

MEGFIGYELT ÉGHAJLATI VÁLTOZÁSOK MAGYARORSZÁGON

OBSERVED CLIMATE CHANGE IN HUNGARY

Lakatos Mónika, Bihari Zita, Izsák Beatrix, Marton Annamária, Szentes Olivér

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.

lakatos.m@met.hu, bihari.z@met.hu, izsak.b@met.hu, marton.a@met.hu, szentes.o@met.hu

Összefoglaló: A megfigyelt hazai éghajlati változások összhangban alakulnak a tágabb környezetünkben tapasztalható tendenciákkal. Az OMSZ éghajlati adatbázisa alapján készült, ellenőrzött, homogenizált, reprezentatív adatokon végzett tendencia elemzések szerint a múlt század eleje óta 2020-ig 1,2 °C-os az országos átlaghőmérséklet emelkedés. 1901 és 2020 között a nyarak melegedtek leginkább, 1,3 fokkal, legkevésbé az őszyk (1 °C), míg a tavaszok és a telek melegedése is jelentős (1,2 °C). A melegedéssel együtt kevesebb a fagyos nap, mint a XX. század elején: 1901-től 2020-ig 19 nappal országos átlagban. Leginkább a meleg hőmérsékleti szélsőségek gyakoribbá válásában mutatkoznak meg az éghajlatváltozás jelei hazánkban. A legutóbbi 40 évben igen intenzív melegedésnek vagyunk tanúi. A hóhullámos napok a kisalföldi és a dél-alföldi régiókban gyarapodtak leginkább, több mint kéthetes a növekedés 1981-től az említett területeken. A csapadék-változások kevésbé egyértelműek. Az évi összeg kismértékben, 4%-kal csökkent, tavasszal 17%-kal hullik kevesebb, mint a századelőn, az őszi fogyás is meghaladja a 10%-ot. Téli és nyári növekedni látszanak az évszakos összegek 1901-től. Fontos hangsúlyozni, hogy csak a tavaszi csökkenés szignifikáns 90%-os megbízhatósággal. A legutóbbi 40 évben viszont az évi összeg növekedése eléri a szignifikáns mértéket. Nyáron közel 20%-kal, ősszel és télen pedig 27, illetve 22%-kal hullik több 1981 óta, noha ezek a változások még nem szignifikánsak. Kevesebb csapadékos napot tapasztalunk, 17 napos a csökkenés 1901-től; hosszabbá váltak a száraz időszakok, átlagosan 4 nappal a múlt század elejétől. Intenzívebb a nyári csapadék, országos átlagban 1,4 mm-rel jut több 1 napra 1901-től. Az 1981–2020 időszakban a nyári intenzitás több területen megnövekedett, jellemzően az ország középső és északi részein, helyenként 3 mm/napot meghaladó mértékben.

Az utóbbi évtizedeket jellemző magas pozitív hőmérsékleti anomáliák és a szélsőségesebbé váló csapadékviszonyok is indokolják az éghajlati állapot folyamatos nyomon követését. A tágabb környezetünkben, így a Kárpát-medencében jelentkező változásokat is figyelemmel kell kísérni a sikeres alkalmazkodási stratégia kialakításához a régióban.

Abstract: The observed climate changes in Hungary are in good accordance with the climatic trends in our wider environment. According to trend analyses based on quality controlled, homogenized, representative dataset derived from the measurements stored in the climate database of OMSZ (Hungarian Meteorological Service) climate database, the countrywide average temperature has been increased by 1.2 °C since the beginning of the last century. Between 1901 and 2020, summers warmed the most, by 1.3 degrees; the smallest temperature increase is in autumn (1 °C), while spring and winter warming were also significant. Due to the warming, there are fewer frost days than in the beginning of the XX. century: less by 19 days from 1901 to 2020 on a countrywide average. Heatwaves occur more frequently in the recent decades. The warming is very intense in the last 40 years. The heatwave days increased the highest on the Little Hungarian Plain and the lowland and southern Great Hungarian Plain regions, with more than two weeks of growth since 1981 in those areas. Precipitation changes are less clear. The annual amount has decreased slightly, by 4%, in the spring it falls by 17% less than at the turn of the last century, and the decrease in autumn also exceeds 10%. The seasonal sum appear to increase from 1901 in winter and summer. It is important to emphasize that only the spring decrease is significant with 90% confidence. In the last 40 years, however, the increase in the annual amount has reached a significant rate. It has fallen by almost 20% in summer and 27% and 22% more in autumn and winter, respectively, since 1981, although not significantly with 90% confidence. There were fewer rainy days, a 17-day decline from 1901, and the dry periods became longer with 4 days in countrywide average from the beginning of the last century. The summer precipitation is more intense, 1.4 mm more fall in 1 day from 190 in average. Between 1981 and 2020 the summer intensity increased in several areas, typically in the central and northern parts of the country, in some places exceeding 3 mm / day.

The high positive temperature anomalies of recent decades and the increasing extreme rainfall conditions justify continuous monitoring of the climate. Changes in our wider environment, including the Carpathian Basin, must also be monitored in order to develop a successful adaptation strategy in the region.

