

Nyugat-magyarországi Egyetem
Erdőmérnöki Kar

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Az erdő – klíma kölcsönhatás elemzése
a REMO regionális klímamodell segítségével**

Gálos Borbála

Sopron
2010

Doktori Iskola: Kitaibel Pál
Környezettudományi Doktori Iskola

Vezető: Prof. Dr. Mátyás Csaba

Program: Biokörnyezet-tudomány

Vezető: Prof. Dr. Németh Károly

Témavezetők: Prof. Dr. Mátyás Csaba
Prof. Dr. Jacob, Daniela

Tudományos háttér, célkitűzés

A természetközeli vegetáció nem csupán klímaindikátor és hatásviselő, hanem a klímarendszer biotikus, dinamikus komponenseként az időjárás és az éghajlat alakításában is fontos szerepet játszik. A vegetációval borított felszínnek a csupasz talajhoz képest eltérő a sugárzás elnyelő képessége, nagyobb az érdessége és párologtató felülete, ezáltal hat a légkör energia- és vízháztartására.

A felszínborítás éghajlati és antropogén hatásokra történő változása visszahat a klímára, mely erősítheti vagy gyengítheti a klímaváltozás mértékét. A vegetáció-légkör kölcsönhatásrendszer összetett, a hatások nagy tér- és időbeni változékonyságot mutatnak.

Az észak-eurázsiai tülevelű erdők albedója alacsonyabb, mint a hótakaróé, így tavasszal fokozzák a globális felmelegedést. A trópusi övben a vegetáció jelenléte – fokozva az evapotranszpirációt és a vízkörforgást – hűvösebb és csapadékosabb éghajlati viszonyokat eredményez. A mérsékelt övi erdők klimatikus szerepe a legvitatottabb, a vizsgált terület adottságaitól függően növelhetik vagy csökkenthetik a felszín közeli légréteg hőmérsékletét.

Hazánk területén a zárt (zonális) erdő, és számos zonális fafaj elterjedésének alsó határa húzódik, ahol a klimatikus extrémek alakulása döntő szerepű. Itt a fafajok elterjedését elsődlegesen a szélsőségesen száraz időszakok gyakorisága és hossza korlátozza. A hosszútávú hatások becsléséhez a jövőbeni aszálytrendek regionális léptékű vizsgálata szükséges.

A hazai erdőterületek lehetséges csökkenésének, illetve tervezett növelésének klímamódosító hatását, hosszabb jövőbeni időperiódusra, regionális léptékben még nem vizsgálták. Az erdő – klíma kölcsönhatások számszerűsítése nem csak az erdők klímavédelmi szerepéről ad információt, hanem az éghajlatváltozás következményeinek megelőzését, enyhítését célzó stratégiák alapja is lehet.

A disszertáció az erdőterület-változás éghajlati hatásait vizsgálja

- regionális léptékben,
- a mérsékelt övben, egy viszonylag kis területen (Magyarország),
- jövőbeni klimatikus viszonyok között (21. század).

Az erdők klimatikus értékének számszerűsítéséhez a klímamodelleknek tartalmaznia kell az erdővel kapcsolatos paraméterek, folyamatok lehető legpontosabb, a vizsgált terület sajátosságaihoz igazodó leírását. A dolgozat példaként az intercepciót emeli ki. Az intercepció jelenségének mélyebb megértéséhez, valamint az erdők vízháztartási folyamataiban betöltött szerepének tanulmányozásához terepi mérések és lokális léptékű modellezés szükséges. A lokális elemzések célja az intercepció nagyságára legnagyobb hatást gyakoroló meteorológiai, valamint állományjellemző paraméterek meghatározása, melyeket figyelembe kell venni a regionális klímamodellekben az erdők hidrológiai szerepének pontosabb leírásához, különösen finomabb horizontális felbontás esetén.

A jövőbeni éghajlati viszonyokat és az erdő-klíma kölcsönhatását elemző disszertáció konkrét célkitűzései:

- A klímaváltozás és a 21. századi aszálytendenciák vizsgálata.
- Az erdőterület-változás éghajlati hatásainak számszerűsítése regionális léptékben.
- Az erdőtelepítés klímaváltozás-mérsékelő hatásának értékelése.
- Az intercepció lokális szintű vizsgálata.

