

Aszály- és vegetációs index értékelés Duna-Tisza közti erdőkön 2000-től napjainkig

Kovács Ferenc – Gulácsi András

Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

Dr. Kovács Ferenc egyetemi adjunktus, kovacsf@geo.u-szeged.hu

Gulácsi András doktorandusz, guland@protonmail.com

Abstract

In the next 35 years 750,000 ha of afforestation is expected while climate change exposes the forests to extreme trials. Afforestation is intense in the Danube-Tisza Interfluve, where the proportion of the trees and the risk of climate change are high as well. For the geographic evaluation MODIS based spectral indices (NDDI, NDWI, NDVI, EVI) were investigated in 2000-2017(2014). The index series do not show trend change. Reduction process is typical for consecutive dry years, but one wet season is sufficient for avoiding the decrease over the longer term. Based on climatology predicts dry years will be constant what reduce the biomass immediately. Vegetation periods are also well-assessed, such as a spring intensity. According to the standardized deviations there are significant biomass reduction areas. Spectral index data and drought index and LANDSAT data show strong relationship.

Kulcsszavak: klímaváltozás, erdő, MODIS, spektrális index

1. Bevezetés

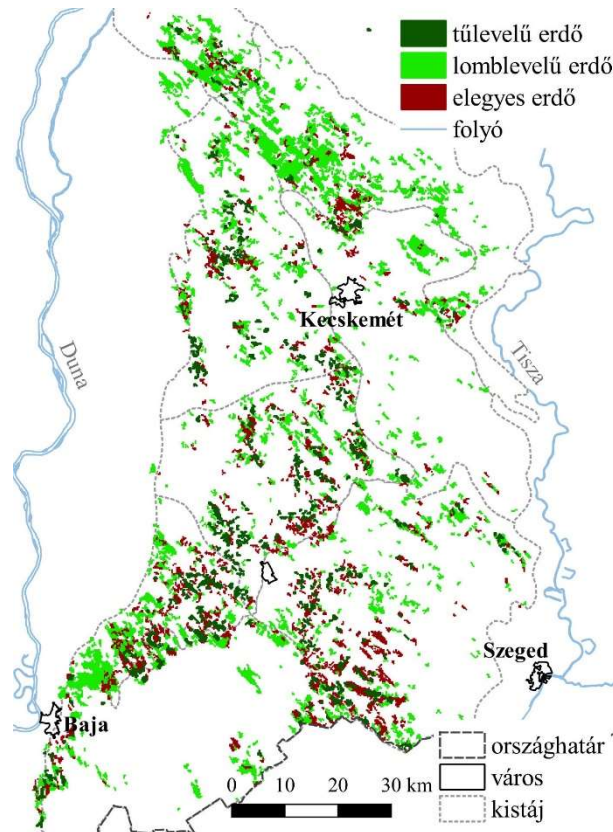
Az Alföldön regisztrált klímaváltozás nem átmeneti jelenség és a vegetáció klímaindikátor szerepe kiemelhető; szélsőségek, trendek jelzője, aminek távérzékelési megfigyelési módszertana hazánkban is alkalmazható. A vegetáció változása indikátor ami a klíma alakulását összekapcsolja a tájjal és a monitoring eszköz a változások küszöbérték meghatározásához. Az előrejelzések miatt indokolt a melegedés folyamatának, illetve az aszályok hatásának nagy időfelbontású, regionális/lokális vizsgálata.

A klímaváltozás ismeretében értékeljük az erdőket érintő következményeket amellyel, hogy az extrém időjárási helyzetekkel sújtott területen a klíma mellett a felszínfedettség is heterogén. A földhasználatban a 26%-os erdősültség elérése érdekében 35 év alatt 750.000 ha erdősítés is várható (Internet1), miközben az erdei ökoszisztémák szerint hazánk a klímaváltozás által veszélyeztetett régió (Mátyás et al. 2010). A gyakorlatban kell csökkenteni a hatások mértékét, így annak számszerűsítése, lehatárolása, tervezésbe való bevonása csak tér- és időbeli értékelésekkel valósítható meg.

1.1. Környezeti probléma a mintaterületen

A a klímaváltozás által veszélyeztetett Duna-Tisza közén az intenzív erdősítés mellett a fásszáruak aránya magas. Földrajzi értékelésünkett az erdőterületek 2000–2017 nyári félévi monitoring vizsgálatával végeztük. Az

általunk felhasznált, 250 és 500 m-es térbeli felbontású MODIS szenzor szerinti raszterhálón a Corine LC térképeken (2000, 2006, 2012) határoltuk le az erdőket. A lomb-, tűlevelű és elegyes erdőket a legalább 2/3 részben fedett pixeleken figyeltük meg, ahol minimum 3 pixel határol le egy foltot (1. ábra).



1. ábra CLC 2012 alapján vizsgált erdőterületek a 250m-es felbontás esetén

A Duna-Tisza közén a +1,2–1,5 °C / 30 év-es melegedés mellett a Pálfai-féle aszályindex (PAI, PaDI) 1961–1987 közötti 4,4–5,5-es átlaga 1988–2012-ben 5,6–6,6-ra nőtt (Fiala et al. 2014). A talajvízhiány a '60-as évektől mérve 9 km³ is lehet, ami középtáji léptékben csak részlegesen tud pótlódni (Rakonczai–Fehér 2015). Mindezt erősíti, hogy az erdők alatti talajok 98%-a gyengén víztartó! A fenofázis elsűszásra jellemző, hogy erdeink 20%-át adó fehér akác virágzása a '90-es évekre május végéig tartott és 1952–2000 alapján 4,4 nap/dekád-al is változott (Szabó. et al. 2016).

2. Anyag és módszer - műholdkép adatok és spektrális indexek

A regionális monitoring fő adata ma a MODIS. Az MVC (Maximum Value Composit) a 8, illetve 16 napos periódusban adott cellához az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) maximum által prezentált pálya

reflektanciáját párosítja; az $NDVI_{max}$ értékét a kisebb látászögű cella adja (Solano et al. 2010). Vizsgálatunkban a MOD13Q1, 16 napos, 250 m-es, valamint a MOD09A1 8 napos 500 m-es felbontású adatot használtuk. Az MVC a napi adatnál közelebb áll a terepi adatokhoz (Hmimina et al. 2013).

A pixel alapú minőségi adatok szerinti ellenőrzést programozási megoldásokkal hajtottuk végre (Kovács et al. 2017). Elemzésre alkalmas a mintaterület, ha a leválogatott erdős cellák minimum 80%-a rendelkezésre áll; így a MOD13 468 képes idősorának 95%-át értékelhetjük.

A vegetációs információ legalább 90%-a mérhető spektrális indexekkel, amelyek megfelelő léptékben, a zavaró hatások ellenére – normalizációval – terepi mérésekkel is korrelálnak (Bannari et al. 1995). A multispektrális alapú táji fenológia más, mint az egyedi szintű. A nedvesség alapú vegetációs indexek a vizet elnyelő rövidhullámú infravörös sávval számolnak. Elemzésünkben a MOD13 NDVI és EVI (Enhanced Vegetation Index), és MOD09 alapú NDDI (Normalized Differential Drought Index), értékeket használtuk:

$$\blacksquare NDVI = (NIR_{858 \text{ nm}} - Red_{645 \text{ nm}}) / (NIR_{858 \text{ nm}} + Red_{645 \text{ nm}}) \quad [1]$$

$$\blacksquare EVI = G \cdot ((NIR_{858 \text{ nm}} - Red_{645 \text{ nm}}) / (NIR_{858 \text{ nm}} + C_1 \cdot Red_{645 \text{ nm}} + C_2 \cdot Blue_{469 \text{ nm}} + L)) \quad [2]$$

$$\blacksquare NDDI = (NDVI - NDWI) / (NDVI + NDWI) \quad [3]$$

$$NDWI = (NIR_{858 \text{ nm}} - SWIR_{2130 \text{ nm}}) / (NIR_{858 \text{ nm}} + SWIR_{2130 \text{ nm}})$$

NIR: közeli infravörös-, SWIR: rövid infravörös-, Red: vörös-, Blue: kék hullámhossz-tartományok; együtthatók értékei: $L=1$, $C_1=6$, $C_2=7,5$ és $G=2,5$.

A standardizált anomália eltérése megadja a veszélyeztetettség mértékét, amely a változó környezetre adott válasz; így meghatározható, hol van szükség erdőgazdasági beavatkozásra (Gulácsi–Kovács 2018).

$$\blacksquare VI_{standardizált} = (VI_{i,j} - VI_{\text{átlag}_{i,j}}) / VI_{\text{szórás}_{i,j}} \quad [4]$$

A különböző felszínek standardizált anomália értéke együtt fut a Pálfai-aszályindex értékekkel és az aszály mértékét jellemző negatív eltéréssel határozza meg a mintaterületünkön (Ladányi–Blanka 2014).

3. Eredmények

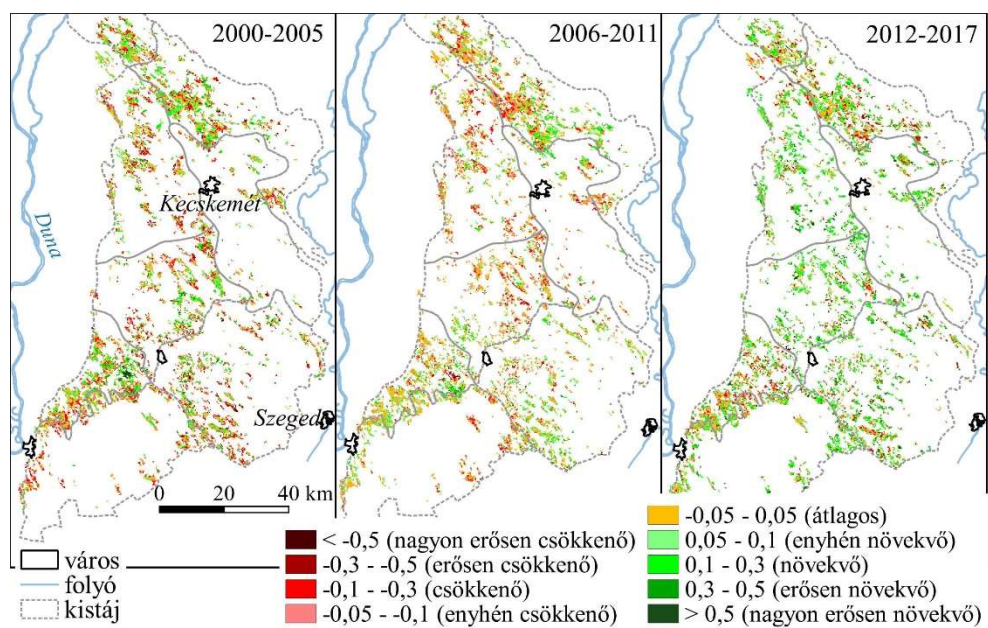
3.1. Erdős vegetáció EVI/NDVI/NDDI értékelése 2000-től

A medián értékek jelzik az NDVI telítettségi problémát ($NDVI_{Iomb} < 0,85$; $EVI_{Iomb} < 0,59$). Az EVI a különböző vegetációkat jobban lehatárolja; a lomblevelű- és tűlevelű erdő közötti különbség 25% feletti. A mintaterületi szárazodás ellenére a 2000–2017 közötti VI idősor (medián, szélsőértékek, összeg) nem mutat trendszerű változást, amiben szerepe van a 2013-tól erősödő biomasz-produkciónak (pedig 2013. és 2015. országosan aszályosak). Igaz a 18 éves időszakban vannak különböző irányultságú időtartamok; a biomasz-produktum összeg a 2004–2012. évi időszakban

például csökkenő. Intenzív év közbeni változás a lomblevelű tavaszi növekedése, de a növekvő VI értékek egy kevésbé esős – és általánosan melegedő – évben gyorsan csökkennek; pl. 2006. utáni 2007-re.

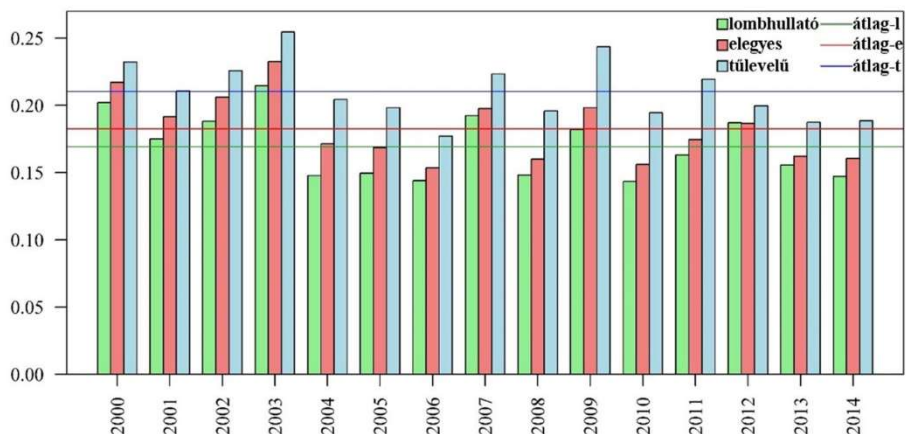
Az egyedülálló nedves, illetve aszályos évek (2010/2015) magasabb/alacsonyabb átlagértékei nem kiugrók. Egy aszályos év értéke vízutánpótlás esetén gyorsan megnő; ez 8-10%-os értéknövekedést jelent a lomblevelű éves biomassza termelésében. A lomblevelű index értéke a tavaszi időszakban (03.22–05.08) a 2000–2006, 2007–2013, 2014–2017 éves csoportokat tekintve 14-25%-al is emelkedett, ami igazolja a melegedés miatt egyre intenzívebb kizöldülést. 2007-től a 07.28-08.28-as időszak kritikus, mert – még az általában jobb VI-val bíró években is – inkább átlag alatti értékek jellemzők.

A standardizált EVI térképek alapján a 2007–2012-es negatív időszak a Duna-Tisza köze D-i és É-i területeinek átlagot el nem érő értékeit nézve akár 2006–2015-re is bővíthető, így a 2013-tól jellemző emelkedő VI értékek a térbeli megoszlás alapján nem általánosak (2. ábra).



2. ábra Vegetációs időszak standardizált és reklasszifikált NDDI átlagértékei

NDDI értékeinken jól látszódnak az aszályos évek: 2003, 2007, 2009-ben a legerősebben (Gulácsi–Kovács 2018). Érdekes, hogy a tűlevelű erdők az aszályt inkább 2011-ben és nem 2012-ben tükrözik. Aszályos és nem aszályos évek (2003-2004, 2006-2007) a medián értékekben is jelentős különbséget mutatnak (22-30%) (3. ábra).



3. ábra NDDI medián és átlagtól való eltérése a vizsgált erdőtípusoknál

3.2. Indexértékek ellenőrzése

A távérzékelési eredményeink ellenőrzésekor PAI aszályindex adatokkal számoltunk lineáris regressziót (Pearson-féle r). NDVI/EVI esetében a CARPATCLIM (Internet2) 2000–2010 közötti cellaértékeit használtuk, amelyek az 1. táblázat szerint szoros kapcsolatot mutatnak. Az NDDI-t és annak részeként külön az NDWI-t az évi átlagos PAI-val hasonlítottuk össze; itt az NDWI kapcsolat volt erősebb ($r_{NDWI} = -0,91$; $r_{NDDI} = 0,64$).

1. táblázat NDVI/EVI kapcsolata PAI-val (2000–2010)

	NDVI~PAI (R^2)	EVI~PAI (R^2)
Lomblevelű erdők	0,76 ***	0,72 ***
Tűlevelű erdők	0,74 ***	0,72 ***
Elegyes erdők	0,85 ***	0,76 ***

*** $p < 0,001$

4. Következtetések

A 2000–2017 közötti vegetációs index adatsorokban az erdő biomassza produktuma összességében nem mutat trendszerű változást. A klímaváltozás földrajzi hatásaként az extrém vízhiányos időszakoknak az erdő vegetációban okozott befolyása az eltérések statisztikai és térbeli megjelenésével jól értékelhető. Ezek gyakoribb előfordulása megfigyelhető csökkenést mutat; például 2004–2012 között. Értékelhetők a vegetációs periódus egy-egy időszakára jellemző módosulások, mint a tavaszi intenzitás változása. Az erdők évtizedes léptékben stabil állapotúak, de rövid időtartamon belül sérülékenyek. A változékony vegetáció megfigyelésében a háromféle fásszárú vegetációt négyféle spektrális indexszel vizsgáló elemzés adatai a környezeti adatok ismeretében is meglepő értékeket produkálnak. A klimatológiai előrejelzések alapján a melegedés folyamata, illetve az extrém

száraz, aszályos időszakok előfordulásának gyakorisága fokozódik, ami tartóssá teszi a jelenleg rövidebb időszakra jellemző biomassza-produktum csökkenést.

Környezeti monitoring vizsgálatunk egyedi jellegét a nagy időfelbontású regionális elemzés adja, amelyet pontos felszínfedettségi lehatárolás mellett, a legnagyobb térbeli felbontás használatával értünk el. Az előfeldolgozás és elemzés módszertana eredményül szolgál az automatikus változás-érzékeléshez.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

A kutatást az Interreg-IPA Határon Átnyúló Együttműködési Program keretében és az Európai Unió társfinanszírozásával (IPA) megvalósuló HUSRB/1602/11/0057 WATERatRISK projekt támogatta.

A tanulmányt a K 119193. számú OTKA kutatás támogatta.

Felhasznált irodalom

- Bannari, A. – Morin, D. – Bonn, F. – Huete, A.R. (1995): A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews* 13. pp. 95–120.
- Fiala, K. – Blanka, V. – Ladányi, Zs. – Szilassi, P. – Benyhe, B. et al. (2014): Drought severity and its effect on agricultural production in the Hungarian-Serbian cross-border area. *Journal of Environmental Geography*, 7(3–4), pp. 43–51.
- Gulácsi, A. – Kovács, F. (2018): Drought monitoring of forest vegetation using MODIS-based normalized difference drought index in Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin*, 67(1), pp.29–42.
- Hmimina, G. – Dufrêne, E. – Pontailier, J-Y. – Delpierre, N. – Aubinet, M. – et al. (2013): Evaluation of the potential of MODIS satellite data to predict vegetation phenology in different biomes: an investigation using ground-based NDVI measurements. *Remote Sensing of Environment*, 132. pp. 145–158.
- Kovács, F.; van Leeuwen, B.; Ladányi, Zs.; Rakonczai, J.; Gulácsi, A. 2017. Regionális léptékű aszálymonitoringot támogató vegetáció- és talajnedvesség értékelés MODIS adatok alapján. *Földrajzi Közlemények*, 141(1), pp. 14-29.
- Ladányi, Zs. – Blanka, V. (2014): Az aszály és a biomassza produkció kapcsolata In.: Blanka, V. – Ladányi, Zs. (szerk.) *Aszály és vízgazdálkodás a Dél-Alföldön és a Vajdaságban*. SZTE, Szeged, pp. 103–110.
- Mátyás, Cs. – Führer, E. – Berki, I. – Csóka, Gy. – Drüsler, Á. et al. (2010): Erdők a szárazsági határon. *Klíma-21 Füzetek*, 61. pp. 84–97.

Rakonczi, J. – Fehér, Zs. (2015): A klímaváltozás szerepe az Alföld talajvízkészleteinek időbeli változásaiban. Hidrológiai Közlöny, 95(1), pp. 1–15.

Solano, R. – Didan, K. – Jacobson, A. – Huete, A. 2010. MODIS vegetation index user's guide (MOD13 Series) p. 42.

Szabó, B. – Vincze, E. – Czúcz, B. (2016): Flowering phenological changes in relation to climate change in Hungary. International Journal of Biometeorology, 60, pp. 1347–1356.

Internet1 – Nemzeti Vidékstratégia 2012-2020. Vidékfejlesztési Minisztérium, p. 126.

<http://videkstrategia.kormany.hu/download/4/37/30000/Nemzeti%20Vid%C3%A9kstrat%C3%A9gia.pdf> (letöltés ideje: 2018.09.05.)

Internet2 – <http://www.carpatclim-eu.org/pages/download/default.aspx> (letöltés ideje: 2018.09.05.)