Bevezetés. A XIX. század végétől nagy számban rendelkezésre álló rendszeres mérések, időjárási megfigyelések megmutatják, hogy miként változik a bolygónk klímája a mélyóceánoktól a magas hegycsúcsokig, a sarkvidékektől a trópusokig. Az éghajlatváltozás legnyilvánvalóbb tünete és indikátora is egyben a felszíni átlaghőmérséklet emelkedése. A 2021-es globális átlaghőmérséklet (január-

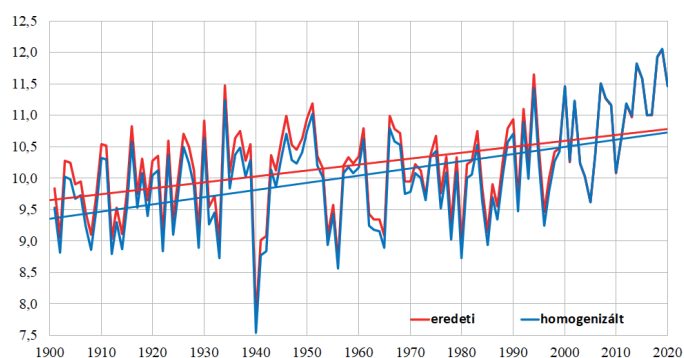
szepemberi adatok alapján) körülbelül 1,09 °C-kal haladta meg az 1850–1900 időszakkal jellemezett iparosodás előtti időszak átlagát (WMO, 2021). A változó éghajlati körülményeknek még számos egyéb jelét tapasztaljuk ezen kívül, áll az IPCC legújabb, 6. értékelő jelentésében (IPCC, 2021). Bizonyos éghajlati szélsőségek amplitúdója megnőtt, illetve gyakoribbá váltak. A melegedés nem egyenletesen

oszlik el a Földön a mérések szerint: az északi félteke magasabb szélességei és a sarkvidék tájéka melegszik jobban. Európa is gyorsabban melegszik a globális átlagnál (EEA, 2017). Az éghajlatváltozás várhatóan jelentős következményekkel jár a Kárpát-medencében és annak tágabb környezetében a természetes ökoszisztémákra és minden termelő szektorra. A hatásokra való felkészülés tehát szükségszerű a hatások kivédéséhez, illetve csökkentéséhez. Az eredményes alkalmazkodáshoz elengedhetetlen a már megtapasztalt és jelenleg is zajló változások irányának és mértékének ismerete, melynek feltérképezéséhez alapvetően az OMSZ adatarchívumában összegyűjtött, illetve digitálisan is rendelkezésre álló mérésekre támaszkodhatunk. Ezek statisztikus klimatológiai eszközökkel történő feldolgozása és elemzése során megbízható következtetéseket vonhatunk le a közelmúlt és a jelen éghajlati viszonyairól, trendjeiről. Írásunkban bepillantást adunk az Olvasónak az OMSZ Éghajlati Osztályán végzett éghajlati monitoring tevékenységbe, és egy általános képet adunk a szinte naprakész hazai hőmérsékleti és csapadék tendenciákról.

Adatkezelési eljárások. A meteorológiai mérési adatsorok elemzésével megismerhetjük, és folyamatosan nyomon követhetjük Magyarország éghajlatának jellemzőit, ezeken tetten érhetjük az éghajlat hosszú távú megváltozásának jeleit. Az OMSZ adatarchívumában tárolt – korábban évkönyvekben, ma már digitálisan rendezett – adatok biztosítják az ország éghajlatát vizsgáló kutatások és egyéb környezeti értékelések hiteles alapját.

A szervezett meteorológiai mérések kezdete óta a műszerek, a mérési körülmények és a mérések időpontjai is többször változtak. A változó mérési körülmények olyan indokolatlan törést, úgynevezett inhomogenitást okozhatnak a mért adatsorokban, melyek nem magyarázhatók az éghajlat természetes változékonyságával. Ezáltal téves következtetésekre vezetnek a nyers adatsorokon végzett éghajlati elemzések. (Izsák, 2021).

Az adatsorok nem csak inhomogenitással terheltek, előfordulnak adathiányok és hibás értékek, e három problémát kezeli együttesen az OMSZ-ban kifejlesztett, matematikailag megalapozott, nemzetközileg is elismert MASH-módszer (Multiple Analysis of Series for Homogenization) (Szentimrey, 1999). Használata lehetővé teszi, hogy egy-egy



1. ábra. Az eredeti és a homogenizált országos középhőmérséklet alakulása 1901-től 2020-ig. A nyers adatok $1,12\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os, míg a homogenizáltak $1,21\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os emelkedést jeleznek.

állomás adatsorait úgy vizsgálhassuk, mintha a mérések mindig a jelenlegi mérőhelyen, azonos körülmények között folytak volna (1. ábra).

Az adatminőség mellett a mérőhálózatok fontos ismértve, hogy a mérőállomások adataiból milyen pontosan tudjuk reprodukálni a meteorológiai mezők térbeli eloszlását. A mérőhálózatból származó mérésekből interpolációval becslést adhatunk a méréssel nem rendelkező helyeken a különböző meteorológiai paraméterek értékére. Így az egész országra kiterjedően pontos térképeket készíthetünk. Az OMSZ-ban kidolgozott, kifejezetten meteorológiai elemek interpolációjára készült eljárás a MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized data bases) (Szentimrey és Bihari, 2007). Az országos évi középhőmérsékletek sora például úgy áll elő, hogy a MISH eljárással az egész országot lefedő rácshálóra interpoláljuk az ellenőrzött, homogenizált évi középhőmérsékleteket, majd ezeket átlagoljuk az összes rácspontra évente. Ezzel az eljárással pontosabb becslést kapunk az évi középhőmérsékletre, mintha egyszerűen csak az állomási értékeket átlagolnánk. Elemzéseinkhez a MASH eljárás alkalmazása garantálja az időbeli, míg a MISH eljárás alkalmazása a térbeli reprezentativitást.

