

LÉGKÖR

70. ÉVFOLYAM 3. SZÁM

**A LÉGKÖR SZEREPE AZ ÉGHAJLATI
RENDSZERBEN**

**SZOKATLAN IDŐJÁRÁS
ADATVIZUALIZÁCIÓ**

**A KÁRPÁTOK ÉGHAJLATI MÚLTJA
ÉS JÖVŐJE**

**DR. ANTAL EMÁNUELRE EMLÉKEZÜNK
ELHUNYT DR. CZELNAI RUDOLF**

2025. JÚLIUS





*Szaharai por által felerősített Tyndall-sugarak
Horváth Sándor, Léggöptika csoport, Nemesgulács*



*Monumentális peremfelhővel érkező zivatarlánc
Haz Bence, ViharVonal, Sátorhely, 2025. július 7.*

LÉGKÖR

70. évfolyam 3. szám
2025. július

A HUNGAROMET MAGYAR METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLTATÓ NONPROFIT ZRT. ÉS
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

Kiadja a
HUNGAROMET MAGYAR METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLTATÓ NONPROFIT ZRT.
1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1.

A kiadásért felel:
a HUNGAROMET NZRT. vezérigazgatója

Készült:
PREMIER Nyomda

Felelős vezető:
Hlinka Károly

ISSN 0133-3666

Készült 500 példányban

Éves előfizetési díja: 3600 Ft
A Magyar Meteorológiai Társaság
tagjai számára ingyenes.
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,
Biróné Dr. Kircsi Andrea, Dr. Bonta Imre,
Dr. Dobi Ildikó, Dr. Gál Tamás, Kolláth Kornél,
Dr. Lakatos Mónika, Dr. Leélössy Ádám,
Péliné Dr. Németh Csilla, Dr. Sarkadi Noémi,
Dr. Somfalvi-Tóth Katalin, Dr. Szépszó Gabriella,
Dr. Szintai Balázs, T. Puskás Márta

Olvasószerkesztő: Fritz Petra

Tervezőszerkesztő, grafikus: Szabó Dorottya

TARTALOM

HASZPRA LÁSZLÓ: A légkör szerepe az éghajlati rendszerben <i>The role of the atmosphere in the climate system</i>	134
MIKES MÁRK ZOLTÁN, DEZSŐ ZSUZSANNA, HOLLÓS ROLAND, PONGRÁCZ RITA: Szokatlan Időjárás Adatvizualizáció – egy tudománykommunikációs eszköz felépítése és módszertana <i>Unusual Weather Visualisation – the design and methodology of a science communication tool</i>	143
FRITZ PETRA, KIS ANNA: A Kárpátok éghajlati múltja és jövője: változások 1951 és 2100 között <i>The past and the future of the Carpathians' climate: changes between 1951 and 2100</i>	151
Dr. Antal Emánuel	158
TÓTH RÓBERT: Mi lett velünk?	162
SZOLNOKI-TÓTIVÁN BERNADETT, MARTON ANNAMÁRIA: 2025 tavaszának időjárása	170
ERDŐDINÉ MOLNÁR ZSÓFIA, KOVÁCS ATTILA VIKTOR: A 2025-ös tavasz időjárása agrometeorológiai szempontból	176
HÍREK	178
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	185

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 cikkekkal kapcsolatos formai elvárásokat a www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/legkor/ oldalon részletezzük.



A légkör szerepe az éghajlati rendszerben

Haszpra László

HUN-REN Atommagkutató Intézet, HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, haszpra.l@gmail.com

DOI: 10.56474/legkor.2025.3.1

A Föld jelenkori gyors éghajlatváltozásában meghatározó szerepet játszik a légkör, ezen belül az üvegházhatású gázok mennyiségének változása. A tanulmány részletesen bemutatja a légköri üvegházhatás működését és az éghajlati rendszer legfontosabb kapcsolódó visszacsatolási folyamatait. Ismeretterjesztő szándékkal kitér néhány gyakran felbukkanó tévhitre, bemutatva a valóságban zajló folyamatokat.

The role of the atmosphere in the climate system

Changes in the atmosphere, including the amount of greenhouse gases, play a crucial role in the Earth's current rapid climate change. This paper describes in detail the functioning of the atmospheric greenhouse effect and the main associated feedback processes in the climate system. With the intention of informing the reader, it addresses some of the common misconceptions, by illustrating the processes that actually take place.

A Föld éghajlatát a Nap energiakibocsátása, a Nap-Föld távolság, a légkör átbocsátó képessége, a felszíni energiaelnyelés, a légköri és óceáni áramlások energiaszállító képessége, valamint a bolygó belső hője együttesen határozza meg. A Föld forgástengelye nem merőleges az ekliptika síkjára, a különböző energiaelnyelő tulajdonságú (albedójú) területek pedig nem egyenletesen helyezkednek el a bolygó felületén. Ezért nem mindegy, hogy a Nap körüli elliptikus pálya adott szakaszán a bolygónak éppen mely felületrészét éri leginkább a napsugárzás. A keringési pálya excentricitása, a bolygó forgástengelyének dőlésszöge és iránya folyamatosan változik az égi mechanika törvényszerűségeinek megfelelően, ami az éghajlat ciklikus változását vonja maga után (lásd Milanković ciklusok - *Kostadinov and Gilb*, 2014). Az óceánok vízfelülete általánosságban nagyobb

részt nyel el a beérkező energiából, kevesebbet ver vissza (kisebb az albedója), mint a kontinentális területek. A tektonikus folyamatok következtében változik a kontinensek elhelyezkedése és a bolygó domborzata, ami egyrészt kihat a globális energiamérlegre, továbbá a légköri és az óceáni energiaszállításra, végső soron magára az éghajlatra. Az éghajlat alakulásában szerepet játszik a jég- és hóborítottság alakulása, a sivatagos és növényzettel borított területek elhelyezkedése és a felhőzet is. Természetes körülmények között ezek azonban magától az éghajlattól függenek, önmagukban nem tudnak éghajlatváltozást elindítani. Passzív éghajlatalakító tényezők, melyek visszacsatolásként lépnek be az éghajlat alakításába. Kiterjedt földhasználat-változtatással (erdőirtások/-telepítések) az ember ezeken a tényezőkön keresztül is elindíthat éghajlatváltozást.

A Föld pályaelemei csak sokezer éves időskálán változnak érdemben, míg a kontinensek jelentősebb elmozdulása, a domborzat módosulása évmilliókat vesz igénybe. A Naptól érkező energiafluxus (energiaáram) mellett egyébként is elhanyagolható, mindössze annak $\sim 0,025\%$ -át kitevő földi hőfluxus (Davies and Davies, 2010; Prša et al., 2016) ugyancsak nem változik egyik napról a másikra. A napjainkban tapasztalható, geológiai időskálán nézve rendkívül gyors éghajlatváltozás okát tehát elsősorban a naptevékenységben és/vagy a légköri energiaátvitelben kell keresnünk.

A Nap

A Nap energiakibocsátásában, az egyenletes átlagos kibocsátásra rakódva többé-kevésbé ciklikus ingadozások figyelhetők meg. Ezek közül legismertebb a körülbelül 11-éves periódusidejű napfoltciklusokhoz kötődő energiafluxus-ingadozás. Ennek során mintegy $0,1\%$ -ot változik (Chatzistergos et al., 2023) a közepes Nap-Föld távolság mellett a légkör külső határán névlegesen 1361 W m^{-2} -es (Prša et al., 2016) besugárzás (Total Solar Irradiance [TSI]). Bár ennek az ingadozásnak van kimutatható légköri hatása (Zhou and Tung, 2013; Kuchar et al., 2015; Amdur et al., 2021), az óceánok hatalmas hőtehetetlensége miatt ez a rövid ciklusidejű folyamat nem gyakorol érdemi hatást a globális éghajlatra.

Hosszabb távon a naptevékenység ~ 11 -éves ciklusának amplitúdója nem teljesen állandó. Közismert a középkori kis jégkorszakkal kapcsolatba hozható Maunder-minimum (1645—1715) vagy a kevésbé hangsúlyos Dalton-minimum (1790—1820), míg a 20. század második felét az átlagosnál erőteljesebb naptevékenység jellemezte (Usoskin, 2023). Az ezredforduló tájától kisebb csökkenés következett be (Chatzistergos et al., 2023), de az eddigi adatok alapján (Solar Influences Data Analysis Center, 2025) egyelőre nem dönthető el, hogy a Nap elindult-e egy újabb nyugodtabb, alacsonyabb energiakibocsátású időszak felé vagy sem. A különböző rekonstrukciók szerint a Maunder-minimumtól a 2010-es évek végéig legfeljebb $2,2 \pm 0,7 \text{ W m}^{-2}$ -rel, azaz mintegy $0,15\%$ -kal erősödhetett a légkör külső határát elérő energiafluxus (Chatzistergos et al., 2023), ami alig haladja meg a 11-éves napciklusokon belüli ingadozás mértékét. Mivel azonban ez trendszerű változás volt, már valamelyest nyomott hagyott a bolygó éghajlatán, kiemelte a bolygót a Maunder minimumot jellemző ún. kis jégkorszakból.

Összességében a Nap által kibocsátott energiafluxus időbeli változása, ingadozása olyan csekély, hogy rövid időtávon nincs jelentős szerepe a Föld éghajlatának alakításában (Amdur et al., 2021; Drótos et al., 2024). Alátámasztja ezt az is, hogy az utóbbi néhány évtized enyhén csökkenő energiafluxusa mellett a globális átlaghőmérséklet gyorsuló ütemben emelkedett (Lindsey, 2021). A jelenlegi gyors éghajlatváltozás okát tehát elsősorban a légkörben kell keresnünk.

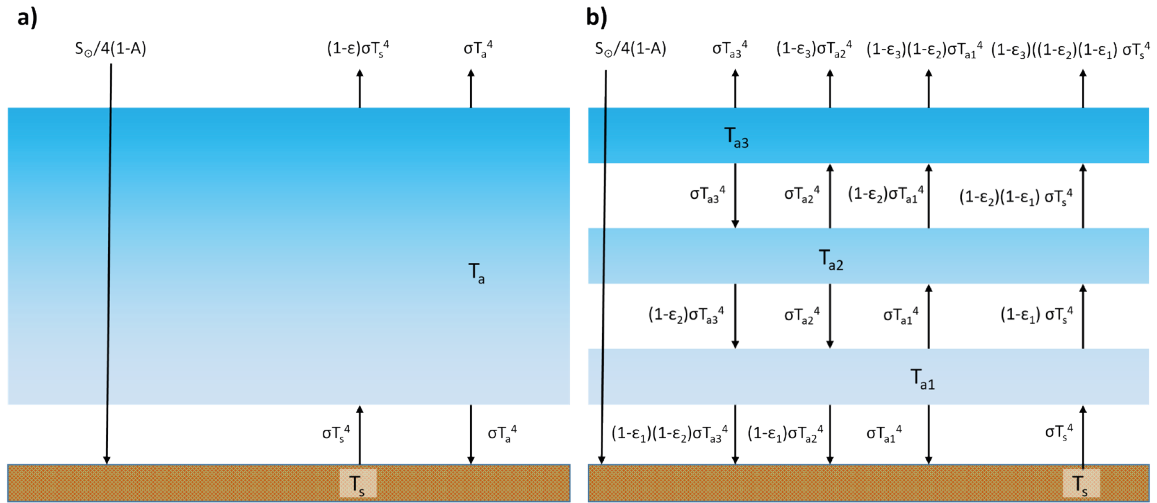
Az üvegházhatás

A Naptól a Föld sugárzásra merőleges felületére ($R^2\pi$, ahol R a Föld sugara) érkező 1361 W m^{-2} -es energiafluxus a Föld teljes felületét ($4 R^2\pi$) tekintve átlagosan $1361/4 \approx 340 \text{ W m}^{-2}$ bevételt jelent négyzetméterenként a légkör külső határán. A jelenlegi légköri és felszíni viszonyok mellett a bolygó albedója, a világűr felé visszavert sugárzás aránya körülbelül $29,5\%$, azaz a beérkező sugárzásból 100 W m^{-2} nem hasznosul az éghajlati rendszerben (Wild et al., 2015). Egyensúlyi esetben az elnyelt 240 W m^{-2} energiafluxussal egyenlő kisugárzásnak kell fellépnie a légkör külső határán. A Stefan-Boltzmann törvény szerint egy test, közeg hőmérsékleti sugárzása arányos a hőmérséklet negyedik hatványával:

$$S_{\odot}/4 (1-A) = \sigma T^4, \quad (1)$$

ahol $S_{\odot}$ a Naptól érkező energiaáram (1361 W m^{-2}), A a Föld, a felszín és a légkör együttes albedója (jelenleg $0,295$), σ a Stefan-Boltzmann állandó ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$), T pedig a hőmérséklet. Az egyenlet bal oldala a beérkező, éghajlati szempontból hasznosuló, míg a jobb oldala a kisugárzott energiaáramot adja. Behelyettesítve az ismert adatokat a hőmérsékletre 255 K -t, azaz 18°C -ot kapunk. Ez a Föld effektív hőmérséklete (T_e), mely csak a Naptól a légkör külső határára érkező energiafluxustól és az albedótól függ. A Föld felszíni átlaghőmérséklete azonban ennél lényegesen magasabb, jelenleg kb. $+15^\circ \text{C}$.

A bolygót elhagyó sugárzás a felszín és a légkör hőmérsékleti kisugárzásából tevődik össze. A légkörben azonban számos olyan nyomgáz található (vízgőz, szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid, ózon, halogéntartalmú vegyületek stb.), melyek a felszín hőmérsékleti kisugárzásának hullámhossz-tartományában elnyelnek, az általuk elnyelt energia pedig a légkört fűti. Míg a felszín csak felfelé tud hőmérsékleti sugárzást kibocsátani, a légkör minden irányban. Eredőben az energiafluxus fele a felszín felé irányul, kiegészítő energiát nyújtva a Naptól érkező energia mellé.



1. ábra. Egyszerű 1-rétegű (a), illetve többrétegű (b) légköri sugárzási modell. T_s és T_a (T_{a1} , T_{a2} , T_{a3}) a felszín, illetve a légkör hőmérséklete, S_0 a légkör külső határára érkező energiaáram, A az albedó, ε (ε_1 , ε_2 , ε_3) a légköri elnyelés aránya, σ a Stefan-Boltzmann állandó.

Az 1. ábra bal oldala egy egyszerű egyrétegű légkör-moddellel szemlélteti a jelenséget. Feltételezve egy a beérkező sugárzás számára teljesen átlátszó légkört, a beérkező és a kilépő, egymással egyenlő energiafluxus a légkör felső határán (2), illetve a felszínen (3) az 1. ábrán használt jelölésekkel:

$$\sigma T_a^4 + (1-\varepsilon) \sigma T_s^4 = S_0/4 (1-A) \quad (2)$$

$$\sigma T_s^4 = S_0/4 (1-A) + \sigma T_a^4 \quad (3)$$

A (2) egyenletből a felszínt elérő besugárzást behelyettesítve a (3) egyenletbe, majd az így kapott egyenletet átrendezve és $\varepsilon > 0$ feltételezésével kifejezve a felszíni hőmérsékletet:

$$\sigma T_s^4 = \sigma T_a^4 + (1-\varepsilon) \sigma T_s^4 + \sigma T_a^4 \quad (4)$$

$$T_s = T_a (2/\varepsilon)^{1/4} \quad (5)$$

Az (1) egyenletet figyelembe véve a légkör külső határára vonatkozó (2) egyenlet átírható az alábbi formába:

$$S_0/4 (1-A) = \sigma T_e^4 = \sigma T_a^4 + (1-\varepsilon) \sigma T_s^4 \quad (6)$$

Az (5) egyenletből T_a -t, illetve T_s -t kifejezve és felhasználva:

$$T_a = (\varepsilon / (2 - \varepsilon))^{1/4} T_e \quad (7)$$

$$T_s = (2 / (2 - \varepsilon))^{1/4} T_e \quad (8)$$

Mivel $0 < \varepsilon \leq 1$, $T_a \leq T_e < T_s$. Kiindulva az (1) egyenletben a Földre kapott 255 K fokos effektív hőmérsékletből, ezzel az egyszerű egyensúlyi modellel azt kapjuk, hogy a jelenlegi albedó mellett teljesen átlátszó légkör esetén a felszíni hőmérséklet -18°C , míg teljesen elnyelő esetében $+30^\circ\text{C}$ lenne, szemben a tényleges $+15^\circ\text{C}$ körüli hőmérséklettel. Amennyiben tehát a légkörben a felszín és a légkör hőmérsékleti kisugárzását elnyelni képes anyagok vannak, akkor a felszín a bolygóra jellemző, csak a napsugárzástól és az albedótól függő effektív hőmérsékletnél melegebb lesz a légköri visszasugárzás miatt. Azokat a nyomanyagokat, melyek a légkörben ezt a jelenséget előidézik, üvegházhatású gázoknak hívjuk.

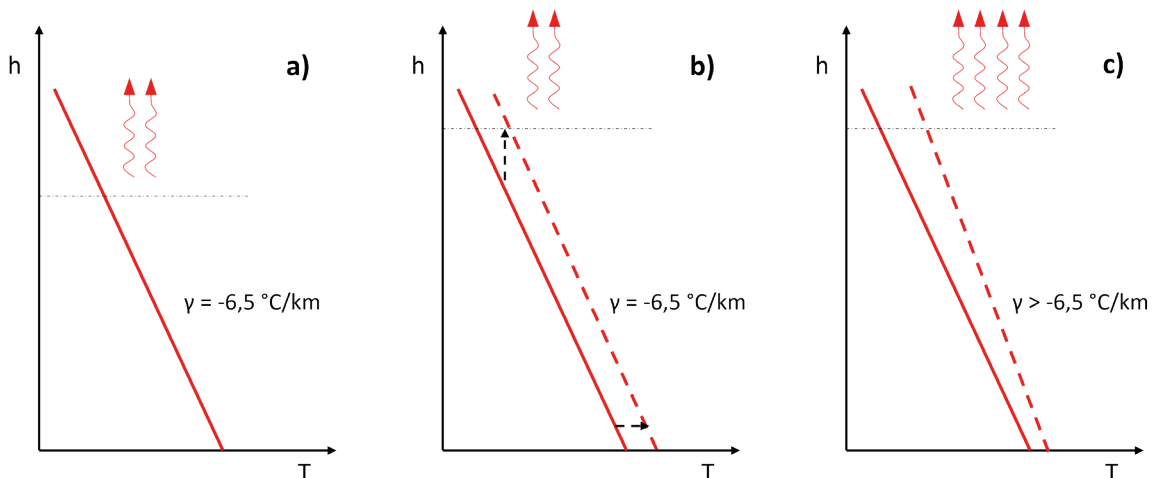
Többrétegű sugárzási-egyensúlyi modellt is létrehozhatunk (1.b ábra), melyben minden légrétegre külön-külön írjuk fel a fentiekhez hasonló energia-egyensúlyi egyenletet. A T -ben lineáris egyenletrendszer viszonylag könnyen megoldható, és az egyes légrétegek hőmérsékletére kapott adatokból ($T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$) függőleges hőmérsékleti profil is előállítható. A nem-kondenzálódó üvegházhatású gázok (a vízgőz kivételével az összes többi üvegházhatású gáz) hosszú légköri tartózkodási idejük miatt jól elkeverednek a légkörben, térfogat-arányuk a troposzférában és a sztratoszféra alsó részében a magassággal alig változik. A levegő sűrűsége viszont a magassággal exponenciálisan csökken. Ennek következtében az egységnyi térfogatban lévő molekulák száma, azaz az abszolút koncentráció, azonos térfogat-arány mellett is alacsonyabb, mint az alsóbb légrétegekben, ezért a magasabban fekvő légrétegek elnyelése kisebb.

A felszínről és a felszínközeli légrétegekből származó hőmérsékleti sugárzás fotonjai az üvegházhatású gázok magas abszolút koncentrációja miatt csak nagyon kis arányban jutnak el a felsőbb rétegekbe, illetve a világűrbe. A bolygó energetikai egyensúlyához szükséges energiakisugárzás zöme a magasabb légrétegekből származik. Ha üvegházhatású gázokat adunk a légkörhöz, akkor a növekvő elnyelés miatt a fotonok csak magasabb légrétegekből tudnak nagyobb arányban távozni. Mivel ezek a rétegek egyben hidegebbek is, ezért az innen távozó energia az $E = \sigma T^4$ összefüggés miatt alacsonyabb, mint a korábbi, alacsonyabb üvegházgáz tartalom mellett volt. A változatlan energiabevétel mellett csökkenő energiakibocsátásból fakadó energetikai differencia – jelenleg $\sim 0,8 \text{ W m}^{-2}$ (von Schuckmann et al., 2023) – mindaddig melegíti a bolygót, a légkört, amíg a magasabb légrétegek hőmérséklete is el nem éri azt a szintet, amelyenél a kibocsátott energia már megegyezik a beérkezővel.

Hasonló a helyzet ahhoz, mint amikor egy épületre egy újabb réteg hőszigetelést helyezünk fel. A szemléletesség kedvéért tekintsük a felszínközeli légréteget az épület belső terének, melyet állandó teljesítménnyel fűtünk. A belső fűtés a Naptól érkező állandó energiaáramot szimbolizálja. Egyensúlyi hőmérséklet mellett a falakon annyi energia távozik, amennyit bent a fűtésre használunk. Ha újabb réteg hőszigetelést

helyezünk a falra, akkor a fal külső hőmérséklete alacsonyabb lesz, mint korábban volt, és így kevesebb hőt tud leadni. Odabent viszont az el nem távozott hő emeli a hőmérsékletet mindaddig, amíg a megemelkedett belső hőmérséklet következtében a többlétszigetelés ellenére is ugyanannyi hő tud távozni, mint amennyi bent keletkezik. Az itt csupán minőségileg leírt jelenség egyben azt a megfigyelést is megmagyarázza, hogy a növekvő üvegházgáz koncentrációk okozta erősödő üvegházhatás (a pótlólagos „szigetelés a falon”) mellett a légkör magasabb rétegeinek a hőmérséklete miért csökken (Goessling and Bathiany, 2016).

Az üvegházhatás erősödése miatt az adott hőmérsékletű légréteget magasabban találjuk meg, mint korábban. Ha az alsóbb légrétegek nem melegednének arányosan, akkor csökkenne a légkör függőleges hőmérsékleti gradiense. A légkör az energiát alapvetően a rövidhullámú sugárzást elnyelő, felmelegedő felszíntől kapja részint sugárzással, részint a felmelegedés hatására meginduló függőleges anyagárammal (konvekció, szenzibilis hőáram). A felmelegedő, és az adott nyomás mellett ezért a környezeténél alacsonyabb sűrűségűvé váló légtömegre felhajtóerő hat. Emelkedése addig tart, míg adiabatikus hűlése mellett környezetével azonos sűrűségűvé nem válik. A felszíni párolgás (latens hőáram), majd az emelkedő, hűlő levegőből kikondenzálódó vízgőz a fázisátalakulások miatt



2. ábra. A troposzféra függőleges hőmérsékleti gradiense (standard légkör: $\gamma = -6,5 \text{ °C km}^{-1}$) változása a kiindulási helyzethez (a) képest az üvegházgáz-mennyiség növekedésével és a konvekciós folyamatok által kialakított hőmérsékleti profil. A vízszintes pontozott fekete vonal azt a szintet jelzi, melyről a világűrbe kisugárzott energia jellemzően származik. Az ez alatti légrétegekből a légköri elnyelés, az e fölötti légrétegekből pedig az alacsonyabb hőmérséklet miatt kevesebb energia távozik a bolygóról. Az üvegházgáz-mennyiség növekedésével nem csak a koncentráció nő, hanem magasabbra kerül az a réteg is, melyből már távozni tud az energia (b). A (c) ábra azt az elsősorban a trópusi területeket jellemző helyzetet mutatja, amelyben a megnövekedett vízgőztartalom miatt a függőleges hőmérsékleti profil a nedves adiabatikus profil felé közelít ($\gamma > -6,5 \text{ °C km}^{-1}$), és kialakul a negatív „lapse rate” visszacsatolás, mely az intenzívebb kisugárzás miatt a felszínen és a légkör alsó részében mérsékli a felmelegedést.

ugyancsak energiát von el a felszíntől és ad le a magasabb légrétegekben. Ha lecsökken, kevésbé negatívvá válik a függőleges hőmérsékleti gradiens, az a csökkenő felhajtóerő miatt akadálya a felszínközeli légréteg illetően konvektív energiavesztésének, ami a felszínközeli légrétegben fokozza a felmelegedést (2.a-b ábra).

Abból a tényből kiindulva, hogy a felszínről, a felszínközeli légrétegekből származó hőmérsékleti sugárzás az alacsonyabban fekvő légrétegek erőteljes elnyelése miatt alig jut ki a légkörből, és ezen további üvegházgáz-mennyiség hozzáadása már nem sokat módosít, arra a következtetésre juthatunk, hogy az üvegházhatású gázok további kibocsátása érdemi éghajlatváltozást már nem okozhat. Az Ångström által az előző századfordulón a szén-dioxiddal kapcsolatban helyesen elvégzett, de hibásan értelmezett mérésein (Ångström, 1900) alapuló elképzelést, az előző bekezdésekben vázolt módon már a kortársak is cáfolták. Ennek ellenére a légkör szén-dioxiddal való „telítettségének” elmélete a klímaváltozás tudomány által feltárt okaival szemben szkeptikusok körében mindmáig gyakran felbukkan. Az üvegházhatás fentiekben vázolt működéséből látszik, hogy még ha a légkör alsó rétegeinek egésze teljesen átlátszatlan is lenne a szén-dioxid sugárzáselnyelése következtében, további szén-dioxid hozzáadása mégis emelné a felszínközeli „telített” légréteg hőmérsékletét, melegebbé tenné az éghajlatot.

Az 1. ábrán bemutatotthoz hasonló és fentebb leírt egyszerű sugárzási egyensúlyi modellt már Arrhenius is használt a légköri üvegházhatás mértékének becslésére (Arrhenius, 1896), míg a sugárzási és konvektív folyamatokat egyaránt figyelembe vevő modell megalkotásáért (Manabe and Strickler, 1964; Manabe and Wetherald, 1967) Syukoro Manabe 2021-ben megosztott fizikai Nobel-díjat kapott. Manabe egydimenziós sugárzási-konvektív egyensúlyi modellje helyett, a megnövekedett számítási kapacitásnak és bővülő ismereteinknek köszönhetően ma már nagyfelbontású háromdimenziós modellek is rendelkezésre állnak, melyek jobban tudják kezelni a felhő- és csapadékképződést, az üvegházhatású gázok és az aeroszol-részecskék térbeli eloszlását és egyéb folyamatokat (Jeevanjee et al., 2022).

Visszacsatolások

Az üvegházhatású gázok mennyiségének változása az üvegházhatás erősségének a megváltozásához vezet, amely közvetlenül a felszín-légkör rendszer hőmérsékleteloszlásának megváltozásában jelentkezik. A hőmérséklet azonban a párolgás intenzitásától

a vegetációs övek elhelyezkedésén, a jégborítottság kiterjedésén, a kémiai reakciók sebességén keresztül számtalan folyamatot befolyásol a bolygón, melyek jelentős része közvetlenül vagy közvetve visszahat a légkörre, az éghajlatra. Ezeket a folyamatokat nevezzük visszacsatolásoknak, melyek ráerősíthetnek az üvegházhatású gázok mennyiségének változásából fakadó éghajlatváltozásra (pozitív visszacsatolások) vagy fékezhetik azt (negatív visszacsatolások).

Tételezzük fel, hogy a légkörbe annyi üvegházhatású gáz jut (emberi tevékenység, vulkáni aktivitás stb.), mely a felszíni hőmérsékletet $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal megemeli. Pusztán a jelenség illusztrálására, az egyszerű számítás kedvéért tegyük fel, hogy mindez más természeti folyamatok beindításával további $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os felmelegedést okoz, azaz 50%-kal erősíti az eredeti kiváltó (trigger) hatást. Természetesen, ez a fél fokos hőmérsékletemelkedés sem marad válasz nélkül. Az erre a többletmelegedésre adott 50%-os „reakció” további $0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot eredményez, és így tovább. Végül a példánkban $1 + 0,5 + 0,25 + 0,125 + \dots = 2$, azaz a közvetlen hatás-hoz képest kétszeres hőmérsékletemelkedéssel szembesülünk. Hasonlóan számolhatunk a negatív visszacsatolásokkal is, melyeknél a trigger olyan folyamatot vált ki, mely ellene hat a változásnak. Hasonló, 50%-os visszacsatolás esetén $1 - 0,5 + 0,25 - 0,125 + \dots = 0,67$ lenne a ténylegesen bekövetkező hőmérsékletváltozás. A valóságban a visszacsatolások nem feltétlenül lineárisak, és minden folyamatnak más és más az erősítési tényezője. Megkülönböztetünk gyors (pl. párolgás), lényegében azonnal működésbe lépő és ható visszacsatolásokat és lassú visszacsatolásokat (pl. albedó-változás), melyek évszázadokra-évezredekre elhúzzák a megváltozott körülményekhez illeszkedő új egyensúlyi helyzet elérését.

Az éghajlati rendszerben az egyik legerősebb – pozitív – visszacsatolást a vízgőz adja, lévén maga is üvegházhatású, erőteljes elnyeléssel a bolygó hőmérsékleti kisugárzásának tartományában. A Földön elegendő mennyiségű hozzáférhető cseppfolyós víz van ahhoz, hogy globális szinten korlátozás nélkül párologhasson vízgőz a levegőbe. A légkör vízgőztartalmát a kondenzációs folyamatok szabályozzák, melyek adott mennyiségű, fizikai és kémiai tulajdonságú kondenzációs mag mellett alapvetően a relatív nedvességtől függenek. A vízgőz globális átlagos légköri tartózkodási ideje 8-10 nap (Gimeno et al., 2021), ezért a vízgőztartalom környezeti változásokhoz való alkalmazkodása gyors.

Ha feltételezzük, hogy a légkörben sem a kondenzációs-mag-tartalom, sem a kondenzációs magok fizikai és kémiai tulajdonságai nem változnak, akkor a kon-

denzációhoz szükséges átlagos relatív nedvességtartalom sem változik, akár melegszik, akár hűl a légkör. Az adott relatív nedvességtartalomhoz tartozó abszolút vízgőz-koncentráció azonban, ami a hőmérsékleti sugárzás elnyelését meghatározza, exponenciálisan függ a hőmérséklettől (Clausius-Clapeyron összefüggés): fokenként mintegy 7%-kal változik a légkör adott relatív nedvességhez tartozó vízgőztartalma. Bár a vízgőz légkörbe való bepárolgását és kondenzációját számtalan folyamat befolyásolja, térbeli eloszlása rendkívül heterogén, átlagosan azonban a mérések szerint a légkör relatív nedvességtartalma közelítőleg állandó, az abszolút nedvesség – cirkulációs okok miatt jelentős területi eltérésekkel – közelítőleg követi a hőmérsékleti változásokat (Allan et al., 2022; Cséplő et al., 2022; Wan et al., 2024). A vízgőz-visszacsatolás önmagában körülbelül kétszeresére erősíti a gerjesztő hatást (Previdi et al., 2013; Liu et al., 2018).

Egy másik jelentős éghajlati visszacsatolás a Föld albedójának a trigger hőmérsékletváltozás hatására történő megváltozása. Ez több részből tevődik össze, és csak részben érinti közvetlenül a légkört. Míg a felszíni változások elsősorban a beérkező rövidhullámú sugárzás hasznosulását (elnyelését) érintik, a légköri változások mind a bejövő rövidhullámú, mind a kimenő hosszuhullámú sugárzásátvitelt befolyásolják.

A felszín-légkör rendszer hőmérsékleteloszlásának változása befolyásolja a felhőzet kiterjedtségét és struktúráját, ami kihat a Föld albedójára. A tapasztalatok arra utalnak, hogy ez a visszacsatolás is pozitív, erősítő jellegű. Elsősorban az alacsony szintű felhőzet csökkenése figyelhető meg, ami csökkenti az albedót, így nő a rövidhullámú energiabevétel, ami pedig erősíti a felmelegedést (Goessling et al., 2025). Az albedó lassú csökkenése már a 2000-es évektől kimutatható (Li et al., 2024), de ebben a felhőzet változása mellett benne van az emberi eredetű, a rövidhullámú sugárzást visszaverő aeroszol részecskék kibocsátásának csökkenése és ennek felhőképződésre gyakorolt hatása, valamint a felszínborítottság változása is.

Bár a felszínborítottság változása nem érinti közvetlenül a légkört, az éghajlati rendszerben játszott jelentős és sajátos szerepe miatt mindenképpen említést érdemel. A légkör üvegházhatásának megváltozása által kiváltott felszíni hőmérsékletváltozás megváltoztatja a jéggel borított, a rövidhullámú sugárzás visszaverésében kulcsszerepet játszó területek (sarkvidéki jégmezők, magashegyi gleccserek) kiterjedését, ezen keresztül a Föld albedóját. Az emelkedő hőmérséklet a jégmezők zsugorodását, a felszíni energiabevétel növekedését, azaz a hőmérséklet fokozott növekedé-

sét idézi elő. Csökkenő hőmérséklet esetén a jégmezők kiterjedésének növekedése ráerősít a lehülésre. Elsősorban ennek az erőteljes pozitív visszacsatolásnak, továbbá a már említett vízgőz-visszacsatolásnak köszönhetjük a pleisztocén időszak drasztikus éghajlati kilengéseit (jégkorszakok), melyeket a Milankovič ciklusok viszonylag csekély besugárzás-ingadozásai önmagukban nem tudtak volna előidézni. Ezzel kapcsolatban megjegyzendő, hogy az éghajlatnak a kényszerekre való érzékenysége erősen éghajlatfüggő. A jégkorszakok időszakával szemben, a földtörténet melegebb időszakaiban, amikor a bolygó lényegében jégmentes volt, a jégalbedó visszacsatolás nem működhetett. Ugyanakkor e magasabb hőmérséklet mellett a vízgőz-visszacsatolás erősebb lehetett, mint manapság (Bloch-Johnson et al., 2021).

Az úszó tengeri jég viszonylag kis tömege miatt gyorsan reagál a hőmérséklet megváltozására, a több nagyságrenddel nagyobb szárazföldi jégtömeg elolvadása azonban nagy hőkapacitása miatt hosszan tartó folyamat. A jégfelületek kiterjedése mellett a Föld albedóját a vegetációs övek, sivatagi területek elhelyezkedése, kiterjedése is befolyásolja, ami szintén csak lassan változhat. Ezeknek a lassú visszacsatolásoknak, illetve az óceánok lassú átkeveredésének, átmelegedésének köszönhető, hogy az éghajlat csak sok száz, több ezer év alatt érné el az adott légköri üvegházgáz-tartalomhoz tartozó új egyensúlyi állapotát.

Részben a melegedés miatt növekvő vízgőztartalom miatt, részben pedig azért, mert a magasban, az alacsonyabb abszolút koncentráció mellett viszonylagosan hatékonyabb a hőmérsékleti sugárzás elnyelése, elsősorban a trópusokon a függőleges hőmérsékleti gradiens valamelyest nő, kevésbé negatívvá válik (2.c ábra), közelebb esik a nedves adiabatikus hőmérsékleti gradienshez. Így magasabb lesz azon rétegek hőmérséklete, melyekből az energia zöme már a világűrbe távozik. A magasabb hőmérséklet nagyobb energiakibocsátással jár, azaz a jelenség negatív visszacsatolásként mérsékli a bolygó felmelegedést. Az elfogadott magyar elnevezés híján „lapse rate” (a függőleges hőmérsékleti gradiens változásával létrejövő) visszacsatolásnak nevezett jelenség közel harmadával mérsékli vízgőztartalom növekedéséből fakadó erőteljes pozitív visszacsatolás hatását. A hőmérsékleti profil változásának tovaryűző hatása van a felhő- és csapadékképződésre és a cirkulációs viszonyokra, melyek szintén szerepet játszanak az éghajlat alakításában.

A felsorolt fizikai visszacsatolásokon kívül nem elhanyagolható, de egyelőre alig számszerűsített hatása van a többnyire pozitív biogeokémiai visszacsatolásoknak is.

A melegedés nemcsak a vízgőz, hanem más üvegházhatású gázok természetes kibocsátására, illetve légkörből való kikerülésére is hatással van, azaz visszahat magára a melegedést kiváltó üvegházhatásra.

A trópusi területek egy részének melegebbé és nedvesebbé válása növeli a metán, a második legfontosabb nemkondenzálódó üvegházhatású gáz kibocsátását, ahogy erről nemrég a Légkör hasábjain is szó esett (Haszpra, 2022). A sarkvidéki területek melegedésével, a permafroszt olvadásával szén-dioxid és metán kerül a levegőbe, és távlatilag jelentős metánforrás lehet a nagyrészt a sekélyebb sarki tengerekben, a kontinentális talapzaton elhelyezkedő hatalmas mennyiségű metánhidrát is. Az éghajlat változása gyorsíthatja a denitrifikációs folyamatokat, melyek üvegházhatású dinitrogén-oxidot juttatnak a levegőbe. A melegedő éghajlat növeli az erdő- és bozóttüzek gyakoriságát, kiterjedtségét, melyek révén ugyancsak üvegházhatású gázok kerülnek a légkörbe, miközben csökken a légkörből szén-dioxidot kivonó vegetáció mennyisége is.

A negatív visszacsatolások között említhetjük a részben az éghajlatváltozás, részben a megnövekedett szén-dioxid koncentráció által serkentett bioszferikus és a növekvő légkör-óceán koncentráció-különbség által kiváltott óceáni szén-dioxid felvételt, valamint a metánbontó kémiai reakciók gyorsulását. Ezek a folyamatok azonban korlátozottak: a növények biokémiai okok miatt csak bizonyos határig képesek kivonni, hasznosítani a többlet szén-dioxidot (amit sok esetben még a talaj tápanyagtartalma is korlátoz), az óceánok hőmérséklet-emelkedése és savasodása pedig a szén-dioxid beoldódását fékezi.

A fizikában jártas, de az éghajlati rendszert kevésbé ismerők munkáiban időről időre felbukkannak olyan számítások, melyek például a légköri szén-dioxid mennyiség növekményének energetikai hatását elemzik. Jó esetben csak értetlenül nézik, hogy az jóval kisebb, mint ami megmagyarázná a tapasztalt éghajlatváltozást, míg rosszabb esetben megkérdőjelezzik, hogy valóban a többlet szén-dioxid mennyiség lenne az éghajlatváltozás fő oka. Fizikailag-matematikailag helyes számítások esetén az eltérést a fent vázolt, egyáltalán nem elhanyagolható erősségű visszacsatolások figyelmen kívül hagyása okozza. A spektrális számításokból az következik, hogy a légköri szén-dioxid szint megduplázódása önmagában kb. 1 °C-os globális átlaghőmérséklet emelkedést okozna (Etminan et al., 2016). Az ettől elválaszthatatlan visszacsatolások miatt azonban 2,6–3,9 °C-os melegedéssel és ennek következményeivel kell szembenéznünk (Sherwood et al., 2020). Máig a légkör szén-dioxid koncentrációja az intenzív

iparosítás előtti időszakához képest kb. 50%-kal nőtt, jelentősen emelkedett más üvegházhatású gázok légköri mennyisége is, míg a globális átlaghőmérséklet emelkedése 1,5 °C körül jár, ami összhangban van a visszacsatolások eredő erősítő hatásával.

A Föld termosztátja

Rövid távon az aktív éghajlatalakító tényezők közül sem a kozmikus (naptevékenység, a Föld pályaelemeinek megváltozása), sem a geológiai (kontinensvándorlás, hegységképződés, vulkanizmus) tényezők nem tudják érdemben megváltoztatni a Föld éghajlatát a folyamatok lassúsága miatt. A légkör összetétele azonban gyorsan változhat, a zömmel pozitív visszacsatolások miatt pedig még a viszonylag kis változások is jelentős éghajlatváltozást eredményezhetnek. A légkör üvegházhatásának mintegy háromnegyedét a vízgőz (+felhőzet) adja (Schmidt et al., 2010). Légköri mennyisége azonban magától a bolygó hőmérsékletétől függ, ezért éghajlatváltozást nem tud elindítani. Mennyisége csak egy más okból megindult éghajlatváltozás hatására változhat. Bármilyen többlet, például vulkánkitörésből, gyorsabban kikondenzálódik a légkörből, mint hogy éghajlatváltozást okozhatna. Hasonló a helyzet a bolygót potenciálisan hűtő aeroszolrészecskékkel is, melyek a troposzférából egy-két hét alatt kikerülnek, de a nagyobb vulkánkitörések révén a sztratoszférába jutó vagy a vulkáni gázokból ott képződő részecskék sem maradnak tovább a légkörben néhány évnél (Toohey et al., 2025). Folyamatos utánpótlás nélkül (lásd pl. ipari tevékenység) éghajlatváltozást nem okozhatnak. A nem kondenzálódó üvegházhatású gázok közül mennyiségi okokból a szén-dioxid gyakorolja messze a legnagyobb hatást az éghajlatra, melynek részesedése az üvegházhatásban körülbelül 20% (Schmidt et al., 2010). Légköri mennyisége két nagyságrenddel haladja meg a második legnagyobb hatású nemkondenzálódó üvegházhatású gáz, a metán mennyiségét (CO_2 : 420 ppm; CH_4 : 2 ppm), ami bőven ellensúlyozza a metán fajlagosan nagyobb energiaelnyelését, emellett potenciálisan megváltozó forráshozama is lényegesen meghaladja a metánét. Összességében kimondhatjuk, hogy a jelenlegi viszonyok között rövidebb időskálán elsősorban a szén-dioxid szabályozza a Föld éghajlatát, a szén-dioxid a Föld „termosztátja”. Kibocsátásának csökkentésével „lejjebb tekerhetnénk” ezt a termosztátot, mérsékelve az ökológiai rendszereket (benne az emberiséget) fenyegető gyors éghajlatváltozást.

A pozitív visszacsatolásokat látva és bolygósomzédunkra, a Vénuszra nézve felmerülhet, hogy vajon nem szabadulhat-e el az üvegházhatás a Földön is? Ehhez olyan pozitív visszacsatolás kellene, amely legalább 100%-os hatásfokú (egységnyi hatásra >1-szeres válasz), melynél az erősítési tényező matematikailag végtelenné válik. A hőmérséklettől exponenciálisan függő vízgőztartalom bizonyos hőmérséklet felett elvileg előidézhethetné ezt az öngerjesztő folyamatot, a kritikus hőmérsékleti szint előidézéséhez azonban olyan nagy mennyiségű szén-dioxidnak és metánnak kellene a levegőbe kerülnie, amennyi nem áll rendelkezésre (Russell et al., 2013). A Földön zajló lemeztektonikai folyamatok jóvoltából az évmilliárdok során a földi szénkészlet szinte teljes egészében a földkéregbe, illetve a mélyebb rétegekbe került. A felszabadítható, potenciálisan a légkörbe jutható szénmennyiség önmagában kevés az üvegházhatás elszabadításához. Ezzel együtt az erősödő üvegházhatás a bolygó hőmérsékletét a jelenleginél jóval magasabbra is emelheti. 56 millió éve, a paleocén-eocén hőmérsékleti maximum idején, a globális átlaghőmérséklet 27–34 °C között lehetett (Inglis et al., 2020), szemben a jelenlegi ~15 °C-kal.

Irodalom

- Allan, R.P., Willett, K.M., John, V.O., Trent, T., 2022. Global Changes in Water Vapor 1979–2020. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 127, e2022JD036728, doi: <https://doi.org/10.1029/2022JD036728>
- Amdur, T., Stine, A.R., Huybers, P., 2021. Global Surface Temperature Response to 11-Yr Solar Cycle Forcing Consistent with General Circulation Model Results. *Journal of Climate* 34, 2893–2903, doi: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0312.1>
- Ångström, K., 1900. Ueber die Bedeutung des Wasserdampfes und der Kohlensäure bei der Absorption der Erdatmosphäre (angol fordítás). *Annalen der Physik* 308, 720–732, doi: 10.1002/andp.19003081208
- Arrhenius, S., 1896. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science Series* 5 41, 237–276., doi: 10.1080/14786449608620846
- Bloch-Johnson, J., Rugenstein, M., Stolpe, M.B., Rohrschneider, T., Zheng, Y., Gregory, J.M., 2021. Climate Sensitivity Increases Under Higher CO₂ Levels Due to Feedback Temperature Dependence. *Geophysical Research Letters* 48, e2020GL089074, doi: <https://doi.org/10.1029/2020GL089074>
- Chatzistergos, T., Krivova, N.A., Yeo, K.L., 2023. Long-term changes in solar activity and irradiance. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 252, 106150, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2023.106150>
- Cséplő, A., Izsák, B., Geresdi, I., 2022. Long-term trend of surface relative humidity in Hungary. *Theoretical and Applied Climatology* 149, 1629–1643, doi: 10.1007/s00704-022-04127-z
- Davies, J.H., Davies, D.R., 2010. Earth's surface heat flux. *Solid Earth* 1, 5–24.
- Drótos, G., Herein, M., Haszpra, T., Jánosi, I.M., 2024. Converged ensemble simulations of climate: possible trends in total solar irradiance cannot explain global warming alone. *Frontiers in Earth Science* 12, doi: 10.3389/feart.2024.1240784
- Etmann, M., Myhre, G., Highwood, E.J., Shine, K.P., 2016. Radiative forcing of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide: A significant revision of the methane radiative forcing. *Geophysical Research Letters* 43, 12,614–12,623, doi: 10.1002/2016gl071930
- Gimeno, L., Eiras-Barca, J., Durán-Quesada, A.M., Dominguez, F., van der Ent, R., Sodemann, H., Sánchez-Murillo, R., Nieto, R., Kirchner, J.W., 2021. The residence time of water vapour in the atmosphere. *Nature Reviews Earth & Environment* 2, 558–569, doi: 10.1038/s43017-021-00181-9
- Goessling, H.F., Bathiany, S., 2016. Why CO₂ cools the middle atmosphere – a consolidating model perspective. *Earth Syst. Dynam.* 7, 697–715, doi: 10.5194/esd-7-697-2016
- Goessling, H.F., Rackow, T., Jung, T., 2025. Recent global temperature surge intensified by record-low planetary albedo. *Science* 387, 68–73, doi: 10.1126/science.adq7280
- Haszpra, L., 2022. Metán a légkörben: kockázatok és lehetőségek. *Légkör* 67, 70–76, doi: 10.56474/legkor.2022.2.1
- Inglis, G.N., Bragg, F., Burls, N.J., Cramwinckel, M.J., Evans, D., Foster, G.L., Huber, M., Lunt, D.J., Siler, N., Steinig, S., Tierney, J.E., Wilkinson, R., Anagnostou, E., de Boer, A.M., Dunkley Jones, T., Edgar, K.M., Hollis, C.J., Hutchinson, D.K., Pancost, R.D., 2020. Global mean surface temperature and climate sensitivity of the early Eocene Climatic Optimum (EECO), Paleocene–Eocene Thermal Maximum (PETM), and latest Paleocene. *Clim. Past* 16, 1953–1968, doi: 10.5194/cp-16-1953-2020
- Jeevanjee, N., Held, I., Ramaswamy, V., 2022. Manabe's Radiative–Convective Equilibrium. *Bulletin of the American Meteorological Society* 103, E2559–E2569, doi: 10.1175/bams-d-21-0351.1
- Kostadinov, T.S., Gilb, R., 2014. Earth Orbit v2.1: a 3-D visualization and analysis model of Earth's orbit, Milankovitch cycles and insolation. *Geoscientific Model Development* 7, 1051–1068, doi: 10.5194/gmd-7-1051-2014
- Kuchar, A., Sacha, P., Mikovsky, J., Pisoft, P., 2015. The 11-year solar cycle in current reanalyses: a (non)linear attribution study of the middle atmosphere. *Atmos. Chem. Phys.* 15, 6879–6895, doi: 10.5194/acp-15-6879-2015
- Li, R., Jian, B., Li, J., Wen, D., Zhang, L., Wang, Y., 2024. Understanding the trends in reflected solar radiation: a latitude- and month-based perspective. *Atmos. Chem. Phys.* 24, 9777–9803, doi: 10.5194/acp-24-9777-2024

- Lindsey, R., 2021. Climate Change: Incoming Sunlight. NOAA Climate.gov <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-incoming-sunlight>, Utoljára megtekintve: 2025. február 24.
- Liu, R., Su, H., Liou, K.-N., Jiang, J.H., Gu, Y., Liu, S.C., Shiu, C.-J., 2018. An Assessment of Tropospheric Water Vapor Feedback Using Radiative Kernels. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 123, 1499-1509, doi: <https://doi.org/10.1002/2017JD027512>
- Manabe, S., Strickler, R.F., 1964. Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Convective Adjustment. *Journal of Atmospheric Sciences* 21, 361-385, doi: [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1964\)021<0361:TEOTAW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1964)021<0361:TEOTAW>2.0.CO;2)
- Manabe, S., Wetherald, R.T., 1967. Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity. *Journal of the Atmospheric Sciences* 24, 241-259, doi: [10.1175/1520-0469\(1967\)024<0241:teotaw>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1967)024<0241:teotaw>2.0.co;2)
- Previdi, M., Liepert, B.G., Peteet, D., Hansen, J., Beerling, D.J., Broccoli, A.J., Frothing, S., Galloway, J.N., Heimann, M., Le Quéré, C., Levitus, S., Ramaswamy, V., 2013. Climate sensitivity in the Anthropocene. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 139, 1121-1131, doi: [10.1002/qj.2165](https://doi.org/10.1002/qj.2165)
- Prša, A., Harmanec, P., Torres, G., Mamajek, E., Asplund, M., Capitaine, N., Christensen-Dalsgaard, J., Depagne, É., Haberleiter, M., Hekker, S., Hilton, J., Kopp, G., Kostov, V., Kurtz, D.W., Laskar, J., Mason, B.D., Milone, E.F., Montgomery, M., Richards, M., Schmutz, W., Schou, J., Stewart, S.G., 2016. Nominal values for selected solar and planetary quantities: IAU 2015 Resolution B3. *The Astronomical Journal* 152, 41, doi: [10.3847/0004-6256/152/2/41](https://doi.org/10.3847/0004-6256/152/2/41)
- Russell, G.L., Lacis, A.A., Rind, D.H., Colose, C., Opstbaum, R.F., 2013. Fast atmosphere-ocean model runs with large changes in CO₂. *Geophysical Research Letters* 40, 2013GL056755, doi: [10.1002/2013gl056755](https://doi.org/10.1002/2013gl056755)
- Schmidt, G.A., Ruedy, R.A., Miller, R.L., Lacis, A.A., 2010. Attribution of the present-day total greenhouse effect. *J. of Geophysical Research* 115D, D20106, doi: [10.1029/2010JD014287](https://doi.org/10.1029/2010JD014287)
- Sherwood, S.C., Webb, M.J., Annan, J.D., Armour, K.C., Forster, P.M., Hargreaves, J.C., Hegerl, G., Klein, S.A., Marvel, K.D., Rohling, E.J., Watanabe, M., Andrews, T., Braconnot, P., Bretherton, C.S., Foster, G.L., Hausfather, Z., von der Heydt, A.S., Knutti, R., Mauritsen, T., Norris, J.R., Proistosescu, C., Rugenstein, M., Schmidt, G.A., Tokarska, K.B., Zelinka, M.D., 2020. An Assessment of Earth's Climate Sensitivity Using Multiple Lines of Evidence. *Reviews of Geophysics* 58, e2019RG000678, doi: <https://doi.org/10.1029/2019RG000678>
- Solar Influences Data Analysis Center, 2025. Total Solar Irradiance. <https://www.sidc.be/observations/space-based-timelines/tsi>, Utoljára megtekintve 2025. február 20.
- Toohey, M., Jia, Y., Khanal, S., Tegtmeier, S., 2025. Stratospheric residence time and the lifetime of volcanic stratospheric aerosols. *Atmos. Chem. Phys.* 25, 3821-3839, doi: [10.5194/acp-25-3821-2025](https://doi.org/10.5194/acp-25-3821-2025)
- Usoskin, I.G., 2023. A history of solar activity over millennia. *Living Reviews in Solar Physics* 20, 2, doi: [10.1007/s41116-023-00036-z](https://doi.org/10.1007/s41116-023-00036-z)
- von Schuckmann, K., Minière, A., Gues, F., Cuesta-Valero, F.J., Kirchengast, G., Adusumilli, S., Straneo, F., Ablain, M., Allan, R.P., Barker, P.M., Beltrami, H., Blazquez, A., Boyer, T., Cheng, L., Church, J., Desbruyeres, D., Dolman, H., Domingues, C.M., García-García, A., Giglio, D., Gilson, J.E., Gorfer, M., Haimberger, L., Hakuba, M.Z., Hendricks, S., Hosoda, S., Johnson, G.C., Killick, R., King, B., Kolodziejczyk, N., Korosov, A., Krinner, G., Kuusela, M., Landerer, F.W., Langer, M., Lavergne, T., Lawrence, I., Li, Y., Lyman, J., Marti, F., Marzeion, B., Mayer, M., MacDougall, A.H., McDougall, T., Monselesan, D.P., Nitzbon, J., Otsuka, I., Peng, J., Purkey, S., Roemmich, D., Sato, K., Savita, A., Schweiger, A., Shepherd, A., Seneviratne, S.I., Simons, L., Slater, D.A., Slater, T., Steiner, A.K., Suga, T., Szekeley, T., Thiery, W., Timmermans, M.L., Vanderkelen, I., Wjiffels, S.E., Wu, T., Zemp, M., 2023. Heat stored in the Earth system 1960–2020: where does the energy go? *Earth Syst. Sci. Data* 15, 1675-1709, doi: [10.5194/essd-15-1675-2023](https://doi.org/10.5194/essd-15-1675-2023)
- Wan, N., Lin, X., Pielke Sr, R. A., Zeng, X., Nelson, A. M., 2024: Global total precipitable water variations and trends over the period 1958–2021. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 28, 2123-2137, doi: [10.5194/hess-28-2123-2024](https://doi.org/10.5194/hess-28-2123-2024)
- Wild, M., Folini, D., Hakuba, M., Schär, C., Seneviratne, S., Kato, S., Rutan, D., Ammann, C., Wood, E., König-Langlo, G., 2015. The energy balance over land and oceans: an assessment based on direct observations and CMIP5 climate models. *Climate Dynamics* 44, 3393-3429, doi: [10.1007/s00382-014-2430-z](https://doi.org/10.1007/s00382-014-2430-z)
- Zhou, J., Tung, K.-K., 2013. Observed Tropospheric Temperature Response to 11-yr Solar Cycle and What It Reveals about Mechanisms. *Journal of the Atmospheric Sciences* 70, 9-14, doi: <https://doi.org/10.1175/JAS-D-12-0214.1>



Szokatlan Időjárás Adatvizualizáció – egy tudománykommunikációs eszköz felépítése és módszertana

Mikes Márk Zoltán, Dezső Zsuzsanna, Hollós Roland, Pongrácz Rita

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, mikess@student.elte.hu

DOI:10.56474/legkor.2025.3.2

Napjainkban különösen fontos, hogy a társadalom valós képet kapjon a meteorológiai eseményekről, ám jelenleg sajnos túlsúlyba kerültek a rekorddöntésekre kihegyezett, illetve kattintásvadász cikkek a médiában. Ennek ellensúlyozására létrehoztunk egy olyan webes felületet, ahol a felhasználók egy szakmailag korrekt és komplex eszköztár segítségével fedezhetik fel a múltbeli időjárást. Módszerünk szemléletmódjának fókuszában azon periódusok állnak, amelyek az év adott időszakában meteorológiai értelemben szokatlanok, de nem feltétlenül minősülnek hagyományos értelemben extrémnek. A felhasználók a múltbeli időjárás szélsőségeit az általunk definiált kategóriák segítségével hasonlíthatják össze, illetve elemezhetik részletesen 70 magyarországi helyszínen, 9 szokatlan időjárási jelenségre vonatkozóan. Az itt bemutatott tudománykommunikációs eszközt mind meteorológusok, mind a meteorológia iránt érdeklődő laikusok figyelmébe ajánljuk.

Unusual Weather Visualisation – the design and methodology of a science communication tool

Nowadays, it is particularly important to provide a realistic picture of meteorological extremes to the public, but unfortunately most of the time the media focuses on meteorological record breakings or using clickbait titles. To improve science communication in Hungary, we have created a web-based platform where users can evaluate past weather using a complex set of tools. The focus of our approach is on periods that are considered unusual at a given time of year, but not necessarily extremes in an absolute sense. Users can analyse all past weather periods in great depth, using simplified categories, at 70 locations across Hungary, for 9 unusual weather phenomena. The science communication tool presented here can be beneficial for both meteorologists and people interested in meteorology.

Amikor időjárási vagy éghajlati szélsőségekről beszélünk, a különböző tudományágak sokszor egymástól eltérően definiálják ezeket, ami félreértésekhez vezethet akár a kutatók között is (Broska *et al.*, 2020). A médiában, illetve a köznapai beszélgetésekben álta-

lán akkor van szó szélsőséges, avagy extrém időjárásról, amikor egy meteorológiai változó meghalad egy előre meghatározott küszöbértéket (pl. a hőmérséklet 30 °C-ot). Nevezhetjük ezeket abszolút szélsőségeknél, melyek potenciálisan nagyobb kockázatot jelentenek

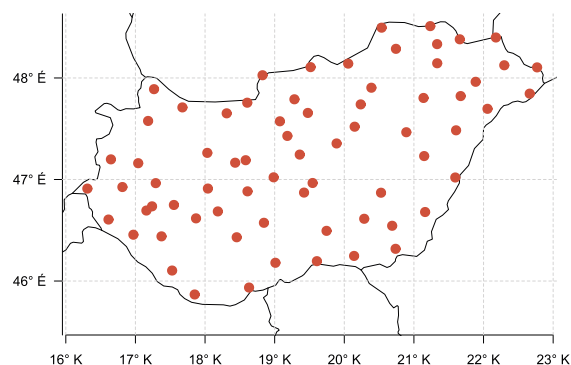
a társadalomra és az infrastruktúrára attól függően, hogy hol vagyunk a Földön és mennyire alkalmazkodott az ökoszisztéma és a lakosság az ilyen szélsőségekhez (IPCC, 2023). Másfelől beszélhetünk ún. relatív szélsőségekről is, amelyek általánosságban kevésbé súlyos következményekkel járnak, viszont hasznosak az éghajlat jobb megértéséhez a Föld különböző régióiban. Az IPCC (2023) legújabb jelentéséből idézve „egy relatív szélsőség az év bármely időszakában bekövetkezhet, és egy ilyen szélsőség hatása az évszaktól függően eltérő lehet”. Ezen szélsőségek meghatározásakor a leggyakrabban alkalmazott megközelítés a percentilisek használata, ahol az eloszlások széleire fókuszálunk, azaz olyan értékekre, amelyek ritkábban fordulnak elő. McPhillips *et al.* (2018) egy 10 éves periódus tudományos cikkeinek áttekintése alapján megállapították, hogy a leggyakrabban a 90. és 99. percentilis, illetve a 100 éves visszatérési időszak jelent meg a vizsgált cikkekben. A percentilis alapú kutatásokban az adott napra vonatkozó küszöbértékeket gyakran 5 napos statisztikai simítással, egy 30 éves referencia-időszakban számítják ki, a WMO ajánlásának megfelelően (Klein Tank *et al.*, 2009). A klímaváltozás gyorsuló üteméhez alkalmazkodva azonban ennél rövidebb referencia-időszak használata is elterjedt az elmúlt években.

Hazai viszonylatban a kutatók széleskörűen alkalmaztak abszolút és relatív szélsőség definíciókat mind a múltbeli események vizsgálata, mind a jövőben várható éghajlat elemzése során. Elsőként a meleg szélsőségekre kitérve Magyarországon főként abszolút indexeket elemeztek (Lakatos *et al.*, 2021a; Bokros *et al.*, 2022) például a forró napokat ($T_{\max} > 30\text{ °C}$), a hőstresszes napokat ($T_{\max} > 35\text{ °C}$) és a trópusi éjszakákat ($T_{\min} > 20\text{ °C}$), illetve ezen felül még olyan átlaghőmérsékletet felhasználó indexeket, amelyek a hőségriadó szintjeivel állnak kapcsolatban (25 °C, 27 °C, 29 °C feletti átlaghőmérsékletű napok). Spinoni *et al.* (2015) egyaránt vizsgáltak hideg és meleg szélsőségeket a Kárpát-medencében percentilis-alapú definíciókat felhasználva, ami alapján a hideg szélsőségek csökkenését és a meleg szélsőségek növekedését tapasztalták. Egy korábbi kutatásunkban (Mikes *et al.*, 2024) a hidegbetörések részletes magyarországi elemzése során szintén ezen extrém hideg periódusok eltűnését, illetve azok évszakon belüli eltolódását írtuk le egy komplexebb, relatív szélsőségeket felderítő definícióval. A csapadék – mint felhasznált meteorológiai paraméter – is több Magyarországot fókuszba helyező kutatásban megjelent. Schmeller *et al.* (2022) a napi csapadékösszegeket (R) három abszolút küszöbérték ($R > 20\text{ mm}$, $R > 30\text{ mm}$, $R > 40\text{ mm}$) segítségével

vizsgálta Pécs térségében, míg Lakatos *et al.* (2021b) az egymást követő csapadékos órákat vizsgálta a napi időskálánál részletesebb szinten. Emellett a csapadék hiányát is számos kutatásban vizsgálták, csak a csapadékon vagy a hőmérsékleten és a csapadékon együttesen alapuló aszályindexek alkalmazásával (Bartholy *et al.*, 2013; Blanka *et al.*, 2013; Spinoni *et al.*, 2013; Kis *et al.*, 2023).

Adatok

A módszertan kidolgozásához a HungaroMet Non-profit Zrt. adattárában [<https://odp.met.hu/>] publikusan elérhető, napi összegzett adatokat használtuk fel, amelyek kiváló minőségűek, és elsődleges adatellenőrzéssel átesettek. Ezen adatsorokból először kiválogattuk azokat, amelyek esetén volt hőmérséklet-, csapadék- és szélmerés is az adott helyszínen a teljes időszakban, illetve adathiány egyáltalán nem fordul elő bennük. Ezen felül csak azokat az idősorokat tartottuk meg, amelyek hossza legalább 20 év volt (az adattárban 2002-től állnak rendelkezésre nagyobb számban olyan adatsorok, amelyek szélmerést is tartalmaznak). Ezen feltételrendszer azonban túl szigorúnak bizonyult, az állomások földrajzi eloszlását Magyarországon belül nagyon inhomogénné téve, így a következő enyhítéseket vezettük be: (1) összesen maximum 2 évnyi adathiányt megengedünk, illetve (2) a mérés folytonosságának megszakadását is megengedjük, ha ez a mérőállomás kisebb áthelyezéséből adódott (ekkor az idősorokat összefűztük). Ez utóbbi művelet természetesen problémát okoz az adatsor homogenitását illetően, de mivel a módszertan célja elsődlegesen nem trendek felderítése, ezt a kompromisszumot elfogadhatónak ítéltük meg. A mérőállomások áthelyezéseinek részletei jelenleg a Szokatlan Időjárás Adatvizualizáció „AdatInfó” oldalán követhetőek nyomon a felhasználók számára.

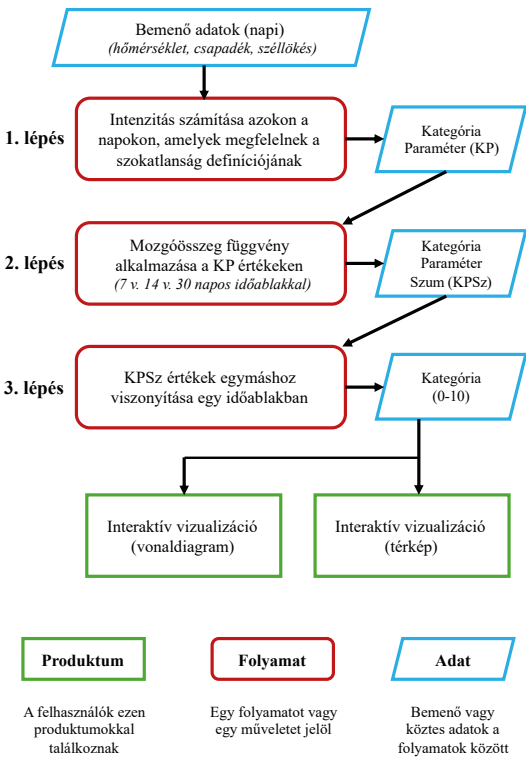


I. ábra. A módszertanhoz felhasznált meteorológiai állomások elhelyezkedése Magyarországon belül.

A fent leírtak alapján összesen 70 meteorológiai állomást választottunk ki a módszertan kifejlesztése és alkalmazása céljából. Ezen állomások eloszlása az országon belül már kellően egyenletesnek bizonyult (1. ábra). Az adatsorokból az alábbi változókat használtuk fel: napi középhőmérséklet, napi minimum-hőmérséklet, napi maximum-hőmérséklet, napi csapadékösszeg, napi legerősebb szélhőkés.

Módszertan

A módszertan három, egymásra épülő lépésből áll. Röviden összefoglalva: az első lépésben minden napra meghatározzuk a szokatlanság mértékét a különböző időjárási jelenségek esetén. A második lépésben egy mozgóösszeg függvényt alkalmazunk, majd a harmadik lépés során kategóriákat rendelünk hozzá a múltbeli periódusokhoz (2. ábra).



