

# L É G K Ö R

65. évfolyam

2020. 4. szám



ORSZÁGOS  
METEOROLÓGIAI  
SZOLGÁLAT

1870-2020

METEOROLÓGIAI  
TANSZÉK  
75



## ELHUNYT POLGÁR ENDRE

### ENDRE POLGÁR PASSED AWAY



2020. október 15-én hunyt el Budapesten.

**Polgár Endre** Bonyhádön született 1932. október 11-én. A középiskola elvégzése után az ELTE Természettudományi Karán folytatta tanulmányait, ahol 1955-ben szerzett meteorológus diplomát. Szakmai pályafutását a Magyar Néphadsereg meteorológiai szolgálatában, mint hivatásos tiszt kezdte meg, repülőtéri szinoptikus beosztásban. 1957 elején leszerelték. Egy évig teherautó gépkocsivezetőként dolgozott, majd az Országos Meteorológiai Intézetben kapott munkát. Előbb a Hálózati Osztály, később a Magaslégköri Megfigyelési Főosztály vezetője lett. A jégeső-elhárító rendszer kiépítése 1974-ben kezdődött, ami Wirth Endre tudományos és Polgár Endre szervező munkája révén 1976-ban kezdte meg próbaüzemét BRJE (Baranya megyei Rakétás Jégeső-Elhárító Rendszer) elnevezéssel. 1979-ben az Országos Meteorológiai Szolgálat Jégeső-elhárító Rendszerében a pécsi poligon vezetője lett, szintén főosztályvezetői besorolásban. 1989-ben Budapestre helyezték, ahol a Szakigazgatási Főosztályon belül mint a Kutatási és Fejlesztési Osztály vezetője, illetve a jégeső-elhárító rendszerek koordinátora tevékenykedett egészen 1991-ben történt nyugállományba vonulásáig.

Nyugodjék békében!

## ELHUNYT DUNAY SÁNDOR

### SÁNDOR DUNAY PASSED AWAY



**Dunay Sándor** arany- és gyémántdiplomás meteorológus (Budapest, 1934. április 27. – Budapest, 2020. december 30). Középiskolai tanulmányait a Budapest II. kerületi Érseki Főgimnáziumban, 1950-től II. Rákóczi Ferenc Gimnázium végezte. Az ELTE Természettudományi Kar meteorológus szakán 1956-ban szerzett diplomát. 1957-ben az Országos Meteorológiai Intézet (OMI) Rádiószondázó Osztályon helyezkedett el. 1960. március 1-től az Éghajlatkutató Osztályra került, ahol terepklimatológiával foglalkozott. Aktívan közreműködött az intézet nagy kutatási programjában, a Balaton-kutatásban. 1964. márciustól a Hidrometeorológiai Osztály keretében Szarvason terepklimatológiai méréseket végzett. 1968-tól már az agrometeorológia területén tevékenykedett. 1978-tól 1991-ig a Központi Meteorológiai Intézet Agrometeorológiai Előrejelző Osztályának volt a vezetője. 1991 és 1996 között az Agrometeorológiai Osztály vezető helyettese, intézeti tanácsos. 1994. november 30-án vonult nyugállományba. Főbb kutatási területe a párolgás és a mezőgazdasági növényállományok talajnedvesség viszonyainak vizsgálata volt. A talajnedvesség alakulására vonatkozó számítási módszerét ma is alkalmazza az Országos Meteorológiai Szolgálat. 1983-ban megszervezte a hazai mezőgazdasági növényfenológiai megfigyelő hálózatot. Kidolgozója, megindítója és felügyelő közreműködője volt az Agrometeorológiai Havijelentés, és a 10 naponként megjelenő Agrometeorológiai Tájékoztató az Öntözőgazdaságok részére című kiadványoknak. Az 1980-as évek közepén megindította az Agrometeorológiai Információs programot a mezőgazdasági üzemek részére, amely egy hét időtartamra szóló agrometeorológiai előrejelző tájékoztatót adott hetente két alkalommal. 1973 és 2005 között tagja volt a LÉGKÖR szerkesztőbizottságának. Nyugdíjba vonulását követően, 2018 nyaráig, hetenként agrometeorológiai tájékoztatót és előrejelzést készített a Magyar Mezőgazdaság című szaklapnak. Munkásságát a környezetvédelmi miniszter 1996-ban Pro Meteorologia Emleklapakkal, az agrárminiszter 2019-ben Schenzl Guidó Díjjal tüntette ki.

Kedves Saci, nyugodj békében!

## SZERZŐINK FIGYELMÉBE

A LÉGKÖR célja a meteorológia tárgykörébe tartozó kutatási eredmények, szakmai beszámolók, időjárás események leírásának közzétevése. A lap elfogad publikálásra szakmai úti beszámolót, időjárás eseményt bemutató fényképet, könyvismertetést is.

A kéziratokat a szerkesztőbizottság lektoráltatja. A lektor nevét a szerzőkkel nem közöljük. Közlésre szánt anyagokat kizárólag elektronikus formában fogadunk el. Az anyagokat a [legkor@met.hu](mailto:legkor@met.hu) címre kérjük beküldeni Word-fájlban. A beküldött szöveg ne tartalmazzon semmiféle speciális formázást. Amennyiben a közlésre szánt szöveghez ábrák is tartoznak, azokat egyenként kérjük beküldeni, lehetőleg vektoros formában. Az ideális méret 2 MB. Külön Word-fájlban kérjük megadni az ábraaláírásokat. A közlésre szánt táblázatokat akár Word-, akár Excel-fájlban szintén egyenként kérjük megadni. Amennyiben a szerzőnek egyéni elképzelése van a nyomtatásra kerülő közlemény felépítéséről, szívesen fogadunk *kiegészítésként* PDF-fájlt is.

A közlésre szánt szöveg tartalmazza a magyar és angol címet, a szerző nevét, munkahelyét, levelezési és villanypostacímét. A *Tanulmányok* rovatba szánt szakmai cikkhez kérünk irodalomjegyzéket csatolni, melyben csak a szövegben szereplő hivatkozások legyenek. Az egyéb közlemények, szakmai beszámolók esetében is kérjük lehetőség szerint angol cím és összefoglaló megadását.

Felelős szerkesztő:

**Dunkel Zoltán**

a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:

**Barcza Zoltán** Budapest

**Bartholy Judit** Budapest

**Bíróné Kircsi Andrea** Budapest

**Bihari Zita** Budapest

**Gál Tamás** Szeged

**Haszpra László** Budapest

**Hunkár Márta** Keszthely

**Kolláth Kornél** Budapest

**Lakatos Mónika** Budapest

**Molnár Ágnes** Veszprém

**Péliné Németh Csilla** Budapest

**Sarkadi Noémi** Pécs

**Sáhó Ágnes** Göd

**Somfalvi-Tóth Katalin** Kaposvár

**Szépszó Gabriella** Budapest

**Szintai Balázs** Budapest

**Tóth Róbert** főszerkesztő-helyettes Budapest

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:

**Dr. Radics Kornélia**

az OMSZ elnöke

Készült:

**Premier Nyomda**

Budapest

**700 példányban**

Felelős vezető:

**Király Attila**

Évi előfizetési díja:

**3000.- Ft**

Megrendelhető az OMSZ

Gazdálkodási Osztályán

1525 Budapest Pf. 38.

E-mail: [legkor@met.hu](mailto:legkor@met.hu)

## TARTALOM

<b>CÍMLAPON: Zúzmara</b> (Jenki Szilvia felvétele) .....	165
<b>Elhunyt Polgár Endre</b> .....	166
<b>Elhunyt Dunay Sándor</b> .....	166
<b>Szerzőink figyelmébe</b> .....	166
<b>Új emléktábla az OMSZ Kitaibel Pál utcai épületében</b> .....	168
<b>A szerkesztő utószava egy tematikus évfolyamhoz</b> .....	168

## TANULMÁNYOK

Hafenschner Viktória Priscilla: <b>A légszennyezés hatása az egészségre és ökoszisztémára</b> .....	169
Breuer Hajnalka: <b>Talajnedvesség-változás Európában műholdas adatbázis alapján</b> .....	174
Bottyán Emese, Kristóf Erzsébet, Weidinger Tamás, Haszpra László és Czuppon György: <b>A magyarországi csapadékvíz forrása</b> .....	179
Oláh Róbert: <b>A hazai villámrekord statisztikus elemzése és időbeli lefutásának cáfolata II.</b> .....	185
Major György: <b>Kiegészítések Bacsák György életrajzához és munkásságához</b> .....	188

## KRÓNIKA

Zsikla Ágota és Szilágyi Eszter: <b>A 2020. évi tavi viharjelzési szezonról</b> .....	190
Hadvári Marianna: <b>Élenjáró fejlesztés az Országos Meteorológiai Szolgálatnál: automata rádiószonda-felbocsátó rendszerek telepítése</b> .....	197
Bíróné Kircsi Andrea: <b>2020 őszenek időjárása</b> .....	202
Major György: <b>Történelmi arcképek: Bacsák György</b> .....	204
Weidinger Tamás: <b>Történelmi arcképek: Száva-Kováts József</b> .....	205
Dunkel Zoltán: <b>Történelmi arcképek: Dobosi Zoltán</b> .....	206
<b>A 65. évfolyam (2020) szerzői</b> .....	207

## LIST OF CONTENTS

<b>COVER PAGE: Rime</b> (Szilvia Jenki's photo) .....	165
<b>Endre Polgár passed away</b> .....	166
<b>Sándor Dunay passed away</b> .....	166
<b>Instructions to authors of LÉGKÖR</b> .....	166
<b>New Memorial Plaque in the Kitaibel Pál Street Building of OMSZ</b> .....	168
<b>The Editor's Afterword to a Thematic Volume</b> .....	168

## STUDIES

Viktória Priscilla Hafenschner: <b>Impact of Air Pollution on Health and Ecosystem</b> .....	169
Hajnalka Breuer: <b>Soil Moisture Change in Europe Based on Satellite Data</b> .....	174
Emese Bottyán, Erzsébet Kristóf, Tamás Weidinger, László Haszpra and György Czuppon: <b>Source of the Precipitation in Hungary</b> .....	179
Róbert Oláh: <b>Statistical Analysis of Hungarian Lightning Records and Denial of its Time Running II.</b> .....	185
György Major: <b>Additions to the Biography and Work of György Bacsák</b> .....	188

## CHRONICLE

Ágota Zsikla and Eszter Szilágyi: <b>Storm Warning Season at Lakes in 2020</b> .....	190
Marianna Hadvári: <b>Cutting Edge Technology at Hungarian Meteorological Service: Installation of Automatic Radiosounding Systems</b> .....	197
Andrea Biróné Kircsi: <b>Autumn of 2020</b> .....	202
György Major: <b>Historical Portraits: György Bacsák</b> .....	204
Tamás Weidinger: <b>Historical Portraits: József Száva-Kováts</b> .....	205
Zoltán Dunkel: <b>Historical Portraits: Zoltán Dobosi</b> .....	206
<b>Authors of Volume 65<sup>th</sup> (2020)</b> .....	207



