

A TDK-dolgozatokban olyan eredmények is lapulhatnak, amelyek a szakma figyelmét felkelthetik, ezért az Erdészeti Lapok továbbra is felkínálja a lehetőséget ezek közkinccsé tételére, amellyel reményeink szerint minél több TDK-s hallgató fog élni.

Új sugárzásalapú klímaindex az erdészeti terepklimatológiában

Rozovits Ferenc Péter – NYME EMK, erdőmérnök-hallgató¹

Egy új klímaindexet szeretnék bemutatni, mely új szemszögből közelíti meg az erdőklíma értékelését a terepviszonyok függvényében. A készítés onnan ered ennek ismertetésére, hogy 2009-ben kutatást kezdtünk Szalai Áronnal, akkori egyetemhallgató-társammal és dr. Vig Péter, valamint dr. Király Géza egyetemi docensekkel az erdészeti klimatológia témakörében, melyből 2010-ben TDK (Tudományos Diákkonferencia) pályamunka született. A több konferencián is előadott kutatásunkat továbbvittem, melyből a diplomamunkám is íródott. Ennek során számomra érdekes következtetéseket vonhattam le azzal kapcsolatban, hogy tényleg úgy változik-e hazánk éghajlata és ezzel az erdőklíma, mint ahogy azt a forgatókönyvek megjósolták.

A téma jelentősége, korábbi indexek

Egy bizonyos domborzattal rendelkező tájat, tájegységet sokféleképpen lehet osztályozni, hidrológiai, talajtani, ökológiai, növényföldrajzi szempontok alapján. Ezek közül engem a klimatikus mintázat meghatározása érdekelt, azaz hogy az adott domborzatmodellrel hogyan jelennek meg a különböző erdőklímatípusok a lejtő és kitettség, valamint a meteorológiai paraméterek hatására.

Korábban már többen megkísérelték leírni bizonyos szempontok alapján a klímát, számos kutató foglalkozott a klíma különböző kategóriákba sorolásával. Köppen például a tájakat felosztotta a hőmérséklet és a csapadék kategorizálása alapján, Borbidi Attila pedig rendhagyó térképet készített az erdőklíma hazai előfordulásával kapcsolatban. De mit is jelent az erdőklíma? Az adott növények, növénytársulások előfordulásának optimális meteorológiai paramétereit határozza meg. Ezen belül beszélhetünk klímazonális vegetációtípusokról, valamint klímaregionális vegetációtípusokról. Attól függően, hogy vertikális, vagy horizontális irányú a tagolódásuk. Ez főképp a növénytársulások szempontjából jelentős. Számunkra különösen fontos Péczely György hazánkat 12 kategóriára besoroló térképe és elmélete. Ő hazánk területeit a hőellátottság alapján osztotta be, azaz a vegetációs időszak középhőmérséklet (vagy tenyészidőszaki közép-

hőmérséklet T_{ii}), valamint a vízellátottság szerint (Budyko-féle ariditási index alapján [H]). A hűvös-nedves kategóriától eljutott a meleg-száraz csoportokig.

Megismerve ezeket a növényzeti formákat és meteorológiai paramétereket kategorizáló térképeket, elmondhatjuk, hogy további besorolások is léteznek, amikor egy-egy meteorológiai mérőállomás adatait feldolgozva készítenek növényzetet leíró indexeket. Ezek a különböző klímaindexek lehetnek: nedvesség-ellátottsági indexek (Konček), ariditási indexek: Forestry Aridity Index (Führer et al., 2004), valamint a számunkra különös figyelmet érdemlő Budyko-féle ariditási index (Budyko, 1966).

Ezeket kívül jó pár index és viszonyszám létezi még, amelyek a növényzet előfordulását próbálják reprezentatívan leírni, azaz minél pontosabban meghatározni, számszerűsíteni, hogy a különböző növények hol érzik jól magukat. A Budyko-féle ariditási index energiamérleg, az adott felszínre érkező sugárzás és éves csapadék elpárologtatásához szükséges energia közötti aránnyal keres összefüggéseket a növényzetek előfordulásával kapcsolatban, ezáltal öt növényföldrajzi övet írt le. Ezek alapján nagy vonalakban ugyan, de elég jól meg tudjuk határozni a növényzetek előfordulását.

