ATTRIBÚCIÓS VIZSGÁLATOK A NYÁRI SZÁRAZSÁG ALAKULÁSÁRA VONATKOZÓAN MAGYARORSZÁGON

KIS Anna, SZABÓ Péter, PONGRÁCZ Rita

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, Budapest

ELTE

ÖSSZEFOGLALÓ

A csapadék hiánya egyike azon meteorológiai jelenségeknek, amely több szektorban jelentős károkat okoz, így ennek vizsgálata elengedhetetlen egy változó éghajlat során. Elemzésünkben a nyári szárazságra utaló indexek magyarországi alakulását tekintjük megfigyelések és klímamodell-szimulációk alapján. Referenciaként az Országos Meteorológiai Szolgálat méréseit tartalmazó, legjobb hazai, ún. HUCLIM adatbázist használtuk fel, a jövőre vonatkozóan hat-hat regionális klímamodell-szimulációt (*Jacob et al., 2014*) tekintettünk az optimistább RCP4.5 és a pesszimista RCP8.5 forgatókönyvek (*van Vuuren et al., 2011*) figyelembevételével, az attribúciós vizsgálatot pedig a CMIP6 (*Eyring et al., 2016*) keretében, a XX. századra futtatott globális klímamodellek tették lehetővé. Utóbbihoz a számításokat a csak természetes kényszerekkel meghajtott, valamint a természetes és antropogén kényszereket egyaránt figyelembe vevő szimulációk alapján végeztük. A tavaszt és a nyarat egyben kezelve, illetve a nyár hónapjaira külön-külön meghatároztuk néhány szárazsági index értékét, nevezetesen a száraz napok számát (DD), a de Martonne indexet (DMI; *Milovanovic et al., 2022*) és a természetes növénytakarónak kedvező éghajlatot vizsgáló erdészeti szárazsági mutatót (FAI; *Führer et al., 2011*). Az eredményeket statisztikai szignifikanciavizsgálattal egészítettük ki, és a modellhibák kiküszöbölésére hibakorrekciós módszereket is alkalmaztunk.

HIVATKOZÁSOK

- *Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., Taylor, K. E.*, 2016: Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geosci. Model Dev.*, 9: 1937-1958. https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016
- *Führer, E., Horváth, L., Jagodics, A., Machon, A., Szabados, I.*, 2011: Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás*, 115(3): 205-216.
- *Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O.B., Bouwer, L.M., Braun, A., Colette, A., Déqué, M., Georgievski, G., Georgopoulou, E., Gobiet, A., Menut, L., Nikulin, G., Haensler, A., Hempelmann, N., Jones, C., Keuler, K., Kovats, S., Kröner, N., Kotlarski, S., Kriegsmann, A., Martin, E., van Meijgaard, E., Moseley, C., Pfeifer, S., Preuschmann, S., Radermacher, C., Radtke, K., Rechid, D., Rounsevell, M., Samuelsson, P., Somot, S., Soussana, J.-F., Teichmann, C., Valentini, R., Vautard, R., Weber, B., Yiou, P.*, 2014: EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European impact research. *Reg. Environ. Change*, 14: 563–578. https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2
- *Milovanovic, B., Schubert, S., Radovanovic, M., Vakanjac, V.R., Schneider, C.*, 2022: Projected changes in air temperature, precipitation and aridity in Serbia in the 21st century. *International Journal of Climatology*, 42: 1985-2003. https://doi.org/10.1002/joc.7348
- *van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G.C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J-F.,Masui, T., Meinshausen, M., Nekicenovic, N., Smith, S.J., Rose, S.K.*, 2011: The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, 109: 5–31. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS: Köszönet az adatokért a CORDEX-programnak és az Országos Meteorológiai Szolgálat meteorológiai Adattárának. Kutatásainkat a PD-138023 és K-129162 NKFI projektek, az ECF G-2108-62486 program, valamint az RRF-2.3.1-21-2022-00014 Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium támogatta.

AZ NKFI ALAPBÓL MEGVALÓSULÓ PROJEKT

ADATOK

Múlt: HUCLIM adatbázis (OMSZ) (https://odp.met.hu/)

- Méréseken alapuló, homogenizált, interpolált adatbázis (0,1° felbontás)
- Napi adatok (1971-2020 időszakra)

Jövő: Regionális klímamodell (RCM) szimulációk és az azokat meghajtó globális éghajlati modellek (GCM-ek) az EURO-CORDEX adatbázisból

- Időbeli felbontás: napi adatok (1971-2100 időszakra HIST+SCENARIO)
- Térbeli felbontás: 0,11°
- Két különböző forgatókönyv: RCP4.5 és RCP8.5

GCM/RCM	RCA4	RACMO22E
EC-EARTH	X	X
CNRM-CM5	X	X
IPSL-CM5A-MR	X	
NorESM1-M	X	

INDEXEK

- **Indexek számítása**: minden rácspontra, havi bontásban, a teljes időszakra (1971-2100)

T: havi középhőmérséklet (°C)
P: havi csapadékösszeg (mm)
R: napi csapadékösszeg (mm)

- **Szisztematikus hibák kiküszöbölése** egyszerű delta módszerrel:

$$Index_{korrigált}^{jövő} = \frac{Index_{modell}^{jövő}}{Index_{modell}^{múlt,átlag}} \times Index_{mérés}^{múlt,átlag}$$

Index	Név	Képlet
DD	Száraz napok száma	$\sum(R < 1\ mm)$
DMI	de Martonne index	$\frac{12P}{T+10}$
FAI	Erdészeti szárazsági mutató	$100 \cdot \frac{T_{július-augusztus}}{\sum_{május}^{július} P + \sum_{július}^{augusztus} P}$

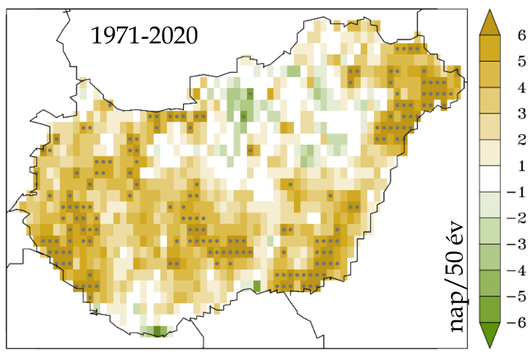
Súlyos aszály: Definiáljuk a tavaszt és nyarat tartalmazó félévre az aszályt a száraz napok szerint az elmúlt 50 év megfigyelései alapján úgy, hogy amikor mind a tavaszi, mind a nyári időszakban az 50%-os előfordulási gyakorisághoz tartozó értéknél több a száraz napok száma. Ezen belül súlyos aszálynak nevezzük azokat az eseteket, amikor az így kapott aszályos félévek átlagánál magasabb a száraz napok összege.

EREDMÉNYEK

Száraz napok száma (DD)

A száraz napok tavaszi és nyári együttes számának megfigyelt trendje a HUCLIM adatbázis szerint

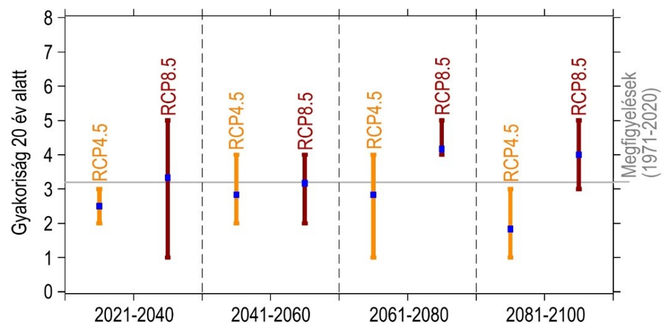
Szürke pöttyözés jelöli a statisztikailag szignifikánsan változó területeket.