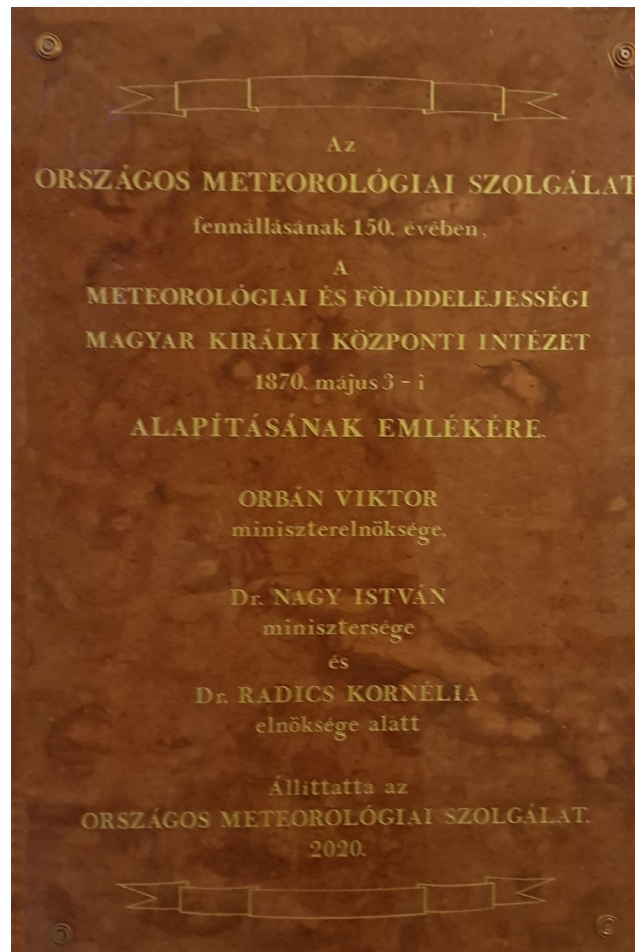
## ÚJ EMLÉKTÁBLA AZ OMSZ KITAIBEL PÁL UTCAI ÉPÜLETÉBEN

### NEW MEMORIAL PLAQUE IN THE KITAIBEL PÁL STREET BUILDING OF OMSZ

Az Országos Meteorológiai Szolgálat Kitaibel Pál utcai főépületében immár három nagyméretű vörös márványtábla emlékeztet az intézmény nagy eseményeire.

Az első az elkészült új épületről szól, megemlítve, hogy az intézet immár 40 éves. A második a Szolgálat megalakulásáról számol be, azaz arról, hogy az addig egy szervezeti egységből álló intézet Szolgálatá alakult, amely három intézetre vált szét. Az emléktábla egyúttal utal arra, hogy az intézet, a Magyar Meteorológiai Szolgálat abban az évben 100 éves.

A most elhelyezett táblán található felirat a két régebbi tábla szövegezésével ellentétben egyértelműen a 150. évfordulóra emlékezik. A táblán lévő felirat megfogalmazásában, szerkezetében illeszkedik a korábbiakhoz, folytatja a „hagyományokat”, feltüntetve a regnáló állami vezetők (1910-ben: király, miniszterelnök, miniszter, 1970-ben: miniszterelnök, miniszter,) neve után az inté-



*Az új emléktábla az OMSZ Főépületében (Budapest II., Kitaibel Pál utca 1.) I. emeleti folyosó*

fog örülni.

zeti vezetők (1910-ben igazgató, aligazgató, 1970-ben elnök) neveit is.

Az új emléktábla 2020. december 17-én került fel az épület falára. Ünneplés átadására a 2020-as évben sajnos a járványügyi intézkedések és vonatkozó korlátozó jogszabályok rendelkezései miatt nem kerülhetett sor.

A két történelmi emléktábla az I. és a II. emelet között, egymással szemben a lépcsőfordulóban, míg az új emléktábla az első emeleten, szemben a lépcsővel, az I. emeleti folyosó közepén található. A Szolgálat immár 110 éves épületét meglátogatva érdemes gyalog felmenni a második emeletig, s egy kis időt szentelni az emléktábláknak, elgondolkozva az idő kíméletlen múlásán.

Kívánjuk, hogy a mai megsemmisülők között sok olyan legyen, aki majd a 200. évfordulóra készült táblának is

## A SZERKESZTŐ UTÓSZAVA EGY TEMATIKUS ÉVFOLYAMHOZ

### THE EDITOR'S AFTERWORD TO A THEMATIC VOLUME

A 2020-as év a magyar meteorológia történetében az évfordulók esztendeje. Százötven éve, hogy létrejött az önálló magyar meteorológiai intézet, megszületett az utolsó magyar polihisztor, Bacsák György. Hetvenöt évvel ezelőtt, 1945-ben hozták létre az önálló meteorológiai tanszéket, akkor még Léggör- és Éghajlattani Tanszék néven. Ennek emlékét hordozta sokáig a Múzeum körüli épület II. emeletén lévő, Léggörtani 5-ös előadóterem. Hatvanöt évvel ezelőtt alapította a LÉGKÖR-t Dési Frigyes, s ötven évvel ezelőtt szervezte át az intézetet. Az Országos Meteorológiai Szolgálat ezen a néven ebben az évben 50 éves. S végezetül ebben az évben, 1970-ben, szintén ötven évvel ezelőtt hunyt el Bacsák György. A LÉGKÖR a 2020. évi 65. évfolyamát igyekezett elsősorban a Szolgálat jubileumi évének szentelni. A címlap mind a négy 2020-as szám esetében a szalagcímben hirdeti, hogy 150 éves a Szolgálat. Ehhez csatlakozik a 4. szám azzal, hogy a címlapon a 75 éves a Tanszék felirat is megjelenik. Az első két címlapon a szokásos fotók helyett a Szolgálat főépületének képe díszel, egy nagyon jó minőségű archaikus és egy mostani felvétel. Ilyen volt, ilyen lett. A 2020-as esztendő sajnálatos módon nem kedvezett a megemlékezéseknek, mivel a világjárvány miatt az esztendő nagyobb részében tilos volt nagyobb létszámú összejövetelek szervezése. Kiadványunk, megtartva a LÉGKÖR szakmai jellegét, változatlanul közölve meteorológiai szakmai közleményeket, azzal igyekezett megemlékezni az évfordulóról, hogy megszólaltatta a Szolgálat történetében szerepet játszó volt és jelenlegi munkatársait, teret adva visszaemlékezéseknek is. A Meteorológiai Tanszék évfordulójára ebben a számban a LÉGKÖR a *Történelmi Arcképek* rovatban két tanszékvezető, Száva-Kováts József és Dobosi Zoltán bemutatásával emlékezik, Bacsák Györggyel pedig egy rövidebb beszámoló és szintén egy *Történelmi Arcképek* cikk foglalkozik.



# A LÉGSZENNYEZÉS HATÁSA AZ EGÉSZSÉGRE ÉS AZ ÖKOSZISZTÉMÁRA

## THE IMPACT OF THE AIR POLLUTION ON HEALTH AND ECOSYSTEM

Hafenscher Viktória Priszilla

ELTE Társadalom- és Gazdaságföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c, haf.viktoria@gmail.com

**Összefoglalás.** A légszennyezésnek ismertek természetes és antropogén faktoraik, ám az emberi tényező napjainkban egyre erősödik. Ennek komoly egészségügyi kockázatai vannak, mind rövid-, mind hosszútávon, melyek legfőképp légzőszervi, és szív-érrendszeri elégtelenséghez vezetnek. Emellett a fizikai és élő környezetre is veszélyt jelent földön, vízen és levegőben egyaránt. A légkörbe jutott szennyezőanyagok ugyanis bekerülnek a vizekbe és a talajba is, ahol károsítják a helyi életközösségeket. Egyes szennyezőanyagok felhalmozódhatnak a táplálékláncban, így közvetett módon is hatással vannak az emberi egészségre. Az emberek nagy része mégsem látja annyira súlyosnak a problémát, hogy tegyen ellene, valamint a politikusok és döntéshozók sem hoznak kellően szigorú szabályozásokat.

**Abstract.** Natural and anthropogenic factors of air pollution are both known, but nowadays the human factor is gaining ground. This has serious health risks, both in the short and long term, leading mainly to respiratory and cardiovascular failures. It also poses a threat to the physical and living environment on land, water and air. After all, pollutants released into the atmosphere end up in water and in the soil, where they harm local ecosystems. Some contaminants tend to accumulate in the food chain and thus indirectly affect human health. Yet most people do not see the problem as serious enough to counter it, and politicians and policymakers do not introduce sufficiently strict regulations either.

**Bevezetés.** Amikor légszennyezésről beszélünk, valójában egy többdimenziós problémával állunk szemben, mely dimenziókat együtt kellene vizsgálni egy komplex és reális kép kialakításához. Fizikai vonatkozásukban a levegőt szennyező anyagok lehetnek gázok, folyékony vagy szilárd anyagok, melyek a légkörben át is mehetnek halmazállapot-változáson. Ha kulturális szempontból vizsgáljuk a légszennyezést, visszasságokba ütközünk, ugyanis egyes helyeken a fával való fűtés – mely lokálisan szennyezi a levegőt – a mindennapok szerves része, valamint a tűzifa kivágása kifejezetten kell a férfias imázs fenntartásához (Cupples, 2009). Társadalmi vonatkozásban sokszor kényszer a tüzelés. Szegény régiókban sajnos nemcsak fát égetnek, hanem nagyjából minden hulladékot, mint például régi cipő, gumiabroncs, ürlék, egyes helyeken pedig kerozinnal, vagy egyéb veszélyes anyaggal kénytelenek fűteni. Gazdasági szempontból a légszennyezés a termelés „természetes” velejárója, melynek csökkentése gazdaságilag látszólag hátrányos, ugyanakkor a gazdasági fejlődést korlátozza, vagy vissza is vetheti a légszennyezettség mértékének emelkedése (Hao et al. 2018). A politikusok, döntéshozók kifejezetten nehéz helyzetben vannak ebben a témában. Egészségi és környezetvédelmi szempontból a légszennyezés mérséklésére van szükség, amihez azonban megszorításokat kell hozni, ezért irracionálisnak tűnik a döntéshozók számára (Baram 1979). A tudomány világában pedig integrálni kellene az eddigi szempontokat és megtalálni az arany középutat.

**A légszennyezők típusai.** A légszennyező anyagok közül az állati (és ezzel együtt az emberi) szervezetre legkárosabbak az aeroszolok (particulate matter, PM), mely a levegőben szuszpendált szilárd vagy folyékony részecskék elegyét jelenti. Három típusát különböztetjük meg méret szerint: a 10 mikrométernél kisebb átmérőjű durva részecske (PM<sub>10</sub>), a 2,5 µm-nél kisebb átmérőjű finom részecske (PM<sub>2,5</sub>), valamint 0,1 µm-nél kisebb átmérőjű ultrafinom részecske (PM<sub>0,1</sub>). A PM<sub>10</sub> a talajerózióból, utak kopásából, ipari tevékenységből, kipufogókból, valamint széntüzelésből származik. Zanobetti et al.

