

LÉCKÖR

67. ÉVFOLYAM 3. SZÁM

HAZAI HŐMÉRSÉKLETI TRENDEK

**HŐSÉGPERIÓDUSOK
MAGYARORSZÁGON**

**A VULKÁNKITÖRÉSEKRŐL SZAKMAI
SZEMMEL**

**A VILLAMOSENERGIA-RENDSZER
IRÁNYÍTÁSA**

VÁNDORGYŰLÉS SZEGEDEN

2022. SZEPTEMBER

Vegetációtűz füstfáklyája és a fölötte kialakult pyrocumulus. Vincze János, Berekfürdő (Hortobágy), 2022. július 19. A rendkívüli szárazsággal összefüggésben igen nagy számban alakultak ki szabadtéri tüzesetek hazánkban.



Alto cumulus stratiformis asperitas. Teszler Miklósné, ViharVonal facebook csoport, Csikóstóttós, 2022. július 26. A szabálytalan alakzatokban hullámzó felhők külön csoportba sorolására, elnevezésére az angol székhelyű Cloud Appreciation Society tett javaslatot. Az asperitas hivatalosan a WMO 2017-es új felhőatlaszában került be a felhők nevezéktanába, mint járulékos alakzat. Az ilyen felhők gyakran kaotikusan tajtékzó tengerre emlékeztetnek, de a lencsevégre kapott példány ennél visszafogottabb megjelenésű.



LÉGKÖR

67. évfolyam 3. szám
2022. szeptember

AZ
ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT
ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

Kiadja az
ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT
1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1.

A kiadásért felel:
az OMSZ elnöke

Készült:
PREMIER Nyomda

Felelős vezető:
Király Attila

ISSN 0133-3666

Készült 600 példányban

Éves előfizetési díja:
3000 Ft
Megrendelhető a legkor@met.hu címen.



Főszerkesztő: Fejes Edina

Főszerkesztő-helyettes: Tóth Róbert

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

ELNÖK:
Dr. Haszpra László

TAGOK:
Dr. Barcza Zoltán, Dr. Bartholy Judit,
Bíróné Dr. Kircsi Andrea, Dr. Bonta Imre,
Dr. Dobi Ildikó, Dr. Gál Tamás, Kolláth Kornél,
Dr. Lakatos Mónika, Péliné Dr. Németh Csilla,
Dr. Sarkadi Noémi, Dr. Somfalvi-Tóth Katalin,
Dr. Szépszó Gabriella, Dr. Szintai Balázs,
T. Puskás Márta

Olvasószerkesztő: Szabó Bernadett

Tervezőszerkesztő, grafikus: Szabó Dorottya

TARTALOM

BARNA ZSÓFIA: Trendvizsgálat: óraértékek hazai hőmérsékleti trendje <i>Trend analysis: national temperature trend of hourly values</i>	122
BOKROS KINGA, LAKATOS MÓNIKA: Hőségperiódusok vizsgálata Magyarországon a XX. század elejétől napjainkig <i>Analysis of hot spells in Hungary from the early 20th century to the present</i>	130
KÖVESI-LÁZÁR KRISZTINA: Vulkánkitörés – levegőminőség – éghajlat <i>Volcanic eruption - Air quality - Climate</i>	141
ÖTVÖS TAMÁS: Társadalmi csapadékmérő állomás Mernyén <i>Precipitation station in Mernye</i>	151
KOVÁCS GERGELY: A villamosenergia-rendszer irányítása <i>Operation of national electricity grid</i>	157
DOBI ILDIKÓ: Látogatás a MAVIR Országos Diszpécser Szolgálat központjában	162
DOBI ILDIKÓ: Élménybeszámoló a Magyar Meteorológiai Társaság XXXVIII. Vándorgyűléséről	163
TÓTH RÓBERT, KISS MÁRTON: Kiváló társadalmi észlelők világnapi kitüntetése	166
SZOLNOKI-TÓTIVÁN BERNADETT: 2022 nyarának időjárása	169
KISLEXIKON	174
HÍREK	175

CÍMLAPON: Bödő Roland: Őszi fények (Kálmáncsa)

SZERZŐKNEK SZÁNT ÚTMUTATÓ

A LÉGKÖR meteorológiai tárgyú, a légkörtudományhoz kapcsolódó tudományos és ismeretterjesztő írásokat, szakmai beszámolókat és rövid ismertetőket, híreket közöl magyar nyelven. A kéziratokat anonim szaklektorok véleménye alapján a szerkesztőbizottság fogadja el. A közlésre szánt írások elektronikus formában nyújthatók be a legkor@met.hu e-mail címen. A cikkekkel kapcsolatos formai elvárásokat a www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/legkor/ oldalon részletezzük.



Trendvizsgálat: óraértékek hazai hőmérsékleti trendje

Barna Zsófia¹, Izsák Beatrix², Pieczka Ildikó¹

¹ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, zsofibarna0528@gmail.com

²Országos Meteorológiai Szolgálat

DOI:10.56474/legkor.2022.3.1

Az éghajlat vizsgálatának jelentős szerepe van meteorológiai kutatásainkban. Ennek kapcsán cikkünkben a napi középhőmérséklet adatsorok, illetve a rendelkezésünkre álló óraértékek (00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, 18 UTC) trendvizsgálatát mutatjuk be éves valamint évszakos szinten. Eredményeink szerint a legmagasabb trendértékek a 12 órás adatbázishoz kapcsolhatók. Ennek területi eloszlásához a 18 órás hasonlít leginkább, főként nyáron és ősszel. A legalacsonyabb értékeket pedig a 00 órás esetben kaptuk.

Trend analysis: national temperature trend of hourly values

Climate research plays a significant role in meteorological researches. In this paper we present the trend analysis of the daily average temperature data series and the available hourly values (00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, 18 UTC) on an annual and seasonal basis. According to our results the highest trend values are related to the 12-hour database the spatial distribution of which is most similar to the 18-hour database mainly in summer and autumn. Besides the lowest values were obtained in the case of the 00 hour database.

Bevezetés

Napjainkra az éghajlat vizsgálata a statisztikus klimatológia eszköztárának bővülése és az informatika fejlődése révén egyre nagyobb teret nyer (Bloomfield, 1992; Brunetti, 2006). A múlt és jelen éghajlatának kutatása hazánkban is hangsúlyos szerepet kap, különös tekintettel az éghajlatváltozással kapcsolatos vizsgálatokra. Az éves és évszakos középhőmérséklet értékekre vonatkozó trendelemzések pedig egyértelműen kimutatják, hogy a magyarországi értékek a globális trenddel

összhangban alakulnak. Az elmúlt évtizedben éves, évszakos és havi adatsorok trendjét becsülték az OMSZ Éghajlati Osztályán, mindezeket napi adatok felhasználásával tették (Lakatos *et al.*, 2021).

Adatok

A bemutatott elemzésekhez rendelkezésünkre álltak napi középhőmérséklet adatsorokon kívül óraértékek is, melyek adatsoraiból eddig még nem született elemzés, ezért újszerű a vizsgálatuk. Az órás adatsorok felhasználásával

szemléltetjük a napon belüli, nevezetesen a 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, 18 UTC értékekre vonatkozó rácsponthoz tartozó adatbázisokban kimutatható trendeket. Hőmérsékleti adatsorok esetén lineáris trendvizsgálatot végeztünk, és az így kapott trendegyütthatók szignifikanciáját minden esetben megvizsgáltuk. Mivel megfelelő számú mérés az 1970-es évektől érhető csak el, így az 1971–2020-ig tartó időszak napi óraértékeit használtuk fel 58 állomási adatsorra. A globális vizsgálatok szerint a minimum hőmérsékletek emelkedése jelentősebb mértékű, mint a maximum hőmérsékleteké. A magyarországi adatsorok azonban ennek az ellenkezőjét mutatják (Bartholy *et al.*, 2011). Eszerint előzetesen azt várjuk, hogy a 12 órás értékek jobban növekednek, mint a 00 órák.

Ahhoz, hogy a vizsgált adatbázisok kellőképpen reprezentatívak legyenek, az állomási adatsorok homogenizálását, az esetleges adathiányok pótlását, továbbá az adatok minőségellenőrzését a MASH (Multiple Analysis of Series of Homogenization) szoftverrel végeztük el (Szentimrey, 2017). A térbeli reprezentativitás biztosítása érdekében sűrű, szabályos rácshálózatra interpoláltuk az így kapott értékeket, mely eredményeként nyilatkozhatunk már az ország teljes területén az éghajlatról és annak esetleges változásairól. Kifejezetten meteorológiai célra kifejlesztett interpolációs eljárást: a MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis) rendszert használtuk az itt bemutatott elemzésekhez (Szentimrey és Bihari, 2014). Az óraértékek és napi középhőmérsékletek trendjeit összehasonlítva, térképen mutatjuk meg, hogy az egyes régiókban hogyan változtak 50 év alatt a napon belüli értékek. Többek között választ kapunk ezáltal arra, hogy mely évszakban, mely óraértékek trendje mutatja a teljes időszak alatt a legnagyobb változást és mely változások tekinthetők szignifikánsnak.

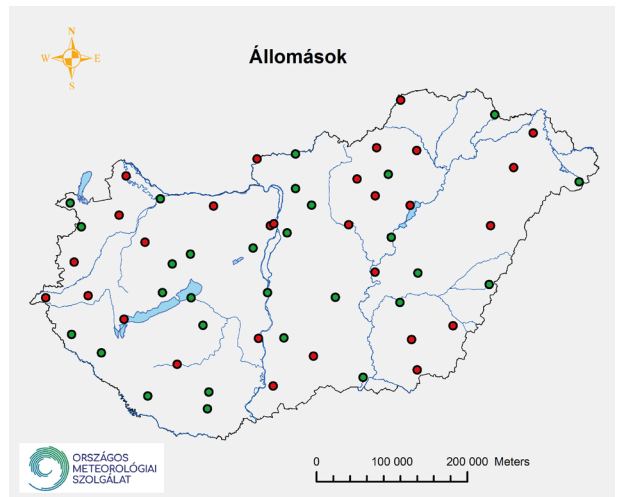
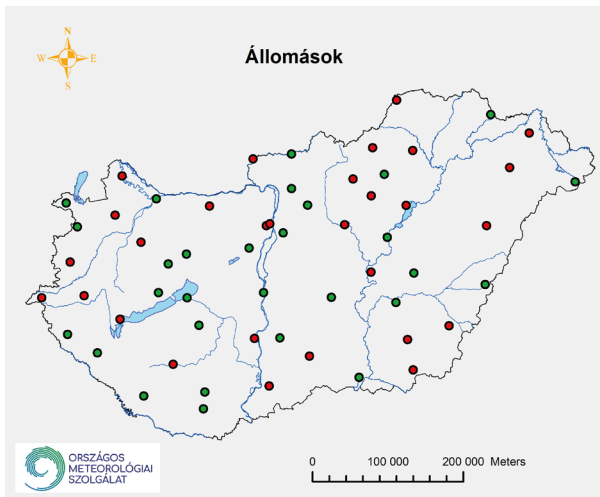
A felhasznált MISH interpolációs rendszer gyakorlatban való alkalmazásának eredményessége kiemelkedő. Az éghajlati vizsgálatokhoz a természettudományokban elterjedt közönséges kriging, illetve inverz távolság módszerek alkalmazásához képest a MISH rendszerrel végzett interpoláció minden adatbázis adatsoraiban

sokkal kisebb hibaértékkel bír, így használata lényegesen célravezetőbb az egyéb interpolációs eljárásokkal szemben (Hoffmann *et al.*, 2018). Ennek oka abban rejlik, hogy a meteorológiában nem feltételezhetjük azt, hogy nincs térbeli trend, ahogy ezt több interpolációs módszer is feltételezi, mivel a meteorológiai paraméterek várható értéke az ország változatos domborzati viszonyai révén a különböző tájegységeken eltérő. A korszerűbb módszerek (regression kriging, universal kriging) esetén már van térbeli trend a modellben, de a sztochasztikus kapcsolatokat nem a hosszú homogenizált adatsorok segítségével határozzák meg, hanem egyetlen időbeli minta alapján, így nem használnak fel minden a mérésekben rejlő információt (Cressie, 1991).

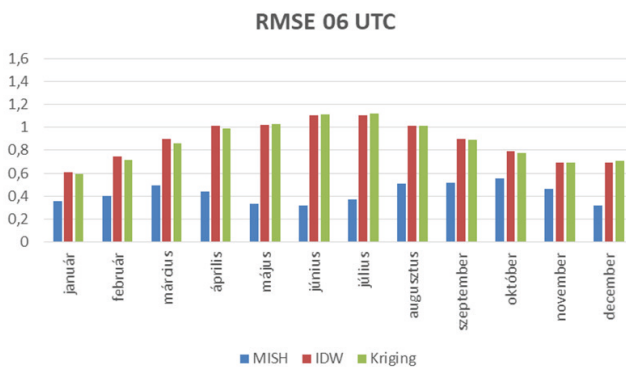
Meteorológiai vizsgálatok esetén elmondható, hogy hosszú adatsorokkal rendelkezünk, így a vizsgált térségekre vonatkozóan sokkal több információ áll a rendelkezésünkre, mint általában a földtudományokban. A MISH modellező alrendszere ezeket az információkat felhasználva tud jobb becslést adni azokba a pontokba, ahol korábban nem volt mérés.

Kiválasztva az inverz távolság (IDW) és a közönséges Kriging (OK) módszereket, szemléltetjük, hogy a 06 UTC és a 18 UTC esetében a havi értékekre vonatkozóan mennyivel kisebb hibát kapunk, ha a MISH használatát választjuk. Az ArcMap szoftverbe épített cross validation eljárást alkalmaztuk ennek kimutatására, amely első lépésben, véletlenszerűen osztja fel az állomásrendszert két halmazra. Az 1. ábra bemutatja, hogy az 58 hazai állomás közül a két vizsgált óraérték esetén 29-29 „training” és „teszt” állomást különített el az ArcMap. Mind a közönséges kriging, mind az IDW alkalmazása esetén az RMSE (négyzetes hiba) értékeket hasonlítottuk a MISH felhasználásával kapottakhoz.

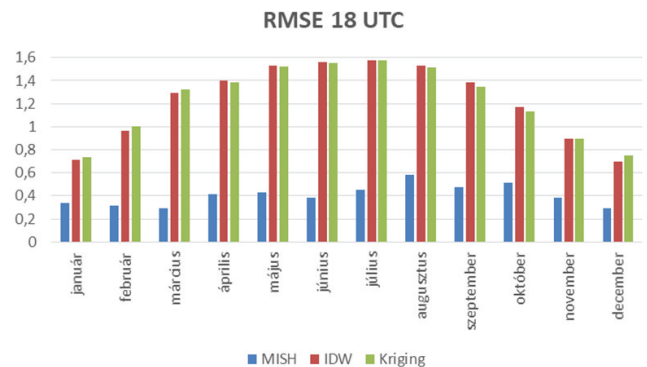
Az RMSE értékek összehasonlításának eredményét a 06 UTC esetben a 2. ábra szemlélteti. Itt a négyzetre emelés miatt a hibáról pontosabb képet kapunk, ami esetleg az átlagos hibaérték (ME) vizsgálatoknál félrevezető lehet annak megítélésében, hogy melyik a pontosabb módszer. Választ kapunk arra is, hogy miért a MISH módszert választjuk. A 06 UTC esetében októberben



1. ábra. A 06 UTC és a 18 UTC értékek validációjához felhasznált állomások csoportjai, bal oldalon a 06 UTC esetén a zöld a „training”, a piros a „teszt” állomások, jobb oldalon pedig a 18 UTC esetén a zöld a „training” a piros pedig a „teszt” állomások földrajzi elhelyezkedése.



2. ábra. RMSE értékek a különböző interpolációs módszereknél, 06 UTC értékekre.



3. ábra. RMSE értékek a különböző interpolációs módszereknél, 18 UTC értékekre.

legnagyobb a MISH hibája, de még így is lényegesen kisebb, mint a másik két vizsgált interpolációs technika felhasználásával. A legkisebb RMSE értéket januárban adja az IDW, illetve a kriging, de ekkor is a MISH hibája gyakorlatilag ennek a fele.

Hasonlóan a 06 UTC eredményekhez, a 3. ábrán látható 18 UTC esetben az RMSE értékek szintén a MISH esetén a legalacsonyabbak, tehát ennek használatával követünk el a lehető legkisebb hibát. Az ábra egyértelműsíti, hogy a MISH alkalmazásával kapott hiba akár negyede

is lehet a közönséges kriging és az inverz távolság módszerek hibájának. A vizsgálat tehát gyakorlati szempontból is alátámasztja, hogy a MISH esetén érthetjük el a legjobb becslést. Ez az elemzés folytatható és kibővíthető, hiszen az állomások számát is változtathatjuk, úgy ahogyan a „training” és a „teszt” állomások arányát is. Erről már korábban is jelent meg tanulmány, ahol hasonlóan jól szerepelt a MISH a másik két módszerrel szemben (Hoffmann et al., 2018).

Módszer

A hőmérsékletre vonatkozó vizsgálataink során (mivel normális eloszlást feltételezhetünk) lineáris trendbecslést alkalmaztunk a következő általános modell felhasználásával:

$$x(t) = m(t) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

ahol $t = 1, 2, 3, \dots, n$.

Itt az $x(t)$ tendencia függvény időszakos változást az $m(t)$, illetve az ezzel járó $\varepsilon(t)$ zajfaktor szemlélteti (Szentimrey, 1989). Az alkalmazhatóság feltétele, hogy a zaj várható értéke 0, a változó szórása σ legyen, és teljesüljön rájuk a teljes függetlenség.

Az elméleti trendfüggvényt a lineáris modellből kiindulva az alábbi időtől függő függvénnyel közelítettük elemzéseink során:

$$x(t) = \alpha + \beta \cdot t + \varepsilon(t), \text{ ahol } t = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

Itt a tagok egymástól teljesen függetlenek, azonos eloszlásúak, továbbá

$$E(\varepsilon(t)) = 0, D(\sigma(t)) = \sigma(t = 1, 2, 3, \dots, n). \quad (3)$$

A közelítés pedig megadható az alábbi formulával:

$$\hat{\alpha} = \bar{x} - \hat{\beta} \bar{t} \quad \hat{\beta} = \frac{\sum_{t=1}^n (x(t) - \bar{x})(t - \bar{t})}{\sum_{t=1}^n (t - \bar{t})^2} \quad (4)$$

ahol $\bar{x} = \frac{\sum_{t=1}^n x(t)}{n}$ és $\bar{t} = \frac{\sum_{t=1}^n t}{n}$ az átlagértékeket jelölik (Dévényi és Gulyás, 1988).

Normális eloszlású valószínűségi változók esetén a lineáris trendbecslés egyben a legpontosabb eljárás, azaz a négyzetes hiba várható értéke ez esetben minimális (Matyasovszky, 2013; Móri és Székely, 1986). A lineáris trendvizsgálat során a módszer elvégzéséhez szükséges feltételek teljesülnek az évi, évszakos, és havi átlaghőmérsékletek adatsoraira is (Izsák és Szentimrey, 2020). Fontos a módszer részfolyamatait tekintve, hogy a teljes adatsort nem egyben vizsgáljuk. Ennek lényege, hogy míg a meteorológiában sokan idősorokat vizsgálnak, itt külön számolunk a havi adatsorokkal.

A kutatás során tehát lineáris trendvizsgálatot végeztünk el az öt rácsponti (négy órás és egy napi) adatsorra vonatkozóan. Ennek lépései a következők voltak: a homogenizált és minőségellenőrzött állomási adatsorokon lineáris trendillesztést végeztünk, majd a MISH rendszerrel interpolált trend értékeket 0,5'-es felbontással jelenítettük meg Magyarország területére. Itt a trend egyenletet felhasználva megadható – a $\hat{\beta}$ értéke pedig a (4) formulával számolható – a teljes vizsgált időszak (1971–2020) alatti változás az (5) formulával becsülhető:

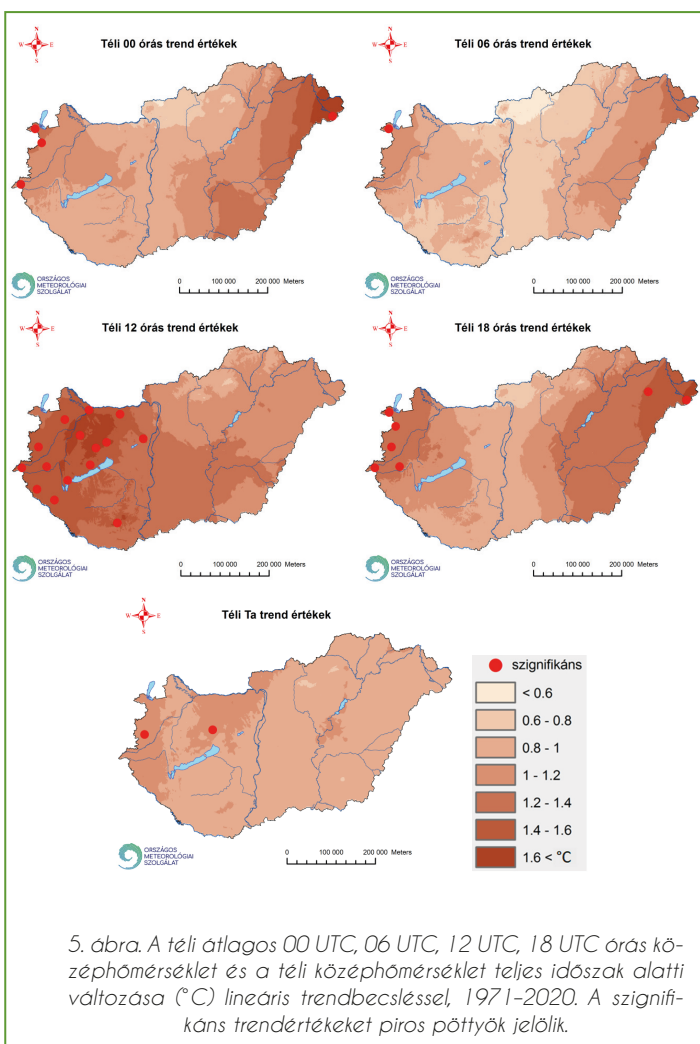
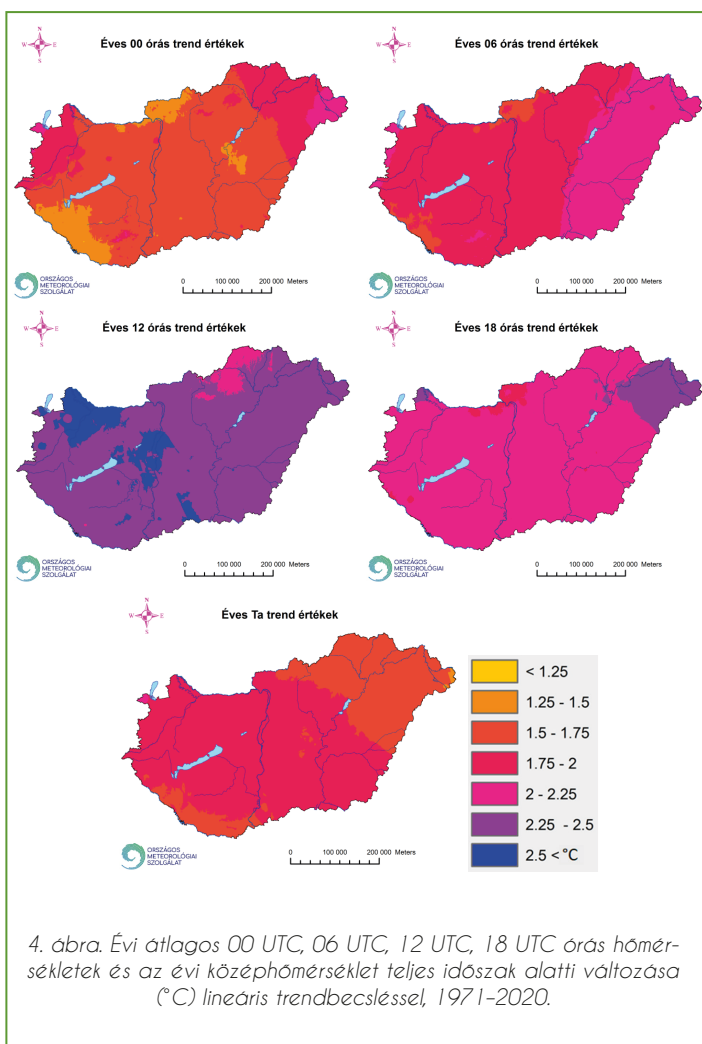
$$\hat{\beta} \cdot n - \hat{\beta} \cdot 1 = \hat{\beta} \cdot (n - 1) \quad (5)$$

Esetünkben $n=50$. Az (5) formulához meghatározandóként becslést adtunk meg a β együttható teljes időszak alatti változására (Szentimrey, 2019). Megadtuk továbbá a 0,1-es szignifikanciaszinten a konfidencia intervallumot, mely segítségével könnyen belátható, hogy ahol ez a konfidenciaintervallum nem tartalmazza a 0 értéket, ott szignifikáns a változás, tehát szignifikáns trendet detektálhatunk.

Eredmények

Éves átlagban tekintve az órás adatsorokat (4. ábra) a 12 órás adatbázishoz rendelhetők a legmagasabb trend értékek, gyakorlatilag az ország egész területén 2 °C feletti változás értékekkel. A területi eloszlás, mind az öt adatsor esetén összefügg egymással, és nem mutat jelentős eltéréseket. A 12 órás után a várakozásainknak megfelelően, a 18 órás mérések mutatják a legnagyobb változást, a 00 órás adatsor a legalacsonyabbakat. Alacsony értékek főként a délnyugati határvidéken, továbbá az északkeleti határ mentén jellemzők, mind a négy órás adatbázis vizsgálatakor, melyhez igazodik a T_a (napi középhőmérséklet) adatbázison megjelenő trend is.

A trendvizsgálattal kapott eredmények alapján elmondható, hogy a tavasz, a nyár és az ősz esetében szignifikánsnak tekinthetők a változások minden állomás esetében. Ezzel szemben télen (5. ábra), a 00 órás esetben négy, a 06 órás adatsorban egy, a 12 órás adatsorban 15 és



a 18 órás adatsorban csak hét olyan állomás van a felhasznált 58 közül, ahol szignifikánsnak tekinthető a lezajló változás, míg a napi középhőmérsékletek állomási adatbázisát nézve összesen kettő. Főként a nyugati országrészben, az Alpok-alja térségében található ezek az állomások, de az északkeleti határmenti térségben is látható több esetben ilyen állomás. Továbbra is a téli trendek vizsgálatára szorítkozva a 00 órás esetben az északkeleti határ térségében mutatkoznak a legnagyobb trend értékek. A 06 órás adatsorok hasonló képet mutatnak, illetve itt még megjelenik egy nagyobb változást mutató régió a Dunántúl északnyugati szegletében. Ezzel szemben a 12 órás téli trendértékeket tekintve már a legmagasabb értékek áthelyeződése

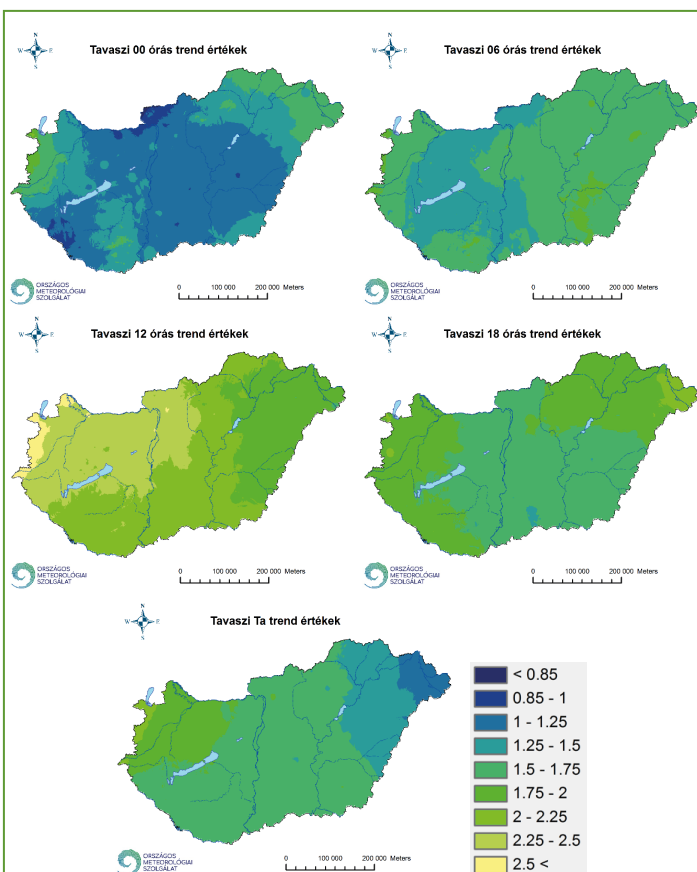
látható a 00 és 06 órás adatbázisok legmagasabb értékeinek elhelyezkedéséhez képest az északkelet-magyarországi térségből az Alpok-alja régiójába. A 18 órás trendek pedig inkább a 06 óráshoz hasonlítanak a 12 órás helyett, vagyis a legmagasabb értékek a Tiszántúl régiójához társíthatók. A négy darab órás adatbázis tehát egyöntetűen az észak-magyarországi térségre adja a legalacsonyabb lineáris trend értékeket télen.

A következő ábrásorozat (6. ábra) a tavaszi trendeket mutatja. Tulajdonképpen, mivel minden állomáson szignifikánsnak tekinthető a változás mértéke, így az összehasonlítás alapját az képezi, hogy az ország mely térségeiben adható meg az öt adatbázis kapcsán a legmagasabb

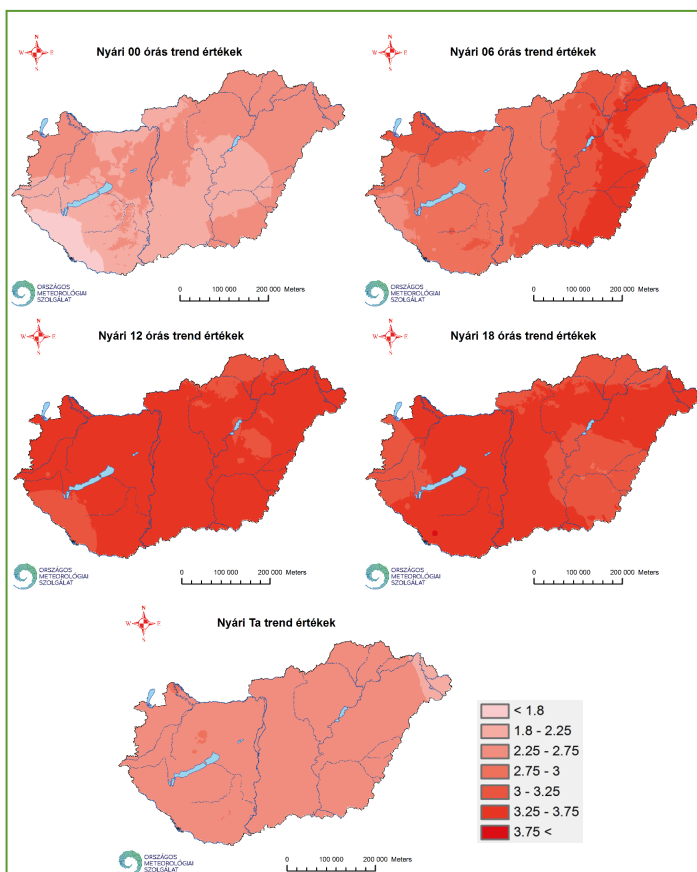
és legalacsonyabb trend értékek sokasága, illetve, hogy ezekben mekkora eltérés mutatkozik. A 00 órás értékekben, az észak,- északkelet-magyarországi régióban a legmagasabb a kimutatható trend érték, mely a télihez hasonlítva magasabbnak bizonyul. A 06 órás adatbázishoz tartozó magasabb értékek gyakorlatilag az egész Tiszántúlt lefedik, a legalacsonyabb értékek pedig a Közép-Dunántúlon mutatkoznak. A 12 órás eset hasonló a téli eredmények struktúrájához, de a legmagasabb trendértékek térben áthelyeződtek, mivel a Tiszántúl régiójához, különösképp a határmenti területekhez gyakorlatilag nemhogy a legmagasabb értékek, de a legalacsonyabbak társulnak, felborítva ezzel a délelőtti napi menet várható alakulását. A legnagyobb trendértékek itt a főváros térségéhez,

valamint a Fertő-tó környékéhez rendelhetők. A 18 órás óraértékek trendjének területi eloszlása a 00 órással hozható összefüggésbe, mivel mindkét esetben a legmagasabb értékek az északi országrészben jelentkeznek. Alapvetően a dél-alföldi régió jellemezhető alacsonyabb értékekkel ebben az adatbázisban, illetve megjelenik még egy magasabb értékekkel jellemezhető térség a Nyugat-Dunántúl határmenti régiójában.

