

A TERÜLETHASZNÁLAT VÁLTOZÁSA ÉS A KLÍMA: A TERVEZETT ERDŐSÍTÉSEK VÁRHATÓ KLIMATIKUS HATÁSA AZ ALFÖLDÖN

Gálos Borbála – Drüszler Áron

*Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet, Sopron
bgalos@emk.nyme.hu*

Kivonat

A magyarországi klimatikus viszonyok 21. századi alakulását, valamint az területhasználat-változás lehetséges klímamódosító hatását regionális klímamodellrel elemeztük. A 2021-2025-ös időszakra vizsgáltuk, hogy a rossz adottságú és gyenge minőségű szántók helyére tervezett erdővel milyen irányban és mértékben befolyásolhatók a várható hőmérséklet- és csapadéktendenciák. Az egész ország feltételezett beerdősítésének hatását az 2071-2100-as periódusra, fokozottan melegedő és szárazodó éghajlati viszonyok között is számszerűsítettük. Az eredmények alapján a 21. század végén a melegedő-szárazodó tendencia az Alföld déli területein és az ország délnyugati részén a legnagyobb. A gazdaságtalan szántók helyén potenciálisan megvalósítható, országos átlagban 7 %-os erdőterület növekedésnek nincs jelentős hatása a regionális éghajlati viszonyokra. A 2071-2100-ig tartó időszakra az erőteljes szárazodó tendenciát csak az ország növényzettel borított felszíneinek teljes beerdősítésével lehetne jelentősen enyhíteni. Az erdőtelepítés legnagyobb hatása az északkelet-magyarországi régióban mutatható ki, ahol a klímaváltozással járó csapadékmennyiség csökkenés akár 50 %-kal mérsékelhető, amennyiben van elegendő vízmennyiség a talajban.

Kulcsszavak: klímaváltozás, aszály, területhasználat változás éghajlati hatásai

Bevezetés

Magyarországon, a 21. században jelentős felmelegedés és nyári csapadékcsökkenés várható a regionális klíma-előrevetítések eredményei alapján (Bartholy és mtsai 2011). A meleggel összefüggő szélsőséges jelenségek (aszályok, hőhullámok) gyakorisága növekedhet (Szalai és Mika 2007, Szépszó 2008), a század második felében akár minden második nyár szélsőségesen száraz lehet. Ezzel együtt az összefüggő száraz periódusok is hosszabbá válhatnak (Gálos és mtsai 2009). Hazánk területén a zárt (zonális) erdő, és számos zonális fafaj elterjedésének alsó határa húzódik (erdő-sztyepp határ; Mátyás és mtsai 2009), ahol a szélsőségesen száraz időszakok gyakoriságának és hosszának növekedése a humidabb klímát kedvelő állományalkotó fafajaink elterjedési területének csökkenését okozhatják (Mátyás és mtsai 2010, Berki és mtsai 2009, Führer és mtsai 2011).

A vegetáció az időjárás és az éghajlat alakításában kulcsszerepet játszik. A növényzettel borított felszínnek a csupasz talajhoz képest alacsonyabb az albedója, nagyobb az érdessége és párologtató felülete, ezáltal hat a légkör energia- és vízháztartására (Bonan 2004). A felszín – légkör kölcsönhatásfolyamatokon keresztül a felszínborítás és a földhasználat változása erősítheti vagy gyengítheti a klímaváltozás mértékét. A mérsékelt égövi erdők klimatikus szerepe a legvitatottabb, a hőmérsékletre és csapadékra gyakorolt hatásuk iránya és nagysága jelentősen függ a vizsgált terület termőhelyi adottságaitól (Oleson és mtsai 2004, Hogg és mtsai 2000). Drüszler és mtsai (2009, 2010) Magyarországra, a 20. századra kimutatta, hogy földhasználat változása befolyásolja az éghajlatot és az időjárást. A jövőbeni erdőtelepítési

lehetőségekkel kapcsolatosan több tanulmány készült Magyarországon (Führer 1998, Führer és Járó 2001, Járó és Führer 2005). A hazai erdők lehetséges klímamódosító hatását, hosszabb időperiódusra, a 21. századra, regionális léptékben még nem vizsgálták, ezért kutatásaink során a következő kérdésekre kerestünk választ:

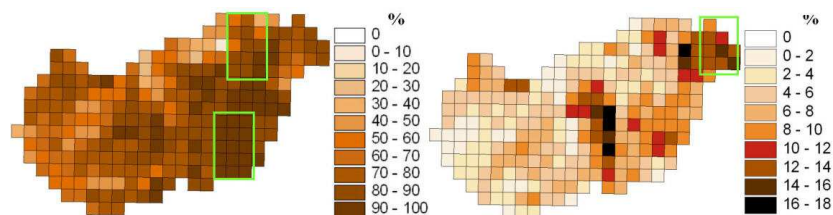
- Fékezhető-e az erdőterület növelésével a várható melegedő-szárazodó tendencia?
- Mekkora hatása van a Magyarországon a Járó és Führer (2005) tanulmánya alapján potenciálisan megvalósítható erdőtelepítésnek a klímára?

Adat és módszer

A 21. századi hőmérséklet- és csapadéktendenciákat, valamint az erdő éghajlatra gyakorolt hatását a hamburgi fejlesztésű REMO regionális klímamodell (Jacob és mtsai 2001) eredményei alapján elemeztük. A modell a vegetációt az egyes felszínborítási kategóriákhoz rendelt paraméterekkel (pl. albedó, levélfelületi index, érdesség, frakcionális vegetációborítás, talajból felvehető vízmennyiség stb.) írja le (Hagemann 2002). Esettanulmányaink során az alábbi felszínborítási forgatókönyvek klímára gyakorolt hatását elemeztük:

- *Referencia: változatlan erdőterület* (1961-1990, 2021-2025, 2071-2100): jelenlegi felszínborításként a Corine2000 adatbázist vettük alapul
- *Potenciális erdőtelepítéssel megnövelt erdőterület* (2021-2025): Járó és Führer (2005) 50 erdőgazdasági tájra meghatározták az erdőtelepítésre tervezett, gazdaságtalan szántóterületek nagyságát. A terv szerint országos átlagban 7 %-os erdőtelepítés valósulhatna meg, melyből 6,5 % lomb és 0,5 % fenyő. Ezeket a Corine2000 szerinti erdőterületekhez adva számítottuk a potenciális erdőborítottságot.
- *Maximális erdőterület* (2021-2025, 2071-2100): az ország valamennyi vegetációval borított területén erdőt feltételeztünk.

A potenciális és maximális erdőtelepítési forgatókönyvekre kiszámítottuk az erdőterület növekedés mértékét (1. ábra), valamint a felszínparaméterekben bekövetkezett változások pixelenkénti értékét. A futtatásoknál 20 km-es horizontális felbontást alkalmaztunk, a 21. századra az A1B kibocsátási forgatókönyvet vettük alapul (IPCC 2007). Az erdők klimatikus hatása várhatóan a vegetációs időszakban a legnagyobb, ezért a május-június-július-augusztus hónapok 5 illetve 30 éves átlagait elemeztük. Az erdőterület-növekedés klimatikus hatásainak irányát és nagyságrendjét összevetettük a szimulált klímaváltozás mértékével. A maximális erdősítés esete az adott modellel kimutatható legnagyobb hatást számszerűsíti. A potenciális erdőtelepítésből adódó eredmények a gyakorlat szempontjából lehetnek érdekesekek.



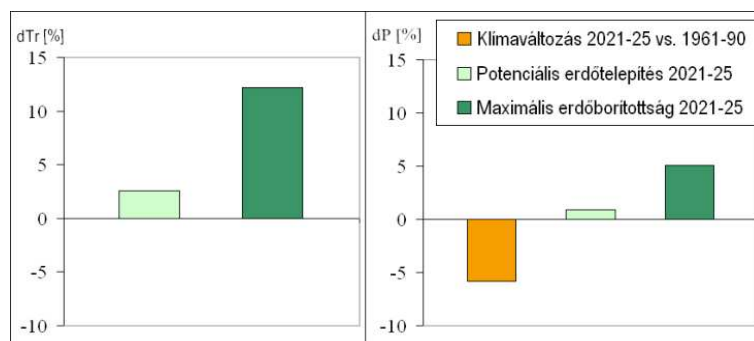
1. ábra. Az erdőterület növekedése maximális (baloldali ábrarész), ill. potenciális erdőtelepítés (jobboldali ábrarész) esetén. Kerettel jelölve a részletesebben elemzett térségek.