(2000) kutatása alapján 10 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> koncentráció-emelkedés 2,5%-kal növeli a krónikus obstruktív tüdőbetegséggel (COPD, légutak tartós beszűkülésével járó kórkép) kezelték számát. A PM<sub>2,5</sub> másodlagosan nagyobb aeroszolókból, égési termékekből, kondenzálódott szerves- vagy fémrészecskékből keletkezik. Elég apró ahhoz, hogy egészen a léghólyagocskáig lejusson, emellett mutagén hatású. A PM<sub>0,1</sub> a léghólyagocskákból felszívódva a véráramba kerülhet (Brown et al., 2002). Itt gyulladást okozva növeli a vér alvadékonyságát, ami vérrög képződéséhez vezethet. A vérrög a szervezet bármely részén elzárhatja az ereket, így a kimenetel lehet mélyvénás trombozisz, tüdőembólia, stroke, szívroham vagy egyéb keringési elégtelenség. Az ultrafinom aeroszol részecskéik leginkább gázolaj, dízelolaj égetéséből származnak, emellett a fatüzelés és hűsítés is hozzájárul a kibocsátásukhoz.

Az aeroszolok általános rövidtávú hatásai közé tartozik a köhögés, nehézlégzés, légszűrés, valamint asztmásoknál rohamot vált ki. Hosszú távon csökkenti a várható élettartamot. Mannucci et al. (2015) eredményei azt mutatják, hogy 10 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>2,5</sub> koncentrációemelkedés 10%-os mortalitás-növekedést okoz. A mortalitás okai szív-érrendszeri- és légúti megbetegedések, valamint tüdőrák. Az érrendszeri megbetegedések egyik oka, hogy a PM belégzése gyulladással járó folyamatokat vált ki, mely másodlagos hemosztázist, valamint reaktív oxigén-gyökök (ROS) képződését okozza. Menopauza után lévő nőket vizsgálva 10 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>2,5</sub> koncentrációemelkedés után 21%-kal nő a koszorúér megbetegedések száma (Miller et al., 2007). A Health Effects of Air Pollution on Susceptible Subpopulations (HEAPSS, 2003) projekt eredménye alapján szignifikáns kapcsolat van a közlekedési szennyezés és a szívinfarktus között.

A nitrogén-dioxid (NO<sub>2</sub>) üzemanyagok égéstermékéként, energiatermelés során, valamint a fűtési rendszerek révén kerül a levegőbe legnagyobb mennyiségben, emellett a nitrogén-oxidból másodlagosan keletkezik, mely gyorsan átalakul nitrogén-dioxiddá. Irritáló hatása mellett csökkenti a tüdőfunkciót, nagyon magas koncentráció esetén a légutak összeszűkülhetnek (Pandey et al., 2005).

A kén-dioxid (SO<sub>2</sub>) ként tartalmazó fosszilis tüzelőanyagok elégetésével kerül a légkörbe, legfőképp az energiaipar, széntüzelés, valamint közúti közlekedés révén, bár kibocsátása az utóbbi időben jelentősen csökkent (EEA 2018). Izgatja a légzőrendszert, emiatt a hörgők összehúzódását, a légutak görcsös állapotát okozza, ezért a nitrogén-dioxidhoz hasonlóan csökkenti a tüdőfunkciót (Pandey et al., 2005).

Míg a sztratoszférában lévő ózon (O<sub>3</sub>) a földi élet védelmét szolgálja, a troposzférában keletkező ózon károsítja azt. A talajközeli ózon másodlagos szennyező, mely elsődlegesen szennyezőkből képződik – mint például a nitrogén-oxidok, illékony szerves vegyületek, oldószerek – UV-sugárzás hatására. Kellemetlen szaga mellett izgatja a szemet és a légzőszervek nyálkahártyáját, kiválthatja a légzőszervek gyulladását, és súlyosbítja a hörghurutot, asztmát és a pollenallergiások tüneteit (Ebi and McGregor, 2008).

A légkörbe kerülő szén-monoxid (CO) legfőbb antropogén forrása a tökéletlen égés a belső égésű motorokban. Épp ezért a közlekedés okozta légszennyezés indikátorként is használják. Mivel 250-szer nagyobb affinitással kötődik a vörsejtek hemoglobinjában található vashoz, gátolja az oxigénzállítást a szervezetben. Kezdeti tünet a fejfájás, melyet hányás, eszméletvesztés és végül halál követ.

Amennyiben el akarjuk kerülni a magas légszennyezettségű területeket, nincs egyszerű dolgunk, hiszen a kibocsátás mértéke és a szennyező anyagok koncentrációja közt az időjárás tényezői miatt, sokszor nincs lineáris összefüggés. Az időjárás erős hatással van a légszennyező anyagok tér- és időbeli eloszlására. A szél, csapadék és a vertikális keveredés befolyásolja, hogy adott pillanatban egy adott helyen milyen koncentrációban, mely légszennyező anyagokkal találkozunk. A lokális légszennyezettséget akár nagyobb mértékben meghatározhatja a vertikális keveredés, mint az aktuális emisszió (Querol et al., 2008). A kibocsátott szennyezőanyagok maradhatnak a forrás közelében magas koncentrációban, de szét is terjedhetnek, miáltal felhígulnak. Maradhatnak eredeti formájukban, de kémiaiilag át is alakulhatnak. Elszállíthatnak messzire, vagy leülepedhetnek a talajba és víztestekbe.

**A természet és légszennyezés kölcsönhatása.** A légszennyezés nemcsak antropogén eredetű lehet, hanem természetes folyamatok eredménye is, mint például a villámlás. Bizonyos esetekben azonban nem lehet éles határt szabni. Az erdőtüzek ugyanis hozzátartoznak a természetes körforgáshoz, sőt, néhány ökoszisztémában elengedhetetlen egyes fajok számára. Az utóbbi években azonban sok tűz kialakulásához és mértékéhez hozzájárult a szárazság. A szárazság egyik oka pedig a klímaváltozás, melyhez az emberiség egyre nagyobb mértékben járul hozzá (Flannigan et al., 2000). Sokszor viszont az ember szándékosan okozza az erdőtüzet, mivel az égetés bevett szokás a földhasználat megváltoztatására. A levegőtisztaság szabályozásában épp ezért fontos szerepet játszik az égetések szabályozása (Kotto-Same et al., 1997).

Az erdőtüzek gyakorisága és mérete leginkább a mediterrán területeken emelkedett meg, ahol nagy ökológiai károkat okoz. Mégis, ahol erősebben melegszik a klíma, ott a káros hatások is kifejezettebbek, és hosszabb ideig elhúzódhatnak, ezért az egyes területek eltérő mértékben veszélyeztetettek (Paoletti et al., 2007).

Az erdőtüz hatására légkörbe kerülő szennyezőanyagok a szén-monoxid, ózon-prekursorok, illékony szerves vegyületek (VOC), higany és különböző méretű aeroszol részecskék. A hatás azonban kölcsönös, mivel a levegő szennyezettsége elősegíti az erdőtüzek kialakulását. Az emelkedett ózonkoncentráció a légkörben, és az elérhető nitrogén csökkentheti a gyökér/hajtás tömegarányát és a vízvesztés kontrollját. Emiatt a fák fogékonyabbak lesznek a szárazság-stresszre és a tűzre egyaránt. A tartós légszennyezettség ráadásul csökkenti a növények védekező készségét más stresszorokkal szemben (Agbaire, 2009). Ennek tulajdonítható Kaliforniában az ózon-terhelt erdőkben a szukcessziós változást. Mivel az egyes fajok, valamint fajon belül egyedi szinten a szennyezőkkel szembeni tolerancia és ellenálló képesség eltér, a légszennyezés a fajösszetétel és génállomány változását okozhatja, s ez felboríthatja a táplálékhálózatot (Paoletti et al., 2007).

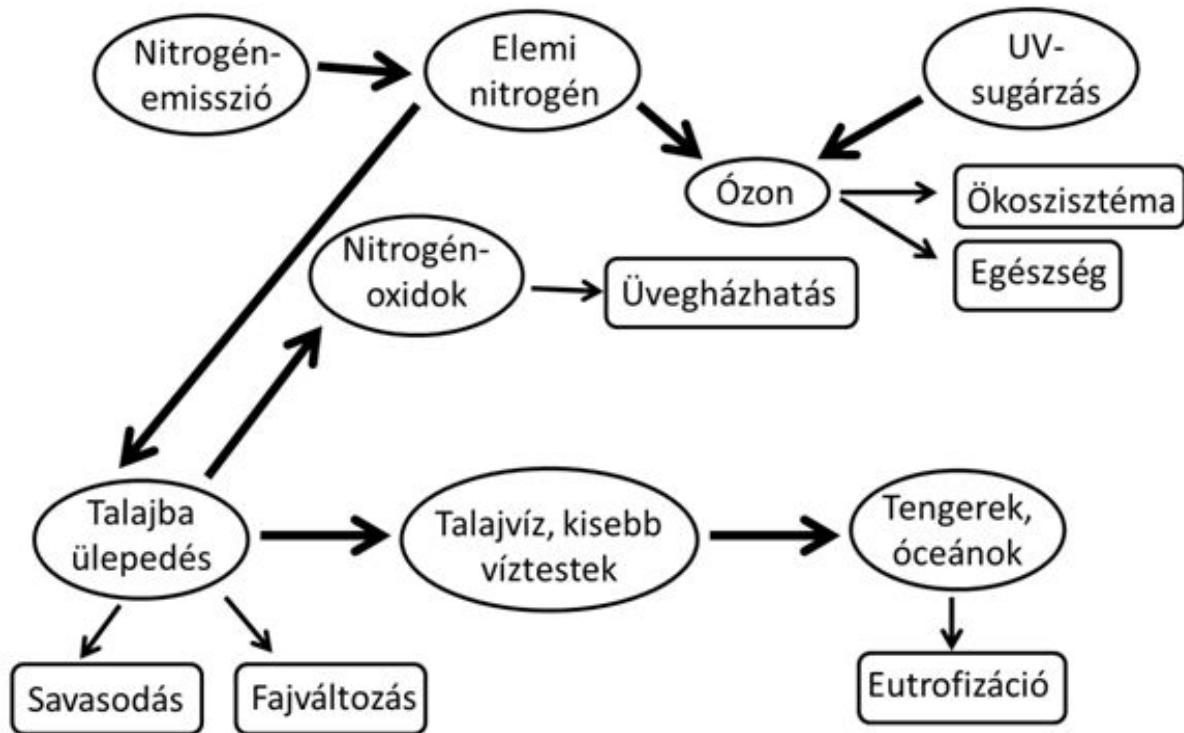
Kiemelt jelentőségű a vegetáció károsításában a troposzférikus ózon, mely kétféleképp is csökkenti a fotoszintézist. Egyrészt direkt módon csökkenti a klorofill tartalmat, és a ribulóz-1,5-biszfoszfát-karboxiláz-oxigenáz (RuBisCO) enzim mennyiségét, melyek elengedhetetlenek a fotoszintézishez. Emellett a növényi védekezés egyik formája, a sztómarezisztencia a sztómák záródását eredményezi, így csökken a légzés, ami szintén csökkenti a fotoszintézist (Chapla and Kalamakar, 2004). A fotoszintézis csökkenése pedig termelés- és termésnövekedéshez vezet. Továbbá, ha az ózon bejut a sztómákon, oxidatív stresszt okoz, ezzel a növényben hormon indukált gyors elöregedést eredményez. Egy másik hormon, etilén is termelődik ózon hatására, ami visszaveti a gyökéret fejlődését. Az előbb felsorolt hatásokból következik, hogy a mezőgazdaságra igen káros az ózon a nagymértékű termésnövekedés miatt. Az ebből adódó élelemhiány elkerülése végett még több földterületet kell mezőgazdasági művelés alá vonni, ami tovább növeli a légszennyezést és az ózonkoncentrációt.

A nitrogén- és kénvegyületek hatása a szárazföldi ökoszisztémákra függ a vegyületek mobilizálhatóságától. Átmosódva a lombon károsítják a növény leveleit, csökkentve a termelői szint biomasszáját. A talajba mosódva elsavasítják azt a pozitív töltésű fémionok kimosásával, valamint mobilizálják a komplexben lévő alumíniumot, mely ionos formában mérgező a növények gyökerére. Amennyiben nem alkotnak azonnal savat, a talajban akkumulálódva késleltetett hatással kell számolni. Egyrészt később, mikor a kén- és nitrogén emisszió már meg is szűnt, elsavasíthatják a talajt, vagy a felhalmozódó nitrogén kedvez az invazív növényfajoknak (Gough et al., 2000). Mi több, a növényevő rovarok jobban kedvelik a nitrogéndús hajtásokat, így a kártevők felszaporodnak a különböző növénytársulásokban, új fajok is meg tudnak telepedni. A nitrogén-feldúsulás miatti fajkészlet változás kiemelten veszélyezteti a lágokat, ahol a jellemző har-

matfü (*Drosera*) és tőzegmoha (*Sphagnum*) fajok helyét átveszi a sédbúza (*Deschampsia*) és a gyapjúsás (*Eriophorum*). Hasonlóképpen a karbonátos talajú gyepeken a nitrogén feldúsulás a bennszülött, ritka fajok elvesztésével járhat (Bobbink et al., 1998).

A mocsár és láp anaerob körülményei közt a szulfátokat egyes baktériumok redukálják. Ugyanezen baktériumok metilálják a higanyt, így a kénvegyületek hatására a baktériumok fokozott aktivitása révén dimetil-higany képződik, ami felvehető a növények, vagy fitoplankton számára. A higany aztán elkezd feldúsulni a táplálékhálózatban, így végső soron az embert is veszélyezteti. A kén-

selkedését (Brakke et al., 1994). A kénvegyületek további hatásaként a tavakban csökken az oldott szerves anyag (DOC) mennyisége. Ezáltal a fény mélyebbre jut le, a bentikus alga produkciója nő, valamint megváltozhatnak a predátor-préda interakciók a látási viszonyok változása miatt (Yan et al., 2008). További törést okozhat a táplálékhálózatban, ha a préda érzékeny a savasodásra, mivel ha a táplálékhálózat egy alsó tagja fogyni kezd, az várhatóan csökkenteni fogja a felette levő populációk egyed-számát. A nitrogén felhalmozódása a vízben eutrofizációhoz vezet, ami teljesen felboríthatja az addigi életközösséget.



1. ábra: N-kaszád sématisz ábrája. A kibocsátott nitrogén a talajba ülepedhet, ahonnan ismét a légkörbe kerülhet N-oxidok formájában, erősítve az üvegházhatást, vagy UV-sugárzás hatására ózonná alakulhat, károsítva ezzel az ökoszisztémát és az emberek egészségét. A talajba ülepedő nitrogén savasodást és fajváltozást okozhat, majd belekerülhet a talajvízbe, vagy kisebb víztestekbe. Innen elszállítható nagyobb víztestekbe, végül a tengerekbe, óceánokba kerülhet, ahol a nitrogén-feldúsulás algavirágzást okozhat

vegyületek hatása az erdőkre változatos, ugyanis függ a talaj- és erdőtípustól. Bázikus talajon a savasság pufferelődik, bázisszegény területeken azonban a magas magnézium- és kalciumigényű fásszárúak pusztulását okozhatja, mint az ezüst juhar, fehér köris és pompásvirágú som (Horsley et al., 2002). Amerika északkeleti részén, az Appalache-hegységben is a talajsavasodásnak tulajdonítják a vörösfenyő állomány tömeges pusztulását (DeHayes et al., 1999). A flóra mellett a gerinctelen fauna is érzékeny a kénvegyületek talajba mosódására. A szaprofágok pusztulása miatt lassul a lebontás, valamint a gerinctelen állatokkal táplálkozó madárpapulációk is csökkennek.

Az élő víztestekben a kénvegyületek miatti savasodás hatására az alumínium felszabadul stabil komplexeiből, és ionos formában káros hatással van a vízi élővilágra (Driscoll et al., 2001). A kopoltyús szervezetek légzőszervében gátolja az iontranszportot, emellett megváltoztatja a gerinces fajok hormonegyensúlyát, valamint vi-

A légszennyezés kiszámíthatatlanságára és komplex mivoltára kiváló példa a nitrogén-kaszád (Galloway et al., 2003 – 1. ábra). A fosszilis tüzelőanyag elégetéséből származó, légkörbe kerülő egy darab N-atom sorsa és hatása sokrétű. Egyrészt N-oxidokat képezve növeli az üvegházhatást. UV-sugárzás hatására prekurzorként viselkedik, és hozzájárul a légköri ózonnépződéshez. Ez az ózon károsítja az egészségünket, valamint az egész ökoszisztémát. A kibocsátott N-atom atmoszódhat a lombokon, és leülepedhet a talajba, ahol savasodást és fajkészlet változást okozhat. A talajból baktériumok aktivitásának eredményeképp a nitrogén visszakerülhet a légkörbe valamilyen N-oxidként, ahol ismét fokozza az üvegházhatást. Egy alternatív lehetőségként a talajvízzel bemosódhat az élő vizekbe, ott algavirágzást okoz, mely szorosán kapcsolódik az eutrofizációhoz. Ez hypoxiához vezet, ami a vízi élővilág pusztulását okozza. Ebből a kaszkádból azt is láthatjuk, hogy a légszennyezés káros hatásainak csökkentésére költséghatékony megoldás a N-kibocsátás csökkentése.



**A láthatóság problematikája.** Bár számos tudományos, ismeretterjesztő cikk és médiahír született a környezet- és légszennyezés káros hatásairól, az emberek nagy része nem foglalkozik a problémával, és nem tesz ellene. Könnyen elképzelhető, hogy a természet, és a vadon élő növény- és állatfajok sorsa nem foglalkoztatja az embereket, hiszen egyre inkább eltávolítjuk magunkat a természettől, ám a saját egészségünket is károsítjuk. Az emberre általánosságban nem jellemző, hogy ne érdekelne saját vagy rokonai egészsége, élete, tehát ezen a ponton ellentmondásra jutottunk. Az ellentmondás feloldható a légszennyezés láthatóságának és megfoghatóságának vizsgálatával. A modern technika a mindennapjaink részévé vált, már eleve beleszületünk a szennyezett környezetbe, és egyszerűen természetessé vált számunkra. Akik nem érzik úgy, hogy a természet részei, sokkal kevésbé elkötelezettek a természet- és környezetvédelmi ügyek iránt, mint akik úgy gondolják, kapcsolódnak a természethez, és annak részei (*Schmitt et al.*, 2019). Mégis furcsa, hogy ha ennyi helyről, több csatornán is – képekkel, cikkekkel, televízióműsorokkal, rádióadásokkal – próbálják láttatni a problémát az emberekkel, és felhívni a figyelmet a cselekvés fontosságára, miért találunk sokszor „süket fülekre”? Nemcsak a láthatóság, de a hatékony láttatás is akadályokba ütközik. A tudományos közösség publikációi vagy egyáltalán nem jutnak el a laikus emberekhez, vagy ha el is jutnak, sokszor nem tudják áthidalni a tudományos- és laikus közösség közti kommunikációs szakadékot (*Brimblecombe and Schuepbach*, 2006). Másrészt a döntéshozók és a közemberek nem azt akarják hallani, amit a tudományos közösségnek el kell mondania, hanem ami éppen érdekli őket és kedvükre van (*Moshammer*, 2010).

A közemberekhez jóval nagyobb százalékban jutnak el a médiahírek, mint a tudományos publikációk. A környezet- és légszennyezéssel, valamint ezek várható következményeivel foglalkozó médiahírek retorikájára jellemző a félelem- és szorongáskeltés. Azonban hiába szembe-sítjük az embereket tetteik súlyosságával és következményeivel, több kutatás is arra a következtetésre jutott, hogy a félelem- és szorongáskeltés kontraproduktív, tehát az emberek úgynevezett háritással reagálnak, és próbálják kizárni a nyomasztó gondolatokat, érzéseket. Sokan erőtlenné érzik magukat ahhoz, hogy bármi jelentékeny tegyenek a környezeti problémák ellen, mint például a klímaváltozás és légszennyezés (*Bickerstaff*, 2004). A jelenség túldramatizálása emellett ellenszenvet is kiválthat az emberekből, gyengítve ezzel az ügy iránti elkötelezettségüket (*Nisbet*, 2009). Több kutatás is irányult a környezettudatosságra való hatékony motiválásra. A hatékony motiváció egyik alapja az öndeterminációs-, vagy önmeghatározás elmélet, mely szerint az ember három alapszükséglete az autonómia (szabad, önálló döntés), a kompetencia (önmagunk független lényként megtapasztalása), valamint a kapcsolódás (másokkal való kapcsolataink alapja legyen a kölcsönös szeretet és tisztelet). A sikeres önmeghatározás adja az alapot a belső motivációhoz, mely esetben a cselekvés motivációja tisztán a cselekvéssel járó öröm és tapasztalás (*Deci*, 1972). Ilyen belső motivációval azonban sok környezeti probléma nem oldható meg, például kevés ember leli örömét ab-

ban, ha az autó helyett a tömegközlekedést választja. Ezért fontos a szociális hálón alapuló társadalmi motiváció, és internalizáció, tehát bizonyos szabályokat mindenki elsajátít és követ, melyre jó példa a szelektív hulladékgyűjtés (*Deci and Ryan*, 2000). A belső motiváció hosszabb távon kitart, és mentális jólétet biztosít, míg a külső motiváció könnyen kényszerré válhat. Ezért fontos ötvözni a kettőt: a kutatóknak oly módon kell közölniük javaslataikat, a döntéshozóknak oly módon kell cselekedni, hogy az emberek úgy érezzék, az ő nézőpontjukat is megértik és figyelembe veszik, tiszteletben tartják a választáshoz való jogukat és amennyiben választási lehetőségeik korlátozottak, erre ésszerű indoklást kapnak (*Osbaldiston and Sheldon*, 2003).