Alkalmazott módszerek

A szerző az aszályos nyarak valószínűségének és szélsőségségének várható alakulását, valamint az erdőterület-változás lehetséges klímamódosító hatását a REMO regionális klímamodell segítségével elemezte.

A 21. századi éghajlati viszonyok becsléséhez különböző IPCC-SRES¹ kibocsátási forgatókönyveken (B1, A1B, A2) alapuló modellfuttatások eredményeit hasonlította össze a nyári hónapokra (horizontális felbontás 0.44°).

A magyarországi erdők klimatikus értékének számszerűsítéséhez a szerző három felszínborítás-változási forgatókönyvre végzett szimulációkat (horizontális felbontás 0.176°):

- *Maximális erdőtelepítés* (2021-2050, 2071-2100): az ország teljes területén a növényzettel borított felszínnek erdők.
- *Erdő helyett gyepek* (2071-2100): A hazai erdőterületeket gyepek helyettesítik.
- *Potenciális erdőtelepítéssel megnövelt erdőterület* (2021-2025): a potenciális erdőtelepítési terv szerint a rossz adottságú és gyenge minőségű szántók helyén megvalósítható erdőtelepítés.

A 21. századi időszakokra az erdőtelepítési forgatókönyvekkel szimulált éghajlati viszonyokat a szerző a hozzájuk tartozó referencia felszínborítással végzett futtatások eredményeivel hasonlította össze, melyhez a Corine2000 felszínborítási adatbázist vette alapul.

Az erdőterület-növekedés csapadékmennyiségre gyakorolt hatásainak irányát és nagyságrendjét összevetette a klímaváltozás (2071-2100 vs. 1961-1990) mértékével. Az erdőtelepítés klímaváltozást enyhítő hatásának területi különbségeit három kiválasztott magyarországi területre értékelte.

Az intercepció mérések a Hidegvíz-völgyi bükkös kísérleti állományban zajlottak. A folyamat lokális szintű modellezéséhez a szerző a BROOK90 hidrológiai modellt adaptálta.

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change – Special Report on Emission Scenarios

Új tudományos eredmények

1. A 21. század második felében, a B1, A1B és A2 kibocsátási forgatókönyvek esetén szignifikánsan megnövekedhet a száraz nyarak gyakorisága, akár minden második nyár aszályos lehet. Az aszályok a 20. század második felének száraz eseményeihez képest szélsőségesebbé válhatnak, az összefüggő aszályos periódusok hosszabbak lehetnek.
 - A melegedő-szárazodó tendencia, az aszályok gyakoriságának és szélsőségességének a növekedése az ország délnyugati részén a legnagyobb.
2. A REMO regionális klímamodell eredményei alapján Magyarországon az erdőterület változása, amennyiben nagy kiterjedésű területeket érint, befolyásolja a regionális éghajlati viszonyokat.
 - A 2071-2100-as periódusban a maximális erdőtelepítés a nyári csapadékmennyiség és evapotranspiráció 10-15%-os növekedését, valamint az aktív felszín hőmérsékletének csökkenését (egyres helyeken akár 1°C-kal) eredményezi.
 - A teljes nyári időszakban a maximális erdőtelepítés evapotranspiráció-fokozó, hűtő hatása dominál. Miután a talajnedvesség elérte a kritikus szintet, a transpiráció hűtő hatása csökken és az albedó-hatás kezd növekedni.
 - Magyarország teljes erdőterületének gyepvel történő helyettesítése kisebb és ellentétes irányú hatást gyakorol a klímára, mint a maximális erdőtelepítés.
3. A gazdaságtalan szántók helyén potenciálisan megvalósítható, országos átlagban 7%-os erdőterület növekedésnek nincs jelentős hatása a regionális éghajlati viszonyokra (a modell az állományklímát nem veszi figyelembe).
4. Maximális erdőborítottság feltételezésével a 21. század végére előrevetített erőteljes aszályosodási tendencia az ország egész területén jelentősen enyhíthető.