Felhasznált adatok és éghajlati indexek. Az éghajlati monitoringhoz a lehető legtöbb mérőállomás adatát használjuk. Mivel az OMSZ mérőhálózata folyamatosan változott, és változik ma is, így különböző időszakokra és elemekre más-más állomásrendszerek állnak rendelkezésre. A középhőmérséklet vizsgálatához 1901-től 33, 1951-től 55, 1975-től 114, míg a csapadék esetében 1901-től 131, 1951-től 461 állomás adatait dolgoztuk fel. A két alapvető éghajlati paraméterre bemutatjuk az éves és évszakos változásokat. Ezek mellett több éghajlati index alakulását is vizsgáltuk, ugyanis a klímaváltozás jellemzésének része a meteorológiai változók napi értékeiből származtatott szélsőség indexek, illetve éghajlati indikátorok elemzése, pl. hogy hogyan alakul a hóhullámos napok száma. Ezek megváltozása számos területen (pl. emberi egészség, mezőgazdaság) jelentősebb hatást fejt ki, mint a havi vagy évszakos átlagok módosulása, ezért vizsgáltuk a célzott felkészülési tervek kialakításához. Ezek számszerűsítése éghajlati indexek segítségével történik, melyeket a meteorológiai változók (elsősorban a hőmérséklet és a csapadék) napi minimum, átlag-, maximum értékeiből vagy összegeiből származtatunk. A leggyakrabban használt indexek egy adott küszöbérték átlépésének gyakoriságát vagy a felett, illetve alatt tartózkodás időtartamát jellemzik, pl. hóhullámos napokon a napi átlaghőmérséklet eléri a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, vagy a száraz időszakokban a napi csapadék összege nem haladja meg az 1 mm -t. Az éghajlati indexek gyakran írnak le szélsőségeket (Lakatos et al., 2012), melyek statisztikai értelemben a meteorológiai változók eloszlásfüggvényének alsó és felső végein felvett, ritkán előforduló értékek (pl. a hazánkban évi néhány alkalommal bekövetkező forró napok). Ugyanakkor néhány klímaindexet azért vizsgálunk, mert a globális változások kiemelt indikátorai. Ilyen például a fagyos nap (amikor a minimumhőmérséklet nem éri el a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot), ami Magyarországon átlagosan az év negyedében előfordul,

szélsőséget csak a késő tavaszi, illetve a kora őszi időszakban jellemez. Az itt tárgyalt éghajlati indexeket az 1. táblázat foglalja össze.

Index neve	Definíció
Fagyos nap	A napi minimumhőmérséklet 0 °C alatt marad
Hóhullámos nap	A napi átlaghőmérséklet eléri a 25 °C-ot
Csapadékos nap	A napi csapadékösszeg meghaladja az 1 mm-t
Extrém csapadékos nap	A napi csapadékösszeg meghaladja a 20 mm-t
Csapadékintenzitás	A csapadékösszeg és a csapadékos napok számának hányadosa
Száraz időszak maximális hossza	A leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg nem éri el az 1 mm-t

1. táblázat: A vizsgált éghajlati indexek.

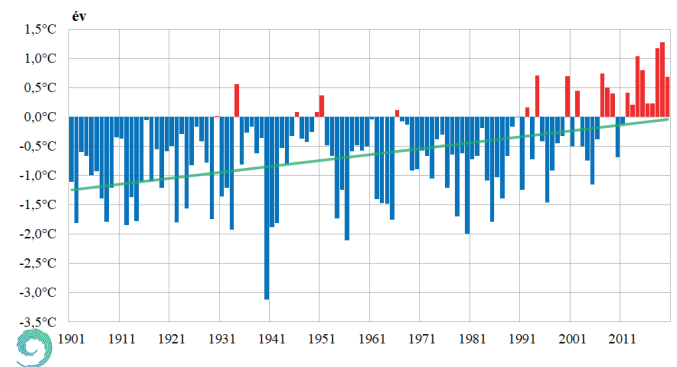
Trendbecslés módszertana. A hőmérsékleti változások becslésére lineáris trendillesztést alkalmaztunk. A csapadék-változásokat pedig exponenciális trenddel becsültük, majd átszámítottuk százalékos változásra. A csapadék-változásokat ugyanis szemléletesebbé teszi a százalékos változás, mint a lineáris közelítésből adódó, milliméterben kifejezett csökkenés vagy növekedés. A trendillesztést az 1981–2020 és az 1901–2020 időszakokra végeztük el. A legutóbbi 40 évre azért esett a választásunk, mert ez a legintenzívebb globális melegedés időszaka, ez írja le legjobban a jelenleg tapasztalható tendenciákat. A 120 év pedig az időszak egésze, amit vizsgálunk, az erre számolt becslések a legpontosabbak.

A változások jellemzésére több lehetőség is van. A trendegyenes meredeksége önmagában az egy évre eső változás, ez adja meg a változás gyorsaságát. Gyakran találkozhatunk ennek tízszeresével (decadal change) éghajlati értékelőkben, ha a változás ütemét helyezik a középpontba. Az Éghajlati Osztályon készült elemzéseinkben rendszerint a „teljes időszak alatti változás”-ra adunk becslést, ami a trendérték és a változás időszakának a szorzata. Ezzel kifejezőbbé tehető a bekövetkezett változások mértéke, ami különösen fontos a döntéshozók számára készült elemzésekben.

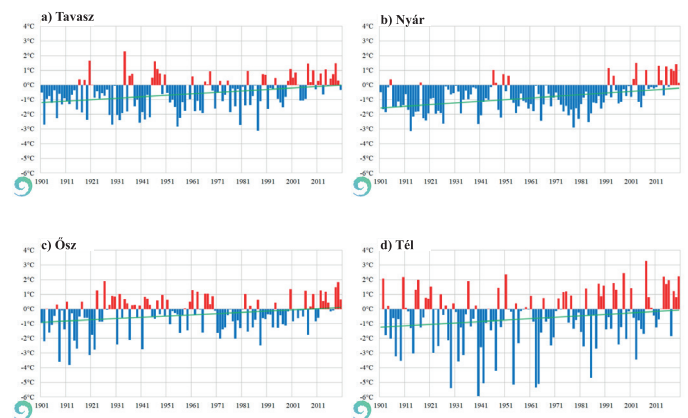
A becslés statisztikai értelemben vett megbízhatóságát a változás 90%-os megbízhatósági (konfidencia) intervallumának megadásával jellemezzük. Ez azt jelenti, hogy a változás ebbe az intervallumba esik 0,9 valószínűséggel, alsó határa a „legalább”, felső határa pedig a „legfeljebb” bekövetkezett változást jelenti. Nem szignifikáns a változás 90%-os megbízhatósággal, ha az intervallum tartalmazza a 0-t, vagyis sem egyértelmű emelkedést, sem pedig egyértelmű csökkenést nem mutat az adatsor. A trendvizsgálat eredménye nagyban függ a választott időszaktól, annak a kezdetétől és a végétől. A becslés pedig annál pontosabb, minél hosszabb időszakot vizsgálunk, azaz ez esetben kisebb a konfidencia intervallum szélessége. A 120 év alatt előfordultak hidegebb időszakok is,