**Összegzés.** Láthatjuk, hogy a légszennyező anyagok hatása érezhető földön, vízen, levegőben, valamint az élő szervezeteken belül is. Egy nem elhanyagolható problémával állunk szemben, a kén-dioxid kivételével mégsem láthatunk határozott, csökkenő trendet a kibocsátásban. El kell gondolkodni azon, hogyan lehet az emberek számára láthatóvá, megfogható problémává tenni a légszennyezés kérdését. Ha még a természet és az élővilág pusztulásával szemben érdektelenek vagyunk is, az ember azt gondolná, saját egészségünk megóvása érdekében tenni szeretnénk valamit a légszennyezés csökkentése érdekében. A fejlődő országokban sajnos sokszor nem tudják figyelembe venni a szennyezés csökkentését, mivel a megélhetésért küzdenek az emberek. A fejlett országokban egyrészt a fogyasztói társadalom vet gátat a szennyezés csökkentésének, másrészt a kényelemhez való ragaszkodás. Hiába oktatják hazánkban most már talán minden iskolában, hogy kapcsoljuk le a villanyt, ne menjünk feleslegesen a televízió vagy a számítógép. Az emberek csak hallják, de nem értik; vagy értik, de teljesen érdektelenek. Sokszor a városi döntéshozókra, önkormányzatokra hárítják a légszennyezés csökkentésének felelősségét (*Slovic et al.*, 2016), azonban úgy gondolom, hogy a lakosság elköteleződése és támogatása nélkül nem valósulhatnak meg hatékonyan az erre irányuló törekvések. A légszennyezés terén nagy jelentősége van mind a lokális döntéshozók intézkedéseinek, mind a civil összefogásoknak és az egyéni életmódnak (*Cifuentes*, 2001). A természettudósok feltárhatják a folyamatokat, hatásokat és várható kimeneteleket, de cselekedni nem tudnak többmilliárd ember helyett. Ahhoz, hogy a tudományos világ üzenetei hatékonyan eljussanak a döntéshozókhöz és laikus emberekhez, több tudományág szakértőinek összefogására van szükség. A légszennyezés és környezeti problémák kutatóinak, pszichológusoknak és pedagógiai szakértőknek össze kell dolgozniuk, hogy áthidalhassuk a tudományos közösség, valamint a döntéshozók és közemberek közti kommunikációs szakadékot.

### Irodalom

- Agbaire P. O.*, 2009: Air Pollution Tolerance Indices (APTI) of some plants around Erhoike-Kokori oil exploration site of Delta State, Nigeria. *International Journal of Physical Sciences* 4, 366–368.
- Baram, M. S.*, 1979: Cost-Benefit Analysis: An Inadequate Basis for Health, Safety, and Environmental Decisionmaking. *Ecology Law Quarterly* 8, 473–532.

- Bickerstaff, K., 2004: Risk perception research: socio-cultural perspectives on the public experience of air pollution. *Environment International* 30(6), 827–840.
- Bobbink, R., Hornung, M. and Roelofs, J. G. M., 1998: The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. *Journal of Ecology* 86:717–738.
- Brakke, D. F., Baker, J. P. and Bohmer, J., 1994: Group report: physiological and ecological effects of acidification on aquatic biota. In: Steinberg, C. E. W. and Wright, R. F. (eds): *Acidification of Freshwater Ecosystems: Implications for the Future*. 275–312.
- Brimblecombe, P., and Schuepbach, E., 2006: Communicating air pollution science to the public and politicians. *Journal de Physique IV (Proceedings)* 139, 413–423.
- Brown, J. S., Zeman, K. L. and Bennett, W. D., 2002: Ultrafine particle deposition and clearance in the healthy and obstructed lung. *Am J Respir Crit Care Med*. 166,1240–1247.
- Chapla, J. and Kamalakar, J. A., 2004: Metabolic responses of tropical trees to ozone pollution. *Journal of Environmental Biology* 25, 287–290.
- Cifuentes, L., Borja-Aburto, V. H., Gouveia, N., Thurston, G., Davis, D. L., 2001: Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation 2000–2020: Santiago, Sao Paulo, Mexico City and New York City. *Environ Health Perspect*. 109, 419.
- Cupples J., 2009: Culture, nature and particulate matter – Hybrid reframings in air pollution scholarship. *Atmospheric Environment* 43, 207–217.
- Deci, E. L., 1972: The effects of contingent and noncontingent rewards and controls on intrinsic motivation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 8, 217–229.
- Deci, E. L., and Ryan, R. M., 2000: The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry* 11, 227–268.
- DeHayes, D. H., Schaberg, P. G., Hawley, G. J. and Strimbeck, G. R., 1999: Acid rain impacts on calcium nutrition and forest health. *Bioscience* 49, 789–800.
- Driscoll, C. T., Lawrence, G. B., Bulger, A. J., Butler, T. J., Cronan, C. S., Eagar, C. and Weathers, K. C., 2001: Acidic Deposition in the Northeastern United States: Sources and Inputs, Ecosystem Effects and Management Strategies: The effects of acidic deposition in the northeastern United States include the acidification of soil and water, which stresses terrestrial and aquatic biota. *BioScience*, 51(3), 180–198.
- Ebi, K. L. and McGregor, G., 2008: Climate Change, Tropospheric Ozone and Particulate Matter, and Health Impacts. *Environmental Health Perspectives* 116(11), 1449–1455.
- EEA, 2018: Air Pollutant Emission. [www.eea.europa.eu/airs/2018/environment-and-health/air-pollutant-emissions#tab-based-on-indicators](http://www.eea.europa.eu/airs/2018/environment-and-health/air-pollutant-emissions#tab-based-on-indicators)
- Flannigan, M. D., Stocks, B. J. and Wotton, B. M., 2000: Climate change and forest fires. *Science of the Total Environment* 262(3), 221–229.
- Galloway, J. N., Aber J. D. and Erisman J. W., 2003: The nitrogen cascade. *Bioscience* 53, 341–356.
- Gough, L., Osenberg, C. W., Gross, K. L. and Collins, S. L., 2000: Fertilization effects on species density and primary productivity in herbaceous plant communities. *Oikos* 89:428–439.
- Hao, Y., Peng, H., Temulun, T., Liu, L., Q., Mao, J., Lu, Z. N. and Chen, H., 2018: How harmful is air pollution to economic development? New evidence from PM<sub>2.5</sub> concentrations of Chinese cities. *Journal of Cleaner Production* 172, 743–757.
- HEAPSS, 2003: Forastiere, F., Bellander, T., Kulmala, M., Nyberg, F., Paatero, P., Pekkanen, J., Peters, A. and Sunyer, J.: The heapss project (health effects of air pollution on susceptible subpopulations): Study design, air pollution and recruitment of myocardial infarction patients. *Epidemiology* 14(Supplement)
- Horsley, S. B., Long, R. P. and Bailey, S. W., 2002: Health of eastern North American sugar maple forests and factors affecting decline. *Northern Journal of Applied Forestry* 19, 34–44.
- Kotto-Same, J., Woomer, P. L., Appolinaire, M. and Louis, Z., 1997: Carbon dynamics in slash-and-burn agriculture and land use alternatives of the humid forest zone in Cameroon. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 65(3), 245–256.
- Mannucci, P. M., Harati, S., Martinelli, I. and Franchini, M., 2015: Effects on health of air pollution: a narrative review. *Intern. Emerg. Med.* 10, 657–662. doi 10.1007/s11739-015-1276-7
- Miller, K. A., Siscovick, D. S., Sheppard, L., Shepherd, K., Sullivan, J. H and Anderson, G. L., 2007: Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *N. Engl. J. Med.* 356, 447–458.
- Moshammer, H., 2010: Communicating health impact of air pollution. *Air Pollution. IntechOpen*. doi: 10.5772/10042
- Nisbet, M. C. 2009: Communicating climate change: Why frames matter for public engagement. *Environment: Science and policy for sustainable development* 51(2), 12–23.
- Osbaldiston, R., and Sheldon, K. M., 2003: Promoting internalized motivation for environmentally responsible behavior: A prospective study of environmental goals. *Journal of Environmental Psychology* 23(4), 349–357.
- Pandey, J. S., Kumar, R. and Devotta, S., 2005: Health risks of NO<sub>2</sub>, SPM and SO<sub>2</sub> in Delhi (India). *Atmospheric Environment* 39(36), 6868–6874.
- Paoletti, E., Bytnerowicz, A., Andersen, C., Augustaitis, A., Ferretti, M., Grulke, N., Günthardt-Goerg, M. S., Innes, J., Johnson, D., Karnosky, D., Luangjame, J., Matyssek, R., McNulty, S., Müller-Starck, G., Musselman, R., and Percy, K., 2007: Impacts of air pollution and climate change on forest ecosystems – emerging research needs. *The Scientific World Journal* 7(S1), 1–8.
- Querol, Q., Pey, J., Minguillón, M. C., Pérez, N., Alastuey, A., Viana, M., Moreno, T., Bernabé, R. M., Blanco, S., Cárdenas, B., Vega, E., Sosa, G., Escalona, S., Ruiz, H. and Artiñano, B., 2008: PM speciation and sources in Mexico during the MILARGO-2006 Campaign. *Atmospheric Chemistry Physics* 8, 111–128.
- Schmitt, M. T., Mackay, C. M., Droogendyk, L. M. and Payne, D., 2019: What predicts environmental activism? The roles of identification with nature and politicized environmental identity. *Journal of Environmental Psychology*, 61, 20–29.
- Slovic, A. D., de Oliveira, M. A., Biehl, J. and Ribeiro, H., 2016: How can urban policies improve air quality and help mitigate global climate change: a systematic mapping review. *Journal of Urban Health* 93(1), 73–95.
- Yan N. D., Somers, K. M and Girard, R. E., 2008: Longterm trends in zooplankton of Dorset, Ontario, lakes: the probable interactive effects of changes in pH, total phosphorus, dissolved organic carbon, and predators. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65, 862–877.
- Zanobetti A, Schwartz, J. and Dockery, D. W., 2000: Airborne particles are a risk factor for hospital admissions for heart and lung disease. *Environmental Health Perspective* 108(11), 1071–1077.

# TALAJNEDVESSÉG-VÁLTOZÁS EURÓPÁBAN MŰHOLDAS ADATBÁZIS ALAPJÁN

## SOIL MOISTURE CHANGE IN EUROPE BASED ON SATELLITE DATA

Breuer Hajnalka

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/a., *breuer.hajnalka@ttk.elte.hu*

**Összefoglalás.** A talajnedvesség nagy területre kiterjedő mérése napjainkban sem kivitelezhető. A távérzékelési technológia fejlődésével a talaj felső néhány cm-es rétegéről azonban már napi szinten állnak rendelkezésre adatok. Az Európai Űrügynökség műholdas talajnedvesség adatbázisa kifejezetten klimatológiai célokat szolgál. Az adatbázis alapján megvizsgáltuk, hogy a 2000–2018-as időszakban milyen talajnedvesség-változás volt megfigyelhető Európában. A CORINE felszínhasználat adatbázis alapján azt is megvizsgáltuk, hogy van-e kitüntetett növénytakaró, melyet érint a talajnedvesség megváltozása. Eredményeink azt mutatják, hogy Európában a Skandináv térség az egyik, jelentős talajnedvesség-csökkenéssel leginkább érintett terület és ezáltal a túlevelű erdők zöme is kitétt az éghajlatváltozás hatásainak.

**Abstract.** Even with today's technological achievements, the measurement of the soil moisture over vast areas is impossible. However, with the development of remote sensing technologies, we do have daily information about the soil moisture in the upper few cm-s of soil. The European Space Agency's satellite soil moisture database was especially compiled for climatological purposes. Based on this database, the soil moisture change during the 2000–2018 period was analysed over Europe. Additionally, based on the CORINE Land Use Database, it was investigated whether there is a distinguished vegetation cover affected by soil moisture change. Results show that the Scandinavian region is one of the most affected areas in Europe by a significant decrease in soil moisture, and thus most coniferous forests are exposed to the effects of climate change.

**Bevezetés.** A klímaváltozás a környezet számos területét érinti, ugyanakkor a változást bemutató mennyiségekkel kapcsolatban legtöbbször a hőmérséklettel találkozhatunk, mint a legszembetűnőbb és legkönnyebben mérhető állapothatározó, melyet szó szerint a bőrünkön tapasztalunk. Habár a rendelkezésre álló talajnedvesség meghatározó tényezője az élelmiszer-ellátásnak, mégsem rendelkezünk kellő információval róla, holott a jelentős hőmérsékletváltozás és a megváltozó csapadékrendszerek befolyásolják annak mennyiségét. E tanulmányban azt vizsgáljuk, hogy a műholdas talajnedvesség mérések közel 20 évnnyi múltbeli adatsorában látható-e változás az európai térségben.

**Adatok, módszer.** A tanulmány alapját az ESA (Európai Űrügynökség) CCI (Klimaváltozási Kezdeményezés) talajnedvesség adatbázisa adja (Dorigo et al., 2017; Gruber et al., 2017; Gruber et al., 2019). Az adatbázisban 1979-től 2019 első feléig találhatóak adatok, melyeket a mindenkor rendelkezésre álló műholdak mérései alapján állítottak össze. Az összefésülés előtt, minden műhold mérési adatsorát a GLDAS (Globális Felszíni Adatsziszimulációs Rendszer – Rodell et al., 2004) modellhez skálázzák, majd a skálázást követően súlyozzák össze a méréseket. Az adatok térbeli felbontása  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ , időbeli felbontása 1 nap. A műholdas adatok jellegéből adódóan, amennyiben minden műhold átvonulásakor felhőzet volt a vizsgálandó terület felett, akkor aznapra nincs műholdas érték. Ugyanígy a hóval borított felszínre sincs mért adat. A felhőzetből eredő adathiányok miatt, valamint a klimatológiai vizsgálat céljából a napi mérésekből havi átlagokat képeztünk. Az adatbázisba bevont műholdak számában és az adatok minőségében a 2000-es évek elején történt javulás, így a választott vizsgált időszak 2000. január 1-től 2018. június 30-ig tart, mely időszak zárása a 4.2-es verziójú adatbázis vége.

A másik alkalmazott adatbázis a széles körben használt CORINE (COordination of INformation on the Environment – Büttner et al., 2004) felszínhasználat

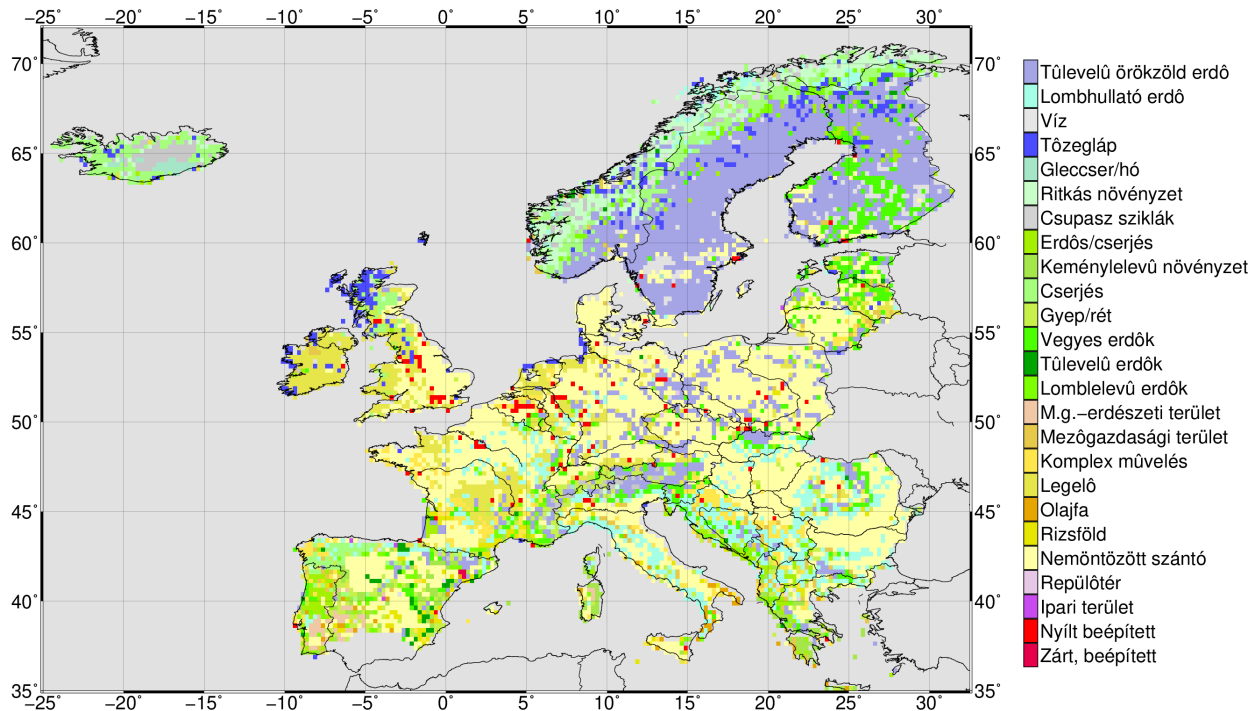
adatbázis. A CORINE rendszer 44 felszínosztást különböztet el, ebből 9 városi felszín, 8 pedig vízfelszín. Mivel az adatbázisban a fák esetén csak lombhullató, évelő típusok vannak, ezért az ESA felszínhasználat (Buchhorn et al., 2019) adatbázisát felhasználva a 44 kategóriát 4 továbbiból kibővítettük, hogy a széleslevelű és túlevelű erdők is megkülönböztethetők legyenek. A vizsgálat a 2012-es CORINE felszínhasználat alapján történt. Tekintve, hogy az adatbázis közel 100 m-es felbontással rendelkezik, az ESA CCI talajnedvesség felbontására meghatároztuk az adott rácpontokra eső leggyakoribb felszínhasználatot. Az adatok átinterpolálása után már csak 27 felszínhasználati kategória jelenik meg a térképen (1. ábra). Az 1. ábrán 3 kategóriát nem ábrázoltunk, mert csak elszórtan, nagyon kis területen találhatóak meg, így az ábrázoláson nem különíthetők el. A talajnedvesség változásait csak azon területekre vizsgáltuk, amelyekre a CORINE felszínhasználat elérhető volt. A talajnedvesség adatokon kívül az E-OBS v20 (Cornes et al., 2018) csapadék és hőmérséklet adatsorát is figyelembe vettük. Az adatbázis  $0,22^\circ$ -os térbeli felbontással rendelkezik, mely közel hasonló a talajnedvesség adatbázishoz. Mind a hőmérséklet, mind pedig a csapadék értékeket átinterpoláltuk a talajnedvesség mezőre, hogy összehasonlíthatók legyenek. A rendelkezésre álló hőmérsékletből potenciális párolgást (PET [ $\text{mm hó}^{-1}$ ]) határoztunk meg Hamon (1961)-es módszerével:

$$PET = 29,8 \cdot hn \cdot e_s(T) / (T + 273,2),$$

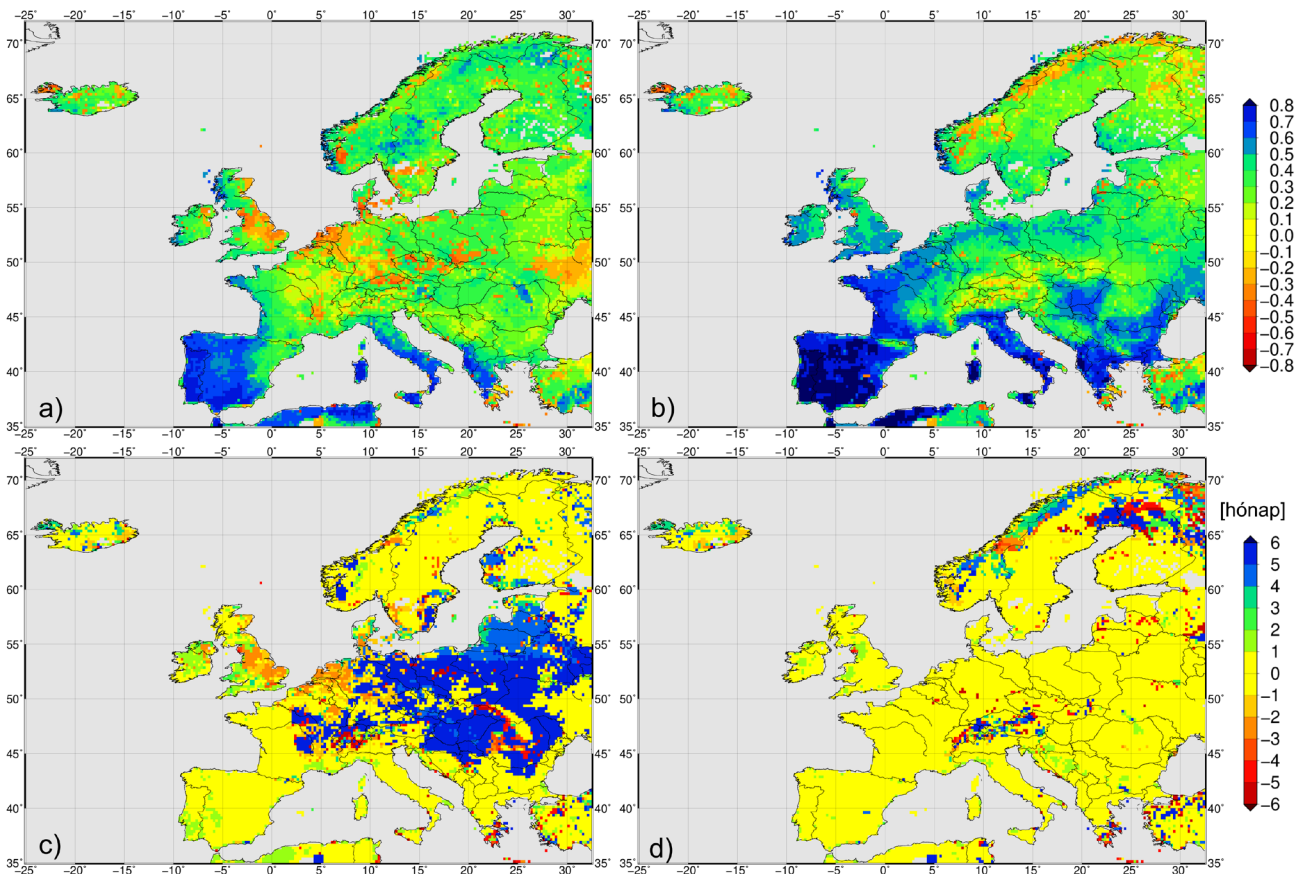
ahol  $hn$  az egyes hónapok hossza napokban,  $e_s(T)$  a havi átlaghőmérsékletből számolt telítési gőznyomás [hPa], és  $T$  a havi átlag hőmérséklet [ $^\circ\text{C}$ ].

A napi talajnedvességből évi és havi átlagokat képeztünk. Az adatsorok vizsgálatához nemparametrikus módszereket használtunk, az adatok nemnormális eloszlására való tekintettel. Trendvizsgálatot Sen-féle illesztéssel végeztünk (Sen, 1968), a trend szignifikanciáját pedig Mann-Kendall teszttel ellenőriztük (Wilks, 2011). Az adatsorok közti összefüggés vizsgálatához normalizáltuk





1. ábra: A CORINE2012 felszínhasználat területi eloszlása 0,25° térbeli felbontásban

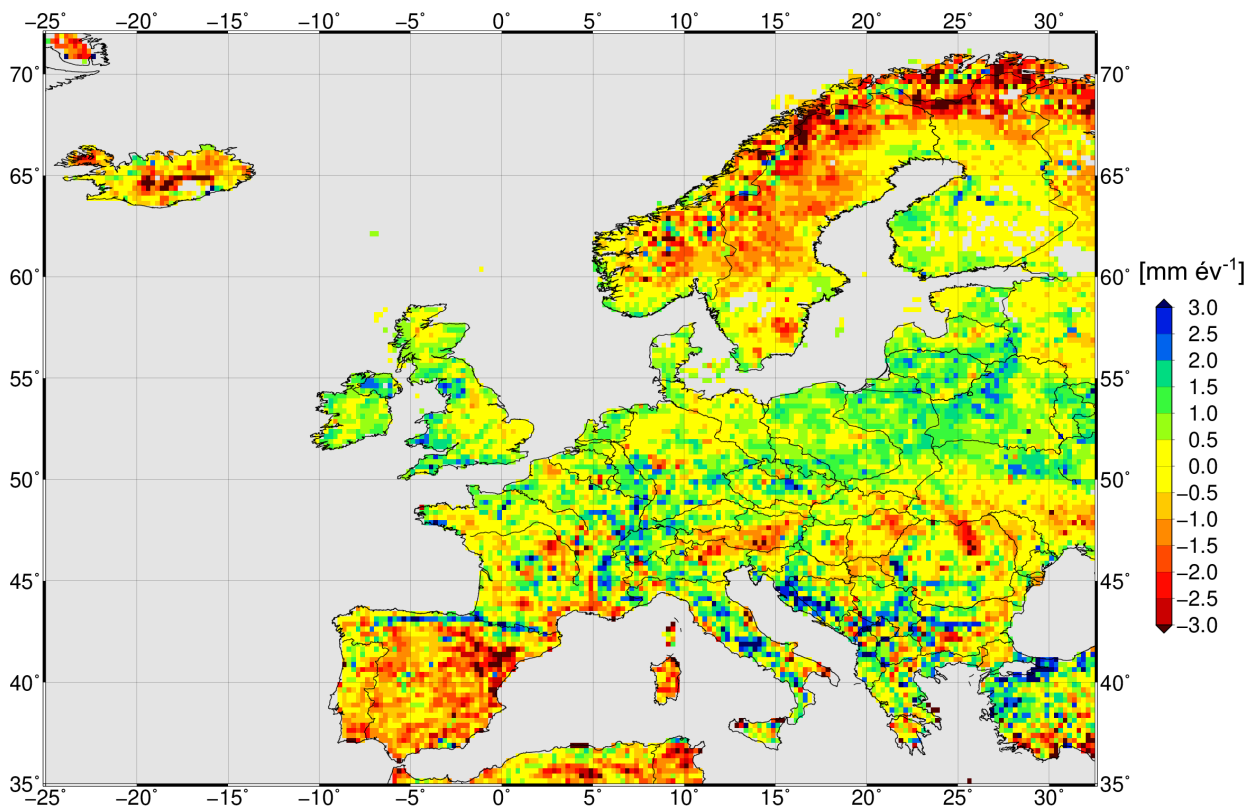


2. ábra: A talajnedvesség maximális korrelációja a) a csapadék, b) a vízmérleg (P-PET) adatsorral. A talajnedvesség eltulajdása c) a csapadék és d) a vízmérleg adatsorhoz képest, hónapokban kifejezve

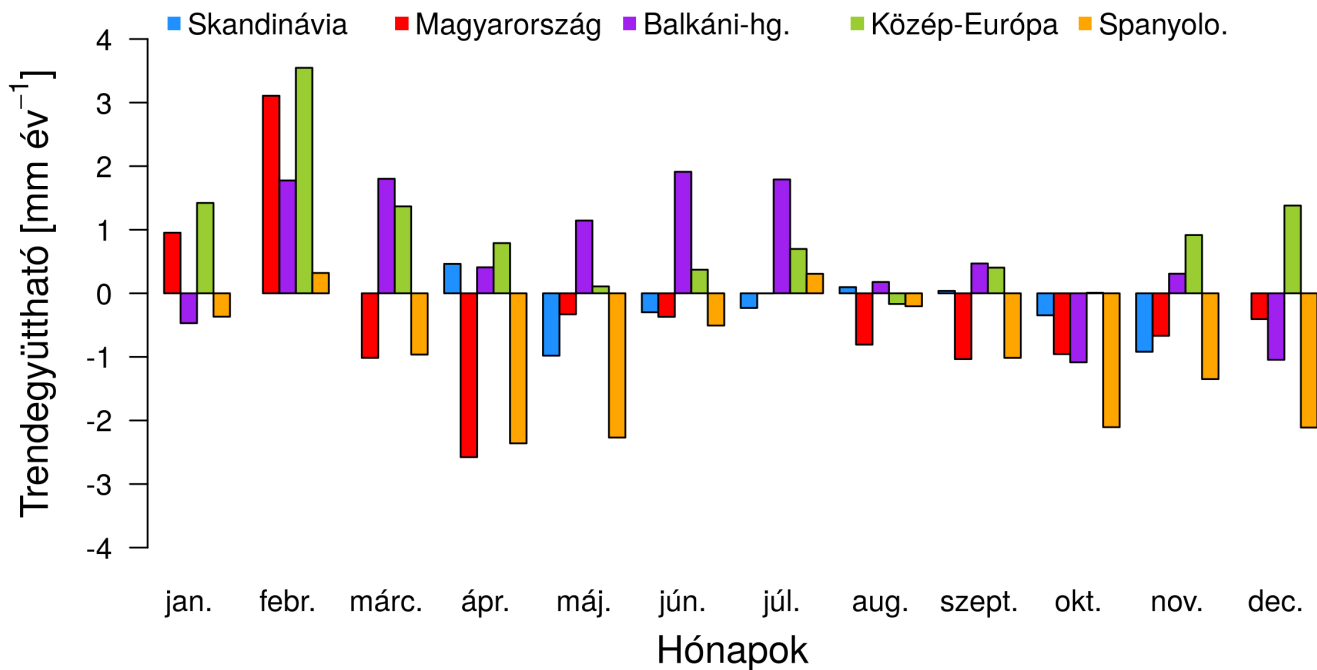
az adatsorokat, majd Spearman korrelációt (Wilks, 2011) számoltunk. A statisztikai számításokhoz az R programot használtuk (R Core Team, 2019), a statisztikai elemzésekhez a „trend” (Pohlert, 2020) és „Kendall” (McLeod, 2011) csomagokat, a területi leválogatáshoz pedig a „raster” (Hijmans, 2019) csomagot használtuk. A térképek a

GMT (Generic Mapping Tools – Wessel et al., 2013) szoftverrel készültek.

**Eredmények.** A talajnedvesség változását elsősorban a csapadék mennyisége határozza meg, azonban, mivel a műholdas talajnedvesség csak a talaj felső, néhány cm



3. ábra: Az éves átlagos talajnedvesség trendje a 2000–2018 közötti időszakban



4. ábra: Talajnedvesség trendje az egyes régiókban [mm év<sup>-1</sup>] a 2000–2018 közötti időszakban

vastag rétegre vonatkozik, a párolgásnak is jelentős szerepe lehet. Megvizsgáltuk, hogy a csapadék (P), illetve a nettó vízmérleg (P-PET) havi értékei milyen összefüggést mutatnak a műholdas talajnedvességgel (SM). A csapadék esetén jelentős pozitív kapcsolat a mediterrán térségben, illetve az Ibériai-félsziget nyugati részén jelenik meg (2a. ábra). Ha azt is megvizsgáljuk, hogy a P és SM korrelációja között van-e eltolódás (2c. ábra), láthatjuk, hogy az európai kontinens megosztott: vagy nincs eltolódás, vagy közel fél éves eltolódás figyelhető meg. A fél éves eltolódás azt jelenti, hogy az 5–6 hónappal ko-

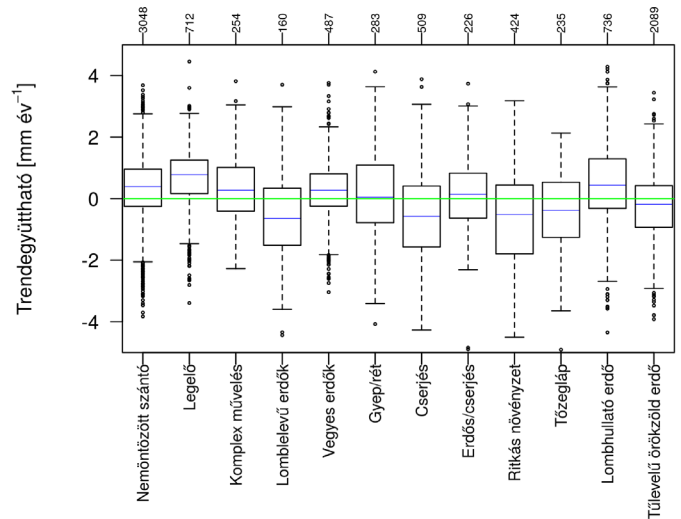
rábban lehullott csapadék befolyásolja a talajnedvességet. A Brit-szigetek keleti részén, valamint Hollandia területén található negatív korrelációk azt mutatják, hogy a késő tavaszi időszakban lehullott csapadék, és ezzel együtt a megnövekedett SM, hatással van a nyári időszak – feltehetően – konvektív csapadékára. Ha a vízmérleg és talajnedvesség korrelációját tekintjük (2b. ábra), az összefüggés Európa jelentős területén már erősebb, mint a csapadék esetén. A mediterrán térségen kívül, 0,6 korreláció feletti az összefüggés Nyugat-Franciaországban, a Dinári-hegységben, a Rodope- és a

Balkán-hegységen kívül Bulgária területén, a Fekete-tenger partvidékén és a Pannon-alföldön. Ezzel szemben a Skandináv-hegység mentén a korreláció gyengén negatív, és 3–4 hónapos eltolódást mutat a vízmérleg és a talajnedvesség között (2d. ábra). Feltűnő változás továbbá, hogy a 2d. ábra alapján Európa legnagyobb hányadán nincs eltolódás a vízmérleg és a talajnedvesség értékek között, tehát a legtöbb területen a talajnedvesség adott hónapban reagál a nettó vízmérleg bekövetkezett változásokra.

