

Nyugat-magyarországi Egyetem
Erdőmérnöki Kar

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**A bükk jövőbeni elterjedésének modellezése az
alsó szárazsági határ közelében - empirikus és
korrelatív elterjedés-modellek összehasonlítása**

Rasztovits Ervin

Sopron
2011

Doktori Iskola: Kitaibel Pál
Környezettudományi Doktori Iskola
Vezető: Prof. Dr. Mátyás Csaba
Program: Biokörnyezet-tudomány
Vezető: Prof. Dr. Németh Károly
Témavezető: Prof. Dr. Mátyás Csaba

Tudományos háttér, célkitűzések

A 2000-2003-as időszakban egy jelentős aszály sújtotta Délnyugat-Magyarországot, amely a rendelkezésre álló adatok szerint példa nélküli volt a régióban. A szárazság hatására jelentős pusztulás és vitalitásgyengülés következett be a bükkösökben, ami jelentős mértékű egészségügyi fakitermeléseket vont maga után.

A klímamodellek előrejelzései az aszályos időszakok gyakoriságának és időtartamának növekedését prognosztizálják, amely negatívan befolyásolja a bükk jövőbeni egészségi állapotát és ezáltal elterjedési területét is.

A korrelatív megközelítésen alapuló elterjedés-modellek az egyes fajok éghajlat-érzékenységének, és az ebből fakadó közvetlen hatásoknak a számszerűsítéséhez széles körben használt és elfogadott formái. Ugyanakkor ezen elterjedés modellek predikciós képessége referenciaadatok hiányában nem mérhető. A korrelatív modellek nem foglalkoznak továbbá a konkrét elterjedési mintázatot kialakító okokkal és összefüggésekkel, hanem a folyamatokat egyfajta fekete dobozként kezelve kizárólag a vizsgált paraméterek statisztikai összefüggésére koncentrálnak. A megközelítés feltételezi, hogy mind a kiindulási állapotban, mind pedig a jövőben a klíma határozza meg az elterjedést, egyfajta „egyensúly” keretében. Ez az egyensúlyi feltételezés azonban a valóságban még látszólag stacionárius feltételek esetén is csak korlátozottan teljesül. A modellek többsége továbbá nem tesz különbséget az alsó (szárazsági) valamint felső (termikus) határ között a modellezés során, holott az elterjedést befolyásoló folyamatok (és az elterjedést meghatározó paraméterek) radikálisan különböznek egymástól.

Az empirikus modellek valódi térben, valódi folyamatok szimulálásával modellezik az egyes fajok fejlődését. A mechanisztikus megközelítés lehetővé teszi kisebb területekre fókuszáló, elterjedés-modellek készítését, hátránya viszont, hogy pontos terepi adatokat (kalibrációt) igényelnek, ráadásul mind térbeli, mind időbeli érvényességük (kiterjeszhetőség) erősen korlátozott.

Jelen munka célja egy olyan konzisztens empirikus modell kifejlesztése és a széles körben használt korrelatív modellekkel való összehasonlítása volt, amely az alsó (szárazsági) határ közelében a bükk (*Fagus sylvatica* L.) jövőbeni potenciális elterjedésének modellezésére alkalmas.

A disszertáció a következő tudományos kérdésekre kereste a választ:

1. Melyik korrelatív elterjedés-modell képes legjobban leírni a bükk jelenlegi magyarországi előfordulását?
2. Milyen meteorológiai paraméterekkel írható le a bükk 2000-es évek elején bekövetkezett vitalitásgyengülése?
3. Milyen mintázatot mutatnak a bükk jövőbeni elterjedésére a korrelatív modellek valamint az empirikus megközelítés?

Alkalmazott módszerek

Első lépésben a “ModEco” szoftver segítségével nyolc korrelatív elterjedés modell (*BioClim*, *Domain*, *egy-osztályú SVM*, *Maximum Entrópia*, *Maximális hasonlóság*, *Mesterséges neurális hálózat visszaterjesztéses algoritmussal*, *Döntési fák*) került kiértékelésre.

Klimatikus, talajtani és geomorfológiai paramétereket (összesen 96 változó) használt a szerző 0.00083^0 -os (kb. 1x1 km) térbeli felbontással. A jelenlegi elterjedés leírásához a „WorldClim” adatbázisra, míg a jövőbeli elterjedés modellezéséhez a CLM regionális klímamodellre esett a választás. A bükk hazai előfordulásának adatait az Erdészeti Adattár szolgáltatta.

A faktoranalízis során az egyes bementi változók fontosságát a szerző a Choen-féle kappa (K) érték segítségével, míg a modellek predikciós képességét a bináris predikciók kiértékelésére legelterjedtebben használt, különböző lehetséges küszöbökhez tartozó specificitási és szenzitivitási értékpárokat összekötő ROC (receiver operating characteristics) görbe alatti terület (AUC = area under curve) nagyságával határozta meg.

A korrelatív elterjedési modellek két alapvető hipotézise (egyensúlyi állapot és klímaátlagok – elterjedési mintázat kapcsolata) azonban nem teljesül a klímaváltozás bükk-elterjedésre való jövőbeni hatásának modellezéskor, így a fenti két gyengeség kiküszöbölésére egy empirikus modell is kidolgozásra került. Az empirikus modellben a bükk vitalitását jellemző egészségügyi kitermelés adatokat vetett össze a szerző az időszakra (2000-2003) jellemző módosított Ellenberg index átlagos értékeivel, hogy megkapja a bükk szárazság hatására bekövetkező vitalitásgyengülés-válaszreakcióját.

A modell felállításához 1372 bükkös erdőrészlet éves egészségügyi fakitermelési adatát használta fel a szerző, amelyet Szép Tibor – (Szombathelyi Erdőgazdaság Zrt.) és Góber Zoltán – (Zalaerdő Zrt.) bocsátott rendelkezésére. A válaszreakciós görbe valamint a regionális klímamodell felhasználásával modellezésre került a bükkösök várható jövőbeli vitalitása.

Tézisek

1. A korrelatív elterjedés-modellek (*BioClim, Domain, egy-osztályú SVM, Maximum Entrópia, Maximális hasonlóság, Mesterséges neurális hálózat visszaterjesztéses algoritmussal, Döntési fák*) jól teljesítettek a jelenlegi bükkös előfordulás leírásánál, de az alkalmazott nyolc módszerből csupán kettő, a neurális hálózatok elvén működő modell és a döntési fák voltak használhatók a potenciális jövőbeli elterjedés modellezésére.
2. A hazai bükkösök alsó (szárazsági) elterjedési határa a rövid (pár éves) időtartamú aszálycentrikus bioklimatikus változókkal jobban leírható, mint a hosszú (50 éves) klímaátlagokkal.
3. Az alsó (szárazsági) határ közelében található bükkös állományok nincsenek egyensúlyban a klímával, ezért a korrelatív elterjedés modellek alkalmazhatósága ezen régiókban korlátozott.
4. A faktoranalízis eredményei alapján a bükk hazai előfordulása elsősorban a tavaszi maximum hőmérséklettel (májusi maximumhőmérséklet) mutatta a legszorosabb összefüggést. A csapadék csak másodsorban határozta meg a hazai állományok előfordulását.
5. Négy egymást követő száraz év, amelynek átlagos módosított Ellenberg index értéke 65 felett van elegendő tömeges mortalitás kialakulásához az alsó (szárazsági) határ közelében található bükkös állományokban.
6. A mesterséges neurális hálózatok elvén működő elterjedés-modell és az empirikus megközelítés számos térbeli és időbeli különbséget eredményezett, mindkét módszer alátámasztotta az alábbi bükkös erdészeti tájak fokozott érzékenységét:
 - Nyugat-Zselic, Kelet Zselic
 - Külső-Somogy
 - Heves-Borsodi-dombság
 - Göcseji-dombság
 - Kelet-Zalai-löszvidék

Az eredmények gyakorlati alkalmazhatósága

A hosszú, több évtizednyi termesztési idő és az ökológiai adottságokhoz való igazodás kényszere az erdőgazdálkodást különösen sérülékennyé teszi a gyors és drasztikus klímaváltozással szemben. Az erdészeti gyakorlat szempontjából kiemelendő a fafajválasztási gyakorlat megváltoztatásának szükségessége, vagyis az, hogy a jövőben várható klimatikus feltételek mellett is életképes fafajokból álló erdőket hozzanak létre.

A bükk elterjedésének szárazsági határán kimutatott jövőbeli tendenciák alátámasztják, hogy a bükk hazai előfordulása a klímaváltozás által fokozottan veszélyeztetett. A természetvédelmi és erdőgazdálkodási (fafajmegválasztás, erdőfelújítás) stratégiákat a klímaváltozás fényében felül kell vizsgálni, és a prioritásoknak megfelelően módosítani.

A „Bükkpusztulás és globális klímaváltozás a nyugat-pannon térségben „ című projekt keretében e dolgozat eredményire alapozva egy klímaváltozás hatásainak értékelését segítő, erdőgazdasági célú döntéstámogatási rendszer kerül felállításra a nyugat-pannon térségre. A rendszer elsősorban az erdészeti szakhatóságnak illetve az erdőgazdálkodónak nyújt segítséget a veszélyeztetett területek azonosítására, a várható hatások (vitalitásgyengülés, fafajmegválasztás, várható növedék a termőhelyi osztály megváltozása miatt) értékelésére és a lehetséges intézkedések körének meghatározására.

Publikációk jegyzéke

Tudományos publikációk

- Berki I, Rasztovits E, Móricz N, 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.
- Führer E, Rasztovits E, Csóka Gy, Lakatos F, Bordács S, Nagy L, Mátyás Cs (2009): Current status of European beech (*Fagus sylvatica* L.) genetic resources in Hungary. *Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae*.
- Mátyás Cs, Berki I, Czúcz B, Gálos B, Móricz N, Rasztovits E (2010): Future of Beech in Southeast Europe from the Perspective of Evolutionary Ecology. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 6: 91-110.
- Mátyás Cs, Bozic G, Gömöry D, Ivankovic M, Rasztovits E (2009): Juvenile Growth Response of European Beech (*Fagus sylvatica* L) to Sudden Change of Climatic Environment in SE European Trials. *Journal of Biogeosciences and Forestry* published by SISEF The Italian Society of Silviculture and Forest Ecology 2: 213-220.
- Mátyás Cs, Bozic G, Gömöry D, Ivankovic M, Rasztovits E (2009): Transfer analysis reveals macroclimatic adaptation of European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 5: 47-62.
- Mátyás Cs, Božič G, Gömöry D, Ivanković M, Rasztovits E (2011): Response of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) to Sudden Change of Climatic Environment in SE European Provenance Trials. In: Wühlisch G, Alia R (eds.) *Genetic resources of European beech for sustainable forestry*. Madrid: European Science Foundation, 2011. pp. 115-128.

Tudományos publikációk nem lektorált kiadványokban

- Alía R, Robson T M, Bozic G, Gömörly D, Huber G, Doucouso A, Rasztovits E, von Wühlisch G (2010): The survival and performance of beech provenances over a Europe-wide gradient of climate. In: Book of Abstracts. COST E52 "Evaluation of beech genetic resources for sustainable forestry" Final Meeting, Burgos, 4-7 May 2010. p. 43. OP14.
- Berki I, Gálos B, Mátyás Cs, Rasztovits E (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.
- Berki I, Mátyás Cs, Móricz N, Rasztovits E (2010): Vitatémák a klímaváltozás erdeinket érő hatásairól. Előadás a II. Magyarországi Klímacsúcson (<http://klimaklub.hu/hu/content/83>)
- Berki I, Móricz N, Rasztovits E (2010): A klímaváltozás hatása Magyarország erdeire. Földrajzi szemelvények határok nélkül, MTA Regionális Kutatások Központja, Pécs, 44-48.
- Berki I, Móricz N, Rasztovits E, Víg P (2007): A bükk szárazságtolerancia határának meghatározása, In: Mátyás Cs, Víg P (szerk.): Erdő és klíma V. NYME Sopron, 213-229
- Liesebach M, Rasztovits E, Huber G, Robson TM (2010): Description of the trial sites and mother stands of the International Beech Provenance Experiments of 1995 and 1998. In: Book of Abstracts. COST E52 "Evaluation of beech genetic resources for sustainable forestry" Final Meeting, Burgos, 4-7 May 2010. p.27. OP9.
- Mátyás Cs, Berki I, Bogdan S, Božic G, Czúcz B, Gálos B, Gömörly D, Ivankovic M, Móricz N, Rasztovits E (2010): Modelling future distribution ranges of beech by integrating aspects of evolutionary ecology. In: Book of Abstracts. COST E52 "Evaluation of beech genetic resources for sustainable forestry" Final Meeting, Burgos, 4-7 May 2010. p. 79. OP28.
- Mátyás Cs, Berki I, Rasztovits E, Veperdi G (2008): The effect of climate change on the health status and distribution of forests. In:

- Forest Ecosystems in a changing environment, COST strategic Workshop. Isztambul, Törökország, 2008.03.11-2008.03.13. p. 48.
- Mátyás Cs, Führer E, Berki I, Csóka Gy, Drüszler Á, Lakatos F, Móricz N, Rasztovits E, Somogyi Z, Veperdi G, Vig P, Gálos B (2010): Erdők a szárazsági határon. „Klíma-21” Füzetek 97: 61-84.
- Mátyás Cs, Rasztovits E (2009): Constraints of predicting land cover changes from bioclimatic models with special regard to forest cover. Geophysical Research Abstracts 11: p. EGU2009-10178.
- Mészáros I, Oláh V, Veres Sz, Lakatos Á, Rasztovits E, Herke Z (2010): Analysis of ecophysiological plasticity of European beech provenances in the Hungarian provenance trial. In: Book of Abstracts. COST E52 "Evaluation of beech genetic resources for sustainable forestry" Final Meeting, Burgos, 4-7 May 2010. p. 49. OP17.
- Móricz N, Rasztovits E (2007): Éves csapadék és hőmérséklet térképek erdészeti ökológiai és genetikai kutatásokhoz. In: Mátyás Cs, Vig P (szerk.): Erdő és klíma V. NYME Sopron, 145-153.
- Móricz N, Rasztovits E (2010): Kritikai megjegyzés egy cikkhez. Erdészeti Lapok CXLV. évf. 3. szám (2010. március)
- Robson TM, Gömörly D, Rasztovits E, Mertens P (2010): Influence of provenance origin and site of growth on the timing of leaf flush in beech saplings. In: Book of Abstracts. COST E52 "Evaluation of beech genetic resources for sustainable forestry" Final Meeting, Burgos, 4-7 May 2010. p.47. OP16.

Publikációk elbírálás alatt

- Katona K., Szemethy L., Kiss M., Rasztovits E., Bleier N., Székely J., Nyeste M., Kovács V., Terhes A., Fodor Á., Olajos T.:
Climate adaptation to ungulate browsing impact in the Hungarian even-aged forests, *Biodiversity and Conservation*
- Rasztovits E, Móricz N, Berki I, Pötzelsberger E, Mátyás Cs:
Modelling the future distribution of beech at low-elevation xeric limits - comparison of empirical and stochastic models, *iForest - Biogeosciences and Forestry*
- Rasztovits E, Móricz N, Berki I, Pötzelsberger E, Mátyás Cs:
Uncertainties of stochastic distribution models of beech at low-elevation xeric limits, *Időjárás*