ezáltal kevésbé meredek a trendegyenes a hosszú sorra, mint 1981-től, amikor egy hidegebb periódus végén intenzív melegedés kezdődött.

Hőmérsékleti változások. Magyarország éves és évszakos középhőmérsékleteinek idősora a globális tendenciákkal összhangban alakul, azonban a kisebb terület miatt nagyobb változékonyságot mutat. A változások szemléltetése érdekében az éves és évszakos értékek anomáliáit, vagyis a jelen éghajlati állapotot leíró, 1991–2020 időszak átlagértékétől való eltéréseit ábrázoljuk grafikonon a 20. század elejétől 2020-ig (2. ábra). A 3. ábra pedig a négy évszak középhőmérsékletének alakulását szemlélteti 1901-től.



2. ábra. Az évi középhőmérsékletek országos átlagának anomáliái (°C) 1901 és 2020 között az 1991–2020 időszak átlagához viszonyítva, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.



3. ábra. Az évszakos középhőmérsékletek országos átlagának anomáliái (°C) 1901 és 2020 között az 1991–2020 időszak átlagához viszonyítva, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.

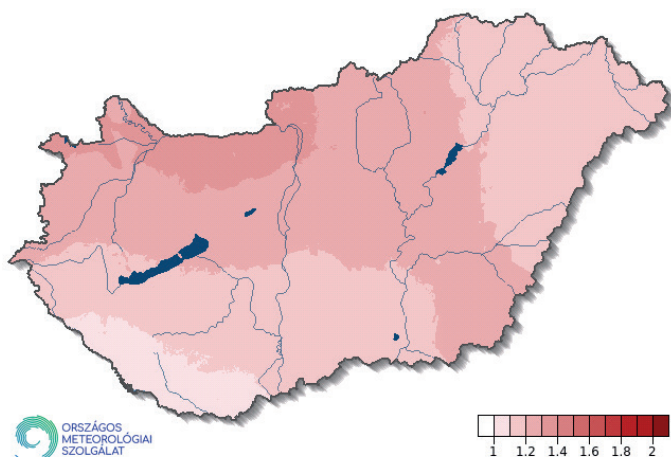
Az éves, valamint az összes évszakos középhőmérsékletekben bekövetkezett emelkedés mindkét vizsgált időszakban szignifikánsnak tekinthető 90%-os bizonyossággal (2. táblázat). Érdekes megfigyelni, hogy a közelmúltban a melegedés mértéke nagyobb volt, mint a teljes 120 év során, aminek a gyorsuló melegedésen kívül az az oka, hogy a teljes időszakban hűlő periódusok is előfordultak.

A melegedés mindkét időszakban az ország egész területén megfigyelhető (4. ábra), de eltérő mértékben. Ahogyan az idősoroknál már említettük, az elmúlt 40 évben a melegedés

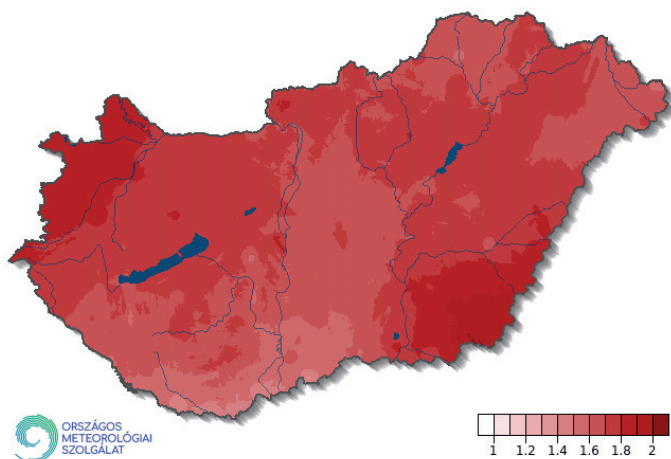
	Átlag 1991-2020 (°C)	Változás 1901-2020 (°C)	Változás 1981-2020 (°C)
Év	10,8	1,2 (0,9-1,6)	1,7 (1,2-2,2)
Tavaszi	11,2	1,2 (0,6-1,7)	1,4 (0,6-2,2)
Nyári	20,8	1,3 (0,9-1,8)	2,1 (1,4-2,8)
Ősz	10,7	1,0 (0,4-1,6)	1,5 (0,7-2,2)
Téli	0,4	1,2 (0,2-2,1)	1,9 (0,4-3,4)

2. táblázat. A magyarországi éves és évszakos középhőmérsékletek országos átlaga, valamint változása az 1901–2020 és az 1981–2020 időszakban a 90%-os megbízhatósági intervallum alsó és felső határával.