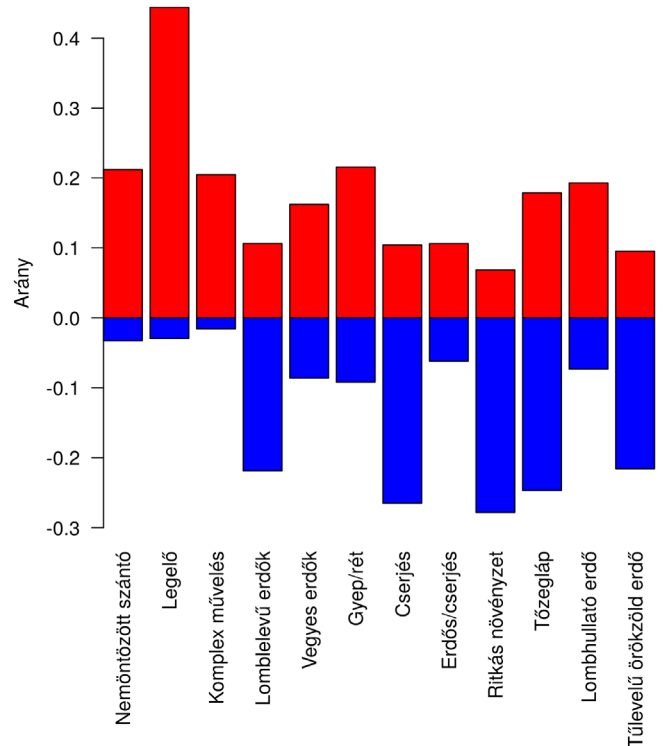
Az évi átlagos talajnedvesség trendjét vizsgálva a kontinensre alapvetően a csökkenés a meghatározó (3. ábra). Kiemelkedő csökkenés mutatkozik a Skandináv térségben ( $>2,5 \text{ mm év}^{-1}$ ) és az Ibériai-félszigeten ( $> 2 \text{ mm év}^{-1}$ ). Gyenge emelkedést pedig az észak-középkélet-európai térség (Lengyelország, Litvánia, Fehéroroszország –  $\approx 1 \text{ mm év}^{-1}$ ) mutat. A Kárpátok és az Alpok vonulatai mentén is néhol  $2 \text{ mm év}^{-1}$ -et meghaladó csökkenés figyelhető meg, szemben a Balkáni-hegységrendszerben megjelenő jelentős ( $> 3 \text{ mm év}^{-1}$ ) növekedésekkel. Fontos kiemelni, hogy a  $2 \text{ mm év}^{-1}$  csökkenés, 18 év alatt 36 mm változásnak felel meg. Egy átlagos talaj esetén a hasznos vízkészlet 250–300 mm körüli, tehát több, mint 10%-os változásról beszélünk, ha egész évben egyenletesen oszlik el a hiány.

Ugyanakkor látható a 4. ábrán, hogy a fent kiemelt területeken korántsem egyenletes változás figyelhető meg. Spanyolország területén például április és május hónapokban évi 2 mm csökkenés látható. Ebben a térségben állomási mérések alapján a február-márciusi időszakban szignifikáns csapadékcsökkenés is megfigyelhető (Rio et al., 2011), míg az őszi időszakban jelentős csapadékin-tenzitás-csökkenés (López-Moreno et al., 2010). Látható, hogy a közép-európai térség nedvességnövekedésének jelentős része a téli, illetve kora tavaszi időszakra tehető. Ennek oka a korábbi hóolvadás, valamint a kevesebb szilárd halmazállapotú csapadék hullása (Yeo et al., 2017; Don és Menzel, 2020). Hazánkban az év jelentős részében gyenge csökkenés figyelhető meg, kivéve a januári és februári hónapokat. Ennek oka, hogy az elmúlt években február hónapban a klímanormához képest 150–200%-kal több csapadék esett (met.hu). A skandináviai térség talajnedvesség-csökkenése a havi, területre átlagolt értékeken nem szembetűnő. Ennek hátterében az áll, hogy a hónaptól függően a Skandináv-hegység különböző oldalain volt csak jelentősebb csökkenés, míg a többi területeken kisebb emelkedés volt megfigyelhető, így a változások kiegyenlítődnek. A Balkáni-hegységben a talajnedvesség növekedés az év első felében, júliusig bezárólag figyelhető meg, melyet csapadékmérések is alátámasztanak (Čadro et al., 2019). A kora tavaszi és nyári időszakban a mediterrán ciklonok (Lionello et al., 2016) és a megnövekvő konvektív aktivitás (Taszarek et al., 2019) hatására nagyobb a beérkező csapadék, mely emelkedő tendenciát okoz.

Ha a talajnedvesség változását felszínhasználatonként tekintjük (5. ábra – csak a legalább 150 rácspontban előforduló típusokat ábrázoltuk), a lomblevelű erdők (többnyire babérlevelű), a cserjések, a ritkás növényzet és a tűlevelű erdő kategóriák mutatnak összességében csökkenést. A felsorolt típusok jelentős része az Ibériai-



5. ábra: Az egyes CORINE felszínhasználati kategóriákra eső talajnedvesség trendek szórása a vizsgált területen, 2000–2018 közötti időszakban. Az ábra tetején az egyes felszínhasználati kategóriák gyakorisága látható. (Csak a 150 darab rácspontnál nagyobb rácsszámot lefedő kategóriákra.)



6. ábra: A CORINE felszínhasználati kategóriákhoz tartozó szignifikáns pozitív és negatív éves talajnedvességi trenddel rendelkező rácspontok aránya az adott felszínkategória által lefedett rácspontok számához képest a vizsgált területen, a 2000–2018 közötti időszakban. (Csak a 150 darab rácspontnál nagyobb rácsszámot lefedő kategóriákra.)

félszigeten, illetve a skandináv térségben és magashegységekben található, ahol, mint láttuk, csökkenő tendenciát mutat a talajnedvesség. A lombhullató erdők elterjedése földrajzilag kevésbé körülhatárolható, ugyanakkor átlagosan növekedő tendencia figyelhető meg, csakúgy, mint a nemöntözött mezőgazdasági, illetve legelő felszínhasználatú területeken.

A változások szórásán kívül megvizsgáltuk azt is, hogy azok szignifikánsak-e, valamint milyen irányú változások szignifikánsak. A 6. ábra alapján látható, hogy a legelők



területén nem csupán átlagosan a legnagyobb a változás, hanem a legelővel fedett rácspontok 44%-án szignifikáns is a növekedés. A mezőgazdasági rácspontokban már csak 21% a szignifikáns változás. Habár felszíntípusra átlagolva a lombhullató erdők esetében a 2. legnagyobb volt a talajnedvesség növekedése, összességében mégis csak a rácspontok 19%-án szignifikáns az emelkedés, sőt 8%-án szignifikáns csökkenés is megfigyelhető. A ritkás növényzet és cserjések esetén az általuk lefedett rácspontok több, mint 25%-án volt szignifikáns a talajnedvesség csökkenése. A lombhullató erdők és tűlevelű erdők esetén szignifikáns növekedés a Balkáni-hegységben megtalálható növényzetre jellemző. Magyarországi rácspontokra vetítve (nem ábrázoljuk) csak elvétve fordul elő szignifikáns változás. Magyarország területét tekintve a 169 rácspontból 137 nemöntözött szántó, ebből a 137-ből 88 esetén mutatkozott negatív változás, de csak 1 rácspontban volt szignifikáns.

**Összefoglalás.** Mint láthattuk, egyes területeken 18 év alatt akár 50 mm-t is csökkent az éves átlagos talajnedvesség értéke a talaj felső rétegére vonatkozó mérések alapján. Természetesen a műholdas mérések korántsem egyeznek meg a talaj mélyebb rétegeiben mért talajnedvességgel, de jó iránymutatást adhatnak. Ami a felszínhasználat szerinti változást illeti, többségük a földrajzi eloszláshoz köthető, mint például a kiemelkedő hőmérsékletváltozást mutató észak-európai térség. Ugyanakkor nem szabad a kategóriák alapján általánosítani sem, hiszen amíg a teljes európai térségre vetítve a nemöntözött szántók 20%-án szignifikánsan pozitív a talajnedvességváltozás, a magyarországi rácspontokra ellentétes trend mutatkozik.

**Köszönetnyilvánítás.** A bemutatott munka a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj, valamint az Innovációs és Technológiai Minisztérium UNKP-19-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült.

## Irodalom

Buchhorn, M., Smets, B., Bertels, L., Lesiv, M., Tsendbazar, N.-E., Herold, M., Fritz, S., 2019: Copernicus Global Land Service: Land Cover 100 m: epoch 2015: Globe. Dataset of the global component of the Copernicus Land Monitoring Service. doi:10.5281/zenodo.3243509

Büttner, G., Feranec, J., Jaffrain, G., Mari, L., Maucha, G., and Soukup, T., 2004: The CORINE Land Cover 2000 project, *EARSeL eProceedings* 3, 331–346.

Čadro, S., Uzunović, M., Cherni-Čadro, S., and Žurovec, J., 2019: Changes in the water balance of Bosnia and Herzegovina as a result of climate change. *Agriculture and Forestry/Poljoprivreda i Sumarstvo*, 65(3).

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. *J. Geophys. Res. Atmos.* 123, 9391–9409.

Dong, C. and Menzel, L., 2020: Recent snow cover changes over central European low mountain ranges. *Hydrological Processes* 34, 321–338.

Dorigo, W. A., Wagner, W., Albergel, C., Albrecht, F., Balsamo, G., Brocca, L., Chung, D., Ertl, M., Forkel, M., Gruber, A., Haas, E., Hamer, D. P., Hirschi, M., Ikonen, J.,

De Jeu, R., Kidd, R., Lahoz, W., Liu, Y.Y., Miralles, D., and Lecomte, P., 2017: ESA CCI Soil Moisture for improved Earth system understanding: State-of-the art and future directions. *Remote Sensing of Environment* 203, 185–215.

Gruber, A., Dorigo, W. A., Crow, W., and Wagner W., 2017: Triple Collocation-Based Merging of Satellite Soil Moisture Retrievals. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 1–13. doi:10.1109/TGRS.2017.2734070

Gruber, A., Scanlon, T., van der Schalie, R., Wagner, W., and Dorigo, W., 2019: Evolution of the CCI Soil Moisture Climate Data Records and their underlying merging methodology. *Earth System Science Data* 11, 717–739.

Hamon, W. R., 1961: Estimating potential evapotranspiration. *Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers* 87, 107–120.

Hijmans, R. J., 2019: raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.0-7. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>

Lionello, P., Trigo, I. F., Gil, V., Liberato, M. L., Nissen, K. M., Pinto, J. G., Raible, C.C., Reale, M., Tanzarella, A., Trigo, R. M., Ulbrich, S., and Ulbrich, S., 2016: Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region: a consensus view among methods with different system identification and tracking criteria. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography* 68(1), 29391.

López-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., Angulo-Martínez, M., Beguería, S. and Kenawy, A., 2010: Trends in daily precipitation on the northeastern Iberian Peninsula, 1955–2006. *Int. J. Climatol.* 30, 1026–1041.

McLeod, A. I., 2011: Kendall rank correlation and Mann-Kendall trend test. R package version 2.2. <https://CRAN.R-project.org/package=Kendall>

Pohlert, T., 2020: Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection. R package version 1.1.2. <https://CRAN.R-project.org/package=trend>

R Core Team, 2019: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org>

Río, S.d., Herrero, L., Fraile, R. and Penas, A., 2011: Spatial distribution of recent rainfall trends in Spain (1961–2006). *Int. J. Climatol.* 31: 656–667.

Rodell, M., Houser, P. R., