

ÉGHAJLATI INDIKÁTOROK KAPCSOLATA AZ ANTROPOGÉN ÉGHAJLATVÁLTOZÁSSAL



Szabó Péter, Bartholy Judit, Barna Zsófia, Bokros Kinga, Bordi Sára, Mráz Anna, Pieczka Ildikó, Pongrácz Rita

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

Bevezetés

Az IPCC jelentések alapján a nemzetközi tudományos közösség szinte teljes bizonyossággal állítja, hogy a XX. század folyamán mért globális felmelegedés antropogén hatás következménye. Ehhez köthetően sok éghajlati extrémum, például a hűhullámok intenzitásának, hosszának és gyakoriságának növekedése a Föld bármely részén egyértelműen, statisztikailag is kimutathatóan az emberi tevékenységnek tulajdonítható. Néhány időjárási esemény előfordulása azonban éghajlatunk természetes változékonyságának része, és hazánk térségében ez nagyobb mértékű is lehet.

1. Felhasznált adatok, módszertan

Kiválasztott események

A 2021 szeptemberében indult kutatás az első évben a következő, az egyes évszakokban hazánkban előforduló jelentősebb, érdeklődésre számot tartó időjárási és éghajlati eseményeket elemzi:

fagyos napok	T _{min} < 0 °C
extrém hidegek	éves T _{min}
havas napok	hó > 1 mm
nagy havas napok	hó > 10 mm
késői fagy	T _{min} < 0 °C utolsó tavaszi napja
vegetációs időszak kezdete	T _{közép} > 5 °C 5 napon át először
nagy napi csapadék	P > 20 mm
harmadfokú hóhullámok	T _{közép} > 27 °C legalább 3 napig
szárazság	P < 1 mm maximális évszakos hossza

Éghajlati attribúció

A legújabb, CMIP6 keretében futtatott globális klímamodellek az iparosodástól napjainkig (1850–2014) tartó szimulációinak elemzése csak természetes (naptevékenység és vulkánok) kényszerekkel és az antropogén hatás figyelembevételével is. A kettőre feltételrendszerrel kapott eredmények összehasonlításával megadható, hogy adott trend az emberi tevékenység miatt következett be, vagy esetleg a természetes változékonyság része.

Felhasznált klímamodellek:

modellnév	futtató intézet	ország
CNRM-CM6-1	CNRM-CERFACS	FR
CanESM5	CCCma	CA
HadGEM3-GC31-LL	MOHC	UK
IPSL-CM6A-LR	IPSL	FR
MRI-ESM2-0	MRI	JP

Megfigyelések

A mérések alapján számolt megfigyelt trendhez viszonyítjuk a klímamodellek múltbeli és jövőbeli eredményeit is. HUGRID adatbázis (odp.met.hu): napi csapadékösszeg, napi minimum-, maximum- és közép-hőmérséklet (1971–2020), napi maximális szélsebesség (2001–2020)

ERA5 reanalízis: napi hóesés, napi maximális óras csapadékinzertés és szélsebesség (1981–2020)

Jövőbeli eredmények

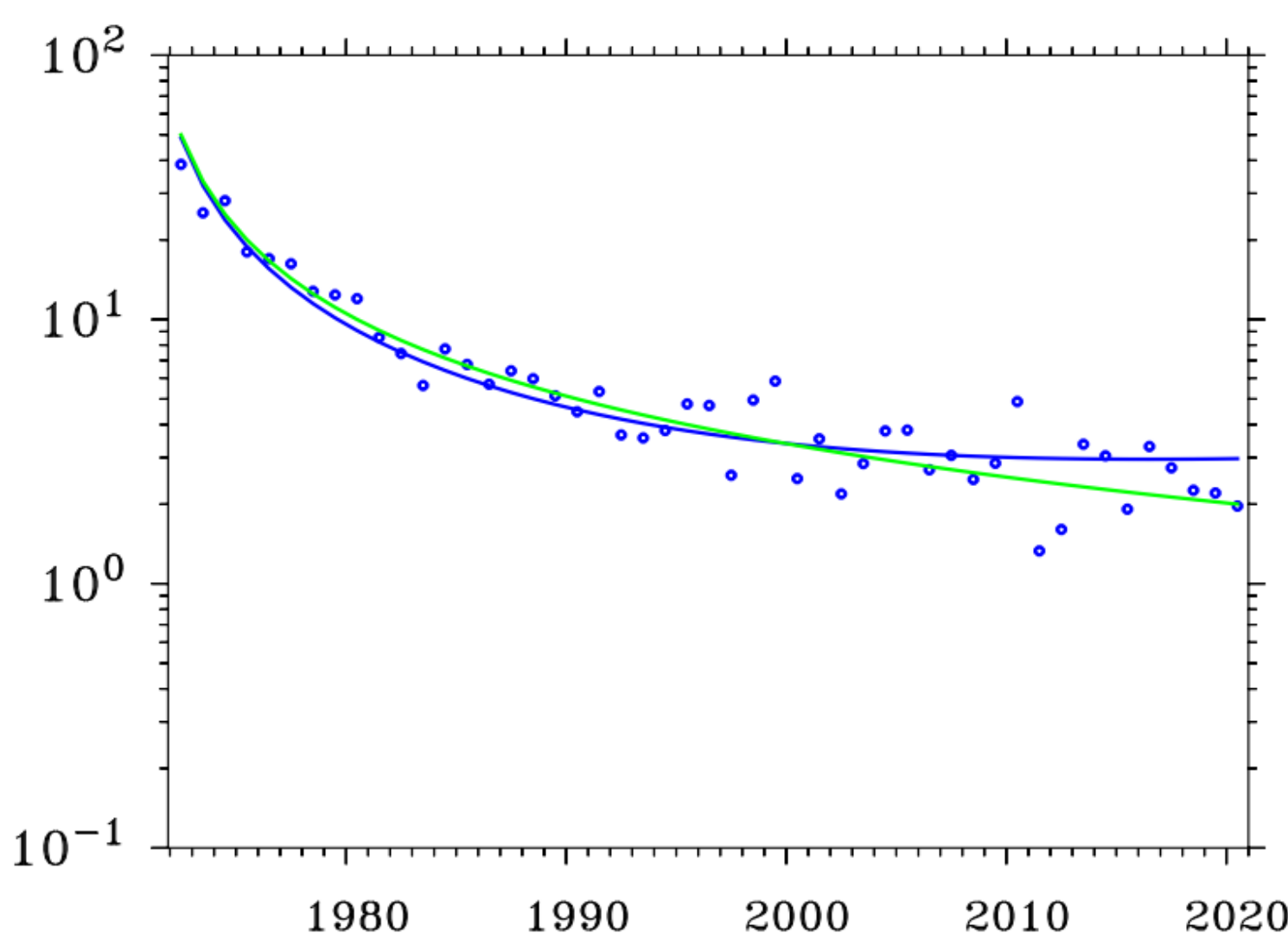
Az Euro-CORDEX nemzetközi program keretében és az ELTE Meteorológiai Tanszéken futtatott finom felbontású (~10 km) regionális modellszimulációk eredményeit elemezzük a múlt (1971–2005), a megfigyelt antropogén tevékenységet követve, illetve a jövőre (2006–2100) két hipotetikus kibocsátási forgatókönyvet, a pesszimista RCP8.5-öt és a mérsékelt optimista RCP4.5-öt tekintve.