Klímaindex és klímaosztályozás a domborzat függvényében

Dr. Vig Péter felvetése alapján felmerült, hogy miként lehetne bemutatni, hogy hogyan változtatja a domborzat egy adott terület topoklimáját. Miután a

felszínre érő globálisugárzás a lejtők és a kitettség függvényében változik legérzékenyebben, a hőmérséklet pedig a biomassza-produkció és az evapotranszpiráció mértékét befolyásolja, a két érték (H , T_{ii}) szorzata kínálkozott alkalmasnak.

Arra a következtetésre jutottunk, hogy Péczely György 12 vegetációs időszak középhőmérsékleten alapuló kategóriáit a Budyko-féle ariditási index segítségével súlyozzuk. Tehát egy szorzatot képzünk, mely az energiamérleg és a hőhasznosítás közötti viszonyt mutatja be.

$$K_i = \frac{E_s}{L \cdot C} \cdot T_{ii}$$

K_i = klímaindex, E_s = éves sugárzási egyenleg ($MJ \cdot m^{-2}$), L = párolgáshő (MJ/kg), C = éves csapadékösszeg (mm), T_{ii} = tenyészidőszaki középhőmérséklet ($^{\circ}C$)

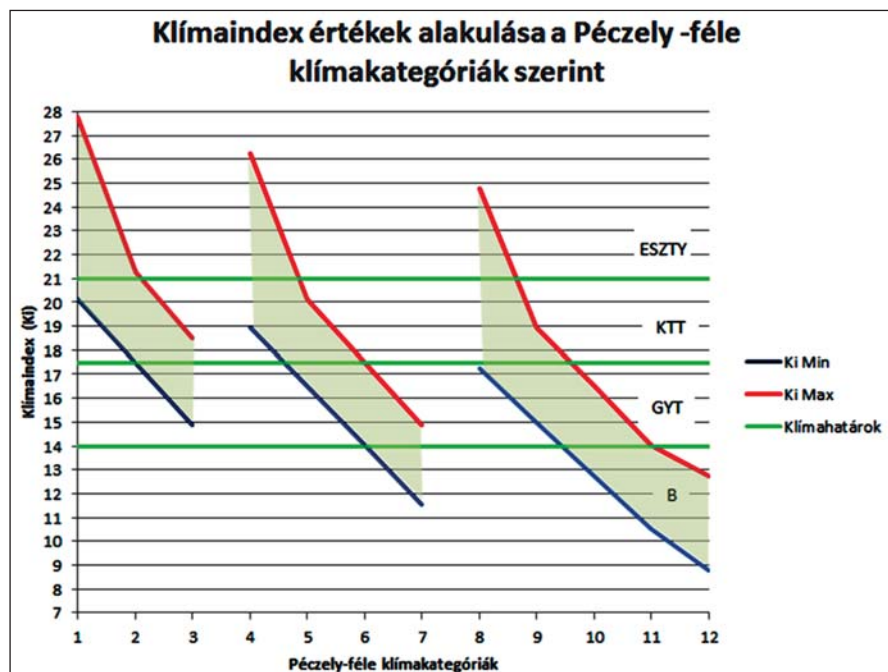
Azaz némiképp módosítjuk Budyko ariditási indexének képletét, mellyel egy újabb viszonyszámot kaptunk, aminek az értéke 8–30 között mozog. Ezeket az előfordulásokat a következő diagram segítségével igyekeztem szemléltetni, mely Péczely 12 klímakategóriáját a klímaindexünk eloszlásában ábrázolja.

A diagramon (1. ábra) a függőleges tengelyen látható klímaindexünk skála-beosztásán berajzoltuk az ún. erdőklíma-határokat, azaz azokat a határértékeket, amik között az adott növénytársulásoknak megfelelnek a klimatikus viszonyok.

Az egyes klímakategóriák $K_{i_{min}}$ és $K_{i_{max}}$ értékei azért jöttek létre, mert Péczely a hőellátottságot a tenyészidőszaki középhőmérséklet minimum és maximum értékei között adta meg a különböző kategóriákban ugyanúgy, mint a nedvességellátottság esetén a Budyko-féle ariditási index minimumát, illetve maximumát vette alapul.

További érdekes megfigyelés a diagram alapján, hogy egy adott erdőklí-

¹ (A szerző a kézirat szerkesztőségi beadása óta végzett okleveles erdőmérnök lett.)



1. ábra A klímaindex (Ki) értékeinek alakulása a Péczy-féle klímakategóriák szerint (Víg, 2009)

Erdőklíma	Klímaindex (Ki)
B – bükkös	$Ki < 14$
GYT – gyertyános-tölgyes	$14 < Ki < 17,5$
KTT – kocsánytalan tölgyes	$17,5 < Ki < 21$
ESZTY – erdősztyepp	$21 < Ki$

mába a klímaindexünk besorolása szerint több Péczy-féle klímakategória is belesik, ez a tény azt sugallja, hogy a domborzat jelentősen képes befolyá-

solni a klímakategóriák előfordulását, tehát kétségtelen, hogy az indexünk alkalmas a domborzati viszonyok klímamódosító hatásának vizsgálatára.

Lényeges, hogy meg kell győződnünk a hipotézisünk igazáról. Ez nem könnyű dolog, mert ez azt jelenti, hogy

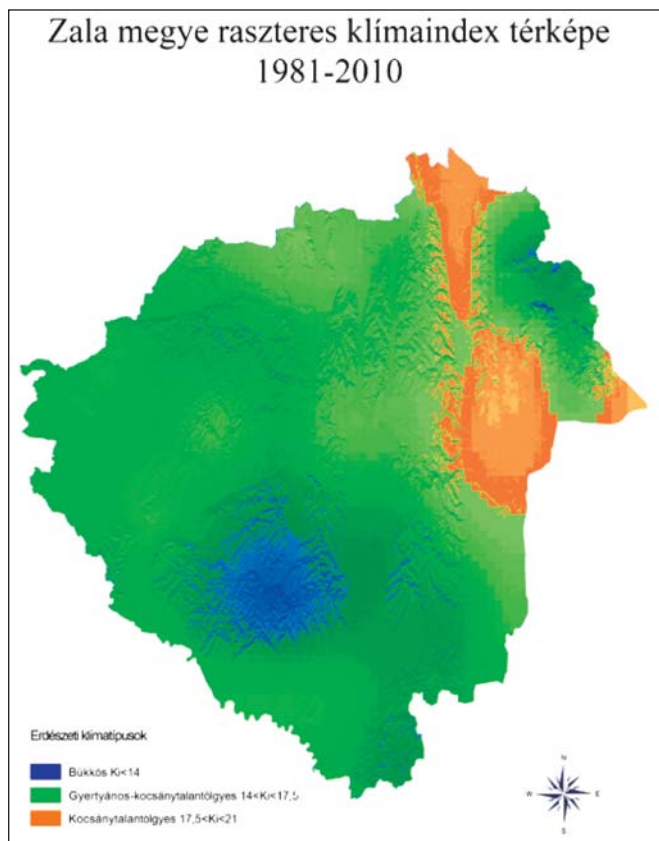
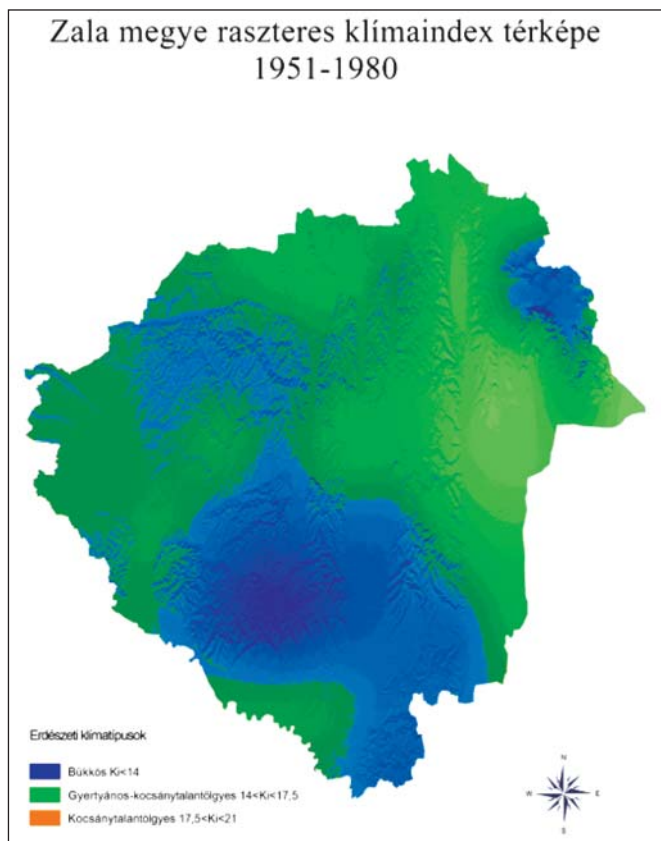
el kell készíteni egy domborzatmodellre az általunk feltételezett összefüggést.

Klímaindexünk domborzatmodellre történő kiszámítása és terepi megfeleltetése

A klímaindex-képlet szerint szükségünk lesz elsősorban egy megbízható globálisugárzás-fedvényre, mely a Naphól a földfelszínre érkező sugárzást jelenti. A globálisugárzás nem más, mint a direkt és a diffúz sugárzás összege. Ezt úgy számítottam ki, hogy az 1951–1980 közötti éves átlagos globálisugárzási adatsortomat átvittem egy felületmodellre. A felületmodell az ArcGIS geoinformatikai program sugárzásszámítási moduljával végeztem el. Ahhoz, hogy ebből sugárzási egyenleget (Se) kapjak, korrekcióra volt szükségem, vagyis képeztem egy hányadost a globálisugárzás és a sugárzási egyenleg között, mellyel besorozva a globálisugárzás adatsorát a terület sugárzási egyenlegét kaptam eredményül.

Ezek után lekértem a Kárpátklíma projekt klímaadatbázisából az 1951–1980 közötti éves csapadékösszeg (Cs) adatsorát, valamint a vegetációs időszaki középhőmérsékletek (T_p) adatsorát.

Ezekkel a számításokkal már készen is voltak a bemenő paraméterek. Algoritmus alkalmazásával kiszámoltam az adott három térképfedvény segítségével a klímaindexünket, mindezt a Digi-Terra programmal.



Az eredmény igen reprezentatív lett, ha például Zala megyére nézzük, ahol a mikrodomborzati változatosság igen jelentős. Ha megnézzük ezután a klímaindexünk következő 30 éves alakulását, tehát 1981–2010 közötti adatsort, a 2. ábrán látható térképet kapjuk eredményképpen.

A legfontosabb része a munkának a terepi megfeleltetés. Mind a két 30 éves időszakra kiszámolt térképet összevettem a jelenleg 40%-nál magasabb elegyarányú bükkösök erdőrészeleteivel. Eredményül azt kaptam, hogy a korábbi adatsor, tehát az 1951–1980-as klímaindexünk térképe 71%-ban fedile a bükkösök előfordulását, míg a későbbi 1981-től 2010-ig tartó adatsor 47%-ban. Úgy vélem ez igen jelentős különbség ahhoz, hogy indokolni tudjuk a bükkpusztulást klimatológiai szempontból.

A két térképünket összehasonlítva érdekes következtetéseket vonhatunk le: az erdőklíma számottevően megvál-

tozott az utóbbi 30 évben, a folyamatosan melegedő és szárazodó klímahatás következtében. Habár Zala megyében igen egyedi a klíma, a szubalpin régió miatt a 100 évnél idősebb, egyedi mikroklímával rendelkező bükkösök igen jól tartják azt a jelenkori meteorológiai viszonyokban is, mégis komoly bükkpusztulást tapasztalunk az utóbbi évtizedekben. Azok az erdőállományok sínylik meg a klímaváltozást, amelyek az erdőklímahatáron helyezkednek el. A két térképre kiszámolt statisztika szórása 0,26 értékkel tér el egymástól, vagyis 26% a különbségük.

Egy kis kitekintés, hogy milyen a bükkösök optimális éghajlata: a bükk (*Fagus sylvatica*) szubatlanti, közép-európai faj. Kiegyenlített, humid klímát igényel. A száraz meleg és a hosszú hideg periódusokat megsínyli. Mély termőrétegű, levegőzött, tápanyagdús talajokat kedveli. Árnytűrő. Kedvező feltételek mellett igen versenyképes.

Mátyás Csaba professzor szerint Magyarországon elterjedésének súlypontja a kontinentálisabb Északi-középhegységben a 18,5 °C-os júliusi középhőmérséklet mellett mindössze évi 650 mm csapadékú hegyvidékre esik. A csapadékosabb (évi 700-800 mm) Dunántúlon 19 °C, sőt a Dél-Dunántúlon (Zselicség) 20,5 °C júliusi átlaghőmérséklet mellett is előfordul még, ez egyben elterjedési határát is kijelöli. (*Mátyás, 2002*)

Az általunk kiszámolt klímaindex a domborzati viszonyok, kiettség, lejtők klímamódosító hatásai kimutatására alkalmas, ezért véleményem szerint a kis léptékű klímameghatározás a közeljövőben igen nagy szerepet tölthet be. Ezekkel finomítani lehet az erdőtervi térképeket, valamint a célállományok esetében a fafajok megválasztásánál lehet igen nagy segítségére az erdészeteknek. A céljaim közé tartozik, hogy az egész országra kiszámítom az indexet, ezzel is főleg az erdőgazdálkodók fafajmegválasztását szeretném segíteni. 🌲

Hozzászólás *A fák világhálója* című közleményhez

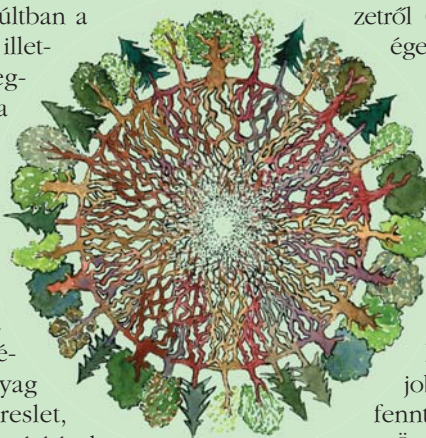
Érdekes közlést olvastam az Erdészeti Lapok júniusi számában *A fák világhálója* címmel. Mi, erdészek az erdő biológiai fogalmába mindig is beleértettük a gombákat. De talán most tudom igazán megérteni néhány tanárunk, köztük elsősorban *Agócs József* gondolatait, aki az erdőt nem társult lények egymás mellett élésének, hanem egy nagy élő szervezetnek tekintette.

Megjegyzem, hogy a gombák által bonyolított forrásmegosztás már a 2013-as emelt szintű biológiai érettségi feladatok között szerepelt, de nem vagyok biztos abban, hogy az erdészeti szakszemélyzet minden tagja hallott már róla.

Pedig nagyon sok jelenségre választ ad(hat). Ezek közül az egyik az a megfigyelés, hogy a fakitermelési beavatkozások, gyérítések, bontások után a jó „gombázó-helyeknek” ismert területekről a gombák termőestei (a napi szóhasználatban: gombák) egy időre eltűnnek. Érthetően azért, mert a micéliumtömeg a „háló helyreállításával” és nem a szaporodással van elfoglalva. Ugyancsak így érthető, hogy gyérítések után, főleg tölgyesekben több egészséges fa

is kiszárad. Ezek nyilván a roncsolt háló miatt „hullanak ki” abból.

A fák világhálója című információ adalék lehet a nyolcvanas években fellépett tölgy hervadásos betegség okainak a jobb megértéséhez is. Tudvalévő, hogy a sokoldalúan hasznosítható, és az emberi településekhez közel lévő tölgyeseinket alakította leginkább a magyar ember. A múltban a cserkéreg termelése, illetve erdőnevelési megfontolások alapján a tölgyesekben az elegyfajokat igen intenzíven visszaszorították. A tölgyek veszélyeztetettségét csak fokozta a hatvanas évek végétől a nyolcvanas évek elejéig a bányászati faanyag iránti megugrott kereslet, ellátási kényszer. A gyérítésekben, különösen a növedékfokozó gyérítésekben olyan erőteljesen belenyúltak, hogy a „háló” nemcsak szakadozottá, hanem rongyossá vált. A hosszan tartó aszályos időszakokkal együtt ez megtette hatását.



Talán az sem ismeretlen jelenség, hogy az ehető kalapos gombáink az acidofil környezetet kedvelik, szemben a mérgező vagy rossz ízű gombáinkkal, amelyek a bázikus talajon virulnak. Könnyű belátni, hogy a talaj kémhatásának változását csak igen kis mértékben toleráló gombafajok azonnal jeleznek a számunkra elönytelenül váló környezetről (pl. hulladékok erdőművi égetése a Dél-Mátrában).

Ezekből tanulva, és a forrásmegosztás még jobb megismerésére törekedve, biztosan hatékonyabban mérsékelhetjük a klímaváltozás – erdőkre gyakorolt – káros hatásait, ökológiailag jobb erdőnevelést, fenntartást valósíthatunk meg. Ösztönözni kell a tudományos műhelyeket (együttműködve a gyakorlattal) a kérdéskör jobb feltárására, és az eredmények gyors közzétételére.

Garamszegi István
okl. erdőmérnök
Kép: **HikingArtist**