Éves Középhőmérsékletek változása 1901-2020 (°C)



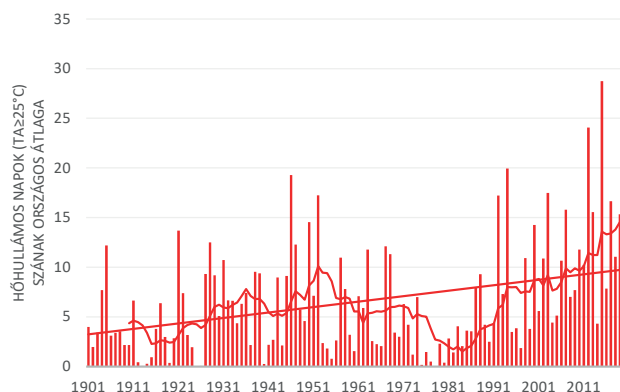
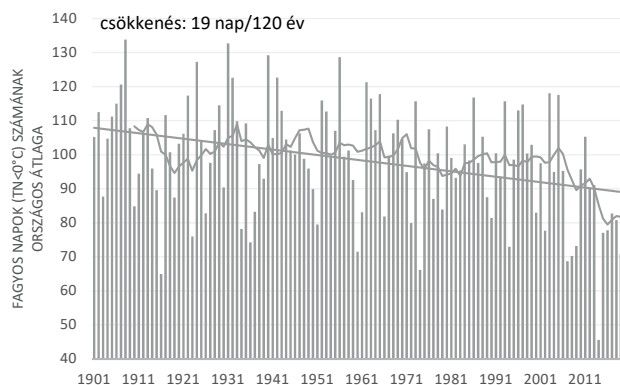
Éves Középhőmérsékletek változása 1981-2020 (°C)



4. ábra. Az évi középhőmérséklet változása az 1901–2020 (fent) és az 1981–2020 (lent) időszakokban.

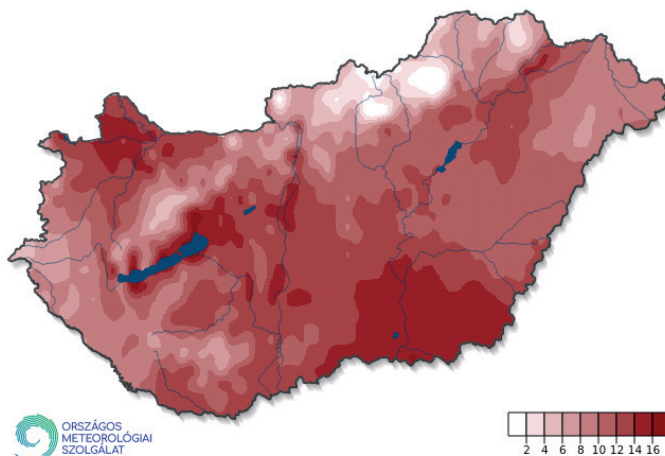
sokkal jelentősebb volt, mint a 120 év egészében, továbbá más a melegedés területi eloszlása is a két periódusban.

Az alacsony, illetve a magas hőmérsékleteken alapuló számos éghajlati index közül kettő alakulását mutatjuk be itt. A fagyos napok számának csökkenése és a hóhullámos napok számának növekedése egyaránt a melegedő tendenciát jelzi (5. ábra). A hűvösebb és a melegebb periódusok az indexek értékeiben is tükröződnek, de fontos kiemelni, hogy a múlt század nyolcvanas éveitől, de még inkább a kilencvenes évektől szembetűnő az extrém meleg időjárás



5. ábra. A fagyos napok (fenn) és a hóhullámos napok (lent) számának országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel 1901 és 2020 között, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.

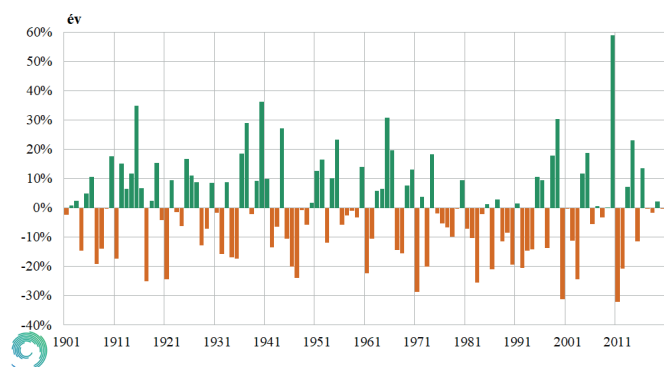
helyzetek gyakoribbá válása. A szélsőséges hőmérsékletekben bekövetkezett szignifikáns változások arra utalnak, hogy a klímaváltozás a magas hőmérsékletekkel kapcsolatos szélsőségek egyértelmű növekedésével és az alacsony hőmérséklettel kapcsolatos szélsőségek egyértelmű csökkenésével járt az elmúlt 120 év során térségünkben. A változások nemcsak 1901-től, hanem 1981-től is szignifikánsak (90%-os megbízhatóság mellett) mindkét vizsgált hőmérsékleti klímaindex esetén. Az ábrákon az évenkénti értékek mellett a tízéves mozgóátlagot is bemutatjuk, ami kiszűri az évek közötti változékonyságot.



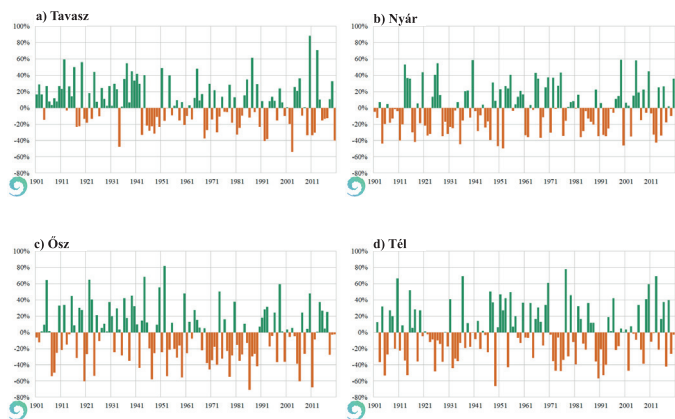
6. ábra. Hóhullámos napok számának változása az 1981–2020 időszakban.