A bizonytalanságok számszerűsítése érdekében több klímamodelt vizsgálunk, és a jövőbeli eredményeket hibakorrigáljuk.

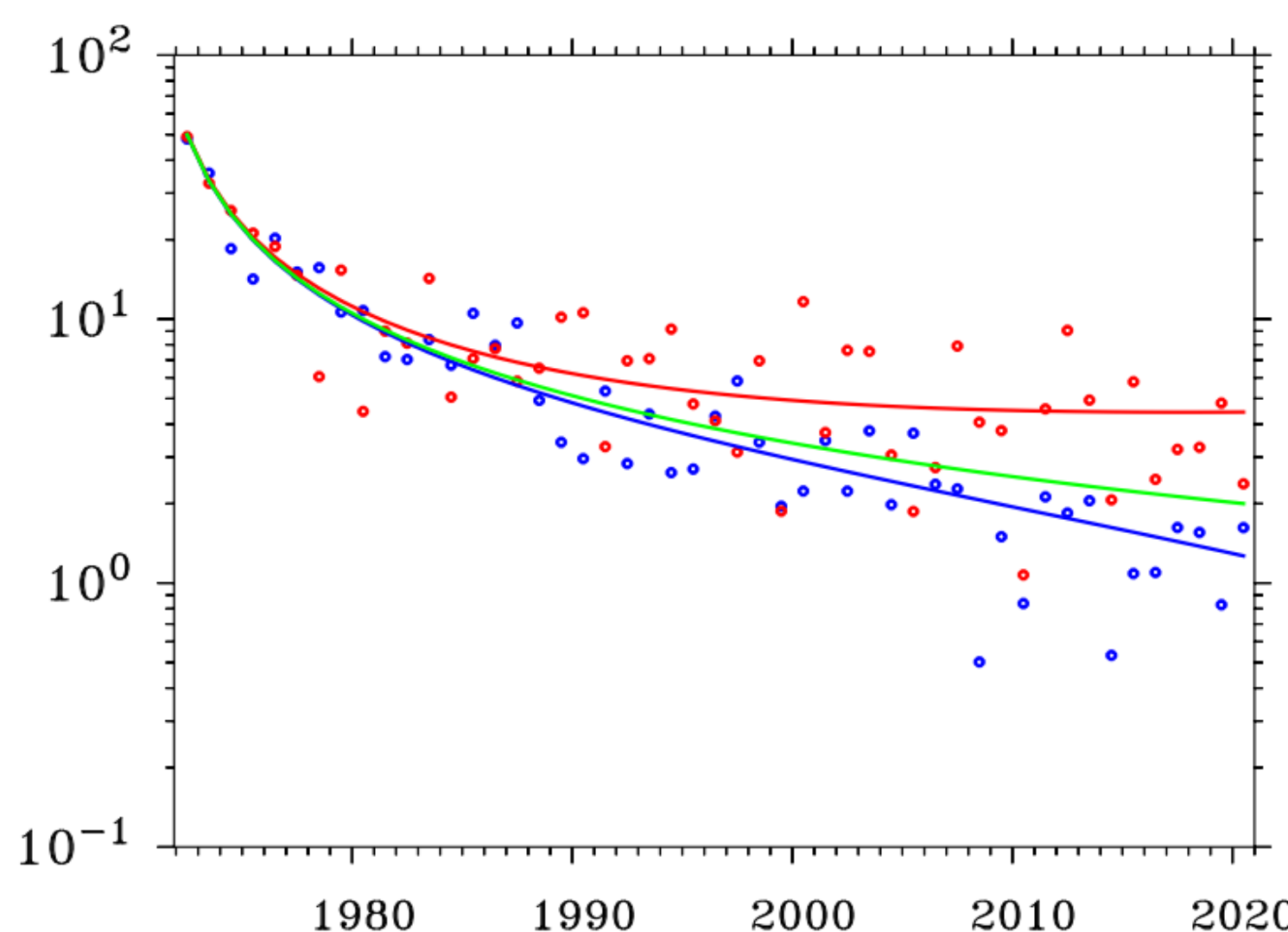
regionális modell	meghajtó modell
RCA4	CNRM-CM5
	EC-EARTH
	IPSL-CM5A-MR
RCA4	NorESM1-M
	CNRM-CM5
	EC-EARTH
RegCM4-3	HadGEM2-ES
	MPI-ESM-MR

3. Rekorddöntések

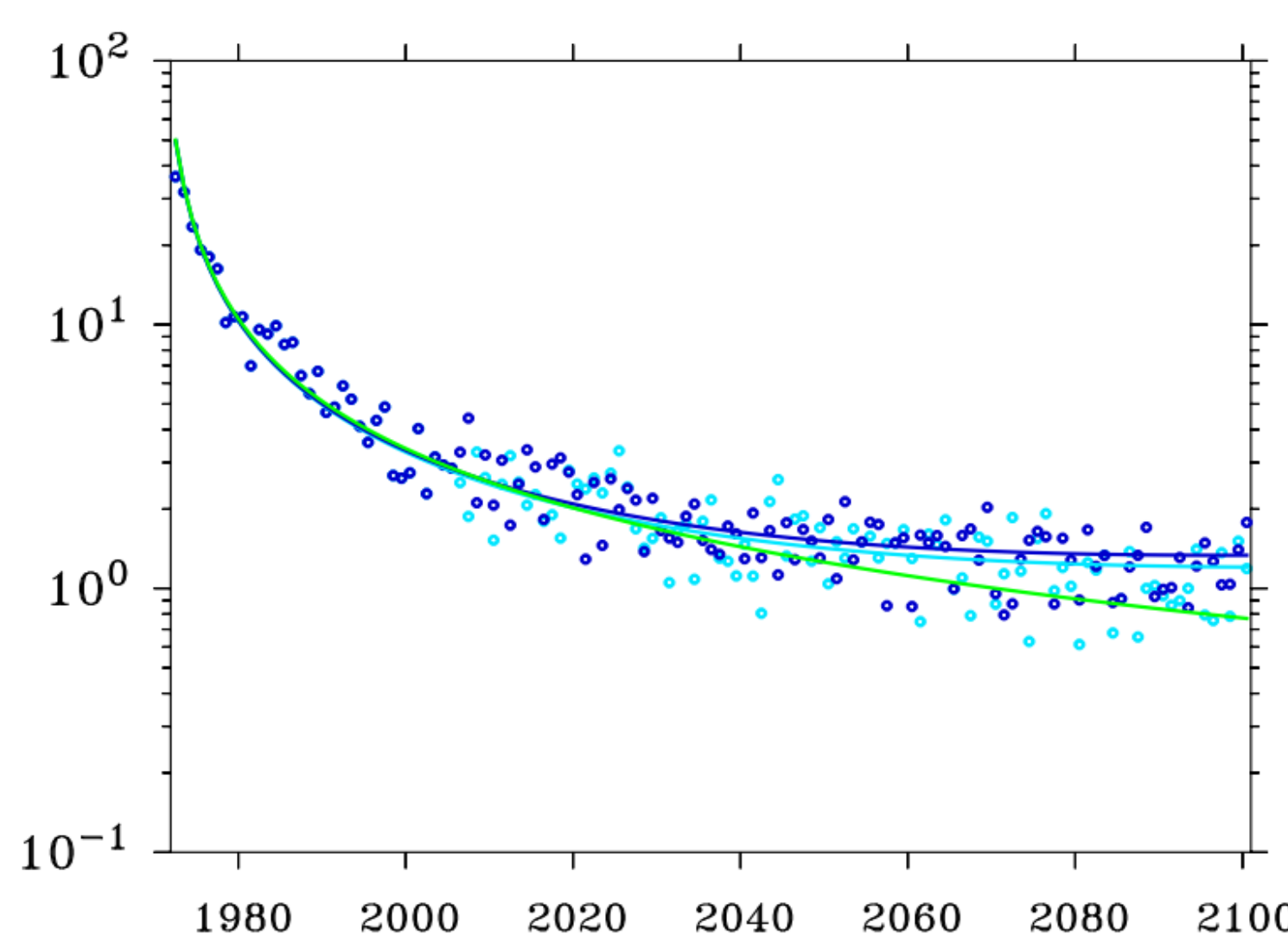
A hőmérsékleti vagy csapadékrekorok a változó átlagában történt elmozdulás vagy a korábbi természetes változékonyság átalakulása miatt dőlhetnek meg. Előbbi egyértelműen az emberi tevékenységnek tulajdonítható, míg utóbbi lehet az éghajlati rendszer visszacsatolásainak következménye is. A hazánkban 1971 után megfigyelt és modellezett napi minimum-, maximumhőmérsékleti és csapadékrekorok alakulását elemezzük a poszter ezen részében.



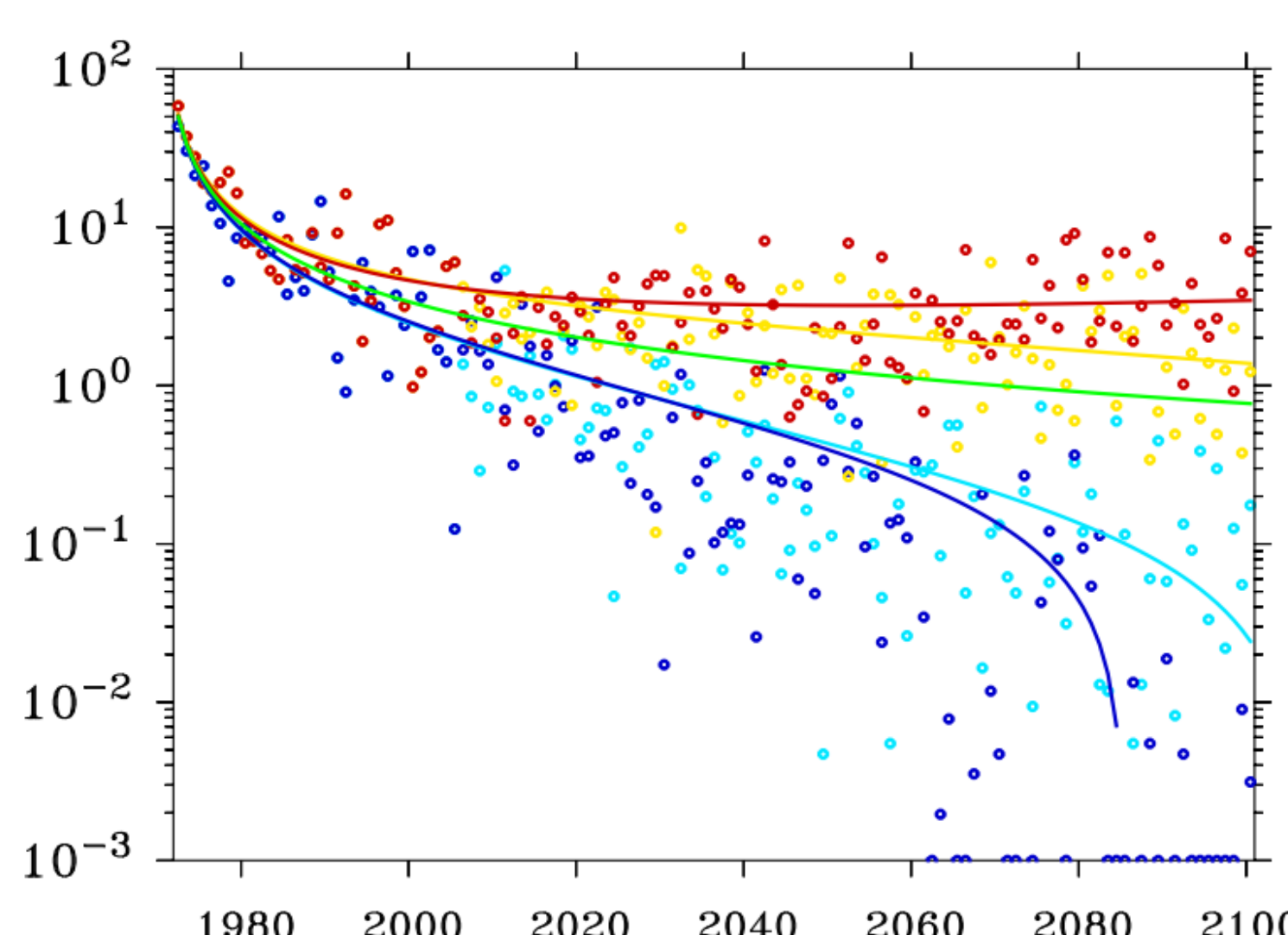
Mért extrém napi csapadékrekorok adott éven és országon belüli aránya [%] és trendje az 1971–2020 időszakban.
Kék: mért érték, zöld vonal: változatlan klíma.
A skála logaritmikus.



Mért extrém napi hőmérsékleti rekordok adott éven és országon belüli aránya [%] és trendje az 1971–2020 időszakban.
Kék: minimum-, piros: maximumrekord, zöld vonal: változatlan klíma.
A skála logaritmikus.



Modellezett extrém napi csapadékrekorok adott éven és országon belüli aránya [%] és trendje az 1971–2100 időszakban.
Világoskék: RCP4.5 meghajtás, sötétkék: RCP8.5 meghajtás, zöld vonal: változatlan klíma.
A skála logaritmikus, modell: RCA (IPSL-CM5).



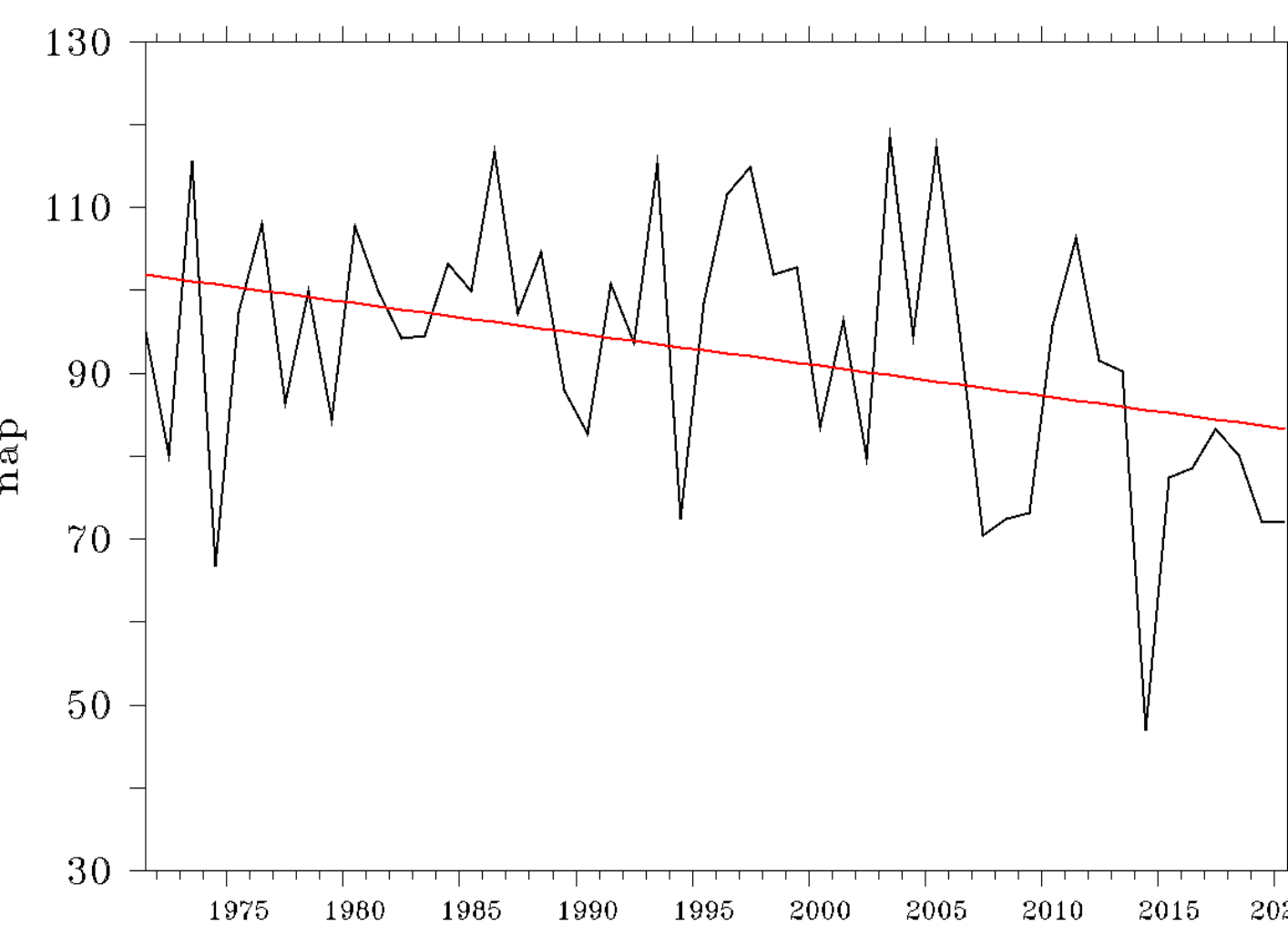
Modellezett extrém napi hőmérsékleti rekordok adott éven és országon belüli aránya [%] és trendje az 1971–2100 időszakban.
Világos/sötétkék: RCP4.5/RCP8.5 minimum-, sárga/piros: RCP4.5/RCP8.5 maximumrekord, zöld vonal: változatlan klíma.

A hazai mérések szerint az elmúlt 15 évben néhány év kivételével a teoretikusnál több napon vagy nagyobb területen dőltek meg korábbi csapadékrekorok. A meleg hőmérsékleti rekordokból pedig már az 1990-es évektől van jelentősen több, mint a hideg rekordokból. A meleg- és hidegrekorok megdőlési aránya jelenleg 3 körül van, mely a globális (2) értéknél kissé magasabb, azaz a felmelegedés hazánkban gyorsabb ütemű.

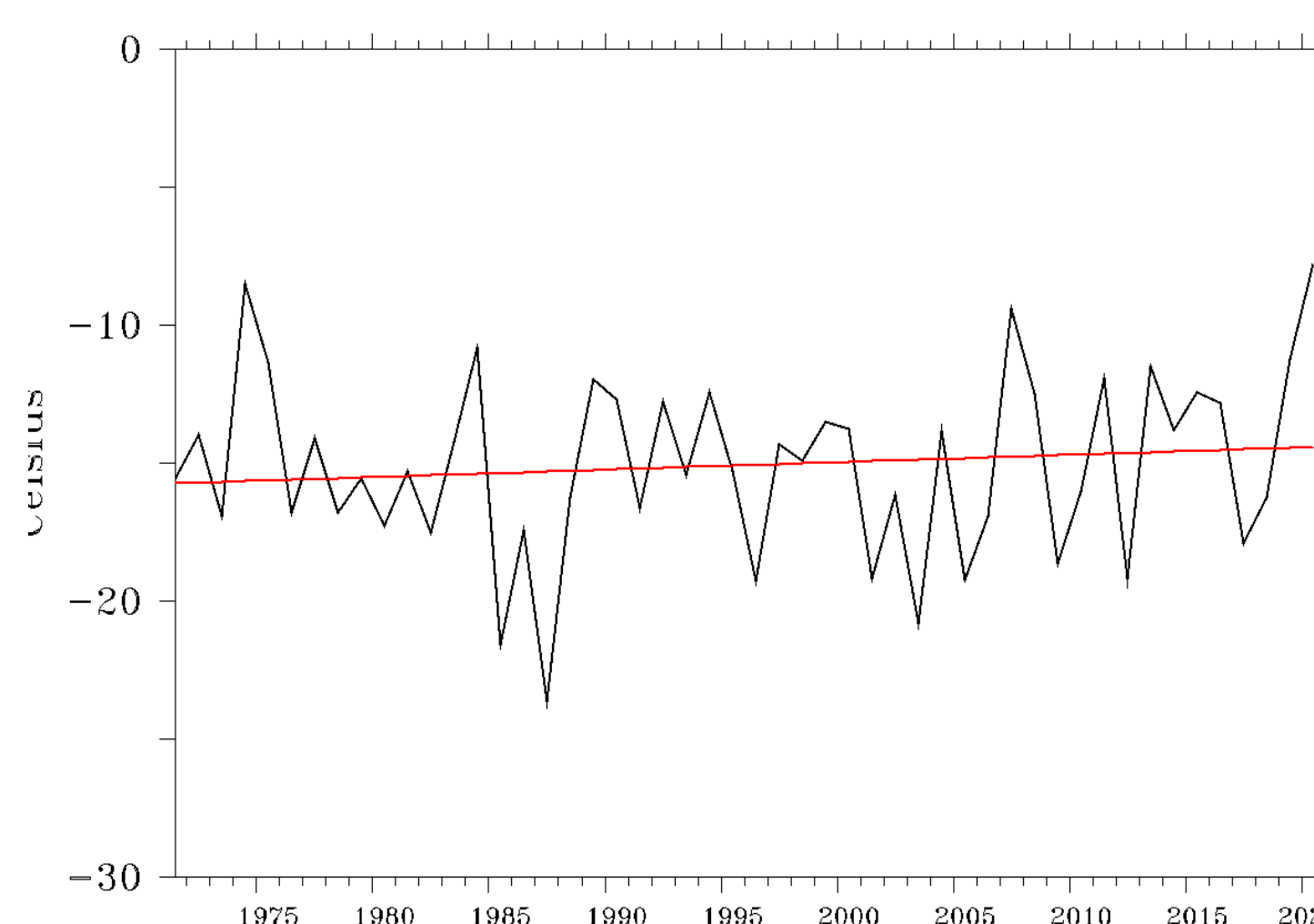
A jövőben a vizsgált regionális klímamodell szerint további csapadékrekorok várhatóak, melyek a pesszimista forgatókönyv szerint gyakoribbak lesznek. A hőmérsékleti emelkedés olyannyira felgyorsulhat, hogy a hidegrekorok akár el is tűnhetnek, míg a melegrekordok a pesszimista forgatókönyv szerint még többször fordulnak majd elő.

2. Megfigyelt trend és attribúció

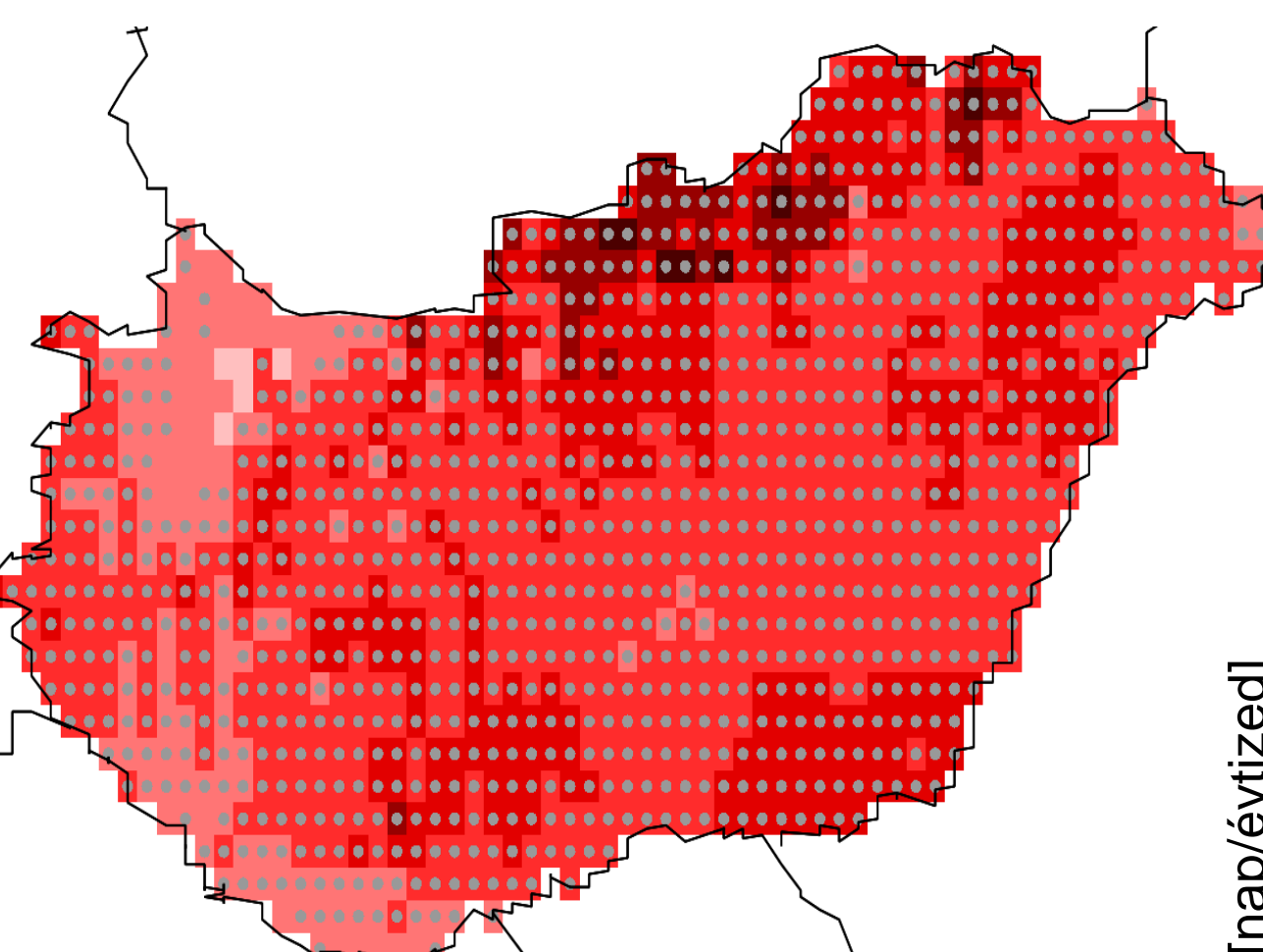
Két hideghez köthető indikátort választottunk ki a téli időszak extrémumainak vizsgálatához: a fagyos napok számát és az éves abszolút minimumhőmérsékletet. Példaként az ezekre kapott eredményeket mutatjuk be a poszteren.



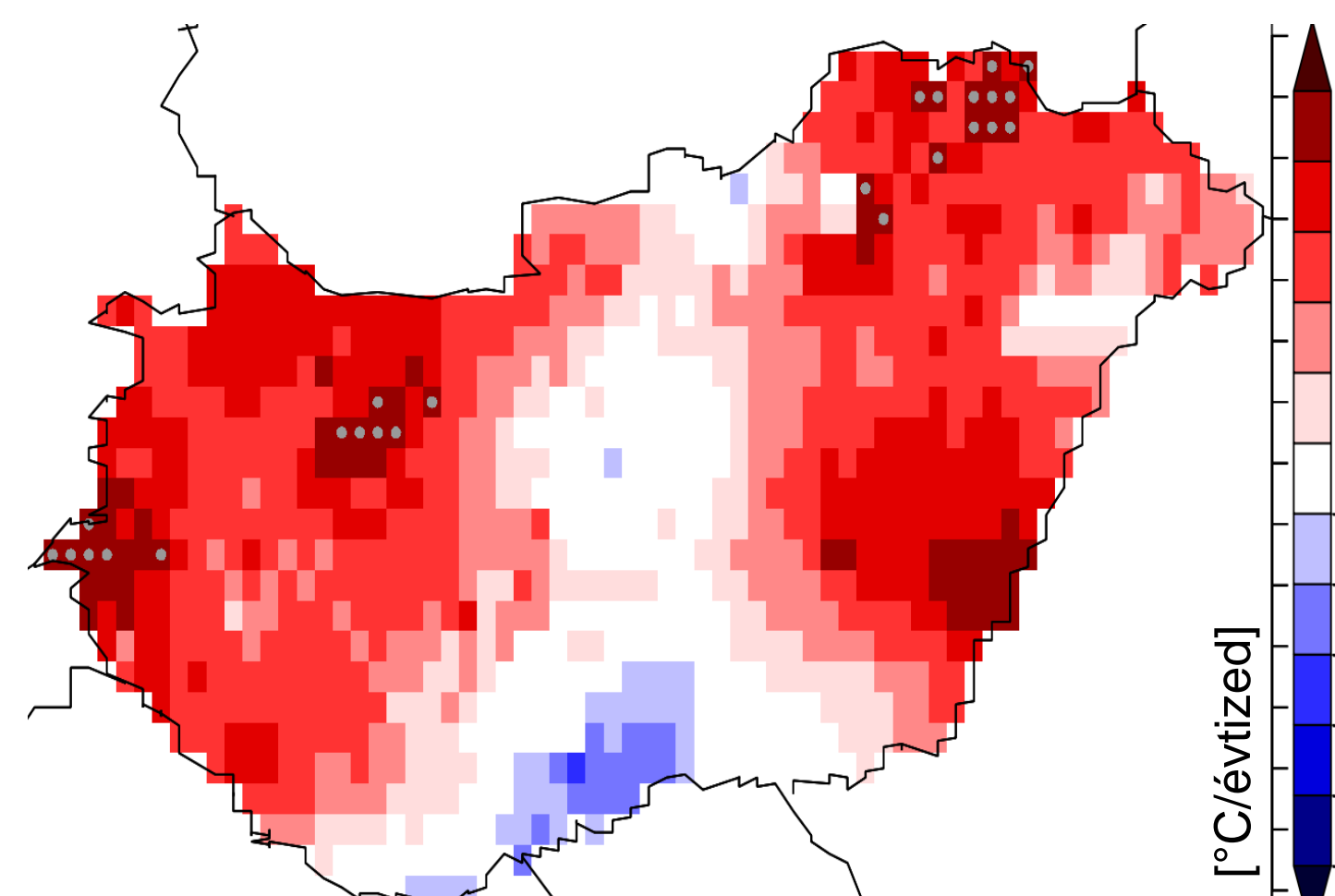
A fagyos napok számának megfigyelt országos éves átlagai és az illesztett lineáris trend az 1971–2020 időszakban (trend: -4 nap/évtized, 0,9 megbízhatósági szinten szignifikáns)



A megfigyelt éves abszolút minimumhőmérséklet országos átlagai és az illesztett lineáris trend 1971–2020 időszakban (trend: +0,3 °C/évtized, 0,9 megbízhatósági szinten nem szignifikáns)



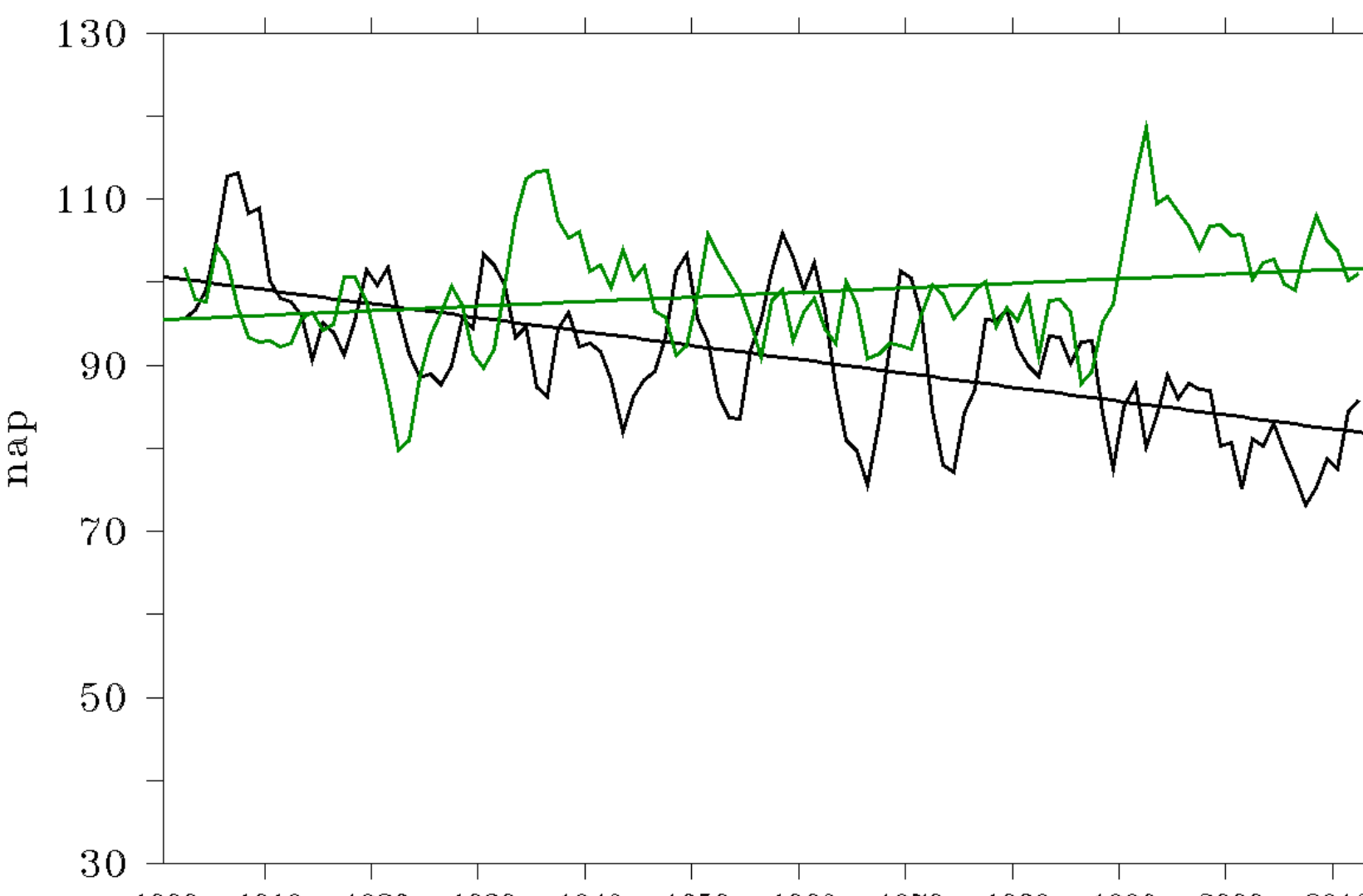
A fagyos napok megfigyelt számának rácsponti idősoraira illesztett lineáris trend az 1971–2020 időszakban (pöttyözés: 0,9 megbízhatósági szinten szignifikáns)



A megfigyelt éves abszolút minimumhőmérséklet rácsponti idősoraira illesztett lineáris trend 1971–2020 időszakban (pöttyözés: 0,9 megbízhatósági szinten szignifikáns)

A fagyos napok éves száma országos átlagban jelentősen, közel 20 nappal csökkent a megfigyelések szerint az elmúlt 50 évben. Ez a csökkenés országos átlagban és az ország ÉNY-i tizedét leszámítva szignifikáns. A legerőteljesebb csökkenés (30 nap/50 év) az Északi-középhegységben volt.

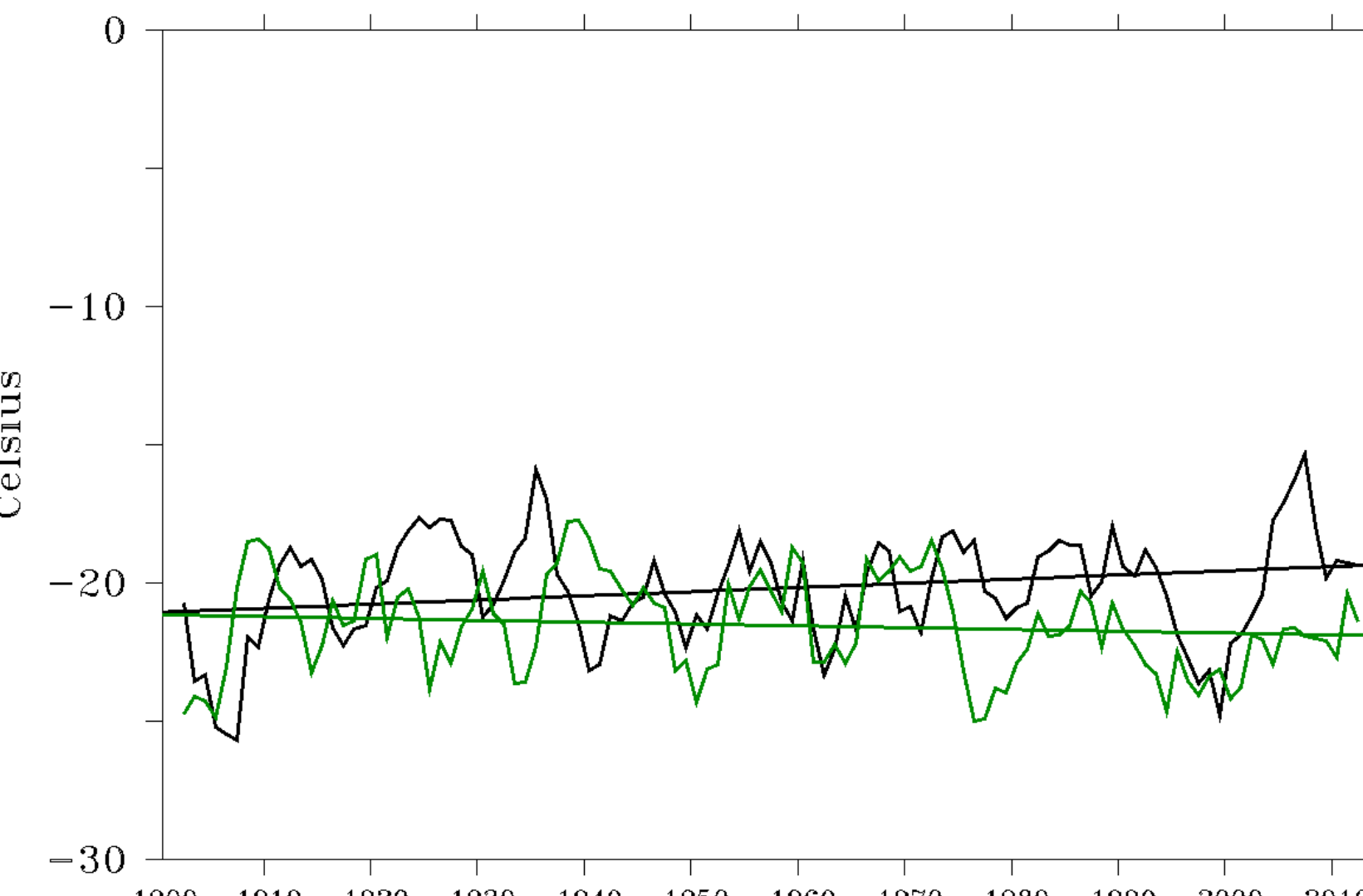
Az éves abszolút minimumok tekintetében az elmúlt 50 évben megfigyelhető egy gyenge pozitív trend, de ez sem országos átlagban, sem az ország nagy részén nem szignifikáns. Sőt, az ország középső harmadában csökkenő vagy nem figyelhető meg trend.



A fagyos napok éves számának alakulása Magyarországra (területi átlag) és az illesztett lineáris trend 1900–2014 időszakra a CanESM5 klímamodell természetes (zöld) és az emberi tevékenység megfigyelt kényszereit (fekete) figyelembe véve szimulációiban.

(A két adatsor eloszlása szignifikánsan különbözik egymástól 0,9 megbízhatósági szinten, és a trend is szignifikánsan eltérő.)

Az idősorra 5-elemű mozgó ablakot alkalmazó simítást végeztünk.



Az éves abszolút minimumhőmérséklet alakulása Magyarországra (területi átlag) és az illesztett lineáris trend 1900–2014 időszakra a CanESM5 klímamodell természetes (zöld) és az emberi tevékenység megfigyelt kényszereit (fekete) figyelembe véve szimulációiban.

(A két adatsor eloszlása szignifikánsan különbözik egymástól 0,9 megbízhatósági szinten, és a trend is szignifikánsan eltérő.)

Az idősorra 5-elemű mozgó ablakot alkalmazó simítást végeztünk.

A vizsgált klímamodell a megfigyeléssel összevetve országos átlagban közel helyes értéket ad a fagyos napok és az éves minimumok tekintetében. A trendek a modellben mind a teljes időszakban, mind a megfigyeléssel közös időszakban kisebbek, mint a megfigyelt értékek.

A fagyos napok megfigyelt, jelentős negatív trendjét a klímamodell csak az emberi tevékenységet figyelembe véve szimulációiban képes reprodukálni, a változás nem lehet a természetes ingadozás része (attól szignifikánsan eltérő). Az éves minimumhőmérséklet esetében kisebb (de szignifikáns) a természetes kényszerekkel meghajtott szimulációtól vett eltérése, de mivel a megfigyelésben sem szignifikáns ez a trend, ezért csak valószínűsíthető, hogy az emberi tevékenységek hatásának tekinthető a változás.

Zárszó

- Az emberi tevékenység okozta éghajlatváltozás következtében statisztikailag kimutathatóan változik több éghajlati indikátor hazánkban is. Ezek felismerése és további vizsgálata kiemelten fontos.
- Az itt bemutatott kutatás szeptemberben indult, és elsődlegesen egy széleskörű közönség éghajlatváltozási tájékoztatását tűzte ki célul.

Irodalomjegyzék

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). Attribution of Extreme Weather Events in the Context of Climate Change. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/21852>.
Dittus, A. J., Karoly, D. J., Lewis, S. C., Alexander, L. V., Donat, M. G. (2016). A Multiregion Model Evaluation and Attribution Study of Historical Changes in the Area Affected by Temperature and Precipitation Extremes. Journal of Climate, 29(23), 8285-8299.
van Oldenborgh, G.J., van der Wiel, K., Kew, S., Philip, S., Otto, F., Vautard, R., King, A., Lott, A., Arrighi, J., Singh, R., van Aalst, M. (2021). Pathways and pitfalls in extreme event attribution. Climatic Change 166, 13. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03071-7>

Köszönetnyilvánítás

A jelenlegi kutatás megvalósulását a European Climate Foundation G-2108-62486 számú projektje és az IS-ENES 3 Analysis Platforms bk1088 projektje teszi lehetővé.