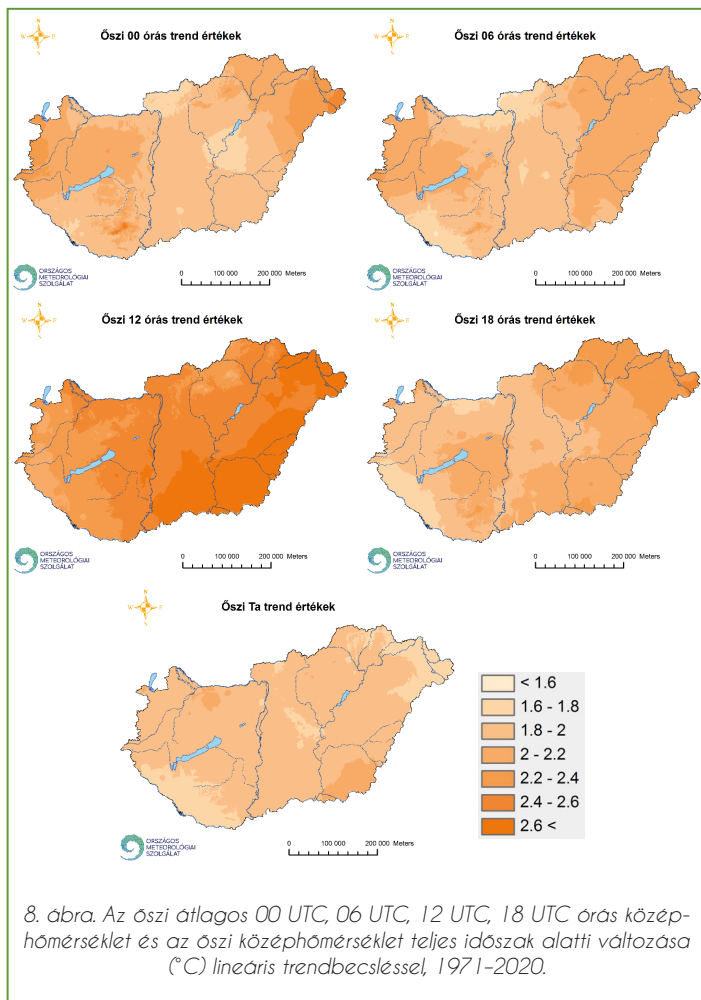
Áttérve a nyári eredmények vizsgálatára (7. ábra) mind az öt adatbázis esetén a többi évszakos eredményekhez mérten, a legmagasabb trend értékek nyáron adódnak. A 00 órás vizsgálatok esetében az ország nagy részét nagyobb értékekkel jellemezhetjük, mint minden más évszak esetén. Kiemelhető mégis az északkeleti határvidék, mint legmagasabb



6. ábra. A tavaszi átlagos 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, 18 UTC órás középhőmérséklet és a tavaszi középhőmérséklet teljes időszak alatti változása (°C) lineáris trendbecsléssel, 1971–2020.



7. ábra. A nyári átlagos 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, 18 UTC órás középhőmérséklet és a nyári középhőmérséklet teljes időszak alatti változása (°C) lineáris trendbecsléssel, 1971–2020.



értékekkel bíró térség, illetve a Dél-Dunántúl, ahol a legalacsonyabb értékeket kaptuk eredményül. Ezek az értékek a korábban jellemzett két évszak esetében nem számítottak alacsonynak, a lényegesen magasabb trendérték maximummal jellemezhető nyár esetén viszont mégis rendkívül alacsonyak. A 06 óras értéket tekintve a Körös–Maros köze jellemezhető a legnagyobb változással, ahol a maximum a nyári 00 óráshoz képest is – várható módon – magasabb. A Délnyugat-Dunántúl térsége illetve a fővárostól északra lévő területen tűnnek fel a legalacsonyabb értékek. A rendelkezésre álló 12 óras adatbázis vizsgálata alapján az északnyugat-magyarországi régióban a legmagasabbak a trend értékek, a legalacsonyabbak pedig a délnyugat-magyarországi valamint

az ország középső területein jelennek meg. A 00 és 06 óras adatbázisokra elvégzett trendvizsgálat eredményéhez képest átrendeződés látható. Ehhez képest a 18 óras adatsorok elemzése szerint a legalacsonyabb értékek a Körös–Maros térségében láthatók, a legmagasabbak pedig a Dél-Dunántúlhoz társíthatók.

Végül az őszi trendeket elemezve (8. ábra) a 00 óras adatbázison kiemelkedően alacsony értékek társíthatók a délnyugat-magyarországi határvidékhez, a Tisza és a Zagyva találkozásának térségéhez, valamint a Budapesttől északra fekvő területekhez. Magasabb értékek láthatók már a Közép-Dunántúlon, és itt, valamint az északkelet-magyarországi részeken mutathatók ki a legnagyobb változások. A 06 óras értékek igen hasonló eredményeket mutatnak. Kiemelhető, hogy az őszi az az évszak, amikor a leginkább összefügg a két adatbázis trendvizsgálatával kapott eredmények eloszlása. Ehhez mérten a 12 óras trendértékeket meghatározva, már nagyobb a különbség a területi eloszlásban. A legmélegebb értékek a délkeleti régióban olvashatók le, ezzel szemben a legalacsonyabbak

pedig az Alpokalja területén. A 18 óras eredmények esetében újból az északkelet-magyarországi régió térségében mutatható ki leginkább jelentős változás, emellett magas értékek társíthatók még az észak-alföldi, továbbá a Körös–Maros közti területekhez is. A legkisebb trendértékek a délnyugati határ mentén, illetve a Dunántúl legészakibb térségeiben mutatkoznak.

Az évszakos trendeket egymással összevetve az 1. táblázat alapján a minimum értékek (legkisebb érték az ország területén) minden esetben a 12 óras adatbázis esetén a legnagyobbak. Hasonlóképp jellemezhető a maximumok (legnagyobb érték az ország területén) megjelenése is, ugyanis tavasszal és ősszel a 12 óras adatbázis maximumai a legmagasabbak, télen a 00 óras, nyáron pedig a 18 óras trendértékek

00 órás trend	Minimum	Átlag	Maximum
Tél	0,53	1,05	1,93
Tavaszi	0,74	1,27	2,1
Nyár	1,15	2,26	2,86
Ősz	1,6	1,98	2,66

06 órás trend	Minimum	Átlag	Maximum
Tél	0,32	0,87	1,42
Tavaszi	1,15	1,59	2
Nyár	2,43	3,04	3,49
Ősz	1,39	1,98	2,39

12 órás trend	Minimum	Átlag	Maximum
Tél	0,73	1,28	1,87
Tavaszi	1,74	2,16	2,7
Nyár	3,05	3,37	3,67
Ősz	1,95	2,49	2,85

18 órás trend	Minimum	Átlag	Maximum
Tél	0,65	1,13	1,65
Tavaszi	1,45	1,75	2,15
Nyár	2,93	3,31	4,1
Ősz	1,61	2,03	2,42

1. táblázat. A négy darab, hatórás adatbázis évszakos változásának lineáris trendbecsléssel kapott értékei (1971–2020, teljes Magyarország területére interpolált értékek, 0,5° felbontás).

rendelkeznek a legnagyobb maximum értékekkel. Ebből következik, hogy az átlag értékek is a 12 órás adatsorok esetén a legnagyobbak.

Összefoglalás

Az éves trendvizsgálatok eredménye alapján látható, hogy a várakozásainknak megfelelően a 12 órás adatbázishoz rendelhető a legnagyobb változások. Kijelenthető, hogy alapvetően a 00 és 06 órás adatbázisokban kimutatott évszakos lineáris trendek szoros összefüggésben vannak, azonban ehhez képest a 12 órás trendértékek nagysága és térbeli eloszlása is lényegesen eltérő, melyhez leginkább a 18 órás trendértékek hasonlíthatók főként nyáron és ősszel.

Irodalom

- Bartholy, J., Bozó, L. és Haszpra, L., 2011: Klímaváltozás – 2011. Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke. Budapest.
- Bloomfield, P., 1992: Trends in global temperature. *Clim. Ch.* 21(1), 1-16. <https://doi.org/10.1007/BF00143250>
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F. and Nanni, T., 2006: Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series. *Int. J. of Clim.* 26(3), 345-381.
- Cressie, N., 1991: Statistics for Spatial Data. Wiley, New York.
- Dévényi, D. és Gulyás, O., 1988: Módszerek valószínűségi változók becslésére. Matematikai statisztikai módszerek a meteorológiában. Tankönyvkiadó, Budapest. 192–220.
- Hoffmann, L., Izsák, B. and Lakatos, M., 2018: Comparison of different interpolation methods for Hungarian climatological data. EMS Annual Meeting: European Conference for Applied Meteorology and Climatology 2018, Budapest, 2018. szeptember 3–7.
- Izsák, B. and Szentimrey, T., 2020: To what extent does the detection of climate change in Hungary depend on the choice of statistical methods? *GEM – Int. J. Geomath.* 11, 17. <https://doi.org/10.1007/s13137-020-00154-y>
- Lakatos, M., Bihari, Z., Izsák, B. és Szentes, O., 2021: Globális és hazai éghajlati trendek, szélsőségek változása: 2020-as helyzetkép. *Scientia et Securitas* 2, 164–171. <https://doi.org/10.1556/112.2021.00037>
- Matyasovszky, I., 2013: A regresszió közelítései. In: Statisztikus klimatológia (Idősorok elemzése). ELTE Eötvös Kiadó. Budapest. 88–139.
- Móri, F.T. és Székely, J.G., 1986: Többváltozós statisztikai analízis. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Szentimrey, T., 1989: A lineáris analitikus trendvizsgálat néhány elvi módszertani kérdése. *Időjárás* 93, 151–156.
- Szentimrey, T., 2017: Manual of homogenization software MASHv3.03. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- Szentimrey, T., 2019: Mathematical methodology and software for comparison of gridded datasets. Budapest, OMSZ tanulmány 10.
- Szentimrey, T. és Bihari, Z., 2014: Manual of interpolation software MISHv1.03. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.



Hőségperiódusok vizsgálata Magyarországon a XX. század elejétől napjainkig

Bokros Kinga, Lakatos Mónika

Országos Meteorológiai Szolgálat, bokros.k@met.hu

DOI: 10.56474/legkor.2022.3.2

A klímaváltozás nyilvánvaló jele térségünkben a magas hőmérsékletekkel kapcsolatos szélsőségek gyakoribbá válása, a hőhullámok tartósságának és intenzitásának növekedése. A változások nyomán követésére általában különböző szélsőséges éghajlati klímaindexeket használnak. Ezekből válogattunk meg és számoltunk ki néhányat, olyanokat, mint a hőségnapok, forró napok és trópusi éjszakák. Az elemzésekhez homogenizált, interpolált napi méréseket használtunk az 1901–2021 időszakból. Lineáris trendmodellel becsültük a változásokat, annak szignifikáns voltát is megvizsgáltuk. Többféle hőhullám definíciót alapul véve származtattuk a hőhullámos napokat. Az OMSZ veszélyjelzései, a Nemzeti Népegészségügyi Központ hőségriasztási rendszere, valamint a Copernicus program „European Health Service” szolgáltatásban Magyarországra elérhető indikátorok alapján összehasonlító elemzéseket végeztünk a hőségperiódusokra vonatkozóan.

Analysis of hot spells in Hungary from the early 20th century to the present

Climate change causes increasing frequency of extremes associated with high temperatures, and the increasing persistence and intensity of heat waves in our region. Various extreme climate indices are recommended and commonly used to detect the impact of climate change. Some of these indices have been implemented and calculated, such as hot days, warm days and tropical nights. For the analyses, we used homogenized, interpolated daily measurements from the period 1901–2021. A linear trend model was used to estimate the changes, and its significance was also tested. Heat wave days were derived using several definitions of heat wave. Comparative analyses of heatwave periods were carried out based on the OMSZ warnings, the National Public Health Centre's heat alert system and the indicators available for Hungary in the Copernicus programme's European Health Service.

Bevezetés

Térségünk klímaváltozásnak való kitettsége igen jelentős, mely megmutatkozik a hőhullámok növekvő számában, tartósságában és intenzitásában egyaránt. Ezen kiugróan meleg időjárás

események kialakulásának megannyi oka ismert. Közrejátszanak a mediterrán, illetve trópusi területekről érkező, vagy éppen az erős, atlanti-óceáni eredetű, nagy kiterjedésű, lassú mozgású, s így tartós anticiklonokhoz kapcsolódó leszálló meleg

légtömegek. Fontos szerepe van a kisebb skálájú jelenségeknek is, mint az éjszakai magasszintű felhőzet, mely visszatartja a kisugárzott hőmennyiséget, s amely magával hozza a nagyobb mértékű nappali felmelegedést. Nem elhanyagolhatók továbbá az orografikus hatások, úgymint hazánk éghajlatának egy fontos karakterisztikája, a medence-jelleg. Ennek egyik következménye, hogy a térségünkbe érkező szelek a környező hegységeken átjutva fön jelleggel és alacsonyabb szélsőbességekkel rendelkeznek. A kisebb szélsőbesség, illetve a szélsőséges időjárási helyzetek pedig kedveznek a hőhullámok kialakulásának. Emellett hatással van a hőhullámok alakulására a talajnedvesség és a levegő relatív nedvessége is, ezen kívül a városi környezet beépítettsége. A városi hősziget hatás nagyban felerősíti ezen kiugróan meleg időszakokat.

Évszakaink közül nyáron tapasztalható a legnagyobb mértékű melegedés, mind az átlaghőmérséklet, a minimum- és a maximumhőmérséklet tekintetében. A nyári középhőmérséklet 121 év alatt 1,6 °C-kal, míg a maximum-, és a minimumhőmérséklet 1,8, illetve 1,7 °C-kal nőtt 1901 óta országosan. Ez a nagymértékű emelkedés olyan hőmérsékleti extrémításokat eredményez, amely komoly károkat okozhat a vegetációban, a mezőgazdasági termelésben. A komoly hőhullámok rendszerint aszályal párosulnak, s ez hatással lehet az élelmiszerellátásra, illetve az élelmiszer árak növekedését okozhatja. A hőségperiódusok fokozzák a városi hősziget mértékét, ezáltal a hőség egészségügyi hatásait, ami a hőhullámok okozta többlethalálozásban is megnyilvánul (Bihari et al., 2015). A klímaváltozás várhatóan befolyásolni fogja egyes, állati közvetítők (rovarok, rágcsálók) által terjesztett fertőző betegségek térbeli és időbeli megjelenését. Hazánkban elsősorban a kullancsok által terjesztett Lyme-kór fog gyakoribbá válni, de megjelennek egyes szúnyogok által behurcolt betegségek is (Trájer, 2022). A növekvő hőmérséklet hatására gyakoribbá válhatnak egyes mikrobiális eredetű élelmiszer-fertőzések és -mérgezések. Számolni kell az allergén növények változó elterjedésével, növekvő pollenszórásával is. (Páldy et al., 2018). A magas hőmérséklettel

kapcsolatos események vizsgálata így elengedhetetlen az eredményes alkalmazkodási folyamat megvalósításához.

Ebben az írásban a 121 évet felölelő hőségvizsgálatok elvégzéséhez részben olyan mutatókat használtunk, melyek megjelennek az éghajlatváltozás hazai hatásainak feltérképezését szolgáló KEHOP-1.1.0: KlímAdat projektben is¹. A projekt eredményeképp 1971-től elérhetők olyan szélsőséges éghajlati indexek, mint a *hőségnapok*, *másodfokú hőhullámos napok*, *trópusi éjszakák*, *hőhullámos napok száma*. Cikkünkben az itt felsoroltakon kívül szerepel a *forró napok számának* elemzése is. Az elemzések kezdete a múlt század elejéig visszanyúlik, így ezzel az anyaggal kiegészítjük a KlímAdat projekt időtávját.

A tartós hőségre, hőhullámokra vonatkozóan háromféle definíciót alkalmazunk. Összehasonlítjuk az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) veszélyjelzésben használt, valamint a Nemzeti Népegészségügyi Központ (NNK) által szakmailag támogatott hőségriasztási rendszerben használt hőhullámfogalmakat. Ezek mellett elemezzük az Európai Unió Kopernikus programjának: Copernicus Climate Change Services éghajlatváltozási szolgáltatásokat fejlesztő alprogramja (C3S) által működtetett „European Health Service” felületén (<https://climate.copernicus.eu/european-health-service>) Magyarországra elérhető hőhullámos napokat (Hooyberghs et al., 2019).

Felhasznált adatok és módszerek

Elemzéseinkhez az Országos Meteorológiai Szolgálat MASH rendszerrel homogenizált (Szentimrey, 2008) és MISH módszerrel interpolált (Szentimrey és Bihari, 2007) HuClim adatbázisát használtuk. A HuClim egy térben és időben is reprezentatív, a hazai éghajlati változások nyomán követésére ajánlott adatbázis (Izsák et al., 2021). Az országot lefedő, 10 km-es rácsávolságú háló pontjaira tartalmaz becslést a napi középhőmérsékletre és a napi hőmérsékleti szélsőértékekre, valamint a napi csapadékösszegre a múlt század elejétől. A HuClim előállítása és évenkénti frissítése

¹ <https://www.met.hu/klimadat/hu/kezdo/index.php>

az OMSZ Éghajlati Osztályán történik (Izsák *et al.*, 2022). Az itt bemutatott hőségindexeket és a hőhullámok jellemzőit a napi átlaghőmérséklet, napi minimum, és maximumhőmérséklet adatsorokból származtattuk. A trendelemzés során lineáris trendmodellt alkalmaztunk, a trend szignifikanciájára vonatkozó hipotézisvizsgálatot t-próbával végeztük $\alpha=0,05$ valószínűségi szintre.

Bár a hőségre, illetve a hőhullámokra vonatkozóan nincs egységes, pontos, hivatalos definíció sem a Meteorológiai Világszervezet (WMO), sem az Egészségügyi Világszervezet (WHO) részéről, mégis megfogalmaznak javaslatokat és küszöbértékeket erre vonatkozóan. A WMO CCI/CLIVAR/JCOMM az éghajlatváltozás detektálásával és az arra szolgáló indexek meghatározásával foglalkozó szakértői munkacsoportja (ETCCDI) számos szélsőség indexet definiált. Több nemzetközi kutatási projektben ezeket meg is valósították (Klein Tank and Konnen, 2003; Karl *et al.*, 1999). A hazai gyakorlatban is alkalmazzuk ezek egy részhalmazát a megfigyelt változások nyomon követésére (Lakatos *et al.*, 2021). Ilyen indexek például a fix küszöbökön alapuló, hazai gyakorlatban is régóta használt hőségnapok és forró napok. Ezek mellett a trópusi éjszakák azonosítása is fontossá vált az intenzív melegedéssel. Ezen hőségmutatók definíciói láthatók az 1. táblázatban.

Hőségnap	$T_{\max} \geq 30\text{ °C}$
Forró nap	$T_{\max} \geq 35\text{ °C}$
Trópusi éjszaka	$T_{\min} \geq 20\text{ °C}$

1. táblázat. Hőségindexek definíciói.

Az egyedi küszöbátlépés mellett a hőség tartósságát, a hőhullámokat is elemezzük az OMSZ veszélyjelzésben, illetve a hazai hőségriasztás rendszerében használt kritériumok alapján. Ezek összehasonlító elemzése újszerűnek mondható. Magyarországon a hőségriasztások és figyelmeztetések gyakorlata jelenleg úgy alakul, hogy az Országos Meteorológiai Szolgálat veszélyjelzése nyomán a Nemzeti Népegészségügyi Központ (NNK) szakmai támogatásával az országos tisztifőorvos rendeli el a hőségriadót. Az OMSZ veszélyjelző rendszerében és az ezeken alapuló

hőségriadók kihirdetésében a 2. táblázatban található 3–3 kategória szerint különülnek el az elsőfokú, másod- és harmadfokú veszélyjelzések, illetve hőségriasztások.

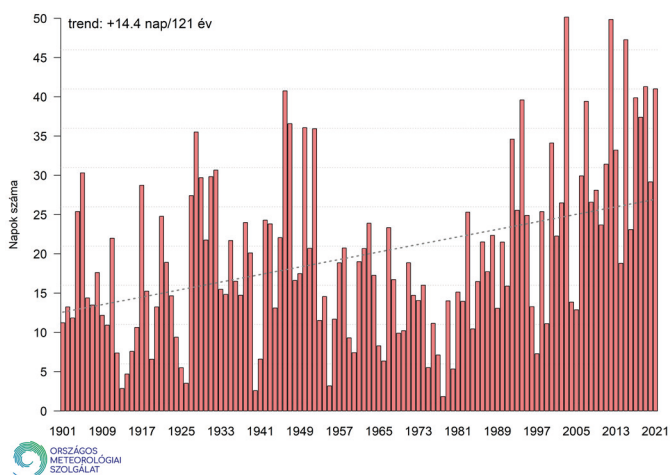
A C3S European Health Service Magyarországra elérhető szolgáltatásának alapja az NNK szakértői által javasolt hőhullám definíció (Páldy és Bobvos, 2014). Ebben a definícióban térben nem állandó érték a hőhullám küszöbértéke, ugyanis az 1981–1990 évtizedre vonatkozó, május 16. és szeptember 15. közötti időszakban értelmezett napi átlaghőmérsékletek 90. percentiliséet veszi alapul (T_{90} (1981–1990)), mely taggal egy dinamikus definíció áll elő, területenként eltérő T_{90} (1981–1990) értékkel, így eltérő gyakorisággal, s tartammal rendelkező hőhullámokkal. A felsorolt hőség- és hőhullám meghatározásokat a 2. táblázat tartalmazza.

Kategóriák	OMSZ figyelmeztetés	NNK hőségriasztás	NNK/C3S European Health Service
Elsőfok	$T_{\text{atl}} \geq 25\text{ °C}$	$T_{\text{atl}} \geq 25\text{ °C}$	$T_{\text{atl}} \geq T_{90(1981-1990)}$ min. 3 egymást követő napon
Másodfok	$T_{\text{atl}} \geq 27\text{ °C}$	$T_{\text{atl}} \geq 25\text{ °C}$ min. 3 egymást követő napig	
Harmadfok	$T_{\text{atl}} \geq 29\text{ °C}$	$T_{\text{atl}} \geq 27\text{ °C}$ min. 3 egymást követő napig	

2. táblázat. Hőhullám figyelmeztetés és riasztás kritériumai.

Hőségindex vizsgálatok eredménye

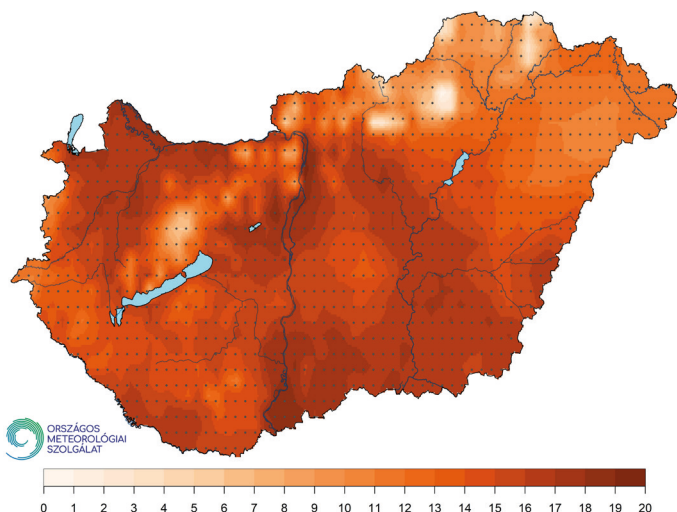
Hőségnapról akkor beszélünk, ha a napi maximumhőmérséklet eléri, illetve meghaladja a 30 °C-t. A hőségnapok évi számának országos átlagát szemlélteti az 1. ábra 1901 és 2021 között, melyben szignifikáns pozitív trend (+14,4 nap) tapasztalható. A 30 éves normálidőszakokat tekintve az 1991–2020-as normál (28,6 nap) majdnem kétszerese a 1901–1930 (15,9 nap) és 1961–1990 normálidőszakok (14,7 nap) értékeinek. A 30 fokot meghaladó maximumok gyakoriságának növekedése tehát szembevető, az 5 legtöbb hőségnapot számláló év a 3. táblázatban látható. Ebből megállapítható, hogy a legtöbb hőségnap az elmúlt két évtizedből származik.



1. ábra. Hősejnapok számának országos átlaga 1901 és 2021 között.

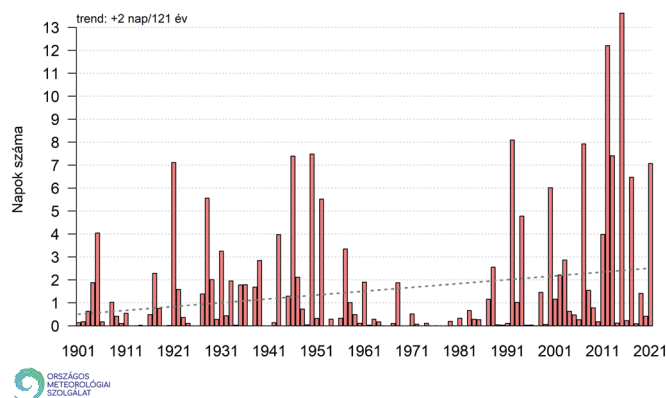
	Év	Hősejnapok számának országos átlaga [nap]
1.	2003	50,2
2.	2012	48,9
3.	2015	47,3
4.	2019	41,3
5.	2021	41,0

3. táblázat. Az 5 legtöbb hősejnapot számláló év listája, 1901-2021 között.



2. ábra. Hősejnapok ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$) évi összegének napokban kifejezett változása 1901 és 2021 között. A 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns változást pöttyök jelölik.

A hősejnapok 121 éves változásának területi eloszlását jeleníti meg a 2. ábra, mely napokban fejezi ki a változás mértékét. Országosan – az Északi-középhegység egyes pontjait leszámítva – mindenhol szignifikánsan növekvő tendencia mutatkozik. A legnagyobb növekedés a Kisalföld és az Alföld déli, délkeleti területein következett be, ezeken a tájakon 16–19 nappal nőtt a hősejnapok éves összege a múlt század elejétől. Hasonlóan magas értékek jelennek meg a főváros környékén is, Pest megye Dunától keletre eső területein. Kisebb mértékben növekedett a hősejnapok száma az ország északi, északkeleti régióiban, valamint az Alpokalja területén. Előbbi esetén megközelítőleg 8–12 napos, míg Nyugat-Magyarországon 10–13 napos trend mutatkozik. A legkisebb növekedés a középhegységeinkben volt, a Dunántúli-középhegység területén 4–9 nap az Északi-középhegység és a Zempléni-hegység legmagasabb pontjain nem volt tapasztalható szignifikáns változás.



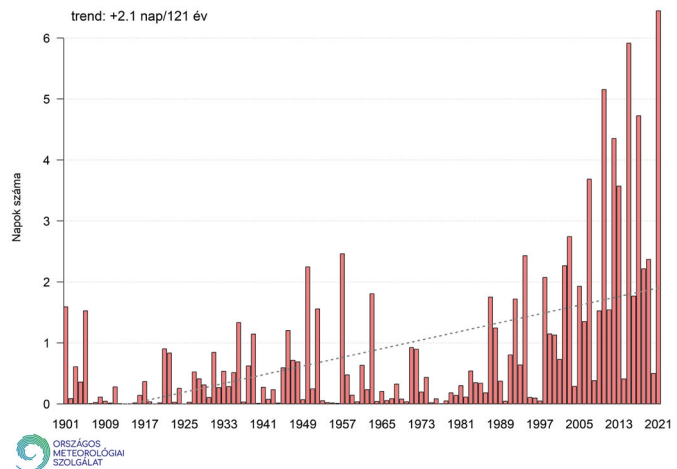
3. ábra. Forró napok éves számának országos átlaga 1901 és 2021 között a lineáris trendvonalal.

normál időszakok	forró napok országos átlaga [nap]
1901-1930	1,0
1931-1960	1,6
1961-1990	0,4
1991-2020	2,9

4. táblázat. Forró napok országos átlaga 30 éves normálidőszakokban.

A forró napok éves számának országos átlagát illusztrálja az elmúlt 121 évben a 3. ábra. A hőségnapokhoz képest kisebb esetszámok jelennek meg, leginkább a 1960–70-es években fordultak elő 1-nél kisebb országos átlagok. A teljes időszakot pozitív, szignifikáns trend jellemzi: országosan 2 nappal nőtt a 35 fokot meghaladó napi maximumhőmérsékletek száma. A 4. táblázat szemlélteti, hogy a normálidőszakok közül az elmúlt 30 év átlaga a legnagyobb országosan (2,9 nap). A legtöbb forró napot számláló év 2015 volt, országos átlagban 13,6 nappal. Ezt 2012 (12,2 nap), majd 1992 követte 8,1 nappal, azaz jól látható, hogy az elmúlt 30 évben fordult elő a legtöbb forró nap.

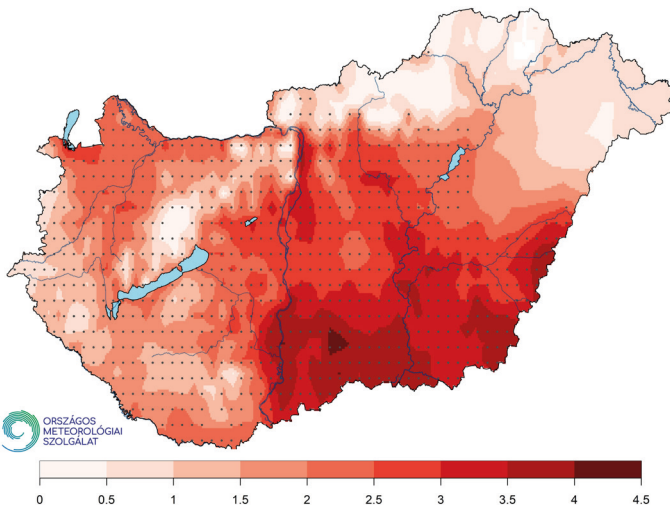
Az országos átlag mellett sokatmondó a forró napok éves változásának területi eloszlása (4. ábra), mely nagyban hasonlít a hőségnapok változásának országos eloszlásához. Hasonlóan a 2. ábrához, a forró napok esetén is az Alföld, a Kisalföld és a főváros környékén volt tapasztalható a legnagyobb növekedés. Az Alföld déli régióiban, illetve délkeleten a Körös-Maros köze, a Bihari-síkság és a Kis-Sárrét vidékén 3–4,5 nappal nőtt a 35 fokot elérő, illetve meghaladó csúcshőmérsékletű napok száma 121 év alatt, míg a Kisalföldön valamelyest kisebb, ám statisztikailag szignifikáns növekedés volt jellemző (+2–3 nap). Az ország középső részén és Pest



5. ábra. Trópusi éjszakák éves számának országos átlaga 1901 és 2021 között.

megye keleti, sík vidékén történt nagyobb mértékű, 2,5–4 napos növekedés. A Dél-Dunántúlon kisebb mértékű változás látható, 1,5–2 nappal lett több a forró napok száma. A 4. ábráról leolvasható, hogy a legkisebb mértékben keleten, északkeleten változott a 35 fokos maximumot meghaladó napok száma. Az Északi-középhegység területén, valamint a Nyírségben és a Nagykunság legészakibb területein szignifikáns változás nem történt, s ugyanez igaz további hegységeink, a Dunántúli-középhegység és a Mecsek magasabb pontjaira.

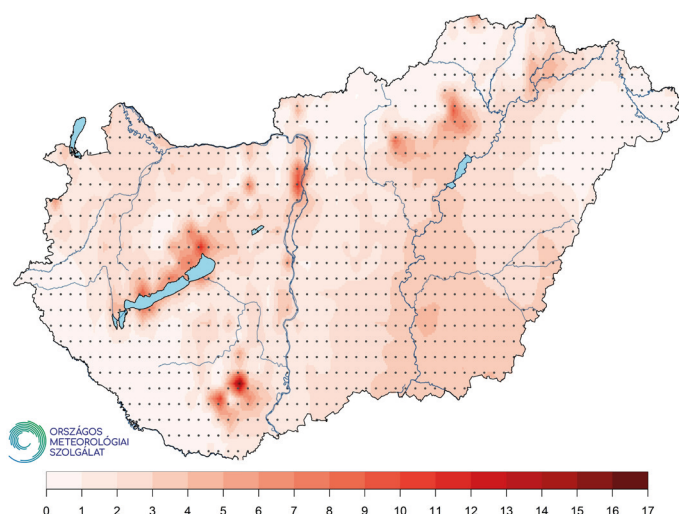
A napi maximumhőmérsékletekhez kötődő mutatók mellett vizsgáltuk a napi minimumhőmérsékletekre vonatkozó indexeket is, ilyen a trópusi éjszakák száma, mely a 20 °C-t elérő, illetve azt meghaladó minimumhőmérsékletű napokat adja meg. Az 5. ábra szemlélteti ezen napok 121 éves összegeinek országos átlagát. Hazánk területén átlagosan 2,1 napos növekedés tapasztalható, mely szignifikáns változásnak tekinthető.