2. ábra. A módszertan lépéseit bemutató folyamatábra.

Az 1. lépésben először is el kellett döntenünk, hogy a rendelkezésre álló változók ismeretében mely szokatlan időjárási jelenségek (későbbiekben: jelenség) szerepeljenek a módszertanban. Összesen 9 ilyen jelenséget határoztunk meg, amelyek közül öt a hőmérséklethez, három a csapadékhoz és egy a szélhőkéshez

kapcsolódik (1. táblázat). A jelenségek elnevezése inkább köznyelvi, mintsem tudományos, mivel egyik fő célunk az időjárási szélsőségek könnyebb megértésének biztosítása a társadalom számára.

Jelenség	Kategória Paraméter (KP)	Szokatlanság definíciója (referencia időskálája)
Meleg nap	Napi középhőmérséklet (Ta) és az adott nap átlagos középhőmérsékletének különbsége [°C]	Ta > 90. percentilis (2002-2024 klimatológia, napi)
Hideg nap	Napi középhőmérséklet (Ta) és az adott nap átlagos középhőmérsékletének különbsége [°C]	Ta < 10. percentilis (2002-2024 klimatológia, napi)
Meleg délután	Napi maximumhőmérséklet (Tx) és az adott nap átlagos maximumhőmérsékletének különbsége [°C]	Tx > 90. percentilis (2002-2024 klimatológia, napi)
Hideg reggel	Napi minimumhőmérséklet (Tn) és az adott nap átlagos minimumhőmérsékletének különbsége [°C]	Tn < 10. percentilis (2002-2024 klimatológia, napi)
Hőingás	Napi hőingás (DTR) és az adott nap átlagos hőingásának különbsége [°C]	DTR > 90. percentilis (2002-2024 klimatológia, napi)
Szélhőkés	Napi legerősebb szélhőkés (Wg) és az adott nap hónapjához tartozó havi átlagos szélhőkés különbsége [m/s]	Wg > 95. percentilis (2002-2024 klimatológia, havi)
Napi csapadékösszeg	Napi csapadékösszeg (R) osztva az adott nap hónapjához tartozó havi átlagos csapadékösszeggel [%]	R (≥ 1 mm) > 90. percentilis (2002-2024 klimatológia, havi)
Csapadékos időszak	Egymást követő csapadékos napok (CWD) száma [nap]	CWD (> 1 nap) > 75. percentilis (2002-2024 klimatológia, teljes)
Száraz időszak	Egymást követő száraz napok (CDD) száma [nap]	CDD (> 1 nap) > 75. percentilis (2002-2024 klimatológia, teljes)

1. táblázat. Az egyes szokatlan időjárási jelenségekhez tartozó definíciók.

A jelenségek definícióinak meghatározása során a WMO irányelveit (Klein Tank et al., 2009), a témához kapcsolódó külföldi szakirodalomból átvett definíciókat és a hazai időjárási szélsőségekről megszerzett ismereteinket ötvöztük. Ezen felül a szokatlanság intenzitásának szemléltetésére minden egyes jelenséghez létrehoztuk az ún. „Kategória Paramétert” (későbbiekben: KP), amely az átlagos (megszokott) viszonyoktól való eltérést hivatott szemléltetni. Azon napok esetén, amikor nem detektálható szokatlanság egyik jelenség esetén sem, a KP értékét nullának vesszük. A szemléltetmódunknak megfelelően arra törekedtünk, hogy a jelenségek minden évszakban detektálhatók legyenek (relatív küszöbértékek használata), illetve, hogy a KP kiszámítása során a szezonálitáshoz jól illeszkedő anomáliákat számítsunk ki (referencia időskálájának változtatása). Fontos kiemelni, hogy a küszöbértékek és referenciák minden állomás saját idősora alapján kerülnek kiszámításra, így az eltérő klimatikus tulajdonságú helyszínek esetén is a saját helyszínen szokatlannak számító időjárás kerül detektálásra.

Módszerünk 2. lépésében minden jelenség KP értékeire mozgóösszeg függvényt alkalmaztunk 7, 14 és 30 napos időablakkal. A 30 napos időablakot azért választottuk, hogy a hónapokat (havi időskálát) reprezentálja, míg a 7 és 14 napos időablakok a rövidebb ideig tartó és nagyobb anomáliákat tartalmazó időszakok felderítésére alkalmasak. A mozgóösszeg függvényt jobb oldali összegzéssel használtuk (az összegzés indexét j jelöli), tehát egy adott naphoz (jelölje ezt i) az előző 7, 14 vagy 30 nap (az időablak hosszát k jelöli) KP értékeinek összege társul (1. egyenlet). Az így kapott értékekre a továbbiakban „Kategória Paraméter Szum” elnevezéssel, illetve KPSz rövidítéssel hivatkozunk.

$$KPSz_k(i) = \sum_{j=\max(1, i-k+1)}^i KP_j \quad (1)$$

A 3. lépésben a KPSz értékeket csoportosítva egymáshoz hasonlítjuk (pl. a meleg délutánokat tartalmazó 7 napos periódusokat Budapesten), azzal a céllal, hogy minden KPSz értékhez tartozzon egy kategória 0 és 10 között. Ehhez először meghatározzuk minden csoportban a KPSz értékek maximumát (KPSzMax), amihez 1-es értéket rendelünk. Ezután az összes többi értéket ezen KPSzMax értékekhez hasonlítjuk, így minden KPSz érték kap egy számértéket 0 és 1 között. A kategóriákat egy adott napon (jelölje ezt i) úgy kapjuk meg, hogy ezeket az értékeket megszorozzuk 10-zel, és a legközelebbi egész számra kerekítjük (2. egyenlet). Ezzel a technikával a KPSzMax értékek 95%-át elérő időszakokhoz is 10-es kategóriát rendelünk, míg a KPSzMax értékek 5%-át el nem érő időszakokhoz 0-s kategóriát kapnak. Egy adott napra vonatkozó kategória így információt nyújt arról, hogy az ezt a napot megelőző időszak (az időablak hosszától függően) hogyan viszonyul az adott jelenség megszokatlanabbnak ítélt időszakához a teljes időszakban (2002-2024).

$$Kategor\acute{a}(i) = \left\lceil \frac{KPSz(i)}{KPSz_{Max}} \cdot 10 + \frac{1}{2} \right\rceil \quad (2)$$

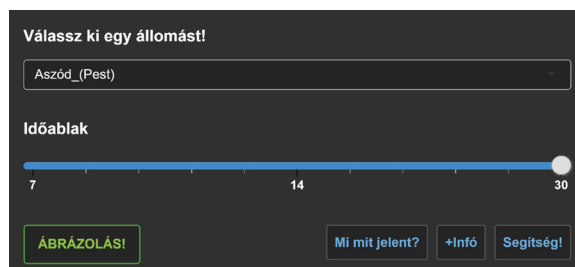
Szokatlan Időjárás Adatvizualizáció web-alapú platform

Ahhoz, hogy a módszertanban kiszámított eredmények eljussanak a célközönséghez, egy vizualizációs felületet hoztunk létre. A felület fő célja, hogy a múltbeli időjárás részletes tanulmányozását lehetővé tegye a felhasználók számára. Mindezt interaktív ábrák biztosítják, amelyek bár komplexnek tűnhetnek, de egyidejűleg több hasznos információt képesek a felhasználók

számára továbbítani, mint a statikus ábrák. A web-alapú platform (későbbiekben: SzIA) fejlesztése R programnyelvben történt, a „shiny” programcsomag (Chang et al., 2024) felhasználásával. Megtekintéséhez és használatához nagyobb felbontású képernyő (számítógép, laptop) ajánlott. A platform a meteor11.elte.hu/szia/ címen keresztül érhető el a felhasználók számára.

A platform felépítése

A SzIA alapvetően különböző felhasználási célú részegységekből (aloldalakból) áll. Ezeket a felhasználók belépés után a jobb oldalon felül található menüpontokban érhetik el, illetve ezek rövid leírásával a főoldalon találkozhatnak. A SzIA használata előtt célszerű elolvasni a „Tudnivalók/Általános” menüpontban található rövid összefoglalást, ami bemutatja a platform lényegét, célját és legfontosabb módszertani elemeit. A felületen elérhető interaktív ábrák használatához a főoldalon található rövid bemutató videó nyújt segítséget a felhasználók számára. További megértést könnyítő információ érhető el a különböző aloldalakon, amelyeket a fekete háttérű, kék szövegszínű gombok megnyomásával lehet előhívni (3. ábra). Az interaktív ábrák minden esetben a zöld színű „ÁBRÁZOLÁS” gomb megnyomásával jelennek meg.



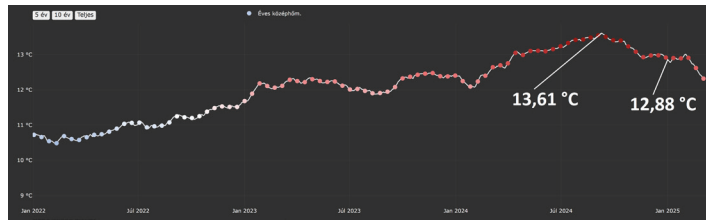
3. ábra. A SzIA „Kategóriák / Állomás” aloldalának kezelőfelülete. A „Mi mit jelent?” gombra kattintva a szokatlan jelenségekről, a „+Infó” gombot megnyomva az aloldal felhasználási lehetőségeiről, míg a „Segítség!” gombra kattintva az interaktív ábrák használatáról tájékozódhatunk.

A „Kategóriák” menüpontban három különböző interaktív felület érhető el, ezek közül az „Állomás” és „Térkép” aloldalakon találkozhatnak a felhasználók a módszertan részeként kiszámított kategóriákkal. Előbbi felületen egy meteorológiai állomáson tekinthetjük át a 9 szokatlan időjárási jelenség kategória-értékeit 2002-től kezdve az utolsó teljes naptári év végéig (jelenleg ez 2024) egy vonaldiagramon. A módszertannak köszönhetően ezen a felületen bármely két szo-

katlan időjárású periódus könnyedén összehasonlítható egymással (függetlenül az évszaktól, amelyben előfordultak). A térképes felületen egy kiválasztott időszakban láthatjuk mind a 70 állomás kategória-értékeit, 9 kisméretű térképen (amelyek a 9 szokatlan időjárási jelenségre vonatkoznak). A térképes felület legnagyobb előnye, hogy a kis kategória-értékek kiszűrésével (3 alatti) rögtön kirajzolódik egy adott időszak időjárási képe az országban (pl. meleg-száraz, szeles-csapadékos, stb.). A felhasználók ezen két aloldalon kiválaszthatják, hogy a három elérhető időablak (7, 14, 30 nap) közül melyikkel történjen a megjelenítés. Ezzel befolyásolható, hogy a szokatlan időjárású napok milyen hosszúságú időintervallumban kerüljenek beszámításra. A harmadik menüpontban a „Múltbatekintő” nevű felületet érhetik el a felhasználók, amelynek célja, hogy betekintést adjon a kategória-értékek mögé, a meteorológiai állomásokon mért értékek grafikus ábrázolásával. Itt – szintén 2002-től kezdve – bármely 14 napos időszak hőmérsékleti méréseit elő tudjuk hívni, illetve a szokatlanul csapadékos vagy szokatlanul szeles napokat egyedi piktogram jelöli.

A SzIA részét képezi az „AdatInfó” nevű aloldal, amely azon felhasználók számára lehet hasznos, akik kíváncsiak a magyarországi meteorológiai mérőhálózat tulajdonságaira. Az itt található térképen több mint 300 mérőállomás közül választhatunk, mely állomások adatai publikusan hozzáférhetők a HungaroMet Nonprofit Zrt. adattárában. Az egyszerűség kedvéért itt havi bontásban jelenik meg, hogy egy adott helyszínen mikor volt adathiány a mérésekben, illetve, hogy a három leggyakrabban mért meteorológiai változó (hőmérséklet, csapadék, szél) közül egyes helyszíneken melyeket mérik rendszeresen.

A felhasználóknak lehetősége van mindezen felül felfedezni a „Labor” menüpontot is, amelyben kísérleti jelleggel a meteorológiai adatokat más irányból dolgozzuk fel (pl. más módszerekkel, ábratípusokkal, színezéssel). Itt érhető el például a „Tetszőleges évkezdet” aloldal a felhasználók számára, ahol az éves középhőmérséklet és éves csapadékösszeg minden nap kiszámításra kerül mozgóátlag, illetve mozgóösszeg függvénnyel 70 magyarországi állomásra. Ezáltal olyan időszakok jelenhetnek meg, ahol a hőmérséklet vagy a csapadékösszeg magasabb/alacsonyabb, mint az éves összesítőkben fellelhető értékek. Kiváló példa erre a 2024-es év, ami Magyarországon 1901 óta a legmelegebbnek számít [1], ám ezen módszer alapján a 2023 szeptember elejétől 2024 szeptember elejéig tartó 1 évnyi időszak még ennél is melegebb volt, egyes állomások esetén több mint 0,5 °C-kal (4. ábra).



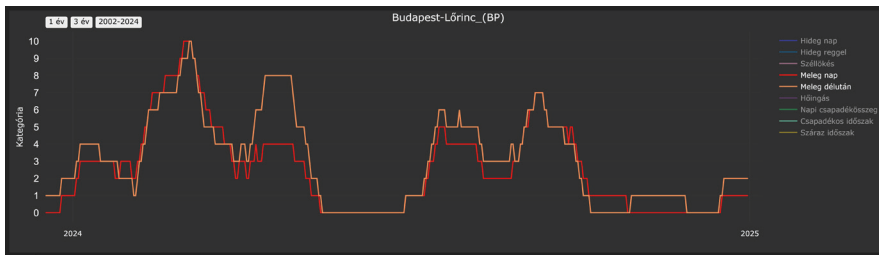
4. ábra. Éves középhőmérséklet mozgóátlag függvénye Csenger állomás esetén 2022 januárja és 2025 márciusa között. Az ország ezen szegletében 0,73 °C-kal volt melegebb a 2023 szeptember elejétől 2024 szeptember elejéig tartó időszak (13,61 °C), mint a 2024-es évre vonatkozó éves középhőmérséklet (12,88 °C).

Legvégül azon felhasználók számára is kiterjesztettük a SzIA funkcióit, akiket jobban érdekelnek a viszonylag aktuális meteorológiai adatok. Erre a célra az „Aktuális” menüpontban az idei és tavalyi évre (jelenleg 2025 és 2024) vonatkozó összefoglaló ábracsálódott hoztuk létre. Ezen ábrák minden nap frissítésre kerülnek (2025 esetében) az előző nap mérési adataival. A hőmérsékleti ábrákon a hideg és meleg anomáliák követhetők nyomon az adott helyszín klimatikus viszonyait figyelembe véve. Megtalálhatjuk ezen felül a napi csapadékösszegeket, a száraz periódusok hosszát, illetve a legerősebb széllekeéseket is a megértést könnyítő színezéssel rendelkező ábrákon.

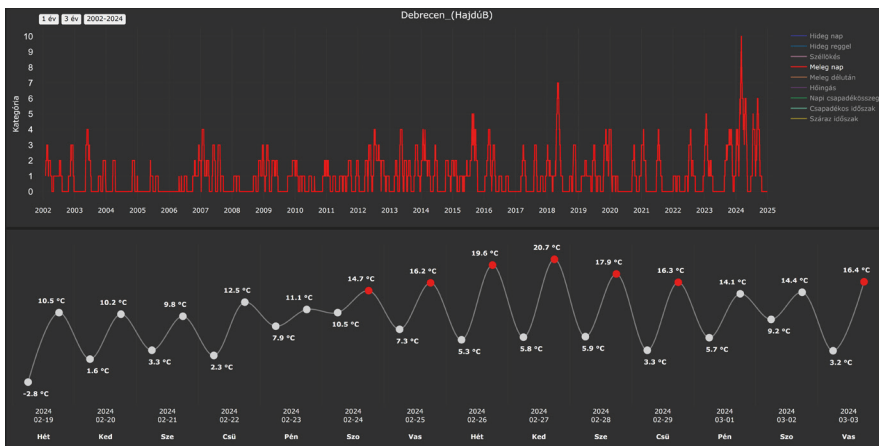
Esettanulmány

A SzIA részletesebb bemutatásához a 2024-es évet választottuk ki esettanulmánynak, ezen év példáján keresztül szeretnénk a platform lehetséges felhasználási formáit bemutatni. 2024 hazai és globális szinten is a legmelegebb évnél bizonyult a mérések kezdete óta (Magyarországon 1901 óta, globálisan pedig az iparosodás előtti átlaghőmérsékletnél több mint 1,5 °C-kal volt melegebb [2]). A továbbiakban az év szélsőséges periódusait három kiválasztott helyszínen (Szentgottárd, Budapest, Debrecen), illetve országosan is értékeljük a SzIA segítségével.

Elsőként a meleg szélsőségekre fókuszálva az 5. ábrán láthatjuk, hogy a 30 napos időablak használata mellett 3-5 szokatlan periódus volt 2024-ben, amelyek legintenzívebb részperiódusait a 7 napos időablakkal jeleníthetjük meg. A legszokatlanabb meleg időszak februárban jelentkezett, amely az ország jelentős részén (köztük Budapesten és Debrecenben) is 10-es kategória-értéket kapott. Ezen időszakban a minimumhőmérséklet rendszerint 5 °C fölött alakult (a szokásos -5 °C és 0 °C körüli értékek helyett), míg a maximumhőmérséklet az időszak nagyobb részében 15 °C körül volt (sőt, Debrecenben 20,7 °C-ot mértek



5. ábra. Meleg napok (piros vonal) és meleg délutánok (narancssárga vonal) kategória-értékei Budapest-Pestszentlőrincen 2024-ben, 30 napos időablakot alkalmazva.



6. ábra. Meleg napok (piros vonal) kategória-értékei Debrecenben 2002 és 2025 között, 30 napos időablakot alkalmazva (felül), illetve a 2024-es februári meleg időszak ábrázolása az „Múltbatekintő” funkció segítségével (alul). A szokatlanul meleg délutánokat pirossal jelöltük, az alsó grafikonon a felső érték a napi maximum-hőmérséklet, míg az alsó érték a napi minimum-hőmérséklet.

február 27-én). Az említett időszakban olyan anomáliák fordultak elő, amelyek alapján egyértelműen ez volt a legszokatlanabb meleg periódus a SZIA által lefedett 2002 óta tartó időszakban (Debrecen esetén például minden más periódus maximum 7-es kategória-értékkel rendelkezik csupán) (6. ábra). A kiemelkedő anomáliát szintén jól jelzi, hogy a február 3. és március 3. közötti 30 napból 23 volt szokatlanul meleg Budapesten és Debrecenben. Február vége a Föld megannyi pontján extrém melegnek bizonyult, nem csak hazánkban [3].

Az ország nyugati részén az említett februári meleg időszak nem mindenhol érte el a 10-es kategóriát, ám az augusztus közepétől szeptember elejéig tartó időszak igen. Ekkor Szentgotthárdon mind a meleg nap, mind a meleg délután elérte a 10-es kategóriát (7. ábra). Egy rövid időszakot leszámítva ebben a periódusban Szentgotthárdon a maximum-hőmérsékletek jellemzően 30 °C és 35 °C között, míg a minimum-hőmérsékletek 15 °C és 20 °C között mozogtak, amely minimumok augusztus végén, szeptember elején már szokatlanul számíthatnak ezen helyszín esetén. A meleg szélsőségeken felül szo-

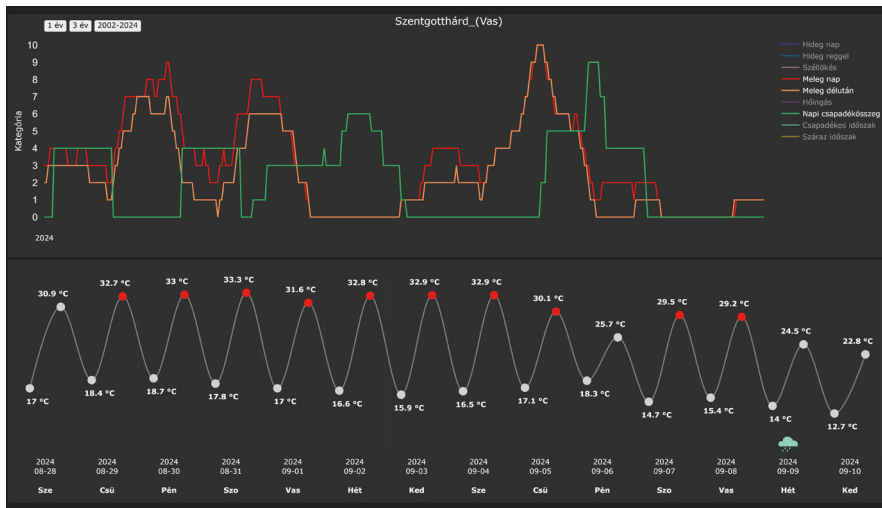
katlan csapadékmennyiségek is előfordultak Szentgotthárdon (pl. május elején és június elején, ami 6-os kategóriájú időszakot jelentett, valamint szeptember elején és október elején, ami viszont már 9-es kategóriájú időszakot eredményezett). A szeptemberi szokatlan csapadékmennyiség oka a „Boris” névre keresztelt ciklon volt, ami Közép-Európában súlyos árvizekkel járt, melynek következtében 27-en életüket veszítették [4].

Az év utolsó harmadában ún. összetett/komplex időjárási események (compound events, Leonard *et al.*, 2014) jelentek meg hazánkban, amikor egynél több szokatlan jelenség fordult elő egyszerre (8. ábra). Októberben a hideg reggelek és a meleg délutánok együttesen magas kategóriákat eredményeztek a hőingás terén. Országosan ekkor 70 meteorológiai állomásból 11 érte el legalább a 6-os

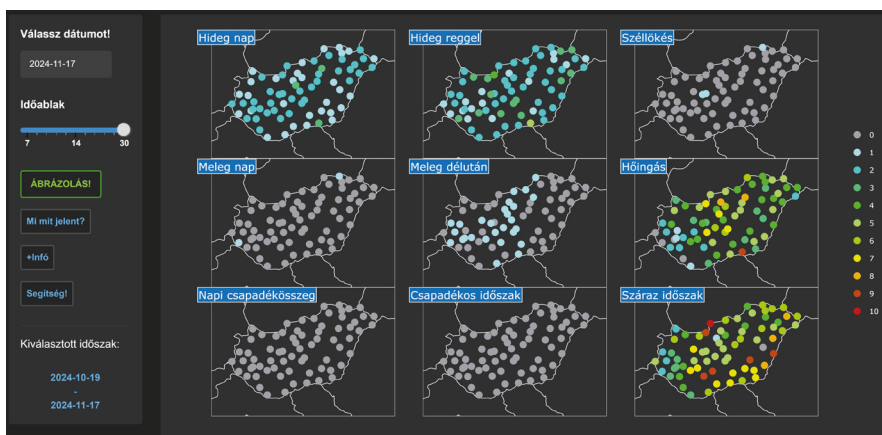
kategóriát a szokatlan hőingást tekintve (Szegeden 30-ból 18 nap volt szokatlan, amely ott 9-es kategóriát jelentett). Mindeközben egy szárazabb időszak vette kezdetét hazánkban, amely az ország középső és keleti részén volt erősebb. A 70 meteorológiai állomásból 50 legalább 5-ös kategóriát ért el a szokatlanul száraz időszak esetén, míg 9 helyszínen fordult elő legalább 8-as kategória-érték. Tésán (Pest megye legészakibb részén) 39 napig nem hullott csapadék, amely így 10-es kategória-értéket kapott. Szentgotthárdon ekkor 33, Budapesten 39, Debrecenben pedig 43 napos száraz időszakot regisztráltak. A rövidebb száraz időszakhoz ebben a példában azért kerülhet magasabb kategória-érték, mivel a módszertanunkban a száraz időszakot definiáló küszöbértékek helyspecifikusak.

Összefoglalás

Ebben a cikkben egy olyan módszertant, illetve egy ehhez kapcsolódó adatvizualizációs felületet mutattunk be, amely hasznos eszköz lehet a múltbeli időjárás



7.ábra. Meleg napok (piros vonal), meleg délutánok (narancssárga vonal) és napi csapadékösszeg (zöld vonal) kategória-értékei a 2024-es évben, Szentgotthárd állomáson, 30 napos időablakot alkalmazva (felül). Az augusztus végi hőhullám hőmérsékleti értékei, illetve egy szeptember 9-i szokatlan csapadékösszeg ábrázolása a „Múltbatekintő” funkcióval (alul).



8.ábra. A 9 szokatlan jelenség együttes ábrázolása a „Térkép” aloldalon. A 2024 október közepétől november közepéig tartó időszakban több helyen fordult elő szokatlanul hosszú száraz időszak, amelyhez a megszokottnál jóval nagyobb hőingás is társult.

megismeréséhez, illetve a meteorológiai szélsőségek jobb megértéséhez. Az általunk definiált módszerben a relatív szélsőségekre helyeztük a hangsúlyt, mivel ezen periódusok, események komoly károkat, kellemetlenségeket okozhatnak a mindennapokban. Ezen felül – szakítva a hagyományokkal – a szokatlan időjárású periódusokat nem a megszokott havi, vagy éves szinten összegeztük, hiszen általában az időjárás sem alkalmazkodik ezen keretrendszerhez. Ehelyett olyan időablakokat hoztunk létre, amelyekkel bármely tetszőleges időszak lefedhető, így elkerülve bizonyos szokatlan időjárású időszakok több részre bomlását.

A vizualizáció egyik fő részeként a szokatlanságot egyszerűsítve, kategória-értékek segítségével jelenítjük meg a felhasználók számára. Reményeink szerint ez könnyíti a megértést, illetve az „Állomás” aloldalon lehetővé teszi a különböző évszakokban előfordult szélsőséges időszakok összehasonlítását. A kategóriákat országos szinten elemezve, a „Térkép” aloldalon a felhasználók látványos képet kaphatnak az egyidőben előforduló különböző szokatlan jelenségekről, illetve ezen jelenségek intenzitásának földrajzi eloszlásáról.

A SzIA a kategóriák bemutatásán túl több olyan vizualizációs funkcióval rendelkezik, amelyek a felhasználók széles körének nyújthatnak hasznos információkat. Interaktív ábrákon keresztül ismerhetjük meg a hazai mérőhálózat tulajdonságait, vagy az idei év meteorológiai méréseit, melyek a statikus ábrákhoz képest sokkal több információt képesek átadni a felhasználók felé.

A platform dizájnjának kialakítása során törekedtünk a minimalizmusra, illetve arra, hogy a megjelenő ábrák színei és a szöveges részek vizuálisan jól elkülönüljenek. Ennek nyomán a SzIA a „sötét mód” elveit követi, amelyben a sötét háttér dominál, fehér szövegszínnel, élénk színválasztással az ábrák esetén.

A platform további fejlesztése során a felhasználók visszajelzéseire tervezünk támaszkodni akár formai, akár tartalmi tekintetben. Erre a célra létrehoztunk egy kérdőívet (a „Tudnivalók/Kérdőív” aloldalon), melynek kitöltése maximum 10-15 percet vesz igénybe. A kitöltéssel egyrészt a SzIA fejlesztésébe kapcsolódhatnak be aktívan az érdeklődők, másrészt a hazai tudománykommunikáció irányelveinek meghatározásában segíthetnek.

Köszönetnyilvánítás

Készült az RRF-2.3.1-21-2022-00014 azonosító-számú „Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium létrehozása” elnevezésű projektben a Magyarország Helyreállítási és Ellenállóképességi Tervének keretében, az Európai Unió Helyreállítási és Ellenállóképességi Eszközének támogatásával.

Irodalomjegyzék

- Bartholy, J., Pongrácz, R., and Hollósi, B., 2013: Analysis of projected drought hazards for Hungary, In: Advances in Geosciences. 8th EGU Alexander von Humboldt Conference ‘Natural Disasters, Global Change, and the Preservation of World Heritage Sites’ - 8th Alexander von Humboldt International Conference on Natural Disasters, Global Change, and the Preservation of World Heritage Sites, Cusco, Peru, 12-16 November 2012, Copernicus GmbH, 61–66. doi:10.5194/adgeo-35-61-2013
- Blanka, V., Mezősi, G., and Meyer, B., 2013: Projected changes in the drought hazard in Hungary due to climate change. *Időjárás*, 117, 219–237.
- Bokros, K., Lakatos, M., 2022: Hőségperiódusok vizsgálata Magyarországon a XX. század elejétől napjainkig. *Légekör*; 67(3): 130–140. <https://doi.org/10.56474/legkor.2022.3.2>
- Broska, L.H., Poganietz, W.-R., and Vögele, S., 2020: Extreme events defined—A conceptual discussion applying a complex systems approach. *Futures*, 115, 102490. doi:10.1016/j.futures.2019.102490
- Chang W, Cheng J, Allaire J, Sievert C, Schloerke B, Xie Y, Allen J, McPherson J, Dipert A, Borges B, 2025: shiny: Web Application Framework for R. R package version 1.10.0.9000, <https://github.com/rstudio/shiny>, <https://shiny.posit.co/>.
- IPCC, 2023: Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1st ed. Cambridge University Press. doi:10.1017/9781009157896
- Kis, A., Szabó, P., and Pongrácz, R., 2023: Spatial and temporal analysis of drought-related climate indices for Hungary for 1971–2100. *Hungarian Geographical Bulletin*, 72, 223–238. doi:10.15201/hungeobull.72.3.2
- Klein Tank, A., Zwiers, F., and Zhang, X., 2009: Guidelines on Analysis of Extremes in a Changing Climate in Support of Informed Decisions for Adaptation. *Technical Report WCDMP-No. 72, WMO-TD No. 1500, World Meteorological Organization*.
- Lakatos, M., Bihari, Z., Izsák, B., and Szentes, O., 2021a: Globális és hazai éghajlati trendek, szélsőségek változása: 2020-as helyzetkép. doi:10.1556/112.2021.00037
- Lakatos, M., Szentes, O., Cindrić Kalin, K., Nimac, I., Kozjek, K., Cheval, S., Dumitrescu, A., Iraşoc, A., Stepanek, P., Farda, A., Kajaba, P., Mikulová, K., Mihic, D., Petrovic, P., Chimani, B., and Pritchard, D., 2021b: Analysis of Sub-Daily Precipitation for the PannEx Region. *Atmosphere*, 12, 838. doi:10.3390/atmos12070838
- Leonard, M., Westra, S., Phatak, A., Lambert, M., van den Hurk, B., McInnes, K., Risbey, J., Schuster, S., Jakob, D., and Stafford-Smith, M., 2014: A compound event framework for understanding extreme impacts. *WIREs Climate Change*, 5, 113–128. doi:10.1002/wcc.252
- McPhillips, L.E., Chang, H., Chester, M.V., Depietri, Y., Friedman, E., Grimm, N.B., Kominoski, J.S., McPhearson, T., Méndez-Lázaro, P., Rosi, E.J., and Shafiei Shiva, J., 2018: Defining Extreme Events: A Cross-Disciplinary Review. *Earth's Future*, 6, 441–455. doi:10.1002/2017EF000686
- Mikes, M.Z., Pieczka, I., and Dezső, Zs., 2024: Characteristics and observed seasonal changes in Cold Air Outbreaks in Hungary using station data (1901–2020). *Hungarian Geographical Bulletin*, 73, 115–130. doi:10.15201/hungeobull.73.2.1
- Schmeller, G., Nagy, G., Sarkadi, N., Cséplő, A., Pirkhoffer, E., Geresdi, I., Balogh, R., Ronczyk, L., and Czigány, S., 2022: Trends in extreme precipitation events (SW Hungary) based on a high-density monitoring network. *Hungarian Geographical Bulletin*, 71, 231–247. doi:10.15201/hungeobull.71.3.2
- Spinoni, J., Antofie, T., Barbosa, P., Bihari, Z., Lakatos, M., Szalai, S., Szentimrey, T., and Vogt, J., 2013: An overview of drought events in the Carpathian Region in 1961–2010, In: Advances in Science and Research. 12th EMS Annual Meeting and 9th European Conference on Applied Climatology (ECAC) 2012 -, Copernicus GmbH, 21–32. doi:10.5194/asr-10-21-2013
- Spinoni, J., Lakatos, M., Szentimrey, T., Bihari, Z., Szalai, S., Vogt, J., and Antofie, T., 2015: Heat and cold waves trends in the Carpathian Region from 1961 to 2010. *International Journal of Climatology*, 35, 4197–4209. doi:10.1002/joc.4279

Internetes hivatkozások

- [1] <https://www.met.hu/rolunk/hirek/index.php?id=3511>
- [2] <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2024-first-year-exceed-15degc-above-pre-industrial-level>
- [3] <https://wmo.int/media/news/february-ends-extreme-and-unusual-heat>
- [4] <https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/focus/2024/storm-boris-and-european-flooding-september-2024>

Az internetes források utolsó hozzáféréseinek dátuma: 2025.03.27.



A Kárpátok éghajlati múltja és jövője: változások 1951 és 2100 között

Fritz Petra, Kis Anna

I HungaroMet Nonprofit Zrt, fritz.p@methu

DOI:10.56474/legkor.2025.3.3

A tanulmány célja a Kárpátok térségében 1951 és 2100 között végbemenő éghajlatváltozás elemzése. A múltban a hőmérséklet emelkedését detektálhattuk minden hónapban, a csapadék esetén pedig ősszel tapasztalhattunk nagyobb mértékű növekedést. A jövőre vonatkozóan három regionális klímamodell (HadGEM-RACMO22E, MPI-REMO2009-r1, IPSL-RCA4) szimulációja alapján vizsgáltuk a hőmérséklet- és csapadékváltozásokat két forgatókönyv (RCP4.5 és RCP8.5) esetén. Az eredmények szerint a hőmérséklet minden hónapban emelkedni fog, a legnagyobb változások télen és nyáron várhatók. A csapadék alakulása térben és időben erősen változó: télen jellemzően növekedés, nyáron csökkenés valószínűsíthető.

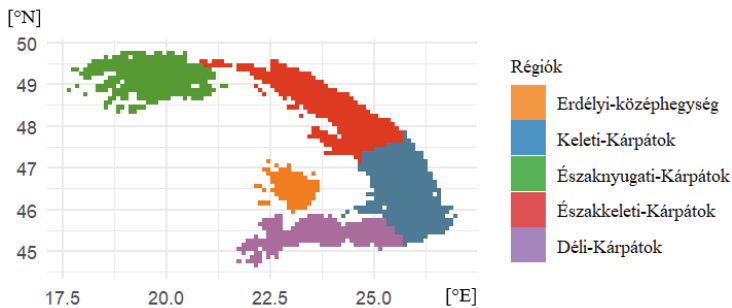
The past and the future of the Carpathians' climate: changes between 1951 and 2100

The aim of this study was to analyse climate change in the Carpathian Mountains between 1951 and 2100. Temperature increased in every month in the recent decades, while in the case of precipitation a greater increase occurred in autumn. Projected future changes of temperature and precipitation were also analysed, using three regional climate model simulations (HadGEM-RACMO22E, MPI-REMO2009-r1, IPSL-RCA4) under two different scenarios (RCP4.5 and RCP8.5). The results show a consistent temperature increase in all months, with the most pronounced changes projected for winter and summer. Precipitation patterns show strong spatial and temporal variability: winter is generally expected to become wetter, while summer may become drier.

A hegyvidéki területek különösen érzékenyek a felmelegedésre (Hock *et al.*, 2019; IPCC, 2021), hiszen az élőlények mozgástere függőleges irányban korlátozott, így a magasságfüggő élőhelyek fokozatos eltűnésével sok faj számára megszűnik az alkalmazkodás lehetősége. Emellett a változatos domborzat következtében a hótakaró, jég és permafroszt gyorsabban és érzékenyebben reagál a hőmérséklet-változásokra,

mint a síkvidéki térségeken. Tanulmányok szerint a hegyvidéki felmelegedés magasságfüggő, de ez nem minden esetben jelenti azt, hogy a hegyvidéki területek felmelegedése gyorsabb a síkvidékekhez képest, inkább arra utal, hogy rendszerszintű különbség következik be a felmelegedés mértékében a magasság emelkedésével (Pepin *et al.*, 2022).

Kutatásunk során a Kárpátokat érintő globális felmelegedés okozta változásokat vizsgáltuk. A Kárpátok Európa leghosszabb hegyvonulata, mely Közép-Európában húzódik, az Alpoktól a Balkán-hegységig, nyolc ország területét érintve, mintegy 1500 km-en keresztül. Az Eurázsiai-hegységrendszer tagjaként, az újidő harmadidőszakában gyűrődött fel. A hegység nagyrészt közrezárja a Kárpát-medencét (Futó, 1979). A magyar szakirodalom alapján négy fő részre tagolhatjuk a hegyláncot az eltérő szerkezeti, éghajlati és vízrajzi tulajdonságai alapján: Északnyugati-, Északkeleti-, Keleti- és Déli-Kárpátok (1. ábra). A Kárpátok részét képezi továbbá az Erdélyi-középhegység, amit a jelen tanulmányban külön nem vizsgáltunk. Az Északnyugati-Kárpátok a hegység legszelesebb része, melynek külső kristályos vonulatát jég által formált képződmények gazdagítják, és a gleccservájta völgyeket tengerszemek díszítik. Az Északkeleti-Kárpátok a legkeskenyebb része a hegységnek, központja igen csapadékos. Itt található például a Máramarosi-havasok, ami a egység legcsapadékosabb része. A Keleti-Kárpátok szabályosnak tekinthető vonulata ismét szélesebb, de az Északnyugati-Kárpátok szélességét nem éri el. A Déli-Kárpátok a legkevésbé tagolt része a hegységrendszernek; itt a legnagyobb az átlagmagasság, a hegycsúcsok legtöbbször 2000 m fölé magasodik (Balogh et al., 1975).



1. ábra. A Kárpátok alrégiói.

Fontos még megemlíteni, hogy a régió kiemelkedő a biológiai sokféleség szempontjából is, ami főként a nagy geodiverzitásnak köszönhető, illetve annak, hogy az elmúlt évszázadok során változott az éghajlat. Európa legnagyobb farkas és barnamedve populációi fedezhetők fel ezeken a területeken, illetve itt találhatók Nyugat- és Közép-Európa legnagyobb, érintetlen erdősegei is, számos endemikus fajnak (pl. zerge, vad-disznó, gímszarvas, eurázsiai hiúz) élőhelyként szolgálva (Gurung et al., 2009).

Adatok és módszertan

A kutatás keretében két múltbeli, 30 éves időszakra (1951–1980 és 1991–2020), valamint a jövőre (2071–2100) vonatkozó hőmérsékleti és csapadékviszonyokat vizsgáltuk. A múltbeli és jövőbeli változások számításához a szabadon felhasználható, Közép-Európa térségét lefedő FORESEE adatbázist használtuk (Dobor et al., 2014; Kern et al., 2024). A megfigyelt és projektált napi adatok az 1951–2100 közötti időszakra érhetők el, $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ -os rácson. 2023-ig megfigyelések alapján tartalmaz adatokat, a jövőre vonatkozóan pedig hibakorrigált regionális klímamodell-szimulációk alapján, melyek két scenáriót használnak (RCP4.5 és RCP8.5; van Vuuren et al., 2011). A jelenlegi kutatásban a FORESEE adatbázis v4.2-es verzióját használtuk fel a múltbeli adatok feldolgozásához és a v4.0-s verziót a klímamodell-szimulációk elemzéséhez. A FORESEE múltira vonatkozó adatai az E-OBS adatbázisra (Cornes et al., 2018) épülnek, a jövőbeli projekciók pedig az EURO-CORDEX program (Jacob et al., 2014) keretében készült regionális klímamodell-szimulációkon alapulnak. A jövőbeli éghajlati viszonyok elemzéséhez a FORESEE adatbázis 14 hibakorrigált regionális klímamodell szimulációja közül hármat választottunk ki: a HadGEM2-RACMO22E (GCM: MOHC-HadGEM2-ES, RCM: KNMI-RACMO22E), az MPI-REMO2009-r1 (GCM: MPI-M-MPI-ESM-LR, RCM: MPI-CSC-REMO2009), valamint az IPSL-RCA4 (GCM: IPSL-IPSL-CM5A-MR, RCM: SMHI-RCA4) szimulációit, szakirodalmi értékelések alapján.

A jelen kutatás célterületét a következők szerint határoztuk meg, a szakirodalom figyelembevételével: lehatároltuk a hegységet lefedő téglalapot (é.sz. $43,1^\circ$; é.sz. $51,0^\circ$; k.h. $15,9^\circ$; k.h. $28,3^\circ$), majd figyelembe vettük a domborzatot, és az 500 m feletti pontokat válogattuk le. Így módon egy maszkot készítettünk a Kárpátok területére, amelynek segítségével a letöltött meteorológiai adatfájlokból lehatároltuk a célterületet.

Az elmúlt évtizedekben történt változások vizsgálatához az 1951–1980-as és az 1991–2020-as időszakot választottuk. Az átlagos hőmérsékleteket és csapadékösszegeket havi bontásban számítottuk ki a két 30 éves periódusra vonatkozóan, majd az átlagos értékeket, az éven belüli eloszlást, valamint a két tanulmányozott időszak különbségeit vizsgáltuk.

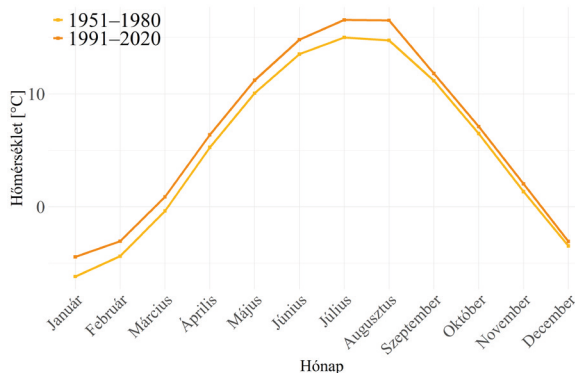
A jövőre vonatkozó vizsgálataink során a 2071–2100-as időszakot hasonlítottuk össze az 1991–2020-as referencia-időszakokkal. Az elemzés két kulcsfontosságú éghajlati paraméter – az átlaghőmérséklet és a csapadékmennyiség – várható alakulására fókuszált, a három

kiválasztott klímamodell-szimuláció alapján, két különböző scenárió (RCP4.5 és RCP8.5) esetén. Szignifikancia-vizsgálatot is végeztünk annak érdekében, hogy statisztikai szempontból is értékelhető legyen a jövőben várható változás. Ennek során a nemparaméteres Mann–Whitney-próba (MacFarland és Yates, 2016) került alkalmazásra, amely lehetővé teszi két független minta – jelen esetben a referencia-időszak (1991–2020) és a jövőbeli periódus (2071–2100) – mediánjainak összehasonlítását. A próba azt vizsgálja, hogy statisztikai szempontból szignifikáns különbség mutatható-e ki a két időszakra vonatkozó meteorológiai változók középértékei között.

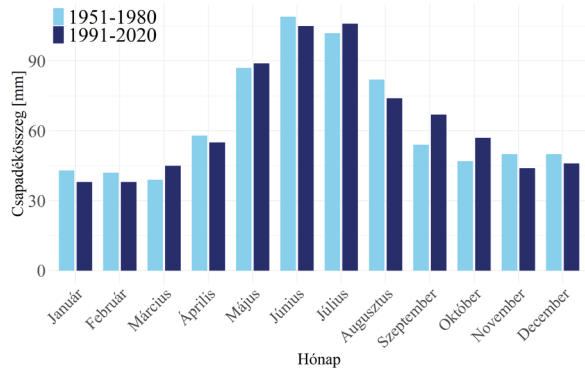
Eredmények

A múltban detektált változások

A hőmérséklet alakulását a mérsékelt övi kontinentális jelleg határozza meg, hideg telekkel és hűvösebb vagy meleg nyarakkal (Torma, 2019). A havi átlaghőmérsékleteket tekintve (2. ábra) az év minden hónapjában melegedés volt tapasztalható az 1951–1980-as és az 1991–2020-as időszakok között, különösen januárban, júliusban és augusztusban (rendre 1,7 °C; 1,5 °C; és 1,8 °C). A melegedés mértéke decemberben volt a legkisebb (0,4 °C). A görbe alakja nem változott jelentősen, de az egész éves hőmérséklet-profil megemelkedett, ami a globális felmelegedés regionális megnyilvánulására utal. A melegedés a hegység minden alrégiójában kimutatható, de legerősebben (2,2 °C augusztusban) az Északnyugati-Kárpátokban volt észlelhető. A változás mértéke szeptember és december között kisebbnek adódott, és a régiók közül a Keleti-Kárpátokban volt a legalacsonyabb (0,1–0,2 °C).



2. ábra. A havi átlaghőmérséklet [°C] a vizsgált két 30 éves időszakban a Kárpátok területén a FORESEE adatbázis alapján.

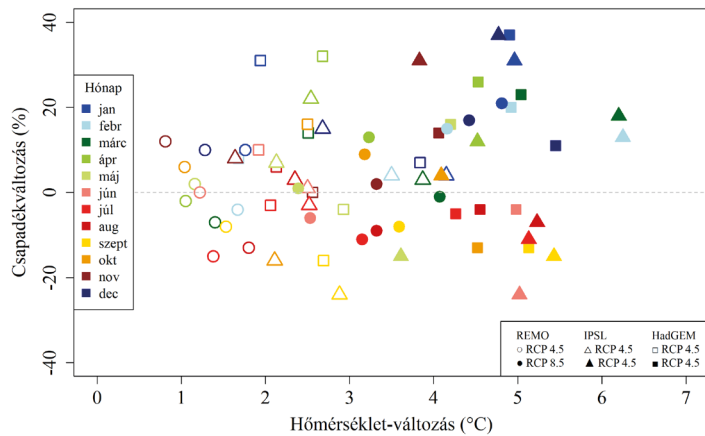


3. ábra. A havi átlagos csapadékmennyiség [mm] a vizsgált két 30 éves időszakban a Kárpátok területén a FORESEE adatbázis alapján.

A 3. ábra a havi csapadékösszegek átlagait hasonlítja össze a két vizsgált időszakra vonatkozóan. A csapadékeloszlás jellegzetesen nyári maximumot (június–július: 102–109 mm/hónap) és téli minimumot (december–január: 43–50 mm/hónap) mutat az 1951–1980-as periódusban. Korábbi kutatások is igazolták, hogy a hegységben nyáron jellemző a csapadékmaximum és télen a csapadékminimum (Torma, 2019). A csapadék szezonális nem változott jelentősen az 1991–2020-as időszakra, ugyanakkor több hónapban is csapadéknövekedés (kb. 10–50%) figyelhető meg (különösen szeptemberben és októberben), míg pl. augusztusban a csapadék jelentősebb csökkenése (15–20%) volt tapasztalható. A különböző régiók vizsgálata alapján a nyári csapadékmaximumok általánosságban enyhe csökkenést mutattak, a Keleti-Kárpátok kivételével. Az őszi hónapokban – különösen szeptemberben-októberben – több térségben is csapadéknövekedés volt megfigyelhető, de a Keleti- és a Déli-Kárpátokban novemberben kb. 20–35%-os csökkenés lépett fel. Az év első két hónapjában az Északnyugati- és Északkeleti-Kárpátokban több csapadék hullott az 1991–2020-as időszakban 1951–1980-hoz képest, míg a másik két alrégióban csökkenést figyelhetünk meg. Márciusban és áprilisban nem következett be jelentős változás a két időszak között, májusban pedig ellentétes előjelű volt a csapadékváltozás iránya az északabbra (növekedés), illetve délebbre fekvő (csökkenés) alrégiók között.

A jövőben várható változások

A 4. ábra a 2071–2100-as időszakra várható havi hőmérséklet- és csapadékváltozásokat mutatja be a három klímamodell szimulációja alapján, két különböző forgatókönyv (RCP4.5 és RCP8.5) szerint,



4. ábra. A 2071–2100-as időszakra várható havi hőmérséklet- és csapadékváltozás a Kárpátokban, a három klímamodell-szimuláció alapján, két forgatókönyv szerint (referencia-időszak: 1991–2020).

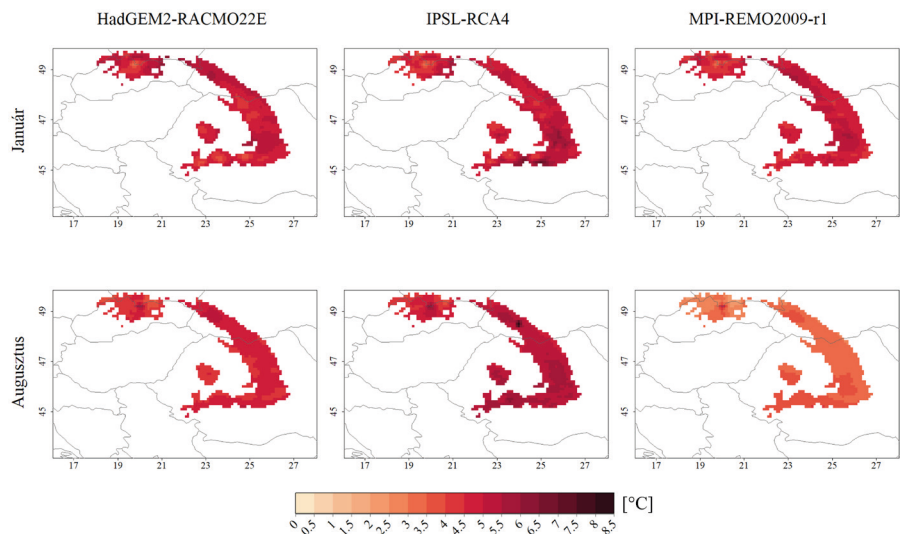
az 1991–2020-as referencia-időszakhoz képest. A hónapok különböző színekkel, a modellek és forgatókönyvek pedig különböző szimbólumokkal vannak kódolva.

A hőmérsékletnövekedés minden hónap, szimuláció és forgatókönyv esetében megfigyelhető, de a két forgatókönyv alapján kapott eredmények jól elkülöníthetők egymástól. A hőmérséklet emelkedése a legtöbb esetben 2–5 °C között változik, de az RCP8.5 szcenárió esetén jellemzően magasabb, akár 5–6 °C-os növekedés is előfordulhat. A csapadékváltozás iránya és mértéke évszakonként és modellszimulációk szerint is jelentősen eltér. A nyári hónapokban nagyrészt csökkenő csapadékokat mutatnak az eredmények, akár 20% körüli értékekkel, főleg az RCP8.5 esetén. A téli hónapokban ugyanakkor a csapadékmennyiség növekedését láthatjuk; jellemzően 10–35% közötti a becslült változások mértéke.

Az MPI-REMO2009-r1 modellszimuláció az RCP4.5 szcenárió alapján (üres körök) általában kisebb hőmérsékletváltozást valószínűsít, míg az IPSL-RCA4 és HadGEM-RACMO22E modellek az RCP8.5 szcenárió mellett (kitöltött háromszögek és négyzetek) gyakran mutatnak kiugróan magas várható hőmérséklet-emelkedést. Az RCP8.5 forgatókönyv

szerint az IPSL-RCA4 modellszimuláció alapján a legnagyobb (> 5 °C) hőmérséklet-változások februárban, márciusban, valamint a nyári hónapokban várhatók. A HadGEM-RACMO22E modell esetében ezzel szemben a legtöbb hónapra jellemző, hogy a melegedés mértéke megközelíti (vagy egyes esetekben akár meghaladja) az 5 °C-ot a pesszimista szcenárió szerint.

A szignifikancia-vizsgálat eredményei alapján az év mind a 12 hónapjában szignifikáns hőmérséklet-emelkedés várható valamennyi vizsgált modellszimuláció és szcenárió esetén. Egyedül az MPI-REMO2009-r1 modellszimuláció novemberi értékeinél nem mutatkozott statisztikailag szignifikáns eltérés a múltbeli és a jövőben várható értékek között, az RCP4.5 szcenárió esetén. A csapadékszimulációkat tekintve nagyobb a bizonytalanság, így a jövőre becslült változások csak néhány esetben bizonyultak szignifikánsnak. Nevezetesen, januárban mindhárom klímamodell-szimuláció szerint a csapadék szignifikáns növekedése valószínűsíthető az RCP8.5 esetén, sőt, a HadGEM2-RACMO22E alapján az RCP4.5 figyelembevételével is. Ugyanakkor a HadGEM2-RACMO22E alapján áprilisban is szignifikáns növekedés várható mindkét szcenárió szerint, míg az MPI-REMO2009-r1 modellszimuláció februárra, az IPSL-RCA4 pedig novemberre és decemberre mutat szignifikáns változást az RCP8.5 esetén. Szignifikáns csökkenés csupán egyetlen esetben adódott: az IPSL-RCA4 szimulációja alapján, szeptemberben, az RCP4.5-ös forgatókönyvet tekintve.



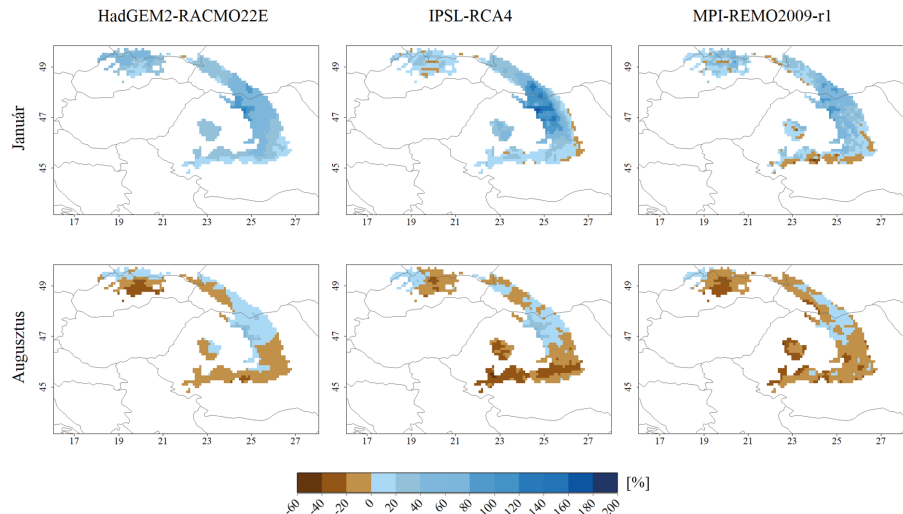
5. ábra. A januári és augusztusi középhőmérséklet-változás [°C] alakulása a 2071–2100-as időszakra (az 1991–2020-as referencia-időszakhoz képest) a három klímamodell-szimuláció alapján, az RCP8.5 forgatókönyv szerint.

Az 5. ábra a jövőben várható januári és augusztusi hőmérsékletváltozás területi eloszlását mutatja be az RCP8.5 forgatókönyv alapján az egyes klímamodell-szimulációk szerint, szemléltetve, hogy a Kárpátok különböző részeit milyen mértékben érintheti a felmelegedés. Januárban a valószínűsíthető hőmérséklet-emelkedés mértéke nagy területen meghaladja a 4–5 °C-ot, azonban például az Északnyugati-Kárpátok középső részén ez kevesebb (3–3,5 °C), valamint az Északkeleti-Kárpátok belső területein is mérsékeltebb a melegedés a többi területhez képest (3,5–4 °C). Augusztusra vonatkozóan a három modellszimuláció az előzőnél kisebb mértékű, helyenként csak mérsékelten megjelenő hőmérséklet-emelkedést valószínűsít a Kárpátok térségében. Az MPI-REMO2009-r1 modell alapján a változás nagy része 2–3,5 °C közötti, míg a HadGEM2-RACMO22E és az IPSL-RCA4 modellek eredményei lokálisan +4–5 °C-ot is meghaladó értékeket mutatnak, főként az Északkeleti- és Keleti-Kárpátok egyes részein. A modellszimulációk közötti eltérések augusztus esetében jelentősebbek, mint januárban.

A 6. ábrán látható, hogy a csapadékmennyiség jövőbeli várható változása hogyan jelenik meg a Kárpátok egészét tekintve január, illetve augusztus hónapban az RCP8.5 scenárió esetén. Míg a HadGEM2-RACMO22E alapján januárban a hegység teljes területén csapadéknövekedés figyelhető meg, az IPSL-RCA4 és az MPI-REMO2009-r1 alapján több területen is csapadékcsökkenés várható. Az északnyugati és déli területeken ez 50–25%-os változást is jelenthet. Augusztusban mindhárom modellszimuláció egyöntetűen a csapadékmennyiség kiterjedt csökkenését projektálja, különösen az Északnyugati- és Déli-Kárpátok, valamint az Erdélyi-középhegység egyes területein, ahol helyenként elérheti a 50–30% közötti értékeket.

Összefoglalás

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy a Kárpátokban várható éghajlati változások negatív következményekkel járhatnak, a térség a 21. század során komoly



6. ábra. A januári és augusztusi csapadékmennyiség-változás [%] alakulása a 2071–2100-as időszakra (az 1991–2020-as referencia-időszakhoz képest) a három klímamodell-szimuláció alapján, az RCP8.5 forgatókönyv szerint.

kihívásokkal nézhet szembe, a hőmérséklet-emelkedés, a csapadékeloszlás átrendeződése és az ezekhez kapcsolódó természeti és társadalmi hatások miatt.

Az eredmények alapján a térség egészét tekintve egyértelmű melegedés figyelhető meg. Az 1991–2020 közötti időszakban – az 1951–1980-as periódushoz képest – januártól márciusig, illetve júniustól augusztusig átlagosan 1,5–2 °C-kal magasabb havi középhőmérsékleteket detektálhattunk. Az alrégiókat is figyelembe véve a legnagyobb mértékű melegedés (2,2 °C) augusztusban jelentkezett az Északnyugati-Kárpátokban, míg a szeptembertől decemberig tartó időszakban minimális változás következett be a Keleti-Kárpátokban. A csapadékvizonyok tekintetében térben és időben változó tendenciák figyelhetők meg: a nyári maximumok enyhén csökkentek, míg az őszi hónapokban – különösen szeptemberben és októberben – több régióban is csapadéknövekedés volt tapasztalható.

A klímamodell-szimulációk alapján a Kárpátokban egyértelmű melegedés várható a 2071–2100-as időszakra, amelynek mértéke scenáriófüggő: az RCP4.5 esetén 2–3 °C körüli, míg az RCP8.5 esetén akár 5–6 °C-ot is elérhet egy-egy hónapban. A hőmérsékletemelkedés egy eset kivételével statisztikailag szignifikánsnak bizonyult. A csapadékprojekciók eredményei már nagyobb bizonytalanságot mutattak, azonban kirajzolódott néhány szezonális mintázat: télen általánosan csapadéknövekedés valószínűsíthető (ami az RCP8.5 esetén januárban szignifikánsnak bizonyult mindhárom szimuláció szerint), nyáron viszont a modellek nagyrészt csökkenést jeleztek.

A télen várható melegebb és csapadékosabb viszonyok következtében a havazás arányaiban csökkenhet, így az esőzések gyakoribbá válhatnak. Ez a változás hatással lehet az árhullámok kialakulásának idejére és esetlegesen az árvizek gyakoriságára is. Nyáron ugyanakkor a melegedéshez csökkenő csapadékmennyiség társul a szimulációk szerint, ami fokozza az aszály kockázatát – ez különösen érzékenyen érintheti a természetes vegetációt és az ökoszisztémák vízellátottságát. Ezen potenciális hatások megismeréséhez és az esetleges alkalmazkodási stratégiák kidolgozásához további, részletesebb vizsgálatok, hatástanulmányok szükségesek.

Irodalomjegyzék

- Balogh, B.A., Bencze, I., Benedek, E., Bora, Gy., Dudás, Gy., Enyedi, Gy., Jakucs, P., Katona, S., Lettrich, E., Miklós, Gy., Pécsi, M., Sárvalyi, B., Szegedi, N., Székely, A., Szilárd, J., and V. Tajti, E., 1975: Európa koszorúja: a Kárpátok. In: Európa. Gondolat Kiadó, Budapest. pp. 260–277.
- Cornes, R., van der Schrier, G., van den Besselaar, E.J.M., and Jones, P.D., 2018: An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Datasets. *JGR Atmospheres*, 123 (17), 9391–9409. <https://doi.org/10.1029/2017JD028200>
- Dobor, L., Barcza, Z., Hlásny, T., Havasi, Á., Horváth, F., Itzés, P., and Bartholy, J., 2014: Bridging the gap between climate models and impact studies: The FORESEE Database. *Geoscience Data Journal*, 2, 1–11. <https://doi.org/10.1002/gdj3.22>
- Futó, J., 1979: A Kárpátok. In: Kontinensek földrajza I. Tanácskiadó, Budapest. pp. 193–202.
- Gurung, A.B., Bokwa, A., Chelmeicki, W., Elbakidze, M., Hirschmugl, M., Hostert, P., Ibsch, P., Kozak, J., Kuemmerle, T., Matei, E., Ostapowicz, K., Pociask-Karteczka, J., Schmidt, L., van der Linden, S., and Zebisch, M., 2009: Global Change Research in the Carpathian Mountain Region. *Mountain Research and Development*, 29 (3), 282–288. <https://doi.org/10.1659/mrd.1105>
- Hock, R., Rasul, G., Adler, C., Cáceres, B., Gruber, S., Hirabayashi, Y., Jackson, M., Kääb, A., Kang, S., Kutuzov, S., Milner, A., Molau, U., Morin, S., Orlove, B., and Steltzer, H., 2019: High Mountain Areas. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 131–202. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.004>
- IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O.B., Bouwer, L.M., Braun, A., Colette, A., Déqué, M., Georgievski, G., Georgopoulou, E., Gobiet, A., Menut, L., Nikulin, G., Haensler, A., Hempelmann, N., Jones, C., Keuler, K., Kovats, S., Kröner, N., Kotlarski, S., Kriegsmann, A., Martin, E., van Meijgaard, E., Moseley, C., Pfeifer, S., Preuschmann, S., Radermacher, C., Radtke, K., Rechid, D., Rounsevell, M., Samuelsson, P., Somot, S., Soussana, J.-F., Teichmann, C., Valentini, R., Vautard, R., Weber, B., and You, P., 2014: EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14, 563–578. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>
- Kern, A., Dobor, L., Hollós, R., Marjanovic, H., Torma, Cs.Zs., Kis, A., Fodor, N., and Barcza, Z., 2024: Seamlessly combined historical and projected daily meteorological datasets for impact studies in Central Europe: The FORESEE v4.0 and the FORESEE-HUN v1.0. *Climate Services*, 33, 100443. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100443>
- MacFarland, T.W., Yates, J.M., 2016: Mann–Whitney U Test. In: *Introduction to Nonparametric Statistics for the Biological Sciences Using R*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30634-6_4
- Pepin, N.C., Arnone, E., Gobiet, A., Haslinger, K., Kotlarski, S., Notarnicola, C., Palazzi, E., Seibert, S., Schöner, W., Terzago, S., Thornton, J.M., Vuille, M., and Adler, C., 2022: Climate Changes and Their Elevational Patterns in the Mountains of the World. *Reviews of Geophysics*, 60, e2020RG000730. <https://doi.org/10.1029/2020RG000730>
- Torma, Cs.Zs., 2019: Detailed validation of EURO-CORDEX and Med-CORDEX regional climate model ensembles over the Carpathian Region. *Időjárás*, 123 (2), 217–240. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2019.2>
- van Vuuren, D.P., Edmonds, J.A., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A.M., Hibbard, K., Hurtt, G.C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S.J., and Rose, S., 2011: The Representative Concentration Pathways: An Overview. *Climatic Change*, 109, 5–31. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>

MEGVÁSÁROLHATÓ

4500 Ft

FELHŐATLASZ

A felhőkről mindenkinek

Mi alapján különböztetjük meg a felhőket?

Hogyan jönnek létre, mi a nevük és milyen érdekességek fűződnek a felhőkhöz?

Milyen időjárás-változás várható az egyes felhők megjelenésekor?

Milyen veszélyes jelenséget látunk: szupercellát, peremfelhőt vagy felhőtölcsért?

Mit tudunk a szivárványról, halóról, délibábról és más légköroptikai jelenségekről?

Ezekre és más kérdésekre is választ kaphat az Olvasó a könyvben.

312 oldal, 305 felhőfotó a Kárpát-medencéből



A könyv megrendelhető
a rendezveny@met.hu e-mail címen.

VEDD MEG, VAGY OLVASD ONLINE!

Réthy Antal "Időjárási események és elemi csapások Magyarországon" című négykötetes műve megvásárolható, vagy elérhető digitalizált formában is.

A négy kötet ára 10.000 Ft.



MEGVÁSÁROLHATÓ

4900 Ft

A LÉGTÜNEMÉNYTANTÓLA KÁOSZELMÉLETIG

MAGYAR METEOROLÓGIAI BIBLIOGRÁFIA

A múlt tanulmányozása segíthet abban, hogy tisztábban lássuk: merre érdemes haladnunk a jövőben.

Bozó László és Mészáros Ernő akadémikusok célja, hogy átfogó képet nyújtsanak a magyar nyelvű meteorológiai szakirodalomról, Berde Áron Légtüneménytan című művétől kezdve egészen napjainkig, kötetünkben részletesen ismertetve a hazánkban megjelent meteorológiai témájú tudományos kiadványokat.



A könyv megrendelhető a rendezveny@met.hu e-mail címen



Dr. Antal Emánuel

Az alábbiakban a LÉGKÖR tisztelettel megemlékezik az elhunyt szerteágazó, gazdag szakmai pályafutásáról, felhasználva hozzá a *Légkör* 57. évf. 1. (2012)-ben megjelent Dr. Antal Emánuel 80 éves c. szerkesztőségi cikkét.

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) TTK meteorológus szakát 1955-ben végezte el. Kitüntetéses diplomát kapott. Pályafutása az Országos Meteorológiai Intézetben dr. Dési Frigyes igazgató mellett tudományos titkárként kezdődött, majd beosztásai a ranglétrán növekvő sorrendben következőképpen alakultak: tudományos gyakornok, tud. segédmunkatárs, tud. munkatárs, csoportvezető, osztályvezető helyettes, osztályvezető, főosztályvezető, h. igazgató, tudományos elnökhelyettes, mb. elnök, majd már nyugdíjasként miniszteri tanácsadó, miniszteri biztos és újból OMSz mb. elnök.

Az Országos Meteorológiai Szolgálaton (OMSz) belül szerteágazó kutató-fejlesztő munkát végzett, amelyeket többnyire a gyakorlati igényekből fakadóan saját ötletei alapján, a Szolgálat vezetésének egyetértésével kezdeményezett. Ezek többsége rendszerint valamilyen aktuális gazdasági problémafelvetéshez kapcsolódott, ezért előteremthetők voltak a feladat végrehajtásához szükséges anyagi eszközök és a kidolgozott innovációs programok végrehajtásra kerülhettek. Emellett tevékenységének jelentős részét (sokszor nagyobbik részét) a szervezői, irányítói, vezetői feladatok tették ki.

Időrendi sorrendben az alábbi témakörökben kezdeményezett eredményesen záruló programokat:

A Balaton-kutatás keretében kidolgozta, szervezte, végezte, illetve irányította a terep-klimatológiai kutatási részprogramot, amely korszerű sugárzás-, hő- és

vízháztartás méréseken alapult (1958–1963). Kidolgozta a Balaton párolgásának számítási modelljét, amit azóta is alkalmaznak a vízügyi szakemberek. Egyetemi doktori disszertációját 1961-ben „summa cum laude” minősítéssel védte meg az ELTE-n, amelynek címe „Az evapotranspiráció meghatározása”.

Az öt éven át tartó Balaton-kutatás során végzett párolgási vizsgálatok alapozták meg későbbi kutatásainak tárgyát, nevezetesen a növényállományok potenciális, optimális és tényleges evapotranspirációjának, azaz vízigényüknek és vízfogyasztásuknak behatóbb elemzését. A párolgási témakör végigkísérte egész pályafutását.

A Balaton-kutatás eredményei alapján született meg a *Balaton éghajlata* (szerk.: Béll B., Takács L., 1974, 314 old.) című könyv, melynek 2. és 3. fejezetének szerzője Antal Emánuel (147–273. old.), valamint közel 25 tudományos közlemény. Ezek közül említésre méltó a levendula állomány mérési adataiból készült tanulmánya, amely az *Acta Agronomica*-ban jelent meg angolul (*Is plant growth determined by internal water balance and turgor in the cells or by external factors?* *Acta Agronomica*, Academiae Scientiarum Hungaricae, 1972, *Tomus* 21, pp. 458–468). A cikk különlenyomatát 22 ország 32 intézetének kutatói kérték meg.

A Balaton-kutatás keretében végzett korszerű sugárzás-, hő- és vízháztartási mérőprogram jelentette számára azt a szakmai kulcsot, amivel kinyithatta

a helyszíni méréseken alapuló terepklimatológiai, mikrometeorológiai, majd az agrometeorológiai témakörökben feltárandó és válaszra váró kérdéskörök világát. Alapelvének tekintette azt az elvet a mikro- és agrometeorológiában, hogy mérni, feldolgozni, kutatni és írásban közreadni kell. Ennek alapján a növényeket helyszíni mérésekkel kell „faggatni” arról, hogy mekkora a sugárzás-, fény-, hő- és vízigényük különböző időjárási viszonyok és éghajlati körülmények között. Ilyen esetekben csakis fizikai és biológiai mérések, s az erre alapozott matematikai modellek igazíthatják el a kutatót a növényfajok agrometeorológiai igényeinek világában. Bár előzetesen is sejtette, az évek során azonban a gyakorlatban is bebizonyosodott, hogy a kutató és kísérleti állomások szervezése, a rendszeres adatgyűjtés, feldolgozás és elemzés fáradságos és időigényes munka, a kutatásnak mégis ezt az útját választotta.

Antal Emánuel érdeklődése ezután a növények vízháztartásának vizsgálata felé fordult. Kandidátusi témája keretében Szarvason kutatóállomást, majd obszervatóriumot létesített, ahol komplex hő- és vízháztartás mérésekkel a növényi vízigényeket határozta meg öntözésmeteorológiai kutatások tudományos megalapozásához (1963–1992). Az általa Szarvason bevezetett közvetlen párolgásmérési módszer (evapotranspiráció) teljesen új kezdeményezés volt nemcsak Magyarországon, hanem többé-kevésbé európai viszonylatban is.

A Szarvason végzett kísérleti mérésekből származó adatbázis tette számára lehetővé, hogy feltárja az egyes növényfajok vízigényét és vízfogyasztását különböző időjárási viszonyok között. A vizsgálatok végső célja olyan agrometeorológiai előrejelző modellek kidolgozása volt, amelyek lehetővé tették a potenciális evapotranspirációnak, illetve a különböző növényállományok vízigényének (optimális evapotranszpirációjának), tényleges vízfogyasztásának (aktuális evapotranspirációjának) naponkénti nyomon követését klímaadatok igénybevételével. Mindhárom párolgási típus meghatározására fizikailag megalapozott számítási módszert dolgozott ki.

Az 1968-ban „summa cum laude” minősítéssel megvédett „Az öntözés előrejelzése meteorológiai adatok alapján” című kandidátusi értekezésében kidolgozott párolgás számítási modelleket (PE, ET és optimális ET) számos hazai és külföldi intézményben használják napjainkban is, és több egyetem is beemelte tananyagába. A szarvasi vizsgálatok alapján számos publikáció és doktori disszertáció született az OMSz Agrometeorológiai Főosztályán dolgozó kutatók tollából is (a főosztály létszáma az 1970-es években 54 fő volt).

Országos evapotranspirométeres mérőhálózatot hozott létre a különböző növényállományok vízigényének, öntözővíz szükségletének és öntözési időpontjának modellezéséhez, előrejelzéséhez, illetve az öntözővíz normák tudományos megalapozásához (1965–1973) az Országos Vízügyi Hivatal megbízásából a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen. A kutatás legfőbb eredménye volt a tudományosan megalapozott új, országos öntözési norma, amit miniszteri rendeletben adtak közre. E munka szervezéséért és irányításáért kapta meg az Országos Vízügyi Hivataltól a „Vízgazdálkodás Kiváló Dolgozója” kitüntetést 1971-ben.

A következő nagy projekt a Fertő tavi kutatás megszervezése és irányítása volt, amit a Győri VIZIG finanszírozott. A mérési és kutatási program végrehajtásához Fertőrákoson kutatóállomást létesített a tó fölötti épülettel és egy igen részletes mérési-adatgyűjtési programmal. A közvetlen meteorológiai, sugárzási- és hőháztartás méréseken túlmenően kihelyezésre került a tavon úszó párolásmérő, továbbá evapotranspirométerek a nádállomány vízfogyasztásának (párologtatásának) folyamatos nyomon követése céljából. Ez a kutatás több mint tíz éven át folyt (1968–1980). A programba a harmadik évtől bekapcsolódott az Osztrák Meteorológiai Intézet is. A több évi vizsgálat főbb eredményeit az osztrákokkal közös kiadású *Das Klima des Neusiedler Sees* című német nyelvű könyvben (szerzők: E. Antal, A. Dávid, H. Dobesch, E. Fürst, E. Kozma, F. Kozma. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik – Orsz. Meteorológiai Szolgálat, 1991, pp. 112) adták közre. Kézzel fogható eredmény a Fertő tóra kidolgozott párolgásszámítási módszer. A számítási modellt a VIZIG használta a Fertő tó napi párolgásának meghatározására. A Fertő tavi kutatás anyagából doktori disszertációk, ötvennél több tanulmány és két könyv látott napvilágot. Antal Emánuel ekkor már több kutató munkáját irányította tudományos iskolateremtő képességei alapján.



Dr. Antal Emánuel 30 évesen.

A Keszthelyi Agrártudományi Egyetem kísérleti telepén 1968-ban hozott létre komplex agrometeorológiai kutatóállomást. Itt az elsődleges cél a szántóföldi kultúrák tápanyagellátása (műtrágyázás) és a növényállományok evapotranspirációjának vizsgálata volt az időjárási elemek függvényében.

Kiváló szakmai felkészültségét tovább gazdagíthatta a Meteorológiai Világszervezettől (WMO) kapott ösztöndíjjal 1972–1973-ban (USA és. Szovjetunió), amikor is lehetősége nyílt a korszerű agro- és hidrometeorológiai mérések és kutatási módszerek megismerésére számos egyetemen és kutatóintézetben.

Részt vett a Meteorológiai Világszervezet „1977 Monszun expedíció” kutatási programjában (1977. április–szeptember) az Indiai-óceánon.

Pályafutása egyik legnagyobb kihívásának tekintette Antal Emánuel az ún. Konzerv K+F Programot. Mellőzve a részleteket, ez egy nagy volumenű kutatás-fejlesztési szerződés volt az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság (OMFB), a Nyíregyházi Konzervgyár és az OMSz között, illetve az OMSz és tíz alvállalkozó kutatóintézet és tanszék között. Megtervezte, szervezte és irányította a *Nyíregyházi Kutatás Fejlesztési (K+F) Konzerv Program*-ot, egy „integrált számítógépes zöldségtermelés-irányító mintarendszer” kidolgozása és gyakorlati alkalmazása céljából (1976–1986). Ez a program valódi innovációs projekt volt, nagy gazdasági hasznot hozva a konzerviparnak országos viszonylatban is. A meteorológus szakmában egyedülállóan, a kutatás elismeréseként 1988-ban „Állami-Díj”-at kapott, a mai *Széchenyi-Díj* elődjét.

A Magyar Tudományos Akadémia támogatásával közös kutatási programot szervezett az USA legnagyobb meteorológiai kutatóintézetével (NCAR, Boulder, Colorado), amelynek célja a szélsőséges meteorológiai események elemzése Magyarország és az USA alföldi területein (1987–1991). Az együttműködés négy esztendeje alatt a program keretében 27 tanulmányt, s egy angol nyelvű kiadványt publikáltak a résztvevő kutatók.

Szakmai ismeretek terjesztésének igénye motíválta oktatói tevékenységét is, amire elsőként a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen nyílt lehetősége, ahol a Vízgazdálkodási Tanszéken kezdett tanítani az 1970-es évek elejétől. Kezdetben posztgraduális képzés keretében szakmérnöki diplomát szerzők számára oktatta az agro- és hidrometeorológiát, valamint a statisztikai klimatológiát, majd nappali tagozatos hallgatóknak adott elő. Az egyetemen végzett munkássága elismeréseként 1980-ban *címzetes egyetemi docens*, 1985-ben pedig *címzetes egyetemi tanári* kinevezést kapott.

A gödöllőin kívül más egyetemeken is bekapcsolódott az oktatási munkákba, főleg óraadói tevékenységgel, egyetemi doktori, illetve PhD-ért folyamodók segítségével (konzulensként), továbbá államvizsga (záróvizsga) bizottságokban tagként vagy elnökként való aktív részvétellel.

Az OMSz közreműködésével agrometeorológiai posztgraduális képzést szervezett líbiai és szíriai meteorológusok részére (1980-as években).

A tudományos közéletben is aktívan tevékenykedett. Ez kezdetben a *Magyar Meteorológiai Társaság* (MMT) rendezvényeire irányult (előadások, később az MMT-ben társelnök és a Választmány tagja volt), majd fokozatosan kiterjedt más egyletek (*Hidrológiai Társaság, Földrajzi Társaság, Agrártudományi Egyesület* – ezeknek tagja is lett) rendezvényeire, kutatói munkája pedig elvezetett a *Magyar Tudományos Akadémia* (MTA) berkeibe is. Előbb az *MTA Meteorológiai Tudományos Bizottsága* (MTB) munkájában vett részt, majd évtizedeken át a *Hidrológiai Bizottság*, valamint a *Mezőgazdasági Vízgazdálkodási Bizottság* tagjaként nyílt lehetősége tudományos közéleti szereplésre. Az MTB-n belül működő *Agrometeorológiai Albizottságnak* két cikluson át elnöke volt. Az *MTA Köztestületének* tagja, két cikluson át választott doktor képviselője volt az *MTA Közgyűlésének*.

Tudományos látókörét tovább bővíthette abban a több mint két évtizedes periódusban, amikor tagja volt az *MTA Tudományos Minősítő Bizottságán* belül működő *Földrajzi és Meteorológiai Szakbizottságnak*.

Közéleti szereplésének jelentős állomása volt többek között az *OTKA Élettelen Természettudományi Szakbizottságban* (*Földrajzi és Meteorológiai Szakbizottság*) betöltött tagsága két választási cikluson át (1993–1999), majd a szakbizottságok munkáját összefogó *OTKA Természettudományi Kollégiumában* (2000–2004) nyílt lehetősége bizottsági tagként rálátni az országos kutatási pályázatok témaköreire, támogatásuk rendszerére.

Nemzetközi kitekintést tett lehetővé közel 25 éven át (1968–1992) a *Meteorológiai Világszervezet* (WMO) *Hidrológiai Bizottságában* (WMO CHy) betöltött tagsága. Ezzel egyidejűleg a WMO Regional Association VI keretében működő hidrológiai bizottságban több ízben szakértőként tevékenykedett. A Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium minisztere megbízásából a *II. Éghajlati Világkonferenciára* (1990) elkészítette a magyarországi tanulmánykötetet (beszámolót) *Role of the Climate and Climate Change in the Life of Hungary* címmel, amelyben a hidrológiai részt dr. Starosolszky Ödön, a Vízgazdálkodási Kutató Intézet akkori igazgatója írta.

Szerkesztői, lektori, opponensi tevékenységei közül kiemelendő volt szerkesztőbizottsági tagsága az *IDŐJÁRÁS* című tudományos folyóiratban (1977–2025),



Dr. Antal Emánuel beszédet tart.

valamint az *Agricultural and Forest Meteorology* (Elsevier Scientific Publ. Co., Amsterdam) című nemzetközi agrometeorológiai tudományos folyóiratban (1976–1989).

1981 januárjától volt az OMSz tudományos elnökhelyettese. Egy rövid idejű (1990–1991) megbízott elnöki beosztást követően újból elnökhelyettesként folytatta tevékenységét, s 1992-ben nyugdíjba vonult.

Ezt követően 1992–1994 között a környezetvédelmi miniszter, dr. Gyurkó János szaktanácsadója OMSz ügyekben.

Hasonló feladatot kapott 2005-ben, amikor az OMSz felügyeletét ellátó környezetvédelmi és vízügyi miniszter, dr. Persányi Miklós felkérte miniszteri biztostként és megbízott elnökként az OMSz-ban jelentkező szakmai és gazdasági gondok megoldására. Feladata volt a Szolgálat ésszerű szervezeti rendjének kidolgozása és végrehajtásának előkészítése, a leendő elnök kinevezésének szakmai és ügyrendi előkészítése, illetve a meteorológiai törvény szakmai alapjának kidolgozása. Ezen feladatok ellátására 2005 januárja és augusztusa közötti időszakban került sor. A feladat végrehajtásáért, valamint 50 éves szakmai, oktatói életművéért a Magyar Köztársaság Elnöke a Magyar Köztársasági Érdemrend Tisztikeresztje kitüntetést adományozta 2005. augusztus 20-án.

A kutatás terén nyugdíjasként is feladatokat vállalt. Ezek közül legnagyobb odaadással a dr. Somogyi Sándor (MTA Földrajz Kutató Intézet) témafelelős irányításával végzett OTKA feladatban vett részt. A téma címe: *A XIX. században végzett folyószabályozások és árvízmentesítések természeti, gazdasági és társadalmi következményei*. Ezen belül témája a folyószabályozások hazai éghajlati következményeinek feltárása volt. A témában több publikációja jelent meg. Ezek közül kiemelkedő *A Tisza szabályozásának éghajlat módosító szerepe* című

munka (*Vízügyi Közlemények*, LXXIX. évf., 1997, I. füzet, 26–47). Ez a cikk érdemelte ki a *Vitális Sándor Nívódíjat*.

A nyugdíjas éveiben jelentősnek tekinthető még az a nagyobb terjedelmű tanulmánya, amely a *Magyarország az ezredfordulón; Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián* című sorozatban jelent meg 1999-ben *A víz légköri forgalmának hazai kérdőjelei a globális éghajlatváltozás tükrében* címmel. Nyugállományban közel 30 tanulmányt és könyvrészt írt, ami jelzi, hogy kutatóként sem állt le.

Publikációs tevékenysége többnyire az agro- és hidrometeorológia tárgykörre vonatkozott. Részt vállalt 4 szakkönyv, 3 egyetemi jegyzet megírásában, szerkesztője és társszerzője két angol nyelvű kiadványnak, 153 tanulmány szerzője, illetve társszerzője. Ezek közül 20-nál több idegen nyelven jelent meg.

Antal Emánuel emberi oldaláról is ejtsünk szót. Közvetlen és szellemes stílusú, kiegyensúlyozott személyiségű, jóindulatú, segítőkész, kedves ember volt, aki vezetőként lelkesítette, motiválta munkatársait. Jó munkahelyi légkört tudott kialakítani. Csapatépítő tevékenységében szociológiai tanulmányai is segíthettek. Beosztottai vezetőként elfogadták és becsülték. Emberi hozzáállásával ezt igyekezett is mindig kiemelni. Számára a hivatalos elismerések sem maradtak el, amelyek időrendi sorrendben a következők:

A Balaton és a Fertő tavi kutatások, a szarvasi projekt, az OVF ET hálózat eredményezte az OMSz *Kiváló Dolgozó* (1970), az OMSz *Kiváló Munkáért* (1975), majd a *Munka Érdemrend Ezüst*-, illetve *Arany fokozatát* (1978, 1984), a *Vízgazdálkodás Kiváló Dolgozója* (1968), *Steiner Lajos Emlékérem* (1982), agrometeorológiai kutatói életútjáért *Berényi Dénes Díj* (1993), Konzerv K+F Program innovációs munkájáért *Állami-Díj* (ma *Széchenyi-Díj*, 1988), az „*Ármentesítés éghajlat módosító hatása*” c. tanulmányáért *Vitális Sándor Irodalmi Nívódíj* (1999), iskolateremtő munkásságáért a környezetvédelmi minisztertől *Schenzl Guidó Díj* (1998), miniszteri biztostként végzett munkájáért és szakmai, oktatói életművéért a Magyar Köztársaság Elnökétől a *Magyar Köztársasági Érdemrend Tisztikeresztje* magas kitüntetést kapta. Más szervezetekkel való eredményes együttműködése bizonyította a honvédelmi miniszter által adományozott *I. osztályú Honvédelemért Kitüntető Cím* (2005). Ez utóbbi elismerés azt a törekvést is méltányolta, amit 2005-ben miniszteri biztostként fejtett ki az OMSz és a Honvédelmi Minisztérium Meteorológiai Szolgálat közötti együttműködés műszaki feltételeinek újjászervezése érdekében.

A fentiekben vázolt szakmai életút alapján kijelenthető, hogy dr. Antal Emánuel az utóbbi évtizedek egyik legkiemelkedőbb meteorológusa volt.



Mi lett velünk?

Tóth Róbert

HungaroMet Nonprofit Zrt., toth.r@met.hu

Az ELTE TTK meteorológus szakán tizennégyen végeztünk 1985-ben, az egyetem alapításának 350. évében. A diplomaszerezés 40. évfordulóján, 2025. április 12-re találkozót szerveztem a Marczell György Főobszervatóriumba egykori évfolyamtársaimnak. Írásomban visszatekintek egyetemi éveinkre s bemutatom, ki milyen pályát futott be az elmúlt 40 évben.

Az ötvenes éveket követően bő két évtizedes kihagyás után 1978-ban indult újra az ELTE TTK-n az önálló egyszakos meteorológus képzés. 1980 szeptemberében a harmadik ilyen évfolyamként 14 hallgató kezdte meg tanulmányait ezen a szakon.

Ebben az írásban egyrészt szeretnék visszaemlékezni az akkori egyetemi oktatásunkra, valamint bemutatni, hogy a végzett hallgatók meteorológus diplomával a kezükben hol, hogyan állták meg a helyüket az elmúlt négy évtizedben.

Felvételi és egyetemi évek

Az évfolyam legtöbb fiú tagjával 1979-ben érettségiztünk. Az akkori kormány támogatta a fizikai dolgozók gyerekeinek felsőfokú tanulását. Ennek egyik formája volt a FEB-tábor (Felvételi Előkészítő Bizottság). Ez annyit jelentett, hogy a tavaszi szünetet az esztergomi FEB-táborban tölthettük, ahol az akkori felvételi tárgyainkból (matematika, fizika és földrajz) kaptunk némi képzést és próbavizsgázhattunk. E táborban ismertem meg Gálóczi Imre és Török László későbbi évfolyamtársaimat, valamint a felettünk járó évfolyam két hölgytagját. A tábor Szász András és Bánkúti József vezették, akikkel később a kísérleti fizika előadásokon találkoztunk.

Matematikából és fizikából központi írásbelit írtunk, majd a fizika és földrajz szóbelire Budapestre, a Múzeum körútra kellett utazni. Később tudtam meg, hogy földrajzból Probáld Ferenc neves klimatológus vizsgáztatott. A kor követelménye volt még, hogy a szóbeli vizsgán részt vett a kari KISZ (Kommunista Ifjúsági Szövetség) megbízottja is. Esetünkben Szalai Sándor töltötte be ezt a szerepet, aki három évvel járt fölöttünk, s később munkatársunk lett az OMSZ-nál. A sikeres felvételi azt jelentette, hogy a fiúk augusztus végén (a fellebbezéssel bejutottak csak szeptemberben) bevonultak 11 hónapra előfelvételi katonának. Ez hagyományosan a hódmezővásárhelyi Zrínyi Miklós laktanyát jelentette. Itt ismerkedtünk meg Boldvai Ferencsel, Nemes Csabával és Uhri Zsolttal. Századparancsnokunk büszkén említette, hogy az akkor már közismert előrejelző, Aigner Szilárd is az ő századában szolgált.

A leszerelést követően az ún. nulladéves táborban további évfolyamtársakat és felsőbb éveseket ismertem meg. Szeptember elején beiratkoztunk, a tanszék engem jelölt csoportvezetőnek. Az oktatás megkezdése előtt egy hét almaszedés következett Rakamazon. Kaptam egy névsort, s azzal próbáltam minden csoporttársat azonosítani a Tokaj felé robogó vonaton. Napközben az almáskertben tevékenykedtünk, este

munka után pedig a tokaji pinceklímát tanulmányoztuk. Megtanultuk, hogy a vödör neve a Nyírségben vedér. Az őszi almaszedés következő évben Vásárosnaményba szólított bennünket, harmadévesként pedig Tolna vármegyébe, Nagydorog közelébe.

A Meteorológiai Tanszék ekkor a Múzeum körüli épületben volt, s Dobosi Zoltán vezette. Jártunk órákra még a Ludovika épületébe, az akkori Kun Béla térre. Az osztatlan meteorológus képzés öt évig tartott. Az első négy évben heti 32-34 óránk volt, csak ötödik évben csökkent heti húsz óra közelébe.

Ismertetem szemeszterenként, hogy ki milyen tárgyat tanított nekünk.

Az első félév legnehezebb tárgya a matematikai analízis volt, amit a fizikusokkal együtt hallgattunk Simon László előadótól. A gyakorlatot Tallos Péter tartotta, részünkről kevés sikerélménnyel. Speciális fejezetek a matematikából címmel Fodor János lineáris algebrát tanított. Az általános fizikát Szász András és Bánkuti József oktatták, a gyakorlatot Kojnok József vezette. Láng Sándor igazi földtudományi polihisztor tanította a természeti földrajzot. Káprázatos lexikális tudással rendelkezett. A következő évben sajnos elhunyt. A bevezetés a meteorológiába tárgyat Felméry László tanította, sokat hallottunk tőle nagy elődeink munkásságáról. A Föld és felépítése tárgyat Andó József oktatta, a vizsgán nagy kihívást jelentett a számtalan andezit fajta megkülönböztetése. A kötelező ideológiai tárgyak közül politikai gazdaságtant (PG) tanulunk, ebben a félévben a kapitalizmus gazdaságtanát Malatinszky Istvánnétól. Heti négy oroszóránk volt megosztva Nagy Gabriella (nyelvtan) és Irina Tyiskina (társalgás) között. A heti két testnevelés órát a margitszigeti sportuszodában töltöttük Ránkyné Németh Angéla felügyelete mellett, aki kiváló atlétaként 1968-ban gerelyhajításban nyert olimpiai aranyérmet. 2014 óta már nincs közöttünk. Időnként szombat délelőtt honvédelmi ismereteket próbált oktatni egy idős katonatiszt. Ahogy előfelvételis katonaként, itt is a NATO ellen készültünk, amit már akkor is nevetségesnek éreztem, de kellett az aláírás a diplomához.

A második félévben hasonlóan zajlott a testnevelés, az orosz és a honvédelmi ismeretek. PG-ből jött a szocializmus gazdaságtana. Analízis gyakorlatvezetőül Farkas Miklósnét kaptuk, aki a gyakorlati feladatokon keresztül közelebb tudta hozni számunkra az elméleti részt. Az általános fizika emeltes órászámban folytatódott, a matematikai speciális fejezeteket pedig Komornik Vilmos vette át. Klinghammer István tanszékvezető oktatta a térképészetet. A gyakorlati jegyért térkép alapján meg kellett találnunk a nadapi ősjélet

egy sűrű erdőn keresztül. Klinghammer tanár úr később az ELTE rektora lett, majd oktatási államtitkár. A Föld és felépítését Nagymarosy András és Varga Péter adták elő, az anyag főleg paleoklimatológiát és őslénytant fedett le. A bevezetés a meteorológiába tárgyat Hont László vette át. A PG-t szigorlattal zártuk.

A harmadik szemeszter ideológiai tárgyként a filozófiatörténetet hozta Szegedi Péter közreműködésével. Az orosz oktatásban annyi változott, hogy az orosz ajkú Irina helyett Téring István folytatta velünk a társalgási kísérleteket. A matematikai analízis, a bevezetés a meteorológiába és az általános fizika változatlan tempóban folyt. Hány Józsefné az általános kémia rejtelméibe igyekezett bevezetni bennünket, miközben a laborban üvegtechnikáztunk. Tarnay Gyula kezdte a számítástechnika oktatását. A Fortran nyelvet tanította. Számítógépet nem láttunk, csak a megírt szerény programunk lyukkártya csomagját. Klimatológia előadást hallgattunk Dobosi tanár úrtól, döntően a mikroklimatológiai folyamatokról beszélt. A honvédelmi ismereteket továbbra sem úsztuk meg. Testnevelésben sportágot váltottunk, Kertész István irányításával kosárlabdáztunk.

A negyedik félévben is kosárlabdáztunk, de már Komáromi Ede irányításával, aki a BEAC-nál edzősködött. Az analízis, a kémia és a honvédelmi ismeretek változatlanul folytatódott. Az általános fizika óraszámát kicsit csökkent, de bejött 5+2-ben az elméleti fizika Gálfi Lászlóval. Ideológiai képzésünkkel Nánási Irén próbálkozott a történelmi materializmus tárgyon keresztül. Bevallom, e létfontosságúnak aligha nevezhető tárgyból most semmi nem jön elő emlékeimben. Felméry tanár úr ismét felbukkant klimatológia tárgyával. Bencze Pál Nagycenkről járt légkörfizika tárgyat oktatni, döntően a légköri elektromosságról beszélt. Marik Miklós csillagászati előadásait kedveltük, sok humorral fűszerezte a mondanivalóját. Az általános fizikát négy félévből szigorlattal zártuk. Orosz nyelvből pedig záróvizsgát tettünk. A nyár folyamán két hét észlelői gyakorlatot töltöttünk Siófokon, Szarvason, s vegyesen a budaörsi vagy a ferihegyi reptéren.

Az ötödik félév két ideológiai tárggyal is szolgált: Farkasné Havas Zsuzsával a tudományos szocializmusban, Farkas Endrével a történelmi materializmusban próbáltunk elmélyülni. Az orosz heti négy angolóra váltotta Kapolyi Lászlónéval (férje ipari miniszter és az MTA tagja volt). A négyféléves analízist követte a parciális differenciálegyenletek Lipcsey Zsolttal, valamint a valószínűségszámítás és matematikai statisztika Gulyás Ottóval. Ottó később munkatársunk volt a Központi Meteorológiai Intézetben. Gálfi László folytatta többoldalas levezetéseit elméleti fizikából.

Légkörfizikából Wirth Endre – aki akkor a Baranya megyei Jégesőelhárító Rendszer szakmai irányítója volt – főleg a jégképződésről tartott előadásokat. A dinamikus meteorológiát Rákóczi Ferenc oktatta, ekkor már tanszékvezető egyetemi tanárként, a gyakorlatot Hont László vezette. A levegőkémiát Mészáros Ernő akadémikustól hallgattuk, aki a Központi Légkörfizikai Intézet (KLFI) igazgatója volt. Gyakorlatként meglátogattuk a K-pusztai háttérszennyezettség-mérő állomást. Juhász Andrással elindult az elektronika oktatása. András szeretett mesélni, többek között az Omega együttes körül végzett látványtechnikai megoldásairól.

A következő félévben folytatódott a tudományos szocializmus (Kisfaludy Gyula), az angol nyelv, a parciális differenciálegyenletek, a valószínűségszámítás, az elektronika és a dinamikus meteorológia oktatása. A változás annyi volt, hogy a légkörfizika tárgyon belül Major György sugárzástani ismereteinket bővítette, Szemerédy Pál pedig a felsőlégkör fizikáját oktatta. Hosszú egyenleteinek értelmezéséhez pedig „küldte Sanyit”, azaz Pusztai Sándor gyakorlatvezetőt. A vizsgaidőszak nagy kihívása volt az összevont (analízis, parc. diff. és valószínűségszámítás) matematika szigorlat, valamint a filozófia szigorlat. Nyáron két hét légkörfizikai gyakorlat következett a KLFI-ben.

A hetedik félévben az angol nyelv és a dinamikus meteorológia folytatódott változatlanul. Ideológiai téren Torzsa István ismertetett bennünket a magyar munkásmozgalom történetével. A numerikus módszereket Csörgő István, a hidrometeorológiát Barta Péter

tanította. Makainé Császár Margittal 3+4-ben kezdtük a szinoptikus meteorológiát, a dinamikus modellezést pedig Práger Tamással. A meteorológiai műszerekről Mezősi Miklós és Simon Antal oktatott, míg a környezetvédelemről Feketéné Nárai Katalin. Ebben a szemeszterben a csoportból öten (Ági, Zita, Csaba, Tibor és én) közel háromhónapos részképzésen vettünk részt Leningrádban a Zsdanov Egyetemen, ami nem kevés élményt hozott. Hazatérés után a félévi vizsgakötelezettségnek eleget kellett tennünk.

A nyolcadik szemeszter kötelező marxista speciális kollégiumot tartogatott számunkra Sipos Jánossal. Angolból a félév végén záróvizsgát tettünk. A hidrometeorológia oktatásába beszállt Bodolai Istvánné. A szinoptikus és dinamikus meteorológia, valamint a dinamikus modellezés folytatódott. A dinamikus meteorológia gyakorlat vezetését Weidinger Tamás látta el, aki két évfolyammal felettünk járt. Mika János klimatológia tárgyat oktatott, Hont László pedig meteorológiai adatfeldolgozást. A meteorológiai műszerek tantárgy keretében Papp Andor radarmeteorológiát tanított, Varga Miklós a rádiószondázást ismertette. Erdős Lászlóval elindult az agrometeorológia oktatása. Dinamikus és szinoptikus meteorológiából közös szigorlatot tettünk. Nyáron terepgyakorlaton vettünk részt, többnyire olyan helyen, ami illeszkedett a majdani betöltött állásunkhoz. Jómagam Keszthelyen, az Agrometeorológiai Observatóriumban végeztem méréseket növényállományban, amiből a szakdolgozatot írtam.



Évfolyamtalalkozó 2025. április 12-én. Első sor: Tóthné Meszlényi Ágota, Kurgyis József, Békés Zita, Uhri Zsolt, Molnár Krisztina, Török László; hátsó sor: Nemes Csaba, Pakai Tibor, Gálóczi Imre, Pálvölgyi Tamás és Nyitrai László

Az ötödik év első felében folytatódott az agrometeorológia és a meteorológiai adatfeldolgozás. Bodolainé új tantárgyat hozott mezoszínoptika néven. A távelőrejelzést Koppány György oktatta, a műholdmeteorológiát Tanczer Tibor, a numerikus előrejelzést pedig Dévényi Dezső. Szaklaboratórium címén döntően a szakdolgozatunkkal foglalkozhattunk.

Az utolsó szemeszter már kevesebb óraszámot és vizsgát hozott. Színoptikus meteorológiából csak gyakorlatunk volt. A numerikus előrejelzés oktatásába beszállt Gyuró György is, aki a felettünk lévő évfolyamon végzett. Katkó Bertalan közlekedési meteorológia címén zömmel repülésmeteorológiát tanított. A szaklaboratórium óráiban készültünk az államvizsgára és a szakdolgozatra. 1985 júniusában következett a diplomavédés és államvizsga, júliusban pedig a diplomaosztás.

Az évfolyamunk meteorológusai

Szűcs Zsuzsanna, meteorológus (1961-2019)

Az egyetem elvégzése után (1985) az OMSZ Nemzeti Kapcsolatok osztályán dolgozott pár hónapig, majd átkerült a KLFi Műszerhitelesítő Osztályára. Itt napi munkája végzése mellett engedélyt kapott arra, hogy szabadidejében az OMSZ frissen átadott (de a PC-k megjelenése miatt sajnos igen gyorsan elavulttá váló) nagyszámítógépén dolgozzon, folytassa korábbi



Szűcs Zsuzsanna

kutató tevékenységét. Kutatásainak folytatásában nagy segítséget jelentett, hogy időközben áthelyezték a KMI Éghajlati kutatócsoportjába. Itt végzett munkájának eredményeit, ami a Kárpát-medence klimatikus csapadékadatában mutatkozó periodicitásokról szólt, az 1989-es, Bulgáriában tartott Kárpát-konferencián mutatta be. A konferencián Bodolainé Jakus Emma és Bonta Imre társaságában vett részt. Munkája a külföldi kollégák körében nagy elismerést aratott újszerű megközelítésével.

Ugyanebben az évben házasságot kötött évfolyamtársával, Török László meteorológussal, majd egy év múlva megszületett fiuk, Viktor. A GYES ideje alatt meteorológusi munkája szünetelt ugyan, de elvégezte az (egykori) Külkereskedelmi Főiskola Marketing Kommunikáció szakosítóját, és tanulmányai végén megszerezte másoddiplomáját.

A múlt század 90-es éveinek elején (rendszerátalakítás), az OMSZ átszervezése miatt (tevékenység „ésszerűsítés” = létszámcsoökkentés) úgy érezte, hogy kutató meteorológusként az OMSZ-nál nem biztosított szakmai pályafutása és úgy döntött, hogy marketingesként kamatoztatja a főiskolán megszerzett ismereteit.

Ez gyökeres fordulatot hozott pályafutásában, több munkahelyen, többnyire egyre nagyobb marketing-, és piackutató cégeknél (MODUS, GFK,...) dolgozott, ám nem minden munkahelyváltása volt sikeres. 2013-ban saját meteorológiai vállalkozást alapított, MeteoPlaza Kft. néven. A céget – kiterjedt kapcsolatrendszert építve – gyorsan fejlesztette. A sikeres évek után 2018-ban daganatos betegséget diagnosztizáltak nála. Egy évvel később, a kezelések ellenére állapota súlyosbodott, 2019 márciusában szervezete feladta a harcot és elhunyt. Az általa alapított és még ma is működő céget fia és férje örökölte.

Török László, meteorológus

1985-ben az OMSZ KEI (Központi Előrejelző Intézet) Programfejlesztési Osztályán vállalt munkát. Az új munkahellyel való ismerkedési időszak nem tartott sokáig, mert abban az időben az Előrejelző Intézetben kötelező színoptikus meteorológusi betanulásra áthelyezték a ferihegyi Repülésmeteorológiai Osztályra. Itt alkalma volt az egyetemen megtanult alapokat elmélyíteni és alkalmazásukat is megtanulni a napi időjárás előrejelzői gyakorlatban. A betanulási időszaknak a következő év elején vége lett, ekkor avatták fel az OMSZ Számítóközpontját (1986. február), és munkahelye ettől kezdve a Számítóközpont lett. Pár hónap múlva átmenetileg visszatért Ferihegyre, mert ott igényt tartottak munkájára az 1986. április 26-i csernobili atomkatasztrófa elemzését végző csoportban.

A Számítóközpontban töltött évek alatt Vadász Vilmos meteorológus és Triznya József programozó kollégájával együtt elkészítette a magyar meteorológiai gyakorlatban akkor még úttörő jellegűnek számító analizált meteorológiai mezők hurokfilmes lejátszását (1988, a program csak kísérleti jelleggel működött, mivel a technikai feltételek nem voltak adottak az operatív használatához). A Számítóközpont sikertelen működése is közrejátszott abban, hogy 1989-ben megpályázta a KEI Adatátviteli Osztályának vezetői pozícióját, amit el is nyert.

A KEI-ben a nemzetközi hírközpont szolgálati munkáját irányította, de emellett kamatoztatva a korábbi programozói munkáit, részt vett a KEI PC-s hálózatának szoftveres fejlesztésében, a meteorológiai mezők analizálását és megjelenítését végző programcsomag kialakításában. Az OMSZ rendszerváltás utáni teljes átszervezése (1991) miatt vezetői pozíciója megszűnt. Átmenetileg programfejlesztőként dolgozott, majd megpályázta a KMI (Központi Meteorológiai Intézet) rendszergazdai állását. A KMI Novell hálózatának kialakítása, karbantartása, felhasználóbarátta tétele volt a feladata.

A KMI élén 1992-ben történt vezetőváltás miatt 1993-ban áthelyezését kérte a KEI-be, az ott akkor formálódó, Vissy Károly nevével fémjelzett Vállalkozói Irodához. Időjárás előrejelzések készítése, ezek prezentálása az online médiában, tv-ben, rádióban, valamint az operatív munkát támogató programfejlesztések tartoztak feladatai közé. Ebben a feladatkörben dolgozott 2021 júniusáig (időközben a tevékenység végzésével megbízott szervezeti egységet többször átneveztek).

A magánéletében bekövetkezett változások miatt ebben az évben felmondott az OMSZ-nál és átvette a feleségétől korábban örökölt MeteoPlaza Kft. vezetését. Ügyvezető igazgatóként jelenleg is itt dolgozik.

Pakai Tibor meteorológus

1985-ben előrejelző tisztként kezdett a szolnoki katonai repülőtéren, ahol később a meteorológiai szolgálat vezetője lett. A reptérre beköltözött OMSZ észlelő állomás vezetését is ellátta. 1993-ban villamosmérnöki diplomát szerzett. Aktívan részt vett a honvédségi meteorológia automatizációjában. Több meteorológiai észlelő tanfolyamot vezetett Kovács Győző kollégájával, melyhez közösen észlelői könyveket írtak. Kidolgozója volt a katonai és az OMSZ közös, szakmásított észlelő képzésnek, de ez nem valósult meg. Meghatározó volt a pilóták CPL (kereskedelmi pilóta képzés) meteorológiai képzésében. A belga légierő bracknelli mintájú rövid és középtávú előrejelzési tanfolyamát

végezte el, de ennek metodikáját nem sikerült honosítani. Kezdeményezésére a katonai reptér szolgálatban lévő előrejelző állománya, mint lokális előrejelző központ, napi, képileg megszerkesztett előrejelzéseket adott a helyi civil újság részére, cserébe a civilektől korszerű, számítógépes infrastruktúra megteremtéséért. Ezt az együttműködést a katonai vezetés 1993–1998 között támogatta. Őrnagyi rendfokozata és képzettsége túlmutatott a haderő reform keretében, több lépcsőben átszervezett katonai beosztásán, így 2005-ben előbb nyugállományba, majd tartalékos állományba helyezték.

Nemes Csaba meteorológus

Az ELTE TTK-n végzett meteorológusként, ott is doktorált. Az OMSZ-ban kezdte munkásságát, ott hamar az Éghajlati Tájékoztató Osztály vezetője lett. Később volt vezető és beosztott munkatárs az utóbbi 33 évben, környezeti, fejlesztési, energetikai, és fenntarthatósági ügyekkel foglalkozó állami intézményekben, legutóbb a Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatalban főosztályvezetőként. Az ENSZ-ben éveken át fenntarthatósági és klímaváltozási témákban, az OECD-ben pedig környezetpolitikai ügyekben képviselte Magyarországot. Írt néhány tucat tudományos cikket, és néhány száz ismeretterjesztő szakcikket, több könyv és könyvrészlet szerzője, amelyeknek célja elemzés és tudósítás gyermekeink, unokáink életét meghatározó fenntarthatósági állapotokról és a lehetséges kiutakról, megoldásokról. A L'Harmattan kiadó „Környezet és társadalom, XXI. századi forgatókönyvek” c. sorozatának sorozatszerkesztője. A KETEG Alapítvány kuratóriumi tagja, a Naphimnusz Termésvédelmi Egyesület elnöke, alapító tagja. Megkapta a környezetvédelem területén a „Környezetünkért díjat” és az energetika területén a „Prometheus” díjat.

Kurgyis József meteorológus

Az ELTE Budaörsi úti kollégiumában négy évig szobatársak voltunk. Ő ötödévből nem folytatta velünk, de némi útkeresést követően az utánunk jövő évfolyammal együtt megszerezte a meteorológus diplomát. 1986 őszén visszament a Gyógyszerkutató Intézetbe, ahol már egyetem előtt is dolgozott laboránsként, most tudományos segédmunkatárs lett. A következő év ősze már az ELTE BTK Pszichológiai Intézetében találta. Az Általános Pszichológiai Tanszéken volt „mindenes”. Innen pár hónap után a SOTE II. sz. Anatómiai Intézetébe ment, ahol laboránsként dolgozott 1988 nyaráig. Végül, újra az ELTE BTK Általános

Pszichológiai Tanszék lett a munkahelye. Itt aztán meg is állapodott. Közben a pszichológia és tanárképzést összevonták egy új karban: Pszichológiai és Pedagógiai Kar. Tanszékek szűntek meg és alakultak újak. Így lett két új tanszék adminisztrátora, valamint az egész Pszichológiai Intézet leltárfelelőse. 2018. április elsejétől boldog nyugdíjas éveit éli Gombán.

Pálvölgyi Tamás meteorológus

Pályafutását az OMSZ Központi Légtérfizikai Intézetében kezdte 1985-ben. Kandidátusi fokozatát 1991-ben szerezte meg, majd munkáját a 90-es években a környezet védelméért felelős minisztériumban folytatta különböző beosztásokban. Kutatási területe kezdetben a klímamodellezés, később a klímapolitikai és fenntarthatósági stratégiai értékelések módszertana volt. 2000-től a BME Környezetgazdaságtan Tanszéken helyezkedett el, 2003-tól egyetemi docens, 2016-tól tanszékvezető-helyettes, majd tanszékvezető. 2022-től a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Karának nemzetközi és stratégiai dékánhelyettese, a Víz- és Környezetpolitikai Tanszék vezetője. Tudományos publikációinak száma meghaladja a 150-et, számos ismeretterjesztő cikk és könyv szerzője.

Nyitrai László meteorológus

Laci először a BME Közlekedésmérnöki Karán kezdte tanulmányait, majd az ELTE-n folytatva diplomát már meteorológus szakon szerzett. Az Országos Meteorológiai Szolgálat Központi Légtérfizikai Intézet Aerológiai Osztályán kezdett dolgozni. Földrajzi helyileg mindvégig a Marzell György Főobszervatóriumban állt alkalmazásban. A mai napig, már nyugdíjasként is végez ott feladatokat. A négy évtized alatt többféle szolgálati munkát is ellátott, hozzájárult aerológiai, sugárzástani és különféle adatarchiválási feladatok kivitelezéséhez. 2023-ban, nyugdíjazása előtt miniszteri elismerésben részesült. Hosszú szolgálati ideje alatt egyik fő célja volt a mikroszámítógépek által végzett munka egyenértékűvé tétele a korábbi, főként nagyszámítógépes eredményekkel. Az 1980-as években általános törekvés volt a levegőminőségi problémák megoldásának kibontakoztatása, már akkortól részt vett hővezetési és áramlási folyamatok modellezésében. A 2010-es években több alkalommal részt vettünk a Kolozsvári Babes-Bolyai Tudományegyetem Víz és Levegő Konferenciáin Lacival közös modellekkel, statisztikai elemzésekkel és előadásokkal.

Fejes Kálmán meteorológus

A diploma megszerzése után jelentkezett az ELTE BTK angol szakára (egyszakos, egyéni levelező angol tanár), majd MBA képzésre. Mindeközben több munkahelyen dolgozott, könyvtár, majd IDG és CT Press, ahol fordító, nyelvi lektor, majd újságíró volt. Az MBA-n keresztül jutott el a Postabank bankkártya szolgáltatások osztályára 1994-ben, ahol 1998-ig volt osztályvezető, 1998-tól a Budapest Bank Bankkártya Igazgatóságán operációs igazgató. 2000-ben igazolt át az Europay/MasterCard multihoz, mint regionális kártya-kockázati vezető. Közép- és Kelet Európa számos országának MC tagbankjai tartoztak hozzá. Feladata a bankok oktatása, kockázati elemzések/átvilágítások, csalásmegelőző és felderítő alkalmazások értékesítése volt, ami sok utazással járt. A MasterCard Academy oktatója is volt. 2019 elején a budapesti irodában megszüntették a pozícióját, azóta visszavonult a szakmai élettől és a családjának él.



Fejes Kálmán

Boldvai Ferenc meteorológus

Kálmán mellett Feri volt még, aki nem tudott eljönni a találkozóra. Feri a KMI Éghajlatkutató Osztályán helyezkedett el. Ferivel mindketten részt vettünk azon az osztrák-magyar sporttalálkozóon Bécsben, 1987-ben, amit az OMSZ részéről Illés László és Németh Lajos előrelépő munkatársaink szerveztek. Feri később új irányokat keresett pályájának. Meteorológus diplomája mellé még szerzett hat másikat, így lett belőle földrajz tanár, számítástechnika tanár, szurdopedagógus (hallássérültek nevelése), speciálpedagógus, mentálhigiénés szakember, rendszer-informatikus és hittan tanár. Számos



Tóth Róbert, Nyitrai László és Boldvai Ferenc a Főobszervatórium műszerkertjében 2018-ban, amikor Feri hallássérült diákokat hozott látogatába.

tanfolyamot is elvégzett, a tanári pályán mesteri fokozatot szerzett. Tagja a Magyar Lovasterápia Szövetségnek, a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesületnek, az Informatika-Számítástechnika Tanárok Egyesületének, a Magyar Individuálpaszichológiai Egyesületnek és a Magyar Gyógypedagógusok Egyesületének.

Gálóczi Imre meteorológus

Közismert beceneve a mai napig Galóca. Fiatalon kézilabdázott. A sportágtól nem szakadt el, manapság a Fradi Kézilabda Szakosztályát támogatja. Első közös sikerünk az volt az egyetemen, hogy Makai tanárnő Tamás nevű fiát korrepetáltuk matematikából és fizikából, aki ezzel bejutott a műszaki főiskolára. Imre Ferihegyen a Repülésmeteorológiai Osztályon kezdte szakmai munkáját, amit csak rövid ideig művelt. Utána járműjavítással foglalkozott, majd a Diagnosticum Zrt-nél folytatta, ahol sikeres kereskedelmi vezetővé vált. Hivatali szobája falát betöltötték az elismerései, kitüntetései. Jelenleg a GI-SZOLG Kft. igazgatója.

Molnár Krisztina meteorológus

Kriszta a KEI-ben a Hidrometeorológiai Osztályon helyezkedett el. A rendszerváltás időszakában jöttek a megszorítások, így Kriszta a Budaörsi Főállomáson folytatta, mint észlelő. Elhagyva az OMSZ-ot, a Kárpótlási Hivatalban dolgozott több évig, majd a zene iránti szeretetének is köszönhetően az Artisjus Magyar Szerzői Jogvédő Iroda Egyesületnél áll alkalmazásban a mai napig.

Békés Zita és Uhri Zsolt meteorológusok

Zita Ferihegyen a Repülésmeteorológiai Osztályon kezdte szakmai pályafutását, majd belekóstolt a légi utaskísérők életébe. Zsolt a karosszériagyáros Uhri család – az Ikarus elődje – leszármazottja, a sport, de különösen a tenisz megszállottja. Fiatalon versenyzett, az egyetem után pedig igyekezett minél előbb edzővé válni. A Testnevelési Főiskolán, majd Münchenben is gyarapította edzői képzettségét. Házasságkötésük után életük szekere azonos irányt vett. Zsolt Németországban kapott munkát, ahova nem sokkal később családja is követte. Míg Zsolt teniszórákat adott, Zita vezette a háztartást és besegített a magyarországi (főleg Szigligeten) tenisztáborok szervezésébe. 1996 nyarán pár napos látogatást tettünk Ágival otthonukban, a Baden-Württemberg tartományi Bad Schussenried nevű nyugodt, kedves kisvárosban. Kiválóan beilleszkedtek a városka életébe. Mintegy két évtized vendégmunka után hazatértek, Diósdon építettek házat és ott üzemeltetnek teniszkлубot.

Tóthné Meszlényi Ágota meteorológus

A diploma megszerzését követően az OMSZ Központi Előrejelző Intézetében helyezkedett el, ahol csapadék előrejelzéssel, majd a Távérzékelési Főosztályon numerikus módszerfejlesztéssel, később a Műholdas Kutatólaboratórium tagjaként a szélvektor meghatározásának vizsgálatával foglalkozott, METEOSAT adatok alapján. Ennek eredményeit egy COSPAR konferencián mutatta be Hamburgban.

1994-től a környezetvédelem területén folytatta munkáját. Közel 20 évig a Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőségen hatásvizsgáló, felülvizsgáló, egységes környezethasználati engedélyezés területén engedélyezési koordinátor, osztályvezető-helyettes, majd közigazgatási főtanácsadói pozícióban tevékenykedett. 1997–1998 között a Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium felkért szakértője volt a Bős-Nagymarosi Vízlépcsőrendszer Hágában zajló nemzetközi peres eljárásához szakmai segítséget nyújtó munkacsoportban. 2013-tól az Emberi Erőforrások Minisztériumában környezet-egészségügyi témakörben jogszabályok, kormányjelentések, EU-s jelentések készítésében dolgozott, munkacsoportokban a tárca szakmai képviselőjét látta el. 36 év közszolgálatban végzett munkája alatt kiemelkedő szakmai tevékenysége elismeréseként kétszer részesült Miniszteri Elismerő Oklevélben. 2022-től egyéni vállalkozóként épületgépészeti tervezési feladatok végzésével, épületek energetikai számításaiával foglalkozik.

Tóth Róbert meteorológus

A KMI-ben az Agrometeorológiai Kutató Osztályon kezdtem pályámat. A cukorrépa, a szója és a napraforgó éghajlati igényeivel és termésbecsléssel foglalkoztam. 1987-ben a higanyos barométereink utolsó nemzetközi összehasonlítását végeztem Leningrádban, csehszlovák és észak-koreai munkatársakkal együtt. 1991-ben öthetes növény-időjárás modellezés ösztöndíjas kurzuson vettem részt Izraelben, majd három hónapig az Osztrák Szolgálatnál voltam ösztöndíjas. Ennek az időszaknak az eredménye, hogy az OMSZ nemzetközi sportkapcsolatai felfutottak. Pár évet töltöttem a Megfigyelési Főosztályon, ahol részt vettem a földfelszíni mérések automatizálásának kezdeti munkájában, aminek része volt egy egyhetes képzés a finn Vaisala cégnél. Tagja lettem a Légkör folyóiratunk szerkesztőbizottságának, amit jelenleg főszerkesztő-helyettesként végzek. A Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetemen agrometeorológiai gyakorlatot vezettem, az ELTE TTK meteorológus szakán pedig öt évig oktattam a meteorológiai megfigyelések és műszerek tárgyát.

1993-ban állásajánlatot kaptam a Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztériumban, ahol aztán húsz évig levegőtisztaság-védelmi feladatokkal foglalkoztam. 1996–1998 közt közszolgálati közigazgatási menedzser diplomát szereztem. Négy eredményt emelek ki: a Hűtő- és Klimatechnikai Vállalkozások Szövetsége tiszteletbeli tagjának választott, 2008-ban az ózonréteget lebontó anyagokról szóló Montreali Jegyzőkönyv Részesek Konferenciája egy évre elnöknek választott, 2010-ben Környezetünkért emléklapok kaptam, 2011-ben pedig miniszterelnöki elismerésben részesültem a magyar EU-elnökség alatti tevékenységemért. 2010-től osztályvezetőként dolgoztam.

2012-ben visszatértem az OMSZ-hoz, ahol jelentős műszaki fejlődést és a munkatársak nagyarányú kicserélődését tapasztaltam. A Megfigyelési Főosztályon tevékenykedtem, 2020 óta vagyok az Adatellenőrzési Osztály vezetője. Ugyanebben az évben Pro meteorológia emléklappal tüntettek ki. Publikációs listám számos magyar és angol nyelvű folyóirat cikkből, néhány könyvrészletből és lektori tevékenységből áll.

A meteorológus képzéshez, szakmához nemcsak szoros szakmai kapcsolatok, hanem évtizedekig tartó barátságok, sőt életre szóló házasságok is kötődnek. Az egyetemi évek alatt létrejött ismeretségekből évfolyamunkon – akárcsak az eggyel felettünk és alattunk végzők közt is – három házasság is született.

Ági és Robi

1985-ben kötöttek házasságot. Egy fiuk és egy lányuk született, akik ma már műegyetemet végzett mérnökként dolgoznak, mindketten Magyarországon élnek a családjukkal és eddig 4 unokával ajándékozták meg szüleiket.

Zita és Zsolt

1987-ben kötöttek házasságot. Egy lányuk és egy fiuk született. Lányuk szinkrontolmács, Ausztriában él családjával. Fiuk mérnök lett, Németországban él családjával. 4 unokával büszkélkedhetnek.

Zsuzsa és Laci

1989-ben kötöttek házasságot. Egy fiuk született, aki informatikusként dolgozik.



2025 tavaszának időjárása

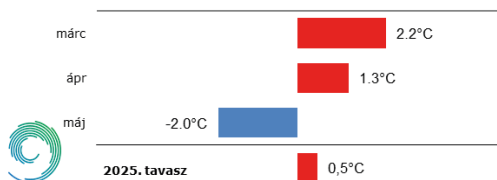
Szolnoki-Tótván Bernadett, Marton Annamária

HungaroMet Nonprofit Zrt., totivan.b@met.hu

2025 tavasza ugyan globális viszonylatban a legmelegebbek között volt, és hazánkban is enyhének bizonyult, ezúttal mégis úgy alakult, hogy az évszakos rangsorban mindössze a 23. helyet foglalja el a XX. század eleje óta tartó mérések sorában. Ez a májusi átlag alatti időjárásnak köszönhető főként, hiszen március és április még a sokéves átlagnál enyhébb volt.

A hőmérséklet és csapadék időbeli alakulása

A tavalyi, 2024-es rekord meleg tavaszt követően idén is enyhe volt az évszak. Országos átlagban 11,6 °C lett az évszakos középhőmérséklet, mely 0,5 °C-kal haladta meg a sokéves átlagot (1. ábra). Ezzel még mindig előkelő helyen szerepel az elmúlt 125 év éghajlati rangsorában: a huszonharmadik legmelegebb tavasz 1901 óta. Az évszak első két hónapja még melegebben telt a megszokottnál, majd a május 2,0 °C-kal hidegebben. Az anomália mértéke márciusban volt a legnagyobb: +2,2 °C, és 25 napon volt magasabb a középhőmérséklet a sokéves átlagnál.



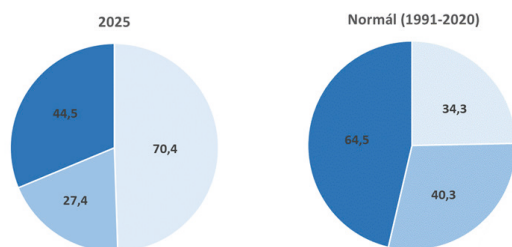
1. ábra. Az országos havi és az évszakos középhőmérséklet eltérése a sokévi (1991-2020-as) átlagtól 2025 tavaszán (interpolált adatok alapján).

A küszöbnapok alapján is közel átlagos volt a tavasz (1. táblázat). A hőmérsékleti indexek közül a telet jellemzők (fagyos, hideg, téli nap) a megszokott értékek közelében mozognak, de a nyári napok száma csak a háromnegyede a sokéves átlagnak.

Éghajlati indexek értékei 2024/2025 telén és ezek sokéves átlagai

	2025	1991-2020
Fagyos nap ($T_{min} \leq 0\text{ °C}$)	15	15
Hideg nap ($T_{min} \leq -5\text{ °C}$)	2	3
Téli nap ($T_{max} \leq 0\text{ °C}$)	0	1
Nyári nap ($T_{max} \geq 25\text{ °C}$)	9	12
Hőség nap ($T_{max} \geq 30\text{ °C}$)	0	1
Csapadékos nap ($r \geq 0,1\text{ mm}$)	31	30
Havas nap	1	3
Hótakarós nap	0	3

1. táblázat. A 2025-ös tavasz során jegyzett különböző éghajlati indexek és ezek 1991-2020-as sokéves értékei



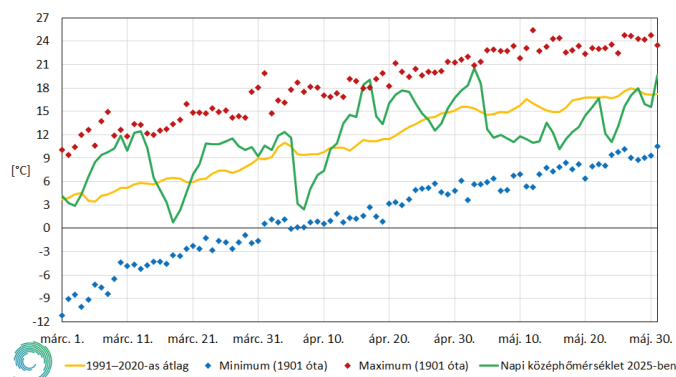
2. ábra. A 2025-ös tavasz havi csapadékösszegei és a normál területarányos kördiagramon (mértékegység: mm).

A csapadék időbeli eloszlása a szokásosnál is egyenetlenebb volt 2025 tavaszán. Alapvetően a május szokta adni az évszak csapadékának a legnagyobb részét (46%), viszont ez most már márciusban lehullott (a tavaszi összeg 49%-a érkezett ebben a hónapban). A sokéves átlag alapján az április lenne a második legtöbb csapadékot adó hónap (29%-kal), de idén mindössze az évszaki összeg 18%-a érkezett ekkor (2. ábra). Az ábrán – ahol a kördiagramok területei arányosak a havi és évszaki csapadékösszegekkel – látható, hogy a 2025-ös tavasz csapadékösszege közel van a sokéves átlaghoz, mindössze 2%-kal több nála. A XX. század kezdete óta az idei április a 23., míg a május a 32. legszárazabb lett az adott hónapok rangsorában. A csapadékos március a 118. ugyanezen sorban, míg a teljes évszak a 61. legszárazabb tavasz lett.

Az átlag közeli csapadékot hozó tavasz az éghajlati indexekben is látható (1. táblázat), csapadékos nappól eggyel több volt idén, mint a sokéves átlag. Viszont a havas és hótakarós napok száma elmarad az 1991–2020-as értékektől.

A 3. ábra a 2025-ös tavasz napi középhőmérsékleteit, az 1991–2020-as sokéves átlagokat, valamint az 1901 óta mért szélső értékeket ábrázolja. Márciusban és áprilisban az időjárás többnyire az ilyenkor szokásosnál melegebb volt, amit elsősorban tartósabb, egybefüggő meleg periódusok jellemeztek. Mindkét hónapban megfigyelhető azonban egy-egy rövidebb (2–3 napos), illetve egy hosszabb (5–7 napos) hűvösebb időszak is.

Az első markáns lehülés március közepén kezdődött: március 16-án az ország nagy részén 10 °C alatt maradt a napi maximumhőmérséklet, másnap pedig egy újabb hidegfront érkezett, amely további lehülést, valamint csapadékot hozott – sok helyen eső helyett havas eső, havazás vált jellemzővé. Március 18–19-én országszerte -5 °C alatti minimumhőmérsékleteket mértek, amelyek jelentős fagykárokat okoztak. Már-



3. ábra. Országos napi középhőmérsékletek, a sokéves átlag (1991–2020), illetve a szélsőértékek 1901 óta 2025 tavaszán homogenizált, ellenőrzött, interpolált adatsorok alapján.

cius 18-án regisztráltuk a 2025-ös tavasz legalacsonyabb országos napi középhőmérsékletét, amely 0,8 °C volt – ez körülbelül 5 fokkal alacsonyabb, mint az adott nap sokéves átlaga. Ugyanezen a hajnalon Zabaron -10,1 °C-ot mértek, amely az évszak leghidegebb mért hőmérséklete lett. Bár a nappali hőmérsékletek ezután fokozatosan emelkedtek, az éjszakai fagyok még több napon keresztül is kitartottak.

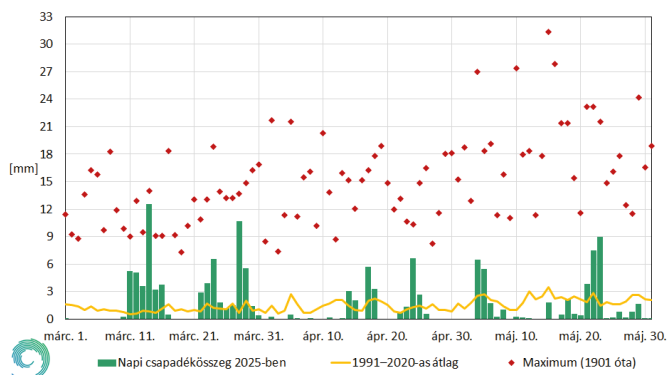
A második markáns lehülés április 6-án érkezett egy viharos széllel kísért hidegfront formájában, amely sarkvidéki eredetű levegővel árasztotta el az országot. A csapadék sokfelé havazásba váltott, de a hó általában nem maradt meg. Április 7–9. között az éjszakai és hajnali órákban ismét fagyokat észleltünk az ország nagy részén.

Ezt követően az időjárás fokozatosan melegedett, április 12-én már a napi középhőmérséklet az éghajlati normál fölé emelkedett, majd egy hullámzó frontrendszer előoldalán április 16–17-én még melegebb levegő áramlott térségünkbe.

Április 17-én szokatlanul melegnek bizonyult az idő, három országos rekord is megdőlt: a napi legmagasabb minimumhőmérséklet (Tata: 17,7 °C), a napi maximumhőmérséklet (Mezőkovácsháza: 30,6 °C), valamint a napi középhőmérséklet országos átlaga (19,1 °C).

Május 5-től a hónap végéig az 1991–2020-as normálnál alacsonyabb napi középhőmérsékletek voltak jellemzők. Május 15-én hajnalban az országban -1 és +5 °C közötti hőmérsékleteket mértünk, az Északi-középhegység fagyzugos területein fagypont alá hűlt a levegő. Május 31-én végre melegebb volt az idő az ilyenkor szokásosnál, a tavasz így nyári időjárással fejeződött be.

Márciusban az országos átlagos csapadékösszeg 12 napon haladta meg a normált. A legnagyobb mennyiség: március 11–16. és 22–29. között hullott.



4. ábra. Országos napi átlagos csapadékösszegek, a sokéves napi átlagok (1991–2020), illetve a maximumok 1901 óta 2025 tavaszán homogenizált, ellenőrzött, interpolált adatsorok alapján.

Március 14-én az országos átlag meghaladta a 12 mm-t, így ez lett a tavasz legcsapadékosabb napja országos átlagban (4. ábra). A Dunántúlon többfelé 20 mm felett alakult a napi csapadékösszeg (pl. Vízvár: 30,0 mm). Március utolsó hetében egy tőlünk délre örvénylő mediterrán ciklon okozott borongós, esős időjárást. 23-án saras eső is előfordult hazánkban, mivel a magasban délről sivatagi por szállítódott térségünkbe. 28-án a csapadékösszeg országos átlaga meghaladta a 10 mm-t, másnap pedig a nyugati és északnyugati vármegyékben fordult elő jelentősebb mennyiség (pl. Sopron, Muck-kilátó: 49,3 mm). Április

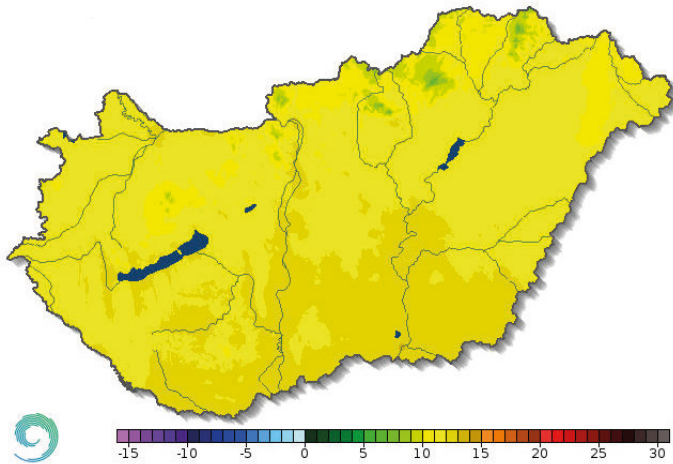
A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet			
	Hőmérséklet	Állomás	Napja
március	23,1 °C	Pitvaros	március 7.
április	30,6 °C	Mezőkovácsháza	április 17.
május	30,7 °C	Árpás Dombföld Nick Sárvár	május 3.
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet			
	Hőmérséklet	Állomás	Napja
március	-10,1 °C	Zabar	március 18.
április	-8,3 °C	Mihálygerge	április 7.
május	-4,4 °C	Nyírtass	május 10.

2. táblázat. A tavaszi hónapok során mért legmagasabb és legalacsonyabb hőmérsékletek 2025-ben.

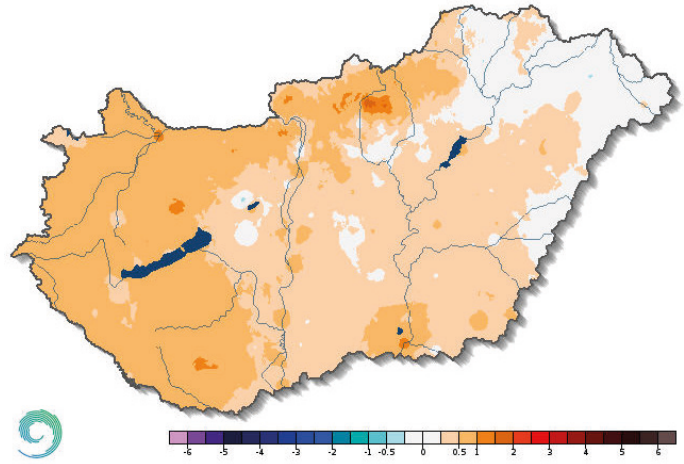
A hónap legnagyobb csapadékösszege			
	Csapadék	Állomás	
március	133,0 mm	Kutas	
április	97,6 mm	Tardos	
május	109,4 mm	Viss	
A hónap legkisebb csapadékösszege			
	Csapadék	Állomás	
március	32,2 mm	Lovászpataka	
április	3,7 mm	Lókősháza Arany J. utca	
május	18,7 mm	Csataszög Dobapuszta	
24 óra alatt lehullott maximális csapadék			
	Csapadék	Állomás	Napja
március	41,7 mm	Sopron Brennbergbánya	március 29.
április	54,3 mm	Tardos	április 24.
május	59,2 mm	Zalalövő	május 22.

3. táblázat. A tavaszi hónapok során mért legnagyobb és legkisebb havi csapadékösszegek, valamint a 24 órás maximumok 2025-ben.

szárazan indult, a hónap első felében csak elszórtan és kisebb mennyiségben jelentkezett csapadék. 17-én egy mediterrán ciklon hidegfrontja miatt többfelé záporok, a középső országrészben pedig zivatarok alakultak ki. A csapadék zömmel a zivatarcellák környezetében hullott, helyenként 20 mm feletti összegek is előfordultak (pl. Tardos: 24,7 mm). Ezt követően 22-én és 23-án többfelé konvektív csapadékot figyelhattunk meg, majd 24-én egy hidegfrontnak köszönhetően ismét sokfelé záporok, zivatarok alakultak ki (pl. Tardos: 54,3 mm). A zivatargócokat lokálisan jelentős mennyiségű (30 mm feletti) csapadék, valamint erős, viharos széllesek kísérték. Májusban a hónap elején, továbbá 21-23 között voltak jelentősebb csapadékos napok. Május 4-én egy hidegfront érkezett, az ország számos pontján mértünk kisebb-nagyobb mennyiséget, a zivatarok környezetében pedig 30–50 mm is lehullott. 21-én még hazánk jelentős része száraz maradt, de a konvektív csapadék helyenként nagy mennyiségű volt (pl.: Dobogókő: 38,6 mm). 22-én hidegfront érte el az országot, így egyre több helyen fordultak elő zápo-



5. ábra. A 2025-ös tavasz középhőmérséklete (°C).



6. ábra. A 2025-ös tavasz középhőmérsékletének eltérése a sokévi (1991–2020) átlagtól.

rok, és pattantak ki zivatarok. 23-án már csak a Balatontól délre és keletre fekvő tájakon esett, mennyisége csapadéknym és 31 mm közt alakult.

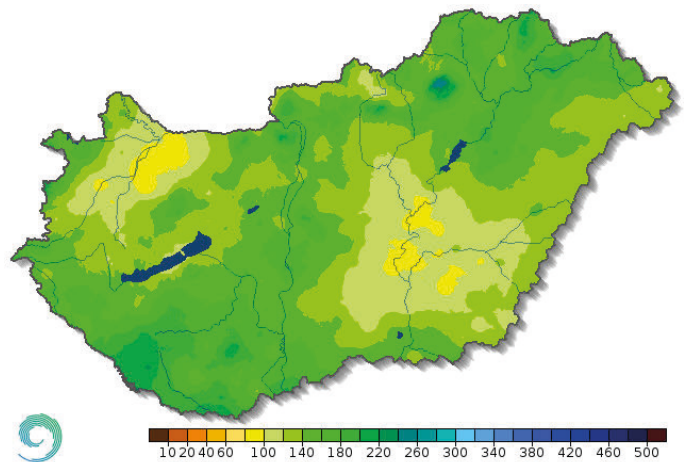
A hőmérséklet térbeli eloszlása

11,6 °C lett a tavasz középhőmérséklete, mely kevésbé magasabb, mint a sokéves érték (11,1 °C). Hazánk legnagyobb részén 12 és 14 °C között mozgott az évszakos átlag, a magasabb értékeket (13 fok felett) délen mértük. Ennél alacsonyabb háromhavi középhőmérséklet a középhegységeinket jellemezte, ezeken a tájakon 9–11 °C-ot mértünk. Kékestető állomásunkon regisztráltuk a legalacsonyabb átlagot tavasszal, csupán 6,8 °C-ot (5. ábra).

A 6. ábrán szinte mindenhol pozitív anomáliát figyelhetünk meg, csak az északkeleti-keleti tájakon fehéredik ki a térkép, azaz errefelé a sokéves értéknek felel meg a tavasz középhőmérséklete. Az Alföldön az anomália 0,5 °C alatt maradt, míg a Dunántúlon 0,5–1,0 °C között alakult. 1,0 °C feletti eltérés foltokban jelenik meg a Mecsekben, a Bakonyban, a Börzsönyben, a Mátrában, továbbá Győr és Szeged térségében.

A csapadék térbeli eloszlása

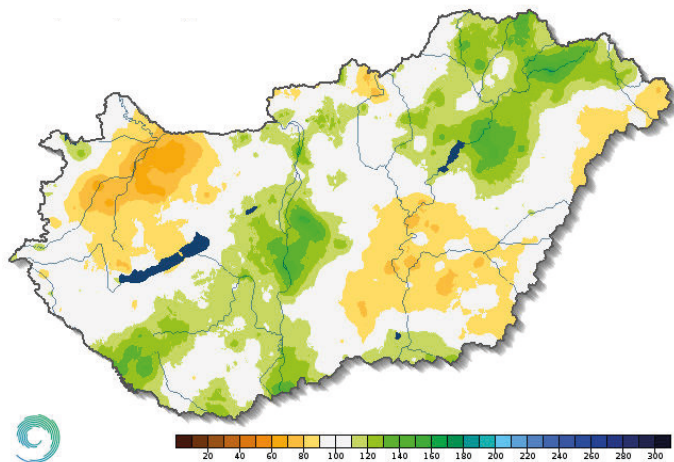
A tavasszal lehullott csapadékösszegek területi eloszlását mutatja be a 7. ábra. Két szárazabb terület rajzolódik ki rajta: a Közép-Tisza-vidéken, illetve a Rába mentén Győr és Répcelak között. Ezeken a tájakon a három hónap alatt lehullott csapadék mennyisége 100 mm alatt maradt. Az évszak folyamán a legkevesebb csapadékot, 79,2 mm-t



7. ábra. A 2025-ös tavasz csapadékösszege (mm).

a Békés vármegyei Gádoroson mértük. Az ország legnagyobb részén 120 mm felett alakult az évszakos összeg. A csapadékosabb területek délnyugaton, a Belső-Somogyban és az Északi-középhegységben, főként a Bükkben találhatóak. Errefelé 200 mm-nél több csapadék érkezett tavasszal. A legnagyobb csapadékösszeget, 244,9 mm-t Miskolc Lillafüred-Jávorkút állomáson regisztráltuk.

Országos átlagban 142 mm volt a tavaszi csapadékösszeg, ez 2%-kal több, mint az 1991–2020-as sokéves normál (139 mm). Hazánk túlnyomó részén a csapadék mennyisége közel megegyezett a sokéves értékkel (ld. fehér szín a 8. ábrán). Csapadékhány az Alföld középső területein és a Dunántúl északi felén jelentkezett.

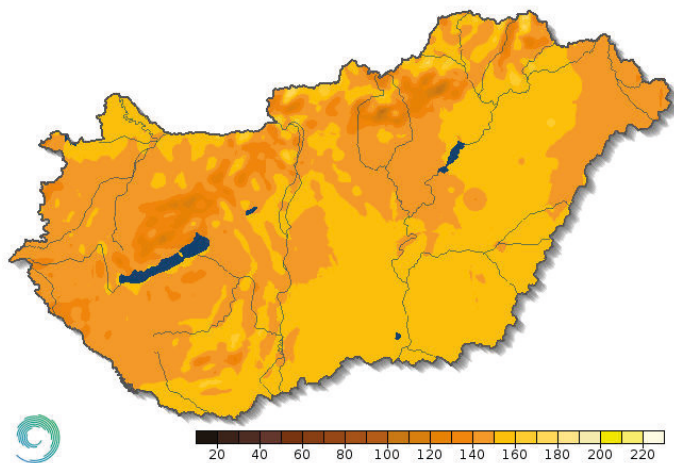


8. ábra. A 2025-ös tavasz csapadékösszege a sokévi (1991–2020-as) átlag százalékos arányában kifejezve.

Csapadéktöbblet pedig a Tisza-tótól északra fekvő tájakon, Belső-Somogyban, valamint a Duna mentén (a Vác és Mohács közti szakaszon) alakult ki. A legszárazabb régiókban a megszokott mennyiség 60–70%-a érkezett, míg a legtöbb csapadékban részesülő térségekben 150–180% hullott.

A globálsugárzás térbeli eloszlása

Hazánk legnagyobb részén 140–160 kJ/cm² között alakult a tavaszi globálsugárzás-összeg. Ennél alacsonyabb értékeket főként a középhegységeinkben figyel-

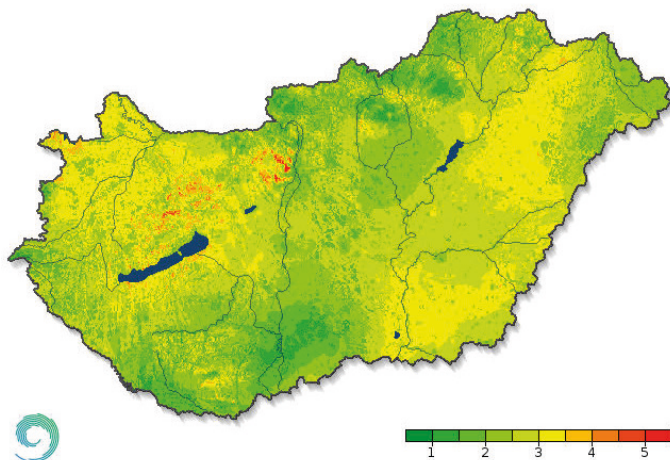


9. ábra. A 2025-ös tavasz globálsugárzás összege (kJ/cm²).

hettük meg (9. ábra). 160 kJ/cm² feletti sugárzásösszeg csak helyenként jelenik meg, pl. Újfehértón, ahol a legmagasabb mért évszakos érték született (163 kJ/cm²). A legalacsonyabb összeget pedig Vásárosnamény állomáson regisztráltuk (142 kJ/cm²).

A szélsébség térbeli eloszlása

Tavasszal hazánk legnagyobb részén 2 és 4 m/s között alakult az átlagos szélsébség, ahogy ebben az évszakban ez lenni szokott. Ennél alacsonyabb szélsébségeket a Duna-Tisza-közének nyugati felén és az Északi-középhegységben regisztráltuk (10. ábra). A Tiszától délkeletre és a Balatontól északnyugatra elterülő tájakon 3–3,5 m/s-os átlagszél volt jellemző. Ennél magasabb értékek (4 m/s felett) Sopron térségében és a Dunántúli-középhegységben fordultak elő. A térképen csak az átlagszelet ábráztuk, emellett viszont fontos a szellőkések nagysága is. Legtöbbször hidegfrontok átvonulásához kapcsolódnak a viharos (15 m/s feletti) szellőkések. Május 29-én, egy ilyen hidegfront-átvonulást követően Budapesten, a János-hegyen délután 24,1 m/s (86,8 km/h) maximális szellőkést mértünk, ez új fővárosi napi szélrekord. Március 13-án szintén Budapest János-hegy állomásunkon dőlt meg a fővárosi napi legerősebb szellőkés rekordja: 25,4 m/s-t (91,4 km/h) regisztráltunk.



10. ábra. A 2025-ös tavasz átlagos szélsébsége 10 m-es magasságban (m/s).

2025. tavasz időjárási adatainak összesítője
(a mért értékek és az eltérések az 1991–2020-as sokéves átlagtól)

Állomás	Sugárzás, kJ/cm ²	Hőmérséklet, °C						Csapadék, mm			Szél
	évszakos összeg	évszak közép	eltérés	max	napja	min	napja	évszak összes	átlag %-ában	$r \geq 1$ mm napok	viharos nap ($v_f \geq 15$ m/s)
Szombathely	149	11,4	0,7	29,0	2025.05.03	-5,4	2025.03.19	124	94	19	13
Nagykanizsa	142	11,3	0,5	28,3	2025.05.31	-7,2	2025.03.19	147	95	27	9
Pér		11,5		28,4	2025.05.03	-6,8	2025.03.19	82	61	18	13
Siófok		12,7	0,8	27,6	2025.05.31	-2,6	2025.03.19	120	97	17	17
Pécs		12,4	0,8	26,3	2025.05.03	-4,5	2025.04.07	182	115	29	10
Budapest	151	12,3	0,4	27,8	2025.05.31	-5,1	2025.03.19	145	110	22	3
Miskolc	144	11,6	0,5	29,3	2025.05.03	-5,6	2025.03.19	162	111	26	0
Kékestető		6,8	0,8	20,4	2025.05.03	-8,9	2025.03.18	171	85	21	24
Szolnok	150	12,2	0,4	28,9	2025.05.03	-5,1	2025.03.03	90	76	17	6
Szeged		12,4	0,8	29,5	2025.05.03	-5,9	2025.03.19	148	116	25	16
Nyíregyháza	149	11,9	0,7	29,6	2025.05.03	-4,1	2025.03.18	132	104	26	14
Debrecen	151	11,7	0,3	28,4	2025.05.03	-5,3	2025.03.19	117	87	23	8
Békéscsaba		11,9	0,4	28,9	2025.04.17	-6,4	2025.03.19	113	83	21	11



A 2025-ös tavasz időjárása agrometeorológiai szempontból

Erdődiné Molnár Zsófia, Kovács Attila Viktor

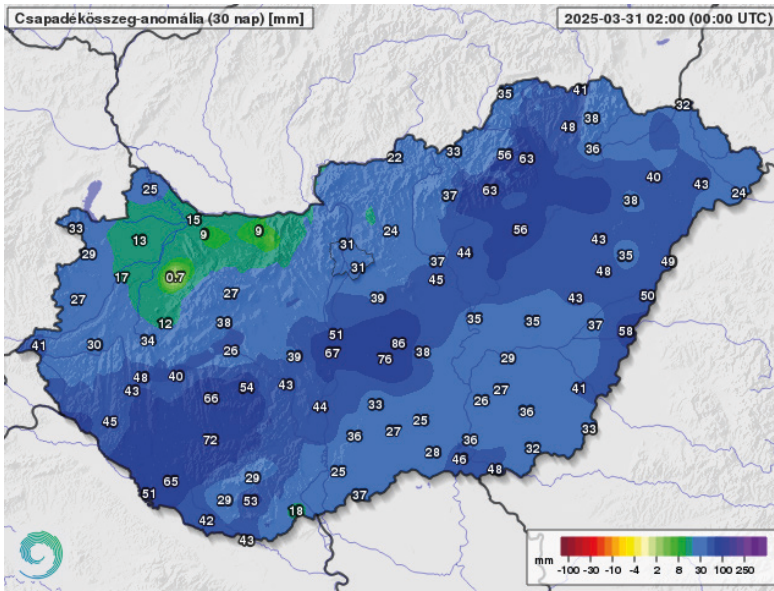
HungaroMet Nonprofit Zrt., molnar.zs@met.hu

Az idén tavasszal is változatos időjárásban volt részünk. A mezőgazdaság számára kedvező, meleg, csapadékos hónappal kezdődött a tavasz, majd a szeszélyes április kemény fagyot és nyárias meleget egyaránt hozott. A tavasz utolsó hónapjában pedig hűvös, a szokásosnál szárazabb, de napfényben szegényebb időjárás állította kihívások elé a gazdákat.

Február végén kemény éjszakai fagyokban, majd kiadós esőben volt részünk, mindkettőre nagy szükség volt az enyhe, csapadékhányos tél végén. Télen a talaj csak a délnyugati országrészben töltődött fel nedvességgel, február legvégén hazánk nagy részén 30–60 mm, az Alföldön helyenként 60–90 mm nedvesség hiányzott a felső egy méteres rétegből a telítettséghez képest. Még március elején is rendszeres éjszakai fagyok fogták vissza a növények gyors fejlődését, a korai gyümölcsfák rügyei viszont ekkorra már megduzzadtak. A hónap második hetében délnyugatra fordult áramlással enyhe, nedves léghullámok érkeztek fölénk, így kiadós esők enyhítették a csapadékhányt. Ezt követően azonban erős széllel hideg levegő zúdult a Kárpát medencébe, és több éjszaka is nagy területen hűlt -4 és -8 fok közé a levegő, ami a korai csonthéjasokat a déli országrészben már virágzás közben érte, de északon is megpattantak már ekkorra a kajszi rügyei. A hónap utolsó dekádjában ismét több hullámban érkező esők záporok öntözték a földet, így márciusban összességében az ilyenkor szokásos csapadékmennyiségnek területi átlagban a kétszerese hullott le (*1. ábra*). Sokfelé telítetté vált a talaj felső 70–90 cm-es, délnyuga-

ton és északkeleten 1–1,5 méteres rétege, helyenként belvízfoltok is megjelentek. Az őszi vetések a kedvező csapadék és hőmérsékleti viszonyok hatására szépen fejlődtek, a gyengébben áttelelt őszi búza táblák is látványos fejlődésnek indultak. Az 5 cm-en mért talajhőmérséklet március végén – április elején a nyári kapás növények vetéséhez szükséges 10 fok körül alakult, így a vetés kezdetét csak a sáros talaj hátráltatta.

Az április igen szeszélyes időjárást hozott. A hónap első hétvégéjén sarkvidéki eredetű léghullámok árasztották el hazánkat, és ezt követően több éjszaka is sokfelé fordult elő igen kemény éjszakai fagyok, melyek még fagykár elleni védekezés mellett is jelentős károkat okoztak a gyümölcsösökben. Április első felében csapadék alig fordult elő hazánkban, a hónap közepétől fordult esősebbre az időjárás, azonban a lehullott mennyiségben jókora területi különbségeket tapasztalhattunk, és károkozó viharok is előfordultak. Nagy területek maradtak ki a kiadósabb esőből főként a Kisalföldön és az Alföld keleti, délkeleti tájain, ahol a talaj felső rétege kiszáradt, így a friss vetés nem vagy csak nagyon nehezen tudott kikelni. A virágzó repce és a búza a mélyebb



1. ábra. A 30 napos csapadékösszeg eltérése a sokéves átlagtól 2025. március 31-ig (mm).

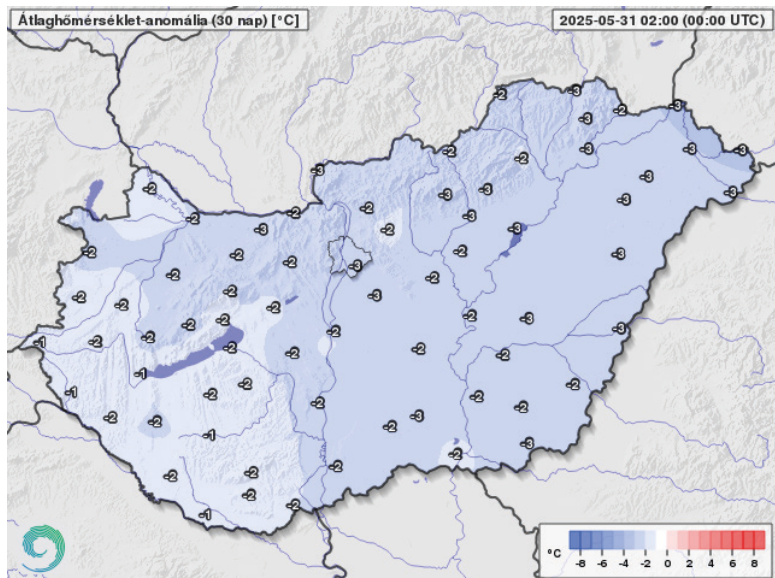
rétegekben még bőven talált nedvességet, így országszerte szépen fejlődött. A délnyugati, középső és északi országrészekben sokfelé bőven esett április második felében és a hőmérséklet is kedvezően alakult a kukorica és napraforgó optimális kezdeti fejlődéséhez. Április utolsó és május első napjaiban országszerte száraz, nyáriasan meleg idő uralkodott, országszerte sokat száradt a talaj felszín közeli rétege, a nyári növényekre vonatkozóan az északnyugati országrészben és az Alföld jelentős részén nagyfokú vagy közepes aszály jelei mutatkoztak, ami a vegetációs időszak elején nem sok jóval kecsegtetett.

Május első vasárnapján lehülés érkezett csapadékkal, ami azonban a keleti országrészben nem volt elegendő, így a Dunántúlon sokat javult a talajok nedvességtartalma a hónap második hetében, az Alföldön azonban tartós maradt a szárazság. A hűvös idő csaknem egész májusban jellemző maradt. A fagyosszentek nem csak két-három napra, hanem két hétre hoztak hideget gyakran élénk vagy erős északias szél kíséretében (2. ábra). Még a hónap közepén is többfelé fordultak elő talajmenti, a fagyzugokban két méteres magasságban is fagyok.

A szántóföldi kultúrák és a gyümölcsök optimális fejlődéséhez egyaránt több csapadékra és melegebb időre lett volna szükség, a hideg, gyakran szeles időben a méhek sem dolgoztak megfelelően. Május második felében volt egy átmeneti javulás, amikor tíz napon át gyakran hullott több-kevesebb eső, és a száraz alföldi területek is kaptak némi csapadékot, így a hónap végére jelentősen mérséklődött, sokfelé megszűnt a mezőgazdasági aszály. Erre az esőre óriási szüksége volt mind a szemképződés fázisában járó őszi vetéseknek, mind a vegetációs időszakuk elején aszályllyal küzdő nyári kultúráknak.

Összességében 2025 tavasza kissé melegebb és a Dunántúl északnyugati tájai és az Alföld középső és keleti területei kivételével csapadékosabb is volt a sokéves átlagnál,

ezek az átlagok azonban óriási időbeli különbségeket fednek el, hiszen hideg és meleg rekordok egyaránt megdőltek, és nagyon száraz és csapadékban bővelkedő időszakok is előfordultak. Az NDVI műholdas vegetációs index a tavasz nagy részén az átlagosnál zöldőbb, fejlettebb vegetációt jelzett, ami május második felében már csak átlagosnak mutatkozott.



2. ábra. A 30 napos átlaghőmérséklet eltérése a sokéves átlagtól 2025. május 31-ig (Celsius fok).

Hírek

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

Idén is találkozunk a Művészetek Völgyében



2025.07.18-27. ■ Lapzártánkkal nagyjából egyidőben, idén már 34. alkalommal rendezik meg a Művészetek Völgye összművészeti fesztivált, amelyről már évek óta a HungaroMet sem hiányozhat. A tíznapos fesztiválnak három település ad otthont, Kapolcs, Taliándörögd és Vigántpetend utcái, udvarai megtelnek ilyenkor élettel, a mintegy 3000 programnak köszönhetően. A koncertek, alkotók és színház mellett most már több évre visszamenőleg fontos téma a környezetvédelem, a természet is. A HungaroMet sátrát ezúttal is a Zöld Udvarban állítjuk fel, s várjuk az érdeklődőket légszennyezéssel, komposztálással, környezetvédelemmel és az Ökocímkevel kapcsolatos témákban, sok-sok játékkal és nyereménnyel.

Múzeumok Éjszakája a HungaroMet Nonprofit Zrt-nél – Velünk nem vagy veszélyben!

2025.06.21. ■

A Jókai200 jelmondat-tal fémjelzett Múzeumok Éjszakája programsorozaton idén is nagy sikerrel vett részt a HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. Két helyszínen – a Kitáibeli Pál utcai székházunkban és Pestszentlőrincen a Marczell György Főosztályban vártuk a vendégeket. A látogatók idén is rendkívül nagy érdeklődést mutattak mind a regisztrációhoz kötött, mind a szabadon látogatható programok iránt. Sokan nem először jártak nálunk, mely azt mutatja, hogy mindig érdemes visszatérni hozzánk elmélyíteni a korábban hallottakat, illetve tovább bővíteni a már megszerzett tudást.

ISMERETTERJESZTÉS

JÓKAI MÓR
Tudományos és természeti jelenségeket épített be a regényeibe, közérthetően.

„Tudomány nélkülül a képzelet is sötétben tapogató.”

HUNGARO MET
A lakosság számára jól érthető módon közöljük a légköri adatokat és előrejelzéseket. Beszámolunk az időjárás érdekességeiről.

ADATOK ÉS RÉSZLETEK IRÁNTI TISZTELET

JÓKAI MÓR
Regényeiben gondosan kidolgozott tájak, éghajlati viszonyok, időjárási leírások szerepelnek.

„A természet könyvében minden fontosabb szó.”

HUNGARO MET
Naponta több millió adatot elemzünk, hogy a legpontosabb előrejelzést és veszélyjelzést adhassuk.

A JÖVŐ ELŐREJELZÉSE

JÓKAI MÓR
„A jövő század regénye” c. művében futurisztikus világot álmódott meg.

„Ami ma képtelenség, az holnap valóság lehet.”

HUNGARO MET
A jövő időjárását modelleken keresztül elemezzük, a mesterséges intelligenciát, meteorológiai szoftvereket is felhasználva.

KÜLDETÉSTUDAT

JÓKAI MÓR
A nemzet szolgálatát tekintette fő céljának.

„Aki másokért él, az kétszer él.”

HUNGARO MET
A lakosság tájékoztatását, biztonságát helyezzük előtérbe, vagyon- és életvédelmi szolgáltatást nyújtunk veszélyjelzéseinkkel.

A Környezetvédelmi világnap évről évre emlékeztet rá, hogy bolygónk jövőjének alakítása mindannyiunk közös felelőssége



2025.06.05. ■ Az ENSZ „Ember és bioszféra” című első környezetvédelmi konferenciája hívta életre a Környezetvédelmi világnapot 1972-ben. A világnap célja, hogy június

5-én évről évre ráirányítsa a figyelmet a környezeti

problémákra, és ösztönözze a világ országait a fenntartható jövő alakítására. A 2025-ös Környezetvédelmi Világnap (World Environment Day) fő témája: „Vessünk véget a műanyagszennyezésnek” (Beat Plastic Pollution). Ezt a témát az Egyesült Nemzetek Környezetvédelmi Programja (UNEP) hirdette meg, és a rendezvény házigazdája Dél-Korea volt.

Meteorológus hallgatók nyári gyakorlata a HungaroMet-nél

2025.06.02-06. ■ Idén június első hetében zajlott az ELTE TTK Földtudományi alapképzés másodéves meteorológus hallgatói számára szervezett nyári gyakorlat. A program célja, hogy a résztvevők átfogó képet kapjanak a meteorológia sokszínű világáról: a műholdas adatfeldolgozástól a veszélyjelzésen és éghajlati modellezésen át a mérőhálózatok működéséig. A hallgatók több mint 25 előadást hallgathattak meg, és a gyakorlatban is megismerhették, milyen sokrétű a meteorológus hivatás.

Új rekordot hozott az 57. Kékszalag Raiffeisen Nagydíj



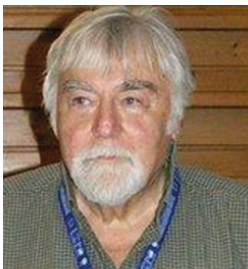
2025.07.10. ■ A verseny kezdete előtt három nappal egy pusztító zivatarlanc vonult végig a Balaton térségén, amely során Balatonfüreden, a kikötőben

130 km/h erősségű szelet mért a HungaroMet szélműszere. A vihart kiváltó légörvény a verseny előtti napon is az egész tavat érintő viharos szelet okozott, a keleti medencében 75 km/h-t elérő szellőkészekkel. A rossz előjeleket követően a verseny napjának reggelére veszített erejéből a szél, de viharos közeli (55-60 km/h) befújások még előfordultak. A hét eleji viharban több esélyes hajó is megsérült, amely nem is tudott végül rajthoz állni. Gyors versenyre volt kilátás,

az erős szélben az élmezőny másfél óra alatt el is hagyta a Balaton keleti medencéjét. A leggyorsabb kétéstű hajók, az ún. katamaránok haladtak az élmezőnyben is – a Kékszalag versenyek abszolút rekord idejének megdöntése felé. A szél a nap folyamán csak lassan veszített erejéből, ráadásul záporral, zivatarral átmenetileg még viharos kilátások is voltak. Éjszakára is élénkebb maradt az északnyugati irányú légmozgás, így a mezőny pénteken kora délutánig beért a balatonfüredi célba.

A mezőny eleje villámgyorsan repülte körbe legnagyobb tavunkat, sosem látott rekordot elérve. Az MLS Raiffeisen 5050 Fifty-Fifty saját korábbi rekordját megdöntve, 4 óra 24 perc alatt ért vissza Balatonfüredre. Jól mutatja a verseny sebességét, hogy a korábbi csúcson belül ért be a második és harmadik helyezett is.

Elhunyt dr. Czelnai Rudolf Széchenyi-díjas meteorológus, az Országos Meteorológiai Szolgálat egykori elnöke



Fájdalommal tudatjuk, hogy dr. Czelnai Rudolf Széchenyi-díjas meteorológus, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja, az Országos Meteorológiai Szolgálat egykori elnöke, a Meteorológiai Világszervezet volt főtítkárhelyettese,

a Magyar Meteorológiai Társaság tiszteleti tagja életének 94. évében, május 18-án otthonában elhunyt.

Tisztelt Professzor Úr, Kedves Rudi, Drága Barátom!

Ravatalod előtt megrendülve búcsúzom Tőled a gyászoló család, a Magyar Tudományos Akadémia, az Akadémia Földtudományok Osztálya és Veszprémi Területi Bizottsága, valamint a magyar meteorológus-társadalom nevében. Tőled, akinek megadatott, hogy egy tudományág magyar és nemzetközi alakításában fontos szerepet játsszon, aki tudója volt a szelek járásának, az óceánok mozgásának, a természet és az ember kapcsolatának. Akinek alapvető célja volt, hogy tudományterülete egyre inkább az emberiség életét segítse. Akinek szívügye volt a légkörtudomány egyetemi oktatásának elősegítése, a szakemberek jövő generációjának formálása. Aki hosszú időre befolyásolta a magyar meteorológia előrehaladását. Akinek tehetsége, és az ebből fakadó ismertsége és elismertsége lehetővé tette, hogy a Magyar Tudományos Akadémia tagjává válasszák, hogy az ENSZ Meteorológiai Világszervezete Európai Régiójának elnökévé, majd a szervezet főtítkárhelyettesévé emelkedjék. Aki képesnek bizonyult olyan magas szintű hazai és nemzetközi szakmai tevékenységet folytatni, amelyet 2001-ben Széchenyi-díjjal ismertek el.

Különleges adottságokkal rendelkezél. Kevés olyan embert, tudóst ismerek, akiket nem csak különleges műszaki érzékkel áldott meg a sors, hanem kiváló elméleti adottságokkal is. Ezt a kettős képességedet nemcsak hazai környezetben kamatoztattad. A Meteorológiai Világszervezet szakértőjeként egyrészt közreműködtél a korszerű kelet-afrikai meteorológiai megfigyelések megteremtésében. Később, a hetvenes éveken, az egész légkörre kiterjedő impozáns nemzetközi vállalkozás, a Globális Légkörkutató Program munkacsoportjának elnökeként tevékenykedtél. Munkáddal mintegy az egész szakmai világnak jelezted, hogy Magyarországon a meteorológusoknak olyan új generációja nőtt fel, akikkel nemzetközi szinten is számolni kell. Másrészt, mint

a Világszervezet egyik vezető tisztviselője, nagy szerepet vállaltál az 1979-es I. Éghajlati Világkongresszus megszervezésében, amely útjára indította az éghajlat modellezésére irányuló tevékenységet. Úgy gondoltad, helyesen, hogy a légkör, az időjárás, az éghajlat matematikai egyenletekkel leírható és egyben előre jelezhető. A légköri modellek arra is képesek, hogy az emberi tevékenység globális környezeti hatásait megbecsüljék, megalapozva az elengedhetetlen megelőző intézkedéseket. Globális szemléletű légkörkutató voltál. Tisztában voltál vele, hogy az emberiség jövőjének biztosításában az éghajlatváltozás elkerülése nem elkülöníthető feladat. Számos más probléma megoldása is elkerülhetetlen, így a jólétünkhöz szükséges nyersanyagok utánpótlásának megoldása.

Ugyanakkor nem csak nagyszerű szakember voltál. Csodálatos ember is. Élvezet volt veled egy általad kiválasztott, aromás borral megöntözött ízletes ebéd, vagy vacsora mellett a tudomány, a művészet, a történelem, az emberi lét nagy kérdéseiről beszélgetni. Azok közé az emberek közé tartoztál, akit a kultúra minden kérdése érdekelt. Aki értekezni tudott a tudomány legújabb eredményeiről éppúgy, mint a művészet legfrissebb irányairól. Ráadásul mindenről egyéni véleményt alkottál, amelyek meghallgatása új irányba terelte a beszélgetőtárs gondolatait. Szerencsémnek tartom, hogy ismerhettem, és hogy barátoddá fogadtál.

Baráti beszélgetésekből tudom, hogy gyerekkorodban, édesapádhoz hasonlóan, katonatisztnek készültél. A katonaiskola meghurcoltatásai döbbszettek rá a háború borzalmaira, arra, hogy az értelmet, a tudást nem az ember elpusztítására, hanem az emberi lét minőségének javítására kell használni. A háború után kerültél ugyanabba a budai gimnáziumba, ahová én is jártam, majd érettségi után érdekes módon mindketten a meteorológus szakot választottuk. Igazából oceanográfus szerettél volna lenni, de ilyen lehetőség Magyarországon nem volt. Külföldre viszont abban az időben nem lehetett menni. Főleg olyanak nem, akinek katonatiszt volt a felmenője. Az óceánok iránti vonzódásod azonban nem szűnt meg. Ennek a vonzódásnak köszönhetjük az 1999-ben megjelent „Világóceán” c. könyvedet, amely a magyar nyelvű szakirodalom egyedülálló gyöngyszeme. Ebben a művedben egyértelművé teszed azt a gondolatot, hogy a légkör, így az éghajlat a Föld más tartományaival szoros kölcsönhatásban működik. Így a világóceán áramlásai, a levegő cirkulációjával szoros kölcsönhatásban, az éghajlat szabályozásában

milyen fontos szerepet játszanak. Együttal kifejezed azt a reményedet, hogy az óceán kutatásában egyszer majd fiatal magyar kutatók is bekapcsolódnak.

Szerencsémnek tartom, hogy életem során lényegében állandó kapcsolatot tartottunk. Első feleséged, gyermekeidnek anyját ugyan nem ismertem. Ezzel szemben második hitveseddel, Katival baráti viszonyban voltunk. Kati csodálatos társad volt. Nagyszerű háttérrel biztosított a munkádhoz. Majd nyugdíjas korodban együtt költöztetek ebbe az elvarázsolt faluba, Dörgicsére. Haláloddal most képletesen újra találkoztok, megnyugvást találva ebben a mesés kis temetőben. Fájdalommal teli családdal, és minden gyászolóval, tisztelettel és fájó szívvel hajtom meg a fejem emberi nagyságotok előtt. Példát adtatok szerelemről, szeretetről, emberi kapcsolatokról.

Kedves Rudi! Szakmai életemben is fontos szerepet játszottál. Neked köszönhetem, hogy egy tudományos kutatóintézet igazgatója lehettem. Így hozzájárultál ahhoz, hogy tudományos elképzeléseimet valóra váltsam. Hogy Magyarországon olyan levegőkémiai kutatóközpont alakuljon ki, amely érdemben képes bekapcsolódni azokba az új világméretű kutatásokba, amelyek a korszerű légkörtudományt jellemzik. Különböző hazai egyetemeken ezek a kutatások ma is folytatódnak, hirdetve kutatásszervezési bölcsességedet.

Mint Te is tisztában voltál vele, a világon minden mulandó. Meghalnak a galaxisok, a csillagok, a bolygók, köztük a Föld és rajta az ember. A halál azonban az élet velejárója. Előbb- utóbb elragad bennünket. A vallásalapító nagy bölcs, Buddha a következőképpen fogalmaz:

Vannak, akik már az anyjuk méhében,
S vannak, akik születés közben halnak meg,
Mások akkor, mikor már másznak,
Megint mások, mikor járnak.

Egyesek öregkorukban,
Mások felnőttkorukban;
Mind elmennek egyesével,
Mint a földre lehulló gyümölcs.

Életünkben dolgozunk, okosodunk, megismerjük az emberi igazságokat, megfáradunk, csendben eltávozzunk. Mint Márai Sándor írja. „Ígen egy napon eljön az igazság megismerése, s ez annyi, mint az öregség és a halál”. Így módon helyet adunk az utánunk jövőnek, akiknek van erejük, hogy az emberi életet folytassák. És mivel a Földre a bolygóközi térből nem érkezik új anyag, az új mindig a régi elhalt atomjaiból építkezik, a halál adja a születő élet alapköveit.

Természetesen halálunkig értelmes életet kell élnünk. Életük különbözteti meg az embereket nem a haláluk. Éle-

tünknek az ad értelmet, hogy mindent megtegyünk azért, hogy azt a kisebb-nagyobb tehetséget, amivel a sors bennünket felruházott, a többi ember érdekében használjuk fel. Te ilyen ember voltál. Másrészt utódaid léte jelzi az örök igazságot: az élet mindig legyőzi a halált.

A halál kérdése azóta foglalkoztat bennünket, amióta emberré váltunk. „Mi lesz a halál után?” tette fel a kérdést távoli ősrünk az élet hajnalán. Hiedelmek, vallások jöttek létre, hogy a kérdésre választ adjanak. Lényegében két válasz lehetséges, ahogy erre Szókratész védőbeszédében már az ókorban rámutatott. „Vagy abból áll a halál, hogy a meghalt semmivé lesz és egyáltalán semmit sem érzékel már, vagy pedig ... abból, hogy a lélek az itteni helyét egy más hellyel váltja fel, és máshova költözik.” Az emberiség másik nagy gondolkodója Shakespeare Hamletje azon elmélkedik, hogy vajon „meghalni – elszunnyadni – semmi több”, vagy valamilyen „álmok jönnek a halálban”. Megszűnünk, vagy valamiféle új életbe, új álomba kerülünk.

Az emberek nem hiszik el, nem tudják elfogadni, hogy meghalnak. Magam is szeretném hinni, hogy halálunk után valamilyen világban majd újra találkozunk. Kati csodás vacsorái mellett folytatjuk megszakadt beszélgetéseinket, netán vitáinkat azokról a kérdésekről, amelyeket még abban az új világban is fontosnak tartunk. Immár az élettől megszabadulva tárgyalunk az élet értelméről. Ugyanakkor a tudomány emberei vagyunk. A tudományé, amely azt tanítja, hogy létük véges, halálunkkal megszűnünk létezni. Életünk egyszeri és végleges. Atomjainkból azonban új élet sarjad, elemek részt vesznek a természet nagy körforgásában. Ha halálodban nem is találkozol a szó szoros értelmében Katival, atomjaitok a sirban egyesülve új élőlényeket alkotnak. Biztos vagyok benne, hogy ezek gyönyörű virágok lesznek, amelyek hozzájárulnak ennek a varázslatos kis temetőnek a szépségéhez. Ezzel mintegy hirdetve az élet szépségét és legyőzhetetlenségét.

Sadoveanu világhírű román író szerint „Barátaink halála a saját halálunk kezdete”. Így halálod az én halálom kezdete is. Különösen, ha a koromat is figyelembe vesszük. De amíg élek szívemben és agyamban egyaránt érzem és örööm emlékedet. Barátságunk bizonyítja számomra annak a tételnek az igazságát, hogy az élet minőségét alapvetően a más emberekkel való kapcsolatunk határozza meg. És e kapcsolatokban a barátság elengedhetetlen szerepet játszik. Köszönöm neked ezt a barátságot!

Tisztelt Professzor Úr, Kedves Rudi, Drága Barátom!
Nyugodj békében! Isten veled!

Mészáros Ernő

ÉRDEKES TANULMÁNYOK A MET.HU WEBOLDALRÓL

A balatoni zivatarok kialakulása és típusai



2025.05.20. ■ "Zivatarok a Balatonnál" – ismeretterjesztő tanulmányorozat 1. rész
Ismeretterjesztő sorozatunk célja, hogy minél több érdekes, hasznos információt bemutassunk a Balaton vidékén előforduló zivatarokról. Olyan ismereteket szeretnénk átadni, amelyek nem csak egy meteorológus számára lehetnek érdekesek. Ezt a tanulmányorozatot ajánljuk mindenkinek, aki érdeklődést mutat a természetben zajló folyamatok háttere iránt, vagy aki nem csak napsütésben, hanem viharos időben is kedveli a Balatont.

A Balaton és a Bakony szerepe a zivatarok fejlődésében



2025.05.27. ■ "Zivatarok a Balatonnál" – ismeretterjesztő tanulmányorozat 2. rész
A tanulmányorozat 1. részében bemutattuk, hogy mik azok a zivatarok, milyen fő típusaik fordulnak elő a Balatonnál, illetve mi az a három összetevő, ami meghatározza a kialakulásukat. Ebben a részben arra fókuszálunk, hogy a Balaton térségében a helyi hatások hogyan módosítják ezt a három tényezőt, ezáltal hogyan támogatják, vagy éppen lehetetlenné tesznek a zivatarok fejlődését. Ennek ismeretében pontosabban megérthetjük, hogy miért pont ott és akkor alakulnak ki a zivatarok a Balaton környékén. Szó lesz többek között a Bakonyban kialakuló zivatarokról, a Balaton felett vagy éppen a tó partján kipattanó zivatarcellákról, de arról is, hogy a Balaton valóban "lehúzza"-e a zivatarokat.

Egy balatoni zivatarfelhő élete – kívülről, belülről



2025.06.03. ■ "Zivatarok a Balatonnál" – ismeretterjesztő tanulmányorozat 3. rész
Miótán már megismertük a balatoni zivatarok kialakulásának hátterét és különböző típusait (1. rész), illetve bemutattuk azt is, hogy a Balaton és a Bakony milyen hatással vannak a zivatarokra (2. rész), most végig fogjuk követni egy zivatarfelhő fejlődését a Balaton térségében. Bemutatjuk, hogy néz ki a zivatarfelhő, milyen fejlődési szakaszokon megy keresztül és milyen felhőformációk társulnak hozzá. És nem csak azt nézzük meg, ami kívülről látható belőlük, hanem egy, a Siófoki Viharjelző Obszervatórium szuperszámítógépén futtatott meteorológiai modell (WRF), illetve radarmérések segítségével a belsejükbe is bele tudunk nézni – áttekintjük, hogy milyen meteorológiai, felhőfizikai folyamatok játszódnak le egy zivatar életciklusa során.

A szokásosnál kissé melegebb és átlagosan csapadékos tavasz



2025.06.05. ■ A HungaroMet Zrt. mérései alapján a 2025-ös tavasz középhőmérséklete országos átlagban 0,5 fokkal haladta meg az 1991-2020-as éghajlati normált. A hűvös május és két komolyabb tavaszi fagyokkal járó hét mellett több tartósan átlag feletti hőmérsékletű időszak is volt, amik összességében a szokásosnál kissé magasabb hőmérsékletű tavaszt eredményeztek. A száraz telet követően a tavasz csapadékosszege országos átlagban a normál mennyiségnek felelt meg, a csapadéknak viszont mintegy fele márciusban hullott, amit szárazabb április és május követett.

Hosszú életű szupercellák 2025. június 3-án



2025.06.06. ■ 2025. június 3-án a kora délutáni órákban egy zivatarvonal érte el Magyarország nyugati határait. A Szentgotthárdnál belépő összeáramlási vonalban jól elkülönült két zivatarcella, amelyek méretüknél, mozgásuknál és formájuknál fogva is szupercellás jegyeket mutattak. Ez a két cella vonult végig a Dunántúl középső részén, a Balaton térsége felett, sokfelé okozva viharos szelet, jégesőt és rövid ideig tartó, de nagyon intenzív csapadékokat.

A balatoni zivatarok veszélyei: viharos szél és villámlás



2025.06.11. ■ *"Zivatarok a Balatonnál" - ismeretterjesztő tanulmányorozat 4. rész*

A balatoni zivatarok távolról szemlélve nagyon látványosak lehetnek, közelebbről nézve azonban inkább a veszélyes oldalukat mutatják meg. Egy zivatarhoz a villámlás mellett jégeső, intenzív csapadékhullás és viharos szél is társulhat. A nyári félévben a nagy balatoni viharok egy jelentős részéért a zivatarfelhők a felelősek, továbbá szinte minden zivatar esetén megvan a lehetőség viharos szél kialakulására. Így zivatar idején rendre a legmagasabb, másodfokú viharjelzés van érvényben a Balatonon. A vízen tartózkodók számára a legnagyobb veszélyt a zivatarokból fújó szél és a villámcsapás jelenti, így ez a tanulmány elsősorban ezekkel a jelenségekkel foglalkozik. Áttekintjük, hogy milyen tényezők határozzák meg a zivatarfelhőből fújó szél erősségét, illetve ez a szél milyen nehézségeket okoz a vízen. Bemutatjuk azt is, hogy miért alakulnak ki a villámok, milyen típusaik vannak és miért fordulhat elő villámcsapás a záporosótól távolabbi területeken is.

Víztölcsérek, tornádók a Balatonnál



2025.06.17. ■ *"Zivatarok a Balatonnál" - ismeretterjesztő tanulmányorozat 5. rész*

Manapság egyre gyakrabban olvashatunk arról, hogy Európa tengerei felett a zivatarfelhőkből a vízfelszínig lenyúló igen látványos, örvénylő vízoszlop, úgynevezett víztölcsér jön létre. A jelenség különösen gyakori a Földközi- és a Fekete-tengeren, de az Atlanti-óceán partvidékén, illetve az Északi- és a Balti-tengeren is többször előfordul. A víztölcsérek nyáron és ősszel a leggyakoribbak, kialakulásuk ugyanis a meleg tengervíz feletti zivatarokhoz kötődik.

A tengerek hőmérsékletének emelkedésével egyre gyakoribbá váltak az elmúlt évtizedekben, különösen a Mediterrán térségben. Víztölcsérek azonban nem csak tengerek felett jönnek létre, Közép-Európa második és harmadik

legnagyobb állóvizén, a Genfi-tavon és a Bodeni-tavon is visszatérő jelenségek. Ez alapján jogosan merül fel a kérdés, vajon mi a helyzet Közép-Európa legnagyobb tavánál, a Balatonnál?

Kék szalagok – Kékszalag vitorlásversenyek időjárési összefoglalói 2016-2024 között



2025.07.03. ■ A Kékszalag vitorlásverseny a Balaton talán legpompásabb ünnepe. A nagyközönség számára különleges látványt jelent, a hazai vitorlázó társadalom számára a legnagyobb kihívásnak számít, a rendezők és a versenyt biztosítók pedig felelősségteljes feladatként élik meg. A verseny egyik legfontosabb főszereplője azonban az időjárás. A HungaroMet Zrt. (korábban Országos Meteorológiai Szolgálat) Siófoki Viharjelző Obszervatóriumából sok éve történik a verseny meteorológiai biztosítása. Az internet adta lehetőségekkel élve évek óta külön oldal tájékoztatja a hajósokat a szél alakulásáról, illetve a verseny végén egy összefoglaló is készül az adott verseny időjárásáról. Alábbiakban a 2016 és 2024 közötti Kékszalag verseny időjárési összefoglalóit közöljük "vágatlanul". Az írások részletességükkel, vagy éppen rövidségükkel tükrözik az adott verseny "légkörét", a meteorológia oldaláról nézve.

Július eleji viharok meteorológiai elemzése



2025.07.22. ■ Egy rendkívül hosszú száraz, a végén pedig forró periódust követően 2025. július 7-én, majd július 8-án heves zivatarok pusztították végig az országot. A Katasztrófavédelem tájékoztatása szerint elsősorban Bács-Kiskun, Békés, Csongrád-Csanád, Hajdú-Bihar, Pest, Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyékben és a fővárosban voltak a legnagyobbak a viharkárok. A heves zivatarok miatt még a Liszt Ferenc repülőtér is le kellett zárni egy időre. A vihar első napján a Nyíregyháza melletti Napkoron, Tiszavasvári közelében és Balatonfüreden 130 km/h-t, a kimagasló budapesti János-hegyen 137 km/h mérték a HungaroMet hitelesített műszerei. Az országban összesen 11 helyen regisztráltak 110 km/h feletti széllelkéseket, minden esetben zivatarokhoz köthetően. A második napon a heves zivatarok elsősorban az ország délkeleti-keleti területeit érintették, Debrecen térségében ugyancsak 130 km/h-s széllelkést okozott egy szupercellás zivatar. A viharkárok mellett főként a második napon többfelé jelentős (30-40 mm), néhol 50 mm-t is meghaladó csapadék hullott, enyhítve a súlyos aszályt.

Érthetően az éghajlatváltozásról



2025.07.23. ■ Az éghajlatváltozásról szóló szakszerű és hiteles kommunikáció kulcsfontosságú a megfelelő tájékoztatásban és a szemléletformálásban. A HungaroMet új kezdeményezésével a témában elért eredményeket közérthető formában osztja meg a társadalommal. Az éghajlatváltozás korunk legnagyobb kihívásai közé tartozik. Az élet számos területére hatással van, ezért nagyon fontos a tudományos eredmények széleskörű ismerete, a félrevezető információk tisztázása. A hiteles kommunikáció alapvető a megfelelő tájékoztatásban és a szemléletformálásban. A HungaroMet Nonprofit Zrt. az Európai Klíma Alapítvánnyal (European Climate Foundation) együttműködésben egy olyan kezdeményezésbe fogott, melynek keretében a témában elért kutatási és fejlesztési eredményeket közérthető formában juttatja el a társadalomhoz. A tájékoztatás kulcsszereplői a média munkatársai és a tudománykommunikációval foglalkozó szakemberek, akik „előköstölják”, megemésztik és érthetővé alakítják a szakmai eredményeket a nagyközönség számára. Az elmúlt évben két rendezvényt is tartottunk, melyeken újságírókkal arról beszélgettünk, hogyan lehetséges felkelteni és az információ hiteles forrásai felé fordítani a társadalom figyelmét az éghajlatváltozással kapcsolatos kérdésekben.

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

100 éves a Magyar Meteorológiai Társaság - 120 km-es gyalogtúra Budapesttől Ógyalláig

1925. január 25-én a Meteorológiai és Földmágnassági Magyar Királyi Központi Intézet székházának tanácstermében az intézet vezető munkatársai, főhivatalnokok, egyetemi tanárok, kutatók és meteorológusok megalapították a Magyar Meteorológiai Társaságot. A jeles alkalomnak helyszínt adó épület akkor már 15 éve volt a meteorológusok otthona, 1910. május 1-én avatták fel. Az, hogy a korai évtizedek szűkös körülményei és számos költözése helyett egy szép központi épületben folytathatta munkáját az intézet, egy már elismert, tudományos eredményeket elért energikus tudós, zseniális szervező és adományozó földesúr, Konkoly-Thege Miklós érdeme volt. Konkoly-Thege már ezt megelőzően is létrehozott egy meteorológiai és földmágnassági obszervatóriumot a saját birtokán, Ógyallán, a már működő csillagvizsgáló mellé. Az obszervatóriumot 1900. szeptember 30-án avatták fel.

Ahogy az MMT megalapításának centenáriuma közeledett és a Konkoly-Thege által létrehozott épületek mint ünnepi helyszínek felmerültek, egy meglepő tény derült ki: az ógyallai obszervatórium és a budapesti székház egymástól körülbelül 100 km távolságban helyezkedik el. Ez adta az ötletet az MMT vezetőségének, hogy az évfordulós ünnepségsorozatnak része lehetne egy túra, amikor vállalkozó kedvű társasági tagok és érdeklődők a két épület kapui közti sétával köthetnék össze a magyar meteorológia történetének e neves mérföldköveit. Az ötletet tett követte, és 2025. januárjában az MMT meghirdette a túrát.

A meghirdetést rengeteg szervezési munka előzte meg. Mivel nem közúton szerettük volna megtenni a távot, a tervezett gyalogtúra hossza 120 km-re duzzadt. Ezt négy napra elosztva, napi átlag 30 km megtételével lehetett megtenni, ezért keresni kellett egy négynapos szabad időszakot. Így esett, hogy a túra május 1-én indult Budapestről és május 4-én ért Ógyallára. Május 5-én, hétfőn pedig a Szlovák Meteorológiai Társasággal közösen tartott ünnepi ülés koronázta meg az eseményt a tervek szerint.

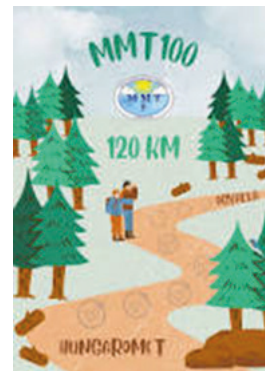
Fehér Balázs és Salavecz Péter vállalták magukra az útvonal megtervezésének feladatát. A térképen megtervezett útvonalon akadtak olyan szakaszok, melyek nem jelzett turistaúton haladtak. Ezeket lelkiismeretesen végigjárták, mindenütt összegyűjtve

az információkat, látnivalókat, kitaposva a legjobb ösvényeket. Ennek a lelkes munkának lett az eredménye az MMT 120 km túrafüzet, melyben az útvonal pontos leírása mellett ellenőrző pontokat is rögzítettek, hogy az út részleteiben, kisebb szakaszokat bejárva is teljesíthető legyen. Néhányan már végigmentek így több részletben az útvonalon, ami könnyen teljesíthető, izgalmas túra sok-sok érdekességgel, mindenkinek szívből ajánlom! A centenáriumi évben teljesített túra a füzet ellenőrző pontjainak kitöltésével igazolható, az MMT vezetősége várja a vállalkozó kedvű tagok kitöltött füzetait, melyekért jutalom jár.

<http://www.mettars.hu/wp-content/uploads/2024/09/MMT-Kisfuzet-rovid.pdf>

Lakatos Mónika, az MMT elnöke (és a túra ötletgazdája) valamint Kocsis Zsófia munkájának köszönhetően a túra útvonalán négy szálláshelyet is lefoglaltunk, ahol a gyaloglók az éjszakákat töltötték. A gyalogos túra mellett egy kétnapos biciklis túra is indult Ógyallára Varga László szervezésében.

2025. május 1-én kora reggel a gyaloglásra vállalkozó túratársak összegyűltek a HungaroMet Kitaibél Pál utcai székházában. 25 lelkes amatőr túrázó



A technikai segítő csapat.



Indulás a HungaroMet székháza előtt.

vágott neki az útnak, illetve kapcsolódott be egy-egy szakaszra. Minden életkor képviseltette magát a túrán, voltak régi és jelenlegi kollégák, MMT tagok, egyetemisták. Külön dicséret illeti az 50+-os korosztályt, melynek számos hölgytagja vágott neki a kalandnak.

Az ilyen eseményeken kiemelt szerepe van a segítőknek: a túrát Konkolyiné Bihari Zita és férje, Konkoly Elemér - oldalági Konkoly leszármazott - biztosította egy HungaroMettől a rendelkezésünkre bocsátott puttányos autóval, amiben a résztvevők csomagjait,

innivalókat és egyéb holmikat szállították a szálláshelyekre, így mindenki csak az aznapi menethez szükséges dolgokat cipelte magával a túrán. Az autó a későbbiekben abban is nagyon hasznosnak bizonyult, hogy a táv és az időjárás miatt meggyötört gyaloglókat el tudta vinni a következő szállásra, ha már nem tudtak továbbmenni. Ám ha volt is egy-két elgyengülés a túra során, mindenki, aki végig akart menni, végig is ment az úton. Köszönet a Konkoly-család e másik ágának!



Generációk Piliscsabán, az Ősök Parkjában.



A Nagy-Gete meghódítása és lát képe távolodóban.

Az első napra 31 km-es menetelés jutott. A gyermekvasút hűvösvölgyi végállomásától indultunk, oda villamossal mentünk fel. Mialatt a villamosra vártunk, egyik túratársunk gyorsan felszaladt a Hűvösvölgybe, hogy kaputól kapuig gyalogolhasson. A Remete-szurdokon keresztül Nagykovácsi mellett vitt az utunk, egy meredek kaptatóval, amiért a Budai-hegység szép panorámája kárpótolt bennünket. A Nagykovácsi fölött lévő Muflon-itató nevű büfében pihentünk meg először, miután megszámoztuk a bejárat függőleges fa léceit, hogy beirhassuk az ellenőrző füzetbe. Elhaladtunk egy turistaház romjai mellett, ami a múlt század húszas éveiben szolgált az akkor virágkorát élő túramozgalmat. Piliscsabán az Ősök Parkjában pihentünk meg újra.

Innen Leányváron át Csolnokra vitt az utunk, jórészt jelöletlen földutakon. Elmentünk egy däm-vad-telep mellett, megcsodáltuk Magyarország legnagyobb csipkebogyó ültetvényét, láttunk biofarmot, lovakat és szamarakat is. Végül az első naptól

teljesen kimerülve érkezünk Csolnok határába, ahol nagyon finom belga meggysörrel frissítettük fel magunkat a busz érkezéséig. A szállásunk ugyanis Esztergomban volt, mert a csolnoki panziót már jóval előttünk lefoglalták a hosszú hétvégére.

Esztergomban Bihari Zitáék jóvoltából bogrács-gulyás, palacsinta és hűtött italok vártak bennünket. Néhányunkban ezen a ponton felmerült a túra feladásának gondolata: a 31 kilométer sok feltört lábat, fájó talpat és vízhólyagot eredményezett. Másnapra azonban mindenki úgy döntött, hogy folytatja a menetet.

A második napon busszal visszamentünk Csolnokra. A csapat több ágra vált: volt, aki az autós segítők mellé szegődött, volt, aki a Bányászati Múzeumnál másik csapásra tért, mert nem akart nekirágni a túra legnagyobb kihívásának, a Nagy-Gete megmászásának. A második napi táv ugyan „csak” 27 km hosszú volt, de 1000 m szintet kellett leküzdeni, az út fel-le hullámvasutazott a Gerecse gyönyörű tájain.



Komárom a Duna túlszpartján.



Ógyalla, végállomás.



Ógyalla, Csillagda

Tokodon elmentünk a híres pincesor mellett, felmáshattunk a Mogyorósi-kősziklára, ahonnan a Dunát és az azt övező hegyeket lehetett látni az esztergomi Bazilikával és a nyergesújfalui cementgyárral fűszerezve. Pélifőldszentkereszten a Gerecse Natúrparkban pihentünk meg, majd tovább folytattuk utunkat felfelé a Gerecse-hegy oldalában. Érintettük egy 1960 táján elnéptelenedett falu régi temetőjét, majd egy óriási, virágzó medvehagyma-mezőn átkelve feljutottunk a Szerédi-kastélyhoz. Innen a régi ipari kisvasút nyomát követve folytatódott az út, de ekkor már a második nap vége felé jártunk, ezért lekanyarodtunk második szálláshelyünkre, a tardosi Kemencés Fogadóba.

A harmadik napon újabb 33 km állt előttünk, úticélunk Komárom volt. Az út elején tovább haladtunk a Gerecseben, elmentünk a Neszmélyi Arborétum mellett, ami a késő ötvenes években keletkezett, amikor az erdészek rengeteg különböző fajjal kísérleteztek, hogy mit érdemes meghonosítani a környéken. A bejáratnál pompás öreg tölgyfák álltak e kísérlet emlékeként. Dunaszentmiklóson felmentünk a kilátóba, majd nagy szőlőültetvények mellett leereszkedtünk a Duna partjára Almásfüzitőre, ahonnan utunk a Duna gátján vezetett. Ez bizonyult az egyik legnehezebb szakasznak, mert kifogtuk az év addigi legmelegebb napját, a gáton sehol egy árnyék, az égen sehol egy felhő. E sorok írója ki is dőlt Komárom és Almásfüzitő közt félúton, a többiek egy fűzitői retró kocsmában hűsölve erőt merítettek és szerencsésen eljutottak a komáromi Termál Hotelbe.

A negyedik napon az időjárás megkönyörült rajtunk, befelhősödött, és az eső is csak akkor eredt el, amikor megérkeztünk a végállomásra, Ógyallára. De először még Komáromnál átmertünk a Duna-hídon Szlovákiába, átsétáltunk Komárom másik felén és eljutottunk a Nyitra partjára. Innen hol a Nyitra, hol



Az ünnepi gyűlés résztvevői a Csillagda előtt.

a Zsitva gátján haladtunk tovább, időnként derékgig érő kaszátlan fűben. 28 km múlva érkeztünk meg Ógyalla szélére, a Konkoly-Thege család síremlékéhez. Szállásunk is itt volt, a Twins Fogadóban.

Ógyallán a szállásra befutottak a biciklitúra résztvevői is. Pezsgővel és pizzával ünnepeltük meg, hogy sikerült, mindannyian megérkeztünk, teljesítettük a vállalást.

Számomra a Gerecse nagy felfedezés volt, tele rejtett értékekkel, olyan kilátásokkal és látképekkel, amiket eddig nem ismertem. Van itt arborétum, régi iparvasút, bányamúzeum, felhagyott kőfejtő, tanösvény, kastély, natúrpark, közelről alig látott hepehupák. A Duna partja, a gát, Molajban (Szöny mellett) Valentinianus császár római kori emlékműve, Komárom a Duna mindkét partján szintén nagy élmény volt.

Május 5-én a Szlovák Meteorológiai Társaság és a Szlovák Hidrometeorológiai Intézet munkatársai nagyon vendégszeretően fogadtak bennünket az Ógyallai Meteorológiai és Csillagászati Observatóriumban. A hivatalos ünnepi program részeként a szlovák és a magyar meteorológiai társaságok elnökei és tagjai előadásokat tartottak, majd körbevezettek bennünket a Konkoly-Thege Miklós által épített csillagvizsgálóban, láttunk planetáriumi vetítést, megmutatták az ipartörténeti emlékek minősülő föld-rengésmérő eszközt és a meteorológiai obszervatóriumból megállapítottuk, hogy a látástávolság 1 km alatt van, mert a toronyból nem láttuk a Zlatý Bazant sörgyár kéményét. Eddigre ugyanis utolért bennünket az esős időjárás. Közben az elnökség koszorút helyezett el a Konkoly család sírjánál. A program lezárásaképp a Steiner Kastély Étteremben ebédeltünk.



*Szupercella érkezik a Balaton fölé. A Badacsony feletti felhősapka a kifutószél megérkezésekor a hegy által feláramlásra kényszerülő levegőben jelent meg.
Kiss Győző, Fonyód, 2025. június 3.*



*Asperitas felhőzet az érkező zivatar előterében.
Csitkovics Károly, Peresznye, 2025. június 26.*



ÉGHAJLATVÁLTOZÁS
Nemzeti Laboratórium

klimavaltozas.org



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, VESZÉLYJELZÉS, RIASZTÁS
AKTUÁLIS, MÉRT ADATOK, ÉGHAJLAT
LÉGSZENNYEZETTSÉG
KÖRNYEZETVÉDELEM



www.met.hu

Minden információ egy helyen az időjárásról és a meteorológiáról

HUNGAROMET NONPROFIT ZRT.