítást (VLADÁR, 2020). A 2018-as évet követően hirtelen visszaesett a fertőzések száma, 2021-ben mindössze 7 humán, valamint 2 lovat érintő esetet regisztráltak (ECDC, 2021).

Összefoglalás

A nyugat nilusi láz vírusa okozta fertőzések gyakoriságát befolyásoló konkrét járványtani összefüggések egyelőre ismeretlenek. A regisztrált esetek számának változása mögött rejlő befolyásoló tényezők között szerepelhetnek környezeti hatások, mint például a meleg nyár pozitív befolyása a vérszívó köztigazdák szaporodására, valamint az általuk hordozott vírus replikációjára. A lovak esetében használt vakcinák hatásához hasonlóan a fertőzést átvészelt madarak általi maternális immunitás feltehetőleg szintén fontos tényező lehet a vírusterjedés visszaszorulásában, míg a humán esetszámok csökkenésére magyarázat lehet a vizsgálatok koronavírus-járvány miatti háttérbe szorulása. Az eddigi ismereteink alapján megállapítható, hogy a 2018-as évihez hasonló, esetleges jövőbeli tömeges megbetegedésekre való felkészüléshez elengedhetetlen a vírus terjedését befolyásoló mechanizmusok alaposabb tanulmányozása.

Irodalom

- BAKONYI, T., FERENCZI, E., ERDÉLYI, K., KUTASI, O., CSÖRGŐ, T., SEIDEL, B., WEISSEN-BÜCK, H., BRUGGER, K., BÁN, E., NOWOTNY, N. 2013: Explosive spread of a neuroinvasive lineage 2 West Nile virus in Central Europe, 2008/2009. *Veterinary microbiology*, 165(1-2), 61-70.
- BAKONYI, T., HUBÁLEK, Z., RUDOLF, I., NOWOTNY, N. 2005: Novel flavivirus or new lineage of West Nile virus, central Europe. *Emerging infectious diseases*, 11(2), 225.
- BAKONYI, T., IVANICS, É., ERDÉLYI, K., URSU, K., FERENCZI, E., WEISSENBOCK, H., Nowotny, N. 2006: Lineage 1 and 2 strains of encephalitic West Nile virus, central Europe. *Emerging infectious diseases*, 12(4), 618.
- BERTHET, F. X., ZELLER, H. G., DROUET, M. T., RAUZIER, J., DIGOUTTE, J. P., DEUBEL, V. 1997: Extensive nucleotide changes and deletions within the envelope glycoprotein gene of Euro-African West Nile viruses. *Journal of General Virology*, 78(9), 2293-2297.
- DOCHERTY, D. E., LONG, R. R., GRIFFIN, K. M., SAITO, E. K. 2004: Corvidae feather pulp and West Nile virus detection. *Emerging infectious diseases*, 10(5), 907.
- EPSTEIN, P. R. 2001: West Nile virus and the climate. *Journal of Urban Health*, 78(2), 367-371.
- European Centre for Disease Prevention and Control. 2021: *Weekly updates: 2021 West Nile virus transmission season*. <https://www.ecdc.europa.eu/en/west-nile-fever/surveillance-and-disease-data/disease-data-ecdc> megtekintve: 2022.05.19.
- European Centre for Disease Prevention and Control. West Nile virus infection. In: *ECDC. Annual epidemiological report for 2018*. Stockholm: ECDC; 2019a.
- European Centre for Disease Prevention and Control. West Nile virus infection. In: *ECDC. Annual epidemiological report for 2017*. Stockholm: ECDC; 2019b.
- GLÁVITS, R., FERENCZI, E., IVANICS, É., BAKONYI, T., MATÓ, T., ZARKA, P., PALYA, V. 2005: Co-occurrence of West Nile Fever and circovirus infection in a goose flock in Hungary. *Avian Pathology*, 34(5), 408-414.
- HUBÁLEK, Z., HALOUZKA, J. 1999: West Nile fever-a reemerging mosquito-borne viral disease in Europe. *Emerging infectious diseases*, 5(5), 643.
- KECSKEMÉTI, S., BAJMÓCY, E., BACSADI, A., KISS, I., BAKONYI, T. 2007: Encephalitis due to West Nile virus in a sheep. *Veterinary Record*, 161(16), 568.
- KOMAR, N. 2003: West Nile virus: epidemiology and ecology in North America. *Advances in virus research*, 61, 185-234.
- LANCIOTTI, R. S., EBEL, G. D., DEUBEL, V., KERST, A. J., MURRI, S., MEYER, R., BOWEN, M., MCKINNEY, N., MORRIL, W. E., CRABTREE, M. B., KRAMER, L. D., ROEHRIG, J. T.

- 2002: Complete genome sequences and phylogenetic analysis of West Nile virus strains isolated from the United States, Europe, and the Middle East. *Virology*, 298(1), 96-105.
- MOLNÁR, E. 1982: Occurrence of tick-borne encephalitis and other arboviruses in Hungary. *Geographia Medica*, 12: 78–120.
- PAPA, A., BAKONYI, T., XANTHOPOULOU, K., VÁZQUEZ, A., TENORIO, A., NOWOTNY, N. 2011: Genetic characterization of West Nile virus lineage 2, Greece, 2010. *Emerging infectious diseases*, 17(5), 920.
- ROOT, J. J., BOSCO-LAUTH, A. M. 2019: West Nile virus associations in wild mammals: an update. *Viruses*, 11(5), 459.
- SÁRDI, S., SZENTPÁLI-GAVALLÉR, K., BAKONYI, T., SZENCI, O., KUTASI, O. 2012: Lovak nyugat-nílusi vírus okozta agy-és gerincvelő gyulladása. Irodalmi áttekintés. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 134(12), 707-717.
- SÓS, E., MOLNÁR, V., DANDÁR, E., BÁLINT, Á., BAKONYI, T. 2012: Szerológiai vizsgálatok hazai túzok (*Otis tarda*) állományokban. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 134, 361-365.
- VAZQUEZ, A., SÁNCHEZ-Seco, M. P., RUIZ, S., MOLERO, F., HERNANDEZ, L., MORENO, J., MAGALLANES, A., TEJEDOR, C. G., TENORIO, A. 2010: Putative new lineage of West Nile virus, Spain. *Emerging infectious diseases*, 16(3), 549.
- VLADÁR, B., Cs., 2020: A Nyugat-nílusi vírus fertőzöttség ugrásszerű terjedése lovakban. *Diplomamunka*. Állatorvostudományegyetem, Budapest.
- World Health Organisation. 2017: West Nile virus adatbázis <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/west-nile-virus> megtekintve: 2022.01.10.
- ZELLER, H. G., SCHUFFENECKER, I. 2004: West Nile virus: an overview of its spread in Europe and the Mediterranean basin in contrast to its spread in the Americas. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 23(3), 147-156.

AZ ERDEI SZALONKÁBAN (*SCOLOPAX RUSTICOLA*) ELŐFORDULÓ LEHETŐSÉGES JELENTŐSEBB PATOGÉNEK

Significant pathogens occurrence in eurasian woodcock (*Scolopax rusticola*)

ÁGOSTON HUNOR, BENDE ATTILA, LÁSZLÓ RICHÁRD

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet

agoston.hunor@gmail.com

Kivonat

A hazánkon átvonuló erdei szalonka (*Scolopax rusticola*) vizsgálatára létrehozott országos monitoring program keretén belül évről évre tett megfigyelések ellenére a szalonkaállományokban előforduló patogénekről nem állnak rendelkezésre eredmények. Ebben az irodalmi áttekintésben olyan világszerte elterjedt, széles gazdaspektrumú kórokozók kerülnek ismertetésre, melyek feltételezhetően az erdei szalonkában is előfordulnak, így a populációdinamikát befolyásoló hatásuk mellett terjedésük állategészségügyi, valamint gazdasági kockázatot is jelentenek.

Abstract

Despite the annual observations made along the Hungarian Eurasian Woodcock Monitoring Program, there are no available results about the pathogens persisting in the populations. In this literature review described are worldwide-spread causative agents with broad host spectrum and which are supposedly occur in the eurasian woodcock (*Scolopax rusticola*). These pathogens may not only affect the population dynamics of the species but also imply an animal hygiene and economic hazard.

Bevezetés

Az erdei szalonka migráló életmódja feltételezi, hogy ez a faj szerepet játszhat különféle fertőző ágensek akár kontinenseken átívelő terjedésében. Noha e madár vadászata számos országban közkedveltségnek örvend, valamint a hazánkban működő monitoring programnak köszönhetően egyre több információhoz jutunk a szalonka vonulásdinamikájára, valamint a populáció mérete és összetétele vonatkozásában a faj által hordozott patogén ágensekről való ismereteink igencsak szerénynek mondhatók. Tekintettel arra, hogy egy ezen témával kapcsolatosan nem jelent meg áttekintő tanulmány ezért vállalkoztunk arra, hogy megvizsgáltuk melyek azok az erdei szalonka állományokban is potenciálisan előforduló, több esetben zoonotikus tulajdonságú, széles gazdaspektrumú és világszerte elterjedt patogének, melyek járványtani- és gazdasági jelentősége meghatározó, így jelenlétüknek ismerete a szalonkapopulációkban nem csupán azok állategészségügyi státuszának fokmérője lehet, de a szalonka szerepét is bemutatják ezen ragályos betegségek terjedésében.

Szarkocisztózis

A zoonotikus szarkocisztózis kialakulásáért egysejtű paraziták, az Apicomplexa törzsbe tartozó különböző *Sarcocystis* fajok a felelősek. Ezen közvetett fejlődésű protozoáknak végleges gazdája általában húsevők, míg a köztigazdát különféle növényevők (illetve minden evők) jelentik, amik fertőződése a sporociszták szájon át való felvételével történik. Az emésztőrendszerben kikelő fejlődési alakok többször osztódnak az erek endotéliumsejtjeiben, majd a keringés segítségével a szív- és vázizomzatba jutnak, ahol kialakítják a rájuk jellemző, általában szabad szemmel is látható szarkocisztisz tömlőt, amiben a fertőzőképes bradyzoiták fejlődnek. Ha a végleges gazda bradyzoitákat hordozó köztigazdát fogyaszt,

azok a tömlőkből kiszabadulva a bélhámsejtekben kezdenek ivaros szaporodásba, melynek végén kialakuló sporociszták bélsárral ürülnek (MATUSCHKA & BANNERT, 1987; DUBNEY et al., 1989). A fertőzés nagyrészt szubklinikai, az esetleges tünetek nem specifikusak (láz, gyengeség, testtömegvesztés) főként a tömlők képződése előtti akut szakaszokhoz köthetőek (HERBERT & SMITH, 1987; LINDSAY et al., 1995), amikor a fejlődési alakok vándorlását endotélkárosodás, valamint szöveti nekrozis követi. Nagyfokú szarkocisztisz fertőzöttség és hordozás esetén kialakuló immunszuppresszió növeli a gazdaszervezet kitettségét az egyéb patogénekkal szemben (LINDSAY et al., 1995).

A világszerte elterjedt *Sarcocystis* nemzetség köztigazdái között számos költöző életmódot folytató madárfaj van jelen (ERICKSON, 1940). Ellentétben a határozottan fajspecifikus emlősök izomszövetében fejlődőkkel, ezen madarakat fertőző *Sarcocystis* fajok gazdaspektruma széles, ugyanazon sporociszták fertőzést képesek kialakítani eltérő rendbe tartozó madaraknál is (BOX & SMITH, 1982). A fertőzöttség kimutatása ante mortem meglehetősen körülményes. Post mortem azonban a kórbonctani vizsgálat során a bőr lefejtése után szabaddá váló vázizomzat felszínén láthatóvá válnak a néhány milliméter hosszúságú fehér tömlők főleg a nyaki, mell- és a combizmokban (ERICKSON, 1940). A tengerentúlon több publikáció tárgyalja szarkocisztózis előfordulását különböző észak-amerikai szalonkafajokban (amerikai szalonka- *Scolopax minor*, amerikai sárszalonka- *Gallinago delicata*) (ERICKSON, 1940; HILLER et al., 2007), azonban a protozoa előfordulása a hazánkon is átvonuló erdei szalonka állományokban pontosan még nem ismert.

Klamidiózis

A *Chlamydia* nemzetség tagjai gram-negatív intracelluláris baktériumok, melyek között vannak fajspecifikus, de széles gazdaspektrummal rendelkező, embert is megbetegíteni képes fajok (BOREL et al., 2018). Utóbbiak közé tartozik az elsődlegesen madarakban előforduló ornitózis, másnéven papagájkór kialakulásáért felelős *Chlamydia psittaci*, amely megfelelő orvosi kezelés hiányában az esetek döntő többségében súlyos tüdőgyulladáshoz, halálhoz vezet (TELFER et al., 2005; BRANLEY et al., 2014). Ezt a világszerte elterjedt patogént több, mint 30 különböző rendbe tartozó, mintegy 450 madárfajból kimutatták már (KALETA & TADAY, 2003). Az egyes törzsek fajspecifikusak (SACHSE et al., 2015), így a patogenitás a gazdafajtól és a fertőzött egyed egészségügyi státuszától együttesen függ (GERLACH, 1994).

Az elsődleges tünetek a letargia, légzőszervi kórképek, testtömegvesztés és kötőhártyagyulladás (ANDERSEN & FRANSON, 2007; HARKINEZHAD et al., 2009) A vadmadarakat régóta a *Chlamydia psittaci* rezervoárjainak tartják, ennek ellenére csekély számú monitoring program vizsgálta célzottan a patogén jelenlétét ezen populációkban (FRANSON és PEARSON, 1995; ANDERSEN et al. 2000). A *Chlamydia psittaci* törzseket egy külső membránfehérjéjük, a protein A alapján genotipizálják, ami alapján elkülönítenek A-F, E/B, M56, 1V és WC genotípusokat. A legpatogénebb vonalra tartozó A genotípust számos fajba tartozó vadon élő madaraktól kimutatták már, az E genotípus szintén diverz gazdakörrel rendelkezik. Az E/B genotípus víziszárnyasokban, a B galambokban, a C és D pulykában, míg az F papagájok között fordul elő jellemzően. Az M56 genotípust sokáig csak emlősökhöz társították, ám újabban ragadozómadaraktól is kimutatásra került, a varjúfélékben pedig egy új genotípust, az 1V-t különítettek el (STOKES et al., 2021).

Az utóbbi években számos új *Chlamydia* faj került leírásra, így feltételezhető, hogy ezek a fajok korábbi vizsgálatok során *psittaciként* voltak azonosítva, különösen, ha kimutatásuk kizárólag szerológiai úton történt (SACHSE et al., 2015). Egy 2016 során végzett koreai monitoring vizsgálat keretein belül különböző vadmadarak *Chlamydia* fajokkal való fertőzöttségét derítették fel, Ennek során a nem reprezentatív mennyiségű erdei szalonka minták több, mint fele fertőzött volt *Chlamydia gallinacea*-vel (Jeong et al., 2017). Ez a faj

többnyire tünetmentes, azonban időnként légzőszervi tüneteket okozó rokona a *C. psittaci*-nek (GUO et al., 2016). Bár baromfiállományokban Európa-szerte is széleskörben elterjedt, ezt a fajt itt még nem mutatták ki vadmadárból (STOKES et al., 2021). *Chlamydiózis* esetén kialakuló legfőbb kórbonctani képek között a makroszkopikusan a tüdőn, a lépen és a májon tapasztalható elváltozások, melyek multifokális nekrotikus jellegű öltetek és az utóbbi két szerv megnagyobbodásával kísérték. A pontos genotipizáláshoz az elváltozást mutató szövetek szövetszövetmintái mellett, a légszövetből vett tamponmintából végzett PCR-vizsgálat is felhasználható (JEONG et al., 2017).

Madárinfluenza

Influenza A vírusok számos fajból izolálásra kerültek már, többek között emberből, sertésből, lóából, nyércből, macskafélékből, fókákból és cetekből, valamint több háziszárnyas-, illetve vadmadárfajból. Az influenza A vírus genomja nyolc szegmentből álló negatív egyszálú RNS-ből épül fel, az örökítőanyag tizenegy fehérjét kódol, amiből kettő az influenzavírusok csoportosítására szolgáló hemagglutinin (H), illetve neuraminidáz (N) felszíni glikoproteinek (WEBSTER et al., 1992). Az Influenzavírus A szerotípusai közül valamennyi hemagglutinin-, illetve neuraminidáz-változatot, valamint ezek kombinációinak többségét izolálták már madaraktól.

A vírustörzseket virulenciájuk alapján két csoportba oszthatjuk. A magas patogenitású (HPAI) törzsek mortalitása megközelítheti akár a 100%-ot is érzékeny fajokban és kizárólag a H5, illetve H7 szerotípusokra korlátozódnak, habár nem mindegyik ide tartozó szerotípus okoz HPAI-t. A többi, alacsony patogenitású (LPAI) vírustörzs enyhébb, általában légzőszervi megbetegedéssel jár, azonban ezek is képesek exacerbációra (ALEXANDER, 2000). A madárinfluenza rendkívül nagy gazdasági károkat képes okozni a baromfiágazatban, de ezen kívül humán fertőzöttekben is súlyos klinikai tüneteket alakíthat ki, sőt akár alkalmazkodhat is az emberek közötti hatékony terjedéshez (RICHARD et al., 2014).

Az influenzavírusok szegmentált genetikai állományának köszönhetően képesek az új-rarendeződésre vagyis a két különböző vírusgenom kereszteződésére. Ennek a tulajdonságnak köszönhetően a vírustörzsek genetikai állománya gyakran változik (HATCHETTE et al., 2004) és egy bizonyos szubtípus nem feltétlenül fog megegyezni akár az ugyanabban az évben és ugyanabból a gazdafajból izolált vírussal az örökítőanyag felépülésének tekintetében (SHARP et al., 1997). Az influenzavírusok magas prevalenciája bizonyos vadon élő madárfajok között arra enged következtetni, hogy ez a folyamat ezen populációk között is zajlik (OLSEN et al., 2006). A magas patogenitású madárinfluenza vírustörzsek elterjedésében szintén valószínűsíthető a vadmadarak szerepe. A H5N8 HPAI nagyléptékű földrajzi terjedését vizsgálva, az többször időben és térben is egybeesett a potenciálisan fertőzött vándorló fajok vonulásával (Global Consortium for H5N8 and Rel. Inf. Vir., 2016)

Egy holland kutatás során 2016-ban és 2017-ben az aktuálisan kitöréseket okozó magas patogenitású H5N8 prevalenciáját vizsgálták elhullott vadmadarakban, az összesen 71 fajba tartozó közel 13600 egyed döntő része víziszárnyas volt (KLEYHEEG et al., 2017). A vadmadaraktól izolált HPAI H5N1 vírussal való hatékony SPF (specific pathogen-free) csirke kísérleti fertőzése következtében elhullott állatok kórbonctani vizsgálata során a madarak mérsékelt dehidrálttsága mellett, a legfőbb elváltozások a hasnyálmirigyen keletkezett fakó színű multiplex nekrotikus területek, a megnagyobbodott és könnyen szakítható máj, a szintén megnagyobbodott és multifokális fehér pontokkal tarkított lép, valamint a tartalomtól mentes, gázzal telt vékonybelek voltak. A kórszöveti vizsgálat során a hasnyálmirigyen és lépen kívül az agyban is elhalásos göcök voltak láthatók (KWON et al., 2005).

A víruskimutatás történhet kloákából, vagy szájon át a garatból vett tamponminta segítségével, de friss bélsár is felhasználható (VERHAGEN et al., 2015), annak ellenére, hogy kutatások alapján a vírus nagyobb mértékben ürül a légutakon keresztül, mint bélsárral

(BROWN et al., 2006; KEAWCHAROEN et al., 2008). A kloákából vett minták vizsgálata magasabb szenzitivitást mutat a garatból vett mintákénál. A legtöbb monitoring program a két mintatípus együttes alkalmazását írja elő egyedenként, amivel az érzékenység tovább növelhető (MUNSTER et al., 2008). A tamponmintákból reverz-transzkriptáz polimeráz-láncreakció (RT-PCR) vizsgálat segítségével történik a direkt víruskimutatás (KIM et al., 2019).

Baromfipestis

A baromfipestis, vagy másik nevén a Newcastle betegség vírusára korábban madár paramyxovírus 1-es szerotípusként (APMV-1) hivatkoztak, azonban taxonómiai változások következtében ma már avulavírusnak nevezzük (BROWN & BEVINS, 2017). A ragályos betegség, amely világszerte okoz hatalmas gazdasági károkat a baromfiágazatban, feltételezések szerint valamennyi madárfajban képes fertőzést és vírusürítést kialakítani, így a kitörések hátterében gyakran vadmadarakkal való kontaktust sejtnek. Virulencia alapján négy csoportba soroljuk a törzseket. Az aszimptomatikus, illetve lentogén törzsek alacsony patogénitásúak, enyhe, sokszor szubklinikai légző- és emésztőszervi fertőzést alakítanak ki.

A mezogén, illetve velogén törzsek esetében ezzel ellentétben jellemzőek az idegrendszeri, valamint légző-, emésztőszervet érintő tünetek (SCHELLING et al., 1999). A velogén törzseket ilyen értelemben neurotrópnak, vagy viscerotrópnak nevezzük a predilekciós szerv alapján (GANAR et al., 2014). A mezogén törzs esetén a tünetek általában önlimitálóak, így másodlagos fertőzés hiányában az elhullások mértéke csekély, addig a velogén törzsek magas mortalitást okoznak (BROWN & BEVINS, 2017). A virulenciatípust kísérleti tojásoltással a csirkeembrióknak az oltás pillanatától elpusztulásukig mért átlagos idővel határozzuk meg, ez lentogén törzs esetében 90-150 óra, mezogénnél 60-90 óra, velogénnél pedig 40-60 óra (HANSON & BRANDLY, 1955).

Bár különböző vakcinák széleskörben elérhetőek a baromfitartók számára, valamint az immunizálás napos kortól kezdetét veszi, a vadmadarak között cirkuláló baromfipestis vírusok potenciális kitörési forrást jelentenek a mentes országokban is (GANAR et al., 2014). A vírus viszonylag ellenálló, szervezeten kívül napokig, kedvező körülmények között akár hetekig is fertőzőképes maradhat, így tárgyakkal, ragályfogó eszközökkel is terjedhet. Az inkubációs időszak 2-15 napig terjedhet és a vírusürítés gazdafajtól (és vírustörzstől) függően 1-2 héttől akár egy évig is eltarthat elsősorban légzőszervi váladékkal, illetve bélsáron keresztül.

Idegrendszeri formánál ugyanazok a tünetek figyelhetők meg baromfiban és vadon élő madarak esetében, amik között tremor, ataxia, tortikollisz és parézis, valamint paralízist szerepel. Kórbonctani vizsgálat során vérzések jelennek meg az epithelsejtek sérülése következtében az érintett szervben. Vadmadarak esetében a leggyakrabban a központi idegrendszer, illetve vesét érintik az elváltozások, de generalizált fertőzés kialakulása esetén az elhullás még azelőtt bekövetkezhet, hogy felismerhető kórszövettani jegyek megjelenének.

A baromfipestis kórjelzése során a klinikai tünetek és kórbonctani elváltozások, valamint szerológiai eredmények tudatában feltételezett diagnózis megerősítésére használt arany sztenderdet a csirkeembrióból történő vírusizolálás, valamint hemagglutinációs próba jelenti. RT-PCR vizsgálat előnyösebb az előbbiekkal szemben a gyorsasága és a kedvezőbb vizsgálati költsége miatt. ELISA teszt, illetve haemagglutináció-gátlási próba szintén végezhető, azonban ezek nem képesek különbséget tenni a legtöbb oltás, illetve a vadvírus által kiváltott ellenanyag között (BROWN & BEVINS, 2017).

Összefoglalás

Az erdei szalonka életmódjából kifolyólag több széles gazdaspektrumú, köz- illetve állategészségügyileg, illetve gazdaságilag nagy jelentőséggel bíró patogén hordozásában

vehet részt, melyek prevalenciáját a szalonkaállományokban jelenleg nem ismerjük. Ebből kifolyólag a tavasszal végzett monitoring program során javasoljuk a minták állategészségügyi szempontból történő vizsgálatát, mely eredményeképp nyert információk hiánypótlók lennének. A monitoring programban elvégzett vizsgálatok eredményeképpen fel tudnánk mérni ezen hosszútávú vonuló járványtani szerepét.

Irodalom

- ALEXANDER, D. J. 2000: A review of avian influenza in different bird species. *Veterinary microbiology*, 74(1-2), 3-13.
- ANDERSEN, A.; FRANSON, J., 2007: Avian Chlamydiosis. *Infectious Diseases of Wild Birds*, 1st ed.; Thomas, N., Hunter, D., Atkinson, C., Eds.; Blackwell Publishing Professional: Ames, IA, USA, 303–316.
- BOREL, N., POLKINGHORNE, A., POSPISCHIL, A. 2018: A Review on Chlamydial Diseases in Animals: Still a Challenge for Pathologists? *Vet. Pathol*, 55, 374–390.
- BOX, E. D., SMITH, J. H. 1982: The intermediate host spectrum in a *Sarcocystis* species of birds. *The Journal of parasitology*, 68(4), 668-673.
- BRANLEY, J., WESTON, K., ENGLAND, J., DWYER, D., SORRELL, T., 2014: Clinical features of endemic community-acquired psittacosis. *New Microbes New Infect.*, 2, 7–12.
- BROWN, J. D., STALLKNECHT D.E., BECK J. R., SUAREZ D. L., SWAYNE D. E. 2006: Susceptibility of North American ducks and gulls to H5N1 highly pathogenic avian influenza viruses. *Emerg. Infect. Dis.* 12:1663–1670.
- BROWN, V. R., & BEVINS, S. N. (2017). A review of virulent Newcastle disease viruses in the United States and the role of wild birds in viral persistence and spread. *Veterinary research*, 48(1), 1-15.
- DUBNEY, J. P., SPEER, C.A., FRAYER R., 1989: *Sarcocystosis of animals and man*. CRC Press Inc., Boca Raton, FL, USA. 215.
- ERICKSON, A. B., 1940: *Sarcocystis* in birds. *The Auk*, 57(4), 514-519.
- GANAR, K., DAS, M., SINHA, S., KUMAR, S. 2014: Newcastle disease virus: current status and our understanding. *Virus research*, 184, 71-81.
- GERLACH, H. 1994: *Chlamydia. Avian Medicine: Principles and Application*; Ritchie, B., Harrison, G., Harrison, L., Eds.; Wingers Publishing, Inc.: Lake Worth, FL, USA, 984–996.
- Global Consortium for H5N8 and Related Influenza Viruses. 2016: Role for migratory wild birds in the global spread of avian influenza H5N8. *Science*, 354(6309), 213-217.
- GUO, W., LI, J., KALTENBOECK, B., GONG, J., FAN, W., WANG, C. 2016: *Chlamydia galinacea*, not *C. psittaci*, is the endemic chlamydial species in chicken (*Gallus gallus*). *Scientific reports*, 6(1), 1-10.
- HANSON, R. P., & BRANDLY, C. A. (1955). Identification of vaccine strains of Newcastle disease virus. *Science*, 122(3160), 156-157.
- HARKINEZHAD, T.; GEENS, T.; VANROMPAY, D., 2009: Chlamydia psittaci infections in birds: A review with emphasis on zoonotic consequences. *Vet. Microbiol.*, 135, 68–77.
- HATCHETTE, T. F., WALKER, D., JOHNSON, C., BAKER, A., PRYOR, S. P., WEBSTER, R. G. 2004: Influenza A viruses in feral Canadian ducks: extensive reassortment in nature. *Journal of General Virology*, 85(8), 2327-2337.
- HERBERT I. V., SMITH T. S., 1987: Sarcocystosis. *Parasitology Today*. 3(1), 16-21.
- HILLER, B. J., SIDOR, I. F., DE GUISE, S., BARCLAY, J. S., 2007: Prevalence and ultrastructure of *Sarcocystis* in American woodcock harvested in Connecticut. *Journal of Parasitology*, 93(6), 1529-1530.

- JEONG, J., AN, I., OEM, J. K., WANG, S. J., KIM, Y., SHIN, J. H., WOO, C., KIM, Y., JO, S. D., SON, K., LEE, S., JHEONG, W. 2017: Molecular prevalence and genotyping of *Chlamydia* spp. in wild birds from South Korea. *Journal of Veterinary Medical Science*, 16-0516.
- KALETA, E.F.; TADAY, E.M. 2003: Avian host range of *Chlamydophila* spp. based on isolation, antigen detection and serology. *Avian Pathol.*, 32, 435–461.
- KEAWCHAROEN, J., VAN RIEL, D., VAN AMERONGEN, G., BESTEBROER, T., BEYER, W. E., VAN LAVIEREN, R., OSTERHAUS, A. D. M. E., FOUCHIER, R. A. M., KUIKEN, T. 2008: Wild ducks as long-distance vectors of highly pathogenic avian influenza virus (H5N1). *Emerg. Infect. Dis.* 14(4), 600-607.
- KIM, G. S., KIM, T. S., SON, J. S., PARK, J. E., WANG, S. J., JHEONG, W. H., MO, I. P. 2019: The difference of detection rate of avian influenza virus in the wild bird surveillance using various methods. *Journal of veterinary science*, 20(5).
- KLEYHEEG, E., SLATERUS, R., BODEWES, R., RIJKS, J. M., SPIERENBURG, M. A., BEERENS, N., KLEDER, L., POEN, M. J. STEGEMAN, J. A., FOUCHIER, R. A. M., KUIKEN, T., VAN DER JEUGD, H. P. 2017: Deaths among wild birds during highly pathogenic avian influenza A (H5N8) virus outbreak, the Netherlands. *Emerg. Infect. Dis.*, 23(12), 2050.
- KWON, Y. K., JOH, S. J., KIM, M. C., LEE, Y. J., CHOI, J. G., LEE, E. K., WEE, S. H., SUNG, H. W., KWON, J. H., KANG, M. I., KIM, J. H. 2005: Highly pathogenic avian influenza in magpies (*Pica pica sericea*) in South Korea. *Journal of Wildlife Diseases*, 41(3), 618-623.
- LINDSAY, D. S., BLAGBURN, B. L., BRAUND, K. G., 1995: *Sarcocystis* spp. and sarcocystosis. *Br Med J*, 5(3), 249-254.
- MATUSCHKA, F. R., BANNERT, B., 1987: Cannibalism and autotomy as predator-prey relationship for monoxenous Sarcosporidia. *Parasitol Res*, 74, 88-93.
- MUNSTER, V. J., BAAS, C., LEXMOND, P., BESTEBROER, T. M., GULDEMEESTER, J., BEYER, W. E. P., DE WIT, E., SCHUTTEN, M., RIMMELZWAAN, G. F., OSTERHAUS, A. D. M. E., FOUCHIER, R. A. 2009: Practical considerations for high-throughput influenza A virus surveillance studies of wild birds by use of molecular diagnostic tests. *Journal of clinical microbiology*, 47(3), 666-673.
- OLSEN, B., MUNSTER, V. J., WALLENSTEN, A., WALDENSTRÖM, J., OSTERHAUS, A. D., FOUCHIER, R. A. 2006: Global patterns of influenza A virus in wild birds. *Science*, 312(5772), 384-388.
- RICHARD, M., GRAAF, M. D., HERFST, S. 2014: Avian influenza A viruses: from zoonosis to pandemic. *Future virology*, 9(5), 513-524.
- SACHSE, K., LAROUCAU, K., VANROMPAY, D., 2015: Avian Chlamydiosis. *Curr. Clin. Microbiol. Rep.* 2, 10–21.
- SCHELLING, E., THUR, B., GRIOT, C., AUDIGE, L. 1999: Epidemiological study of Newcastle disease in backyard poultry and wild bird populations in Switzerland. *Avian pathology*, 28(3), 263-272.
- SHARP, G. B., KAWAOKA, Y., JONES, D. J., BEAN, W. J., PRYOR, S. P., HINSHAW, V., WEBSTER, R. G. 1997: Coinfection of wild ducks by influenza A viruses: distribution patterns and biological significance. *Journal of virology*, 71(8), 6128-6135.
- STOKES H.S., BERG, M. L., BENETT, A. T. D., 2021: A review of chlamydial infections in wild birds. *Pathogens*, 10, 948.
- TELFER, B., MOBERLY, S., HORT, K., BRANLEY, J., DWYER, D., MUSCATELLO, D., CORRELL, P., ENGLAND, J., MCANULTY, J., 2005: Probable Psittacosis Outbreak Linked to Wild Birds. *Emerg. Infect. Dis.*, 11, 391–397.

VERHAGEN, J. H., VAN DER JEUGD, H. P., NOLET, B. A., SLATERUS, R., KHARITONOV, S. P., DE VRIES, P. P., VUONG, O., MAJOOR, F., KUIKEN, T., FOUCHIER, R. A. 2015: Wild bird surveillance around outbreaks of highly pathogenic avian influenza A (H5N8) virus in the Netherlands, 2014, within the context of global flyways. *Eurosurveillance*, 20(12), 21069

ERDEI SZALONKA (*SCOLOPAX RUSTICOLA* L.) GENETIKAI VIZSGÁLATON ALAPULÓ IVARMEGHATÁROZÁSA

Genetic based sex determination of woodcock (*Scolopax rusticola* L.)

RICHÁRD LÁSZLÓ¹ PÁLINKÁS-BODZSÁR NÓRA² ATTILA BENDE¹

¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet,
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky utca 4.

²Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ, Haszonállat-génmegőrzési Intézet,
2100 Gödöllő, Isaszegi út 200.
laszlo.richard@uni-sopron.hu

Kivonat

Az erdei szalonka (*Scolopax rusticola* L.) esetében nincs ivari dimorfizmus, így az ivarok elkülönítése pusztán szemrevételezéssel nem megoldható a gyűrűzések és a jeladók felszerelése során, pedig e kutatások eredményeinek értékelésekor az ivarok ismeretének kiemelt jelentősége lenne. Kutatásunk során azt vizsgáltuk, hogy a vérminták terepi gyűjtése mennyire elégíti ki a praktikus és biztonságos mintavételezés igényét, valamint azt, hogy a tollminták esetében mennyire minden esetben kinyerhető-e elegendő örökítőanyag a genetikai ivarmeghatározáshoz. A mintákat 2019 őszén Sopron mellett befogott, valamint 2020 tavaszán elejtett madaraktól gyűjtöttük, utóbbi esetben boncolással jutottunk a kontroll adatokhoz. Megállapítottuk, hogy a vérvétel jól beilleszthető a gyűrűzési munkafolyamatba és nem okoz jelentős problémát e semi-invazív eljárás, amit bizonyít az is, hogy az egyik gyűrűzött példány több mint 2 évvel a megfogás – és a vérminta levétele – után került meg Franciaországban. Az általunk gyűjtött és megvizsgált 20 vér- és 20 tollminta mindegyikéből sikerült az ivart meghatározni, így eredményeink alapján javasoljuk a vérminták gyűjtését a gyűrűzések – és különösen jeladózások esetében –, míg a tollminták gyűjtését – az egyszerű mintavétel és a könnyű tárolás miatt – az egyes nagy mintaszámú populációgenetikai vizsgálatokhoz.

Abstract

Because of the lack of sexual dimorphism in case of woodcock (*Scolopax rusticola* L.) the sexes cannot be distinguished by visual inspection during ringing and installing the transmitters. However, knowledge of the sexes would be important in analysing the results of this research. In our research, we examined whether on-site blood sampling met the need for convenient and safe sampling and in the case of feather samples, whether sufficient genetic material can be obtained for genetic sex determination. Samples were collected from birds caught near Sopron in autumn 2019 or hunted in spring 2020; in the latter case, we obtained control data by dissection. We have found that blood collection can be well integrated into the ringing process and the semi-invasive procedure does not cause any problem. Also proved by the fact that one of the ringed specimens was recaptured in France more than 2 years after capture and blood sampling. Sex could be determined from each of the 20 blood and feather samples collected. Therefore, based on our results, we recommend taking blood samples when ringing - and especially when installing transmitters, while the collection of feather samples - due to the ease of sampling and storage - for population genetic studies of large sample numbers.

Bevezetés

Az erdei szalonka ivarának elkülönítése külső jegyek alapján nem lehetséges (CLAUSAGER 1973, CRAMP-SIMMONS 1983, FERRAND-GOSSMAN 2009), azonban fajjal kapcsolatos kutatások során nagy jelentősége lenne az ivar ismeretének az adatok differenciált értékelésekor. Korábban már megpróbálták az egyes morfometriai jellemzők alapján meghatározni az ivart (HOODLESS 1994, ARADIS et al. 2015), de ezek nem bizonyultak megbízható eljárásoknak, mint, ahogy a biometriai paraméterek alapján meghatározott formulák sem (MACCABE-BRACKBILL 1973, STRONACH et al. 1974; ROCKFORD-WILSON 1982). A morfometriai adatok eltérésén alapuló részletes statisztikai vizsgálatok más Charadriiformes fajok esetében sem vezettek biztos eredményre (REMISIEWICZ-WENNERBERG 2006, SCHROEDER et al. 2008, BRADY et al. 2009; DECHAUME-MONCHARMONT et al. 2011). Kutatásunk során éppen ezért a genetikai vizsgálatokon alapuló ivarmeghatározási módszerek alkalmazhatóságának vizsgálatára helyeztük a hangsúlyt.

Anyag és módszer

Mintavétel

A kutatásunkhoz Sopron mellett gyűjtöttük mintákat összesen 40 madárból, 20 egyedből tollmintát, 20 egyedből pedig vérmintát vettünk, az utóbbiak közül 5 minta befogott madárból származott.

Az élő madarakat borítóhálós módszerrel a Sopron melletti legelőkön fogtuk, ahol az éjszaka kint táplálkozó madarakat reflektor és hőkamera segítségével kutattuk fel. A megtalált egyedeket folyamatosan megvilágítva megközelítettük és egy 8 m hosszúságú teleszkópos bot végére erősített, 1 m átmérőjű, keretre rögzített háló segítségével fogtuk meg. A befogást követően a vérvétel a kistestű madarakra vonatkozó vérvételi protokollnak megfelelően a szárnyvénából (vena cutanea ulnaris) történt, amihez nem távolítottuk el a felkaron lévő tollakat, 70%-os alkoholos vattával félresimítottuk őket, hogy a véna jól látható legyen. A vérmintákat 2 ml-es fecskendővel és 25G-s injekcióstűvel vettük le, majd a madarat stabilan tartva a vérzést száraz vattával tamponáltuk, a madár néhány perc után elengedhető volt. A levett vér mennyisége megközelítőleg 0,5–1 ml volt, ami elegendő DNS-t tartalmazott az eredményes genetikai vizsgálatához (1. ábra).



1. ábra: Vérvétel az erdei szalonka szárnyvénájából (vena cutanea ulnaris)

A vérmintát fecskendőben, illetve a hematológiai vizsgálatok során alkalmazott antikoaguláns (Na-EDTA) oldattal töltött vérvételi csövekbe gyűjtöttük. Az őszi mintákat hűtve (5°C), 5 napig, míg a tavaszi mintákat a pandémiás helyzet miatt kényszerűen késlekedő feldolgozási lehetőség miatt több hónapig mélyhűtve (-15°C) tároltuk.

A genetikai vizsgálatokhoz szükséges tollmintákat a tavaszi mintavételezés során márciusban terítékre került madarak elsőrendű evezői közül gyűjtöttük, amelyekben kellően nagy vérrög található a vizsgálat elvégzéséhez. A tollmintákat (minden madár esetében 3 db evezőtoll) a vérmintákkal azonos módon és ideig tároltuk a genetikai analízisig.

Az elvégzett genetikai vizsgálat az eltérő ivari kromoszómákon alapul, a madarak esetében ugyanis a tojók heterogametikus (WZ), míg a kakasok homogametikus (ZZ) ivari kromoszómákkal rendelkeznek. Az alkalmazott módszer segítségével a W-kromoszómára specifikus szekvenciák detektálásával az egyes ivarok elkülöníthetők, ugyanis a női ivarban – a legtöbb faj esetében – a W-hez kötődő gén, az ún. CHD-W a kromo-helikáz DNS-kötő fehérjét kódolja (GRIFFITHS & TIWARI, 1995). A női ivart jellemző génnek (CHD-W) a kakasok esetében is megtalálható – tehát a Z-kromoszómához kötődő – változata (CHD-Z) is ismert.

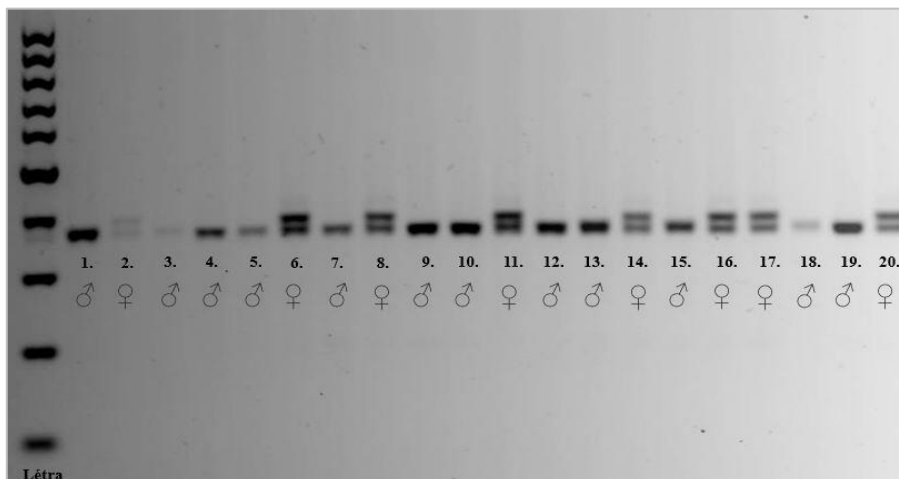
Ezek az ivarhoz kötődő gének az ivari kromoszómák rekombinálandó pszeudoautoszomális régióján kívül helyezkednek el, így legkevésbé variabilisak és e tulajdonságuk miatt alkalmasak az ivarok definiálására (FRIDOLFSSON & ELLEGREN, 1999). Vizsgálataink során összesen 20 madár DNS mintáját nyertünk ki a vérmintákból a madarakra módosított (BODZSAR *et al.*, 2009) hagyományos kisózásos módszerrel (MILLER *et al.*, 1988). A begyűjtött tollminták (20 egyed, 60 toll) DNS izolálási protokollja abban tért el, hogy a véres tollvégek közvetlenül a mag lízis-SDS elegybe kerültek (BODZSAR *et al.*, 2009) proteináz-K enzim hozzáadásával, amit egy ún. emésztési folyamat követett (56 °C, overnight). A DNS minták koncentrációját Nanodrop 2000 spektrofotométer (Thermo Fisher Scientific) segítségével mértük, majd 20 ng/μl töménységűre equalizáltuk és további felhasználásig -20°C-on fagyaszttva tároltuk.

A DNS alapú ivar meghatározás a GRIFFITHS és mtsai. (1998) által tervezett P2/P8 primerpár alkalmazásával történt, amely eltérő méretű DNS fragmenteket amplifikál a már említett CHD-Z és CHD-W (Chromobox-Helicase-DNA-binding) géneken, ezáltal a hím ivarban egyféle, tojókban pedig kétféle méretű fragment keletkezik. A master mix 15 μl végtérfogatban 10 x DreamTaq puffert 20 mM MgCl₂-dal (Thermo Fisher Scientific), 5 μM primert, 25 mM dNTP mixet (Thermo Fisher Scientific), 20 mg/ml BSA-t (Bovine Serum Albumin, Thermo Fisher Scientific), 5U/μL Taq DNS polimeráz enzimet (DreamTaq DNA polymerase, Thermo Fisher Scientific) és 100 ng genomi DNS-t tartalmazott. A PCR profil meghatározásához a GRIFFITHS és mtsai. (1998) által kidolgozott protokollt vettük alapul az alábbiakban leírt változtatásokkal: 95°C 4 perc denaturálás, amit 30 ciklussal az amplifikáció követ: 94°C, 30 mp, 48°C, 45 mp, 72°C, 45 mp, végül az extenzió 72°C, 5 perc (Kyratec Trinity Supercycler). A PCR termékeket 1,5 %-os agaróz (Bio-Rad) gélen, 10000 szerez hígítású GelGreen® nukleinsav festék (Biotum) használatával ún. gél elektroforézissel detektáltuk.

Eredmények és diszkusszió

Az ornitológiai kutatásokban a genetikai eljárások egyre szélesebb körben nyernek teret, de még mindig nem tekinthetők általánosnak. A genetikai vizsgálatok egyik gyakori típusa épp az ivarmeghatározást célozza meg (FRIDOLFSSON & ELLEGREN, 1999, HIPKISS *et al.*, 2002), hiszen számos madárfajnak nincs ivari dimorfizmus. Az erdei szalonka esetében is vizsgálták az ivarok genetikai módszerekkel történő elkülönítésének lehetőségeit (VÁLI & ELTS, 2002; VUČIĆEVIĆ *et al.*, 2012), ugyanakkor ezen vizsgálatok nem a terepi

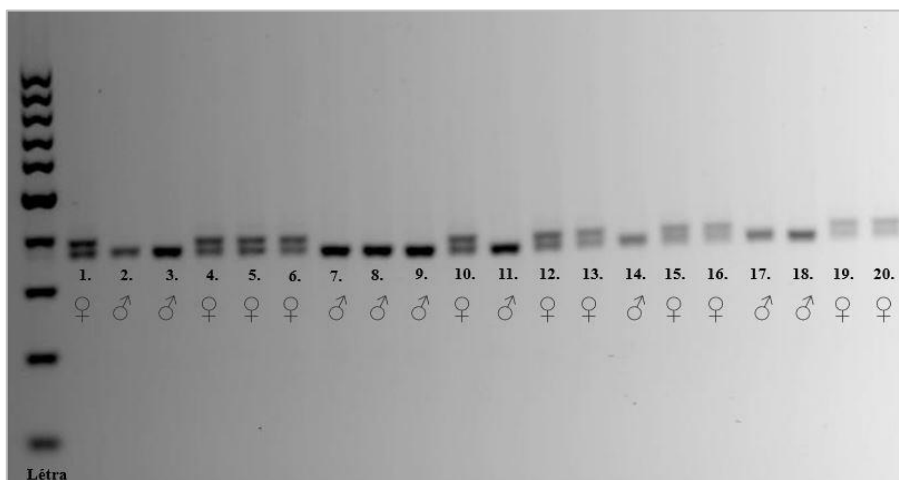
alkalmazhatóság praktikumának szemszögéből közelítik meg a kérdést. A tollminták fészkelőterületen történő gyűjtése a vizsgált egyedek jelentős zavarása nélkül valósítható meg, ugyanakkor az erdei szalonka esetében – mivel nálunk jellemzően csak őszi-tavaszi vonulása során jelenik meg – e módszer mintagyűjtésre aligha alkalmazható. Az általunk gyűjtött, tárolt és feldolgozott vérmintákból minden esetben sikerült használható mennyiségű és minőségű DNS-t kivonni a vizsgálat során, így az ivarok meghatározása minden esetben sikeres volt. A hús mintából 8 példány tyúknak, 12 példány pedig kakasnak bizonyult (2. ábra).



2. ábra: Az alkalmazott PCR reakció során vérmintákból a gélelektroforézis eredményeként detektált ivarok

A módszer alkalmazását a gyűrűzések, illetve a telemetriás jeladóval jelölt madarak ivarmeghatározása esetében javasoljuk. A mintavétel metodikája kis gyakorlattal elsajátítható, továbbá jelentős eszközigénye sincs, így terepen a jelölések alkalmával könnyen és biztonságosan kivitelezhető az eljárás.

A tollminták esetében ivarmeghatározás során a PCR-reakciók mindegyike értékelhető volt. A megvizsgált hús mintából 11 példány tyúk, 9 példány pedig kakas volt (3. ábra). A hatékonyságot nagyban növeli, ha friss tollmintákból történik a DNS kivonás, ugyanakkor az evezőtollak élő madaraktól történő eltávolítását a jelentős stresszhatás miatt nem javasoljuk.



3. ábra: Az alkalmazott PCR reakció során tollmintákból a gélelektroforézis eredményeként detektált ivarok.

Eredményeink alapján a nagymennyiségű mintát igénylő más jellegű, például populációgenetikai vizsgálatokhoz optimális lehet a vadászati hasznosítás utáni friss tollminták gyűjtése, hiszen a mintákból kellő minőségű és mennyiségű DNS vonható ki a genetikai analízishez, emellett a mintavétel különösebb előképzettséget és mintavételi eszközt nem igényel, így a mintavételbe széles körben vonható be a különféle adatszolgáltatók köre. A könnyen begyűjthető, mélyfagyaszttva egyszerűen tárolható tollmintákkal kiválthatók lennének egyes vizsgálatok esetében etil-alkoholban beküldendő izomszövet minták.

Összegzés

Az erdei szalonka (*Scolopax rusticola* L.) viselkedésökológiájának, vonulásának, habitat használatának kutatása során gyűrűzési és különösen a nagy értékű telemetriás jeladók adatainak elemzése során az ivarok ismeretének kiemelt jelentősége lenne. E jelölt madarak az esetek túlnyomó hányadában nem kerülnek kézre, vagy ha mégis, akkor sem közölnek ivarra vonatkozó adatot. Különösen a telemetriás adóval felszerelt egyedek esetében volna fontos az ivar ismerete, hiszen ebben az esetben sok adat ismert, de ivar nélkül, és a jeladós madarak az esetek többségében sajnos sosem kerülnek meg.

Munkánk során különböző minták (vér és toll) felhasználhatóságát vizsgáltuk a genetikai ivarmeghatározás során. A mintákat Sopron környékén gyűjtöttük az őszi gyűrűzések során (n=5), valamint a tavasszal elejtett, s így ismert ivarú (boncolt) példányokból (n=15) a módszer megbízhatóságának ellenőrzésére. A vérminták mindegyikéből sikerült meghatározni az ivart, időközben az egyik több mint 2 éve gyűrűzött madár (ivar adat nélkül) előkevert Dél-Franciaországból (Montpellier), ami bizonyítja azt, hogy jelentős problémát nem okoz az általunk alkalmazott vérminta gyűjtési eljárás. A tavaszi mintavételezés során 20 egyedből tollmintákat is vettünk, ebben az esetben szintén minden mintából sikerült megfelelő mennyiségű DNS- kinyerni az ivarmeghatározáshoz. Ez a típusú mintavétel nem igényel különösebb előképzettséget, így széles körben vonható be mintaszolgáltatók. A frissen gyűjtött tollmintákból vizsgálataink alapján nagy megbízhatósággal izolálható a DNS, ezért javasoljuk, hogy ezt a könnyen begyűjthető, jól tárolható mintatípust alkalmazzák egyes nagy mintaszámot igénylő populációgenetikai vizsgálatok során, a körülményesen tárolható izomszövet minták helyett.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket szeretnénk kifejezni a soproni Tanulmányi Erdőgazdaság Zrt-nek, hogy lehetővé tették, illetve segítették a terepi mintagyűjtő munkát, mind az őszi befogások, mind pedig a tavaszi mintavételek során. Köszönjük Reményfy Zsigmond segítségét a mintagyűjtésben. E tanulmány a GINOP-2.3.3-15-2016-00039 projekt támogatásával készült.

Irodalom

- ARADIS, A., LANDUCCI, G., TAGLIAVIA, M. & BULTRINI, M. (2015): Sex Determination of Eurasian Woodcock *Scolopax rusticola*: a molecular and morphological approach. *Avocetta* **39**: 83–89.
- BUB, H. (1996): Bird Trapping and Bird Banding: A Handbook for Trapping Methods All over the World. Cornell University Press, Ithaca, NY. pp. 328.
- BODZSAR, N., EDING, H., REVAY, T., HIDAS, A. & WEIGEND, S. (2009): Genetic diversity of Hungarian indigenous chicken breeds based on microsatellite markers. *Anim Genet.* **40**: 516–523.
- BRADY, R. S., PARUK J. D. & KERN A. J. (2009): Sexing adult Northern Shrikes using DNA, morphometrics, and plumage. *Journal of Field Ornithology.* **80**: 198–205.
- CLAUSAGER, I. (1973): Age and sex determination of the Woodcock, *Scolopax rusticola*. *Danish Review of Game Biology* **8**(1): 3–18.

- CRAMP, S. & SIMMONS, K. E. L. (1983): Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North America: The Birds of the Western Palearctic. Waders to Gulls. Volume 3. Oxford University Press, Oxford, U.K. pp. 444–457.
- DECHAUME-MONCHARMONT F. X., MONCEAU, K. & CEZILLY, F. (2011): Sexing Birds Using Discriminant Function Analysis: A Critical Appraisal. *Auk* **128**: 78–86.
- FERRAND, Y. & GOSSMANN, F. (2009): Ageing and sexing series 5: Ageing and sexing the Eurasian Woodcock *Scolopax rusticola*. *Wader Study Group Bulletin* **116**: 75–79.
- FRIDOLFSSON, A. K. & ELLEGREN, H. (1999): A simple and universal method for molecular sexing of non-ratite birds. *Journal of Avian Biology* **30**: 116–121.
- GRIFFITHS, R. & TIWARI, B. (1995): Sex of the last wild Spix's macaw. *Nature*. **375**: 454.
- GRIFFITHS, R., DOUBLE, M. C., ORR, K. & DAWSON., R. (1998): A DNA test to sex most birds. *Molecular Ecology* **7**: 1071–1075.
- HIPKISS, T. & HÖRNFELDT, B., LUNDMARK, A., NORBACK, M. & ELLEGREN, H. (2002): Sex ratio and age structure of nomadic Tengmalm's owls: a molecular approach. *Journal of Avian Biology* **33**: 107–110.
- HOODLESS, A. N. (1994): Aspects of the ecology of the European woodcock *Scolopax rusticola* L. PhD Thesis. Durham University, Durham City. 350 pp.
- MACCABE R.A. & BRACKBILL M. (1973): Problems in determining sex and age of European Woodcock. Proc. 10th International Congress of Game Biology. pp. 619–637.
- MILLER, S. A., DYKES, D. D. & POLESKY, H. F. (1988): A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acids Res.* **16**(3):1215.
- REMISIEWICZ, M. & WENNERBERG, L. (2006): Differential migration strategies of the Wood Sandpiper (*Tringa glareola*): Genetic analyses reveal sex differences in morphology and spring migration. phenology. *Ornis Fennica* **83**: 1–10.
- ROCKFORD, J. M. & WILSON, H. J. (1982): Value of biometric data in the determination of age and sex in the Woodcock (*Scolopax rusticola*). U.S. *Fish and Wildlife Service Research Report* **14**: 158–167.
- SCHROEDER, J., LOURENÇO, P. M., VAN DER VELDE, M., HOOIJMEIJER, J. C. E. W., BOTH, C. & PIERSMA, T. (2008): Sexual dimorphism in plumage and size in Black-tailed Godwits *Limosa limosa limosa*. *Ardea* **96**: 25–37.
- STRONACH, B., HARRINGTON, D. & WILHSNES, N. (1974): An analysis of Irish Woodcock data. Proc. Fifth Amer. Woodcock Workshop, Athens, GA.
- VÄLI, Ü. & ELTS, J. (2002): Molecular sexing of Eurasian Woodcock *Scolopax rusticola*. *Wader Study Group Bulletin* **98**: 48.
- VUČIĆEVIĆ, M., STEVANOVIĆ, J., VUČIĆEVIĆ, I., PANTELIĆ, A., ĐELIĆ, N., RESANOVIĆ, R. & STANIMIROVIĆ, Z. (2012): Sex determination in game birds management. Int. Symp. Hunting “Modern aspects of sustainable management of game population” Zemun-Belgrade. pp. 91–94.

ÖZGAZDÁLKODÁS ELEMZÉSE TRÓFEA-ADATOK ALAPJÁN A ZALAERDŐ ZRT. BÁNOKSZENTGYÖRGYI ERDÉSZETÉNEK TERÜLETÉN

Analysis of roe deer management based on trophy data on the territory of Bánokszentgyörgyi forestry of Zalaerdő Joint-stock Company

PREISINGER MÁRK¹, HOPP TAMÁS², PÁLINKÁS ÁKOS², NÁHLIK ANDRÁS¹, TARI TAMÁS¹

¹Soproni Egyetem, vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet

² Zalaerdő Zrt.

preisingermark16@gmail.com

Kivonat

Vizsgálatunkban az a Zalaerdő Zrt. Bánokszentgyörgyi Erdészetének területén folytatott őzgazdálkodás gyakorlatát elemeztük. Az elemzéshez hasznosítási- és becslési adatokat, trófeabírálati eredményeket és egyéb biotikus és abiotikus tényezőkre vonatkozó adatbázisokat gyűjtöttünk be és dolgoztunk fel. Idősoros elemzéseket végeztünk annak érdekében, hogy feltárjuk milyen tényezők hatnak az őztrófeák minőségi jellemzőinek alakulására, és ezen folyamatok megismerése révén igyekeztünk rámutatni azokra a gazdálkodási lehetőségekre, amelyekkel dombvidéki élőhelyeken is fejleszthető az őz állománya.

Abstract

In our study, we analysed the roe deer management practices in the Bánokszentgyörgyi Forestry of Zalaerdő Joint-stock Company. For the analysis we collected and processed harvest and estimation data, trophy evaluation results and used databases of biotic and abiotic factors. Time series analyses were conducted to explore the factors affecting the quality characteristics of roe deer trophies. By understanding these processes, we sought to highlight management options for improving deer trophy quality in hilly forested habitats.

Bevezetés

Az afrikai sertéspestis magyarországi megjelenése és terjedése komoly kihívás elé állítja a vadgazdálkodókat napjainkban. Egyrészt a fertőzött területeken küzdenek a vírus visszaszorításáért, másrészt a még fertőzésmentes területeken a vaddisznó állomány létszámcsökkenése került előtérbe a fertőzés megjelenési kockázatának csökkentése érdekében. Legyen szó bármelyik helyzetről is, a gazdálkodóknak számolniuk kell a vaddisznó hasznosításból származó bevételek csökkenésével, amit hosszútávon kompenzálni szükséges. Ennek egyik lehetősége lehet az őzgazdálkodás racionalizálása, fejlesztése és a trófeaminőség javítása. Szintén az őz szerepének jövőbeni növekedését vetíti elő a tájegységi tervrendeletekben megfogalmazott jövőkép, amely eltérően az őztől, a gím, dám, muflon esetében jelentős állománycsökkentést tart szükségesnek. Nemzetközi (BAYERN & BAYERN, 1976) és hazai kutatás (NÁHLIK ET AL., 2002; HOPP, 1997). és kísérlet bebizonyította, hogy élőhelyfejlesztéssel és szakszerű selejtezéssel lehet az őzzel eredményesen gazdálkodni akár gyengébb élőhelyeken is. Az erdei élőhelyek őzgazdálkodásának eredményességét számos tényező befolyásolja, amelyek közül az élőhely minősége a legmeghatározóbb, mert az őzállomány átlag testtömege követi az erdei élőhely minőségét (UECKERMANN, 1951), továbbá jelentős az éghajlati tényezők hatása, mivel ezek alapvetően befolyásolhatják az őzek kondícióját, így agancstömegét és túlélését is (GAILLARD ET AL., 1993).

Anyag és módszer

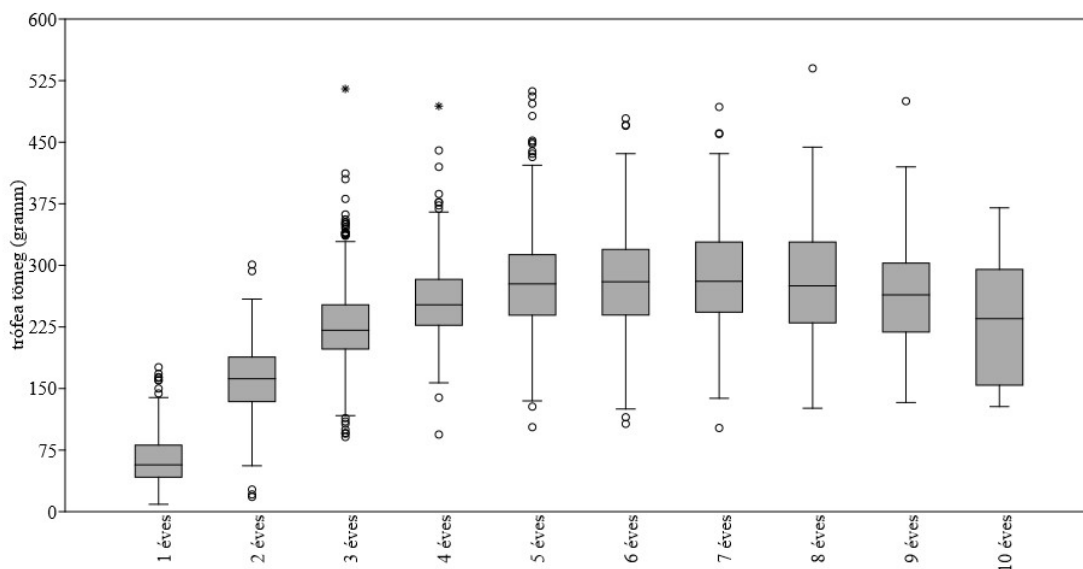
A vizsgált terület a Közép Zalai-dombság (Göcsej) és az Egerszeg-Letenyei-dombság erdészeti kistáj határán helyezkedik el. A Közép Zalai-dombság (Göcsej) a Felső-Zala, a

Kerka és a Válickavölgye által határolt, magasra kiemelkedő, eróziós-deráziós dombsági mérsékelt hűvös-mérsékelt nedves éghajlatú kistáj. Az évi középhőmérséklet 9,5 °C körül van. Az évi csapadékmennyiség 740-770 mm. Az Egerszeg-Letenyei-dombság a Válicka és a Principális-völgy között, a Felső-Zalától a Muráig nyúló, kettős osztatú eróziós dombsági terület. Mérsékelt hűvös-mérsékelt nedves. A hőmérséklet évi átlaga 9,4-9,8 °C körüli. A csapadék évi összege 770 mm-t (MAROSI & SOMOGYI, 2010). A Zalaerdő Zrt. Bánokszentgyörgyi Erdészetének területe a Zalai-dombság vadgazdálkodási tájegység (505)-ben található, a 200510 kódszámú vadgazdálkodási egység része. Az erdészet mintegy 21.500 hektáron folytat vadgazdálkodást. Jelentős mennyiségű vadföldet (60 hektár szántó, 387 rét) művel. A kilövési terv átlagosan 670 szarvas, 1400 vaddisznó és 350 őz.

A vizsgálatához szükséges trófeabírálati adatokat (trófeatömeg (g), becsült kor (év)), állománybecslési és hasznosítási adatok valamint takarmányozási adatok az Országos Vadgazdálkodási Adattárból kerültek begyűjtésre (CSÁNYI ET AL., 2020). Az időjárásparamétereket (közhőmérséklet adatok (°C) és havi csapadék adatokat (mm)) a National Centers for Environmental Information adatbázisból (<https://www.ncdc.noaa.gov/>) szereztük be. Statisztikai elemzéseket a Past 4 statisztikai programmal végeztük (HAMMER ET AL., 2001).

Eredmények

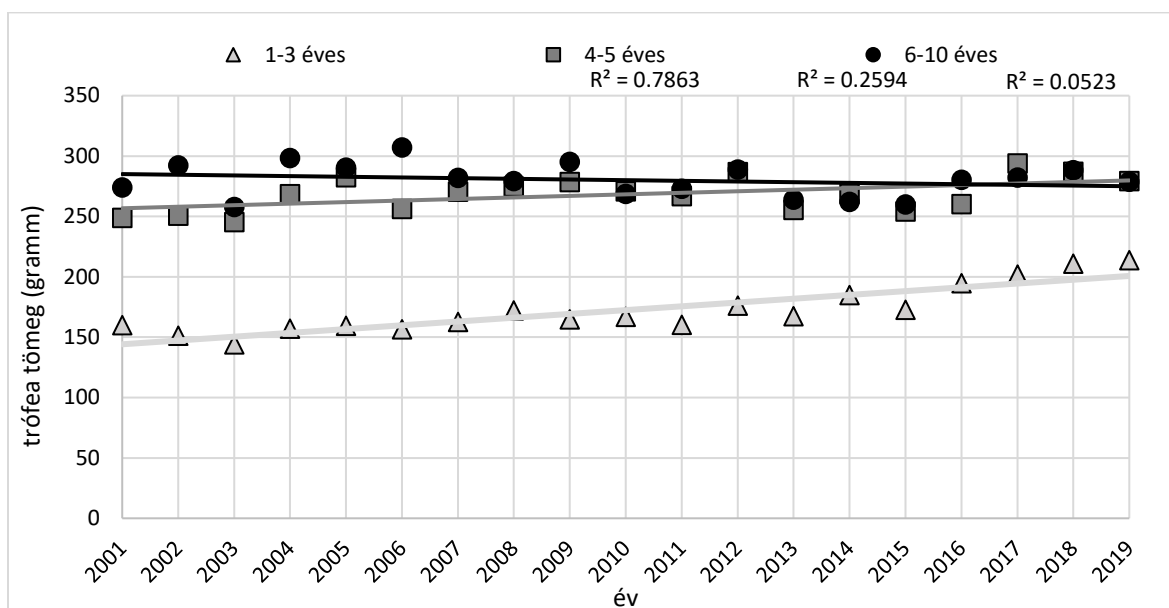
Vizsgálatainkban 3248 db őz trófeadatait dolgoztuk fel. A korosztály szerinti átlagértékek a következőképpen alakultak: 1. éves (n=335) 64±30 g; 2. éves (n=358) 160±43 g; 3. éves (n=759) 226±48 g; 4. éves (n=393) 257±48 g; 5. éves (n=524) 279±61 g; 6. éves (n=317) 282±61 g; 7. éves (n=318) 285±63 g; 8. éves (n=161) 278±69 g; 9. éves (n=70) 266±71 g; 10. éves (n=13) 235±78 g.



1. ábra: Trófeatömegek korosztályonkénti alakulása a vizsgált periódusban

A hatályban lévő jogszabálynak megfelelő korcsoportokat állítottuk fel, ami a fiatal (1-3 éves), középkorú (4-5 éves) és az idős (6-10 éves) volt. Lineáris regresszió és Spearman rangkorreláció segítségével vizsgáltuk az átlagos trófeatömegek alakulását az időszakban (2001-2019). Az 1-3 éves korcsoportban a trófeatömegek statisztikailag igazolható növekedést mutattak ($p < 0,05$), közepes erősségű összefüggést feltételezve ($r = 0,8867$). A vizsgált időszakban 4-5 éves korcsoportban a trófeatömegek szintén statisztikailag igazolható növekedést mutattak ($p < 0,05$), gyengébb összefüggést feltételezve ($r = 0,593$). A vizsgált

időszakban 6-10 éves korcsoportban a trófeatömegek statisztikailag nem mutattak igazolható változást ($p=0,34$), az adatsorok között összefüggés nem feltételezhető ($r=-0,228$) (2. ábra).



2. ábra: Átlagos Trófeatömegek évenkénti alakulása korcsoportonkénti bontásban

A változások hátterének feltárására minden korcsoport esetében többváltozós regressziós modellt alkalmaztunk. A modellben a függő változó szerepét az egyes évek átlagos agancstömeg értékei jelentették, míg a független változók között 5 tényezőt szerepeltettünk. Ezek az adott évek állományhasznosítási aránya (becsült egyedszám/elejtett egyedszám), bakok aránya a terítékben (%), a kiegészítő takarmányozás (t/100ha), valamint az agancsfelrakás időszakának átlagos havi középhőmérséklete és csapadékmennyisége (mm) (december-március). Első lépésként korcsoporttól függetlenül vizsgáltuk a trófeatömegek alakulását, ebben az esetben nem találtunk igazolható összefüggést ($F=2,169$; $p=0,3753$; multiple adj. $R^2: 0,0448$). Ezt követően korcsoportonként is elvégeztük az elemzést.

A vizsgálat eredményeként megállapítható volt, hogy a fiatal korcsoport esetében erős összefüggés volt kimutatható a vizsgált változók és az agancstömeg növekedése között ($F=6,271$; $p=0,0036$; multiple adj. $R^2: 0,594$). Ugyanakkor sem a középkor esetében ($F=1,792$; $p=0,1837$; multiple adj. $R^2=0,1803$), sem az idős korcsoport esetében nem volt igazolható összefüggés az agancstömeg változása és a független tényezők hatása között ($F=0,8929$; $p=0,5123$; multiple $R^2=-0,0306$). Az R^2 értékek azt mutatják meg, hogy a független változók milyen mértékben vannak hatással a függő változóra, ill. annak eltérés négyzetösszegére.

Abban az esetben amikor az egyes korcsoportokat a független tényezőkre vonatkoztatva részletesen vizsgáltuk, a következő eredményeket kaptuk: a fiatal korosztály esetében az agancstömeg évenkénti emelkedésére igazolható hatást az alábbi paraméterek mutattak. Az állomány hasznosítási arány ($p=0,0155$; $R^2=0,2697$), az állomány hasznosítási arányának növekedésével emelkedett a fiatal egyedek átlagos trófeatömege. A felrakási időszak átlaghőmérséklet ($p=0,0022$; $R^2=0,154$) és a felrakási időszak havi átlagos csapadékmennyiség ($p=0,0446$; $R^2=0,0054$) szintén pozitív hatást gyakorolt trófea tömeg alakulására.

Következtetések

Először a trófeatómegekkel végzett idősoros vizsgálatokat értékeltük. Az átlagok és szóráskiszámítása után a legnagyobb átlagagancstömeeggel rendelkező korosztályok a 6. éves bakok (n=317) 282 ± 61 g és a 7. éves bakok (n=318) 285 ± 63 g voltak. Hasonló megállapításra jutottak gyenge minőségű, hegyvidéki élőhelyen végzett vizsgálatban HERZOG ÉS VOLMER (1995) miszerint az agancstömeg 4 és 7 éves kor között van a csúcán, ami a vizsgálati területre vonatkozóan is helytálló. A regressziós modell eredményeiből megállapítható, hogy az egyes korosztályok agancstömegének változására, a különböző gazdálkodási és abiotikus tényezők eltérően hatnak.

A fiatal korosztály esetében, 3 tényezőt (állományhasznosítás, felrakási időszak átlaghőmérséklete és havi átlagos csapadékmennyisége) sikerült kimutatni. Megállapítható, hogy a fiatal egyedek agancstömegének alakulására az időjárási tényezők (elsősorban a felrakási időszak átlagos napi középhőmérséklete) jelentős pozitív hatást gyakoroltak. E a jelenség a havas napok száma és a hótakaró nagysága esetében az őz egészségügyi állapotára vonatkozóan ismert jelenség (FARKAS, 2003).

Ezt alátámasztja alá GAILLARD ÉS MUNKATÁRSAI (1993) vizsgálata is, amely kimutatta, hogy a hótakaró vastagsága (hőmérséklet + csapadék) negatív kapcsolatban van az őzek túlélésével és kondíciójával minden korosztályban. Ez alapján feltételezhető, hogy az eredményes őzgazdálkodás alapfeltétele, a megfelelő nagyságú állomány, amelyben magasabb őzbakhasznosítási arány mellett, szakszerű válogató vadászattal végezhető el. Ez hosszútávon az átlagos agancstömegek növekedését vonja maga után állomány szinten, ugyanakkor meg kell említeni a kiegészítő takarmányozás lokális, kisebb területű jelentőségét, amely segít a kiugró eredmények állandósításában (HOPP, 2001).

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az „EFOP-3.4.3-16-2016-00022 „QUALITAS” Minőségi felsőoktatás fejlesztés Sopronban, Szombathelyen és Tatán” című projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BAYERN, A. – BAYERN, J. V. (1976): Über Rehe in einem steirischen Gebirgsrevier, Blv Buchverlag Gmbh & Co., München, p. 248.
- CSÁNYI, S. – MÁRTON, M. – KISS, K. – KÖTELES, P. – SCHALLY, G. 2020. Vadgazdálkodási Adattár. Országos Vadgazdálkodási Adattár, Gödöllő,
- FARKAS, D. (2003): Hazai őzgazdálkodásunk értékelése, in: NAGY E. (SZERK): A vadgazdálkodás időszakos kérdései 2. Őz, Dénes Natur Műhely, Budapest, 13-21.
- GAILLARD, J.M. – DELORME, D. – BOUTIN, J.M. – LAERE, G.V. – BOISAUBERT, V. – PEADEL, R. (1993): Roe deer survival patterns: a comparative analysis of contrasting populations. *Journal of Animal Ecology*. 62: 778-791.
- HAMMER, O. – HARPER, D.T. – RYAN, P.D. (2001): Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* 2001, 4, 9.
- HERZOG, A. – VOLMER, K. (1995): Rehwild näher betrachtet-Untersuchungen an Rehwild, Heft 22, Schriftenreihe des Arbeitskreises Wildbiologie an der Justus-Leibig-Universität Gießen e.V.
- HOPP T. (1997): Az őzállomány minőségének javítása etetéssel a Bánokszentgyörgyi erdészet területén, Szakdolgozat, Gödöllő
- HOPP, T. (2001): Az etetés hatása az őzre, élőhelyjavítás etetéssel, *Magyar apróvad közlemények* 6.: 31-58.
- MAROSI, S. – SOMOGYI, S. (SZERK) (2010): Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földtudományi Intézet, Budapest
- NÁHLIK, A. – NAGY-BALÁZS, A. – HOPP, T. – NACSA, J. – SÁNDOR, GY. (2002): A célzott takarmányozás hatása az őzállomány testi fejlődésére és szaporodási teljesítményére. *Vadbiológia*, 9: 46-53.

UECKERMANN, E. (1951): Die Einwirkung des Standortes auf Körpergewicht und Gehörbildung des Waldrehes, Dissertation, Uni., Forstl. Fak., Göttingen

LAKOTT-TERÜLETI VADMEGJELENÉSEKBŐL ADÓDÓ KONFLIKTUSOK JELLEMZŐI BUDAPEST IV. KERÜLETÉBEN

Characteristics of Human-Wildlife Conflicts in the 4th District of Budapest

PRÓNAY KRISTÓF¹, NAGY ESZTER¹, TARI TAMÁS¹

¹Soproni Egyetem, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet
tari.tamas@uni-sopron.hu

Kivonat

Vizsgálatunkban Budapest 4. kerületében, Újpesten vizsgáltuk a különböző állatfajok lakott-területi jelenlétét kérdőíves felmérés és területbejárás révén. Adatokat gyűjtöttünk a nyest, róka, vaddisznó, galam és varjúfélék jelenlétére, valamint a megjelenések tér és időbeni sajátosságaira vonatkozóan. Elemeztük az egyes fajok okozta konfliktusok előfordulási gyakoriságát, vizsgáltuk a lakosság vadmegjelenésekhez való viszonyát és informáltságukat a témára vonatkozóan. A térbeli vizsgálat eredményei alapján meghatároztuk a kerület ember-vad konfliktustérképét a vizsgált fajokra vonatkozóan és a probléma mérséklésére alkalmas javaslatokat fogalmaztunk meg..

Abstract

In our study, we investigated the presence of different animal species in the residential area of Újpest, the 4th district of Budapest, through a questionnaire survey and a field visit. We collected data on the presence of stone martens, red fox, wild boar, pigeons and crows, and on the spatial and temporal specificities of their occurrence. The frequency of conflicts caused by each species was analysed. We examined the population's attitude to wildlife sightings. Based on the results of the spatial study, we have drawn up a map of human-wildlife conflict in the district for the species studied and made recommendations for mitigating the problem.

Bevezetés

Számos emberi tevékenység gyakorol hatást az ökoszisztémára, amelyek a lakosság növekedésével és az épített környezet terjeszkedésével egyre jelentősebbek. A vadgazdálkodás és a különböző vadfajok egyre inkább kitettek az élőhelyfragmentáció hatásainak (FAHRIG, 2003). A folyamat során a folytonos élőhelyek felaprózódnak, átjárhatóságuk csökken, továbbá a megváltozott élőhelyeken korábban jelen nem lévő fajok telepedhetnek meg. A kiváltó ok lehet az urbanizáció (RADELOFF ET AL 2003) és a közlekedés fejlődése (WHITE ET AL. 2007).

E folyamatok fokozzák a különböző állatfajok urbanizációját, ami a lakott területeken történő időszakos megjelenést és akár tartós jelenlétet is jelenthet. A folyamat erősödésével a lakosság egyre gyakrabban konfrontálódik a különböző vadfajokkal és ezek a találkozások vezetnek a nemzetközi gyakorlatban HWC (Human Wildlife Conflicts) vagy ember-vad konfliktusnak nevezett jelenséghez. Ez leggyakrabban a lakosság számára okozott kellemetlenség ill. gazdasági kár vagy sérülés formájában jelentkezik.

A lakott-területi vadmegjelenések témában a nyest városi jelenlétét és élőhelyhasználatát vizsgálták többek között Budapesten (TÓTH ET AL 2009, TÓTH ET AL 2011). A kis és közepes ragadozók vidéki lakott területeken történő megjelenését Somogy-megyében kérdőíves felmérésekkel is vizsgálták (LANSZINÉ – LANSZKI 2005). A vaddisznó magyarországi lakott-területi konfliktushelyzetének kronológiáját és térbeli alakulását TARI ÉS MUNKATÁRSAI (2016) vizsgálták. A vaddisznó Budapesti jelenlétével több vizsgálat is foglalkozott (BOGDÁN – HELTAI, 2014; SÜTŐ ET AL 2020). Folytak GPS telemetriai felmérések Budapesten

(CSÓKÁS ET AL 2020) és Balaton-parti településeken is (TARI ET AL 2017). A szárnyas vadfajok közül a varjú-félék városi terjeszkedését és fészkelési jellemzőit Debrecenben vizsgálták (KÖVÉR ET AL 2017, KÖVÉR – JUHÁSZ 2012).

Anyag és módszer

A IV. kerület a Duna bal partján, Budapest északi szélén helyezkedik el, ebből adódóan átmenetet képez a belváros és az agglomeráció között. Területe 18,8 km², lakóinak száma közel százezer fő. Területén több infrastrukturális vonal is áthalad, mind közúti, mind köztötpályás elemeket beleértve. Érinti az M0-ás autópályát, illetve a Budapest-Szob, Budapest-Vác és Budapest-Esztergom vasútvonalak. A kerület Duna menti részén összefüggő erdő és zöldfelület helyezkedik el, amely Budapest zöldfelületi rendszerét kapcsolja össze a Szentendrei-sziget és az északi agglomeráció zöldterületeivel.

Újpest a főváros egyik fontos gazdasági központja, ez többek között az ipari, kereskedelmi és a szolgáltatási lehetőségekben nyilvánul meg. A kerület tíz darab városrészre osztható, ezek: Székesdülő és Megyeri-hídfő, Képosztásmegyeri lakótelep, Megyer kertváros, Északi kertváros, Újpesti Duna-part, Károlyi városnegyed, Újpest kertváros, Újpest városközpont, Újpesti lakótelep és Dél-Újpest. Az Északi kertváros északi határán folyik a Szilas-patak, ennek köszönhetően széles zöldsávok vannak jelen. Ezenkívül egyéb zöldterületek, rekreációs, sportolási és szabadidős tevékenységet nyújtó területek mozaikosan szövik át a kertvárost.

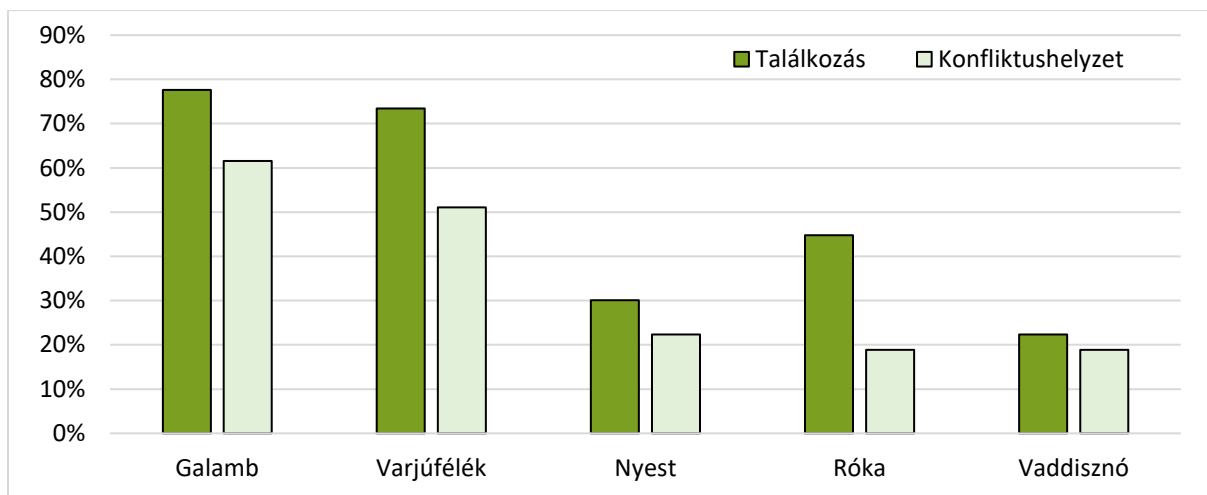
Az Újpesti Duna-part déli részén szennyvíztisztító telep, téli hajókikötő és hajójavító helyezkedik el, ezeket erdőterületek fogják közre. A Károlyi városnegyed, Nyugat-Megyer és az Újpesti Kertváros területén a kisvárosias, zárt sorú beépítésű, szabadon álló jellegű, illetve kertvárosias, intenzív beépítésű lakóterületek vannak gazdasági területekkel vegyesen. Káposztásmegyer területén telepszerű lakótelepek és újonnan kialakított ipari park fekszik, melyeket erdő és parkterületek választanak el. A Megyeri-hídfő területét az M0-ás vágja ketté. Északon a kertvárosias lakóterületek keverednek a gazdasági területekkel, míg délen erdőterületek és a felhagyott vízkezelési területek helyezkednek el (ÚJPEST TFK ÉS ITS, 2015).

A vizsgálatot egyrészt kérdőíves felmérés segítségével, másrészt pedig területbejárással végeztük. A kérdőíves felmérést 2020. szeptembere és 2021. májusa között folytattuk, kezdetben IV. kerület forgalmasabb helyein személyes kitöltés formájában. A COVID19 járvány következtében a személyes felmérés nem bizonyult hatékonynak, ezért online kérdőív formájában fejeződött be a felmérés. Mindösszesen 143 kérdőív került kitöltésre, amelyek megközelítőleg egyenlő arányban érintettek a két adatgyűjtési típussal.

A felmérés 5 állatfajra ill. csoportra fókuszált, ezek a vaddisznó (*Sus scrofa*), nyest (*Martes foina*), róka (*Vulpes vulpes*), valamint a galambok (*Columba livia domestica*) és a varjúfélék (*Corvus cornix*, *Corvus frugilegus*, *Pica pica*). Begyűjtésre kerültek csoportonként az okozott konfliktusok típusai és gyakoriságuk, valamint az állatok előfordulásának helyszínei élőhelytípus szerint. Továbbá Google Earth programban térképre vittük az előfordulási vagy konfliktussal sújtott helyekként megjelölt területeket, amiket kiterjedésük szerint pontként, vonalként, vagy területként ábrázoltunk. Elemeztük továbbá a lakosság informáltságát a témával kapcsolatban. A feldolgozás során gyakorisági értékek (%) formájában adtuk meg a válaszok előfordulását.

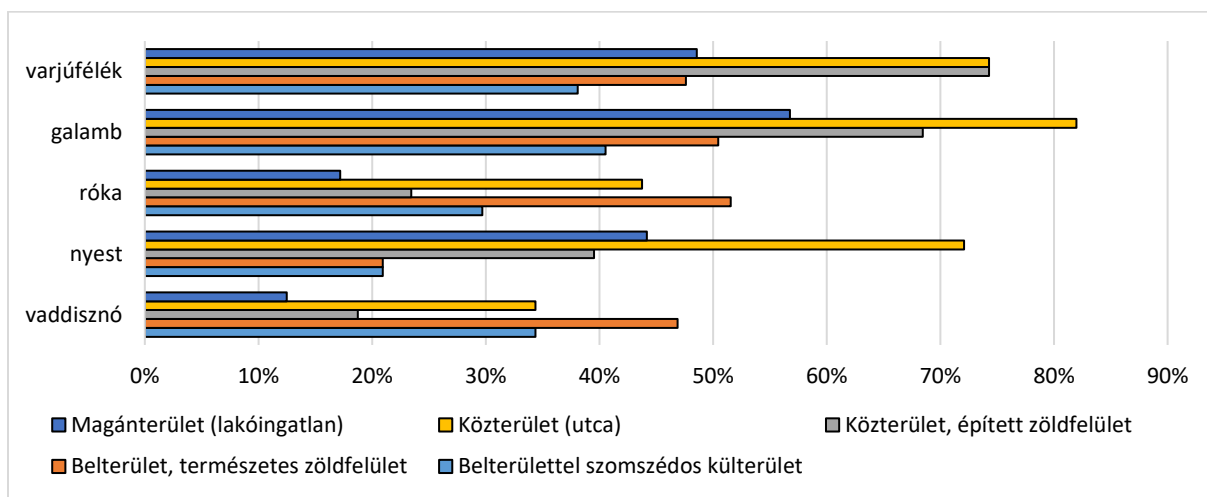
Eredmények

Vizsgálatunk során mind az öt vizsgált csoportra vonatkozóan igazoltunk találkozásra ill. konfliktushelyzetre vonatkozó válaszokat. A válaszadók 78%-a találkozott galambokkal, 73%-uk varjúfélékkel, 45%-uk rókával, 30%-uk nyesttel és 22%-uk vaddisznóval a IV. kerület területén, konfliktusok jelentése alacsonyabb arányú volt (1. ábra).



1. ábra: Trófeatómegek korosztályonkénti alakulása a vizsgált periódusban

A galambokkal és varjúfélékkel történő találkozások nagyon hasonló képet mutattak az egyes élőhelytípusok tekintetében. A legmagasabb értéket utcákon ill. parkok mutatták, ezt követte a magánterületeken (lakóingatlanok) való találkozás, majd a belterületen található zárvány természetes zöldterületek és a sort a belterülettel közvetlen határos külterületek zárta. A nyest esetében a legmagasabb érték az utcákhoz köthető, ettől jelentősen elmaradnak a hasonló mértékű magánterületek és parkok. A legalacsonyabb értéket a belterületi természetes élőhelyek és a belterülettel szomszédos külterületek mutatták. A rókával és vaddisznóval leggyakrabban a belterületen található természetes élőhelyeken találkoztak a lakosok, ettől valamelyest elmaradt az utcán történő észlelés. A harmadik helyre az előző fajoktól eltérően a belterülettel határos külterületek, míg a legalacsonyabb értéket a parkok és a magánterületek mutatták (2. ábra).



2. ábra: Élőhely-típusonkénti előfordulási gyakoriság

A megjelenések térbeli jellemzői mellett megvizsgáltuk a fajok okozta konfliktusok előfordulási gyakoriságát, azon válaszadókra vonatkoztatva, akik konfliktust jelentettek. A galambok esetében a leggyakoribb konfliktusforrás az ürülék okozta szennyezés és zavaró hatás (99%) volt, ezt követte a jelenlétükből, közelségükből adódó zavaró hatás (50%), majd az általuk okozott kellemetlen zajok (36%). A varjúfélék esetében a leggyakrabban említett konfliktus a hulladék széthordása volt (79%), ezt követte az ürülék okozta problémák (48%), majd házi állatokkal történő konfrontálódás (36%), és a fészektelepek zaja (30%).

Mindössze 125-ban jelentették az egyéb kategóriában az emberrel történő direkt konfrontációt. A nyest esetében a leggyakoribb konfliktus forrás a gépjárművön okozott esztétikai kár (63%) ezt követte közvetlenül a gépjárműben okozott műszaki kár (53%). A lakóingatlanokban okozott zavaró hatások (28%) és a háziállatokkal történő konfliktus (25%) hasonló értéket mutatott. A róka esetében a leggyakoribb konfliktus a róka megjelenése során kiváltott kelemetlen érzés, félelem volt (78%), a szemét széthordása (41%) és a háziállatokkal történő konfliktus (44%) jelent még meg a lakosság körében. A vaddisznó esetében a leggyakoribb konfliktus a jelenlétéből adódó riadalom volt (81%), a többi konfliktus helyzet ettől az értéktől jelentősen elmaradt, valamennyi 15%-30% közötti előfordulást mutatott. Ezek a következők voltak: közterületek (22%) és magánterületek (26%) feltúrása, kukák kifosztása (30%), kerítés rongálása (19%), közlekedés akadályozása, gépjárműben okozott kár (15%), valamint a kutyák megtámadása (22%).

A válaszadók fent bemutatott állatokhoz való viszonyulását tekintve elmondható, hogy 7%uk örül a lakott területi jelenkétüknek, 37%uk semleges a témával kapcsolatban, 34%ukat kismértékben zavarja jelenlétük, 13%uk számára nagyon zavarók, 9%uk szerint a vadállatok nem a városba valók. A konfliktus megoldásának felelősségi körét tekintve a válaszadók 35%-a nem tudja kinek a feladata lenne kezelni a problémát, 34%uk szerint az önkormányzat feladata lenne, 11% szerint senkinek nem kell kezelni a helyzetet. A vadászatra jogosultat, mint lehetséges kezelőt a válaszadók 8%-a jelölte meg, ettől alacsonyabb értékkel a Főkert (1%), közterületfelügyelet (3%), ingatlanulajdonos (3%) ill. természetvédelem, állatvédők (4%) szerepelt. Az „Ismert-e Ön előtt, hogy történnek lépések a probléma mérséklése érdekében, ha igen melyek voltak ezek?” kérdés esetén a leggyakoribb válasz a „nem ismert” (79%) volt, a további módszerek az alábbiak voltak riasztás (15%), a befogás (12%), élőhelykezelés (9%), gyérítés (6%).

Következtetések

A vizsgálat eredményei alapján kijelenthető, hogy Budapest 4. kerületében az ember-vad konfliktusok aktuális problémát jelent. Valamennyi vizsgált faj megtalálható a területen és problémákat is okoz. A kérdőívek alapján beazonosított helyszínek, utcák és területek alapján elkészíthető volt a kerület konfliktus térképe (3. ábra).



3. ábra: Felmérési adatok alapján készült konfliktustérkép

Az elkészült térkép és az élőhelyszerkezetre vonatkozó kérdésekre adott válaszok alapján megállapítható, hogy az ember-vad konfliktusok leginkább az utcákra és területekre összpontosulnak, ahol természetes élőhelyek zárványterületei ill. természetes élőhelyekkel összeköttetésben álló épített környezet található. Az összeköttetésben a kerület szempontjából fontos szerepet játszik a Szilas patak, valamint a Farkaserdő nagy kiterjedésű zöld területe, valamint a Duna-parttal fennálló közvetlen kapcsolat. Ezen területeken sokkal gyakoribb a róka és vaddisznó megjelenése, mint a belsőbb beépített területeken. Ott a nyest, galamb és varjúfélék okozta konfliktusokkal kell számolni.

Meg kell továbbá említeni az ipari területeket, amelyek szintén konfliktushelyszíneként kerültek megjelölésre. Ezen területek esetében a konfliktus mérséklésének első lépése az élőhely kezelések alkalmazása lehet, amellyel a vizsgált vadfajok tartós jelenlétéhez szükséges források felszámolhatók ill. limitálhatók. Emellett egyes helyszíneken kerítések építése és egyéb mechanikai védekezési módszerek is alkalmazhatók. A legfontosabb ugyanakkor a lakosság tájékoztatása lenne, annak érdekében, hogy tisztában legyenek azokkal a letűségekkel, amelyekkel szerepet vállalhatnak a konfliktus kezelésében. Ezek, a vadfajok etetésének megszüntetése, felelős háziállattartás, kertkarbantartás, megfelelő hulladékkezelés. Mindezeknek együttes alkalmazásával mérsékelhető csak a konfliktushelyzetek kialakulása, egy-egy lépés önálló alkalmazása mindössze a probléma felületes és ideiglenes kezeléséhez elegendő.

Irodalomjegyzék

- BOGDÁN, O. – HELTAI, M. (2014): A vaddisznó előfordulásának vizsgálata Budapesten. *Vadbiológia*. 16. 87-96.
- CSÓKÁS, A. – SCHALLY, G. – SZABÓ, L. – CSÁNYI, S. – KOVÁCS, F. – HELTAI, M. (2020): Space use of wild boar (*Sus Scrofa*) in Budapest: are they resident or transient city dwellers?. *Biologia Futura*. 71.
- FAHRIG, L. (2003): Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34: 487–515.
- KÖVÉR, L. – JUHÁSZ, L. (2012): The methodology of the Hooded Crow's (*Corvus cornix* L.) colour ringing and the previous results. *Acta Agraria Debreceniensis*. 43-48.
- KÖVÉR, L. – GYÜRE, P. – BALOGH, P. – HUETTMANN, F., LENGYEL SZ. & JUHÁSZ L. (2014): Recent colonization and nest site selection of the Hooded Crow (*Corvus corone cornix* L.) in an urban environment. *Landscape and Urban Planning*. 133. 78-86.
- LANSZKINÉ, SZ.G. – LANSZKI, J. (2005): Urbanizálódó ragadozó emlősök lakossági megfigyelése és megítélése két Somogy megyei faluban. – *Acta Agraria Kaposváriensis* 9. (1): 51–58
- RADELOFF, V. C. – HAMMER, R. B. – STEWART, S. I. – FRIED, J. S. – HOLOCOMB, S. S., – MCKEEFRY, J. F. (2005): The wildland-urban interface in the United States. *Ecological Applications* 15:799
- SÜTŐ, D. – HELTAI, M. – KATONA, K. (2020): Quality and use of habitat patches by wild boar (*Sus scrofa*) along an urban gradient. *Biologia Futura*.
- TARI, T. – SÁNDOR, GY. – HEFFENTRÄGER, G. – NÁHLIK, A. (2017): A vaddisznó lakott-területi előfordulása és viselkedésének jellemzői Balaton-parti településeken, VII. Magyar Tájékológiai Konferencia Tanulmányai, p. 597-604
- TARI, T. – SÁNDOR, GY. – HEFFENTRÄGER, G. – NÁHLIK, A. (2016): Wild boar habituation to urban areas in Hungary, in the light of web presence, The 5nd International Hunting and Game Management Symposium, Book of Abstract, p. 26.
- TÓTH, M. – BÁRÁNY, A. – SZENCZI, P. (2011): A nyest Budapesten. (The stone marten in Budapest). *Állattani Közlemények*. 96. 39-59.
- TÓTH, M. – BÁRÁNY, A. – KIS, R. (2009): An evaluation of stone marten (*Martes foina*) records in the city of Budapest, Hungary.. *Acta zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 55. 199-209.
- ÚJPEST TFK ÉS ITS, (2015): Budapest Főváros IV. Kerület, Újpest, Önkormányzata; Településfejlesztési Konceptió és Integrált Településfejlesztési Stratégia

WHITE, P. –MICHALAK J., – LERNER J. (2007): Linking Conservation and Transportation: Using the State Wildlife Action Plans to Protect Wildlife from Road Impacts. Defenders of Wild-life.