4. ábra. Forró napok ($T_{\max} \geq 35\text{ °C}$) évi összegének napokban kifejezett változása 1901 és 2021 között. A 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns változást pöttyök jelölik.

	Év	trópusi éjszakák országos átlaga [nap]
1.	2021	6,5
2.	2015	5,9
3.	2010	5,2
4.	2017	4,7
5.	2012	4,4

5. táblázat. Az 5 legtöbb trópusi éjszaka éves száma.



6. ábra. Trópusi éjszakák ($T_{\min} \geq 20^\circ\text{C}$) évi összegének napokban kifejezett változása 1901–2021 között. A 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns változást pöttyök jelölik.

Ahogy a forró napok és a hőségnapok előfordulására, úgy a trópusi éjszakákra is jellemző, hogy az elmúlt 1–2 évtizedben volt a legnagyobb az évi esetszámuk. Az 5 legtöbb trópusi éjszakát számláló év 2010 óta következett be, s ezek közül országos átlagban a legtöbb 2021-ben lépett fel (5. táblázat).

A trópusi éjszakák 121 éves változásának területi eloszlását szemlélteti a 6. ábra, mely a hőség- és forró napok változásának országos eloszlásától merőben eltérő mintázatot mutat. Észak-Magyarország és a Nyírség szűkebb régióit leszámítva az egész országot pozitív, szignifikáns trend jellemzi. Általánosságban elmondható, hogy a magasabb tengerszint feletti magasságú régiókban jelentősebb a változás, illetve a hegységek lábánál. A Balaton környékén, a Keszthelyi-hegység és a Balaton-felvidék területén az átlagoshoz képest nagyobb mértékű volt a növekedés, megközelítőleg 5–12 nap. Pest megye Duna vonalától nyugatra fekvő területein 6–11 nappal nőtt a 20 foknál magasabb minimumhőmérsékletű napok száma. Nagy mértékben, 6–8 nappal nőtt a trópusi éjszakák száma az Északi-középhegység környékén is, de Soproni- és a Kőszegi-hegység csúcsain is ehhez hasonló változást tapasztalunk. A legnagyobb mértékű növekedés a Dél-Dunántúlon, a Mecsek vidékén történt, mely területről 15–17 napos trend olvasható le.

Az országos átlagnak megfelelő a trópusi éjszakák számának növekedése a Kisalföldön (+2–3 nap), míg az Alföld délkeleti régióiban bekövetkezett változás (3–5 nap), mely északkelet felé egyre csökken. Északkelet-Magyarországhoz hasonlóan délnyugaton, a Dunántúli-dombság vidékén is az országos átlag alatti, 1 nap körüli változás következett be.

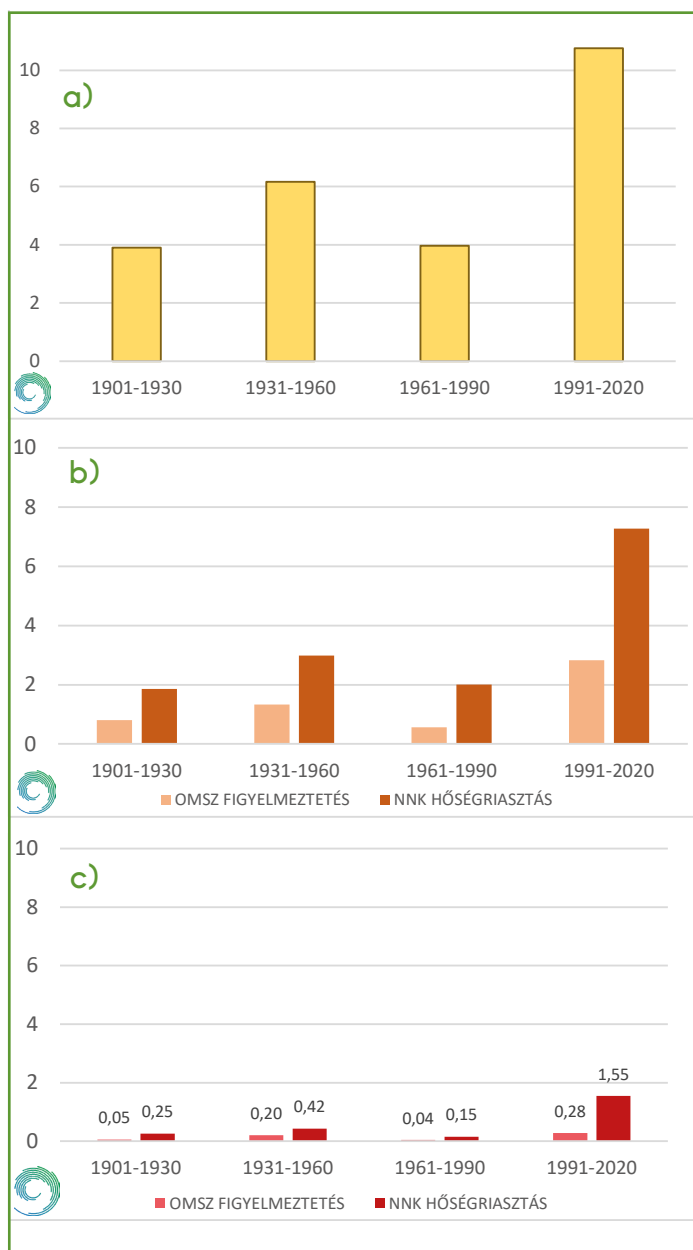
Hőhullám vizsgálatok eredménye

A szélsőértékekhez köthető indexek bemutatása mellett a magas napi átlaghőmérsékleteken alapuló mutatók vizsgálata is elengedhetetlen, hisz ezek jól kifejezik az egész napos hőterhet. Az elemzéseink során felhasznált, s a 2. táblázatban definiált három hőhullámfogalom mindegyike a napi átlaghőmérsékletre fogalmaz meg feltételeket.

Az OMSZ három szintű veszélyjelzése 1–1 nap előrejelzett átlaghőmérsékletén alapul, majd ez alapján ad ki figyelmeztetést hőségre a Szolgálat három küszöb szerint (25, 27 és 29 °C).

A Nemzeti Népegészségügyi Központ (NNK) szakmai támogatásával készülő, az országos tisztifőorvos által kiadott hőségrisztások az OMSZ veszélyjelzéseit is figyelembe veszik, belső konzultáción alapulnak. Ezeknek a kritériumoknak legalább 3 egymást követő napon fenn kell állniuk a másod- és harmadfokú riasztások esetén (2. táblázat).

Megvizsgáltuk, hogy az OMSZ figyelmeztetés, illetve NNK hőségrisztás kritériumait kielégítő napok száma hogyan alakult 1901-től országos átlagban. A 7. ábra az első-, másod- és harmadfokú OMSZ figyelmeztetéseknek, illetve NNK hőségrisztásoknak a 30 éves normálidőszakokra vonatkozó, rácsponti értékeken alapuló országos átlagait tartalmazza a két fent említett módszer szerint számítva. Jól látható, hogy mindkét esetben és mindhárom fokozatot szemlélve az elmúlt harminc évben volt tapasztalható országos szinten a legtöbb hőségszérius. Az elsőfokú riasztás kritériumának megfelelő napok átlaga az 1991–2020-as időszakban több mint 10,8 nap volt (7/a ábra). A legnagyobb mértékű változás is ebben az esetben, a 25 °C napi középhőmérsékletet meghaladó napok évi számában volt tapasztalható hazánkban



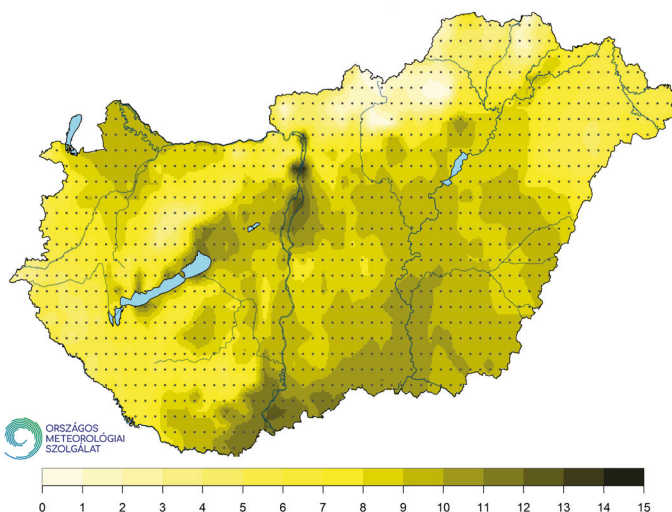
7. ábra. Első (a)-, másod (b)- és harmadfokú (c) hőségriasztások kritériumát kielégítő napok számának 30 éves átlagai.

(+7,7 nap/121 év). Az egyes éveket vizsgálva 2015-ben (28,8 nap), majd 2012-ben (24,1 nap) és 2021-ben (21,1 nap) volt a legtöbb ilyen nap Magyarországon. Megjegyezzük, hogy az elsőfok küszöbértéke azonos a két rendszerben.

A 7. ábra b) része a másodfokú figyelmeztetésnek, illetve riasztásnak megfeleltethető napok éves, országos átlagát jeleníti meg 30 éves átlagok

formájában az OMSZ veszélyjelzése ($T_{\text{átl}} \geq 27^\circ\text{C}$) és az NNK hőségriasztások ($T_{\text{átl}} \geq 25^\circ\text{C}$ minimum 3 napig) módszerével számítva. Utóbbi esetén magasabbak az esetszámok mindegyik normálidőszakban. Az átlaghőmérsékletek növekedését mutatja az 1991–2020-ra vonatkozó, a megelőző normálidőszakokhoz képest megközelítőleg 3–4-szeres átlagérték (7,27 nap). A 121 éves trend is szignifikánsan növekvő: 6,5 nappal nőtt az NNK kritérium rendszerrel számított másodfokú hőségriasztások száma. A 27°C átlaghőmérsékletet meghaladó napok száma kisebb mértékben, ám szintén szignifikánsan változott (+2,5 nap/121 év) országos átlagban. Az OMSZ veszélyjelző rendszere szerinti másodfokú figyelmeztetéseknek megfeleltethető napok az elmúlt 30 évben fordultak elő legtöbbször, a maga 2,8 napos országos átlagával kiemelkedik az előző normálidőszakok értékei közül, melyek egyike sem érte el a 2 napot.

2015-ben kiemelkedően sok hóhullámos nap fordult elő. A másodfokú hőségriadónak megfeleltethető napok országos átlaga 2015-ben volt a legnagyobb (25,8 nap), melyet 2012 (21,1 nap) és 2021 (16,3 nap) követett. Az OMSZ veszélyjelzése szerinti másodfokú figyelmeztetés kategóriájába sorolható napok országos átlagait tekintve 2012-ben fordult elő a legtöbb 27°C -nál nagyobb átlaghőmérsékletű nap (11,5), míg 2015-ben és



8. ábra. A hóhullámos napok ($T_{\text{átl}} \geq 25^\circ\text{C}$) éves számának változása 1901 és 2021 között. A 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns változást pöttyök jelölik.

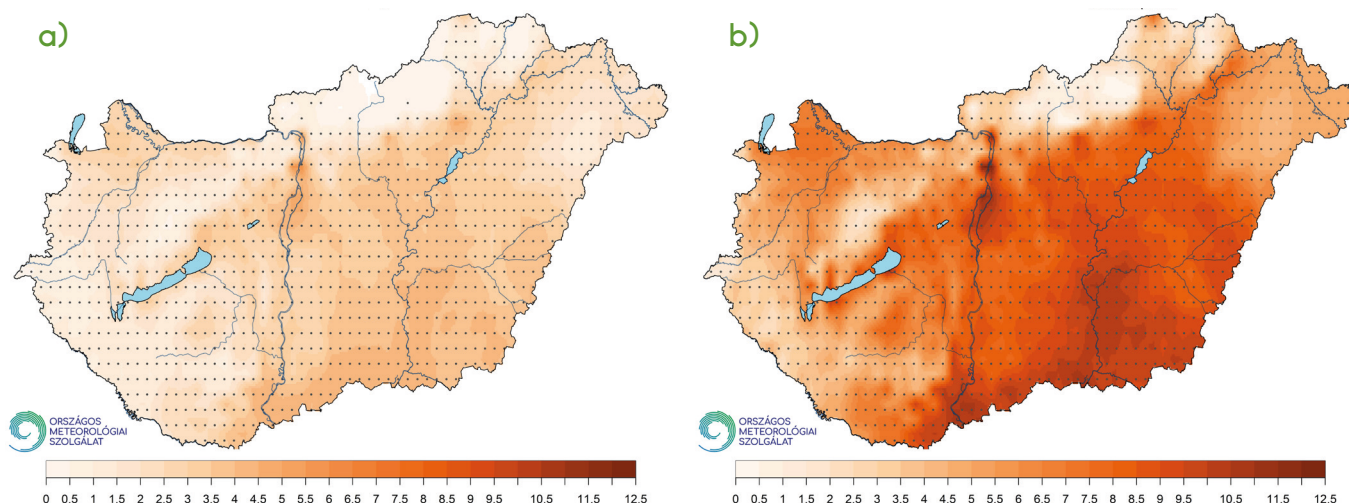
2021-ben is rekordmennyiségben fordultak elő: 10,9 és 8,14 nap. Emellett 2013 (8,13 nap) és 2007 (7,56 nap) is nagy értékekkel szerepel.

A legkisebb eltérés a legmagasabb szintű hőség tekintetében tapasztalható az OMSZ figyelmeztetés és az NNK riasztások küszöbszámai alapján (7/c ábra). Az 1901-től 1990-ig szereplő 3 normál-időszak egyikében sem haladja meg az 1 napot ez az érték országos átlagban. A legnagyobb eltérés az elmúlt 30 évre jellemző, amikor legalább 3 napig fennálló, és a 27 °C átlaghőmérsékletet elérő, illetve meghaladó napok, hőségperiódusok számának országos átlaga (1,6 nap) több mint 5-szörösen meghaladja a 29 °C átlaghőmérsékletű napok számának országos 30 éves átlagát (0,3 nap). Utóbbinak a XX. század elejétől számított trendje a legkisebb: +0,3 nap / 121 év, mely változás statisztikailag szignifikáns 0,05-ös valószínűségi szint mellett. Az NNK küszöb figyelembevételével a legkomolyabb hőségperiódusok trendje nagyobb mértékű, országos átlagban 1,6 napos a növekedés 121 év alatt. Magas országos átlag jellemezte 2013 (7,9 nap) 2015 (7,4 nap) és 2007 (6,6 nap) éveket az NNK riasztási rendszer szerinti meghatározás szerint.

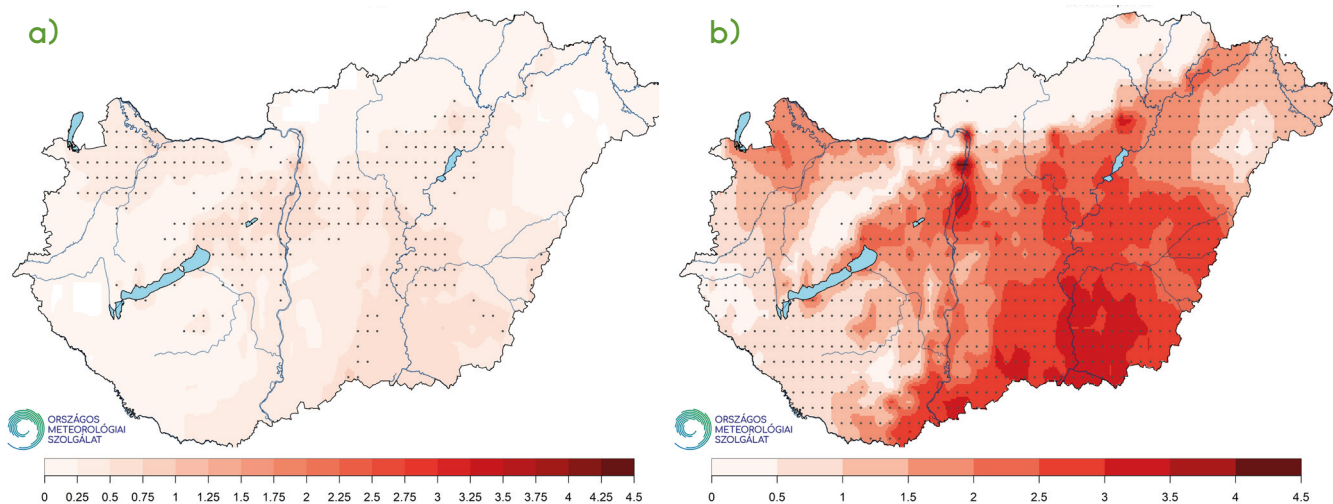
Tovább árnyalja a képet a 8–10. ábrák sorozata, ahol ugyanezen módszerek szerint számított hóhullámos napok 121 éves változását tekinthetjük át területi eloszlásban. A hóhullámos napok,

vagyis elsőfokú figyelmeztetéseknek, illetve hőségriasztásoknak megfelelő napok évi számának XX. század elejétől vett változása a főváros környékén, Pest megyében a legnagyobb (+14–15 nap/121 év), de magas értékeket láthatunk a 8. ábrán Dél-Magyarországon, valamint délkeleten (+8–13 nap/121 év). Az ország középső területein, az Alföldön, Kisalföldön és a Dunántúl Duna menti, keleti régióiban is nagymértékű, 8–11 napos pozitív változás fedezhető fel. Az országos átlagnak megfelelő növekedés tapasztalható Északkelet-Magyarországon, a Dunántúl nyugati-délnyugati tájain, a Dunántúli-középhegységben, valamint a Dunántúli-középhegységben. Az országos átlagnál kisebb növekedés az Északi-középhegységben fordult elő, a legmagasabb pontokon nem tapasztalható szignifikáns változás.

Ahogy a 7.b ábra is szemlélteti, úgy a 9. ábrán is megfigyelhető, hogy az OMSZ veszélyjelzése szerint definiált másodfokú figyelmeztetést kielégítő napok száma, illetve annak változása (9.a ábra) kisebb mértékű növekedést jelez országosan, mint az NNK definíció (9.b ábra) felhasználásával. Ám a változás térbeli mintázata a két esetben megegyező: a legnagyobb növekedés Dél-Magyarországon, és az Alföldön, valamint a Kisalföldön és a főváros környékén tapasztalható, valamivel kisebb a Nyírségben, a Dunántúli-dombság és a Dunántúli-középhegység területén, s a legkisebb



9. ábra. Másodfokú hóhullámos napok éves számának változása 1901 és 2021 között az OMSZ veszélyjelzés (a) és az NNK hőségriasztás (b) definíciójának alkalmazásával. A 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns változást pöttyök jelölik.



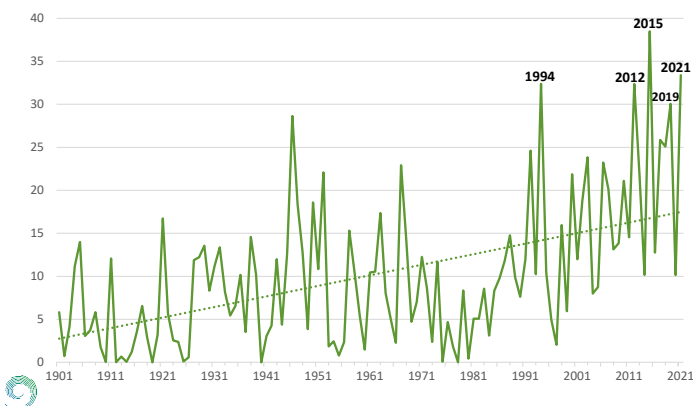
10. ábra. Harmadfokú hőhullámos napok éves számának változása 1901 és 2021 között az OMSZ veszélyjelzés (a) és az NNK hőségriasztás (b) definíciójának alkalmazásával. A 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns változást pöttyök jelölik.

mértékű növekedés az Északi-középhegység tájain következett be 121 év alatt. Továbbá szembevetendő, hogy hőhullámból származó, legalább 27 °C-os napi átlaghőmérsékletű napok éves száma nem változik jelentős mértékben Észak-Magyarországon sem, míg a legalább 3 napig 25 °C-ot elérő napok számának éves változása ezen a területen is szignifikánsan növekszik. Csupán az Északi-középhegység legmagasabb pontjaira igaz, hogy egyik szempont szerint sem történt jelentős változás.

A harmadfokú figyelmeztetések, illetve riasztások kritériuma szerinti napok éves számának változását szemlélteti a két definíció alapján a 10. ábra. A 29 °C átlaghőmérsékletet

elérő napok évi számának 121 éves változása nem haladja meg a +1 nap/121 év trendet, ebben az esetben mutatkozik a legkevesebb szignifikáns pont a rácspontokban. Főként az ország középső területén, a főváros környékén, a Dunántúl északi-keleti régiójában, valamint a Kisalföldön tapasztalható, emellett az Alföld középső és északi vidékein jellemző (10/a. ábra) kismértékű, de statisztikailag szignifikáns növekedés. Nagyobb mértékben nőtt, és nagyobb területen változott szignifikánsan az NNK hőségriasztás harmadik fokozatát leíró hőségperiódusok éves száma 121 év alatt (10/b. ábra), melynek területi eloszlási mintázata nagyban hasonlít a 9.b. ábrához. A legnagyobb növekedés Dél-, és Délkelet-Magyarországon, az Alföldön, a Kisalföldön tapasztalható, illetve Budapest környezetében (+3 – 4,5 nap/121 év). Kisebb mértékű növekedés a Nyírségben és a Dunántúli-dombság területén (0,5 – 2 nap/121 év). Statisztikailag nem szignifikáns változás látható a hegységek régióiban (Dunántúli-középhegység, Mecsek, Északi-középhegység), valamint az Alpokalja egyes tájain.

A C3S European Health Service által Magyarországra alkalmazott definíció (NNK/C3S European Health Service) nem tartalmaz különböző fokozatokat a hőhullámos napok meghatározásához (2. táblázat). Az 1981–1990 nyári időszaknak adott pontra számított 90. percentiliseihez

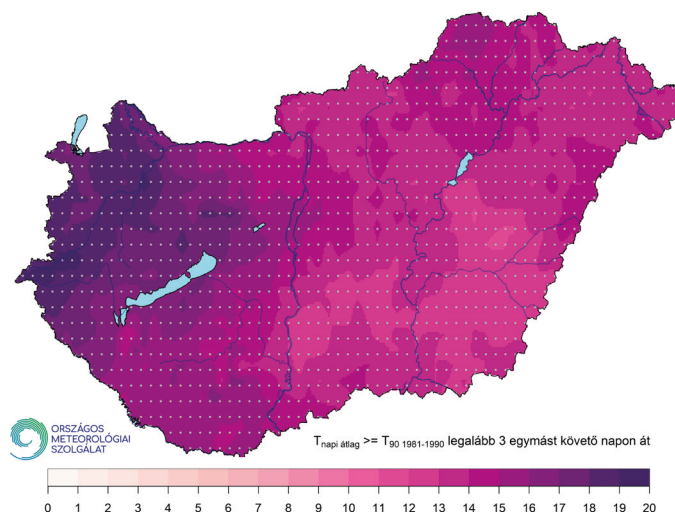


11. ábra. Az NNK/C3S European Health Service definícióval meghatározott hőhullámos napok országos átlaga 1901 és 2021 között.

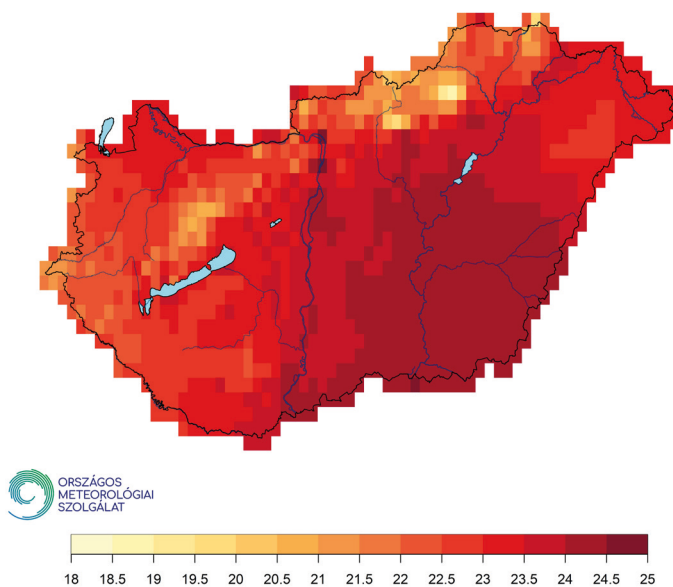
képest határozza meg a hóhullámos periódusokat, figyelembe véve az adott területen élők korábbi kitettségét, amihez már vélhetően sikeresen alkalmazkodtak. Ennek országos átlagait mutatja a 11. ábra az 5 legtöbb hóhullámos napot tartalmazó év feltüntetésével. Az országos átlag az elmúlt 121 év során 14,7 nappal növekedett. Ennek a hóhullámdefiníciónak az országos átlagaiból egyértelműen leolvasható, hogy 1980-ban csökkent utoljára 1 nap alá az országos átlag, 1997-ben volt utoljára 5 nap alatti, 2006 óta pedig nem csökkent 10 nap alá hazánkban a hóhullámos napok száma.

Az országos átlag mellett a változás területi eloszlása különösen fontos (12. ábra), ugyanis ez a definíció nem egy országos küszöböt használ, hanem helyfüggő küszöbértéket vesz alapul. Az eddig bemutatott hóhullám- és hőségperiódusok 121 éves változását vizsgálva az Alföld, Kisalföld területe volt a leginkább érintett, s a legkevésbé a hegységeink, az Alpokalja, valamint a Nyírség és Észak-Magyarország területén változott a hóhullámos napok száma e definíciót tekintve. Jelen vizsgálat után azonban az adott terület 1981–1990 referenciaidőszak szerint határozza meg a hóhullámos napok, periódusok alakulását, a 12. ábra így kiegészítésre szorul, hiszen fontos látnunk a referenciaidőszak 90. percentiliseit, melyet a 13. ábra tartalmaz rácsponthonként, simítatlanul. Ezen jól látható, hogy a legalacsonyabb percentilis-értékek az ország hegységeinek területén fordultak elő, valamint a nyugati országrészben. Mindez azt jelenti, hogy a NNK/C3S European Health Service által alkalmazott hóhullám definícióval az ország legmagasabb pontjain a 18–19 fokot elérő, s legalább három napig a 18–19 fokot meghaladó napi átlaghőmérsékletű napok is hóhullámos napnak számítanak, míg az Alföld területén a 24 °C körüli kritériumérték az, melynek legalább 3 napig fenn kell állnia a hóhullám kialakulásához.

Ehhez mérten nagyobb a változás a hóhullámos napok számában Nyugat-Magyarország tájain és a Dunántúli-középhegység tájain ezzel a definícióval (12. ábra). Az ország ezen területein a +20 nap/121 év változás is előfordult, de a legcsekélyebb változás is több volt, mint 10–12 nap/121 év, mely főként délkeleten volt tapasztalható. Magasabb értékek jelentek



12. ábra. Hóhullámos napok éves számának változása 1901 és 2021 között az NNK/C3S European Health Service hóhullámdefiníció alkalmazásával. A 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns változást pöttyök jelölik.



13. ábra. 1981–1990 között, május 16. és szeptember 15. közti időszak napi átlaghőmérsékletei alapján meghatározott 90. percentilis értékek [°C].

meg továbbá az Északi-középhegység vonulatain (Cserhát, Zempléni-hegység), ahol 14 napos növekedést láthatunk 121 év alatt. A trendvizsgálatból kiderül, hogy az ország egész területén szignifikáns növekedés volt jellemző.

Összefoglalás

Elemzésünk során Magyarország magas hőmérséklettel kapcsolatos szélsőséges eseményeit vizsgáltuk. A klímaváltozás hatásainak eredményeképp a XX. század eleje óta minden hőségmutató éves gyakorisága jelentősen növekedett az országban.

Az ország egyes területeit tekintve a legnagyobb mértékben az Alföld déli, és délkeleti tájait, a Kisalföldet és a főváros környékét terheli az extrém hőségesemények változása, akár a forró napok, hőségnapok, akár a hóhullámok számának, tartamának növekedéséről legyen szó. A legkevesbé érintett régiók a hegységek, valamint Északkelet-Magyarország és az Alpokalja tájai.

Az itt bemutatott, napi maximum-, illetve minimumhőmérséklethez köthető hőség indikátorok szerint a legnagyobb hőteher az alábbi években jelentkezett: 2015, 2012, 2010, 2007, 2003, de 2021-re is magas értékek születtek. Az Országos Meteorológiai Szolgálat elemzései szerint 2022 nyara rekordmeleg volt 1901 óta Magyarországon. Több hóhullám is kialakult. Az elsőfokú hóhullámos napok számának országos átlaga megegyezett a 2021-es országos átlaggal (21 nap), de az Alföldön a 30 napot is túllépte a 25 °C, vagy annál magasabb napi középhőmérsékletű napok száma 2022 nyarán.

Terveink szerint e cikk folytatásaként az 1901 és 2022 közötti fővárosi hőségperiódusokat bemutató elemzésünk több hóhullám-definícióval, valamint a UTCI humán komfortindex belvárosi és külterületi összehasonlításával a következő számban megjelenik.

Irodalom

- Bihari Z., Hoffmann L., Lakatos M., Marton A., Németh Á., Sábitz J., Szépszó G., Zsebeházi G., Vincze E., Wanutchné Dobi I., Páldy A., Bobvos J., Málnási T., Rudnai T., Bódi-Koós N., Czikoráné Balázs E., Bognár B., Sági G., Horváth A., Kovács A., Unger J., 2015: A klímaváltozás okozta sérülékenység vizsgálata, különös tekintettel a turizmusra és a kritikus infrastruktúrákra (KRITÉR).
- Hooyberghs, H., Berckmans, J., Lefebvre, F., and De Ridder, K., 2019: C3S_422_Lot2 SIS European Health. Spells extra documentation. (letöltés: 2022. szeptember 30.) http://urban-climate.copernicus-climate.eu/documents/Spells_extra_documentation.pdf
- Izsák B., Bihari Z., és Szentes O., 2021: Éghajlatváltozás: homogenizált vagy nyers adatsorokat vizsgálják? *Léggör* 66(3). 12–15.
- Izsák B., Szentimrey T., Lakatos M., Pongracz R., and Szentes, O., 2022: Creation of a representative climatological database for Hungary from 1870 to 2020. *Időjárás* 126, 1–26. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2022.1.1>
- Karl, T.R., Nicholls, N., and Ghazi, A., 1999: CLIVAR/GCOS/ WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary. *Climat. Change* 42, 3–7. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9265-9_2
- Klein Tank, A.M.G. and Konnen, G.P., 2003. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–99. *J. Climate*. 16, 3665–3680. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<3665:TI-IODT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<3665:TI-IODT>2.0.CO;2)
- Lakatos M., Bihari Z., Izsák B., Marton A., és Szentes O., 2021: Megfigyelt éghajlati változások Magyarországon. *Léggör* 66(3), 5–11.
- Páldy, A., Erdei, E., Bobvos, J., Ferenczi, E., Nádor, G., és Szabó, J., 2004: A klímaváltozás egészségi hatásai. *Egészségtudomány* 48, 220–236.
- Páldy A. and Bobvos J. 2014: Health impacts of climate change in Hungary - a review of results and possibilities to help adaptation. *Centr. Eur. J. Occup. Environ. Med.* 20, 51–67.
- Páldy A., Bobvos J. és Málnási T., 2018: A klímaváltozás hatása egészségünkre és az egészségügyre Magyarországon. *Magyar Tudomány* 179, 1336–1348. <https://doi.org/10.1556/2065.179.2018.9.7>
- 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.
- 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). In: Proceedings from the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology, Budapest, Hungary, 2004, COST Action 719, COST Office, 17–27.
- Trájer A.J., 2022: A sárgaláz szúnyog populációk múltbeli, közelmúltbeli és jövőbeli éghajlati stabilitásának vizsgálata Európában. *Léggör* 67, 34–41. <https://doi.org/10.56474/legkor.2022.1.6>



Vulkánkitörés - levegőminőség - éghajlat

Kövesi-Lázár Krisztina

Országos Meteorológiai Szolgálat, lazark@met.hu

DOI:10.56474/legkor.2022.3.3

Napjainkban számos kutatás támasztja alá a vulkáni tevékenység éghajlatot befolyásoló hatását. A kitörés során a légkörbe juttatott vulkáni anyag kénben gazdag, ami vízzel reagálva kén-sav-aeroszollá alakul. A vulkáni anyag intenzívebb kitörés hatására feljut a sztratoszférába, ahol a magaslégköri futószelek szárnyán könnyedén szétterül nagy területen és akár évekig is ott maradhat. A kén-sav-aeroszol felhő sztratoszférikus jelenlétének megannyi veszélyes és messzemenő következménye van: többek közt csökkenő földfelszíni hőmérséklet, emelkedő sztratoszférikus hőmérséklet, ózontartás. Mivel reális statisztikai eséllyel a jövőben is várhatók kiemelt jelentőségű kitörések, fontos tisztában lenni a vulkáni tevékenység hatásaival, és tanulni a múltbéli események következményeiből. A cikkben bemutatásra kerül néhány jelentős vulkáni tevékenység a közeli és távoli múltból egyaránt, valamint azok éghajlatra és társadalomra gyakorolt hatásai.

Volcanic eruption - air quality - climate

Nowadays, a number of studies support the impact of volcanic activity on the climate. The volcanic material released into the atmosphere during the eruption is rich in sulphur, which reacts with water to form a sulphate aerosol. The volcanic material enters the stratosphere as a result of a more intense eruption, where it easily spreads over a large area by the wind and can last for years. The stratospheric presence of a sulphate aerosol cloud has many dangerous and far-reaching consequences, including a decrease in surface temperature, an increase in stratospheric temperature, and a decrease in ozone concentration. As there are realistic statistical chances of future eruptions, it is important to be aware of the effects of volcanic activity and to learn from the consequences of past events. The article presents some significant eruptions from both the recent and distant past and their effects on climate and society.

A vulkánkitörések hatása az éghajlatra

Jelenleg körülbelül 48 aktív vulkánt tartanak számon a Földön (2022. március 17.), de a szennyezőanyag kibocsátás szunnyadó állapotra is jellemző. A vulkánt aktívnak tekintjük, ha az időszakos

kitörések közt nem telik el több, mint három hónap (*Global Volcanism Program*).

A vulkánkitörések során kén-dioxid kerül a légkörbe, amely színtelen, erős szagú, reaktív gáz. Magas koncentrációja kifejezetten káros hatással lehet az emberi egészségre. Súlyosbíthatja

a tüdőbetegségeket és hozzájárulhat szív- és érrendszeri megbetegedésekhez. Antropogén kibocsátása szénégetéshez, erőművek olajához, illetve réz- és nikkelkohászathoz köthető. Természetes folyamatok révén a kén-dioxid vulkánkitörések által kerül a levegőbe (CAMS, 2022). Az elmúlt időszakban több ilyen esemény is bekövetkezett a Földön. A vulkán kitörésekor nagymennyiségű kén-dioxid kerülhet a sztratoszférába, amely kis mértékben csökkenti a földfelszíni hőmérsékletet (Harangi, 2017, 2013b). A kén-dioxid ugyanis vízzel reagálva ködös kénsav-aeroszol réteget képez. Mivel az aeroszol részecskék elnyelik, illetve szórják a beérkező sugárzást, a felszínre érkező rövidhullámú sugárzás gyengülését okozzák. A sugárzási hatások eredményeként a troposzféra alsó rétegeiben csökken, a sztratoszférában viszont emelkedik a hőmérséklet. Mivel a kén-dioxid az esetek túlnyomó hányadában a troposzférában marad, a légköri sugárzásra gyakorolt hatása lokális és általában nincs jelentős befolyással az éghajlatra (CAMS, 2022). A nagyobb magasságokba feltört vulkáni eredetű anyag légköri tartózkodási ideje megnő, így a légköri jelenlét hatása is jelentősebb. Míg a troposzférában néhány hétig, a sztratoszférában néhány évig is fennmaradhat a vulkáni hamu és por. Ha mégis kiugróan nagy mennyiségű kén-dioxid kerül a sztratoszférába, akkor a keletkező kénsav-aeroszol reakciói révén bontja a sztratoszférikus ózont (Harangi, 2017), mely a föld védőpajzsaként szolgál a nagy energiájú, káros UV-C sugárzás és az UV-B sugárzás rövidebb hullámhosszú része ellen (Lázár, 2018).

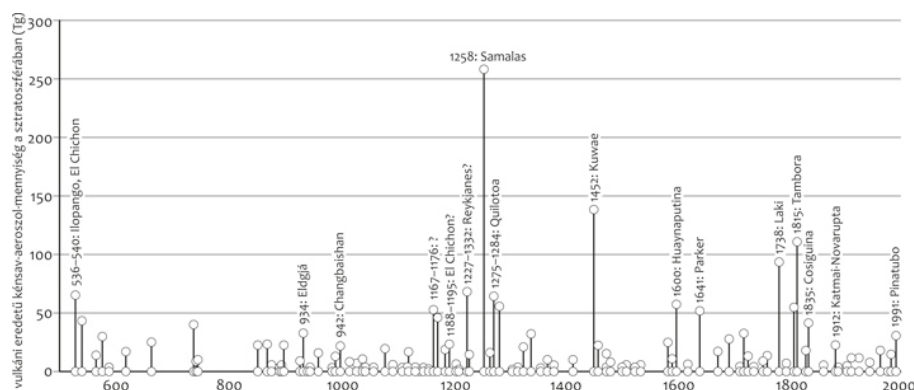
A felszínen okozott mérhető hőmérséklet-csökkenéshez legalább 1–5 megatonna kén-dioxidnak kell a sztratoszférába jutni a számítások szerint, amely 1–3 évig érezhető hatását (Harangi, 2017). A Tambora 1815-ben bekövetkezett jelentős kitörésekor 55 megatonna kén-dioxid került a légkörbe, aminek eredményeképp több, mint 100 megatonna kénsav-aeroszol terült szét a sztratoszférában. A földi átlaghőmérséklet kb. 1 °C-kal csökkent ennek következtében (Harangi, 2017). Több, hasonlóan nagy erejű kitörés időben egymáshoz közel akár egy évtizedig is elhúzódó klimatikus hatást okozhat. Ám a vulkánkitörések

közül nemcsak a nagy erejűek vannak hatással az éghajlatra, hanem a kis és közepes erősségűek együttes hatása is befolyásolja azt. A 2000 és 2013 közötti vulkánkitörések 0,05–0,12 °C-kal csökkentették a globális hőmérsékletet. Ez időszak alatt bekövetkezett számos vulkánkitörés közül három esetben is meghaladta a kibocsátott kén-dioxid mennyisége az 1 megatonnát: Sarychev 1,2 megatonna (2009), Nabro 1,5 megatonna (2011), Kasatochi 1,7 megatonna (2008) légkörbe juttatott kén-dioxid (Harangi, 2017). A földi ökoszféra viszont rendkívül összetett. Az 1982-ben bekövetkezett El Chichon vulkán kitörése révén 13 megatonna kén-dioxid került a légkörbe és bár emiatt jelentős mértékben csökkent a beérkező napsugárzás mennyisége, mégsem következett be számottevő lehűlés a kompenzáló El Niño hatás miatt (Harangi, 2017).

A vulkanikus eredetű kénsav-aeroszol sztratoszférikus jelenlétével nem csupán a beeső napsugárzást gátolja, számos más következménnyel is jár, vélhetőleg még fel sem kutattuk az összest. Tanulmányok alátámasztják, hogy a kénsav-aeroszol felhő elnyeli a földfelszínről visszaverődő infravörös sugarakat, ennek következtében felmelegszik a sztratoszféra, ami a légköri áramlatokban okoz kardinális változást. Továbbá aeroszol mivolta révén hatékony felületet biztosít heterogén reakcióknak, ami a kulcsfontosságú sztratoszférikus ózont bontja. A vulkáni gázok további elemi összetevője a bróm, mely tízszer hatékonyabb bontja az ózont, mint az antropogén kibocsátáshoz köthető klór. Modellszámításokkal egyértelműen kimutatható, hogy a vulkánkitörések csökkenthetik az ózonréteg vastagságát (Harangi, 2017). Az aeroszol felhőnek tehát mennyi veszélyes és messzemenő következménye van, amelyekre pár példát a következő fejezet tartalmaz a múlt nevezetes eseményei kapcsán.

A múlt vulkánkitörési katalógusa

Kizárólag vulkánműködés eredményezhet markánsan kiugró szulfátkoncentráció-anomáliát. Ennek a ténynek és néhány tudományos vizsgálatnak köszönhetően mára több, mint 10 000 évre visszamenőleg ismerjük a szignifikáns kén-dioxid



1. ábra. Az elmúlt 1500 év nagy vulkánkitörései, amelyek nyomot hagytak a grönlandi vagy antarktiszi jégtakaróban. (Forrás: Harangi, 2017)

kibocsátással járó vulkánkitöréseket. Az elmúlt 2000 év ilyen jellegű eseményei ráadásul éves pontossággal datálhatók (1. ábra). Ilyen tudományos vizsgálatok a közettani és a jégfurat minták elemzése. Előbbi esetén a kristályok üvegzárványai és a kőzetek üveges alapanyaga, utóbbinál pedig a jégbezárt levegőbuborékok összetételének vizsgálata segíti az elmúlt idők légkörének megismerését (Harangi, 2017). Mivel feltehetőleg a jövőben is várhatóak vulkánkitörések, fontos tanulni az elmúlt események következményeiből.

Az elmúlt 300 év két legkiemelkedőbb vulkáni eseménye az 1783-as Laki és az 1815-ös Tambora kitörések. Az izlandi Laki-hasadék hatalmas intenzitású árbazalt kitörésének tulajdonítható az 1783–84-es év rendkívüli hideg időjárása. 122 megatonna kén-dioxid került a levegőbe

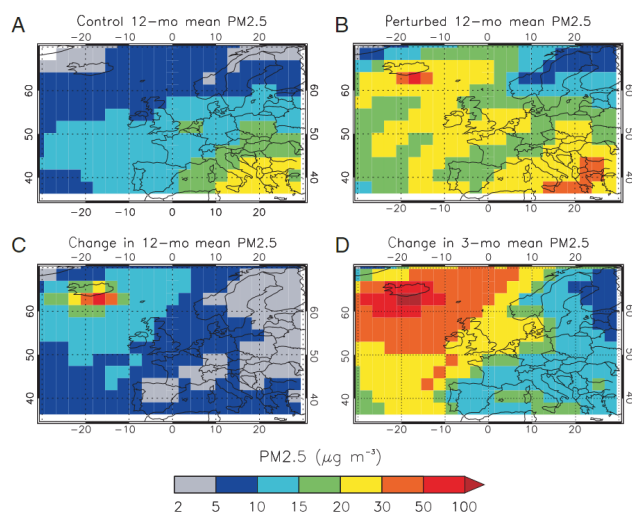


2. ábra. Az izlandi Laki 1783-as kitörését követően a száraz, fojtó szmog ellepte az északi félteke jelentős részét, beleértve teljes Európát. (Forrás: Harangi, 2013b)

(Harangi, 2013a), amelynek egy része a felszín közelében sűrű, fojtó szmogként beleppte az északi félteke számottevő részét, köztük egész Európát (2. ábra) (Harangi, 2013b). A legintenzívebb időszak nagy erejű robbanásokkal az első pár hét volt, ekkor jelentős mennyiségű kén-dioxid gáz került a sztratoszférába is.

A kitörés következtében éhínségtől szenvedtek szerte a világban. Izland népességének legalább az egyötöde vesztette életét (OMSZ, 2012), de az elmaradó monszunesők miatt a Nílus és a Niger által éltetett területeken is több ezren haltak éhen (Harangi, 2013b). A 27 km hosszú Laki-hasadék mentén 8 hónap alatt 140 vulkáni kúp nőtt ki (Harangi, 2013a).

Napjainkban egy Laki-hasadékhoz hasonló kitörés következményeit kutatta Anja Schmidt munkatársaival. Számításai szerint 320%-kal



3. ábra. Modellezett PM_{2,5} koncentráció különböző gondolat kísérletek mentén: A: kontrollfutás, a 2003 és 2005 évek éves átlaga; B: modellfutás a Laki-kitörés emissziójával; C: az előző két eset abszolút változása; D: a kitörést követő 3 hónap átlagos PM_{2,5} koncentráció abszolút változása. (Forrás: Schmidt et al., 2011)

nőne Észak-Európában és 60%-kal nőne Dél-Európában az aeroszol koncentráció a kitörést követő három hónapban, és a jellemző 38 napról 74 napra nőne azoknak a napoknak a száma, amikor meghaladta a levegőminőségi határértéket a szennyezőanyag koncentráció a kitörést követő nyolc hónapban (Schmidt et al., 2011). A 3/A. ábrán a kontrollfutás látható, amelyet a 2003 és 2005-ös évek $PM_{2,5}$ koncentrációk átlagából tevődik össze. A 3/B. ábrán a kontroll modellfuttatást megperturbálták a Laki-kitörés emissziójával. A 3/C. ábra az előző két eset abszolút változását mutatja átlagosan a kitörést követő 12 hónapban, a 3/D. ábrán pedig a kitörést követő 3 hónap átlagos $PM_{2,5}$ koncentráció abszolút változása látható.

Nem váratott sokat magára a következő kiemelt jelentőségű vulkáni esemény. Az izlandi Laki-hasadék után mintegy 32 évvel az indonéz Tambora vulkán következett 1815-ben. Ezt az esetet a történeti idők egyik legnagyobb kitöréseként tartják számon. Az indonéz sziget 4000 méteres tűzhányójának magassága negyedével lecsökkent a robbanások során. Ez az esemény sem maradt éghajlatra gyakorolt hatások nélkül. A rákövetkező 1816-os évet nyár nélküli évként említik, de még további évekre volt szükség, hogy lecsendesedjen a vulkán hatása. Európán belül is a Kárpát-medence volt a legsúlyosabban érintett terület. Az elhúzódó zord tél hirtelen hóviharakkal, a különösen hűvös nyár pedig folyamatos csapadékkal, jégesőkkel pusztított. Árvizek, belvizek, egerinvázió és terméspusztulás tetézte az éhínséget. Horvátországban tifusz szedte áldozatait. Németországban és Angliában éhséglázadások törtek ki (Harangi, 2015).

A modern társadalom sem tud védőhálót nyújtani a természeti folyamatok, változások ellen, bizonyította ezt a vulkánoktól hangos Izland 2010-es kitörésekor. A vulkánt az amerikai sajtó E-15-ként rövidítette, Nagy-Britanniában Eyjafjalla-joghurtként híresült el, de az izlandi vulkán becsületes neve Eyjafjallajökull. Ha itt elakadt az olvasó szeme, megnyugtatóként elárulom, hogy a helyiek is csak Eyjafjall-ként becézik. Az Eyjafjallajökull viszonylag szerénynek mondható kitörésével lehetetlenítette el Európa és az Atlanti-óceán északi részének légi közlekedését

(Harangi, 2017). Az aktív vulkán érdekessége, hogy jégtakaró alatt helyezkedik el. A jég alóli kitörés sajátossága, hogy a levegőbe repített vulkáni hamu üveg szemcséket is tartalmaz, ami a repülőgépek hajtóművében könnyen katasztrófához vezető kárt tett volna. Szeizmikus aktivitást már 2009 végén észleltek a környéken, majd egy első kisebb kitörés 2010. március 20-án következett be. Ezt április 14-én követte az erősebb, emlékezetes kitörés. Ilyen mértékű légiforgalom korlátozásra a második világháború óta nem volt példa. A légtérzár Európa szerte egy héten keresztül fennállt, melynek feloldása szakaszos volt, és országonként változott a vulkáni hamu jelenlététől függően. A kitörés 2010 októberében ért hivatalosan véget.

Egy másik kiugró példa az elmúlt időszak legnagyobb kén-dioxid kibocsátójaként számon tartott Mt. Marum Ambrym szupervulkánja, mely a Csendes-óceánban található a Vanuatu-sziget-csoportban Ausztrália és a Fidzsi-szigetek között. A vulkánok a kén-dioxid mellett szén-dioxidot, különböző klór- és fluorvegyületeket is kibocsátanak, mely nemcsak az aktív periódusra jellemző, hanem többségük esetében szunnyadó állapotban is. A csendesen füstölgő Mt. Marum is így jelentett fokozott veszélyt környezetére. A kráterben található lávatóból kén-dioxid áramlott ki, amelynek következtében savas eső képződött. Ez tönkretette a növényzetet, és megfertőzte a vizeket is, teljesen ellehetetlenítve az életet. A lávató a vulkán legutóbbi, 2018. december 16-i aktivítása során megsemmisült.

Mérések, információk

A CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) az ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) által vezetett konzorcium szolgáltatása, amelynek tevékenységei közé tartozik a levegő összetételére vonatkozó értékelések készítése világszerte napi szinten. A CAMS továbbá elemzi az elmúlt évek adatait és előrejelzést is készít az elkövetkezendő négy napra vonatkozóan. Ehhez műholdas és földhá- zisú megfigyelési adatokat kombinálnak numerikus időjárás-előrejelzési és levegőminőségi modellekkel. Ezekkel a módszerekkel a lehető

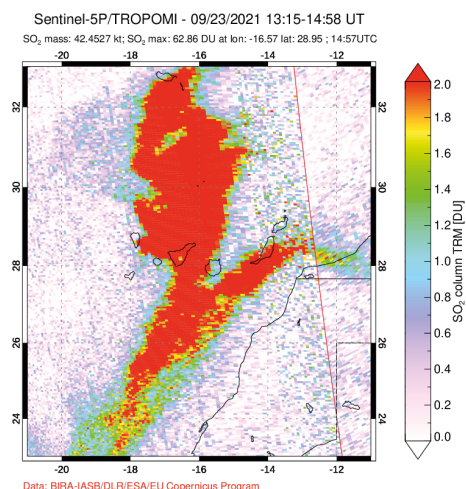
legpontosabban nyomon lehet követni és mérni a szennyezőanyag koncentrációk alakulását és lehetséges következményeit. A rendelkezésre álló adatok és módszerek segítségével részletes képet kaphatunk a globális levegőminőségről és annak számos alakító tényezőjéről, megérthetjük a természeti jelenségek (vulkánkitörések, erdőtüzek vagy a sivatagi por) különböző méretskálájú hatásait (CAMS, 2022).

A légkörmonitoring szolgáltatás része az ózon (O_3), az aeroszolkok (PM), az üvegházhatást okozó gázok, mint a szén-dioxid (CO_2) és a metán (CH_4), valamint a reaktív gázok, mint a szén-monoxid (CO), nitrogénvegyületek (NO_x) és a kén-dioxid (SO_2) elemzése.

A CAMS vulkánkitörésekkel kapcsolatos legfőbb mutatói:

- a teljes légoszlopra vonatkozó SO_2 koncentráció elemzések és annak 5 napos előrejelzése,
- 3D-s SO_2 koncentrációmezők – a műholdas megfigyelések alapján –, valamint
- a kén-monoxid (SO) gázfázisából kén-sav-aeroszollá történő átalakulását jelző információk – a levegőkémiai modellezésnek köszönhetően (CAMS, 2022).

Minderre azért van szükség, mert a kén-dioxid kibocsátás, hasonlóképpen számos szennyezőanyaghoz, nem csupán helyi probléma, hiszen a légköri transzport folyamatok révén elszállítódik, ezzel rontva más területek levegőminőségét.



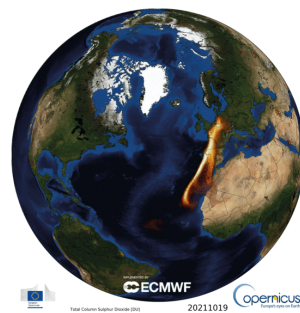
4. ábra. A kén-dioxid mennyisége 2021. szeptember 23-án a La Palma sziget környezetében, Sentinel-5P/TROPOMI műholdas adatok alapján. (Forrás: NASA)

La Palma

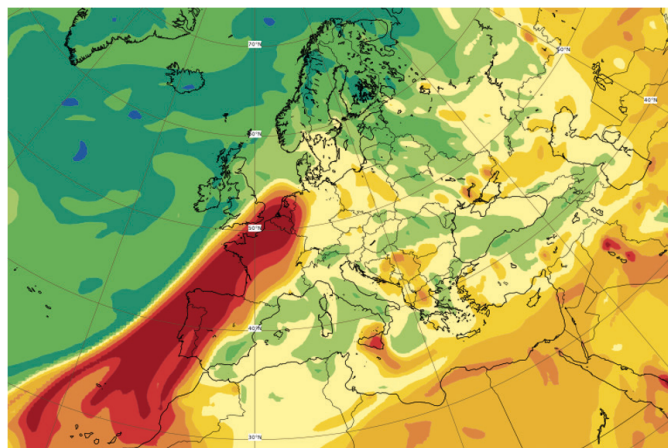
A közelmúltban két figyelemreméltó kitörési eseménynek is a tanúi lehettünk. Az egyik a tavaly év végi La Palma, a másik az idén év eleji Tonga-i vulkánkitörések.

2021. szeptember 19-én felébredt fél évszázados álmából a Kanári-szigetek La Palma szigetén található

Cumbre Vieja vulkánja. Többszörös lávafolyások, folyamatos morajlások, robbanásszerű kitörések kíséretében nagy mennyiségű kén-dioxid került a légkörbe (CAMS, 2021).



5. ábra: A teljes légoszlopra vonatkozó SO_2 koncentráció 2021. szeptember 20. és október 19. között. (Forrás: CAMS, 2021)

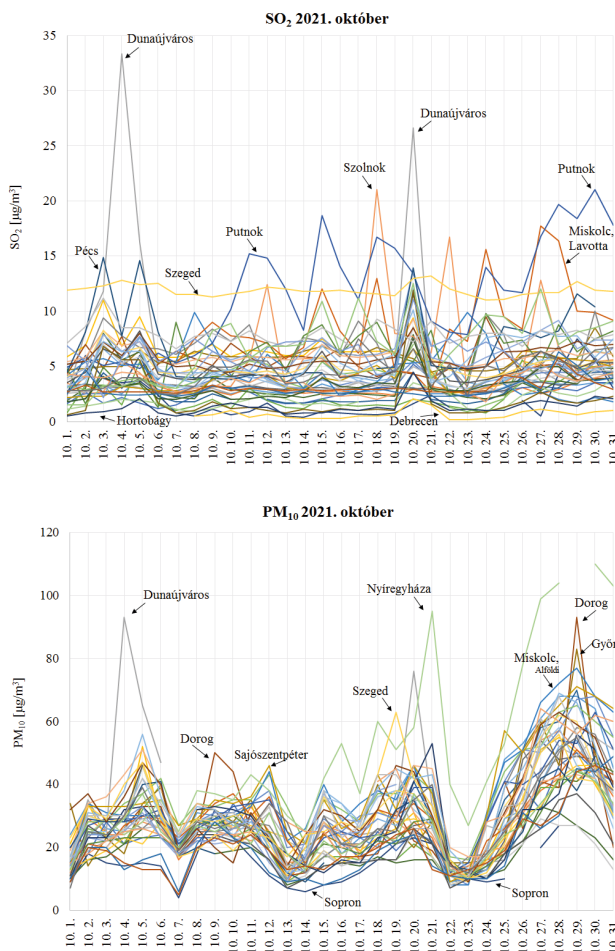


6. ábra: A CAMS SO_2 koncentráció előrejelzése a teljes légoszlopra vonatkozó október 19. 12 UTC-s a 00 UTC-s futtatásból. (Forrás: CAMS, 2021)

A kezdeti kitöréskor légkörbe jutó vulkáni gázok először Észak-Afrika és Dél-Európa felé vették az irányt (4. ábra), majd elérték az Észak- és Nyugat-Európa feletti légteret (5. és 6. ábrák). A GOME-2 (Global Ozone Monitoring Experiment-2) és a TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument) megfigyeléseinek segítségével a kibocsátott kén-dioxid nagy részét az 500 hPa nyomásra (kb. 5 km-rel a tengerszint feletti lég rétegre) lokalizálják. „Amikor a kén-dioxid felhő ekkora magasságban van, ahogyan azt eleinte Európa felett láttuk, a levegőminőség romlásának

kockázata nagyon kicsi” – számolt be róla Mark Parrington, a CAMS vezető tudósa. A magasban áthaladó szennyezőanyag ugyanis nem feltétlen keveredik le a felszínre (CAMS, 2021).

Az 5. és 6. ábrán az egységnyi területre jutó kén-dioxid-molekulák száma látható a teljes légoszlopra vonatkozóan a felszíntől a légkör tetejéig. Az 5. ábra CAMS analízis 2021. szeptember 20. és október 19. közötti időszakra vonatkozóan, a 6. ábra pedig CAMS előrejelzés október 19. 00:00 UTC-ről 12:00 UTC-re vonatkozik (CAMS, 2021). A felszíni mérőállomások mégsem rögzítettek ilyen szintű kilengést, mint ahogy azt a fenti ábrákról első látásra feltételezhetnénk. A 7. ábrán látható minden olyan magyarországi mérőállomás 2021 októberére vonatkozó mért napi SO_2 átlagai, ahol a rendelkezésre álló



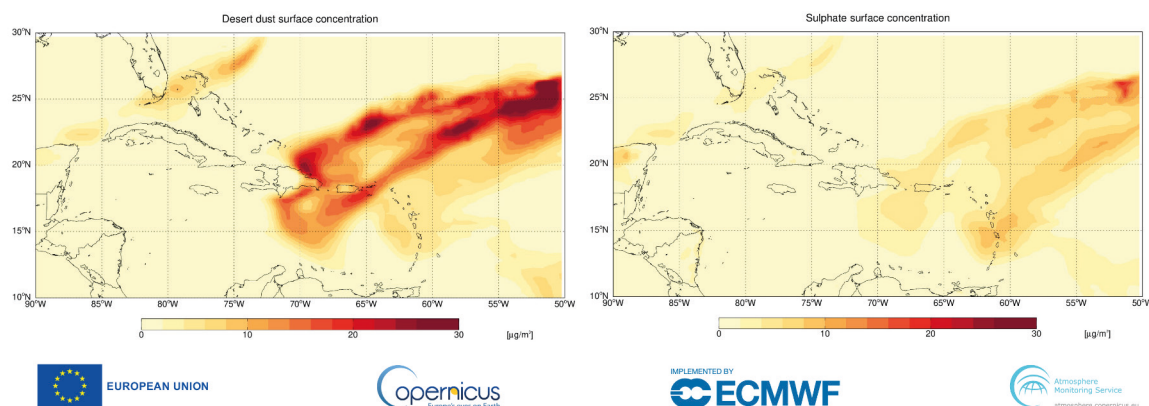
7. ábra. Magyarországi mérőállomások SO_2 és PM_{10} koncentráció mérései 2021 októberében. (OMSZ adatok alapján)

Légszennyező anyag	Órás határérték [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	24 órás határérték [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Éves határérték [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Kén-dioxid (SO_2)	250 (a naptári év alatt 24-nél többször nem léphető túl)	125 (a naptári év alatt 3-nél többször nem léphető túl)	50
Nitrogén-dioxid (NO_2)	100 (a naptári év alatt 18-nál többször nem léphető túl)	85	40
Szén-monoxid (CO)	10000	5000 (napi 8 órás mozgó átlag-koncentrációk maximuma)	3000
Szálló por (PM_{10})		50 (a naptári év alatt 35-nél többször nem léphető túl)	40
Szálló por ($\text{PM}_{2.5}$)	-	-	25

1. táblázat: Főbb légszennyező anyagok egészségügyi határértékei a 4/2011 (I. 14.) VM rendelet 1. melléklet alapján. (Forrás: OLM)

adatmennyiség elérte a 70%-ot. Az október 20-i napi átlag koncentrációk a mérőállomások többségénél átlagosan $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -rel magasabbnak adódtak, de másnapról újra visszaálltak a korábbi értékek. A 24 órás egészségügyi határértéket, ami $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sehol nem közelítették meg a mérések. Mindez azt bizonyítja, hogy a kén-dioxid döntő többsége a magasban haladt tovább. A főbb légszennyező anyagok egészségügyi határértékeit az 1. táblázat tartalmazza.

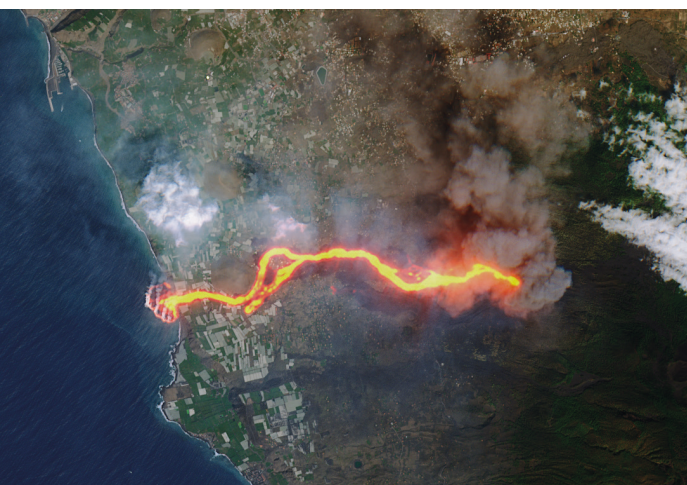
Október elején, amikor a vulkán továbbra is aktív volt, a szélirány változásával a vulkáni gázok az Atlanti-óceánon keresztül elérték a Karib-térséget. Puerto Ricóban a látási viszonyok a légszennyezés következtében 5 mérföldre csökkentek 2021. október 8–10-én. A levegőminőség nagymértékű romlásáért két légszennyező együttes jelenléte is felelős. Az egyik a Szaharából származó sivatagi por, a másik pedig a vulkáni eredetű kén-dioxidból kémiai reakciók révén képződött kénsav-aeroszol. Mindkettő a magassági szelek szárnyán nagy távolságokra képes eljutni a légkörben, amit a jelen eseményhez kapcsolódó aeroszol optikai mélységre vonatkozó CAMS elemzések is alátámasztanak. A kénsav-aeroszol kémiai kémiája a CAMS modellbe is be vannak építve, így a mérések és a modelleredmények igazolták egymást (CAMS, 2021).



8. ábra: A szaharai por CAMS-elemzése, amely október 9-én egybeesett a vulkanikus eredetű SO_2 Karib-térségbe érkezésével. (Forrás: CAMS, 2021)

A 8. ábra bal oldalán a szaharai por CAMS-elemzése látható, amely október 9-én egybeesett a Karib-tenger térségébe érkező kén-dioxiddal (8. ábra jobb oldal).

A kitörés 2021. december 13. estére nyugodott le teljesen, így a kitörés 85 napig és 18 óráig tartott. Halálos áldozatot az esemény nem követelt, de 7000 lakost kellett evakuálni az 1000 °C-os láva és hamu elől, ami elpusztított 1345 otthont, továbbá iskolákat, templomokat, egészségügyi központokat és mezőgazdasági területeket. Csaknem 1200 hektárt borított be az 1 méter vastag lávaréteg, aminek nagy része a tengerbe nyúlik. Ezzel két új szárazföldi nyúlvány alakult ki a szigeten, az egyik 44 hektáros, a másik 5 hektáros.



9. ábra. Lávaflowás 2021. szeptember 30-án a La Palma szigeten, Copernicus Sentinel-2 műhold képe. (Forrás: ESA, 2021)

Az 9. ábrán a lávaflowás látható La Palma szigeten, amely szeptember 28-án 6 km-t megtéve elérte az Atlanti-óceánt a sziget nyugati partján. A „láva-delta” a kép készültkor 20 hektárt borított. A valós színes képen az infravörös csatorna segítségével emelték ki a lávaflowamot (ESA, 2021). A 10. ábrán pedig egy életkép látható a szigetről az eseményhez kapcsolódóan.

Tonga

Nem csupán a tavalyi év végződött jelentős vulkánkitöréssel, de az idei év is azzal kezdődött. Ezúttal a Csendes-óceánon található Tonga-szigetek formálódtak át jelentősen egy többszörös kitörés

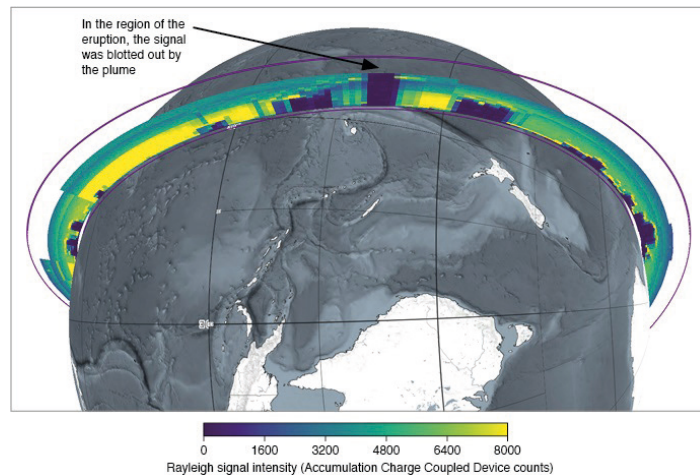


10. ábra. Életkép La Palma szigetről a Cumbre Vieja vulkán 2021. év végi kitörésekor.

következtében. A meglehetősen aktív szeizmikus zóna felett elhelyezkedő vulkánnak ugyanis éppen csak a kalderájának a pereme emelkedik néhol az óceán fölé. Nevezetesen Hunga Tonga és a Hunga Ha'apai szigetek a kaldera északi pereméről. Ezek a szigetek többször összekapcsolódtak, illetve különváltak az elmúlt évek kitörési eseményei során (Hérincs, 2022). Az utólagosan előkitörésekként elkönyvelt események is jelentősek voltak, ezek 2021. december 20-án és 2022. január 14-én következtek be. A Wellingtoni Vulkáni Hamu Tanácsadó Központ ekkor már közleményt adott ki a légitársaságoknak. A decemberi kitörés növelte az összekapcsolódott szigetek méretét, de a január 14-i kitörés következtében a kaldera részleges beomlása miatt ismét különvált a két sziget. A január 15-i főkitörés következtében tovább csökkent a már különvált szigetek mérete.

A január 15-én bekövetkezett főkitörés körülbelül hétszer erősebb volt a 2021. december 20-i előkitörésnél. A főkitörés körszimmetrikus lökeshulláma az egész Földet többszörösen körbefutotta. Ezt mérések támasztják alá szerte a világban. A robbanás mértékéhez hozzájárult, hogy a vulkán az óceán alatt található, így minden kitörés vízzel érintkezett. A magma és a víz pedig nem keveredik, ez felerősítheti az amúgy is robbanásszerű kitörést. Számos jelentés érkezett hangos robbanásról Tongán és a Fidzsi-szigetokről, ami még olyan messzire is elhallatszódott, mint Új-Zéland, Ausztrália és Alaszka (> 9300 km) is. Az USA Nemzeti Meteorológiai Szolgálat megerősítette a hang forrását (Severe Weather Europe, 2022).

A kitörés következménye, a lökeshullámon és a hanghatáson túl, többek közt a nagy magasságba feljuttatott hamufelhő, a jelentős mennyiségű vilámlás és a cunami, illetve ezek további következményei: a hamuhullás, a légiforgalom elterelése és az evakuálás. A vulkáni anyag a sztratoszférába is berobbant, a felhőtető hőmérséklete alapján elérte a 30 km-es magasságot. Mivel ez már jóval a sztratoszférán belül található, a felhőtető hőmérséklete az emelkedése során a magassággal a tropopauzáig csökkent, a tropopauza felett pedig emelkedett. A hamufelhő sztratoszférikus jelenlétét továbbá az is megerősítette, hogy idővel a felhő magasba tört része nyugatra sodródott

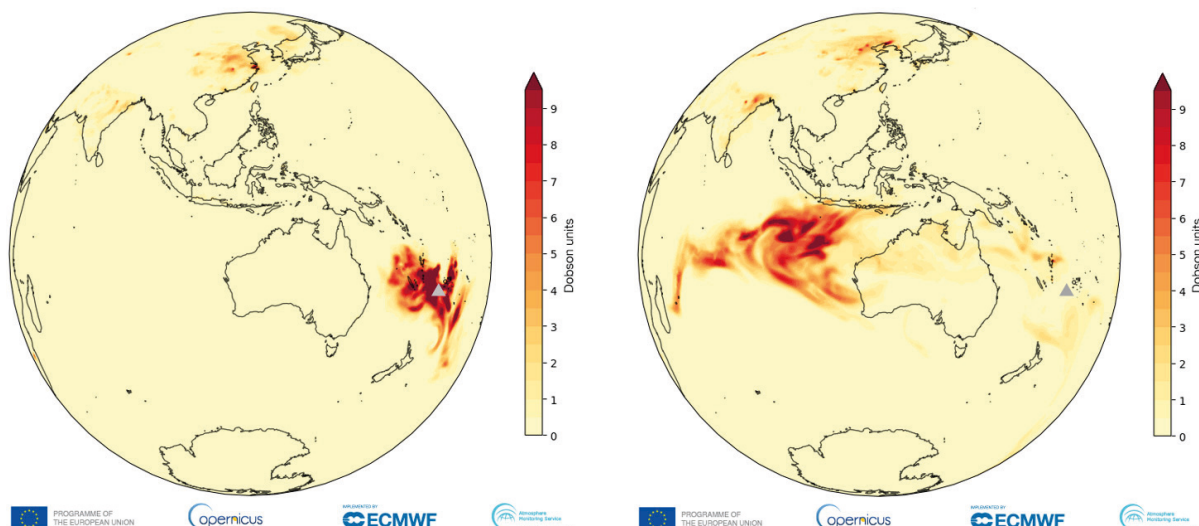


11. ábra. Az Aeolus-jelben látható teljes leárványoklás képe 2022. január 15-én, 06:00 UTC-kor a tongai vulkánkitörés következtében. (Forrás: ECMWF, 2022)

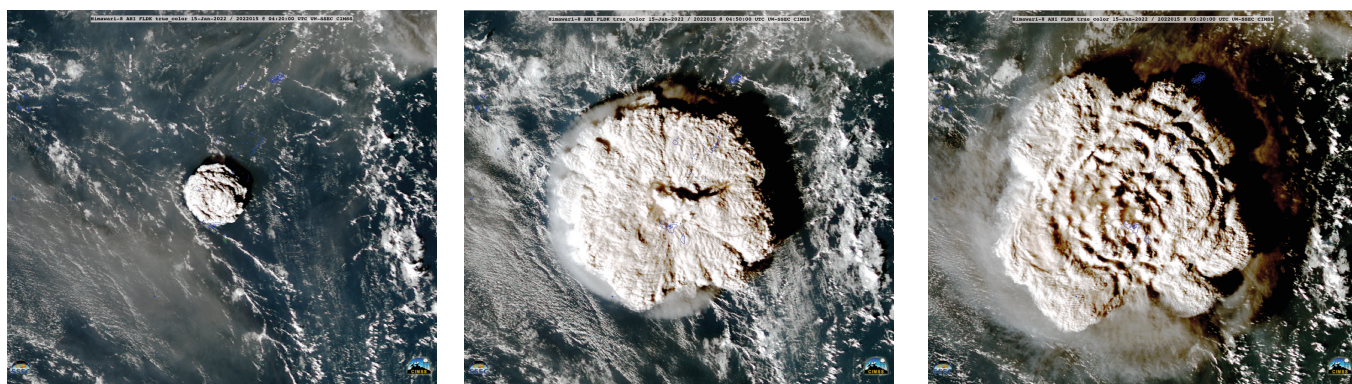
a sztratoszférában uralkodó keleti szelek szárnyán. Később a felhőtető hőmérsékletének csökkenéséből arra következtethetünk, hogy vesztett a magasságából (Severe Weather Europe, 2022). A 11. ábrán az Európai hírügynökség VirES online eszközével készített Aeolus műhold szélprofil megfigyelése látható. A tongai vulkánkitörés következtében az Aeolus-jel teljes gyengülése látható. Ez a vulkáni hamufelhőnek volt köszönhető, amely minden bizonnyal a 20 km magasra beállított Aeolus mérési tartomány teteje fölé ért. A 12. ábrán a hamufelhő helyzete látható 2022. január 16-án és 22-én. Utóbbi időpontra a vulkáni eredetű csóva nyugat felé sodródott és valamelyest szétszóródott (ECMWF, 2022).

Az észlelt villámcsapások száma a kitörés első órájában meghaladta a 190 ezret. A hamufelhő ugyanis sok finom részecskét tartalmazott, amelyek a viharfelhőkhöz hasonlóan töltést hoztak létre. A tongai Meteorológiai Szolgálat riasztást adott ki cunamira. 1,2 méteres cunamit figyeltek meg a tongai Nuku'alofában és 0,6 méteres cunamit az amerikai Szamoán. 1 méteres hullámmagasságot rögzítettek Alaszka-ban és 1,31 méterest Kaliforniában.

A 13. ábrán a Geo2Grid segítségével készített JMA Himawari-8 True Color RGB képek a vulkáni felhő gyors kiterjedését mutatják.



12. ábra. CAMS analízis a SO_2 teljes légoszlopban lévő koncentrációjáról 2022. január 16-án (bal oldal) és január 22-én (jobb oldal). (Forrás: ECMWF, 2022; Parrington et al, 2022)



13. ábra. Geo2Grid segítségével készített JMA Himawari-8 True Color RGB képek a Hunga Tonga 2022. január 15-i kitörését követően 04:20 UTC (bal oldal), 04:50 UTC (középső) és 5:20 UTC-kor (jobb oldal). (Forrás: CIMSS Satellite Blog, 2022)

A képek 30 perces időközönként készültek el. A képeken a sugárirányban szétterjedő lökeshullám is megfigyelhető.

Bár a Hunga Tonga 2022. januári kitörésének hatásait az egész világon érezni lehetett és az ekkora kitörések egyáltalán nem számítanak gyakorinak, valószínűleg nem elég jelentős ahhoz, hogy befolyásolja a globális hőmérsékletet, mivel csak rövid időn át tartott az erupció.

Érdekesség

Végezetül egy aktív vulkán által nyújtott rendkívüli lehetőség. Sebastián Álvarez olyat álmódott, amit még talán soha senki. Szárnyruhájában bere-

pült a chilei aktív Villarrica vulkán kráterébe. Tette mindezt tapasztalt szárnyas öltönyös és ejtőernyős múltjával. Ruhájának optimalizálásával ő lett az első ember, aki szárnyruhában berepült egy aktív vulkánba, majd ki is repült onnan. A 14. ábrán látható Sebastián Álvarez szárnyruhájában repülés közben, háttérben a vulkánnal. A teljes esemény megtekinthető a YouTube-on (Álvarez, 2021).

Összefoglalás

Kutatások alátámasztják a vulkánkitörések éghajlatot módosító hatását. A kén-sav-aeroszol felhő sztratoszférikus jelenlétének eddig ismert következményei egyrészt a naptól érkező sugárzás



14. ábra. Sebastián Álvarez aktív vulkánba repülése.
(Forrás: Álvarez, 2021)

szórása, ezzel csökkentve a földfelszíni hőmérsékletet. Másrészt elnyeli a földfelszín irányából érkező infravörös sugarakat, ezáltal melegszik a sztratoszféra, ami kihatással van a nagytérségű légáramlásra. Harmadrészt nagymértékben hozzájárul a sztratoszférikus ózon bontásához, ami a föld védőpajzsaként szolgál a káros sugarak ellen.

A vulkáni aktivitás során kén-dioxidban gazdag gázfelhő és nagy mennyiségű vulkáni hamu is kerül a felszínre, melyek következtében kiugróan, akár többszörösére, megemelkedik a talajközeli légszennyezés. Belélegezve mindkét légszennyezőnek kifejezetten magas az egészségügyi kockázata és a globális légkörzessel nagy területen szétterjedhetnek.

Ezen hatások és további messzemenő, drasztikus következményeik a társadalmat is erőteljes mértékben érintik.

Irodalom

- Álvarez, S., 2021: Flying Into An Active Volcano (Letöltés 2022.07.08.) <https://www.youtube.com/watch?v=dG-FPi5sZUGg&t=132s>
- CAMS, 2021: CAMS monitors transport of SO₂ from La Palma volcano. *Copernicus Atmosphere Monitoring Service*. (Letöltés 2022. 07.08.) <https://atmosphere.copernicus.eu/cams-monitors-transport-so2-la-palma-volcano>
- CAMS, 2022: Volcano Q&As. *Copernicus Atmosphere Monitoring Service*. (Letöltés: 2022.07.08.) <https://atmosphere.copernicus.eu/volcano-qas>
- CIMSS Satellite Blog, 2022: Explosive eruption of the Hunga Tonga volcano. (Letöltés 2022.07.08.) <https://cimss.ssec.wisc.edu/satellite-blog/archives/44252>
- ECMWF, 2022: The Hunga Tonga eruption as seen by ECMWF. (Letöltés 2022.07.08.) <https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/news/2022/hunga-tonga-eruption-seen-ecmwf>
- ESA, 2021: La Palma lava flows into the sea. *The European Space Agency*. (Letöltés 2022.07.08.) <https://www.esa.int/esaoh/q=la+palma>
- Harangi Sz., 2013a: Laki kitörés 230 éve... (Letöltés: 2022.07.08.) https://tuzhanyo.blog.hu/2013/06/12/laki_kitores_230_eve
- Harangi Sz., 2013b: Merre tovább, vulkanológia? A 21. század kihívásai. *Magyar Tudomány* 174, 959-979. <http://www.matud.iif.hu/2013/08/09.htm>
- Harangi Sz., 2015: Egy vulkán, amely megrengette a világot, 200 éve tört ki a Tambora. *Magyar Tudomány* 176, 875-883. <http://www.matud.iif.hu/2015/07/18.htm>
- Harangi Sz., 2017: A vulkánkitörések klímaváltoztató hatása: A kicsi is számít! *Magyar Tudomány* 178, 664-679. <http://www.matud.iif.hu/2017/06/05.htm>
- Hérincs D., 2022: A tongai vulkánkitörés, és nyomáshullámai. (Letöltés 2022.07.08.) <http://zivipotty.hu/vulkan202201.html>
- Lázár K., 2018: Az ózon által okozott környezeti terhelés meghatározása. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Szakdolgozat.
- OMSZ, 2012: Aktivitást észleltek az izlandi Katla vulkánánál. *Meteorológiai hírek*. (Letöltés: 2022.07.08.) https://www.met.hu/ismeret-tar/meteorologiai_hirek/index.php?id=191&hir=Ujabb_vulkankitores_veszelyeztet_i_a_kozeljovoben_Izlandot
- Parrington, M., Rennie, M., Inness, A., és Duncan, D., 2022: Monitoring the atmospheric impacts of the Hunga-Tonga eruption. *ECMWF Newsletter* 171, (Spring), 12-13. <https://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2022/20361-newsletter-no-171-spring-2022.pdf>
- Schmidt A., Ostro B., Carslaw K. S., Wilson M., Thordarson T., Mann G. W., és Simmons A. J., 2011: Excess Mortality in Europe Following a Future Laki-style Icelandic Eruption. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 108, 15710-15715. <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.1108569108>
- Severe Weather Europe, 2022: Massive volcanic explosion sends shockwaves across the entire Earth, tsunamis towards the United States, and erupts high into the stratosphere. (Letöltés 2022.07.08.) <https://www.severe-weather.eu/news/tonga-volcano-massive-eruption-explosion-stratosphere-usa-tsunami-shockwave-fa/>

Weboldalak:

- Global Volcanism Program: https://volcano.si.edu/gvp_currenteruptions.cfm (Letöltés: 2022.03.17.)
- NASA, Global Sulfur Dioxide Monitoring Home Page. (Letöltés: 2022.07.08.) <https://so2.gsfc.nasa.gov/index.html>
- OLM. Országos Légszennyezettségi Méréshálózat. (Letöltés 2022.07.08.) <http://www.levegominoseg.hu/hatarartek>
- OMSZ, Légszennyezettségi weboldal. (Letöltés: 2022.07.08.) <https://legszenyezettseg.met.hu/levegominoseg/meresi-adatok/automata-merohalozat>



Társadalmi csapadékmérő állomás Mernyén

Ötvös Tamás

Mernye, tamasotvos@gmail.com

DOI: 10.56474/legkor.2022.3.4

Az Országos Meteorológiai Szolgálat mérőhálózatában – az automata állomások mellett – több száz hagyományos társadalmi csapadékmérő állomás működik mind a mai napig, amelyek észlelői közül egyre többen napi rendszerességgel, online módon küldik méréseiket, megfigyeléseiket a Szolgálat központi adatbázisába. E csapadékmérő állomások egyike működik több évtizede Mernyén. A község az R 67-es gyorsforgalmi út mellett, Kaposvártól 17 km-re északra, a Balaton déli partjától 33 km-re fekszik. Cikkemben szeretnék rövid történeti áttekintést adni a mernyei csapadékmérő állomásról, néhány érdekes időjárási eseménnyel, mérési adattal.

Precipitation station in Mernye

In addition to the automatic weather stations, there are still hundreds of traditional precipitation stations – whose observers send their measurements and observations online to the Service's central database on a daily basis – in the monitoring network of Hungarian Meteorological Service. One of these rain gauge stations has been operating in Mernye for several decades. Mernye is located along the R 67 expressway, 17 km north of Kaposvár and 33 km from the southern shore of Lake Balaton. In my article, I would like to give a brief historical overview of the precipitation station in Mernye, with some interesting weather events and measurement data.

A hivatalos csapadékmérés kezdete Mernyén 1903. november 1. A Piarista Rend Uradalmi Gazdasága adott helyet a csapadékmérőnek egészen 1950. június 30-ig. Mernye időjárásáról 1951-ig visszamenőleg fellelt feljegyzések, időjárási naplók alapján készítettem e rövid éghajlati áttekintést. Ahogy a bevezetőben is szerepelt, az állomás típusa csapadékmérő, viszont a csapadék- és hóadatok mellett hőmérsékleti szélsőértékek is feljegyzésre kerültek az egykori észlelők szorgalmának köszönhetően.

1956. május 1-től Pallai Pál és felesége a Mernyei Általános Iskola egykori tanítóiként végezték a csapadékmérő állomással kapcsolatos észlelői feladataikat. Az általános iskola gyakorlókertjében egy kis hőmérőházikó is volt, így a csapadékadatok mellett hőmérsékleti szélsőértékeket is rögzítettek az utókor számára, ami nagy érték.

Nyugdíjba vonulásuk után a tanító házaspár elköltözött Mernyéről, az állomást nagypám, Varga Sándor részére adták át, aki 1969. december 1-jén kezdte meg több évtizedes, lelkiismeretes



1. ábra. Oláh-Csomor-féle kettősfalú ombrométer a mernyei állomás belső udvarában.

észlelői munkáját immáron házának udvarában. 1999-ben bekövetkezett halála után az állomás továbbra is a Varga család kezelésében maradt, felesége és fia folytatták tovább a méréseket. Majd 2008. november 1-vel került hozzám az állomás, nagyszüleim udvarából a saját kertembe (1. ábra).

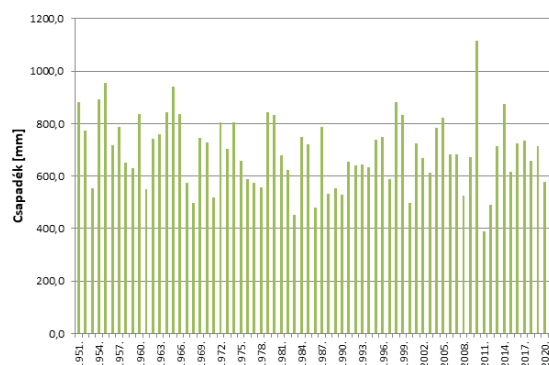
Lapozgatván az egykori feljegyzéseket, naplót, elhatároztam, hogy az utókor számára rendszerbe foglalom elődeim és jómagam által megmért csapadék és hőmérséklet adatokat, megfigyeléseket.

Csapadék

Mernyén a csapadék sokévi átlaga 700 mm. Az évi csapadékösszegek tekintetében nem tudunk tendenciát meghatározni, mint azt később majd az évi középhőmérsékleti értékeknél látni fogjuk. Az évi csapadékösszegek ugyanis nagy szórást mutatnak, egy-egy csapadékos évet egy aszályos követ és fordítva.

Az évtizedek során szép számmal találunk a sokévi átlag alatti és feletti értékeket egyaránt. A teljesség igénye nélkül emelnék ki néhány évet, amelyek jelentősen eltérnek a sokévi átlagtól. 2011 volt a legcsapadékszegényebb esztendő Mernyén, a csapadékösszeg mindössze 390 mm-t

tett ki. Szárazan kezdődött ez az év, január-februárban nem hullott érdemi csapadék. Aszályos esztendőt könnyvelhettünk el 1983-ban is, amikor mindössze 452 mm csapadék hullott az év során (2. ábra, 1. táblázat).



2. ábra. Évi csapadékösszegek Mernyén 1951-2021 között.

Év	Évi csapadék-összeg [mm]
1968	499
1983	452
1986	480
2000	499
2011	390
2012	492

1. táblázat. Száraz, aszályos évek Mernyén.

Több olyan hónapot is feljegyeztünk, amikor nem vagy szinte alig hullott mérhető csapadék. Az adatokból kiolvasható, hogy aszályos időszakokkal az őszi és téli hónapokban is találkozhatunk (2. táblázat).

Év/hónap	Havi csapadék-összeg [mm]
1959.10.	0,5
1964.01.	1,1
1965.10.	0,1
1973.05.	1,2
2001.02.	0,0
2005.10.	0,5
2007.04.	0,5
2011.11.	0,0

2. táblázat. Csapadékmentes, száraz hónapok Mernyén.

Találunk az adatsorok között olyan esztendőket is, amikor az évi csapadékösszeg jóval a sokévi átlag felett alakult. Ezek közül külön kiemelendő a 2010-es év, amikor az évi csapadékösszeg még az 1000 mm-t is jócskán meghaladta, 1114 mm-el zárt ez az esztendő. Ezt az évet azonban az a nagyon száraz, 2011-es esztendő követte, amikor csak évi 390 mm csapadékot mérhettünk, s amelyről már korábban említést tettem (3. táblázat).

Év	Havi csapadék-összeg [mm]
1951	880
1954	892
1955	956
1965	942
1998	881
2010	1114
2014	874

3. táblázat. Csapadékos évek Mernyén.

A havi bontást tekintve szép számmal fordulnak elő olyan hónapok, amikor a szokásosnál jóval több csapadék hullott. Így például 2005 augusztusában a havi csapadékösszeg 251 mm, ami a sokévi átlagnak több mint 3,5-szerese. Figyelemre méltó 2010 júniusa is, amikor az ilyenkor szokásos csapadék 3-szorosa esett, mintegy 230 mm. Ez a havi csapadékmennyiség

Év/hónap	Évi csapadék-összeg [mm]	Év/hónap	Évi csapadék-összeg [mm]
1951.06.	192	1974.10.	150
1954.07.	179	1979.06.	173
1955.08.	219	1980.11.	161
1955.10.	154	1992.10.	161
1957.07.	178	1996.09.	188
1958.06.	180	1998.09.	170
1962.11.	160	1999.06.	169
1963.08.	166	2001.09.	184
1964.06.	189	2005.08.	251
1965.11.	169	2010.05.	170
1966.06.	157	2010.06.	230
1970.08.	166	2014.10.	153
1974.08.	192	2016.07.	160

4. táblázat. Csapadékos hónapok Mernyén.

Dátum	Napi csapadék-összeg [mm]
1954.07.07.	59
1955.08.09.	56
1957.06.18.	73
1960.07.25.	63
1966.07.28.	66
1970.08.10.	56
1971.07.18.	65
1972.08.16.	51
1974.08.25.	52
1996.09.01.	56
2001.09.05.	55
2002.09.10.	55
2005.08.16.	55
2005.08.21.	61
2006.05.28.	50
2008.06.05.	68
2009.08.03.	51
2010.05.16.	65
2014.10.21.	47
2017.10.22.	49
2020.07.24.	49

5. táblázat. 24 óra alatt hullott nagy napi csapadékösszegek.

még úgy is rendkívülinek mondható, hogy a statisztikák alapján június hónapban hullik a legtöbb csapadék (4. táblázat).

Ha a 24 óra alatt lehullott csapadékösszegeket tekintjük, több olyan nap is előfordult az állomás történetében, amikor is az egy nap alatt egy hónapnak megfelelő csapadékmennyiséget regisztráltunk (5. táblázat).

1957. június 18-án 73 mm csapadék hullott zivataros jégeső formájában, ami szinte egy egész hónapnyi csapadéknak felel meg. Ezekre a magas napi csapadékösszegekre jellemző, hogy általában intenzív záporból, zivatarból hullanak rövid idő alatt. Mezőgazdasági szempontból a nagy mennyiség ellenére hasznosulásuk csekély mértékű, mivel a hirtelen lezúduló csapadék nem tud beszivárogni a talajba. Ugyanakkor fokozzák a talajeróziót, jelentős mennyiségű termőréteget hordva el.

Zivatar, jégeső

A nagy károkat okozó jégesők Mernyét sem kímélték az évtizedek során. 1977. június 19-én 13 percen keresztül hullottak 3–4 cm átmérőjű jégdarabok a településre, súlyos károkat okozva a kertekben, mezőgazdasági kultúrákban.

1984. július 2-án a mogyoró nagyságú jégszemek közé dió nagyságú jégdarabok is keveredtek. Meggy nagyságú jég esett 2013. július 6-án.

Zivatarok nemcsak a nyári időszakban, hanem télen is előfordultak a településen. Így 1985. december 19-én, 1986. február 28-án, 1995. november 17-én és 1998. január 5-én, amikor jégesővel érkezett a zivatar. Ugyancsak téli zivataros napot jegyezhetünk fel 2004. november 19-én, 2009. december 25-én, 2009. december 31-én, 2017. december 14-én és 2017. december 28-án.

Napi és évi középhőmérséklet

Ahogy tanulmányom elején említettem, a mernyei társadalmi csapadékmérő állomás hőmérsékleti adatsorral is büszkélkedhet.

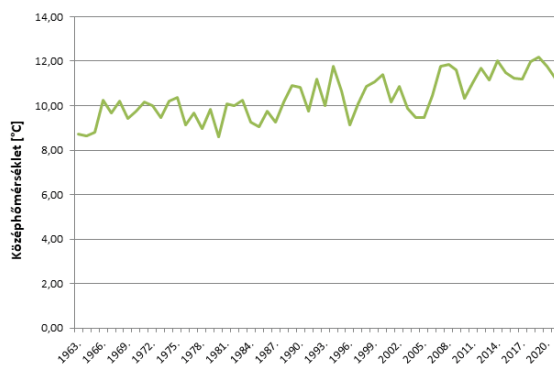
A napi minimum- és maximumhőmérséklet mérése 2008-ig bezárólag Six-féle minimum- és maximumhőmérővel történt. 2008-tól egy Davis Vantage Pro 2 típusú automata állomás segítette a munkámat egészen 2019 áprilisáig. Az automata meghibásodása után költséghatékonyabb megoldást választva került beszerzésre egy Greisinger G 1710 típusú, precíziós, kalibrált, Pt-1000-es digitális ellenálláshőmérő, amely eleget tesz a hőmérsékletérzékelők pontosságával szemben támasztott nemzetközi követelményeknek. A műszer nem automata, helyi időben reggel 7 és este 19 órakor történik a napi szélső hőmérsékletek leolvasása, regisztrálása az észlelőnaplóba az egykori ún. K2-es, csapadéktávírató állomás mérési protokolljának megfelelően (3. ábra). A műszer védelmét hagyományos, angol típusú hőmérőház látja el. Fontosnak tartom, hogy magánmérés esetén is törekedni kell – lehetőségeinkhez képest – a mérőeszközök minél szakszerűbb elhelyezésére, hiszen összehasonlításokat csak így lehet tenni, ugyanakkor magáncélra nem



3. ábra. Stevenson-féle angol hőmérőház a mernyei állomás műszerkertjében.

szükséges túlságosan költséges mérőeszközt beruházni, lényegesebb tulajdonság a műszer mérési és műszaki stabilitása.

A napi középhőmérsékletet a napi minimum- és maximumhőmérsékletek számtani átlagából képeztem. Mivel a mérések kezdetétől fogva e módszerrel kerültek meghatározásra a napi közepek, így ezt a számítást követem mind a mai napig. Az adatsoron utólag korrekciót végeztem annak érdekében, hogy a napi középértékek jobban közelítsék a valódi napi középhőmérsékletet. A korrekció alapjául a LÉGKÖR 1969. 4. számának 90. oldalán található „Korrekciók a hőmérséklet maximumából és minimumából számított középértékekre” című cikket vettem alapul (Micheller és Szakács, 1969).



4. ábra. Az évi középhőmérséklet alakulása Mernyén 1963-2021 között.

Mernyén az évi középhőmérséklet sokévi átlaga 10,35 °C. A mérésekből megállapítható, hogy bár kisebb megtorpanásokkal, de összességében emelkedő tendencia jellemzi az évi középhőmérséklet alakulását – az országos átlaghoz hasonlóan – Mernyén is (4. ábra). 2019-ben az évi középhőmérséklet a 12 °C-ot is átlépte.

Alábbiakban kiemelnek néhány évet, amikor az évi középhőmérséklet jelentősen eltért a sokévi átlagtól (6. táblázat):

Év	Évi középhőmérséklet [°C]
1963	8,73
1964	8,63
1965	8,80
1978	8,98
1980	8,59
1994	11,78
2007	11,76
2008	11,86
2009	11,59
2012	11,68
2014	12,01
2015	11,50
2018	11,96
2019	12,17
2020	11,78

6. táblázat. Évi középhőmérsékleti rekordok Mernyén.

Hőmérsékleti minimum és maximum szélsőértékek

Az évtizedek során számos hőmérsékleti minimum és maximum „rekord” gyűlt össze, ezekből megemlítek néhányat. A legalacsonyabb hőmérsékletet 1986. február 12-én regisztráltuk, ezen a napon -26 °C-ig süllyedt a hőmérséklet. A szőlőültetvényekben súlyos fagykárak keletkeztek.

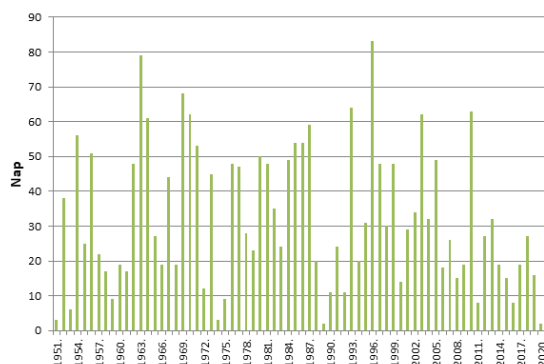
A legmagasabb hőmérsékletet 2000. augusztus 21-én és 2007. július 19-én mértük, amikor is egészen 40 °C-ig emelkedett a napi hőmérséklet.

Míg 1998. szeptember 28-án beköszöntött a fagy -2,5 °C-kal, addig 2015. szeptember 17-én 20 °C volt a legalacsonyabb hőmérséklet. 1996 utolsó napján mindössze -9,5 °C-ig emelkedett a hőmérséklet.

Hótakarós napok száma

Ha megvizsgáljuk az évi hótakarós napok számát, akkor azt mondhatjuk, hogy jelentős különbségek tapasztalhatók az egyes évek között, egyértelmű tendencia tehát nem határozható meg, azonban annyi nagy bizonyossággal kijelenthető, hogy 2014-től kezdve egyre kevesebb a havas telek száma, ezen belül a hótakarós napok évi száma is, amely jellemzően 30 nap alatt van.

A legtöbb hótakarós napot 1996-ban regisztráltuk (83 nap). Kiemelkedő még 1963 (79 nap), valamint 1969 (68 nap), 1994 (64 nap), 1970 (62 nap) (5. ábra).



5. ábra. Hótakarós napok száma Mernyén 1951-2021 között.

Nemcsak a hótakarós napok számában láthatunk csökkenést, hanem a maximális hóvastagsági értékek is kisebbek. 2005-ben mértünk utoljára 30 cm vagy azt meghaladó hóvastagságot, 2013 után pedig nem volt olyan év, amikor a maximális hóvastagság elérte vagy meghaladta volna a 20 cm-t.

A 7. táblázat néhány jelentősebb hóvastagsági adatot tartalmaz:

Dátum	Hóvastagság [cm]
1956.02.20.	54
1963.02.05.	51
1969.12.31.	45
1970.01.01.	44
1987.01.19.	40
1993.11.30.	44
1999.02.14.	40

7. táblázat. Legnagyobb hóvastagság Mernyén.

A téli csapadék zöme a klimatikus viszonyok megváltozása következményeként immáron folyékony halmazállapotban hullik nagyobb-részt, azonban előfordultak olyan esztendők, amikor a tavasz első hónapja télies időjárással lepott meg bennünket. 1964 márciusában a hótakaró csak március 19-ére olvadt el, 16-án még 18 cm vastag hó fedte be a tájat.

Sokak számára lehet emlékezetes az 1986-os tél. Február 8-ától március 16-ig folyamatos volt a hóborítottság, március 4-én 31 cm, március 7-én 25 cm-es legmagasabb hóvastagsággal. De nem alakult sokkal kedvezőbben 1987 márciusának időjárása sem: 17-ig összefüggő hótakaró uralkodott, még 10-én is 10 cm-es hóvastagságot lehetett mérni.

1988. április 24-én fehér tájra ébredtünk, 4 cm-es hó takarta be Mernyét. Hasonló meglepetést okozott 1996. április 13. is, a reggelre lehullott 7 cm-es hótakaróból még másnapra is maradt 3 cm.

2004 márciusa kísérteties hasonlóságot mutatott 1986 márciusával. 15-re olvadt el a hótakaró, amely 9-én még a 26 cm-es vastagságot is elérte.

Viharos széllel érkező havazás bénította meg szinte a teljes országot 2013. március 15-én. Mernyén kamionok akadtak el a 67-es főúton, amelyről az országos médiában is lehetett hallani. A 16 cm-es hóréteg csak 19-re olvadt el, azonban a télnek még egy újabb támadásra is futotta az erejéből, március 26-án 20 cm, 27-én pedig 22 cm-es hóvastagságot regisztráltunk, ami egyben a 2012/2013-as tél legnagyobb hóvastagsági értéke volt. A hótakaró csak március 30-ra olvadt el.

A mért adatokból és a megfigyelésekből jól látható, hogy időjárási szélsőségek ezeltől 30–40 évvel is jelen voltak az életünkben, azonban azt meg kell állapítani, hogy ezek száma az utóbbi években jelentősen megnövekedett. Fontos ezek megfigyelése és lejegyzése az utókor számára, hiszen olyan éghajlatváltozással kapcsolatos megállapításokat, amelyekre gazdasági döntéseket lehet alapozni, csak mindezek ismeretében jelenthetünk ki felelősséggel és nagy biztonsággal.

Meg kell jegyezni azt is, hogy mindehhez hosszútávú, legalább 50–100 éven keresztül megfigyelt és megmért, megbízható adatsorok szükségesek. Ha meg szeretnénk tudni pl. egy adott mérési hely átlagos csapadékviszonyait, egy 30 éves adatsor értékei nem egyeznek meg feltétlen egy másik 30 év adatsorából nyert értékeivel.

Hosszú éveken át végzett megfigyelések, mérések során hajlamosak vagyunk azt hinni, hogy megismertük éghajlatunk, időjárásunk minden jellemzőjét, paraméterét, és akkor jön egy olyan hideg január, ami addig sosem volt, vagy éppen egy rendkívül csapadékos augusztus, ami az addigi mérések során még nem fordult elő.

A legfontosabbnak tartom, hogy megbízható adatsorok csak lelkiismeretes, szorgalmas, áldozatkész észlelői munkával hozhatók létre.

Ugyanakkor nemcsak azon szervezetek, szakmák profitálhatnak a megfigyelésekből, mérésekből, amelyek feldolgozzák, felhasználják a mért adatokat, hanem maga az észlelő személy is. Hiszen – hozzám hasonlóan – minden észlelőnek lehetősége van arra, hogy megfigyeléseit, méréseit saját maga részére archiválja, azokból az informatikai eszközök segítségével kedve szerint kimutatásokat, statisztikákat készítsen.

Hiszem és vallom, hogy a meteorológiai észlelői munka áldozathozatal nélkül nem lehet sikeres. Ugyanakkor pontosságra, precizításra neveli az észlelőt, egyfajta rendszert, keretet ad mindennapi életére vonatkozóan.

Bízom abban, hogy a mernyei társadalmi állomást bemutató cikkem többeket inspirál arra, hogy észleléseket, méréseket kezdjen el végezni saját lakókörnyezetében, hiszen az időjárás mindennapi életünk szerves részét képezi, naponta tartogatva izgalmas időjárási eseményeket mindannyiunk számára.

Irodalom

Micheller, I. és Szakács, Gy., 1969: Korrekciók a hőmérséklet maximumából és minimumából számított középértékekre. *Légkör* 14, 90–93.



Az országos villamosenergia-rendszer irányítása

Kovács Gergely

MAVIR ZRt. Országos Diszpécser szolgálat, kovacs.gergely@mavir.hu

DOI:10.56474/legkor.2022.3.5

A ma élő embernek az áram ugyanolyan természetes, mint a levegővétel. Amikor bekapcsoljuk a por-szívót, kimossuk a ruhákat, vagy éppen levágjuk a fűvet, a mozdulat automatikus, bedugjuk a dugót a konnektorba. De vajon mi van a konnektor mögött? Hogyan kerül oda az áram, és mi a Rendszer-irányító szerepe mindebben?

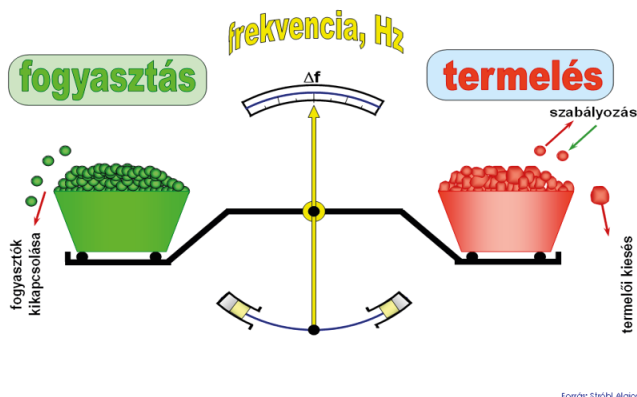
Operation of national electricity grid

Access to electricity is as evident for people today as access to air for breathing. When we turn on the vacuum cleaner, wash the clothes or we are intend to cut the grass, our movement is automatic. We insert the plug into the socket. But what is behind the socket? How does the current get there and what is the role of the system operator in this process?

A váltakozó áramú villamosenergia jelen ismereteink szerint nem tárolható. A termelőegységek egy része ebben a formában termel, míg egy másik részük egyenáramon, ami inverterek segítségével szintén a váltakozó áramú hálózathoz csatlakozik. A villamosenergia átvitele és eljuttatása a fogyasztókhoz tehát – többségében – váltakozó áram formájában történik.

A villamosenergia-rendszernek rengeteg szereplője van: termelők, kereskedők, fogyasztók, akik nem látják a másikat, nem tudják, hogy éppen mennyit tesz bele, vagy vesz ki a hálózathoz, ezért azt sem tudják megmondani, hogy nekik mit kéne ahhoz tenni, hogy a rendszer egyensúlyát megőrizze. A rendszer működéséhez ugyanis

elengedhetetlen annak egyensúlya. Ezt úgy érezzük, hogy minden pillanatban ugyanannyit termelünk, mint amennyit el is fogyasztunk (1. ábra). Ilyenkor a frekvencia értéke 50 Hz. Természetesen ez nem egy bebetonozott érték, hanem egy sáv a névlegesnek tekintett 50 Hz körül, mivel hosszú távon tökéletes egyensúlyi állapot nincs. A rendszer ugyanis él, lélegzik, vonatok indulnak, kórházak, repülőtér és megannyi fogyasztó a saját ütemterve szerint vételez a hálózathoz. Ahhoz, hogy a rendszer szereplői összehangoltan működ-hessenek, és ne dolgozzanak esetlegesen egymás ellen, szükséges egy speciális szereplő, a Rendszerirányító. A MAVIR, vagyis a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító ZRt.



1. ábra. A rendszer egyensúlya.

a „karmester” szerepét tölti be. Ő az, aki összegyűjti a szükséges információkat, és annak tudatában utasítja a szereplőket a megfelelő lépések megtételére. A MAVIR azzal foglalkozik, hogy a hozzá beérkező több ezer adat és mérés segítségével a nap 24 órájában monitorozza a rendszer állapotát, és biztosítsa annak egyensúlyát.

A rendszer egyensúlya

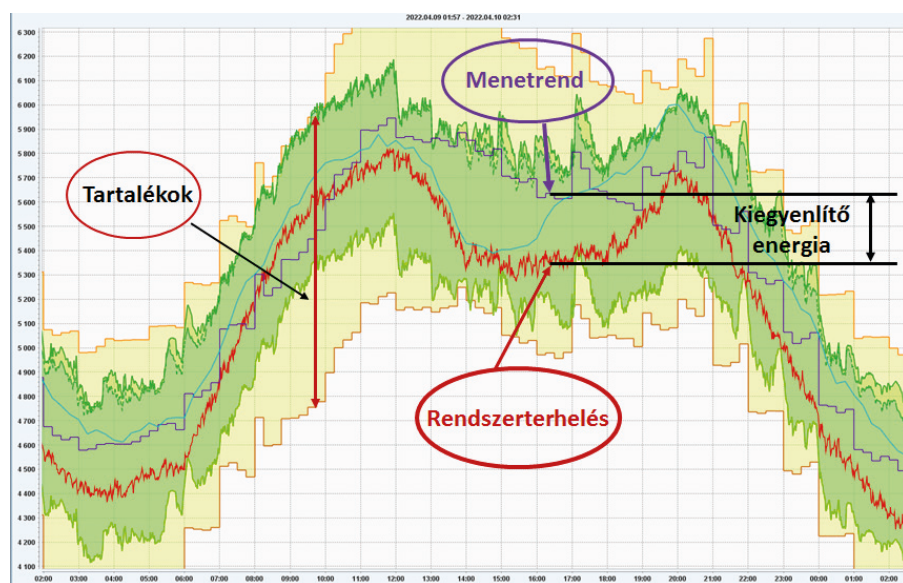
A rendszer egyensúlyi állapotához szükséges az előírt mennyiségű és fajtájú tartalékok megléte. Többféle tartalékot különböztetünk meg, amelyek gyorsabb vagy lassabb beavatkozást tesznek lehetővé, illetve a hatásuk is némileg eltér egymástól. A hatásos teljesítmény egyensúlyának fenntartásához szükséges FCR, valamint FRR, illetve RR tartalék. Mik is ezek? Az FCR (angolul frequency containment reserve, szó szerint fordítva frekvencia visszatartó tartalék) az elsődleges tartalékunk, amely egy automatikusan, maximum 30 másodpercen belül aktiválódó tartalék, és amely a frekvenciát annak névleges értéktől történő eltérése esetén megállítja, visszatartja a további csökkenéstől, vagy növekedéstől. Az FRR (azaz frequency restoration reserve, vagyis frekvencia helyreállító tartalék) az FCR tartalék aktiválása után megállapodott frekvencia értékét állítja vissza a névleges 50 Hz körüli értékre. Ennek hiányában az RR (replacement reserve, helyettesítő tartalék) hivatott pótolni a megfogyatkozott FRR

tartalékot. A tartalékok forgó és indítható gépek formájában vannak jelen. Aktiválásukkal hatásos teljesítménytöbbletet táplálunk a rendszerbe, vagy – negatív igény esetén, amikor lecsökken a fogyasztás a termeléshez képest – csökkentjük a forgógépek teljesítményét, netán szerződött fogyasztókat utasítunk többletfogyasztásra.

Villamosenergia-piac

Ahhoz, hogy a tartalékok a MAVIR rendelkezésére álljanak, szükséges egy jól szervezett villamosenergia-piac, amely megadja a megfelelő hátteret ahhoz, hogy a szereplők koordinált formában végezzék a tevékenységeiket, és segítsék a Rendszerirányítót. A piac egyik alapegysége a menetrend. A piaci szereplők mérlegkörökbe tömörülnek, és e formai kereteken belül adják meg az adott időegységekre – amely 15 perc – vonatkozó termelés, fogyasztás, valamint a kereskedéseik összességét, azaz menetrendjét. A mérlegkörnek törekednie kell a kiegyenlített mentrendek beadására, ami azt jelenti, hogy a mérlegkör betáplálásainak, vételezéseinek, vásárlásainak és értékesítéseinek minden elszámolási mérési időintervallumra vonatkozó szaldója nulla. Azok a mérlegkörök, ahol termelőegységek is vannak, gépeik kapacitásának egy részét felajánlják a Rendszerirányítónak a rendszerszintű szolgáltatások piacán. A MAVIR a felajánlott mennyiségekből „köt le”, vásárol, tehát fizet azért, hogy az adott mértékű kapacitást a termelő egységben kizárólag a Rendszerirányító részére tartsák fent. A lekötött és a nem lekötött, aktiválható erőművi kapacitások összessége adja meg a rendszerben igénybe vehető tartalékokat. Az összesített piaci menetrend elveikben megadja a rendszer terhelését, vagyis a fogyasztók összesített fogyasztását, ám mivel a terv nem minden esetben egyezik meg a tényleges fogyasztással, így kiegyenlítő energia igény keletkezik (2. ábra).

A korábban megismert tartalékok hivatottak kiegyenlíteni az eltéréseket, ám a villamosenergia-piac lehetőséget ad arra, hogy a menetrendek napon belüli korrigálásával – napon belüli kereskedés – maga a piac segítse elő a saját maga kiszabályozását. Nemzetközi kereskedések esetén



2. ábra. Kiegyenlítő energia, tartalék.

a mérlegköröknek rendelkezniük kell a részükre lekötött, országhatárra (metszék) érvényes kapacitással, melyeket aukción szerezhettek be. A határmetszékre kiosztható összes kapacitást a hálózati szűk keresztmetszetek határozzák meg. Olyan mértékű lehet az engedélyezett kereskedés, amely hálózati elemek kikapcsolódása után is biztosítja a rendszer stabil üzemét.

A MAVIR-nak minden esetben figyelembe kell venni a szabad átviteli kapacitást, különben a rendszerben megnőhet a túlterhelődött elemek száma. A menetrendek beadása a menetrend időintervalluma előtti napon történik előre definiált időpontig, de napon belül módosítható. A kapacitásaukciók az éves lekötésektől egészen a napon belüli időpontig terjednek, hiszen minél közelebb vagyunk egy adott pillanathoz, annál pontosabban látjuk, hogy mennyire van szükségünk.

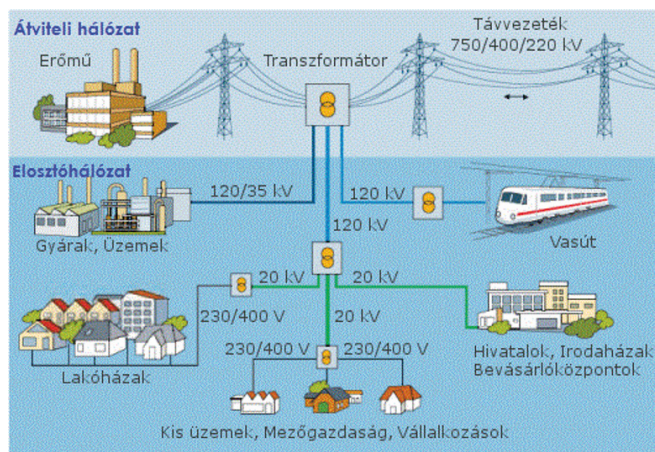
A hálózat

A villamos energia a távvezetési hálózaton keresztül jut el a fogyasztókhoz. Többféle hálózat létezik, különféle feszültség szinten, ennek magyarázata a következő: minél nagyobb feszültségen szállítjuk a villamos energiát, annál kisebb veszteséggel tehetjük azt meg. Elfogyasztani viszont kisméretű feszültségen célszerű, elsősorban életvédelmi okokból (3. ábra).

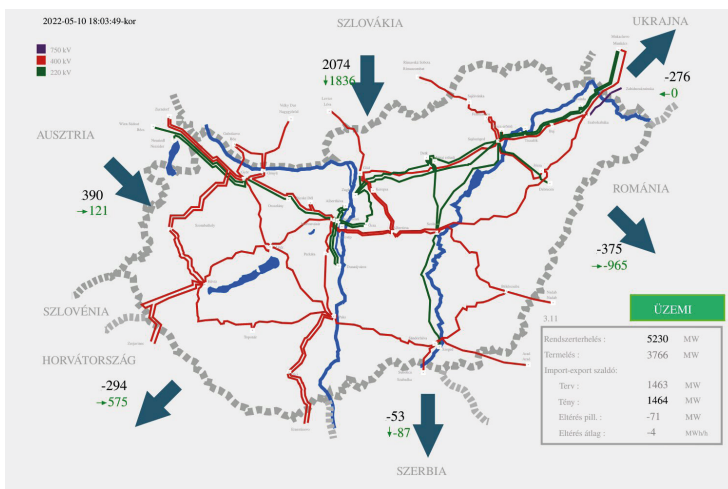
Két alapvető hálózatot különböztetünk meg, amelyek közül az átviteli hálózat a villamos energia nagy távolságra történő szállítására szolgál, az elosztó hálózat pedig annak elosztására, a fogyasztók kiszolgálására.

A MAVIR, ahogy a nevében is benne van, Átviteli Rendszerirányító, így a hálózattal kapcsolatos teendői elsősorban az átviteli hálózatra koncentrálnak. Ilyenek a feszültség értékek előírt határértékeken belül tartása, a rendszer meddő

teljesítmény egyensúlyának biztosítása, de nem árt figyelni az ún. terhelési szögekre, amelyek szintén fontos információt hordoznak. Alapvető tevékenység az üzembiztonsági számítás, amely a hálózat elemeinek túlterhelődését hivatott megelőzni. Ilyenek a távvezetékek és a transzformátorok, de emellett figyelemmel kíséri a feszültség nagyobb mértékű megváltozását is egy adott lokációban, amely szintén okozhat problémákat. A kiesés vizsgálat azt mondja meg, hogy ha kikapcsolunk egy elemet a rendszerből, akkor a rajta átfolyó áram – amely ez esetben áterhelődik



3. ábra. A hálózatok szerepe.



4. ábra. Magyarország átviteli hálózata.

a közelében lévő elemekre – nem okoz-e túlterhelődést máshol. E számítások periodikusan futnak a nap huszonnégy órájában (4. ábra).

A termelőegységek speciális fajtái

Ma már nem számít újdonságnak, mégis különlegesnek mondhatók a napelemek és a szél-erőművek. A megújuló energiaforrások két fő csoportja speciális helyet foglal el a villamosenergia-rendszerben, és a Rendszerirányító megkülönböztetett figyelemmel kezeli őket. Fontos megemlíteni, hogy ezen energiaforrások – tagadhatatlan előnyeik mellett – számos olyan tulajdonsággal rendelkeznek, amely kihívások elé állítja nem csak a MAVIR-t, de Európa más rendszerirányítóit is. Ezzel együtt fontos szerepet töltenek be, mivel működés közben környezetkímélő módon termelnek villamos energiát. A megújuló energiaforrások említésénél nem mehetünk el amellett, hogy csökkentik a rendszer stabilitását, működésüknek köszönhetően a frekvenciaváltozás meredeksége növekszik, mivel az inerciájuk nulla, tehát a rendszer eredő tehetetlensége csökken. A kiszámíthatatlanabb termelés miatt jobban föl kell készülni forgótartalékkal, mivel egy szél-turbina betáplálása kevésbé definiálható, mint egy szinkrongenerátor teljesítménye. A nagy szél a hálózaton nagy tranzitáramlások formájában nyilvánul meg, amely túlterhelődéseket okozhat.

Ennek oka a következő: a nagy kiterjedésű szél-erőmű parkok gyakran nem ott vannak, ahol a fogyasztás súlypontja. Különösen igaz ez a tengerbe telepített szél-turbinák esetén, ahol ritkán élnek emberek. A villamos energia elfogyasztása fizikailag távolabb történik, oda viszont el kell jutnia a teljesítménynek. A szél-erősség előrejelzés ezért is nagyon fontos, hiszen segítségével fölkészülhetünk a szél-turbinák okozta megnövekedett áramlások kezelésére. Az üzembiztonsági vizsgálatoknak itt kiemelt szerepük van. Az Országos Diszpécser Szolgálat (ODSZ) figyelemmel kíséri a felhők mozgását is, mely a napelemek betáplálására van elsősorban hatással. A napelemekre jellemző decentralizált termelés csökkenti az elosztó hálózat terhelését, hiszen nem távolról kell a fogyasztókhoz a teljesítményt elszállítani. Hiányuk esetén viszont pótolni kell a hiányzó teljesítményt, és a felhőátvonulások okozta termelésingadozás olyan változásokat idézhet elő az áramlásokban, amely adott esetben beavatkozó intézkedéseket kíván.

Üzemzavarok

A MAVIR-nak kötelessége fölkészülni a rendszerben előforduló meghibásodásokra. Ilyenek lehetnek a túlterhelődések, időjárás okozta károk, nagy mértékű termelői kapacitás hiány, ami fogyasztói korlátozást igényel, de rosszabb esetben a villamosenergia-rendszer részekre szakadása, szélsőséges esetben pedig nagy kiterjedésű „sötét” hálózatrészek kialakulása, vagyis áramszünet. (Gondoljunk itt a 2003-as olasz blackout-ra, amely az egész országot érintette.) Szerencsére a nagy kiterjedésű üzemzavarok ritkák, de egy vihar, egy rendkívül hideg, vagy kánikulai nap feladhatja a leckét az Országos Diszpécser Szolgálatnak. A nagy szél több szempontból érdekes. Elsősorban a kisebb feszültség-szintű szabadvezetéseket rongálhatja meg, de a szél-erősség változásával a szél-erőművek betáplálása ingadozhat, melyre a hagyományos technológiával nehéz reagálni, mert jóval lassabb. Különösen hideg időben a széntüzelésű erőműveknél a szén befagyhat, a távvezetékek eljégesedhetnek, ami szintén vezetékszakadáshoz vezethet (5. ábra).



5. ábra. Eljegesedett szabadvezeték.

A MAVIR majd' minden műszaki osztálya folyamatosan figyelemmel kíséri a levegő hőmérsékletét, mivel az hatással van az erőművek maximálisan kiadható teljesítményére is. A távvezetékek terhelhetősége is szorosan összefügg a hőmérséklettel, nyáron kisebb a megengedett maximális terhelésük, hiszen melegben hamarabb érik el a számukra már káros hőmérsékletet.

Diszpécseri Tréning Szimulátor

Habár a nagy kiterjedésű rendszerüzemzavaroknak megvan a nemzetközi és a hazai viszonylatban is előírt jogszabályi és szakmai keretrendszere, amely szabályozza és segíti a rendszerirányító mérnököket abban, hogy a károkat elhárítsák, a rendszert helyreállítsák, nincs két egyforma üzemzavar, és a helyreállítás nem egy gépies, hanem sokkal inkább kreatív folyamat, így az üzemzavar-elhárítás készségszintű begyakorlása alapvető fontosságú. Az elméleti képzések mellett az operatív szolgálatoknak szimulátoros gyakorlatokon való kötelező részvétellel kell megerősíteniük és fejleszteniük szakmai tudásukat, ahol a ritkán előforduló helyzetek terén szerezhetnek tapasztalatot. Természetesen a legfontosabb itt is az előrelátás, ezért az üzemelőképzítés szerepe esszenciális az üzemzavarok megelőzésében.

A MAVIR rendelkezik saját szimulátorral, ahol évente két alkalommal vesznek részt a kollégák gyakorlaton, és évente egyszer együtt gyakorlatozunk az Áramszolgáltatók üzemirányítóival. Alkalmanként megfordulunk nemzetközi szimulátorban is, ahol más rendszerirányítókkal közösen gyakoroljuk a nemzetközi helyzeteket és az idegen nyelvet.

Nemzetközi kapcsolatok

A MAVIR-on túlmenően fontos megemlíteni, hogy a környező országok is rendelkeznek hasonló villamosenergia-rendszerrel, amelyeknek szintén megvan a maga rendszerirányítója, adott esetben nem is egy. Az európai országok egymással össze vannak kötve, tehát villamosan kapcsolódunk egymáshoz, emiatt egymásra vagyunk utalva. Ahogy a szabályozás és a hálózat irányítása, úgy az üzemzavarok kezelése, és az ezt megelőző üzemelőképzítés is megjelenik a nemzetközi porondon, ahol az európai rendszer egy nagyobb kiterjedésű részét vizsgálják, kezelik. Éppen ezért rendkívül fontos a megfelelő együttműködés kialakítása a többi rendszerirányítóval, különösen azért, mert nincs egyetlen, mindent látó európai rendszerirányító. Vannak olyan szervezetek, amelyek átfogó képet adnak egy nagyobb kiterjedésű régió jellemzőiről, de ezek csupán koordinációs szerepet töltenek be.

Elhivatottság

A MAVIR tevékenysége speciális, széles körű, és folyamatosan változó. Az idő előrehaladtával mind gyorsabban érnek el bennünket a változások, ezért egyre nagyobb számban kell megfelelnünk a kihívásoknak. A folyamatosan változó környezetben nem könnyű eleget tenni az elvárásoknak, de a MAVIR magas szintű szakmai gárdája folyamatos képzéssel és elhivatottsággal igyekszik a rendszer épségét és az ellátás biztonságát megőrizni. A mérnökökkel szorosan együttműködő jogi, gazdasági és informatikai szakemberek összehangolt és elkötelezett munkája szükséges ahhoz, hogy az ország villamos értelemben működjön.

Látogatás a MAVIR Országos Diszpécser Szolgálat központjában

Dobi Ildikó

Országos Meteorológiai Szolgálat, dobi.i@met.hu

A nemzetközi klímapolitikai egyezmények eredményeként a zéró emissziójú energiatermelés 2050-es elérése globális cél. A dekarbonizáció fő eszköze – az energia hatékonyság mellett – a megújuló energiaforrások, Magyarországon elsősorban a napenergia széleskörű alkalmazása. Hazánkban a beépített napelemes kapacitások az elmúlt évtizedekben exponenciálisan növekedtek, a villamosenergia-rendszerben jelenleg mintegy 3000 megawattnyi (MW) ipari és háztartási napenergia, valamint kb. 330 MW szélenergia kapacitás üzemel. Az időjárásfüggő energiaforrások implementálása az energiaellátó rendszerbe számos megoldandó új feladatot vet fel, melyek minden érintett számára kihívást jelentenek. Az időjárás kaotikus jellege megjelent az áramellátásban, aminek kezelése meteorológiai innovációkat is kíván. A MAVIR ODSZ a stabil frekvencia sávtartásért felelős részlege, a villamosenergia ellátási lánc kulcsszereplője.

Az MTB Léggörri Erőforrás Albizottság szervezésében 2022. április 26-án délután látogatást tettünk a MAVIR Zrt. Budapest, III. kerület Anikó utca 4. címen található székhelyén. A csoportot Kovács Gergely, az ODSZ szolgálatvezető mérnöke látta vendégül. A belépéshez szükséges adminisztrációt követően, egy biztonsági őr kíséretében, sok fotocellás ajtón keresztül jutottunk el a szimulációs terembe. A helységben a ODSZ munkatársai rendszeresen továbbképzéseken vesznek részt, élethű környezetben gyakorolják a haviaria helyzeteket. Ugyanitt folyik az új kollégák betanítása is. A látványos üvegpalota emeletén lévő nagy teremben – a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően – a Diszpécser Központ mintájára hat munkahely van kialakítva, aminek fele egy elszeparált üvegszobában helyezkedik el. Mindegyikhez fél körívben hat monitor tartozik. A látogatók számára egy karzat került kialakításra

a munkahelyek mögött, a falnyi méretű monitorokkal szemben. A félhomályos helységben világító információk tömkelege segíti a ODSZ munkatársainak felelősségteljes munkáját. Barátságos fogadtatásban volt része a tizenhárom különböző szakmai részlegről érkezett résztvevőnek, ugyanis két éve, a Covid-19 lezárás óta csoportunk volt az első „látogató”. A kiemelt létesítményen belül különleges szerepet tölt be az ODSZ. A magasan kvalifikált szakemberek két éves speciális képzés és gyakorlati vizsgák után kerülhetnek a részlegre. A folyamatos koncentrációt igénylő döntéseik eredményét mindannyian szó szerint a bőrünkön érezzük. Az erőművek teljesítményének szabályozásával naponta saját hatáskörben százmillió nagyságrendű összegekről döntenek. A részleg dolgozói túlzás nélkül pótolhatatlanok, ezért a pandémia alatt hónapokon át rendkívüli körülmények között dolgoztak és éltek.

A részleg összetett tevékenységéről két órában kaptunk ízelítőt. A tartalmas információk mellett sok érdekes történet és jól memorizálható frappáns hasonlatot hallottunk Kovács Gergelytől. Az egyenletes frekvenciát biztosító kiegyenlítő energia számításokhoz és kritikus döntésekhez meteorológiai szempontból elsősorban a radar információk, a nowcasting előrejelzés és a veszélyjelzés nyújt számukra segítséget. Élethű vett helyzeteken láttunk, milyen nehézséget okoz a nap- és szélenergia erőművek által betáplált változó energiatermés szabályozása. Sok kérdést és hasznos beszélgetést inspirált a bemutató. A program zárásaként a Vezénylő terembe is bepillantást nyerhettünk. A diszpécser feletti karzatról jól láthattuk az impozáns kivetítőt, az üvegfal pedig teljesen elszigetelte a hangunkat a szolgálatos részlegről. Az ODSZ feladatait leíró cikk a látogatás esszenciáját hivatott megosztani az olvasókkal. A MAVIR rendszerirányítás adatai a <https://www.mavir.hu/web/mavir/rendszerterheles> publikus linken érhetők el.



Élménybeszámoló a Magyar Meteorológiai Társaság XXXVIII. Vándorgyűléséről

Szeged, 2022. augusztus 25-27.

Dobi Ildikó

Országos Meteorológiai Szolgálat, dobi.i@met.hu

Az 1925-ben alakult Magyar Meteorológiai Társaság (MMT) a hazai és határon túli meteorológus közösség és a szakma iránt érdeklődők civil szervezete. Feladata a légkörrel kapcsolatos ismeretek népszerűsítése, előadó- és vitaülések szervezése. Hagyományai közé tartozik két évente a Vándorgyűlések megrendezése. Az elnevezés abból adódik, hogy minden alkalommal más vidéki egyetem ad otthont az eseménynek. Az idei rendezvénynek a Szegedi Tudományegyetem Földrajz és Földtudományi Intézete volt a házigazdája. A XXXVIII. Vándorgyűlést a Magyar Meteorológiai Társaság, a Szegedi Tudományegyetem, az Országos Meteorológiai Szolgálat és a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálatja közösen szervezte. Támogatóink voltak a FÖCIK (Földtudományi Civil Szervezetek Közössége), az NKFI (Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Hivatal) és az MTA (Magyar Tudományos Akadémia). A rendezvény címe: „Aktuális kihívások a meteorológiában – fókuszban a repülésbiztonság szolgálata” volt.

A csütörtök délután kezdődő rendezvényt a Társaság újonnan választott elnöke, dr. Lakatos Mónika nyitotta meg, majd dr. Gál Tamás egyetemi docens, a vendéglátó tanszék vezetője köszöntötte a hallgatóságot. A plenáris szekcióban a Szegedi Egyetem Éghajlati és Tájföldrajzi Tanszéke képviselőjében dr. Unger János egyetemi tanár a tanszéki kutatásokról, majd Kovács László alezredes, a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálatának szolgálatfőnök-helyettese a katonai meteorológia aktuális kérdéseiről tartott előadást.

Az első szekció fókuszában a repülésbiztonság szolgálata állt. Az elhangzott előadások áttekintést adtak a hazai szolgáltatók tevékenységeiről, valamint két repülésre különösen veszélyes jelenségről, a szupercellák keletkezéséről és a jegesedés előrejelzéséről.

A poszterszerzők a kávészünetben kaptak lehetőséget az eredményeik rövid ismertetésére. Az Éghajlati Osztály posztjára a szél elnevezések földrajzi beazonosítását tesztelő ötletes interaktív játékra hívta a résztvevőket, amelynek díját, egy-egy Felhőatlaszt (OMSZ) Péli Noémi és Csontos

András nyerték. A nevezetes szeleket ábrázoló poszter rejtvényfejtésre buzdított. A meteorológiai szélsőségek szekcióban a MouldTech Systems drónos szolgáltatásait kiszolgáló időjárás-alapú döntéstámogató rendszerről hallottunk érdekes előadást. Azt követően a téli hideg és meleg hullámok újszerű elemzésének eredményeit, valamint a csapadék izotópos vizsgálatából a konvektív és réteges csapadék elkülönítésére szolgáló módszert ismerhettünk meg.

Az est fénypontja a „hírös” szegedi halászcserében elköltött ízletes közös vacsora volt.

A Vándorgyűlés péntek délelőtti programja nagy érdeklődés mellett kezdődött. A kormány újjáalakulását követően az OMSZ felügyeletét az agrártárcától átvevő Technológiai és Ipari Minisztérium vezetője, Prof. dr. Palkovics László tartott előadást. A minisztert dr. Raisz Anikó környezetügyért és körforgásos gazdaságért felelős államtitkár, Keszthelyi Nikolett helyettes államtitkár és a hivatalos média kísérte. A Szegedi Egyetem magas rangú vezetői is megjelentek. A miniszter az OMSZ újjászervezéséről, új feladatairól és a javasolt struktúráról is beszélt. Az OMSZ tevékenységének fókuszába a klímakutatás és a zöld energiaátmenet támogatása kerül. Az eddigieken túlmenően az időjárásfüggő, elsősorban fotovillamos erőművek teljesítmény előrejelzéseinek javulása az elvárás. A miniszter

előadását követő hozzászólásokra válaszolva a szervezet átalakításával indokolta dr. Radics Kornélia (OMSZ elnök) és Horváth Gyula (szakmai elnökhelyettes) augusztus 22-én történt leváltását, ami szerencsétlen egybeeséssel közvetlenül a tűzijáték idejére vonatkozó előrejelzés után történt. Nyugalmazott korábbi OMSZ elnök, dr. Dunkel Zoltán hozzászólásában egyebek közt elhangzott, hogy az intézményi struktúra meghatározása eddig a mindenkor OMSZ elnök hatáskörébe tartozott. Az operatív törzsben sokéven át delegált egykori felsővezető, dr. Bonta Imre elmondása szerint zivataros veszélyhelyzetben legfeljebb 1–3 órára lehet előre látni. 2007-ben a mostanihoz hasonlóan bonyolult volt az időjárás, 17 és 18 óra között heves zivatar vonult át a főváros felett, amit az operatív törzs nyomon követett. Ezután, mindössze néhány órával az esemény előtt hozták meg a döntést a tűzijáték megtartásáról.

Ezt követően az éghajlati szekció előadásai a szélsőségek és az éghajlatváltozás hozzárendelési vizsgálatával, a hőmérséklet és a csapadék adatbázisok aktuális fejlesztéseivel, a klímamodellek megbízhatóságának 1991–2020-as időszakra történő teszt eredményeivel, továbbá a 21. századra vonatkozó éghajlati indexekkel foglalkoztak.

Az alkalmazott meteorológia és klimatológia szekció nyitó előadása a nap és szélenergia helyzetét ismertette a világra, Európára és



Életkép a szegedi vándorgyűlésről



Csoportkép a vándorgyűlés résztvevőiről.

anekdotákkal fűszerezve. Megtudtuk, hogy a városvezetés a tanszéki kutatások eredményeit felhasználva az egy-nyári virágágyásokat városszerte szárazságtűrő, gazdaságos, élő ágásokra cseréli. Jellegzetes belvárosi japán akác fasort látunk a Gogol utcában, ahol a szélviharban a parkoló autókra zuhanó ágak gyakran okoznak töréskárokat. Ezt követően a város-

Magyarországra vonatkozó 2020 és 2021 évi statisztikák bemutatásával, különös tekintettel az időjárás-függőséggel kapcsolatos tapasztalatokra. Ezt követően megtudhattuk, hogy a légköri izotóppozsztétel mérésekből milyen módon következtetnek valamely üvegházgáz kibocsátásának forrására. A záró előadásban az MMT elnöke a „citizen science” különféle lehetőségeit mutatta be, ezzel az inspiráló felvetéssel iránymutatást kínálva a társaság aktivizálására.

A rendezvényre 52 fő regisztrált: köztük az OMSZ, a katonai meteorológia, egyetemek és magáncégek munkatársai, valamint a marosvásárhelyi Meteorológiai Iroda szakembere. A kísérő családtagok, az aprócska és iskolás gyermekek részvétele közvetlen, családi hangulatot kölcsönzött az eseményeknek. A szakmai programot összesen 18 előadás és 9 poszter alkotta. A végleges program, az absztraktok és az előadások anyagai megtalálhatók az MMT honlapján (<http://www.mettars.hu/vandorgyulesek/szeged/>).

A délután folyamán a házigazda egyetemről dr. Gulyás Ágnes tanszékvezető helyettes, egyetemi adjunktus, a városklíma neves hazai szakértője invitálta különleges városnézésre az érdeklődőket. Az egyetemtől a Tisza parti árvízi emléktábláig sétálva a városi növényzet régi és új koncepcióját magyarázta el, a szakmai ismereteket találós kérdésekkel, színes

fejlesztés keretében megújult fasorcseré esztétikus és biztonságos megoldását láttuk a Gutenberg utcában. A séta végén egy hangulatos sörkertben folytattuk a szakmai eszmecserét.

A program folytatásaként – a Vándorgyűlés hagyományaihoz híven – szombaton az érdeklődők egy napos buszos kiránduláson vettek részt. A közeli Újvidéki Egyetem Természettudományi-Matematikai Karán folyó meteorológiai témájú kutatásokat Jelena Dunjic és Prof. dr. Brannislava Lalic mutatták be a termet teljesen betöltő magyar hallgatóságnak. A ragyogó napos időben a péterváradai erőd látnivalói közt dr. Bordás Árpád fizikus, a zentai Bolyai Tehetséggondozó Gimnázium tanára és dr. Lukity Tibor a Vajdasági Akadémiai Tanács alelnöke kalauzoltak bennünket. A várdomb oldalában, a Duna felett panorámás, hangulatos étteremben „jóízű” beszélgetésekkel elköltött ebéd koronázta meg a napot. A hazatérés a vártnál kalandosabbra sikerült, ugyanis a határátkelőn leálló informatikai rendszer miatt 4 órát kellett várakoznunk, emiatt mindannyian lekéstük az utolsó Budapestre tartó vonatot.

A 2020-ra tervezett Vándorgyűlés a világjárvány miatt két évet csúszott, de igen eseménydús volt, s emlékezetes lesz a résztvevők és legfőképpen a szervező csapat számára, akiknek külön köszönet, hogy minden váratlan helyzetben türelemmel, humorral és találékonysággal helytálltak.



Kiváló társadalmi észlelők világnapi kitüntetése

Tóth Róbert, Kiss Márton

Országos Meteorológiai Szolgálat, toth.r@met.hu

Számos társadalmi csapadékmérőnk hosszú ideje pontosan, lelkiismeretesen végzi a meteorológiai megfigyeléseket szerte az országban. E példamutató elkötelezettséget az Országos Meteorológiai Szolgálat évről évre elismerő plakettel jutalmazza. Írásunkban bemutatjuk az idén kitüntetett észlelő munkatársakat.

Szolgálatunk régi szép hagyománya, hogy a Meteorológiai Világnapon kitüntetünk néhány olyan csapadékmérő állomást vezető munkatársat, akik hosszú ideje szívvel-lélekkel végzik a rájuk bízott feladatot. E munka méltatására elődeink már megtalálták a megfelelő szavakat, ezért idézek Tamáskovits Károly, akkori hálózati főellenőr 2001-es világnapi előadásából: „Kitartás és elhivatottság az önkéntesek, vagy ahogy a magyar meteorológiai szaknyelvben hívjuk, társadalmi észlelők két legfőbb közös jellemvonása. Nem ritka, hogy olyan önkéntes megfigyelővel találkozunk, aki több mint 50 éve dolgozik, vagy akinek már a szülei, nagyszülei is az időjárás megfigyelésének szolgálatában álltak.” Előadásában említette még Csomor Mihály (az Oláh-Csomor-féle kettősfalú csapadékmérő egyik tervezője, a hazai zúzmaramérés elindítója, volt hálózati főosztályvezető) idevágó megállapítását: „Az észlelési munka végzéséhez sok önfegyelemre, kitartásra és lemondásra van szükség, aki azonban ezt a munkát megszereti, azt következetességre és rendszerességre

neveli” (Tamáskovits K., 2001). Az állomáslátogatásaink során ezt megtapasztaltuk, sokan szóban is megerősítették.

Ebben az évben úgy alakult, hogy az öt kitüntetett észlelő egyike sem tudott személyesen részt venni a márciusi ünnepségen, így Kiss Márton észlelőhálózati koordinátor és jómagam vittük el a díszes emlékplaketteket a díjazottaknak. Ezzel az írásunkkal is szeretnénk tiszteletünket kifejezni hasznos, kitartó munkájukért.

Markotabödöge

Markotabödöge kisközség a Csornai Járásban, az egykor önálló Markota és Bödöge egyesüléséből jött létre. A markotabödögei csapadékmérő állomásunk 1961 óta működik. Az észlelést Kovács István, a Győri Meteorológiai Állomás egykori vezetője kezdte, majd átadta sógorának. Németh Ferencéknél rendezett portán, a példásan megművelt kertben áll a csapadékmérő. Feljegyzéseik példásak, pontosak. A gazdálkodás,



Németh Ferenc és felesége az emléklappal a csapadékmérő mellett.

a munka mai napig része életüknek. Gyermekeik is mezőgazdasággal foglalkoznak, az unokáik is a közelben élnek, így gyakorta megtelik a népes családdal a ház. Bízunk benne, nemcsak a bőtermő kisalföldi föld, hanem a meteorológia iránti érdeklődés is átöröklődik! Németh Ferenc és felesége évtizedek óta fáradhatatlanul segíti munkánkat megbízható észlelésekkel. 2018 óta adataikat naponta beküldik a METADAT rendszerbe, így a mérés több módon is hasznosul.

Gyulavári

A Békés megyei Gyulaváriban a csapadékmérés 1950. június 1. óta folyamatos. A mérést 1975-ben vette át Erdődi Sándor gátör a Galvácsi szivattyútelepnél. Gyulavári 1977. április 1-től Gyula közigazgatási része lett, tőle a Fehér-Körös választja el, s egy híd köti össze a két településrészt. Erdődi úr elhunytá után felesége, Ilonka néni folytatta a méréseket, s végzi a mai napig úgy, hogy a mozgás már igen nehezebbre esik, bot segítségével jut el reggelente a csapadékmérőig. A közelében élő fia nyújt segítséget a mindennapokban. Kitartó munkája példaértékű.

Körösszakál

Körösszakál Hajdú-Bihar megyei község a román határ közelében, a Sebes-Körös jobb partján, az Alföldi Kéktúra mentén. 800 fő körüli lakóinak mintegy 23%-a román nemzetiségű,



Balra: Kéktúra útvonal Körösszakál központjában. Jobbra: Tarsoly Antalné a kertjében elhelyezett csapadékmérővel.

a nemzetiségi oktatás támogatásának köszönhető, hogy még működik iskola a településen. Körösszakálon 1936-ban indultak a meteorológiai mérések – mint csapadékmérő állomás – amit gátörök végeztek, majd 1972–1981 között éghajlati állomásként működött a postánál. Ekkor 1976-ban és 1979–1981 között Tarsoly Antalné volt az észlelő. 1981-től ismét csapadékmérőként üzemel, s azóta Tarsolyné a megbízottunk, aki a közeli automata állomást is felügyeli. Tarsolyék ingatlana hagyományos, rendezett falusi porta, ápolt kerttel, valamint baromfikkal és sertésekkel. Tarsolyné látása sajnálatosan megromlott, ezért Tarsoly úr is besegít a mérésekben. Köszönjük, hogy Szolgálatunk megfigyelő munkáját sokoldalúan támogatták, a továbbiakhoz jó egészséget kívánunk!

Bácsbokod

Bácsbokod nagyközség a Bácskában, nagyjából Baja és Bácsalmás közt fekszik a Bokodi-Kígyós-csatorna mentén. 2400 körüli lakosságának mintegy 12%-a német, 4%-a horvát nemzetiségű, ezért használják a német Wikitsch és a horvát Bikić nevet is, s e két nyelv a helyi nemzetiségi oktatásban is szerepel.



Balra: Havasiné Kürtös Ágnes és férje a bácsbokodi csapadékmérővel. Jobbra: Az OMSZ által adományozott kerámia a Kürtös család 40 év megfigyelési szolgálataért.

Bácsbokodon Kürtös József kántortanító 1949-ben kezdte a csapadékmérést az iskolánál lévő szolgálati lakáshoz tartozó kertben. Kürtös úr földrajzot, biológiát és éneket tanított. 1965-ben a Dózsa György utcába költöztek az állomással együtt, ahol 1973-ig Kürtös József, majd utána 1983-ig Kürtös Józsefné észlelt. Lányuk, Kürtös Ágnes ekkor már ismerkedett a csapadékméréssel, amit 1983-tól napjainkig Havasiné Kürtös Ágnes néven végez a Mátyás király utcai házuk kertjében. Tanítóképzőt végzett, s éneket, rajzot és technikát tanított a helyi általános iskolában. Lányuk is tanít Baján, fiuk Angliában él, ezért nem vehető biztosra, hogy a következő generáció is folytatja a csapadékmérést Bácsbokodon.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat 1989-ben nagyszámú társadalmi klímaészlelő és csapadékmérő munkatárs hosszú, lelkes tevékenységét ismerte el pénzjutalommal és emléklappal. Örömmel láttam Havasiék konyhája falán a 40 év megfigyelői munkáért kapott kerámiát, amit a család érdemelt ki. Köszönjük a család megbízható, lelkes munkáját, jó egészséget kívánunk a további megfigyelésekhez!

Mezőcsát

Mezőcsát a Közép-Tisza-vidék árterén, a Borsodi-Mezőség közepén fekvő kisváros, járási székhely. Lakóinak száma 5670.

Mezőcsátan a csapadékmérés 1934-ben indult Náday Kálmán római katolikus igazgató tanító révén. Őt követte a segédjegyző, majd Szabó Zsigmond, aki Szeghő úr unokatestvére. Tőle vette át Szeghő úr édesapja, Szeghő György – a TSZ raktárosa – 1971-ben, s végezte a méréseket 1975 végéig. Azóta folytatja Szeghő Mihály a csapadékmérést a szépen ápolt, gyümölcsfákkal tarkított kertjükben. Szeghő úr soförként járta az országot, míg felesége fodrászként dolgozott. Ma már mindketten nyugdíjasok. Lányuk Pakson, unokájuk Budapesten él, így sajnos itt sem várható, hogy a következő generáció helyben tovább viszi az észlelést.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat mindannyiuknak köszönetet mond a több évtizedes megfigyelő munkáért, amivel hozzájárultak a nemzeti éghajlati adatvagyon gyarapításához. További életükhöz, munkájukhoz kiváló egészséget, sok örömet kívánunk!



Szeghő Mihály mezőcsáti csapadékmérőnk.

Irodalom

Tamáskovits K., 2001: Önkéntes társadalmi észlelők munkája az Országos Meteorológiai Szolgálatnál. *Légekör* 46(1), 4-8.



2022 nyarának időjárása

Szolnoki-Tótván Bernadett

Országos Meteorológiai Szolgálat, totivan.b@met.hu

A tavalyi, szintén meleg nyarat követően az idei még forróbb volt. A 2022-es nyár a legmelegebb 1901 óta. Ez nem meglepő, hiszen mindhárom hónap jócskán melegebb volt a sokéves átlagnál.

A hőmérséklet és csapadék időbeli alakulása

A tavalyi, szintén meleg nyarat követően az idei még forróbb volt. A 2022-es nyár a legmelegebb 1901 óta. Ez nem meglepő, hiszen mindhárom hónap jócskán melegebb volt a sokéves átlagnál. A nyár idén országos átlagban $2,0\text{ °C}$ -kal lett melegebb a szokásosnál (1991-2020-as normál: $20,8\text{ °C}$). Ha a hónapokat külön-külön nézzük (I. ábra), akkor a június tér el leginkább az átlagtól ($+2,3\text{ °C}$). Ettől csak kevéssel maradt el az augusztus, mely szintén 2 fok feletti eltérést hozott ($+2,1\text{ °C}$). A júliusi átlaghőmérséklet is



I. ábra. Az országos havi és az évszakos középhőmérséklet eltérése a sokévi (1991-2020-as) átlagtól 2022 nyarán (interpolált adatok alapján).

pozitív anomáliát mutat, csak az előzőeknél kisebb ($+1,6\text{ °C}$). Az eddigi legmelegebbnek számító nyári időszak 2003-ban volt, ezt előzte meg az idei, $0,5\text{ °C}$ -kal. Az évszak hónapjai mind nagyon előkelő helyre kerültek az elmúlt 121 év rangsorában: a 2022-es június a harmadik, a július az ötödik, az augusztus pedig a második legmelegebb lett.

A küszöbnapok számában is megmutatkozik a nyár forrósága (I. táblázat). Hőhullámos napokat is sokszor átértünk a nyáron. Június és július fordulóján (június 27. és július 1. között) 5 napra

Éghajlati indexek száma 2022 nyarán és ezek sokéves átlagai		
	2022	1991-2020
Nyári nap ($T_{\max} \geq 25\text{ °C}$)	82	65
Hőség nap ($T_{\max} \geq 30\text{ °C}$)	43	27
Forró nap ($T_{\max} \geq 35\text{ °C}$)	10	3
Meleg éjszaka ($T_{\min} \geq 20\text{ °C}$)	7	4
Csapadékos nap ($r \geq 0,1\text{ mm}$)	23	28
Zivataros nap	11	12

I. táblázat: A 2022-es nyár során jegyzett különböző éghajlati indexek és ezek 1991-2020-as sokéves értékei.

emelkedett a napi középhőmérsékletet 25 °C fölé, majd egy nap kihagyással 2 újabb ilyen hőhullámos nap következett (július 3-án és 4-én). Júliusban még egyszer előfordult egy ilyen 5 napos periódus (20-24. között), amikor 25 °C feletti volt az átlaghőmérséklet. Augusztusban szintén kétszer volt hőhullám, melyek 3-3 napig tartottak (4-6. és 17-19. közt). Emellett voltak még különálló napok, amikor 25 °C feletti volt a napi középhőmérséklet (június 20., július 14. és 29., augusztus 26.).

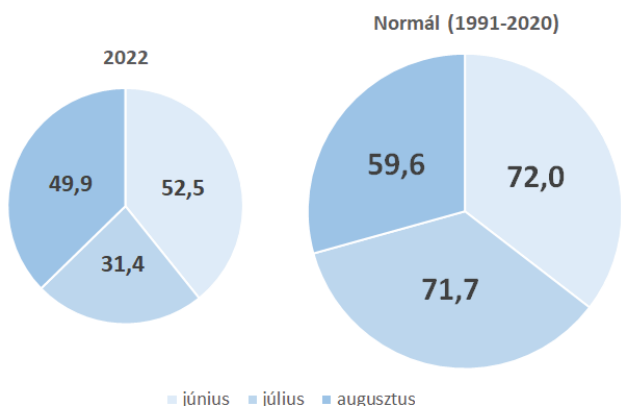
Az évszak során lehullott csapadékmennyiség mindössze kb. a kétharmada az 1991-2020-as értéknek, de térbeli és időbeli eloszlása is nagyon változó képet mutat. A legkevesebb csapadék 2022 júliusában hullott (31,4 mm), mely a havi sokévi átlagnak mindössze a 44%-a volt. Ez volt az elmúlt 122 évben a 11. legszárazabb július. Csapadékösszeg szempontjából a következő hónap a június lett. Ekkor országos átlagban 53 mm érkezett, mely már nem tért el ilyen nagymértékben az 1991-2020-es normáltól, de még mindig bőven alatta maradt (73%-a). Augusztusban 50 mm az országos átlagos csapadékösszeg, mely 16%-kal maradt el az ilyenkor szokásostól. Összességében a 2022-es nyár jóval szárazabb lett, mint az átlagos, hasonlít a tavalyi nyárhoz (akkor a sokévi érték 65%-a, idén a 66%-a érkezett országosan). Az 1901-től kezdődő idősorban a 2022-es nyár a 18. helyre került a legszárazabb évszakok sorában. A 2. ábrán a 2022-es nyár havi és évszakos

csapadékösszegei szerepelnek a sokéves átlaghoz (1991-2020) viszonyítva. A kördiagramok területei arányosak a havi és évszakos csapadékösszegekkel, a 2022-es nyárhoz tartozó diagram mintegy egyharmaddal kisebb a sokéves átlagot ábrázoló diagramnál. A júliusi csapadékmennyiség az évszakos összeg harmadát szokta adni. Idén nyáron kevesebb, mint a teljes mennyiség egynegyede érkezett ekkor. Ezzel párhuzamosan a júniusi és augusztusi összegek a nyári mennyiségnek a 40 és a 37%-át szállították, miközben ezek az értékek a sokéves átlagok szerint júniusban 35, augusztusban pedig 29% szoktak lenni.

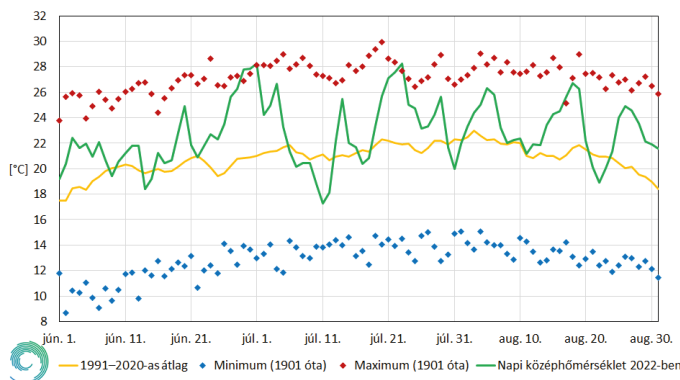
A száraz nyár a csapadékkal kapcsolatos indexeknél is jól látható (1. táblázat). 2022 nyarán országos átlagban csapadékos és zivataros napokból is kevesebb volt, mint a normálértékek.

A 3. ábrán a 2022-es nyár napi középhőmérsékletei, sokéves átlagai, valamint 1901 óta tapasztalt szélsőértékei láthatók. Szinte az egész évszakban a sokéves átlag felett alakult a napi középhőmérséklet, csak július közepén volt egy kb. egyhetes periódus, amikor huzamosabb ideig alatta maradt. Június első dekádjában 20 és 22 °C között mozgott a napi középhőmérséklet, köszönhetően a hazánk felett átvonuló hidegfrontoknak és zivatarzónáknak. Ebben a 10 napban 8 napon volt csapadékhullás. A csapadék mennyisége minden nap meghaladta a sokéves átlagot. A legcsapadékosabb napon, 9-én pedig több, mint háromszorosa érkezett a szokásos mennyiségnek

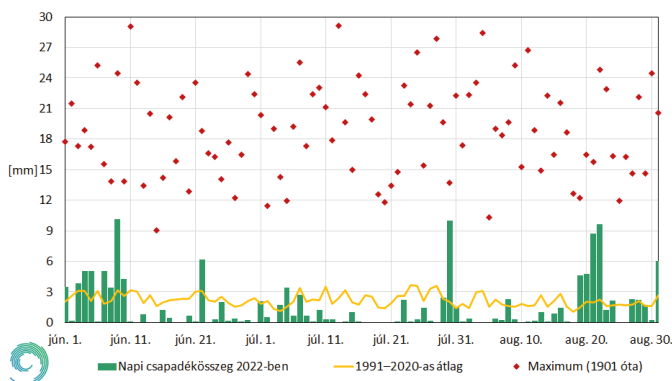
Nyári csapadékösszegek havi bontásban



2. ábra. A 2022-es nyár havi csapadékösszegei és a normál területarányos kördiagramon (mértékegység: mm).



3. ábra. Országos napi középhőmérsékletek, a sokéves átlag (1991-2020), illetve a szélsőértékek 1901 óta 2022 nyarán homogenizált, ellenőrzött, interpolált adatsorok alapján.



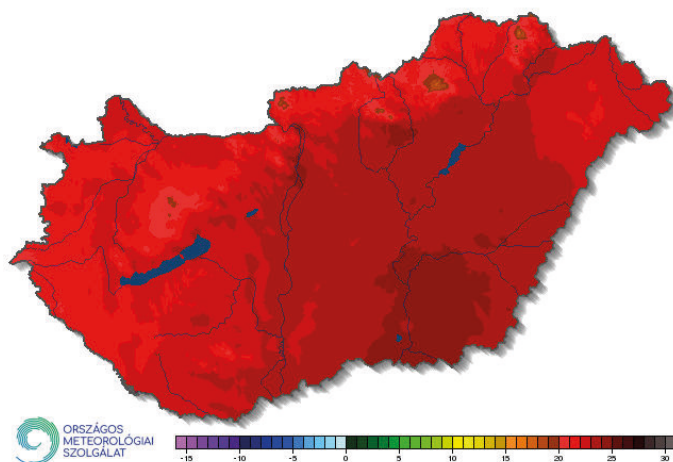
4. ábra. Országos napi átlagos csapadékösszegek, a sokéves napi átlagok (1991–2020), illetve a maximumok 1901 óta 2022 nyarán homogenizált, ellenőrzött, interpolált adatsorok alapján.

(4. ábra). Az ezt követő kb. három hetet melegedés és csapadékszegény időjárás jellemezte. Július 5-től kezdődően fokozatos lehűlésben volt részünk. A nyáron a leghűvösebb nap országosan a július 11. volt; ekkor majdnem 4 °C-kal volt hűvösebb a szokásosnál. Az ezt megelőző és követő hetekben is hőhullámok tomboltak hazánkban. A 3. ábrán is látható, hogy voltak olyan napok, amikor a napi átlaghőmérséklet az eddigi maximumot is elérte vagy meghaladta (július 1. és 23.). Ezek az időszakok a hazánk felett kialakult anticiklonok következtében voltak ilyen forróak és csapadékszegények. A hónap végén egy érkező hidegfront miatt meredeken zuhant a nap-pali középhőmérséklet, a szokásosnál hűvösebbek lettek az utolsó napok. Ezzel együtt a csapadék is megérkezett, 30-án már az egész országban hullott több-kevesebb. Ezen a napon az országban többfelé fordultak elő heves zivatarok, melynek hatására Tiszakarácson 123,2 mm-t mértünk. Ez új napi csapadékrekorznak számít. Augusztus elején ismét egy hőhullámos időszakot élhattunk át, mely csapadékhiánnyal társult. Majd 19-től megérkezett a nyár végi lehűlés, amely csak pár napig tartott, viszont meghozta a várt csapadékot. Augusztus 21-én és 22-én országszerte csapadékos időjárás volt jellemző. Sok helyen zivatarok is kipattantak, amiket megerősödő szél kísért. Országos átlagban ekkor a napi csapadékösszegek a normálnál 4,5 - 5-ször magasabbak voltak.

A meleg, nedves levegő következtében a hónap utolsó hetében ismét a megszokottnál enyhébb napok zárták az évszakot.

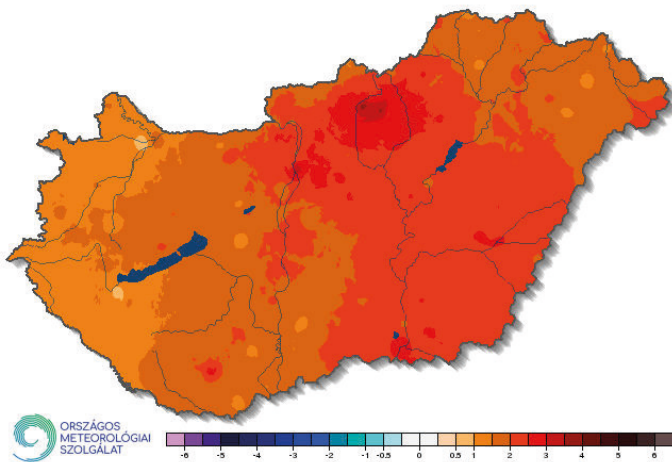
A hőmérséklet térbeli eloszlása

2022-ben a nyár átlaghőmérséklete 22,8 °C volt, mely 2,0 °C-kal magasabb, mint az 1991–2020-as sokévi átlag. Az évszak folyamán ismét a magasabban fekvő területek voltak a hűvösebbek, az Észak-Magyarországi középhegységben 20 °C alatti háromhavi átlaghőmérséklet is előfordult. Ezt követik a dunántúli országrész évszakai átlagai, ahol 20–22 °C közötti értékek voltak jellemzőek. A legmelegebb tájunk az Alföld lett, ahogy általában minden nyáron. Itt jellemzően 22–24 °C közt alakult az évszakai átlag. Ezen belül délkeleten még melegebb tájakat találunk (Alsó-Tisza-vidék, Körös-Maros köze), Szegeden a 25 °C-ot is meghaladta a középhőmérséklet. (5. ábra)



5. ábra. A 2022-es nyár középhőmérséklete (°C).

A 6. ábrán megfigyelhetjük, hogy az egész országban melegebb volt a nyár a megszokottnál. Az eltérés mértéke mindenhol legalább 1 °C volt. A Dunántúl nyugati részén 1 és 1,5 fok közötti pozitív anomáliát jegyeztünk fel. A Dunántúl keleti felén és az északkeleti országrészben (Felső-Tisza-vidék, Nyírség és a tőle észak-északnyugatra fekvő területek) 1,5–2 °C-kal volt melegebb a nyár, mint az 1991–2020-as időszakban. Hazánk középső területein a 2 °C-ot is meghaladta

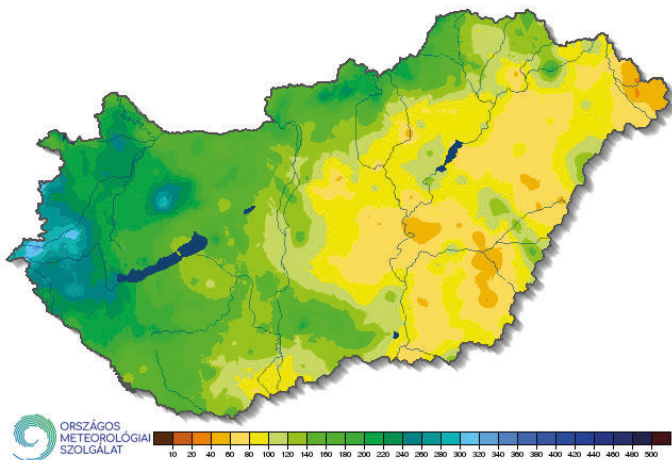


6. ábra. A 2022-es nyár középhőmérsékletének eltérése a sokévi (1991-2020) átlagtól.

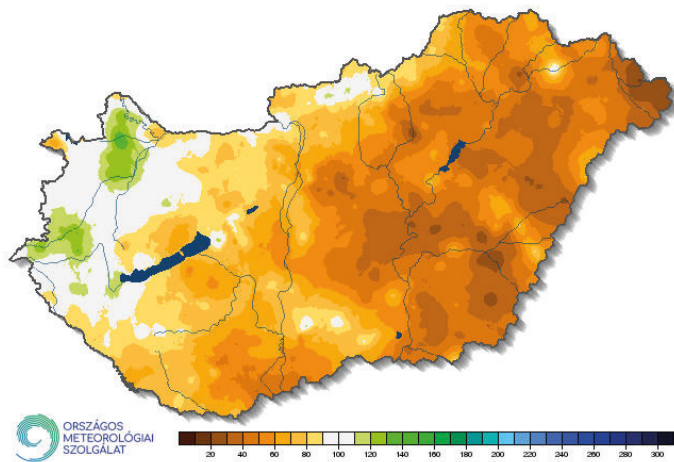
az eltérés a normálhoz képest. Ezen belül Budapest és Szeged térségében, a Mátrában, valamint a Mecsek vidékén 2,5 °C, sőt akár 3 °C feletti anomália is előfordult.

A csapadék térbeli eloszlása

A nyár során lehullott csapadékösszegek térbeli eloszlását mutatja be a 7. ábra. A Dunántúlon – Mohács térségének kivételével – mindenhol

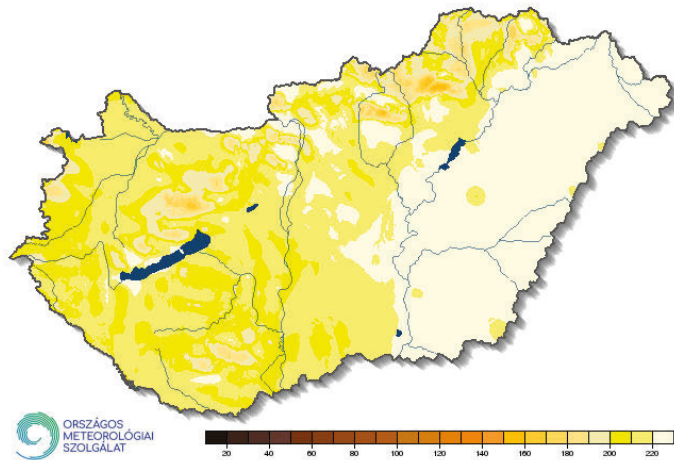


7. ábra. A 2022-es nyár csapadékösszege (mm).

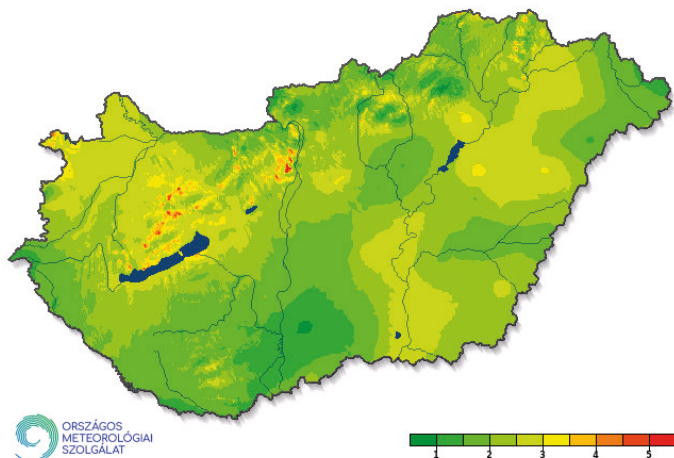


8. ábra. A 2022-es nyár csapadékösszege a sokévi (1991-2020-as) átlag százalékos arányában kifejezve.

legalább 100 mm feletti csapadékmennyiséget összegeztünk. Az ország középső részétől a nyugati határ felé haladva nő az évszakos csapadékösszeg. Zala és Vas megyékben a nyári csapadék sok helyen 250 mm felett alakult, Vas megye egyes állomásain pedig a 300 mm-t is meghaladta az összeg. Itt mértük a legmagasabb évszakos mennyiséget: Rábagyarmaton 347,8 mm-t. Ezzel szemben a Tiszántúlon sok helyen 80 mm alatt maradt a háromhavi csapadékösszeg.



9. ábra. A 2022-es nyár globálsugárzás összege (kJ/cm²).



10. ábra. A 2022-es nyár átlagos szélsebessége 10 m-es magasságban (m/s)

A legszárazabb területeken, a Felső-Tisza-vidéken a 60 mm-t sem érte el a lehullott csapadék mennyisége. A legkevesebb csapadékot Mezöberény Hosszúfok állomáson regisztráltuk, ahol mindössze 31,5 mm érkezett.

Az országos átlagos nyári csapadékösszeg 134 mm volt, amely jócskán elmarad az 1991-2020-as átlagtól (203 mm). Hazánk legnagyobb részén épp ezért a lehullott csapadék mennyisége a sokéves átlag alatt maradt (8. ábra). Az évszakos összeg csak a Kisalföld és a Nyugat-magyarországi-peremvidék túlnyomó részén érte el vagy haladta meg a normált. Az országban kelet felé haladva egyre inkább nő a csapadékhiány. A legszárazabb területeket a keleti határ mentén találjuk, a Felső-Tisza-vidéken a megszokott érték 30%-a sem hullott le idén nyáron.

A globálsugárzás térbeli eloszlása

Nyáron hazánk legnagyobb részén 200 és 220 kJ/cm² között alakult az évszakos globálsugárzás-összeg. A legalacsonyabb értékeket a középhegységeinkben figyelhetjük meg (9. ábra): a Bakonyban és a Bükk-vidéken 140 kJ/cm² körüli összeg is előfordult. A legtöbb globálsugárzás – ahogyan nyáron ez általában

történni szokott – a Tiszától keletre található területeken érkezett (Békéscsaba 224 kJ/cm², Szolnok 229 kJ/cm², Újfehértó 234 kJ/cm²).

A szélsebesség térbeli eloszlása

Az ország legnagyobb részén 3 m/s alatt maradt az átlagos szélsebesség az évszakban. A legalacsonyabb értékeket az Alföldön, legfőképp a Duna-Tisza-közén találjuk (10. ábra). Ebben a térségben akár 1 m/s alatti érték is meg-

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet			
	Hőmérséklet	Állomás	Napja
Június	39,6 °C	Berettyóújfalu	június 30.
Július	41,5 °C	Hódmezővásárhely Szikáncs Kiskunfélegyháza	július 23.
Augusztus	39,6 °C	Baja Csillagvizsgáló	augusztus 19.
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet			
	Hőmérséklet	Állomás	Napja
Június	3,8 °C	Zabar	június 22.
Július	3,8 °C	Zabar	július 18.
Augusztus	6,5 °C	Zabar	augusztus 12.

I. táblázat: A nyári hónapok során mért legmagasabb és legalacsonyabb hőmérsékletek 2022-ben.

A hónap legnagyobb csapadékösszege			
	Csapadék	Állomás	
Június	181,1 mm	Bakonybél	
Július	170,0 mm	Nagylóc	
Augusztus	136,5 mm	Esztergom	
A hónap legkisebb csapadékösszege			
	Csapadék	Állomás	
Június	2,0 mm	Gacsály Újkigyós	
Július	1,0 mm	Kecskemét repülőtér	
Augusztus	2,5 mm	Csaroda	
24 óra alatt lehullott maximális csapadék			
	Csapadék	Állomás	Napja
Június	75,0 mm	Béremend	június 9.
Július	123,2 mm	Tiszakarád	július 30.
Augusztus	66,6 mm	Körösújfalu	augusztus 21.

II. táblázat: A nyári hónapok során mért legnagyobb és legkisebb havi csapadékösszegek, valamint a 24 órás maximumok 2022-ben.

jelenhet. A legmagasabb átlagértékek a Dunántúli-középhegységben, a Tokaj-Zempléni-hegyvidéken és Sopron környékén fordultak elő. Itt 4-5 m/s-os átlagszél jellemezte a nyarat. Az ábra csak az átlagszélről ad információt. Viszont meg kell említenünk a széllekedéseket is. Ezek – főként a hidegfrontokhoz kapcsolódóan – a nyár folyamán többször is rekord erősségűek voltak. Júniusban három napon (13., 16. és 20.), valamint augusztus 19-én is megdőlt a maximális napi széllekedés

fővárosi rekordja. Az évszakot lezáró hidegfront megérkeztek Budapest János-hegy állomásunkon 26,5 m/s-ig erősödött a szél. A korábbi rekord 26,2 m/s volt, melyet Budapest Pestszentlőrinc állomásunkon, 1956-ban regisztráltunk. Emellett nyáron a zivatarok környezetében is jellemző volt az erősebb szél. Ezt jelzi a viharos napok – amikor a napi maximális széllekedés sebessége elérte vagy meghaladta a 15 m/s-ot – száma is (lásd 2022. nyár időjárási adatainak összesítője).

2022 nyár időjárási adatainak összesítője

Állomás	Sugárzás, kJ cm ⁻²	Hőmérséklet, °C						Csapadék, mm			Szél
	évszakos összeg	évszak közép	eltérés	max	napja	min	napja	évszak összes	átlag %-ában	r ≥ 1 mm napok	
Szombathely	209	21.9	1.7	36.3	2022.08.18	9.0	2022.07.11	253	110	25	11
Nagykanizsa	211	21.4	1.3	37.0	2022.07.23	7.4	2022.07.11	208	89	26	9
Pér	211	22.1		36.8	2022.08.05	7.0	2022.07.12	182	97	21	14
Siófok	218	23.9	1.8	36.1	2022.06.29	13.3	2022.07.12	123	69	15	25
Pécs		23.4	2.0	37.5	2022.07.23	10.2	2022.07.11	115	53	17	15
Budapest	219	24.0	2.2	38.2	2022.07.23	11.8	2022.06.15	143	72	16	3
Miskolc	207	23.1	2.4	38.4	2022.07.23	8.4	2022.07.12	155	64	16	1
Kékestető	214	18.0	2.3	30.3	2022.07.22	7.4	2022.07.11	123	46	16	5
Szolnok	229	24.2	2.4	39.2	2022.07.23	10.6	2022.06.01	49	26	12	7
Szeged	224	24.2	2.6	40.1	2022.07.23	9.0	2022.07.12	100	55	13	8
Nyíregyháza	227	22.9	2.2	38.1	2022.07.23	10.3	2022.06.22	55	31	11	16
Debrecen	228	23.8	2.5	38.5	2022.07.23	8.3	2022.07.12	64	35	13	12
Békéscsaba	224	23.7	2.6	39.3	2022.07.23	8.7	2022.06.15	67	36	12	11

Kislexikon

Sarkadi Noémi

Pécsi Tudományegyetem, sarkadin@gamma.ttk.pte.hu

Árbazalt: a lassan folyó lávából képződő kőzet. (In: Lázár K.: *Vulkánkitörés – Levegőminőség – Éghajlat*)

Terhelési szög: Ez értelmezhető motoros és generátoros üzemben is. Generátor esetében a gerjesztett pólus mezeje f fázisszöggel megelőzve forog az armatúra forgó mágneses mezeje előtt. A pólus

és az armatúra mágneses mezeje közötti szöget nevezzük terhelési szögnek, mivel ennek nagysága az armatúra áramában, a teljesítményben is megjelenő terhelés nagyságától függ. Másképpen a terhelési szög a forgómező és a forgórész mágneses tengelyei között fellépő, villamos fokokban kifejezett szögmérték. (In: Kovács Gergely: *Az országos villamosenergia-rendszer irányítása*)

Hírek

Érdekességek a meteorológia világából, jeles napok, megemlékezések belföldről és külföldről

PROGRAMAJÁNLÓ

A Magyar Meteorológiai Társaság programjai

Az MMT Távérzékelési Szakosztálya
2022. november 9-én 14 órai kezdettel
emlékülést tart. Kedves kollégánkra,
Tánczer Tiborra emlékezünk.

Diószeghy Márta, Fejes Edina, Szenyán Ildikó,
Putsay Mária:

Felhők a műholdképeken - Tánczer Tibor tevékenysége
 a nefanalizistól az automatikus felhőosztályozásig

Almár Iván (az IAA tiszteleti tagja):

Tánczer Tibor részvétele a magyar űrkutatásban

Major György (akadémikus):

Tánczer Tibor szakmai életútja

Az MMT Levegőkörnyezeti Szakosztálya
2022. november 10-én, 14 órakor előadó és
tisztújító ülést tart, amelynek témája:
„Jégkarmérséklés a gyakorlatban”.

Kocsis Áron, Szobonya Nikoletta:

Jégkarmérséklő rendszer működése, környezeti hatásai

Kocsis Áron, Szobonya Nikoletta:

Jégkarmérséklő rendszer adatgyűjtési és elemzési
 módszertana

A Magyar Tudományos Akadémia programja

A Magyar Tudomány Ünnepe rendezvénysorozat keretében
2022. november 17-18-án kerül megrendezésre a 48. Meteorológiai Tudományos Napok.

2022. november 17.

Téma:

„Életterünk a légkör: Megfigyelés, modellezés, előrejelzés.”

1. Szekció - PLENÁRIS ÜLÉS, levezető elnök: Bozó László az MTA rendes tagja
2. Szekció - MEGFIGYELÉS, levezető elnök: Bartholy Judit az MTA doktora
3. Szekció - MODELLEZÉS, levezető elnök: Gelencsér András az MTA levelező tagja
4. Szekció - ELŐREJELZÉS, levezető elnök: Geresdi István az MTA doktora

2022. november 18.

Tematikus nap

Élhető légkör: tudományalapú tanulás/tanítás a középiskolákban

Múzeumok Éjszakája – SZÉL-CSATORNA



2022. 06.25. ■ Az Országos Meteorológiai Szolgálat idei programja szervesen

kapcsolódott az előző években megálmodott tematikához. A látogatók eddig megismerkedhettek a csapadék és a sugárzás témakörével, idén a szél került a fókuszba. Lelkes kollégáink idén is két helyszínen várták a látogatókat, a Kiatibél Pál utcai Székházában, illetve a pestszentlőrinci Marczell György Főobszervatóriumban. Hagyományainkhoz híven, színes programokkal, előadásokkal, interaktív játékokkal vártuk az érdeklődőket, hogy bepillantást nyerjenek a meteorológia világába.

Harminc perces előadások keretében elsőként Komjáti Kornél kollégánk a Földünk lepusztítóbb szeleiről, a tornádókról mesélt, míg Fővényi Attila a szélhez kapcsolódó rekordokat, történelmi eseményeket elevenítette fel és izelítőt kaptunk az időjárási és repülőgép katasztrófákból is az ókortól napjainkig. Lázár Krisztina egy rövid, de annál érdekesebb utazásra invitálta a látogatókat Levegőminőség a Föld körül című előadásával. Salavec Péter előadása „A szelek fizikája és a kátyús légi utak – A fizikai törvényektől a rázkódó repülőgépig” címmel aratott nagy sikert. Már a címek felkelthették a közönség érdeklődését, mert teltházas volt mindegyik.

Nem maradhatott ki idén az „Egy éjszaka a stúdióban” elnevezésű programunk sem, ami minden

évben megmozgatja látogatóink fantáziáját. Vajon, hogy kerül az időjárás a „dobozba”? Ezen az éjszakán is megnyílt a stúdió ajtaja is, és bárki kipróbálhatta, milyen nehéz dolga van az időjárás-jelentést készítő meteorológusnak.

Új programmal is jelentkeztünk: a közönségtalálkozón az OMSZ Youtube videóiban szereplő meteorológusaival személyesen találkozhattak az érdeklődők. Meteorológiai Szakkönyvtárunk is bemutatta kincseit a Múzeumok Éjszakája program történetében először. Egy napra megnyitotta kapuit, hogy a látogatók bepillantást nyerhessenek a ritkán látott, ódon meteorológiai könyvekbe, periodikákba és feljegyzésekbe, könyvritkaságokba.

A pestszentlőrinci Marczell György Főobszervatóriumban június 25-én, szombaton 12:00-kor indult a barangolás. Több alkalommal útjára engedünk magaslégkört kutató rádiószondákat. Az ide látogatók egy rövidfilmből átfogó képet kaphattak az itt folyó tevékenységről. A pestszentlőrinci obszervatórium meteorológiai tanösvényén megismerkedhettek egy hagyományos műszerkert mérőeszközeivel, valamint egy automata meteorológiai állomással. Bemutattuk a kalibráló laboratórium műszereit és tevékenységét, a korszerű távérzékelési eszközöket (radar, villámdetektor, cseppspektrum-mérő, felhőalpmérő...), a napsugárzás összetevőinek mérésére szolgáló készülékeket.



Fesztiválon jártunk... - Művészetek völgye



2022. 07.22-24. ■ A Művészetek Völgye egy tíznapos, összművészeti fesztivál, ahol a koncertek és a csodálatos Balaton-felvidéki környezet mellett 10 napon át részese lehet a látogató egy igazi közösségnek. A Művészetek Völgye épített színpadok helyett három falu, Kapolcs, Taliándörögd és Vigánpetend utcáit, épületeit, intézményeit varázsolta koncerttérre, galériává és színházzá.

A fesztivál maga is egy természetvédelmi projektből született 31 évvel ezelőtt, így a kezdetektől jelen vannak a környezet megővására tett törekvések. Az Országos Meteorológiai Szolgálat sátra a Művészetek Zöldje udvarban kapott helyet, többek között a Hermann Ottó Intézet és a Balaton-felvidéki Nemzeti Park sátrai mellett. A környéket futva, gyalog

vagy kétkeréken is megismerhették a látogatók, vagy valamelyik túrán járták körbe a települések legszebb részeit. A fesztivál a környezettudatosság jegyében zajlott, hiszen mindent megtettek a szervezők annak érdekében, hogy minél kisebb ökológiai lábnyomot hagyjon ez a 10 nap. Álljon itt néhány kiragadott példa a sok közül: az ételeket lebomló táányérban és szintén lebomló evőeszközzel kínálták az árusok; a csomagolóanyagok is komposztálhatók voltak; repoharakban (használd és a végén vidd haza vagy váltsd vissza!) adták az innivalót; szelektív szemétgyűjtők, illetve komposztáló volt kihelyezve; a falvak között Csigabusszal lehetett közlekedni autó helyett.

A Művészetek Völgye programjait úgy találták ki, hogy minden korosztály jól érezhesse magát, tényleg kikapcsolódhassanak a szülők és gyerekek. A OMSZ-t képviselve igazán tartalmasan töltöttük el három napot, megszólítva az embereket, népszerűsítve a meteorológiát.

Fesztiválon jártunk... - FEZEN



2022. 07.27-30. ■ Két rendezvényt céloztunk meg a nyáron, de két teljesen eltérő világba csöppentünk. A Fehérvári Zenei Fesztivál a rockerek világa már évtizedek óta, idén jubilált – 25 éves lett. Egy kis rock történelem: 1997-ben indult a fesztivál, lelkes székesfehérvári fiatalokkal, akik úgy döntöttek, hogy koncertsorozatot szerveznek. Nagyon hamar kiderült, hogy ennek az eseménynek folytatása lesz. Akkor nem is gondolták, hogy milyen léptékű esemény lesz 25 év múlva. Idővel egyre terebélyesebb lett a fehérvári esemény,

és ma a FEZEN nemzetközi szinten is számon tartott rendezvény. Az elmúlt évtizedekben olyan fellépők koncertjeit is jegyezte, mint a Deep Purple, a Judas Priest, a Dream Theater, vagy épp a Guano Apes. De fellépett már a FEZEN-en Al Di Meola és a Faithless is.

Na de hogy jön ide a meteorológia – kérdezheti az olvasó. Az zenei programok többnyire az esti órákban kezdődnek, így napközben a fesztivál közönsége a szervezők egyéb programjait látogatják meg. Nem árt egy kis tudomány a látogatóknak sem, persze olyan programmal vértettük fel magunkat, amely mellett nem mentek el a fiatalok. Az interaktív feladatok mellett, sokszor hosszabb beszélgetésekkel vezettük be a meteorológia rejtelseibe az érdeklődőket. Sokan kérdezhetik, minek egy rock fesztiválra kitelepülni, pénzt, embert, időt „pocsékolni”. A válasz egyszerű, mert az emberek nem jönnek házhöz, nekünk kell a lehetőségeket felkutatni, hogy híreket vigyünk a 152 éves Országos Meteorológiai Szolgálatnak.



Fotó: Magyar Vitorlás Szövetség

Kékszalag vitorlásverseny meteorológiai támogatása

2022. 07.14. ■ A balatoni vízi élet legnagyobb eseménye az évente megrendezésre kerülő Kékszalag vitorlásverseny. A több száz hajót felvonultató rendezvényen sok ezer ember van kitéve az időjárás szeszélyének. A Magyar Vitorlás Szövetség partnereként az Országos Meteorológiai Szolgálat – a korábbi évekhez hasonlóan – dedikált, rendszeresen frissített időjárás-előrejelzést készített az 54. Kékszalag Raiffeisen Nagydíjra a résztvevők biztonsága érdekében.

Szervezeti átalakítás az OMSZ-ban

2022. 08.22. ■ A szervezet irányítási jogát gyakorló Palkovics László technológiai és ipari miniszter augusztus 22-ével felmentette dr. Radics Kornéliát az OMSZ elnökét és Horváth Gyulát az OMSZ szakmai elnökhelyettesét. Az új vezetők személyéről a későbbiekben születik döntés.

Konkolyné Bihari Zita: Szalai Sándortól búcsúzunk



2022. június 7-én elhunyt dr. Szalai Sándor. 1957. október 28-án született Sopronban. Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen meteorológus és programozó matematikus oklevelet szerzett 1982-ben, 1991-ben programtervező matematikus lett. 1988-ban a leningrádi

Hidrometeorológiai Egyetemen megvédte fizikai-matematikai tudományok kandidátusa címét, disszertációjának témája az éghajlatmodellezés volt.

Közel 30 évig dolgozott az Országos Meteorológiai Szolgálat különböző éghajlati és agrometeorológiai osztályain. Felismerve a világviszonylatban is fontos éghajlatkutatási problémákat, vezetőként ezeket tűzte ki feladatuk kollégáinak is, így kezdődött el a homogenizálás, interpolálás vizsgálata. Nevéhez fűződik a 2003-ban megjelent éghajlati atlasz elkészítésének gondolata, majd 2011-ben a szomszédos országokkal együttműködve a CarpatClim adatbázis létrehozása.

Az agrometeorológia területén kezdeményezte egy ún. Agrometeorológiai Információs Számítógépes program megírását, mely az éghajlati táviratokat inputként használva, majd azok ellenőrzése és az adathiányok pótlása után talajnedvességet számolt és az eredményeket egy adatbázisba mentette, még jóval a mai adatbázis kezelő INDA program elkészítése előtt. Az éghajlatunkat jellemző aszályok témájával is

sokat foglalkozott, különböző aszályindexek vizsgálatán keresztül. Angol és magyar nyelven futó ingyenes, interaktív öntözési döntéstámogató rendszert hozott létre az OMSZ honlapján, a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium támogatásával, ami 2010 elejéig működött, 2020-tól pedig átalakítva újból elérhető.

Különösen szervezőkészségével tűnt ki, az OMSZ-ban megteremtette az éghajlati adatbázis létrehozásának lehetőségét, számos tudományos nemzetközi együttműködést, pályázati lehetőséget tárt fel. Ezen belül leginkább a regionális kapcsolatok megteremtését tartotta fontosnak, a szomszédos országoknak nyári iskolát szervezett a rácspontri adatbázisokról, éghajlati atlasz készítéséről. Bilaterális együttműködést szervezett Ausztriával, Szlovákiával, Szlovéniával és Horvátországgal, melyekből végül a CarpatClim fejlődött ki. Konzorciumi tagságot, munkacsomag vezetést vívott ki az interpolációval foglalkozó COST 719 akcióban, valamint a DMCSEE és DriDanube projektekben. 1996-ban útjára indította a homogenizálási szemináriumok sorozatát, mely 2004-ben kibővült az interpolációs konferenciákkal.

Nagy érdeklődést tanúsított a Kárpátok térség iránt, hozzájárulva több nemzetközi projekt létrejöttéhez és sikeréhez (CARPIVIA, CarpatClim, CarpatCC). Meghatározó szerepe volt a Kárpátok Védelmével és Fenntartható Fejlesztésével foglalkozó Keretegyezmény Klimaváltozási Munkacsoportjának létrehozásában, és annak elnökeként olyan progresszív dokumentumok kidolgozásában, mint a Kárpátok éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásának stratégiai menetrendje, valamint a Kárpátok éghajlatváltozása elleni küzdelmének 2030-ig tartó hosszútávú jövőképe. Kiemelt figyelmet szentelt az ágazatok közötti együttműködésnek, melyhez jó alapul szolgált széles körű szakmai tájékozottsága. Jelentősen hozzájárult a Kárpátok és a Duna/Tisza térségek közötti együttműködés fejlesztéséhez is, a Kárpátok képviselőjeként a Duna Védelmi Nemzetközi Bizottság (ICPDR) és az EU Duna-régió Stratégia (EUDRS) releváns fórumain.

Sok népszerűsítő és tudományos kiadvány létrehozásában közreműködött. Éghajlati és agrometeorológiai tanulmányok címmel egy kiadvány sorozatot szerkesztett az aktuális kérdésekről. A sorozat 9 kötete 1993-2008

között jelent meg. Éveken keresztül magyarra fordította, megjelentette, és döntéshozók számára sokszor személyesen terjesztette a Meteorológiai Világszervezet aktuális állásfoglalását a Föld éghajlatáról, majd hasonlót készített a magyarországi helyzetről. Elérte, hogy a homogenizálási szemináriumok előadásai WMO kiadványként jelenjenek meg, így a világ minden részére eljutottak.

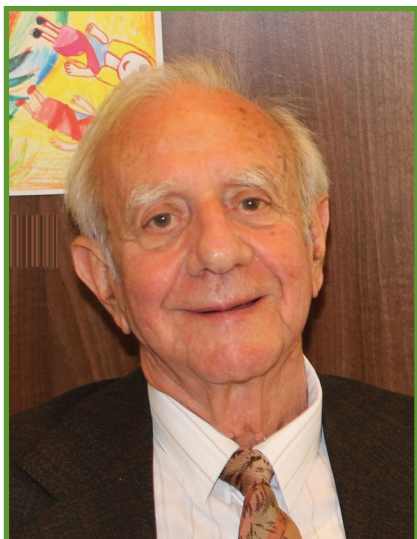
Az oktatás, szakoktatás mindvégig kísérte a pályáját. Habilitációját 2007-ben szerezte meg a Szent István Egyetemen, majd 2010-től a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Környezettudományi Intézetének egyetemi docense, kezdetben a Vízgazdálkodási Csoport, majd az újra önálló Agrometeorológiai és Vízgazdálkodási Tanszék vezetője volt. Alapítója és első szakvezetője volt a Mezőgazdasági vízgazdálkodási mérnöki MSc képzésének. Több mint egy évtizedes egyetemi munkája hozzájárult az agrometeorológia, klimatológia és a vízgazdálkodás oktatásának magas színvonalához, valamint a jelenlegi Vízgazdálkodási és Klímaadaptációs Tanszék önállóságának fenntartásához, annak erősödéséhez.

Sok hazai és nemzetközi tudományos bizottság tagjának választották (többek között: MTA Meteorológiai Tudományos Bizottság, Agro- és Hidrometeorológia Albizottság elnöke, Magyar Meteorológiai Társaság szakbizottsági elnök, Kárpát Egyezmény Éghajlatváltozási Bizottság elnök, Nemzetközi Öntözési és Vízrendezési Szövetség (ICID) Magyar Nemzeti Bizottságának elnöke). Munkája elismeréseként különböző díjakban részesült (többek között Szakirodalmi Nívódíj, Berényi Dénes Emlékdíj, Magyar Köztársasági Arany Érdemkereszt, Hegyfok Kabos Emlékérem, Oroszlány István Díj).



Ljubljana, DriDanube projekt ülés, 2017. március

T. Puskás Márta: Dr. Tánczer Tiborra emlékezünk



2022. szeptember 1-én elhunyt dr. Tánczer Tibor. Tánczer Tibor 1934. április 24-én született Budapesten. 1952-ben érettségizett Újpesten, a Könyves Kálmán Gimnáziumban, 1956-ban az ELTE Természettudományi Kar meteorológus szakán szerezte meg diplomáját.

Első munkahelye az Országos Meteorológiai Intézet Előrejelző osztályán volt, ahol aero-szinoptikusként kezdett dolgozni. A magasléggöri megfigyelések elemzése volt a feladata. 1964-től – amikor már hazánkban is elérhetővé váltak a meteorológiai műholdképek – elkötelezett híve lett a témának. Már ebben az évben megjelent cikke az Időjárás folyóiratban „A ciklogenezis a Genovai-öböl fölött TIROS IV képei tükrében” címmel. 1966-ban ENSZ ösztöndíjjal fél évet Moszkvában, majd fél évet az Egyesült Államokban töltött, ahol a folyamatosan fejlődő új tudományág eredményeit tanulmányozta.

1980-tól a Központi Léggörfizikai Intézet Műholdmeteorológiai Kutató Osztályának vezetője lett. Irányítása alatt megkezdődött a műholdfelvételek digitális kiértékelése és bemutatása a közszolgálati televízióban. Fő kutatási területe a felhőzeti mezőből származtatható meteorológiai információk meghatározására irányult. Eredményeiről számos helyen jelent meg publikáció, többek között az Időjárás és a Léggör folyóiratokban.

1986-tól az OMSZ Központi Előrejelző Intézetében tudományos tanácsadó lett, majd 1991-től 1995-ös nyugdíjba vonulásáig az OMSZ elnöke mellett tudományos titkári teendőket látott el.

Egyetemi doktori fokozatot 1965-ben „A légköri divergencia vizsgálata” című dolgozatával, a földtudományok kandidátusa fokozatot 1972-ben „Objektív módszerek a műholdképek gyakorlati felhasználásához” című dolgozatával szerezte meg.

1973-tól 2004-ig az ELTE meteorológus hallgatók számára – felkért külső előadóként – a műholdmeteorológia szaktárgy oktatója volt. Emellett részt vett a Budapesti Műszaki Egyetemen a távérzékelési szakemberek képzésében, és az Országos Vízügyi Hivatal által hidrológusoknak szervezett nemzetközi posztgraduális továbbképzésben is.

Az OMSZ tudományos folyóiratának, az „Időjárás”-nak negyven évig segítette a munkáját szerkesztőbizottsági tagként.

Részt vett az Űrhajózási lexikon, az Űrtan, a Távérzékelési Értelmező Szótár, valamint a „Fejezetek a magyar meteorológia történetéből 1971-1995” kiadvány elkészítésében is. A műholdmeteorológia terén elért külföldi és hazai eredményeket „Műholdmeteorológia” címmel 1988-ban megjelent könyvében foglalta össze. Ez utóbbi munkájáért 1989-ben a Magyar Meteorológiai Társaság Szakirodalmi Nívódíj kitüntetésben részesült.

1982 és 2010 között tagja volt a Magyar Meteorológiai Társaság választmányának. 1988-ban Steiner Lajos emlékéremmel jutalmazták a Társaságban kifejtett szakmai tevékenységét.

Munkásságát három ízben miniszteri elismeréssel díjazták: 1986-ban Kiváló dolgozó kitüntetést kapott, 1995-ben Pro Meteorológia emlékéremben részesült és 2005-ben Schenzl Guido-díjjal tüntették ki.

Eredményes szakmai pályája során mindenki szerette csendes, szerény egyéniségéért, kitartó és lelkiismeretes munkájáért, lelkesítő és támogató szakmai vezetéséért.

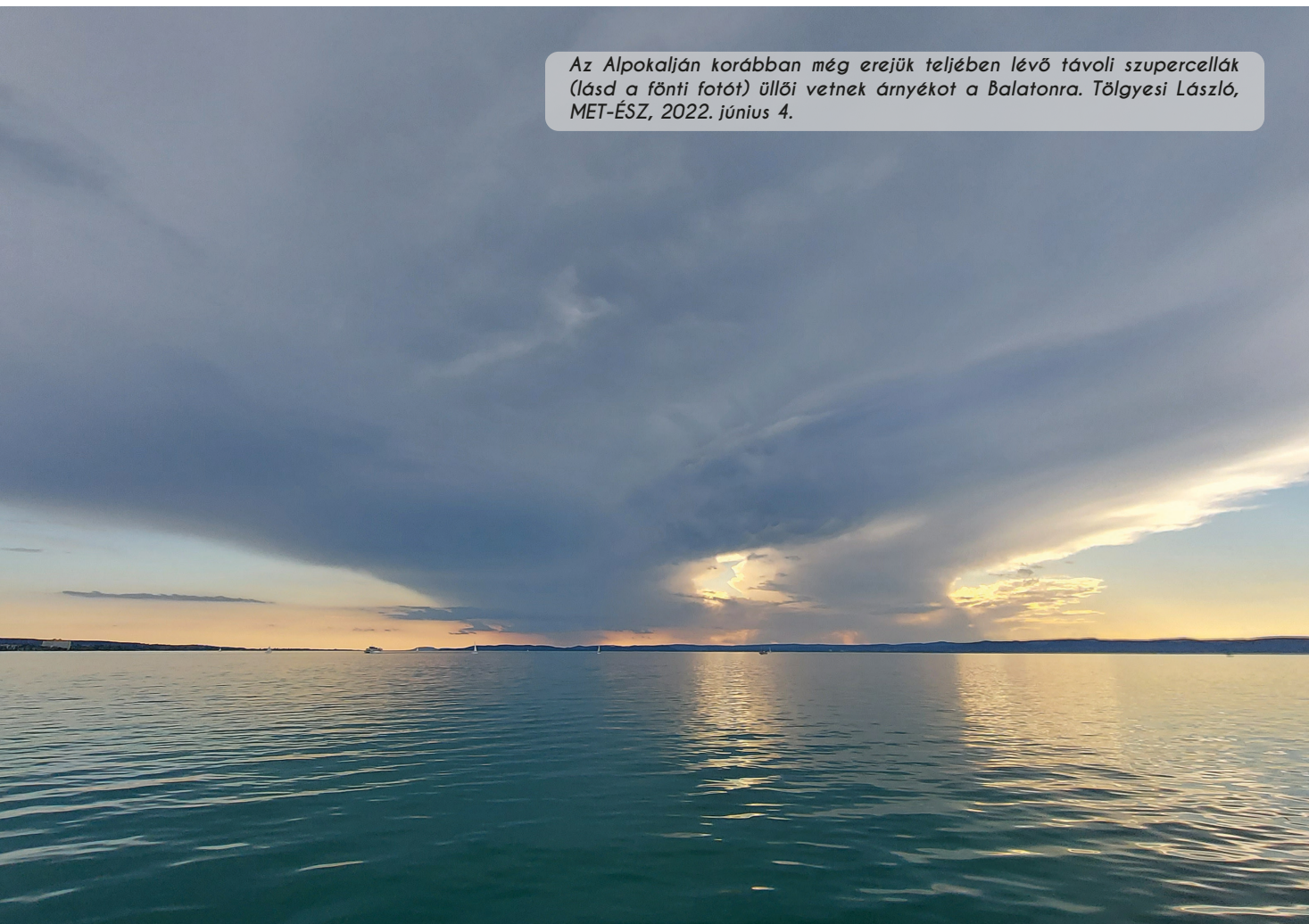
Tudományos eredményeit tartalmazó gazdag életműve biztos háttérrel jelent a műholdmeteorológiai szakterület számára. A meteorológus társadalom halálával, tisztelettel és szeretettel őrzi emlékét.

A Magyar Meteorológiai Társaság Távérzékelési Szakosztálya 2022. november 9-i előadói ülésén dr. Tánczer Tibor kollégánkra emlékeztünk.

Szupercella tányéros szerkezetű feláramlási alappal és elkülönülő, leszakadó falfelhővel. A zivatarcella a fotón látható stádiumban volt a legerősebb, majd a száraz környezetben gyorsan leépült. Czimbuli Zsolt, Papp Péter, Viharvadászok Egyesülete, Szombathely, 2022. június 4.



Az Alpoknálán korábban még erejük teljében lévő távoli szupercellák (lásd a fenti fotót) üllői vetnek árnyékot a Balatonra. Tölgyesi László, MET-ÉSZ, 2022. június 4.



METEOSZKÓP

Az Országos Meteorológiai Szolgálat beszélgetős, interaktív műsora.
Minden hónap utolsó csütörtökén 13:30-tól az OMSZ Facebook oldalán

 @orszagosmeteorologiaiszolgalat

Kövess minket Facebookon és nézd a Meteoszkópot élőben!



Magyar Meteorológiai Társaság

A Társaság várja tagjai közé mindazokat, akik érdeklődnek a meteorológia iránt, részt kívánnak venni a Társaság rendezvényein, szívesen bekapcsolódnának tevékenységébe.

www.mettars.hu

METEOROLÓGIAI INFORMÁCIÓK ÉS ÉRDEKESSÉGEK

ELŐREJELZÉS

AKTUÁLIS, MÉRT ADATOK

ÉGHAJLAT

VESZÉLYJELZÉS, RIASZTÁS

LÉGSZENNYEZETTSÉG



ORSZÁGOS
METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT

www.met.hu

Minden információ egy helyen az időjárásról és a meteorológiáról

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT