

Hazai erdők jövője a klímaváltozás tükrében

A globális éghajlatváltozás a jövőben mindannyiunk életét közelről érintheti. Az egyik fontos változás várhatóan a növényzet átalakulása lesz, amelynek első jelei már megfigyelhetők a világban. Miközben a mitigáció (éghajlatváltozás mérséklése) fontosságát és sürgősségét kevesen vitatják, az adaptáció (alkalmazkodás) szerepe ugyancsak nagy jelentőségű lehet a mélyreható változások elkerülésében.

Mi lesz érdeinkkel? Elpusztulnak, átalakulnak, esetleg át kell alakítani őket? Cikkünk bemutatja a klímaváltozás és az erdők lehetséges kölcsönhatásait, valamint azt, hogy ez alapján hogyan tudjuk előre jelezni a növényzetben várható változásokat. Szó lesz érdeink értékeiről, és hogy milyen beavatkozásokat tartunk szükségesnek ezen értékek megőrzése érdekében. Az emberi társadalom felelőssége, hogy kedvező irányba befolyásolja a jövőben valószínűsíthető folyamatokat. Mivel azonban ezeket nem ismerjük kellő részletességgel, nem lehet egyetlen megoldást kínálni a problémára, sokkal inkább a válaszok széles spektrumát kell kidolgozni, és az egyes elemeket a megfelelő arányban alkalmazni.

A klímaváltozás és az erdős vegetáció kapcsolata

Az éghajlat természetes módon is folyamatosan változik. Az ember környezet-átalakító tevékenysége azonban olyan folyamatokat indított el, amelyek a természetes éghajlatváltozáson túlmutatnak. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) 2007-es jelentése szerint 90%-nál nagyobb a valószínűsége annak, hogy a jelenleg tapasztalható éghajlatváltozás antropogén eredetű, és elsősorban a kibocsátott üvegházhatású gázok légköri akkumulációja okozza. A jelentés szerint a Föld átlaghőmérséklete 2100-ra az 1990-es értékhez képest 1,1–6,4 °C-al nő majd. Magyarországon a különböző forgatókönyvek 3,3–5,0 °C emelkedést jósolnak ugyanerre az időtávra, az éves csapadékösszeg 7–18%-os visszaesése mellett.

Az éghajlat és a vegetáció kapcsolata összetett és kétirányú. Az éghajlat hatással van a növényzetre és a növényzet is visszahat az éghajlatra. A két rendszer szoros kapcsolatban áll egymással a lokális skálától a globálisig. Az egyik rendszerben bekövetkező változások

óhatatlanul a másik rendszerben is változásokat indítanak el. Az éghajlatváltozás hatása megnyilvánulhat az egyes egyedek szintjén (pl. életfolyamatok, alaktani jellemzők változása), fajok szintjén (pl. fajvándorlások, kipusztulás, megváltozás) vagy a közösségek szintjén (pl. táplálékhálózatok és dominancia-viszonyok átrendeződése, szerkezet megváltozása). A növényzet, az erdők pedig hatást gyakorolnak a globális éghajlati rendszerre (többek között a légköri széndioxid-koncentráció szabályozásán keresztül), valamint a lokális, helyi mikroklímára is.

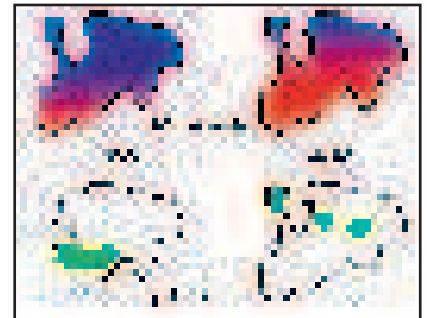
A változó klíma nem egyformán érinti az ökoszisztémákat, vannak sérülékenyebb és kevésbé fenyegetett növényzeti típusok. Magyarország zonális erdőtürsülései a rendelkezésre álló adatok alapján várhatóan érzékenyen reagálnak az éghajlatváltozásra. Ha feltűnő jeleit nem észleljük egyelőre a klímaváltozásnak az erdők esetében, annak egyik oka az lehet, hogy az erdők igen összetett rendszerek, ezért bennük a változások késleltetve jelentkeznek. Másrészt az erdők maguk is nagy hatással vannak a környezetükre. Kialakítják és fenntartják például a saját belső állományklímájukat, illetve a nagyobb erdőségek táji szinten is kiegyenlítő hatást gyakorolhatnak környezetük éghajlatára és vízgazdálkodására.

Mennyit érnek érdeink?

Az a lehetőség, hogy az éghajlatváltozás előre láthatóan meg fogja változtatni érdeinket, többségünkre nyomasztóan hat. Ennek egyik oka bizonyára az, hogy érzelmiileg kötődünk jól ismert, szeretett érdeinkhez. Másrészt azonban az erdők által nyújtott javak és szolgáltatások életünk igen fontos részei. Ezen „ökoszisztéma-szolgáltatások” egy része, például a kitermelt faanyag, a vadászatból befolyó haszon, vagy akár az idegenforgalom bevétele, közvetlenül érzékelhető gazdasági hasznot nyújt, ezért e szolgáltatások fenntartására általában jobban odafigyelünk.

Az erdőknek azonban számos olyan fontos funkciója is van, amely csupán közvetett módon, vagy egyáltalán nem jelenik meg a GDP-ben. Az éghajlatváltozás szempontjából igen fontos szolgáltatás például az erdők CO₂-megkötő képessége. A magyarországi erdők több mint 370 millió tonna szénraktározóknak, ami a hazai éves CO₂-kibocsátás széntartalmának

23-szorosa. Egy-egy település, kistáj, illetve az egész Kárpát-medence szempontjából a jövőben szintén nagyon jelentős szolgáltatás lehet az erdők közvetlen hűtő hatása, klíma- és vízgazdálkodás-szabályozó, kiegyenlítő szerepe is. E téren az erdők nagyobb hatásúak, mint bármely más természetes (vagy mesterséges) rendszer. Fontos szerepük van továbbá ivóvizeink megtisztításában, a termőtalaj megtartásában, illetve regenerálásában, valamint a mindennapi igé-



1. ábra. A korrelatív modellek sematikus ábrája. Az elterjedési terület éghajlata (pl. hőmérséklet- és csapadékviszonyok) alapján megállapíthatók egy faj klimatikus igényei. Az éghajlat megváltozásával ez a „burok” (climatic envelope) vándorlásba kezd, amit a fajnak követnie kell, ha továbbra is a számára kedvező körülmények között akar élni

nyeinkkel nehezen összeköthető, mégis alapvetően fontos biodiverzitás megőrzésében. Ráadásul nem tudhatjuk előre, hogy a jövőben mely ökoszisztéma-szolgáltatásra lesz égető szükségünk, mely szolgáltatások fognak forintban kifejezhetően is felértékelődni.

Az előrejelzés biztos eleme: a bizonytalanság

Fontos kérdés tehát, hogyan reagálnak majd az erdők a változásra. Az éghajlatváltozás növényegyüttesek és egyes növényfajok térbeli vándorlására gyakorolt hatásának előrejelzésére számos módszer létezik, legelterjedtebbek az úgynevezett „korrelatív” statisztikai modellek, melyek a fajok elterjedése és az éghajlati változók között statisztikai kapcsolatot keresnek, majd

ezt a vetítik rá a különböző klímamodellek által előre jelzett éghajlati körülményekre (1. ábra).

E módszereslád népszerűsége egyszerűségének és rugalmasságának köszönhető: viszonylag kevés adat szükséges a bemeneti oldalon, a számítások egyszerűek, az eredmények szemléletesek, a szélesebb közönség számára is könnyen értelmezhetők. Egy másik lehetőség megközelítés az úgynevezett „mechanisztikus” modellek használata, melyek idealizált „műnövények” néhány egyszerű típusának növekedését és életfolyamatait szimulálják számítógépek segítségével a változó éghajlati körülmények között. Ez a módszer jellegénél fogva durvább léptékű (pl. kontinensnyi) vizsgálatokra alkalmas.

Bár e módszerek kétségkívül a jelenlegi tudományos eszköztár élvonalába tartoznak, mint minden modellnek, megvannak a maguk korlátai is. A korlátok ismeretének hiányában fennáll az a veszély, hogy az eredményül kapott látványos térképek a bizonyosság hamis illúziójába ringatják a nem szakavatott érdeklődőt. A továbbiakban ezért röviden áttekinthetjük, hogyan is kerülhet bele e modern eszközökkel készített előrejelzésekbe a bizonytalanság (táblázat).

A bizonytalanság első forrása maga az adat. A bemenő adatok hibáit semmilyen modern számítógépes modellezés vagy szimuláció nem képes eltüntetni. Amennyiben az éghajlati modellek, vagy az ökológiai alapadatok, elterjedési adatok bizonytalanságokkal terheltek (márpedig azzal terheltek), akkor ez a bizonytalanság a kapott eredményekben is megjelenik.

További bizonytalanság forrása, hogy az esetek többségében nem feltétlenül a valódi hatást kifejítő éghajlati paramétereket ismerjük: erre lehet példa, hogy megfelelő térbeli felbontásban az éghajlati változók modellezett átlagértékei ismertek, ugyanakkor (ahogy azt sokszor magunkon is tapasztalhatjuk) az élőlények gyakran érzékenyebbek a szélsőségekre. Mindez különösen akkor okoz problémát, ha az átlag és a szélsőségek viszonya megváltozik, márpedig erre várhatóan számítani kell az éghajlatváltozás következtében.

A modellek többségének alapvető feltételezése az, hogy az éghajlati zónák „vándorlását” az élővilág, a növényzet követni fogja. Ennek teljesülése azon múlik, hogy milyen a fajok migrációs potenciálja, valamint hogy az ember által átalakított tájban a vándorlás valóban bekövetkezhet-e. A fő félelem az, hogy az éghajlatváltozás túl gyorsan zajlik le, amelyet a fajok nem tudnak követni. E jogos aggályt enyhítheti, hogy például a bükk utolsó jégkorszak utáni migrációját vizsgálva megállapították, hogy a faj sokkal gyorsabban vándorolt, mint ahogy azt a magterjesztés alapján készített térképek értelmében jóslták volna. Ha valóban képesek is a fajok a kellően gyors terjedésre, ehhez olyan tájat kell létrehozni, amelyben ez a folyamat minél kevesebb akadályba ütközik.

A bizonytalanságot tovább növeli, hogy a legtöbb modell nem foglalkozik a populációk genetikai változatosságával, a fajok lehetséges

Táblázat. A korrelatív (K) és a mechanisztikus (M) megközelítésen alapuló modellek jelentősebb korlátai és gyengeségei (Czucz 2010 alapján). +: a probléma fennáll

Potenciális problémák	M	K
Extrapoláció okozta tévedések lehetősége		+
Éghajlati egyensúlyt feltételez, tranzienst állapotok modellezésére nem alkalmas		+
Nem a valódi éghajlati hatást kifejítő éghajlati paraméterek ismertek	+	+
Nem képes figyelembe venni a mikro/mezoklimatikus refugiumokat	+	+
Nem képes figyelembe venni a terjedési korlátokat	+	+
Nem képes figyelembe venni az evolúciós adaptációt	+	+
Csak korlátozottan képes figyelembe venni a biotikus kölcsönhatásokat	+	+
Csak korlátozottan képes figyelembe venni az emberi tájhasználatot	+	+
Bonyolult parametrizálás, nagy adatigény	+	
Érzékeny a klimatikus szcenáriók hibáira, bizonytalanságaira	+	+

alkalmazkodásával. E tény elhanyagolása különösen a fafajok esetében lehet gond, amelyek sokkal nagyobb genetikai változatosságúak, mint a növényfajok többsége. A nyírfák esetében például kimutattak „hideg- és melegkedvelő” egyedeket, amelyek az adott hőmérsékleten eltérő sebességgel növekedtek. Ezen egyedek egy populáción belül, egymáshoz közel fordultak elő annak ellenére, hogy ezek a szélporozta fák meglehetősen könnyen keresztelkednek egymással. E változatosság révén várhatóan sokkal rugalmasabban tud a faj reagálni az éghajlatváltozásra.

Az eddig említett általános bizonytalanságok mellett vannak olyan problémák is, melyek az egyes modellek sajátosságaiból fakadnak. A mechanisztikus modellek legnagyobb fogyatékossága, hogy irreálisan nagy adatigénnyel rendelkeznek: megbízható futtatásukhoz számos nagyon kevésbé ismert ökológiai folyamatról kellene részletes ismeretekkel rendelkezniük. A korrelatív megközelítés egyik nagy hibája, hogy a fajok jelenlegi elterjedéséből indul ki, vagyis egyensúlyt feltételez a fajok és környezetük között, ami egészen biztosan nem áll fenn. A niche-konceptió értelmében ugyanis az elterjedés nem csupán a faj tűréshatárának, hanem számos egyéb tényezőnek is a következménye, mint amilyenek például a térbeli akadályok, a fajok között meglévő interakciók vagy az ember hatása. Ez utóbbi különösen jelentős mértékben változtatta meg az elterjedési viszonyokat mára. E modelltípusnál fennáll még egy jelentős probléma: nincs megalapozott lehetőség az extrapolációra, azaz a múltbeli és jelenlegi viselkedés alapján nem lehetünk biztosak abban, hogy mi történik egy élőlényközösséggel, ha olyan éghajlati körülmények közé kerül, amelyek a vizsgált területen eddig még nem fordultak elő. Tekintettel az előttünk álló változások mértékére és jellegére, ez sok esetben gondot jelenthet.

A bizonytalanságot legegyszerűbben úgy lehetne csökkenteni, hogy összehasonlítjuk a modellezett eredményeket a természetben megfigyelhetővel, vagyis „validáljuk” a modellt. Ennek lehetőségei azonban az éghajlatváltozás

hatásai kutatásának minden részterületén nagyon korlátozottak, mivel nem nyílik mód kísérletek végzésére.

A bizonytalanságok tehát maradnak. A klímaváltozásra adott alkalmazkodási válaszoknak ezt a bizonytalanságot alapvetésnek kell kezelniük, másként ahelyett, hogy elkerülnék a környezeti katasztrófákat, még nagyobbakat idézhetünk elő. Mindez azonban nem adhat alapot a felkészülés halogatására. Olyan „reziliens” technikákra, felkészülési lépésekre van szükség, melyek nagy biztonsággal hatékonyak maradnak, vagy legalább nem okoznak károkat, akármit hozzon a jövő.

Hogyan ne okozunk visszafordíthatatlan károkat – elvek és irányok

Mint láthattuk, nagy szükségünk van erdőkre és az általuk nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatásokra. Ezek szerepe a globális éghajlatváltozás miatt még inkább felértékelődik majd, így megőrzésük a következő évtizedek igen fontos feladata lesz. Azonban a konkrét döntések meghozatalát és a hatékony lépések megtételét számos probléma nehezíti. Mint láthattuk, sok a bizonytalanság az éghajlatváltozás mértékével, jellegével, és különösen az erdőkre gyakorolt hatásaival kapcsolatban. De a legtöbb bizonytalanság az emberi tevékenység és a lehetséges beavatkozások hatékonysága, valamint esetleges mellékhatásai kapcsán merül fel. Márpedig erdeink sorsát a jelenleg döntési pozícióban lévő szakemberek – erdészek, vadászok, természetvédelmi szakemberek – sok kis döntése alakítja. Ha egyszer nem tudjuk biztosan, hogy mit hoz a jövő, akkor bármit is csinálunk, csak „kísérletezünk”. Hogyan lehet egy ilyen ismerethiányos helyzetben előremutató „helyes” döntéseket hozni?

A témával foglalkozó nemzetközi szakirodalomban jelenleg kezd körvonalazódni egy irányzat, amelynek célja a bizonytalan helyzetekben is várhatóan működőképes, robusztus megoldások megtalálása. Ez az úgynevezett ökoszisztéma-elvű adaptáció (ecosystem-based

adaptation), mely a természetes rendszerek működéséből próbálja meg ellesni a titkokat, melyek segítségével azok olyan sokféle környezetben, köztük szélsőséges és kiszámíthatatlanul változó körülmények között is működőképesek tudnak maradni. A következőkben ennek a rendszerszemléletű megközelítésnek a legfontosabb alapelveit vesszük sorra.

1. „*Ne rakj minden tojást egyetlen kosárba*” (diverzitás): Mivel a jövőnk súlyos kockázatokot rejtő, elkerülhetetlen bizonytalanságokkal terhes, így az „egyetlen helyes és üdvözítő” megoldás keresése, erőltetése helyett a különböző alternatív megoldási lehetőségek minél szélesebb portfólióját érdemes alkalmazni.

2. *A természetes folyamatokra épülő megoldások keresése (reziliencia)*: Ez az elv azt mondja ki, hogy amennyiben egy problémát egy ökoszisztéma-szolgáltatás fejlesztésével vagy rehabilitációjával is kezelni lehet, érdemes ezt a megoldást előnyben részesíteni a mesterséges, átalakító jellegű megoldásokkal szemben. A természetes rendszerek megújuló képességén (rezilienciáján) alapuló megoldások jellemzően sokkal kisebb beavatkozási igénnyel és külső energiaráfordítással (azaz lényegesen olcsóbban) fenntarthatók. A nagy természetátalakítással járó megoldások rendszerint komoly erőforrásokat kötnek le, emellett sikerük is kétséges.

3. *A folyamatok követése (adaptív menedzsment)*: nem elég egyszer előállnunk egy „megoldással”, hanem a változások folyamatos követésére van szükség. A különböző alternatív megoldásokat rendszeresen újra kell értékelni, és ha szükséges, ennek fényében módosítani kell a stratégián.

4. *A hatások minél szélesebb körének figyelembevétele (rendszerszemlélet)*: Az erdők sok és sokféle szolgáltatást nyújtanak, és nem tudhatjuk biztosan, hogy a jövőben e szolgáltatások melyike lesz létfontosságú számunkra. A klímaváltozás hatásait várhatóan úgy mérsékelhetjük hatékonyan, ha az erdők pénzben kifejezhető értéke mellett a közvetlen hasznot (pillanatnyilag) kevésbé nyújtó ökoszisztéma-szolgáltatásokra is tekintettel vagyunk.

5. *Elővigyázatosság elve, avagy minimalizáljuk a kockázatokat*: Ez a környezetpolitikában is megtalálható elv azt mondja ki, hogy olyan esetekben, amikor a kockázat mértéke kevésbé jósolható egy újítás kapcsán és fennáll a komoly károkozás lehetősége, akkor a tervezést a lehető legnagyobb kockázatra kell elvégezni. Ilyenkor gyakran érdemes az adott újítást (technológiát, eszközt, idegenhonos fafajt) elkerülni és helyette más keresni.

6. *Megelőzés elve*: A károk utólagos felszámolása, illetve folyamatos enyhítése helyett igyekezni kell azokat előre kiküszöbölni.

A gyakorlati megvalósítás fő irányai

Cikkünk utolsó részében az imént bemutatott elvek mentén megvizsgálunk néhány konkrét helyzetet, így világosan kirajzolódnak azok a lehetséges lépések, amelyekkel alacsony kockázat mellett segíthetjük erdeink éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodását. Ugyanezeket az elveket szem előtt tartva, számba vesszük azt is, hogy mely irányokat érdemes elkerülni, mivel igen komoly, illetve előre fel nem becsülhető kockázatokat rejtene.

Vannak-e erdeink között nagy arányban olyanok, amelyek fő fafajai előreláthatóan még sokáig életképesek lesznek az adott termőhelyen? Úgy véljük, hogy zonális erdőtürsulásaink elterjedésének felső határai közelében igen. Remélhető ez mindegyik klímazonára, tehát a leginkább hegyvidéki jellegű bükkösök, a korábbi erdőművelési prioritások okán bükkös termőhelyeken kialakított, vagy természetesen kialakult kocsánytalan tölgy uralta állományok, illetve a gyertyános-tölgyes zónába nyúló cseres-tölgyesek esetében. Ezek klimatikus és vízgazdálkodási szempontból ma az adott erdőalkotó fafajok realizált niche-ének szélén helyezkednek el. A várható felmelegedés és szárazodás révén azonban később átmenetileg még javulhatnak is a feltételek az adott fafajok számára. A fentiek természetesen igazak az intra- és azonális erdőkre, illetve azok fafajaira is, a saját termőhelyi, és az előbbieknél nehezebben meghúzha-

veljük rezilienciájukat. De hogyan tehetjük ezt meg, ha nem tudjuk pontosan, hogy mihez kell alkalmazkodni? Általánosságban megfigyelhető, hogy minél természetesebb egy közösség, annál nagyobb a külső hatásokkal szembeni ellenálló képessége. Napjaink általános erdőgazdálkodási gyakorlatának következtében erdei ökoszisztémáink többségére jelenleg alacsony fajgazdagság és szerkezeti változatosság jellemző. Ha tehát ellenállóbbá kívánjuk tenni erdeinket az éghajlatváltozással szemben, akkor ehhez állományszinten a lehetőségekhez mérten növelni kell természetes változatosságukat. Ha változatos összetételű és szerkezetű állományokat alakítunk ki, illetve hagyunk kifejlődni – eltérő korú fákkal, a lehetőségeknek megfelelően több lombkoronaszinttel, cserjeszinttel, változatos gyepszinttel, nagy mennyiségű holtfával, ép, szerves anyagban gazdag talajjal –, akkor állományaink nagyobb eséllyel állnak ellen a változó klímának. Egy olyan világban, ahol a szélsőséges időjárási események egyre gyakoribbá válnak, az ilyen állományok kialakítása a fatermő képesség megőrzése révén gazdaságilag is megtérülő lehet. Emellett a beavatkozások gazdagabb életközösségeket is eredményeznek, amelyek megtartják az összes, egyelőre nehezen felbecsülhető értékű szolgáltatásukat. Minderre az erdőszakma a hagyományos erdőgazdálkodás keretei között és újszerű technológiák alkalmazásával már ma is jól felkészült.

A fentiekben túl, táji szinten is szükséges van olyan beavatkozásokra, melyek természetes folyamatok segítségével növelik erdeink alkalmazkodási esélyeit. Ilyen lehet a fajok, élőlények, gének áramlását akadályozó fragmentáció csökkentése, illetve felszámolása, de ide tartozik egyes termőhelyi tényezők (különösen a mesterségesen, gyakran drasztikusan leromlott vízellátás) javítása is.

Vannak olyan erdőállományok is, amelyek nagy eséllyel már kisebb szárazodáshoz, illetve melegedéshez sem tudnak majd alkalmazkodni. Ezekben az esetekben remélhető, hogy a jelenlegi állományalkotó fák szerepét más, a Kárpát-medencében (vagy annak közvetlen környezetében) őshonos, jelenleg alárendeltebb szerepű fafajok vehetik át. Várhatóan nehezen lesznek képesek alkalmazkodni például a középhegységeinkben kialakult zonális övek alsó határain található bükkös, gyertyános-tölgyes és cseres-tölgyes állományok.

Hogyan segíthetjük az ilyen veszélyeztetett állományok átalakulását úgy, hogy közben a lehető legkevesebb kockázattal unokáink jövőjét?

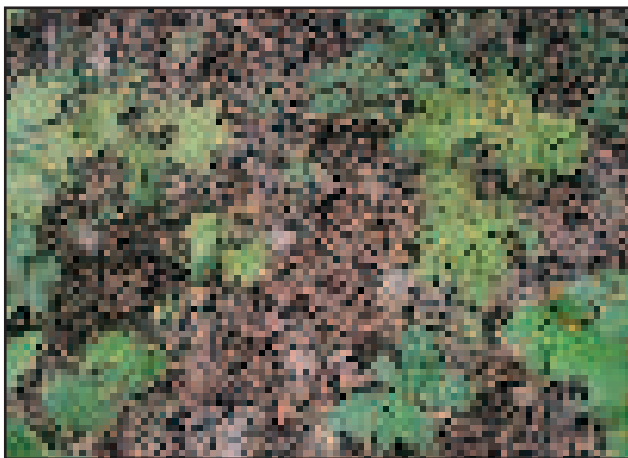
Kézenfekvő megoldás a mesterséges fajcseré: az állomány letermelése után, annak helyére életképesebbnek tartott, tájidegen fafajokat kell ültetni. Ez a megoldás azonban rövid távon bizonyosan költségigényes, valamint számos ökoszisztéma-szolgáltatást is ve-



2. ábra. Gyertyános-tölgyes klímaövbé ültetett cseres állomány. A klímazónák felső határán elterülő erdők életképessége nem változik jelentősen az előrejelzett klímaváltozási forgatókönyvek esetében. Ezen állományok esetében cél a természetesség növelése (Bölöni János felvétele)

tó földrajzi kereteik között. Ezen állományok is változni fognak a jelenleg zajló éghajlatváltozás hatására, de feltételezhető, hogy azok fő fafajai még sokáig sikeresen tölthetik be funkciójukat (2. ábra).

Ezen állományokban a tervszerű erdő- és vadgazdálkodás hosszú távú nyereségessége és az egyéb ökoszisztéma-szolgáltatások magas színvonalra úgy őrizhető meg sikeresen, ha nö-



3. ábra. Változatos fajösszetételű újulat a budai Nagy-Hárs-hegy tölgyesében. Ha teret engedünk az elegyfajok számára, akkor megteremtjük a klímaváltozásra adott biológiai választ – a megfelelő összetételű újulat – kialakulásának esélyét (Gálhidy László felvétele)



4. ábra. Változatos szerkezetű állomány a visegrádi erdőszet területén található Erdőanya tömbben. A szálaló szerkezet kialakításával biztosítható a folyamatos erdőborítás (Kelemen Kristóf felvétele)

szélezet. Emellett ez a megoldás pusztán mérnöki szempontból is kockázatos: nem lehetünk teljesen biztosak benne, hogy a kiválasztott fafaj a későbbiekben kialakuló (pontosan még nem is ismert) termőhelyen valóban igazolja várakozásainkat. Erre a mai idegenhonos faállományaink is bőséges példával szolgálnak. Az új fajok bevezetése biológiai szempontból is további kockázatokat hordoz, amint ezt a kiirthatatlan és sok kárt okozó inváziós növény- és állatfajok hosszú sora is bizonyítja.

Mi akkor a megoldás? Az előbb vázolt fafajcserét (amennyiben valóban szükséges) meggyőződésünk szerint némi segítséggel a természet maga is el tudja végezni. Ha például szárazságtűrőbb őshonos fafajokat elegyítünk megfelelő arányban és eloszlásban a veszélyeztetett állományokban, azzal megteremtjük a fokozatos térhódítás lehetőségét a fő fafajok gyengülése esetén. Spontán oda-, illetve állományon belüli gyorsabb szétterjedésre elsősorban a könnyen terjedő, rövidebb életű (ún. r-stratégista) fajok alkalmasak. Az elegyesség biztosítja azt is, hogy ha a klímaváltozással összefüggésben be is következnek károk, azok sokkal mérsékeltebbek lesznek. Természetesen az állományok elegyarányai csak abban az esetben képesek dinamikus alakulni az éghajlat változását követve, amennyiben erre lehetőséget kapnak: vagyis ha a nevelővágások vagy a szálaló erdőművelés során is folyamatosan teret engedünk az elegyfajoknak, sőt akár mások rováására segítjük is őket (3. ábra).

Sokan úgy gondolják, hogy azért nem bízhatjuk a váltást természetes folyamatokra, mivel az éghajlatváltozás túl gyors: a jelenleg fel-növekvő csemetéknek 100 év múlva jelentősen eltérő viszonyok között kell majd helyt állniuk, és ha ez nem sikerül, akkor tömeges fapusztulásra számíthatunk a jövőben. Mi azt gondoljuk, hogy ez a probléma elsősorban a szerkezetileg hiányos, kevés fafajból álló állományokat veszélyezteti, így legjobb kivédési mód a minél teljesebb, heterogén állomány szerkezetet kiala-

kító és fenntartó, folyamatos erdőborítást biztosító erdőgazdálkodás. A folyamatos erdőborítás mindemellett további előnyökkel is jár, mivel jellemzően gazdagabb életközösségnek ad otthont, és az ökoszisztéma-szolgáltatások széles körét is időben jobb folytonossággal, fenntarthatóbban biztosítja (4. ábra).

Végül találunk olyan termőhelyeket is, amelyek adottságaiknál fogva jelenleg is csak alig alkalmasak zárt erdő eltartására. Nagyon valószínű, hogy az éghajlatváltozás hatására ezeken a szélsőséges termőhelyeken a Kárpát-medencében őshonos fafajokból álló zárt állományok a jövőben nem maradnak fenn. Várható, hogy ebbe a kategóriába őshonos fafajú erdeinknek csak kis része kerül a jövőben. Ilyeneket középhegységeink szélsőségesen meleg, délies kitétségű lejtőin találunk, és valószínűleg ide sorolhatók a magasabb térszíneken elterülő síkvidéki tölgyeseink is. Utóbbiak egykor az Alföld jelentős részét borították, de az emberi tevékenység (nagygyűrészt a vízlevezetés) hatására mára csak néhány, kis kiterjedésű állomány maradt fenn.

Mit tegyünk ezekkel az erősen veszélyeztetett erdőkkel? Lehetséges megoldásként felmerül a mi fafajainknál szárazságtűrőbb idegenhonos fafajok kultúrerdeinek betelepítése ezekre a termőhelyekre is. Természetvédelmi szempontból ez egyértelműen elönytelen megoldás, előre nem látható veszélyt jelenthet a Kárpát-medence egész élővilágára. Ezért e termőhelyeken – különösen védett területek esetében – jobb stratégiának tartjuk az erdő fellazulását, idővel eltűnésének elfogadását és a keletkező új élőhely más módon (pl. legeltetéssel) történő hasznosítását.

Erdeink az éghajlatváltozás során biztosan meg fognak változni. Úgy gondoljuk, hogy a ciklikus felvázolt irányokat követve, erdeink nagy része tudatos, felelősségteljes szakmai munkával megőrizhető. Ahogyan erdeink is sokfélék, a problémákra adott válaszaink is azok kell, hogy legyenek. Ahhoz, hogy ez lehetővé

váljon, először is szükség van a célok egyértelmű megfogalmazására. Erdeink megőrzése pedig végső soron a témával foglalkozó szakemberek, döntéshozók gondosságán fog múlni.

KELEMEN KRISTÓF, MAG ZSUZSA, ASZALÓS RÉKA, BENEDEK ZSÓFIA, CZÚCZ BÁLINT, GÁLHIDY LÁSZLÓ, KOVÁCS BENCE, STANDOVÁR TIBOR ÉS TIMÁR GÁBOR

IRODALOM

- Czúcz 2010. Az éghajlatváltozás hazai természetközeli élőhelyekre gyakorolt hatásainak modellezése. Doktori (PhD) értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Doktori Iskola.
- Dormann 2007. Promising the future? Global change projections of species distributions. *Basic and Applied Ecology*, 8(5), 387-397. doi:10.1016/j.baae.2006.11.001
- Hobbs és mtsai 2009. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology & Evolution*, 24, 599-605.
- Kannan és James 2009. Effects of climate change on global biodiversity: a review of key literature. *Tropical Ecology*, 50, 31-39.
- Meehl és mtsai 2007. Global climate projections. In: Solomon és mtsai (szerk.) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 747-845.
- Sinclair és mtsai 2010. How Useful Are Species Distribution Models for Managing Biodiversity under Future Climates? *Ecology and Society*, 15(1), 8.
- Thompson és mtsai 2009. Forest Resilience, Biodiversity and Climate Change. *CBD Technical Series No. 43*.
- Thuiller és mtsai 2008. Predicting global change impacts on plant species' distributions: Future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 9, 137-152.