A legutóbbi 40 évben igen intenzív melegedésnek vagyunk tanúi. A hóhullámos napok száma a kisalföldi és a délföldi régiókban emelkedett leginkább, a növekedés 1981-től több, mint kéthetes az említett területeken (6. ábra).

Csapadékváltozások. Magyarországon az évi csapadék mennyisége a 20. század elejétől tekintve némileg csökken, az elmúlt évtizedekben viszont növekedés figyelhető meg. A csapadék évről évre nagy változékonyságot mutat, a több éven át tartó csapadékos vagy száraz időszakok ritkák. Tartósan csapadékos évek az 1910-es években, valamint 1940 körül fordultak elő (7. ábra), hosszabb – csapadékosabb év nélküli – száraz időszak pedig csak az 1980-as évek környékén lépett fel. Az évszakos csapadék-változások (8. ábra) sokkal nagyobb időbeli változékonyságot mutatnak, mint az éves anomáliák időszora.



7. ábra. Az évi csapadékösszeg országos átlagának anomáliái (%) 1901 és 2020 között az 1991–2020 időszak átlagához viszonyítva, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.



8. ábra. Az évszakos csapadékösszegek országos átlagainak anomáliái (%) 1901 és 2020 között az 1991–2020 időszak átlagához viszonyítva, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.

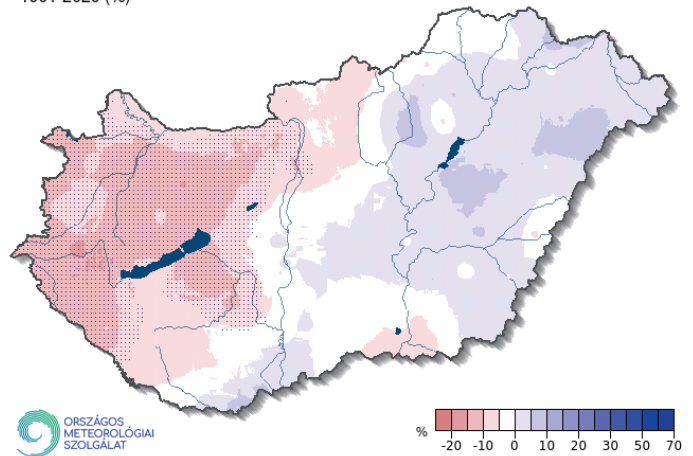
A 3. táblázatban közöljük az országos csapadékösszeg 1991–2020 időszakra vonatkozó sokévi átlagát, valamint a változás mértékét az 1901–2020 és az 1981–2020 időszakokra a 90%-os megbízhatósági intervallum alsó és felső határával. Szignifikáns változásról 1901-től csak a tavaszok esetében, valamint 1981-től az évi csapadékösszegeknél beszélhetünk.

	Átlag 1991-2020 (mm)	Változás 1901-2020 (%)	Változás 1981-2020 (%)
Év	617	-4,0 (-11,5 - 4,1)	16,5 (0,3 - 35,3)
Tavaszi	139	-17,2 (-27,7 - -5,1)	1,7 (-22,8 - 34,0)
Nyári	203	7,2 (-7,6 - 24,5)	19,0 (-7,0 - 52,3)
Őszi	158	-10,6 (-26,4 - 8,6)	27,2 (-9,0 - 77,8)
Téli	116	5,7 (-11,6 - 26,5)	22,4 (-9,2 - 65,0)

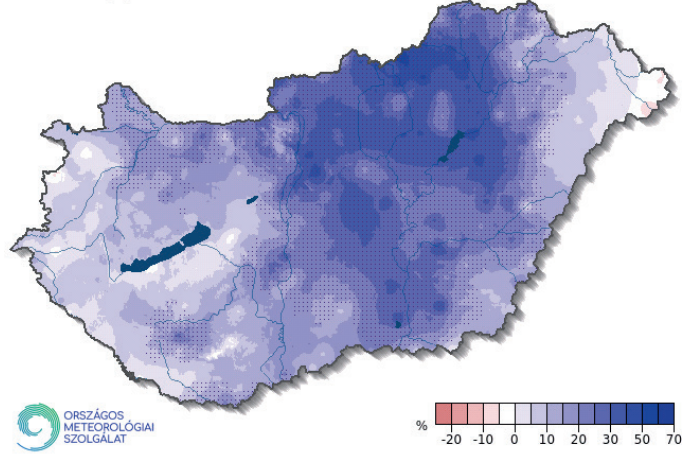
3. táblázat. Az évi és évszakos csapadékösszeg országos átlaga, valamint változása az 1901–2020 és az 1981–2020 időszakban a 90%-os megbízhatósági intervallum alsó és felső határával. (A szignifikáns változást kiemelés jelöli.)

A csapadék nemcsak időben, hanem térben is nagyon változó, így a hosszútávú tendenciákat nehezebb kimutatni, mint a hőmérséklet esetén. Bár összességében Magyarországon az évi csapadék mennyisége a vizsgált 120 év alatt némileg csökken, de az Alföld nagy részén növekedést tapasztalunk (9. ábra). Az elmúlt negyven évben pedig különböző mértékben, az ország egészén növekedés figyelhető meg.

Éves csapadékösszegek változása 1901-2020 (%)

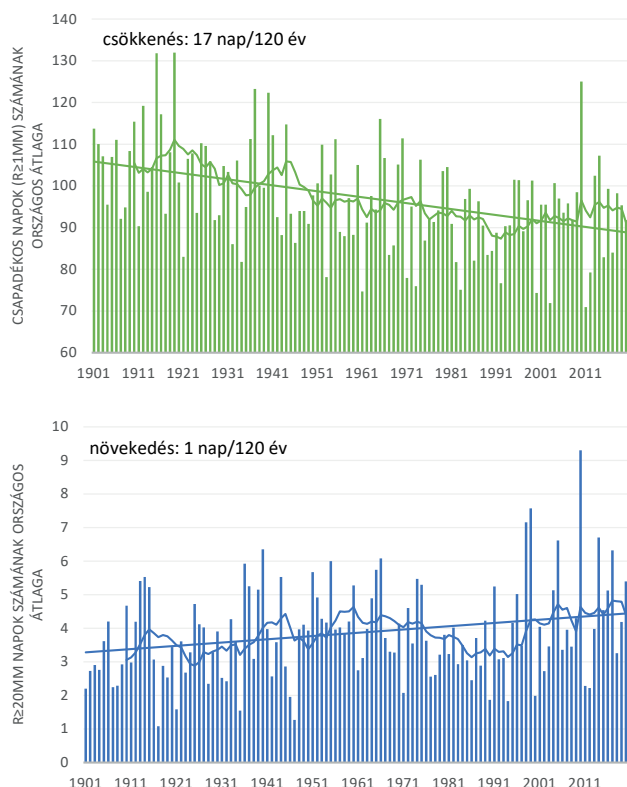


Éves csapadékösszegek változása 1981-2020 (%)

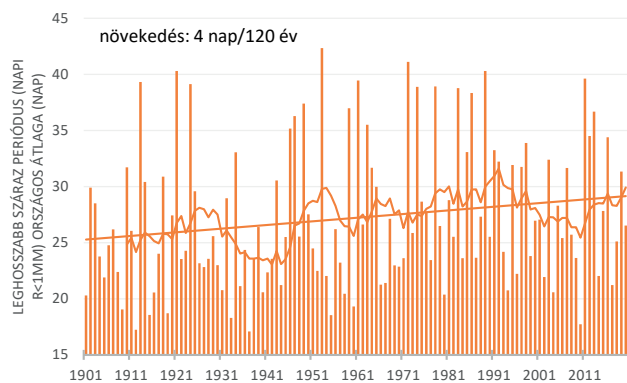


9. ábra. Az évi csapadékösszeg változása (%) az 1901–2020 (fenn) és az 1981–2020 (lenn) időszakokban. A 90%-os megbízhatóság mellett szignifikáns változást fekete pontok jelölik.

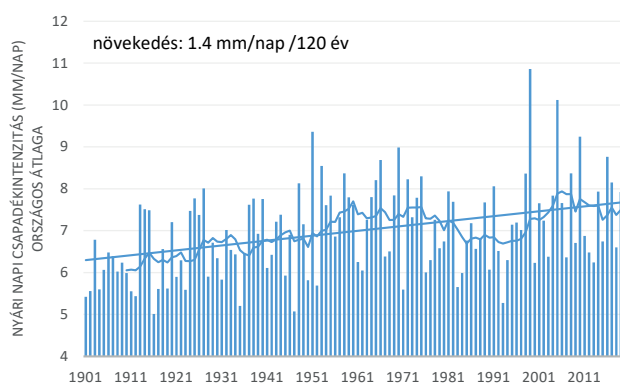
Az átlagosnál bőségebb csapadékkal vagy tartós szárazsággal járó események, periódusok előfordulási gyakoriságát néhány csapadék index idősorával jellemezzük. Kevesebb a csapadékos nap országos átlagban, ahogyan a jelenhez közelítünk, a 20 mm-t meghaladó csapadéku napok pedig növekedést mutatnak (10. ábra). A száraz időszakok hossza is nőtt a 20. század eleje óta, emellett a napi intenzitás, más néven átlagos napi csapadékos nyáron szintén megnövekedett (11-12. ábra). Az átlagos napi csapadék növekedése arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok során hullik. Az ábrákon feltüntetett, 1901 és 2020 közötti változások szignifikánsak, 90%-os megbízhatósággal, mind a négy esetben.



10. ábra. A csapadékos napok (fenn) és a 20 mm-nél nagyobb csapadéku napok (lenn) számának országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel az 1901 és 2020 között, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.



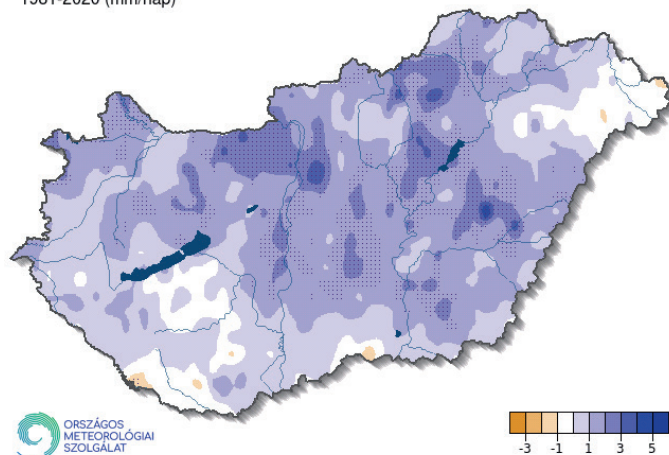
11. ábra. A leghosszabb száraz időszak országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel 1901 és 2020 között, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.



12. ábra. A nyári napi csapadékintenzitás országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel 1901 és 2020 között, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.

Rövidebb időszak, az 1981 és 2020 közötti évek változásait vizsgálva megállapítható, hogy a 20 mm fölötti csapadéku napok száma szignifikáns, 2 napos emelkedést jelez. A csapadékos napok száma nőtt 1981 és 2020 között, rövidülni látszanak a leghosszabb száraz időszakok, emelkedő trendet mutat a nyári csapadékintenzitás, de ezek a változások statisztikailag nem szignifikánsak országos átlagban. Az 1981–2020 időszakban a nyári csapadékintenzitás több területen megnövekedett, jellemzően az ország középső és északi részein, helyenként 3 mm/napot meghaladó mértékben (13. ábra).

Nyári csapadékintenzitás változása 1981-2020 (mm/nap)



13. ábra. A nyári átlagos napi csapadékintenzitás változása az 1981–2020 időszakban. A 90%-os megbízhatóság mellett szignifikáns változást fekete pontok jelölik.

Következtetések. Globálisan melegedő környezetben élünk. Az éghajlati rendszer minden elemét érintik a változások. A vízciklus komponenseinek eltolódása és a fokozott terheléssel járó hőszegélyidőszakok jelentik a legnagyobb kockázatot az emberi egészségre, a természetes ökoszisztémákra, minden termelő és szolgáltató ágazatra Magyarországon. A klímaváltozás hatásaira való eredményes felkészüléshez elengedhetetlen a bekövetkezett változások irányának és mértékének ismerete, valamint

a regionális klímamodell szimulációk eredményeinek beépítése a felkészülési stratégiákba. Az utóbbi évtizedekben a térségünkben jelentkező magas hőmérsékleti anomáliák és a szélsőségesebbé váló csapadékviszonyok miatt különösen indokolt az éghajlati állapot folyamatos nyomon követése reprezentatív adatbázisokra alapozva. Az éghajlati monitoring információk olyan dokumentumok alapját is képezik, mint például a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS2, 2018) és számos más kapcsolódó dokumentum. Az éves, évszakos és havi éghajlati visszatekintők mellett az itt bemutatott grafikonok és változás térképek elérhetők az OMSZ honlapján is (<https://www.met.hu/eghajlat/>).

A tágabb környezetünkben, így a Kárpát-medencében, illetve a teljes Kárpát-régióban zajló változásokat is követni kell (Spinoni et al., 2014), mivel a hatások nem torpannak meg a határoknál. Jó minőségű, harmonizált éghajlati adatbázis építés (CARPATLIM: www.carpatclim-eu.org) és közös éghajlati kutatások segíthetik az alkalmazkodási folyamatot regionális léptékben.

Irodalom

- Izsák, B., 2021: Homogenizálás a meteorológiában: Vissza a jövőbe. *Élet és Tudomány* 76, 176–178.
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. In (eds.: 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) Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, in Press.
- EEA, 2017: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. EEA Report No 1/2017.
- EEA, 2021: <https://www.eea.europa.eu/ims/global-and-european-temperatures>
- Lakatos, M. és Bihari, Z., 2011: A közelmúltban megfigyelt hőmérsékleti és csapadéktendenciák 146-169., In (Szerk.: Bartholy, J., Bozó, L., Haszpra, L.) Klímaváltozás – 2011, Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. MTA és ELTE Meteorológiai Tanszék.

Lakatos, M., Szépszó, G., Bihari, Z., Krüzselyi, I., Szabó, P., Bartholy, J., Pongrácz, R., Pieczka, I., és Torma Cs., 2012: Éghajlati szélsőségek változásai Magyarországon: közelmúlt és jövő. A magyarországi eredmények összefoglalása az IPCC szélsőséges éghajlati események kockázatáról és kezeléséről szóló Tematikus Jelentéséhez (SREX) kapcsolódóan, 11.

NÉS2, 2018: A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia.

Spinoni, J., Szalai, S., Szentimrey, T., Lakatos, M., Bihari, Z., Nagy, A., Németh, Á., Kovács, T., Mihic, D., Dacic, M., Petrovic, P., Kržic, A., Hiebl, J., Auer, I., Milkovic, J., Štěpánek, P., Zahradníček, P., Kilar, P., Limanowka, D., Pyrc, R., Cheval, S., Birsan, M.V., Dumitrescu, A., Deak, G., Matei, M., Antolovic, I., Nejedlik, P., Štastný, P., Kajaba, P., Bochníček, O., Galo, D., Mikulová, K., Nabyvanets, Y., Skrynyk, O., Krakovska, S., Gnatiuk, N., Tolasz, R., Antofie, T., and Vogt, J., 2014: Climate of the Carpathian Region in the period 1961–2010: climatologies and trends of 10 variables. *Int. J. Climatol.* 35, 1322–1341. <https://doi.org/10.1002/joc.4059>

Szentimrey, T., 1999: Multiple Analysis of Series for Homogenization (MASH). Proceedings of the 2nd Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data, Budapest, Hungary, WMO, WCDMP-No. 41, 27–46.

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

WMO, 2021: State of the global climate 2021, WMO provisional report. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/state-of-climate-2021-extreme-events-and-major-impacts>

A SZERZŐKNEK SZÁNT ÚTMUTATÓ

Kérjük, hogy a publikálásra szánt anyag beküldéséhez a következő formai követelményeket szíveskedjenek betartani. A beküldött kéziratokat a szerkesztőbizottság lektoráltatja.

A közlésre szánt anyagokat kérjük elektronikus formában küldjék el a legkor@met.hu címre. Az anyag tartalmazza egy fájlban a kész cikket ábrákkal, kép aláírásokkal, amely a szerkesztést segíti majd. Ezen kívül a nyers szöveget Word-fájlban, amely ne tartalmazzon semmiféle speciális formázást. Amennyiben a közlésre szánt szöveghez ábrák is tartoznak, azokat egyenként csatolva kérjük, az elérhető legjobb minőségben (png, jpg, vektorgrafikus formátumban). Kérjük, hogy külön Word-fájlban adja meg az ábraaláírásokat. A közlésre szánt táblázatokat akár Word-, akár Excel-fájlban kérjük egyenként megadni.

A közlésre szánt szöveg tartalmazza a magyar és angol címet, a szerző nevét, munkahelyét, levelezési és email címét. A szakmai cikkekhez kérünk irodalomjegyzéket csatolni, melyben csak a szövegben szereplő hivatkozás szerepelhet.