- **Száraz napok száma növekedett** a megfigyelések szerint az elmúlt 50 évben

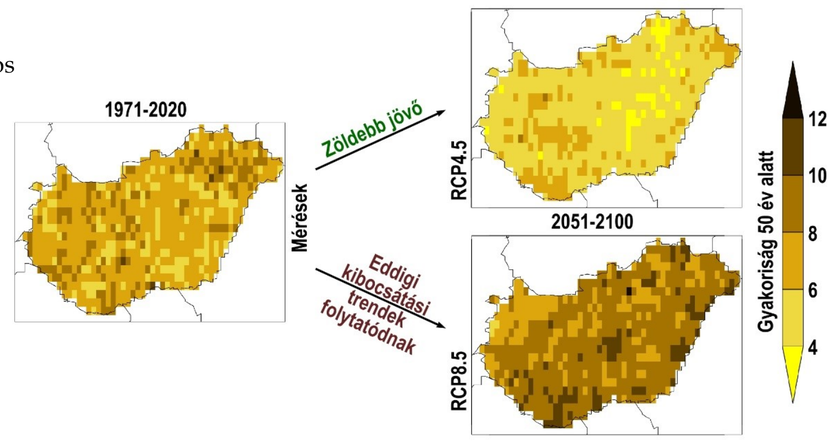
A súlyos aszály 20 éven belül várható előfordulási gyakorisága az RCP4.5 és RCP8.5 forgatókönyvet figyelembe vevő klímaszimulációk alapján

Az értékek az országos átlagot mutatják, a múltbeli megfigyelést szürke vonal jelzi, a kék a szimulációk átlagát jelöli, míg az intervallumok a szimulációk bizonytalanságát jelzik a szélsőséges modelleredményeket már nem tartalmazva.



- **RCP4.5:** a jelenleginél kevesebb súlyos aszály lehet
- **RCP8.5:** a század közepe után húszévente 3 helyett 4 évben várható **súlyos aszály, keleten erősebb a növekedés**

A súlyos aszály megfigyelt és a klímaszimulációk átlaga alapján várható előfordulási gyakorisága



De Martonne Index (DMI)

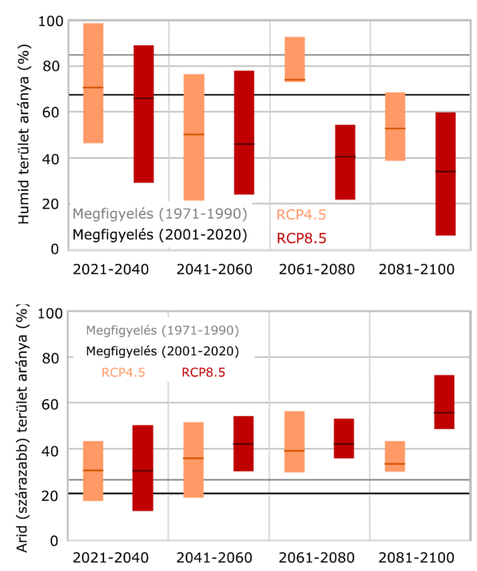
- **Kategóriák** a DMI értékei alapján:
  - arid (DMI < 10)
  - szemi-arid (DMI: 10-20)
  - mediterrán (DMI: 20-24)
  - szemi-humid (DMI: 24-28)
  - humid (DMI: 28-35)
  - nagyon humid (DMI: 35-55)
  - extrém humid (DMI > 55)

Az oszlopdiagramok esetében összevontan kezeltük a kategóriákat: arid (< 20) és humid (> 28).

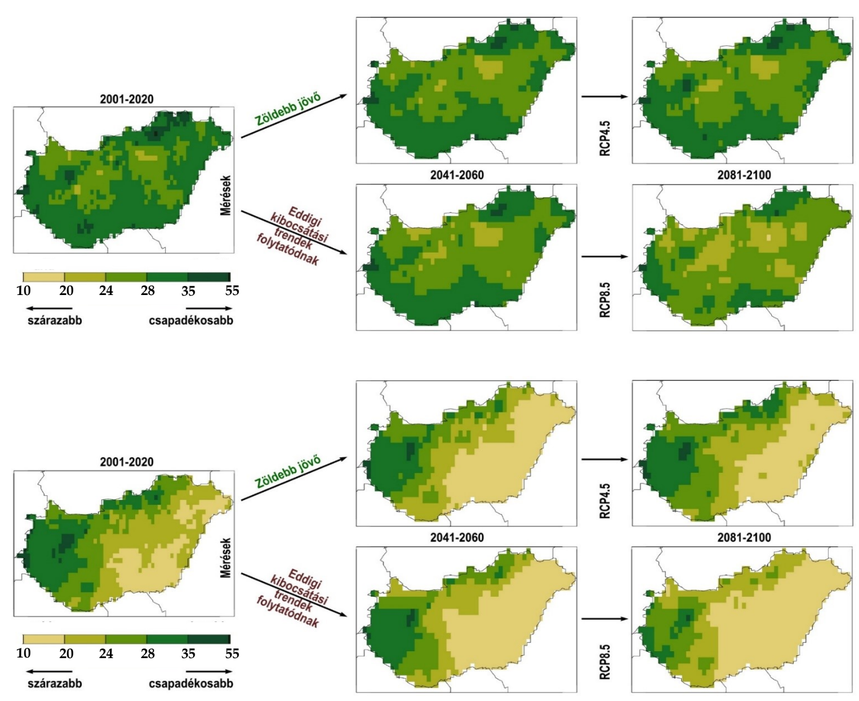
- **Június:**
  - a humid területek aránya csökkent a megfigyelések szerint (1971-1990: 84%, 2001-2020: 68%), a nyugati-délnyugati országrészben szignifikáns volt a változás
  - a jövőben a **humid területek arányának további csökkenése valószínűsíthető**, legnagyobb mértékben az RCP8.5 alapján, 2081-2100-ra (< 35%)
  - a változások nem lineárisak
- **Augusztus:**
  - az arid területek aránya csökkent a megfigyelések szerint (1971-1990: 27%, 2001-2020: 20%), különösen az ország középső területein
  - a jövőben az **arid területek kiterjedésének növekedése várható**, legnagyobb mértékben az RCP8.5 alapján, 2081-2100-ra (> 55%), a humid terület kiterjedése ekkorra 25%-ról 14% alá esik
- A két forgatókönyv közti különbség a 21. század közepén még nem tekinthető jelentősnek, de a század végére már igen

A humid, illetve arid területek várható aránya a DMI alapján júniusban és augusztusban az RCP4.5 és RCP8.5 forgatókönyvet figyelembe vevő klímaszimulációk alapján

Az oszlopokhoz tartozó sötétebb színű vonalak a szimulációk átlagát mutatják, míg az intervallumok a szimulációk bizonytalanságát jelzik a szélsőséges modelleredményeket már nem tartalmazva.



A DMI különböző kategóriáinak megfigyelt és a klímaszimulációk átlaga alapján várható előfordulása



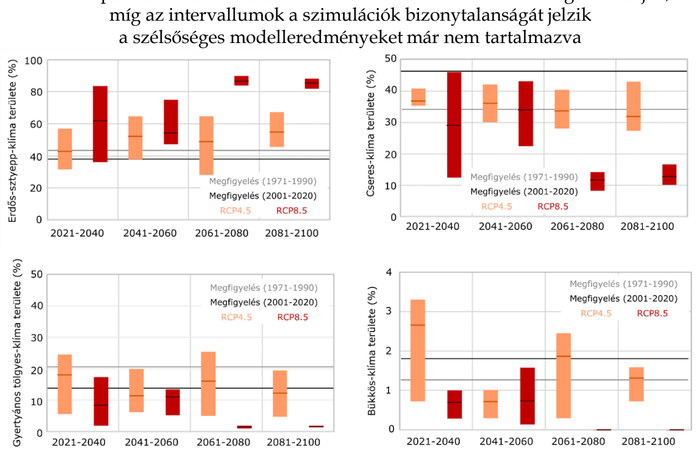
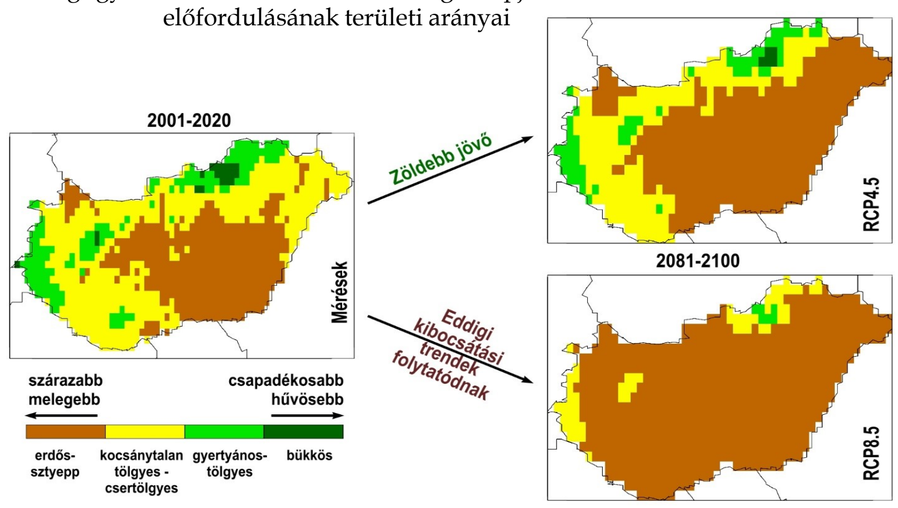
Erdészeti szárazsági mutató (FAI)

- **Kategóriák** a FAI értékei alapján:
  - bükkös (FAI < 4,75)
  - gyertyános-tölgyes (FAI: 4,75-6)
  - kocsánytalan tölgyes vagy cseres (FAI: 6-7,25)
  - erdős-sztyepp (FAI > 7,25)

- 1971-1990 és 2001-2020 között az erdős-sztyepp számára kedvező terület 44%-ról 38%-ra, a gyertyános-tölgyes 21%-ról 14%-ra csökkent, a cseres számára alkalmas terület pedig 34%-ról 46%-ra nőtt. A bükkösök esetén nem volt jelentős változás.
- 2021-2040-re már 43-62% lehet átlagosan az erdős-sztyepp kiterjedése
- **Cseres csökkenése**: az RCP8.5 esetén a 21. század végére átlagosan csak 12-13%-os kiterjedés, míg az RCP4.5 alapján 32-33%-os.
- Legnagyobb mértékű **növekedés az erdős-sztyepp esetén**: az RCP8.5 alapján a 21. század második felére (> 85%)
- **Szárazabb és melegebb éghajlati körülmények: az erdős-sztyepp térhódítása, a bükkösök kiszorulása**

A különböző kategóriák számára ideális terület aránya a FAI alapján az RCP4.5 és RCP8.5 forgatókönyvet figyelembe vevő klímaszimulációk szerint

Az oszlopokhoz tartozó sötétebb színű vonalak a szimulációk átlagát mutatják, míg az intervallumok a szimulációk bizonytalanságát jelzik a szélsőséges modelleredményeket már nem tartalmazva



A FAI különböző kategóriáinak megfigyelt és a klímaszimulációk átlaga alapján várható előfordulásának területi arányai