- A klímaváltozás hatására bekövetkező nyári csapadékmennyiség-csökkenés mértéke független a jelenlegi erdőszültségtől.
 - Az erdőtelepítés csapadéknövelő hatásának nagysága független a jövőbeni klimatikus feltételektől.
5. A maximális erdőtelepítés éghajlatra gyakorolt kedvező hatása nagy területi különbségeket mutat.
- A vizsgált északkeleti régióban a klímaváltozással járó csapadékmennyiség-csökkenés fele kiegyenlíthető.
 - Erdőtelepítéssel a szimulált aszályok kevésbé szélsőségesek, számuk az elemzésbe bevont északkeleti területen 9-ről 5-re csökkenhet.
 - A modelleredmények alapján a délnyugati országrészben a legkisebb az erdőtelepítés csapadéknövelő hatása.
6. A BROOK90 lokális hidrológiai modell órás csapadékadatokból sokkal pontosabban tudja számítani a csapadék időtartamát és intenzitását, mint napi csapadékösszegekből, így a szimulált intercepció is jobban megközelíti a mérések alapján számított értékeket.

Az eredmények gyakorlati alkalmazhatósága

A REMO regionális klímamodell eredményei alapján Magyarországon, a 21. században jelentős felmelegedés és nyári csapadékcsökkenés várható. A szélsőségesen száraz időszakok gyakoriságának és hosszának növekedése a humidabb klímát kedvelő állományalkotó fafajaink elterjedési területének drasztikus csökkenését okozhatják.

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.

A disszertáció eredményei alátámasztják az erdő-klíma kölcsönhatások vizsgálatának gyakorlati jelentőségét:

- Hozzájárulnak a vegetáció-légkör visszacsatolások mélyebb, megértéséhez, a regionális klímamodellezés számára hasznos tapasztalatokkal szolgálnak az erdővel kapcsolatos folyamatok leírásának továbbfejlesztéséhez.
- Magyarországra, a 21. századra vonatkoztatva, regionális léptékben első ízben számszerűsítik az erdők klimatikus értékét.

A potenciális erdőtelepítésnek regionális szinten nincs kimutatható éghajlati hatása. Lokális léptékben az erdők kedvező mikroklimatikus hatásai, ökológiai szolgáltatásai, védelmi- és jóléti funkciói jelentősek (ezeket a modell nem veszi figyelembe), azonban a jövőre előrevetített éghajlati tendenciák kisebb erdőfoltok telepítésével nem befolyásolhatók.

Az aszályok gyakorisága és szélsőségessége csak nagyobb, összefüggő területek erdősítésével csökkenthető. A maximális erdőtelepítés klímamódosító hatásának térbeli elemzésével meghatározhatók azok a területek, ahol az erdőtelepítés éghajlatra gyakorolt kedvező hatása a legnagyobb, valamint ahol az erdők hatása jelentéktelen.

Hasonlóképpen azonosíthatók azok a térségek is, ahol az erdősültség csökkenése a klímaváltozás hatásait tovább erősíti. Itt az

erdőborítottság fenntartása javasolt a melegedő-szárazodó tendencia fokozódásának elkerülése érdekében.

Bár a potenciális erdőtelepítés megvalósításával a klímaváltozás hatásai regionális léptékben nem mérsékelhetők, a disszertáció eredményei, melyek az erdők klimatikus értékét és annak területi különbségeit számszerűsítik, alapot szolgáltathatnak a jövőre vonatkozó erdészeti politika kialakításához. Ezenfelül hozzájárulnak az erdők ökológiai funkcióival, a klímaváltozás mérsékelésében betöltött szerepükkel kapcsolatos ismeretek bővítéséhez.

Saját közlemények jegyzéke

Tudományos publikációk lektorált szakfolyóiratokban

- Gálos B., Ph. Lorenz, D. Jacob 2007. Will dry events occur more often in Hungary in the future? Environ. Res. Lett. **2** 034006 (9pp) doi:10.1088/1748-9326/2/3/034006
- Móricz N., Gálos B., Gribovszki Z. 2009. Az erdők intercepciójának mérési és modellezési lehetőségei. Hidrológiai Közlöny 39: 35-46
- Németh Zs.I., M. Pozsgai-Harsányi, B. Gálos, L. Albert 2009. Stress sensitivity of correlation between POD and PPO activities in plants. Acta Silv. Lign. Hung., 5: 27-45
- Latifi, H. and B. Gálos 2010. Remote sensing-supported vegetation parameters for regional climate models: a brief review. iForest (*in print*)