Eredmények

A klímamodell eredményei alapján a 21. század utolsó harmadára a nyári hónapok átlaghőmérséklete akár 3-3,5 °C-kal emelkedhet, a csapadékösszeg csökkenése elérheti a 30-35 %-ot az 1961-90-es időszakhoz képest. A melegedő-szárazodó tendencia az Alföld déli területein és az ország délnyugati részén a legnagyobb. A szélsőséges időjárási események

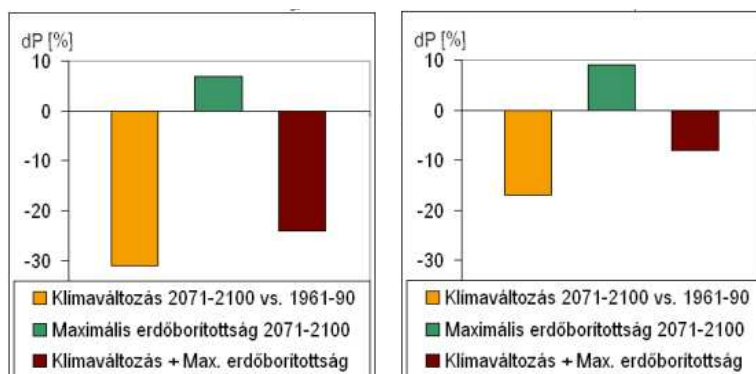
(aszálolyok) is gyakoribbá válhatnak (Gálos és mtsai 2009). A 20. század végi, 21. század eleji összefüggő aszályos periódusok tapasztalatai alapján, a szárazsági erdőhatáron a szélsőséges események gyakoriságának növekedése egészségkárosodást, hosszabb távon tömeges mortalitást idéz elő (Mátyás és mtsai 2009). Ez Somogy és Zala megyére nézve azt eredményezheti, a klimatikus határhelyzetű erdőállományokban elkezdődött egészségkárosodási folyamat (Molnár és Lakatos 2007, Berki és mtsai 2009, Csóka és mtsai 2007, Csóka és mtsai 2009) a jövőben felgyorsulhat és súlyosbodhat.

A felszínborítás és változása hatást gyakorol a hidrológiai ciklusra és az energiaháztartási folyamatokra. Ezért a Járó és Führer (2005) tanulmánya alapján potenciálisan megvalósítható erdőtelepítést feltételezve vizsgáltuk, hogy erdősítéssel enyhíthető-e a prognosztizált klímaváltozás mértéke. A modell eredményei alapján a gyenge és rossz minőségű szántók helyére tervezett 7 %-os erdősítéssel (1. ábra) szignifikánsan nem befolyásolható a nyári hőmérséklet és csapadékmennyiség (a modell az állományklímát nem veszi figyelembe). Részletesebben a szatmári térségre prognosztizált változásokat elemeztük, ahová a legnagyobb arányú lomberdőterület növekedést irányozták elő (13 %). A mezőgazdasági növényekhez képest az erdő nagyobb érdessége és levélfelülete lokálisan nagyobb transpirációs rátát és alacsonyabb felszínhőmérsékletet eredményezett. A nyári hónapok csapadékmennyisége nem változott. Ugyanerre az 5 éves periódusra a nyári csapadékösszeg 5 %-kal emelkedne ezen a területen, ha az országban minden növényzettel borított felszín erdő lenne. Ezzel a klímaváltozás hatása erre az időszakra kiegyenlíthető lenne (2. ábra).



2. ábra. A potenciális erdőtelepítés hatása a transpiráció (bal oldali ábrarész) és a csapadékmennyiség (jobb oldali ábrarész) változására a szatmári területen.

Az egész ország feltételezett beerdősítésének hatását az 2071-2100-as periódusra, fokozottan melegedő és szárazodó éghajlati viszonyok között is számszerűsítettük. A vizsgált 30 éves periódusban a maximális erdőtelepítés az egész országban a nyári hónapok csapadékmennyiségének növekedését eredményezte, mely jelentősen enyhítheti az A1B kibocsátási forgatókönyv alapján előrejelzett szárazodó tendenciát (3. ábra). A 21. század végére a vizsgált dél-alföldi területen – a jelenlegi felszínborítás mellett – 1961-1990-hez képest 31 %-os csapadékcsökkenés várható. A feltételezett maximális erdőtelepítéssel járó 6,5 % csapadéktöbblet ennek egyötöd részét képes kiegyenlíti. A legnagyobb relatív hatás a vizsgált északkelet-magyarországi régióban mutatható ki (30 év átlagában 9 %), ahol a klímaváltozással járó csapadékmennyiség csökkenés akár 50 %-kal mérsékelhető, amennyiben van elegendő vízmennyiség a talajban (3. ábra; Gálos és mtsai 2011).



3. ábra. A nyári csapadékmennyiség változása a klímaváltozás következményeként (2071-2100 vs. 1961-90), valamint maximális erdőtelepítés hatására (2071-2100) a vizsgált északkelet-magyarországi (bal oldali ábrarész) és dél-alföldi (jobb oldali ábrarész) régióban (a vizsgált területeket az 1. ábra bal oldali ábrarésze mutatja).

Összefoglalás

A gyakorlatban az erdők kedvező mikroklimatikus és tájképi hatásai, ökológiai szolgáltatásai, lokális védelmi valamint jóléti funkciói ismertek. Regionális léptékben, hosszabb jövőbeni periódusra a magyarországi erdők „értékét” éghajlati szempontból még nem mérték fel. Két 21. századi időszakra, a REMO regionális klímamodell segítségével vizsgáltuk, hogy a rossz adottságú és gyenge minőségű szántók helyére tervezett erdőkkel, illetve az egész ország feltételezett beerdősítésével milyen irányban és mértékben befolyásolhatók a várható hőmérséklet- és csapadéktendenciák. Az eredmények alapján:

- A gazdaságtalan szántók helyén megvalósítható, átlagosan 7 %-os erdőterület növekedés esetén (2021-2025) a kisebb, elszórt erdő fragmentumok szignifikánsan nem képesek befolyásolni az ország éghajlatát.
- Nagy kiterjedésű, összefüggő erdőtömbök formájában megvalósuló erdőtelepítéssel az ország egész területén jelentősen enyhíthető lenne az aszályosodási tendencia.
- A maximális erdőterület növekedés legnagyobb hatása a vizsgált északkelet-magyarországi régióban mutatható ki (2071-2100), ahol a klímaváltozással járó csapadékmennyiség csökkenés akár 50 %-kal mérsékelhető, amennyiben van elegendő vízmennyiség a talajban.

A modell nem veszi figyelembe az erdők mikroklimatikus hatását, valamint a biokémiai folyamatokat és kölcsönhatásokat. A regionális légköri modell eredményei a felszín fizikai tulajdonságai változásának éghajlati hatásait számszerűsítik.

Gyakorlati szempontból az aszályok tér- és időbeni tendenciájának regionális léptékű vizsgálata a hatásokra való felkészüléshez, a hatások mérsékeléséhez nyújt információt, melyek elősegítik az erdők ökológiai-, gazdasági és társadalmi funkcióinak fenntartását. Bár a potenciális erdőtelepítés megvalósításával a klímaváltozás hatásai regionális léptékben nem mérsékelhetők, az eredmények, melyek az erdők klimatikus értékét és annak területi különbségeit számszerűsítik, alapot szolgáltathatnak a jövőre vonatkozó erdészeti politika kialakításához.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a hamburgi Max Planck Meteorológiai Intézet regionális modellezéssel foglalkozó csoportjának a modellfuttatásokhoz biztosított technikai körülményeket és a szakmai tapasztalatokat. A kutatás a TÁMOP 4.2.2-08/1-2008-20, valamint a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP – 4.2.2. B – 10/1 – 2010 – 0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

