

AZ 1976–2005 ÉS AZ 1993–2022 IDŐSZAKOK ÉGHAJLATI JELLEMZŐINEK ÖSSZEHAISONLÍTÁSA MAGYARORSZÁGON

Simon Csilla , Torma Csaba Zsolt , Kis Anna 

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet,
Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A
e-mail: csilluss58@student.elte.hu, csaba.zsolt.torma@ttk.elte.hu, kiaqagt@staff.elte.hu

Bevezetés, a kutatás célja

A klímaváltozás korunk egyik legnagyobb kihívását jelenti, amely az egész bolygót érinti. Ennek kapcsán megváltozik a különböző időjárási és éghajlati extrémumok gyakorisága, egyre többször fordulnak elő például özönvízszzerű esőzések, szélsőségesen magas hőmérsékletek és tartós szárazság. Ezek a szélsőségek az IPCC (2021) szerint a jövőben várhatóan egyre többször fognak bekövetkezni. Az éghajlatváltozás hatása Magyarországon is kimutatható a mérési adatsorokban, a meteorológiai változókat és a különböző extrém klímaindexeket vizsgálva egyaránt (Gácsér et al., 2014; Lakatos et al., 2021a). Hazánkban leginkább a meleg szélsőségek gyakoribbá válását tapasztalhatjuk (Lakatos et al., 2021b). Egészségügyi szempontból a legjelentősebb kockázatot a hőhullámos időszakok jelentik, amelyek hosszúsága, intenzitása és gyakorisága is növekedett hazánkban a 20. század eleje óta (Simon, 2021; Bokros & Lakatos, 2022), de a gazdaság szektoraira, a természetes ökoszisztémákra is nagy veszélyt jelent a klímaváltozás. Fontos tehát az alkalmazkodási, felkészülési stratégiák kidolgozása, amelyhez kulcsfontosságú, hogy minél pontosabban ismerjük a bekövetkező változások irányát és nagyságát.

Az éghajlatkutatás alapvető eszközei a globális és regionális klímamodellek, amelyek az informatika gyors fejlődése által egyre nagyobb részletességgel képesek leírni az éghajlati rendszer folyamatait (Giorgi, 2019). Segítségükkel a múlt és a jelen éghajlatának szimulálása mellett a jövőben várható változásokra is számszerű becslések adhatók. A klímamodell-szimulációk minőségének javításához hibakorrekciós eljárás alkalmazása van lehetőségünk (Ngai et al., 2016), amelynek eredményeképpen a szisztematikus hiba eltávolításra kerül az adatsorokból azáltal, hogy a szimulált értékeket a valós éghajlati viszonyokhoz igazítjuk. A hibakorrekcióhoz elengedhetetlen tehát egy jó minőségű, méréseken alapuló referencia adatbázis használata (Casanueva et al., 2020), és egy megfelelő körülményekkel kijelölt kalibrációs időszak. Kutatásunkban létrehoztunk két hibakorrigált regionális klímamodell-adatbázist Magyarországra, amelyek eltérő kalibrációs időszakok felhasználásával készültek. Segítségükkel azt vizsgáljuk, hogy a kalibrációs időszak megválasztása hogyan befolyásolja a hibakorrekció pontosságát. Ehhez kapcsolódóan jelen tanulmányunkban elvégezzük a kiválasztott 30 éves időszakok éghajlati jellemzőinek összehasonlító elemzését, ami által összefüggésbe hozhatjuk a hibakorrigált eredmények pontosságát és az adott kalibrációs időszakra jellemző klimatikus viszonyok közötti különbségeket.

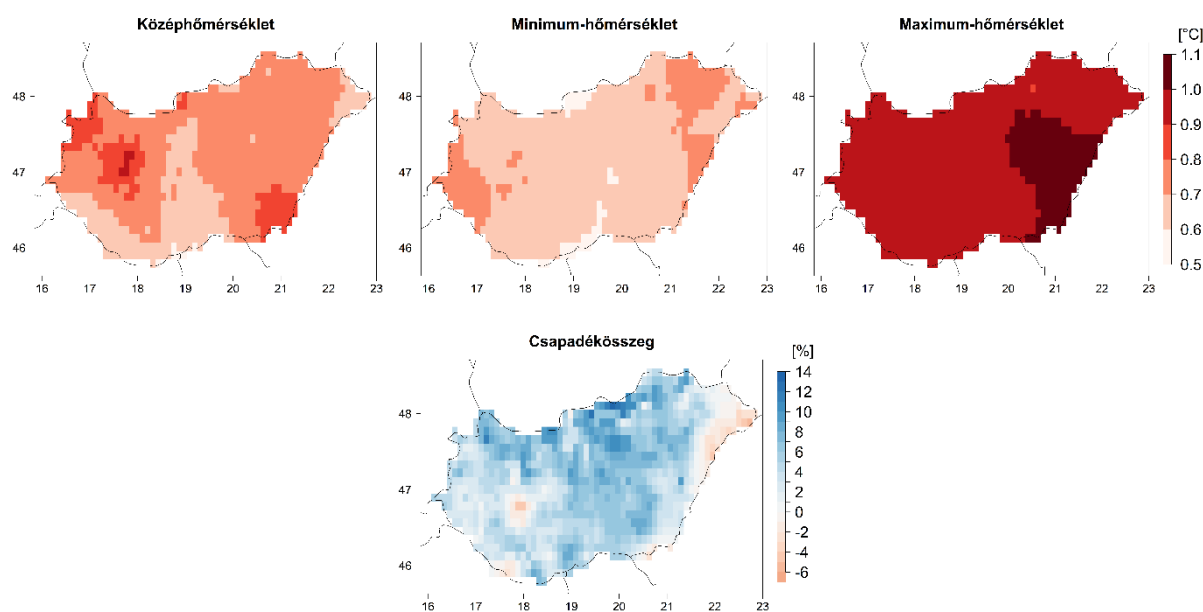
Felhasznált adatok

Az éghajlati elemzéshez a HungaroMet által előállított HuClim rácsponti adatbázist használtuk fel, amely szabadon hozzáférhető a <https://odp.met.hu/climate/> weboldalon, és alkalmas a Magyarországon bekövetkező éghajlati változások nyomon követésére (Izsák et al., 2021). A napi adatsorok az 1971–2022 közötti időszakra érhetők el (letöltés ideje: 2023. július), és évenként frissítésre kerülnek, kiegészülve a legutóbbi teljes év adataival. A méréseken alapuló, jó minőségű adatbázis $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ -os (10 km-nek megfelelő) horizontális

rácstávolsággal rendelkezik Magyarország térségére. A meteorológiai adatok homogenizációját a MASH (Multiple Analysis of Series for Homogenized Database; Szentimrey, 2008) eljárás alkalmazásával végezték el, az egységes rácshálózatra történő interpoláció pedig a MISH módszer (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Database; Szentimrey & Bihari, 2007) segítségével történt. Ebben a tanulmányban négy meteorológiai változót (napi középhőmérséklet, minimum- és maximum-hőmérséklet, csapadékösszeg) vizsgálunk az 1976–2005, valamint az 1993–2022 időszakokra, amellyel célunk a két 30 éves időszak klimatikus viszonyainak összehasonlítása a változásokra fókuszálva.

Eredmények

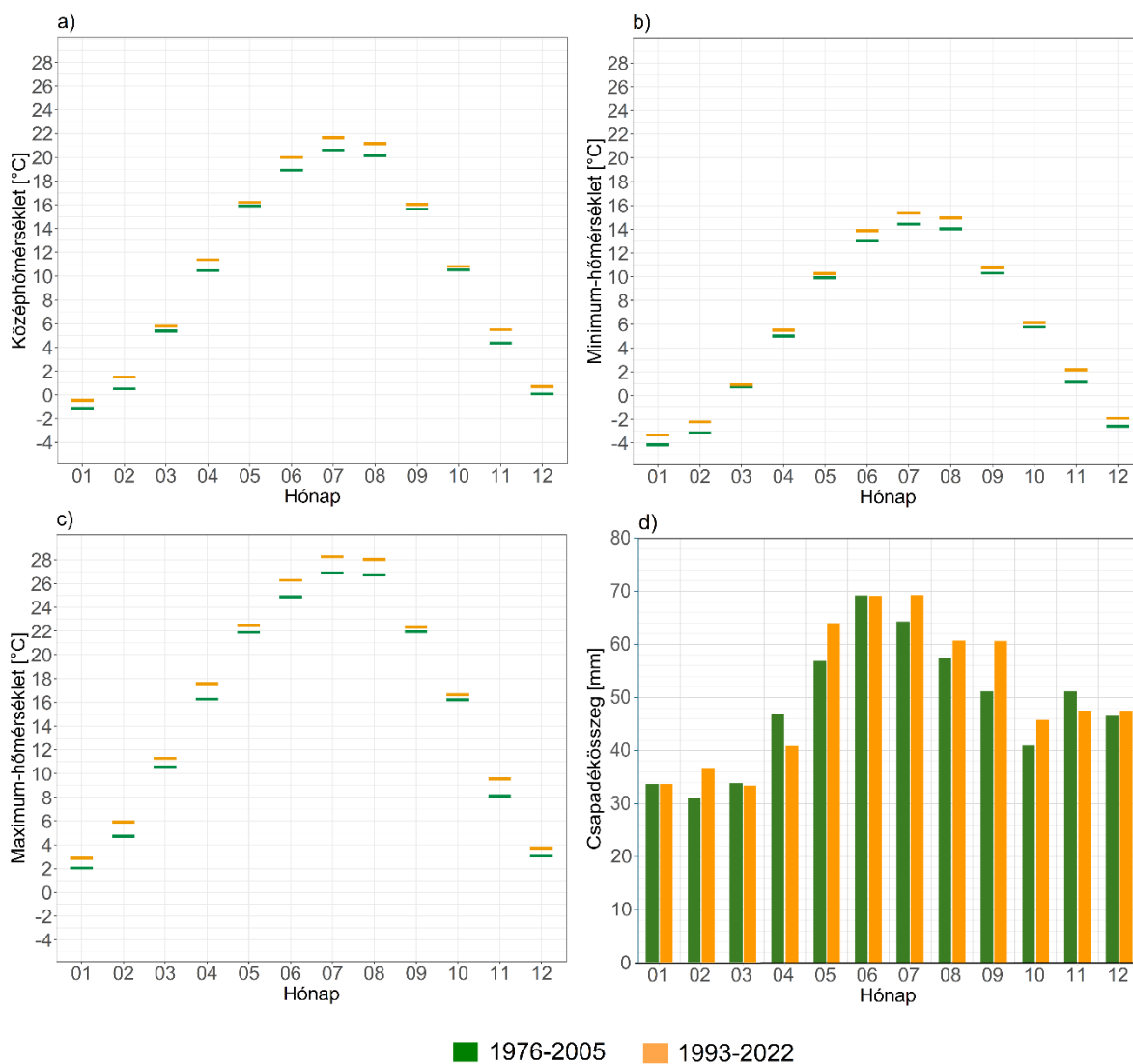
Az 1. ábrán látható a vizsgált meteorológiai elemek átlagos éves értékében bekövetkezett változás területi eloszlása az 1993–2022 és az 1976–2005 időszakok között Magyarországon. A hőmérsékleti változók mindegyikében országszerte emelkedés figyelhető meg, ez a maximum-hőmérséklet esetén a legnagyobb mértékű (0,9–1,1 °C), míg a minimum-hőmérséklet 0,5–0,8 °C-kal növekedett a korábbi vizsgált időszakhoz képest. A középhőmérséklet változása az Alföld délkeleti részén, illetve a Dunántúl középső és északnyugati területein a legszámszerűsebb. Az átlagos évi csapadékösszeget tekintve az ország nagy részén kis mértékű, 2–14%-os növekedés figyelhető meg, a Dunántúlon és az északkeleti határ mentén pedig elenyésző (2–6%-os) csökkenés következett be.



1. ábra: Az átlagos évi középhőmérséklet, minimum- és maximum-hőmérséklet, valamint a csapadékösszeg értékében bekövetkezett változás az 1993–2022 időszakra Magyarországon az 1976–2005 időszakhoz viszonyítva a HuClim adatok alapján.

A 2. ábrán látható a vizsgált változók országos átlagának éves menete az 1976–2005 és az 1993–2022 időszakokban, az 1. táblázatban pedig a két időszak országos átlagai közötti eltérések értékeit tüntettük fel. A középhőmérséklet májusban és októberben emelkedett a legkevesebbet országos átlagban (0,29 °C) az 1976–2005-ös időszakhoz képest, míg februárban, júniusban, júliusban és novemberben a melegedés mértéke meghaladta az 1 °C-ot. A legcsekélyebb emelkedés a minimum-hőmérsékletben márciusban, a maximum-hőmérsékletben októberben következett be. A három hőmérsékleti változót tekintve szinte

minden hónapban az átlagos maximum-hőmérsékletre adódott a legnagyobb változás (kivéve szeptemberben és decemberben), és a melegedés novemberben volt a legnagyobb. Az átlagos csapadékösszeg legnagyobb mértékben februárban (18%) és szeptemberben (19%) növekedett 1993–2022 között az 1976–2005 időszakhoz viszonyítva, az áprilisi csapadékösszeg azonban 13%-kal csökkent. Januárban és júniusban a két vizsgált időszakban átlagosan ugyanannyi csapadék hullott (a változás kerekítve 0%-nak adódott).

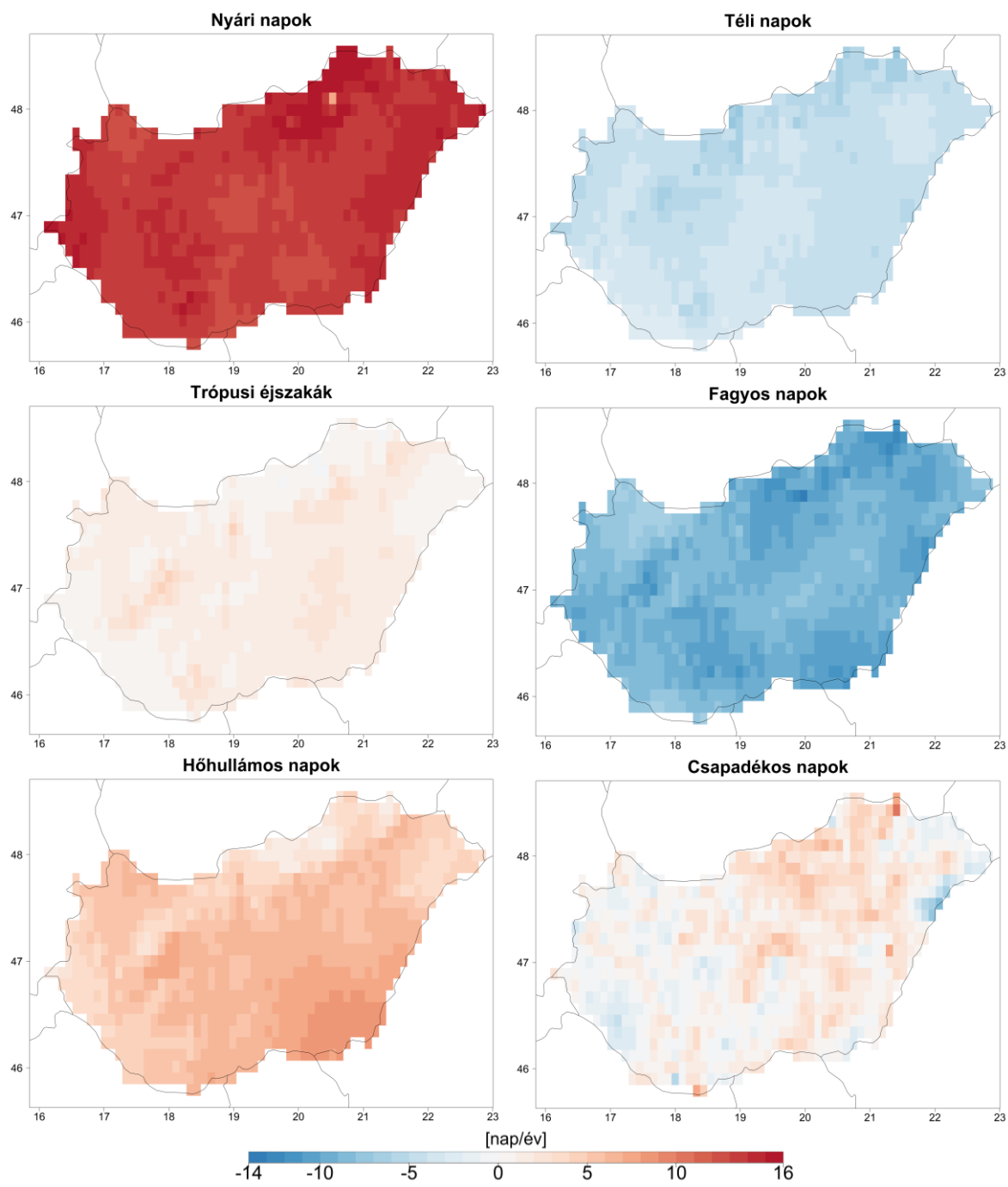


2. ábra: Az átlagos havi hőmérsékleti értékek (a-c) és az átlagos havi csapadékösszeg (d) az 1976–2005 és az 1993–2022 időszakban Magyarországon a HuClim adatok alapján.

1. táblázat: A hőmérsékleti értékek és a csapadékösszeg országos átlagában történt változás az 1993–2022 időszakra az 1976–2005 időszakhoz viszonyítva. A legnagyobb mértékű növekedést félkövérrel, a legkisebb mértékűt dőlttel emeltük ki mindegyik meteorológiai változó esetében.

Országos átlagok változása				
	középhőmérséklet [°C]	minimum- hőmérséklet [°C]	maximum- hőmérséklet [°C]	csapadékösszeg (%)
január	0,74	0,81	0,85	-0,14
február	1,00	0,91	1,21	17,98
március	0,40	0,19	0,69	-1,43
április	0,91	0,50	1,32	-12,79
május	0,29	0,33	0,63	12,55
június	1,06	0,90	1,39	-0,07
július	1,03	0,91	1,34	7,74
augusztus	0,98	0,91	1,30	5,82
szeptember	0,40	0,47	0,45	18,61
október	0,29	0,38	0,42	11,69
november	1,11	1,04	1,43	-6,97
december	0,61	0,67	0,66	2,09
éves átlag	0,74	0,67	0,97	4,49

A hőmérsékleti és csapadék karakterisztikák mellett a következő éghajlati indexek átlagos éves gyakoriságában bekövetkezett változást is elemeztük: nyári napok ($T_{\max} > 25\text{ °C}$), téli napok ($T_{\max} < 0\text{ °C}$), trópusi éjszakák ($T_{\min} > 20\text{ °C}$), fagyos napok ($T_{\min} < 0\text{ °C}$), hóhullámos napok ($T_{\text{közép}} > 25\text{ °C}$), csapadékos napok ($R_{\text{napi}} \geq 1\text{ mm}$). Az eredményeket a 3. ábra összegzi. A legnagyobb mértékű változás a nyári napok és a fagyos napok gyakoriságában figyelhető meg: az 1993–2022 közötti időszakban évente átlagosan 7–16-tal több nyári nap és 6–14-gyel kevesebb fagyos nap következett be, mint 1976–2005 között. A téli napok száma a hegyvidéki területeken csökkent leginkább (5–8 nappal), az alacsonyabban fekvő régiókban ez az érték 2–4 nap. A trópusi éjszakák átlagos előfordulási gyakorisága a hegységek DK-i lejtőinél növekedett a legnagyobb mértékben (3–5 nappal), amit a főnhatással magyarázhatunk (Brinkmann, 1971), emellett az Alföld középső részén is 3–4 nappal többször fordult elő az 1993–2022 közötti időszakban. A hóhullámos napok gyakoriságának területi eloszlásában jól kirajzolódik a domborzat hatása: a legnagyobb változás az Alföld DK-i részén következett be, ahol 7–10 napos növekedés figyelhető meg a 30 éves átlagokban, míg az északi hegyvidékeken és a Bakonyban csupán 0–2-vel több hóhullámos nap fordult elő. A csapadékos napok gyakoriságát tekintve az országon belül előfordul mind csökkenő, mind növekvő tendencia – nagyobb területen utóbbi következett be. Az Alföld északi részén, az Északi-középhegységben és a Mecsek térségében évi átlagban 7–11-gyel több napon hullott legalább 1 mm csapadék az 1993–2022 időszakban, mint 1976–2005 között. Kis mértékű (4–9 napos) csökkenés a Dunántúlon és az északkeleti határnál figyelhető meg.



3. ábra: Az egyes éghajlati indexek átlagos éves gyakoriságában bekövetkezett változás az 1993–2022 közötti időszakra az 1976–2005 időszakhoz viszonyítva.

Összefoglalás, további tervek

Ebben a tanulmányban összehasonlítottuk két 30 éves időszak (1976–2005, 1993–2022) hőmérsékleti és csapadékvizonyait Magyarországon a HuClim adatbázis felhasználásával. A hőmérsékleti változókat tekintve országszerte melegedés detektálható; a legnagyobb mértékű emelkedés a maximum-hőmérsékletben történt. Ezzel összhangban a meleghez köthető éghajlati indexek gyakorisága is növekedett. Az átlagos évi csapadékösszegben nem mutatható ki egyértelmű trend. A tanulmányban elemzett időszakokat kalibrációs időszakokként használtuk fel regionális klímamodell-szimulációk hibakorrekciójához,

amelynek eredményeképp két különböző hibakorrigált adatbázist hoztunk létre Magyarországra. A kutatás során elvégeztük az egyes adatbázisokba tartozó szimulációk validációját (Simon et al., 2024), a következő lépésként pedig ezen szimulációk szcenárió időszyakra (2006–2099) vonatkozó elemzését és összehasonlítását tűztük ki célul.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Magyar Tudományos Kutatási Alap támogatta (OTKA FK-142349). Köszönettel tartozunk a HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt.-nek a szabadon hozzáférhető HuClim adatbázisért (odp.met.hu).

Hivatkozások

- Bokros, K., Lakatos, M., 2022: Hőségperiódusok vizsgálata Magyarországon a XX. század elejétől napjainkig. *Légekör*, 67(3): 130–140. <https://doi.org/10.56474/legkor.2022.3.2>
- Brinkmann, W.A.R., 1971: What is a foehn? *Weather*, 26(6): 230–240. <https://doi.org/10.1002/j.1477-8696.1971.tb04200.x>
- Casanueva, A., Herrera, S., Iturbide, M. et al., 2020: Testing bias adjustment methods for regional climate change applications under observational uncertainty and resolution mismatch. *Atmospheric Science Letters*, 21: e978. <https://doi.org/10.1002/asl.978>
- Gácsér, V., Lakatos, M., Molnár, Á., 2014: Változik-e éghajlatunk? *Iskolakultúra*, 24(11–12): 13–27.
- Giorgi, F., 2019: Thirty years of regional climate modeling: Where are we and where are we going next? *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124: 5696–5723. <https://doi.org/10.1029/2018JD030094>
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 254 p. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.013>
- Izsák, B., Bihari, Z., Szentes, O., 2021: Éghajlatváltozás: homogenizált vagy nyers adatsorokat vizsgálják? *Légekör*, 66(3): 12–15.
- Lakatos, M., Bihari, Z., Izsák, B., Szentes, O., 2021a: Globális és hazai éghajlati trendek, szélsőségek változása: 2020-as helyzetkép. *Scientia et Securitas*, 2(2): 164–171. <https://doi.org/10.1556/112.2021.00037>
- Lakatos, M., Bihari, Z., Izsák, B., Marton, A., Szentes, O., 2021b: Megfigyelt éghajlati változások Magyarországon. *Légekör*, 66(3): 5–11.
- Ngai, S.T., Tangang, F., Juneng, L., 2016: Bias correction of global and regional simulated daily precipitation and surface mean temperature over Southeast Asia using quantile mapping method. *Global and Planetary Change*, 149: 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.12.009>
- Simon, Cs., 2021: hőhullám kategóriák és trendek Magyarországon. Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest (Témavezető: dr. Lakatos Mónika, Konzulens: dr. Kis Anna). 54p.
- Simon, Cs., Torma, Cs.Zs., Kis, A., 2024: The effect of different calibration periods based on bias-adjusted EURO-CORDEX simulations over Hungary. *EGU General Assembly 2024*, EGU24-663, Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-663>

Szentimrey, T., Bihari, Z., 2007: Mathematical background of the spatial interpolation methods and the software MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis). In: Proceedings from the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology, Budapest, Hungary, 2004, COST Action 719, COST Office, 17–27.

Szentimrey, T., 2008: Development of MASH homogenization procedure for daily data, Proceedings of the Fifth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases, Budapest, 2006; WCDMP-No. 71, WMO/TD-NO. 1493, 123–130.

ORCID

Simon Cs.  <https://orcid.org/0000-0001-7406-0784>

Torma Cs. Zs.  <https://orcid.org/0000-0002-4240-0788>

Kis A.  <https://orcid.org/0000-0002-3227-1230>