

Miért olyan fenyegető az ember okozta klímaváltozás az erdőgazdálkodásban?

A nyomgázok jelentősége

A földfelszín hőmérsékletét jelentős mértékben a nyomgázok, különösen a szén-dioxid-koncentrációja határozza meg. A légkör üvegházhatású gázai közül messze a legfontosabb a vízpára, amely az üvegházhatás mintegy kétharmadáért felelős. A klímára azonban jelentős mértékben hat a hosszú élettartamú nyomgázok, a szén-dioxid, a nitrogénoxid és a metán koncentrációjának az ipari forradalom óta regisztrált növekedése is. A három gáz koncentráció-emelkedése melegebbé vált ki, azonban emiatt a légköri vízpára mennyisége is növekszik, minden fok melegedés esetén 8%-kal. Míg a szén-dioxid-koncentráció duplájára, azaz 280-ról 560 ppmv-re (milliomod térfogatrésze) növekedése önmagában 1-1,2 °C melegedéshez vezetne, a vízpára-koncentráció növekedése miatt a növekedés 2 °C fölé emelkedik. Az IPCC 2007-es jelentése erre az esetre már 3 °C növekedést jelez előre, egy második visszacsatolás, az albedó változása miatt. A szén-dioxid-koncentráció jelenleg 390 ppmv-re emelkedett, és évente mintegy 2,5 ppmv-vel növekszik tovább. Ez a gyors növekedés váltotta ki elsősorban az 1900 óta megfigyelt, mintegy 0,8 °C-os melegedést, a légköri homályosság fokozódása ellenére (utóbbi tényező hűtő hatású a bolygó légkörére).

A 20. századra végzett modellszámítások, valamint a megfigyelések is igazolják a melegedés említett okait. A valamennyi kontinensen észlelhető melegedést csak a légköri üvegházhatás, a légköri homályosság, a napsugárzás változása és a vulkáni kitörések kombinált hatásával lehet megmagyarázni.

Az antropogén klímaváltozás gyorsasága a természetes klímingadozáshoz képest

Körülbelül egy millió éve a Föld klímáját az átlagos földfelszíni hőmérséklet jelentős ingadozásai jellemzik. A jegesedési maximum és a jelenlegi holocénhez ha-

sonló interglaciálisok (melegebb időszakok) közötti különbség mintegy 5 °C. Ezeket az ingadozásokat a Föld orbitális (keringési és forgási) paramétereinek megközelítőleg periodikus hullámszerű változások váltották ki. A leggyorsabb globális átlaghőmérséklet-változások mindig az interglaciálisba való átmenet idején léptek fel kb. 5-10 ezer év leforgása alatt. Ezekben a korszakokban a szén-dioxid-koncentráció mintegy 190 ppmv értékről rendszerint 280-ra emelkedett. Amennyiben 2100-ig 2 °C hőmérséklet-emelkedéssel számolunk, amely érték a jelenlegi légkör/óceán/szárazföld-modellek (klíma-modellek) becsléseinek alsó határán van, a melegedés üteme akkor is mintegy tízszer gyorsabb, mint a leggyorsabb megfigyelt természetes változás két évszázad alatt. Ha a globális átlag lassúbb változását vesszük alapul (5 °C tízezer év alatt), és egy nagyon kedvezőtlen klímaforgatókönyvhöz arányítjuk, akkor a különbség negyvenszeres. Ezt a felismerést tükrözi az ENSZ Klímaváltozási Keretegyezménye (UNFCCC), amely nemzetközi joganyagként az EU tagállamokra is érvényes: „Az Egyezmény fő célja annak elérése, hogy az üvegházgázok koncentrációja a légkörben egy olyan szinten stabilizálódjon, amely a klímarendszer veszélyes mértékű emberi megzavarását megelőli. Ezt a szintet olyan időhatáron belül kell elérni, amely lehetővé teszi az ökoszisztémák természetes alkalmazkodását a klímaváltozáshoz, az élelmiszertermelés biztonságát és a gazdaság fenntartható mértékű fejlődését.”

A 2 °C-os célkitűzés az UNFCCC 16. kongresszusán történt elfogadásának az egyik oka tehát az volt, hogy a nevezett határ „lehetővé teszi a természetes alkalmazkodást a klímaváltozáshoz”. A klímakutatás azonban nem tudja kizárni a klímarendszer hirtelen átbillenésének lehetőségét sem, mint amilyent pl. a grönlandi jégtakaró irreverzibilis elolvadása válthat ki.

Melyik gazdasági ágazat a legvesélyeztetettebb?

Az erdőgazdálkodás az a gazdasági ágazat, amely nagyon hosszú életű élőlényekkel foglalkozik, különösen középes és magasabb földrajzi szélességeken. Egy ma ültetett fát a mi szélességünkön az évszázad végén vagy a kö-

vetkező évszázadban fognak kitermelni. Elvileg a faállománynak egész élete során az uralkodó klímához alkalmazkodni kell lennie a gazdálkodás eredményessége érdekében. Ez azonban az életciklus jelentős részében nem valósulhat meg egy gyorsan változó klímában, amikor nagyon valószínűen több fokot fog melegezni az éves átlaghőmérséklet és több tíz százalékkal változhat az éves csapadék mennyisége. Ezért a gyors antropogén klímaváltozás a 21. században az erdészetet jobban fogja sújtani, mint bármely agrárágazatot Közép-Európában.

