

# MAGYARORSZÁGRA BECSÜLT CSAPADÉKTRENDEK: HIBAKORREKCIÓ ALKALMAZÁSÁNAK HATÁSA

## PROJECTED TRENDS OF PRECIPITATION FOR HUNGARY: THE EFFECTS OF BIAS CORRECTION

Kis Anna, Pongrácz Rita, Bartholy Judit

ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.  
kisanna@nimbus.elte.hu, prita@nimbus.elte.hu, bartholy@caesar.elte.hu

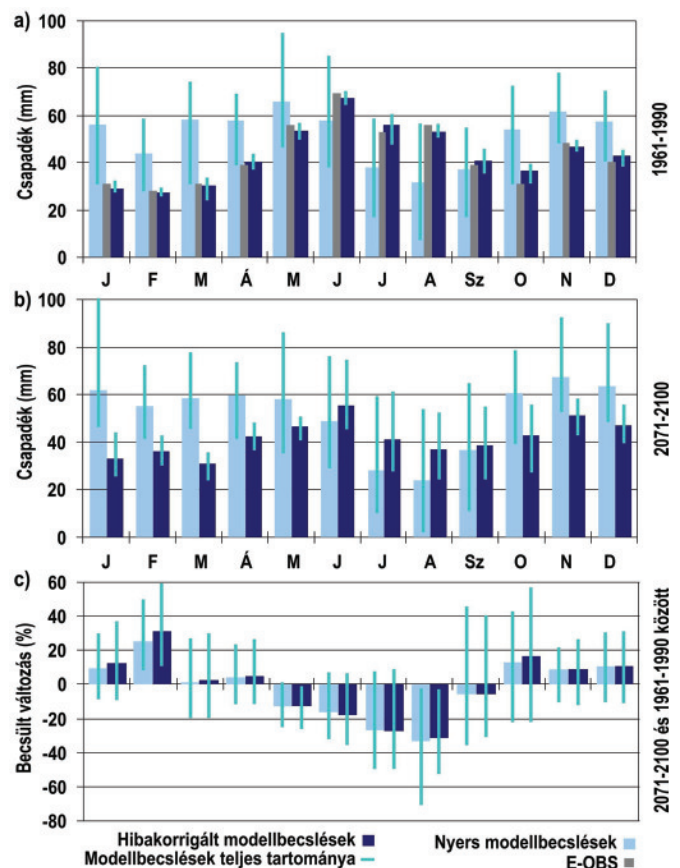
**Összefoglaló.** Az 1951–2100 időszak csapadéktrendjeit elemezzük Magyarország térségére vonatkozóan regionális klímamodell szimulációkból származó eredeti mezősorok és matematikai statisztikai alapú korrekció alkalmazása után kapott adatsorok felhasználásával. Eredményeink szerint a nyers és a hibakorrigált szimulációk azonos irányú változásokat becsülnek a jövőre (nyáron szárazabb, télen nedvesebb éghajlati körülmények várhatók). A változások mértéke eltérő lehet.

**Abstract.** Estimated precipitation trends are analysed for Hungary for the period of 1951–2100 using raw and bias-corrected data of regional climate model simulations. Our results suggest that in both cases similar changes are projected (i.e., drier summers and wetter winters); however, these estimated changes are somewhat different in amplitude.

**Bevezetés.** A csapadék az egyik legfontosabb meteorológiai elem: meghatározó szerepet játszik a talaj vízellátottságában, a természetes vegetáció kialakulásában, a mezőgazdasági termelésben, a folyók vízhozamában. A csapadék túlzott hiánya (aszály) vagy többlete (árvíz, belvíz) komoly természeti-, környezeti-, gazdasági- és egészségügyi károkat okozhat. Magyarországon a 2010. év csapadékösszege 69 %-kal haladta meg az 1971–2000 normálidőszak átlagát (Móring, 2011), míg 2011-ben 28 %-kal alulmúlta azt (Móring, 2012) – így a pusztító árvizeket követő évben a mezőgazdasági produktivitás csökkenésével kellett megküzdeni, egy korábbi tanulmány (Faragó et al., 2010) szerint. Az esetleges károk megelőzésének, illetve mérséklésének érdekében fontos, hogy megfelelő becsléseket készítsünk a jövőben várható csapadéktrendekre vonatkozóan.

**Adatok.** A csapadéktendenciák elemzéséhez regionális klímamodellek (RCM) napi csapadékszimulációját használtuk fel, amelyeket az ENSEMBLES projekt (van der Linden és Mitchell, 2009) keretében futtattak. A modellek egységesen 25 km-es horizontális rácsfelbontással rendelkeznek és a közepesnek tekinthető A1B forgatókönyvet vették alapul (Nakicenovic és Swart, 2000), ám a kezdeti- és peremfeltételeket három különböző globális klímamodell (GCM) szolgáltatta. Az éghajlati rendszer összetettsége miatt a szimulációk nem tökéletesek, sőt, az egyes modellek által becsült változások eltérőek is lehetnek. A várható változások bizonytalanságának érzékeltetésére összesen 11 klímaszimuláció napi csapadékoutputját elemeztük. Vizsgálataink Közép-Kelet-Európa térségére (é. sz. 43,625°–50,625°; k. h. 13,875°–26,375°), az 1951–2100 időszakra fókuszálnak. E cikkben a Magyarországra becsült eredményeinket mutatjuk be részletesebben.

**Eredmények.** Elemzéseink során elsőként összehasonlítottuk az állomási mérések felhasználásával összeállított rácsponti napi értékeket tartalmazó E-OBS adatbázis (Haylock et al., 2008), a 11 klímaszimuláció eredeti outputjait, valamint a statisztikai alapú hibakorrekció után kapott eredmények átlaga alapján számított magyarországi havi csapadékösszegeket az 1961–1990 referencia időszakra vonatkozóan (1. ábra). Eredményeink szerint a