- Bartholy J.; Bozó L. és Haszpra L. (szerk.) 2011: Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke, Budapest, 281p.
- Berki I.; Rasztovits E.; Móricz N. and Mátyás Cs. 2009: Determination of the drought tolerance limit of beech forests and forecasting their future distribution in Hungary. *Cereal Research Communications*, 37: 613-616.
- Bonan, G.B. 2004: Biogeophysical feedbacks between land cover and climate. *Ecosystems and Land Use Change. Geophysical Monograph Series*, 153: 61-72.
- Csóka Gy., Koltay A., Hirka A. és Janik G. 2007: Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyeseink és bükköseink egészségi állapotára. 229-239. In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.): *Erdő és klíma V.* NymE, Sopron.
- Csóka Gy.; Koltay A.; Hirka A. és Janik G. 2009: Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyeseink egészségi állapotára. „Klíma-21” Füzetek 57: 64-73.
- Drüsler Á.; Csirmaz K.; Vig P. és Mika J. 2009: A földhasználat változásainak hatása az éghajlatra és az időjárásra. *Természet Világa*, 140: 521-523.
- Drüsler Á.; Csirmaz K.; Vig P. és Mika J. 2010: Effects of documented land use changes on temperature and humidity regime in Hungary. S. P. Saikia (szerk.): *Climate Change (Dehra: International Book Distributors)*, 394–418.
- Führer E. 1998: Afforestation Potential on the Great Hungarian Plain. *Hungarian Agricultural Research*, 1998/4.
- Führer E. és Járó Z. 2001: Az erdőtelepítésre számbajövő területek, azok ökológiai értékelése és fatermési potenciálja. A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok osztályának és Erdészeti Bizottságának rendezvénye, „Erdészeti Fórum 2001”. *Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai*, 16: 31-37.
- Führer E.; Marosi Gy.; Jagodics A. és Juhász I. 2011: A klímaváltozás egy lehetséges hatása az erdőgazdálkodásban. [A possible effect of climate change in forest management] *Erdészettudományi Közlemények*, 1 (1): 17-28.
- Gálos B.; Lorenz Ph. and Jacob D. 2009. Klímaváltozás – szélsőségesebbé válnak száraz nyaraink a 21. században? „Klíma-21” Füzetek, 57: 56-63.
- Gálos B.; Mátyás Cs. and Jacob D. 2011. Regional characteristics of climate change altering effects of afforestation. *Environ. Res. Lett.*, 6 044010 (9pp)
- Hagemann, S. 2002: An improved land surface parameter dataset for global and regional climate models. MPI-M, Report 336, Hamburg, Germany.
- Hogg, E.H.; Price, D.T. and Black, T.A. 2000: Postulated feedbacks of deciduous forest phenology on seasonal climate patterns in the Western Canadian interior. *Journal of Climate*, 13: 4229-4243.
- IPCC 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report.* <http://www.ipcc.ch>.

- Jacob, D. et al. 2001: A Comprehensive Model Intercomparison Study Investigating the Water Budget during the BALTEX-PIDCAP Period. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 77, 19-43.
- Járó Z. és Führer E. 2005: Az erdővagyon bővítése a mezőgazdaságilag gazdaságtalan nem hasznosított földterületek beerdősítésével. In: Molnár S. (szerk.): *Erdő – fa hasznosítás Magyarországon*. Sopron, 129-136.
- Mátyás Cs.; Fady, B. and Vendramin, G.G. 2009: Forests at the limit: evolutionary - genetic consequences of environmental changes at the receding (xeric) edge of distribution. Report from a researcher workshop. *Acta Silv. Lign. Hung.*, 5: 201-204.
- Mátyás Cs.; Führer E.; Berki I.; Csóka Gy.; Drüsler Á.; Lakatos F.; Móricz N.; Rasztoivits E.; Somogyi Z.; Veperdi G.; Vig P. és Gálos B. 2010: Erdők a szárazsági határon. „KLÍMA-21” Füzetek. 61: 84-97.
- Molnár M. és Lakatos F. (2007): A bükkpusztulás Zala megyében – klímaváltozás? In: Mátyás Cs. és Vig P. (szerk.) *Erdő és Klíma V*. NYME Sopron, 257-267.
- Oleson, K.W.; Bonan, G.B.; Levis, S. and Vertenstein, M. 2004: Effects of land use change on North American climate: impact of surface datasets and model biogeophysics. *Clim. Dyn.*, 23: 117–32.
- Szalai S. és Mika J. 2007: A klímaváltozás és időjárási anomáliák előrejelzése az erdőtakaró szempontjából fontos tényezőkre. In Mátyás Cs. – Vig P. (szerk.) *Erdő és klíma V*. NYME Sopron, 133-143.
- Szépszó G. 2008: Regional change of climate extremes in Hungary based on different regional climate models of the PRUDENCE project. *Időjárás*, 112: 265-283.