Tudományos publikációk nem lektorált kiadványokban

- Gálos B., Ph. Lorenz, D. Jacob 2007. Klímaváltozás – szélsőségesebbé válnak száraz nyaraink a 21. században? In: Mátyás Cs., Vig P. (szerk.): Erdő és klíma V. NymE Sopron, 57-67
- Gálos B., Ph. Lorenz, D. Jacob 2009. Klímaváltozás – szélsőségesebbé válnak száraz nyaraink a 21. században? „Klíma-21” Füzetek 57: 56-63
- Gálos B., Mátyás Cs., Jacob D. 2009. Az erdő szerepe a klímarendszerben a 21. században – hatásviselő, vagy hatótényező? In: Lakatos F., Kui B. (szerk.). Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar: Kari Tudományos Konferencia Kiadvány. NymE Kiadó Sopron, 127-130
- Gálos B., Mátyás Cs., Jacob D. 2010. A klímaváltozás hatáskorlátozásának esélyei erdőtelepítéssel. „Klíma-21” Füzetek (*submitted*)

Konferenciakötetekben megjelent összefoglalók, poszterek

- Gálos B., Ph. Lorenz, D. Jacob 2006. Probability and intensity of dry events in Hungary under future climate conditions. Max Planck PhDNet Workshop, Köln, 17-19. August, 2006
- Gálos B., Ph. Lorenz, D. Jacob 2006. Dramatic increase in dry events in Hungary possible? ENSEMBLES Workshop, Poiana Brasov, 12-16. Sept., 2006
- Berki I., B. Gálos, Cs. Mátyás, E. Rasztoivits 2007. Climate change and forest ecosystems – present and predicted impacts in Hungary. EGU General Assembly, Vienna, 16-20 April, 2007; Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, EGU2007-A-03298
- Gálos B., Ph. Lorenz, D. Jacob, Cs. Mátyás 2007. Climate change – drying tendency of summers increases? International Scientific Conference – Bioclimatology and natural hazards, Pol'ana nad Detvou, 17-20. Sept., 2007
- Gálos B., B. Czúcz, Ph. Lorenz, D. Jacob, Cs. Mátyás 2008. Effect of increasing drought frequency on forest cover at the lower limit of distribution. EGU General Assembly, Vienna, 13-18 April, 2008; Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, EGU2008-A-02477, 2008
- Gálos B., H. Göttel, A. Hänsler, S. Preuschmann, Cs. Mátyás, D. Jacob 2009. Do forest cover changes have any feedback on temperature and precipitation extremes over Hungary? EGU General Assembly, Vienna, 19-24 April, 2009; Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-A-02477
- Gálos B., I. Berki, Á. Drüsler, D. Jacob, Cs. Mátyás 2010. Climatic role of temperate forests at the forest/steppe limit. EGU General Assembly, Vienna, 03-07 Mai, 2010; Geophysical Research Abstracts Vol. 12, EGU2010-732-1
- Gálos B. and D. Jacob 2010. Interaction of opposed climate forcings due to afforestation over Hungary. EGU General Assembly, Vienna, 03-07 Mai, 2010; Geophysical Research Abstracts Vol. 12, EGU2010-7180

Konferencia előadások

- Gálos B. 2006. Analyse der trockenen Jahre und trockenen Sommer in Ungarn mit REMO. DBU Seminar, Stapelfeld bei Cloppenburg, 29. Mai – 2. Juni, 2006
- Gálos B. 2006. Klímaváltozás – trópusi nyarak Magyarországon? Klímaváltozás és társadalom konferencia, Sopron, 2006. szept. 8.
- Gálos B., Ph. Lorenz, D. Jacob 2006. A száraz évek valószínűségének és intenzitásának várható alakulása Magyarországon a 21. században. Erdő és Klíma Konferencia V., Mátrafüred, 2006. okt. 25-27.
- Gálos B. and D. Jacob 2009. Expected frequency of extreme dry summers in the 21st century. EVOLTREE workshop „Forests at the limit”, Sopron, 11-15 May, 2009
- Gálos B. and D. Jacob 2009. Drought trends in the 21st century. COST Action E52, Evaluation of Beech Genetic Resources for Sustainable Forestry, Joint Working Groups and Management Committee Meeting, Sopron, 6-8 October, 2009
- Gálos B., Mátyás Cs., Jacob D. 2009. Erdőkkel a klímaváltozás ellen? Az erdősítés lehetséges hatása a regionális klímára a 21. században. Erdő és Klíma Konferencia VI., Nagyatád, 2009. október 8-10.
- Gálos B., Mátyás Cs., Jacob D. 2009. Az erdő szerepe a klímarendszerben a 21. században – hatásviselő, vagy hatótényező? Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kari Tudományos Konferencia, Sopron, 2009. október 12.