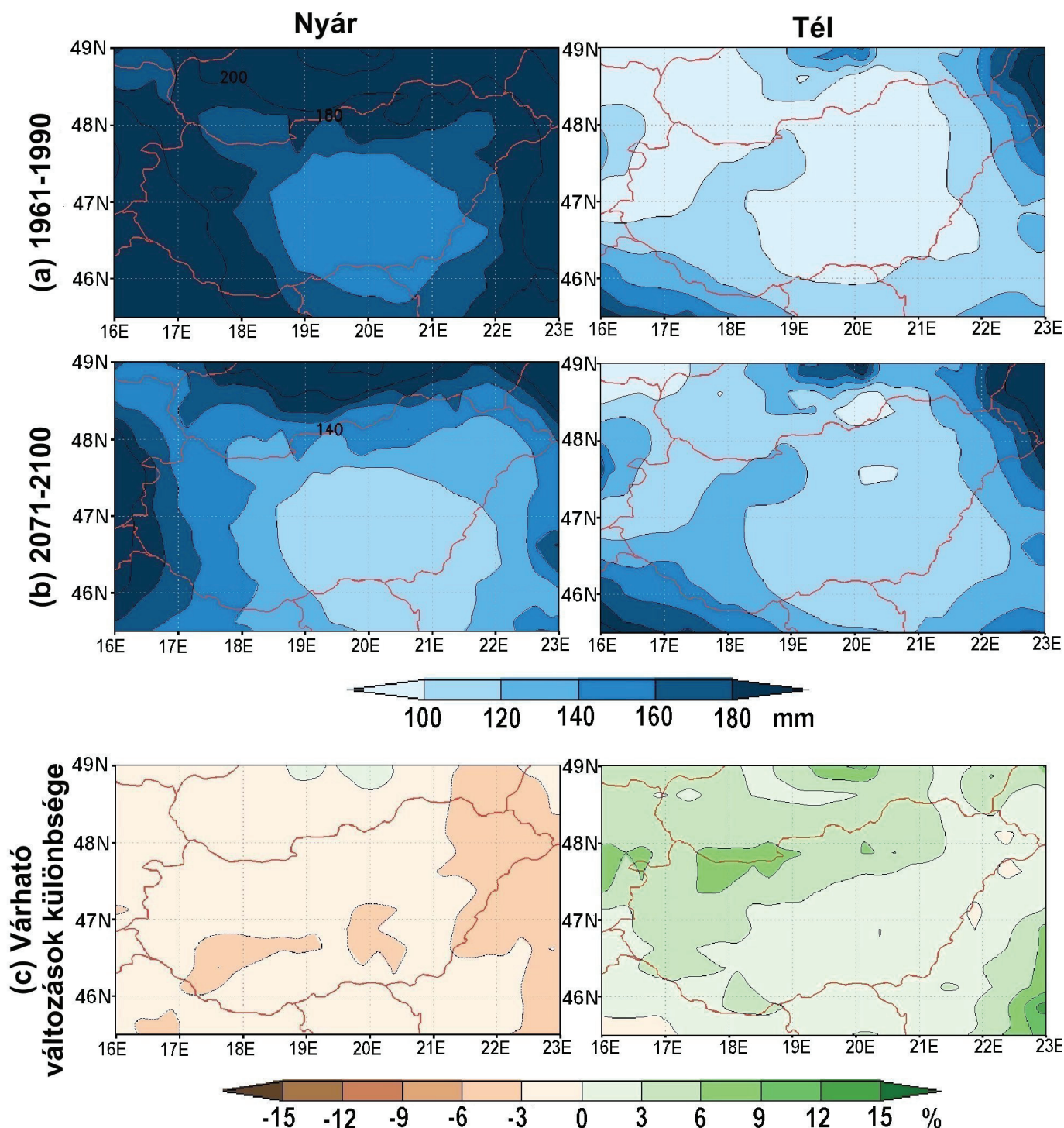
1. ábra: A magyarországi havi csapadékösszegek az E-OBS adatbázis, a nyers és a hibakorrigált szimulációk alapján az 1961–1990 (a) és a 2071–2100 (b) időszakokra vonatkozóan, valamint a becsült változások mértéke (c).

nyers modellszimulációk nyáron alul-, télen, ősszel és tavasszal pedig felülbecslik a havi csapadékösszegeket. Az átlagos eltérés az E-OBS adatbázis alapján számított értékektől télen +58 mm, nyáron –50 mm, ami átlagosan 59 %-os, illetve 28 %-os hibát jelent. Annak érdekében, hogy a valósággal minél jobban egyező csapadék idősorokkal dolgozhassunk, az eltérések kiküszöbölésére az eloszlásfüggvények illesztésén alapuló hibakorrekciós eljárást alkalmaztunk (Formayer és Haas, 2009; Pongrácz et al., 2012). A korrigált szimulációs eredmények átlaga

már elfogadhatóan közelíti a megfigyeléseken alapuló csapadékösszegeket, a csapadék évi eloszlása egyezik a mérésekkel, valamint a modellek közötti szórás is jelentősen csökkent a korrekció hatására (1/a. ábra). A 2071–2100-ra becsült havi csapadékösszegek esetén is hasonló megállapításokat tehetünk (1/b. ábra). A várható változások iránya megegyezik az eredeti szimulált

jelenlegihez képest a jövőben nyáron szárazabb, télen nedvesebb éghajlati viszonyokra számíthatunk majd.

A változások becsült mértéke azonban valamelyest eltér a nyers és a hibakorrekción átesett szimulációs eredmények alapján: a hibakorrigált szimulációk nagyobb mértékű növekedést, illetve csökkenést valószínűsítnek. Ez



2. ábra: A becsült téli és nyári átlagos csapadékösszegek a hibakorrigált szimulációk alapján az 1961–1990 (a) és a 2071–2100 (b) időszakokra vonatkozóan, valamint a becsült relatív változások különbsége a nyers és a hibakorrigált szimulációk alapján (c).

padékatatok, illetve a hibakorrekció után kapott adatso-  
rok figyelembevételével számítva: májustól szeptemberig  
csökkenő, októbertől áprilisig növekvő csapadéktenden-  
cia valószínűsíthető hazánk területén (1/c. ábra), azaz a

azzal magyarázható, hogy a nyári alulbecslés korrigálása  
után a csökkenés mértéke százalékban kifejezve relatíve  
nagyobb lett, télen pedig a felülbecslés kiküszöbölése ál-  
tal a becsült csapadéknövekedés lett relatív értelemben

nagyobb. Az E-OBS adatbázis alapján az 1961–1990 időszakban Magyarországon az évszakos csapadékösszeg télen átlagosan 99 mm, nyáron 178 mm volt. Ezek az értékek az Országos Meteorológiai Szolgálat csapadékmérő hálózatának mérései alapján számított évszakos átlagértékektől (Lakatos és Bihari, 2011) csupán néhány százalékkal térnek el, tehát országos átlagként elfogadható becsléseknek tekinthetők. A XXI. század végére várható átlagos csapadékösszeg a hibakorrigált szimulációk alapján télen 116 mm, nyáron 133 mm lesz, azaz a korábbi nagyobb éven belüli különbségek jelentősen csökkennek a jövőben. Az eddigi legcsapadékosabb évszakunk – a nyár – jóval szárazabbá, míg a jelenlegi legszárazabb évszakunk – a tél – lényegesen csapadékosabbá válhat a jövőben Magyarországon. Ezek a jövőbeli tendenciák nem csak az A1B scenárió esetén valószínűsíthetők, hanem a nagyobb, illetve kisebb üvegházhatású gáz koncentrációt feltételező A2 és B2 scenáriók esetén is (Bartholy et al., 2008).

A nyári és téli átlagos becsült csapadékösszegek, valamint a nyers és hibakorrigált szimulációk alapján számított relatív változások különbségének térbeli szerkezetét a 2. ábrán láthatjuk. A térképeken is jól látszik, hogy az 1961–1990 referenciaidőszakhoz képest a XXI. század végére szárazabb nyarak és csapadékosabb telek várhatók hazánkban. Nyáron, a múltban, a Dél-Alföldön volt a legkevesebb (120–140 mm) az átlagos évszakos csapadékösszeg, míg hazánk északi és nyugati területein akár a 200 mm-t is meghaladta ez az érték (2/a. ábra). A hibakorrekció utáni szimulációs adatok szerint a jövőben a csapadék eloszlásának térbeli szerkezete hasonló marad: a Dél-Alföldről kiindulva az északi és nyugati határvonalak felé tartva egyre több lesz az átlagos nyári csapadékösszeg. Az évszakos csapadékmennyiségek értékében azonban jelentős különbségekre számíthatunk az évszázad végére: a legszárazabb területeken csupán 100–120 mm csapadék várható; 180 mm-t meghaladó átlagos mennyiség pedig már csak az Alpokalja egy kis területén valószínűsíthető (2/b. ábra). A referenciaidőszakban az átlagos téli csapadékmennyiség Magyarország jelentős hányadán nem haladta meg a 100 mm-t; magasabb értékek (100–140 mm) csak az északkeleti tájakon, a Dunántúli-középhegységben és a Dél-Dunántúlon fordultak elő (2/a. ábra). A becslések szerint 2071–2100-ra télen is a referenciaidőszakhoz hasonló térbeli eloszlás várható, ám az átlagos csapadékmennyiség ez esetben is változik. Hazánk szinte teljes területén 100 mm feletti lesz az átlagos téli csapadékmennyiség az RCM-szimulációk szerint, sőt egyes területeken a 160 mm-t is meghaladhatja az évszakos csapadékösszeg (2/b. ábra). A nyers és a hibakorrigált szimulációs adatok felhasználásával számított XXI. század végére becsült változások kis mértékben eltérnek egymástól (2/c. ábra). Nyáron, a statisztikai alapú hibakorrekció után kapott eredmények átlaga mintegy 3 %-kal nagyobb mértékű szárazodó tendenciát jelez hazánkban; a legnagyobb – kb. 4 %-os – eltéréseket az északkeleti és a déli területeken kaptuk. Télen a nyers RCM-szimulációs adatok alapján kisebb mértékű a csapadékmennyiség várható átlagos növekedése, mint a hi-

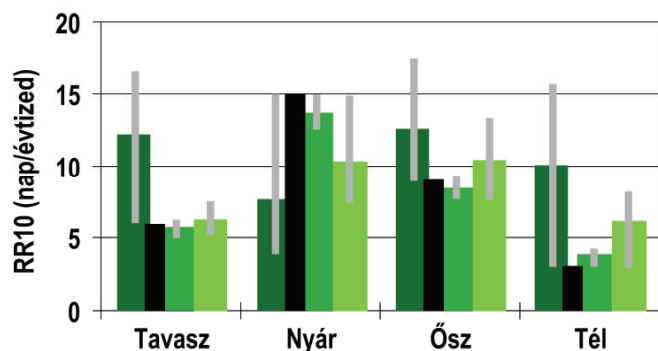
bakorrekció utáni szimulált csapadékmezők figyelembevételével: az ország jelentős hányadán ez esetben is 2–3 %-os eltérést találtunk. A Dunántúlon, valamint az északi tájakon erőteljesebb – akár 6 %-ot is meghaladó – a valószínűsíthető változások közötti különbség (2/c. ábra).

A nyers és a hibakorrekción átesett szimulált csapadékmezők felhasználásával számos csapadékindex (Karl et al., 1999) várható változását számítottuk ki Közép-Kelet-Európa térségére. Eredményeink a csapadékösszegekhez hasonlóan azt jelzik, hogy a becsült változások iránya megegyezik, azonban a változások mértéke valamelyest eltérő. A következőkben a 10 mm-nél nagyobb csapadékú napok számának (RR10) és a napi csapadékösszeg 95. percentilisének (R95p) 2071–2100-ra, Magyarországra várható változását mutatjuk be részletesebben.

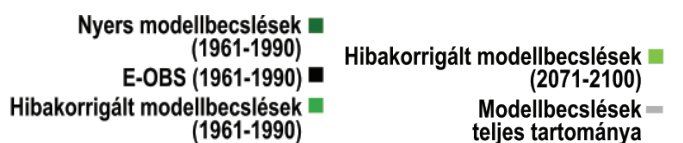
A 10 mm-nél nagyobb csapadékú napok száma a becslések szerint átlagosan 68 %-kal fog megnövekedni hazánkban a XXI. század végére (3. ábra). Az 1961–1990 referenciaidőszakban az E-OBS adatbázis alapján az RR10 évtizedenkénti átlagos értéke tavasszal 6 nap, nyáron 15 nap, ősszel 9 nap, télen 3 nap volt. Az RCM-szimulációk nyers csapadék-idősoraiból számított indexértékek ezeket az átlagértékeket nyáron alul-, a többi évszakban pedig jelentősen felülbecsülték (az index évszakos évtizedenkénti átlagértékei rendre 12 nap, 8 nap, 13 nap, 10 nap – a maximális eltérés az E-OBS adatbázisból meghatározott indexértékeihez viszonyítva 7 nap). Az RCM-szimulációk hibakorrekció alkalmazása után kapott idősoraiból számított értékek azonban már jól közelítik a megfigyeléseket: tavasszal 6 nap, nyáron 14 nap, ősszel 8 nap, télen 4 nap a 10 mm-nél nagyobb csapadékú napok átlagos évtizedenkénti száma, azaz az E-OBS idősorok alapján számított indexértékektől vett maximális eltérés 1 napra csökkent. A korrigált szimulációk felhasználásával a 2071–2100-ra várható értékeket is meghatároztuk. Eredményeink szerint a jövőben több lesz a nagy csapadékú napok száma Magyarországon; nyáron azonban – átlagosan 23 %-os – csökkenés valószínűsíthető. A becslések szerint télen átlagosan 6 napra fog növekedni (+2 nap a referenciaidőszakhoz képest), nyáron pedig átlagosan 10 napra fog csökkenni (–4 nap a referenciaidőszakhoz képest) az RR10 évtizedenkénti értéke. A téli országos átlagos indexértékek bizonytalansági intervalluma 3 és 8 nap/évtized közötti, a nyáriaké 8 és 15 nap/évtized közötti. Az éghajlati becslések idővel növekvő bizonytalansága miatt mind a négy évszakban nagyobb az egyes RCM-szimulációk idősoraiból meghatározott RR10 értékek közötti különbség a XXI. század végén, mint a XX. századi referenciaidőszakban.

A napi csapadék 95. percentilisében (4. ábra) is hasonló tendenciákra számíthatunk, mint az RR10 esetén. A legjelentősebb változások télen és nyáron várhatók: az R95p átlagos értéke az RCM-szimulációk hibakorrekció alkalmazásával kapott napi csapadék idősorai alapján nyáron 17 %-kal csökkenni, télen pedig 17 %-kal növekedni fog. A referenciaidőszakban az E-OBS idősorok alapján a 95. percentilis értéke hazánkban tavasszal 7 mm, nyáron 9,8 mm, ősszel 7,4 mm, télen 5,8 mm volt átlagosan. A hibakorrigált szimulációs adatokból számított

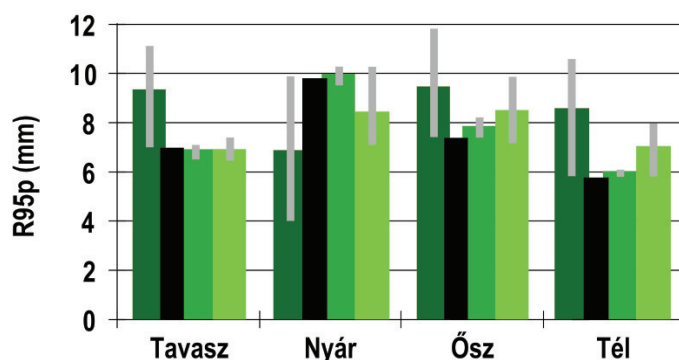
percentilis értékek jól közelítik a referencia adatbázist: a legnagyobb eltérés, amely ősszel fordult elő, is csupán 0,4 mm. Az RCM-szimulációk nyers csapadékoutputjai alapján meghatározott percentilisek – a havi csapadék-összegekhez és az RR10-hez hasonlóan – nyáron alul-, a többi évszakban pedig felülbecslik ezeket az értékeket. Az R95p a nyers szimulált idősorok alapján a négy évszakban rendre 9,4 mm, 6,9 mm, 9,5 mm és 8,6 mm. Az E-OBS adatbázis alapján meghatározott percentilisektől vett legkisebb eltérés is meghaladja a 2 mm-t (ősszel), a legnagyobb különbségek pedig megközelítik a 3 mm-t (téli és nyáron).



3. ábra: A 10 mm-nél nagyobb csapadéku napok számának évszakos értékei Magyarországon az E-OBS adatbázis, a 11 nyers és a 11 hibakorrigált szimuláció alapján az 1961–1990 és a 2071–2100 időszakokra vonatkozóan.



Jelmagyarázat a 3. és a 4. ábrához.



4. ábra: A napi csapadék 95. percentilisének évszakos értékei Magyarországon az E-OBS adatbázis, a 11 nyers és a 11 hibakorrigált szimuláció alapján az 1961–1990 és a 2071–2100 időszakokra vonatkozóan.

A jövőre vonatkozó változási trendeket a szisztematikus hibák korrigálása utáni RCM-outputokból határoztuk meg: nyáron átlagosan 8,5 mm-re fog csökkenni a csapadék 95. percentilise (–1,3 mm), míg télen elérheti a 7 mm-t is az R95p értéke a korábbi 5,8 mm-rel szemben. Ősszel szintén növekedni fog a napi csapadékösszegek 95. percentilisének értéke: átlagosan 7,9 mm-ről 8,3 mm-re.

**Összegzés.** Cikkünkben RCM-szimulációk nyers és hibakorrigált csapadékmezőit vizsgáltuk az 1951–2100 időszakra. A nyers szimulációs értékek gyakran alul-, illetve felülbecsülték a referencia adatbázisból kapott csapadékösszegeket és csapadékindex-értékeket, ám az alkalmazott percentilis-alapú hibakorrekcióval kiküszöböltük ezeket az eltéréseket. A jövőben várható csapadéktendenciák mértéke eltér a korrigált és a korrigálatlan szimulációs adatok alapján; a becslt változások iránya azonban megegyezik. Összességében nyáron szárazabb, télen csapadékosabb éghajlati viszonyok valószínűsíthetők hazánk térségében. Az országos, regionális és helyi szintű hosszútávú alkalmazkodási stratégiák tervezésekor ezt mindenképpen érdemes figyelembe venni.

**Köszönetnyilvánítás.** Kutatásainkat támogatta a FuturICT.hu TÁMOP 4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0013 és az AGRÁRKLIMA2 (VKSZ 12-1-2013-0001) projekt. A vizsgálatok során felhasznált RCM-szimulációkat az ENSEMBLES projekt keretében állították elő (<http://ensembles-eu.metoffice.com>, 505539), melyet az EU FP6 program támogatott. Az E-OBS adatbázis alapját képező állomási adatokat az ECA&D projekt (<http://eca.knmi.nl>) bocsátotta rendelkezésre.

## Irodalom

- Bartholy, J., Pongrácz, R., Gelybó, Gy., Szabó, P., 2008: Analysis of expected climate change in the Carpathian Basin using the PRUDENCE results. *Időjárás* 112, 249–264
- Faragó, T., Láng, I., Csete, L., 2010: Climate change and Hungary: mitigating the hazard and preparing for the impacts ('VAHAVA Report'). MTA, Budapest, pp. 126
- Formayer, H., Haas, P., 2009: Correction of RegCM3 model output data using a rank matching approach applied on various meteorological parameters. In: *Deliverable D3.2 RCM output localization methods (BOKU-contribution of the FP 6 CECILIA project)*. <http://www.cecilia-eu.org>
- Haylock, M.R., Hofstra, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D., New, M., 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. *J. Geophys. Res. (Atmospheres)* 113 (D20119), DOI: 10.1029/2008 JD10201
- Karl, T.R., Nicholls, N., Ghazi, A., 1999: Clivar/GCOS/WMO Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes Workshop Summary. *Climatic Change* 42, 3–7
- Lakatos, M., Bihari, Z., 2011: A közelmúlt megfigyelt hőmérsékleti- és csapadéktendenciái. In: *Klimaváltozás – 2011: Klímaszenáriók a Kárpát-medence térségére* (szerk.: Batholy, J., Bozó L., Haszpra, L.). MTA és ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest, 146–169
- van der Linden, P., Mitchell, J.F.B., 2009: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK. pp. 164.
- Móring, A., 2011: A 2010. év időjárása. *Léggör* 56, 38–42
- Móring, A., 2012: A 2011. év időjárása. *Léggör* 57, 38–42
- Nakicenovic, N., Swart, R., (eds.), 2000: Emissions Scenarios. A special report of IPCC Working Group III. Cambridge University Press, UK. pp. 570
- Pongrácz, R., Bartholy, J., Kis, A., Miklós, E., Török, O., 2012: Extrém éghajlati indexek várható tendenciái modell-szimulációk eredményei alapján. *Léggör* 57, 166–169.