Miért érintik a változások Délkelet-Európa erdeit erőteljesebben?

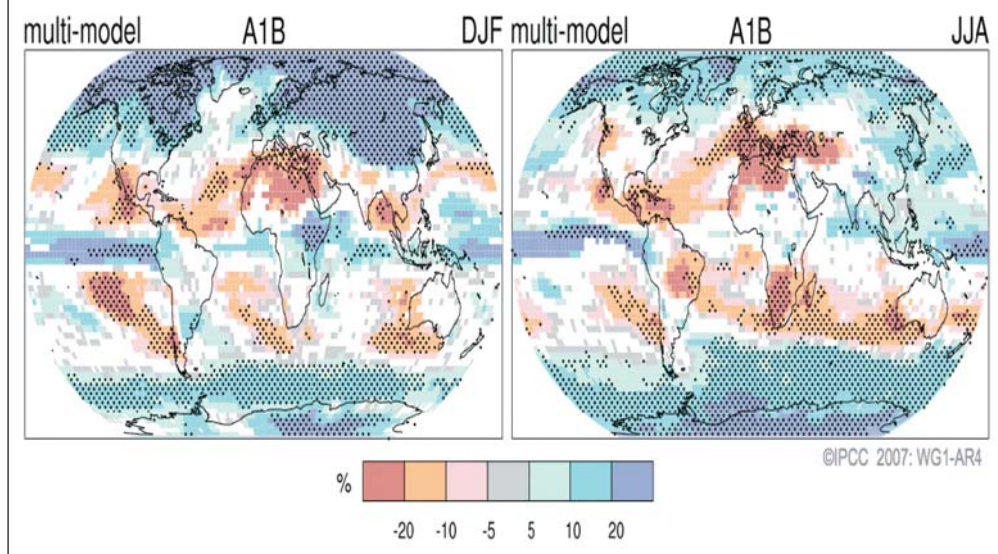
Egy 500 m tszf. magasságban tenyésző németországi bükkös, a természetes bükk elterjedési terület közepén, messze van az előfordulás határaitól. Ez nem így van a nyugat-magyarországi bükkösök esetében, amelyek a határ közelében vannak. Ahogy magyar kutatók eredményei mutatják, még változatlan éves csapadékmennyiség mellett is elvész az alkalmazkodottság a klímához, a nagyobb aszályvalószínűség és az erősebb párolgatás miatt. A magyar kutatók az első között mutatták ki, hogy akár csak egy fokkal magasabb átlaghőmérséklet és a csapadék csökkenése hogyan váltja ki rovardulásokat megjelenését. Ugyanakkor nagyon nehéz az erdészeknek tanácsot adni, hogy milyen fafaj, milyen öröklött tulajdonságokkal lesz a legjobban alkalmazkodott egy gyorsan változó klímájú évszázadban.

Hihetők-e a számítógépes modellekből levezetett klímaprojekciók?

A klímakutatás az egyetlen olyan tudományterület, amelyet számos más diszciplína kiemelkedő tudósai alapos és hosszan tartó elemzésnek vetettek alá. Ez a Klímaváltozás Kormányközi Testület (IPCC) 1988-as megalakulásával kapcsolatos; a testület rendszeresen szolgáltat fontos információkat, stratégiai javaslatokat a kormányoknak és a nyilvánosságnak, bár nem kötelező jelleggel. Az ábra a legutóbbi jelentésből származik, és az erdőgazdálkodás és a vízügyi ágazat számára egyaránt fontos. Ugyanis azt mutatja, hogy a különböző modellek a nyári csapadék tekintetében

* Grassl professzor a Világ Meteorológiai Szervezet genfi központjában a Világ Klíma Kutató Program (WCRP) igazgatója volt, majd a Max Planck Meteorológiai Kutatóintézet (Hamburg) igazgatója. Jelenleg a klímaváltozás hatását kutató NyME projekt (TÁMOP 4.2.2-08/1) tudományos tanácsának tagja. A cikket felkérésre ajánlotta fel közlésre az Erdészeti Lapoknak.

Projected Patterns of Precipitation Changes



A csapadék százalékos változása 2090–2099 között, az 1980–1999-es időszakhoz képest. Az értékek nagyszámú klímamodell átlagát mutatják az A1B forgatókönyvre, baloldalt a téli (decembertől februárig) és jobboldalt a nyári (júniustól augusztusig) negyedévben. A pontozott zónákban a modellek több mint 90%-a azonos előjelű változásokat jelzett. A fehéren hagyott területeken a modellek kevesebb, mint kétharmada projektált azonos előjelű változást (Az IPCC 2007. évi jelentéséből)

ben Európa délkeleti részére egybehangzóan csökkenést (pontozott terület) jeleznek, amelyet a téli csapadék növekedése nem egyenlít ki, mint a magasabb szélességeken. Ezeket a projekciókat az elmúlt évtizedek megfigyelései alátámasztják.

Valahányszor a tudományos eredmények fontos gazdasági és politikai érdekeket sértenek, a pillanatnyi helyzetből gazdasági, hatalmi előnyöket élvezők kampányokat indítanak a megállapítások megkérdőjelezésére, sokszor szervezett formában. Egy korábbi példa erre az évtizedeken keresztül dúló vita a dohányzás és a tüdőrák közötti kapcsolatáról. Jelenleg a légköri üvegházhatás és a globális melegedés közötti kapcsolat feltárása egy még sokkal elkeseredettebb vitát generált a népszerű-tudományos (ún. „szürke”) szakirodalomban és a közmédiában, vagyis a lektorált, ellenőrzött tudományos irodalom körén kívül. Ezeknek a közléseknek gyakran erőteljes hatása van a laikus közösségre.

Ez a vita több megállapításra terjed ki, ilyenek:

1. *A bősugárzás szén-dioxid általi elnyelődése telítődött?* (Vagyis a meleget a szén-dioxid-koncentráció további növekedése nem fokozza.) Válasz: már az összefüggés leírója, Arrhenius is tudta 1896-ban, hogy a szén-dioxid-koncentráció emelkedésével az elnye-

lés nem lineárisan, hanem logaritmikusan változik. A klímamodellbe épített sugárzási transzfermodulok – új spektroszkópiai adatok felhasználásával – korrektül kezelik ezt a jelenséget.

2. *A melegedésnek embertől független, természetes okai vannak?* Válasz: a napállandó megfigyelése (1987 óta műholdakról folyik) alapján a szoláris aktivitás kb. 11 éves ciklusa alig egy ezreléki ingadozást mutat, és a sugárzás intenzitásának nincs növekvő trendje. A klíma változását okozó ún. sugárzási kényszerre vetítve ez az amplitúdó az ember által okozott sugárzási kényszernövekedés kevesebb mint egy tizedét teszi ki, és míg az utóbbi folyamatosan nő, a napállandó csak ingadozik.

Az éghajlati rendszer belső, évtizedes ingadozásai elsősorban a *légkör és a tengerek egymásra hatásából* adódnak, és kizárható, hogy szerepük lenne a melegedésben. Mivel azonban évtizedes léptékben valóban fennáll egy nem tisztázott eredetű bizonytalanság, az emberi hozzájárulás a klímaváltozáshoz nem adható meg pontosabban. Továbbá azok a *vulkáni kitörések*, amelyek a légkör 15–20 km feletti rétegeit érik el, a földfelszín néhány évig hűthetik, ahogy azt a Fülöp-szigeteki Pinatubo 1992-es kitörése után meg lehetett figyelni. A lehűlés több tizedfokot tett ki. Az azt kiváltó sztratoszféri aeroszol

réteg viszont már 1994-re szinte teljesen feloszlott.

3. *A szén-dioxid a melegedés következménye és nem oka?* Válasz: a természetes éghajlati rendszerek esetében nem beszélhetünk egyetlen, változást előidéző tényezőről. A szenciklus az éghajlattól függ, ugyanakkor az éghajlat is függ a szenciklustól. A szenciklus és más geokémiai körforgások, így a vízé vagy más elemeké (pl. nitrogéné) különböző időtartamú, akár több ezer évre is kiterjedő visszacsatolásokat okoznak. Ezért a klíma sohasem stabil és annak a kérdésnek, hogy „mi okozta a változást” nincs sok értelme, mert a visszacsatolás soktényezős. Az utóbbi, mintegy egy millió évben a klímaváltozás fő hajtóereje a Föld forgási és keringési paramétereinek ingadozása volt, amely többé-kevésbé szabályos ciklusokat mutat, a legrövidebb ciklus

ezek közül kb. 20 ezer éves.

A jelenlegi helyzetben az a különleges, hogy az atmoszféra összetételének ember okozta változása sokkal gyorsabb, mint a természetes körülmények közötti ingadozások (kivéve a rendkívül ritka óriásmeteorit-becsapódások és a szupervulkán-kitörések okozta anomáliákat). A klíma változási üteme tehát különlegesen gyors, és a mai idősebb generáció az első, amely élete során tapasztalja meg a változásokat.

Végső megjegyzés

Vajon kielégítő lépés-e a fenti megállapítások fényében, ha az erdőket a jövőben úgy kezeljük, hogy azok az eddigi természetes állapothoz álljanak közelebb? Ez egy fontos első lépés, de olyan, mintha nemzeti parknak tekintenénk a gazdasági erdőket. Véleményem szerint *a faji összetétel spontán átalakulása során kialakuló ökoszisztéma kevésbé lesz alkalmazkodott a jövőbeli klímához, mint az előrelátóan kezelt erdők*. Használunk kell az ismereteinket az elkerülhetetlen klímaváltozásról, hogy jobban kezelhessük az erdőket a védett területeken kívül.

Hirdessen az Erdészeti Lapokban!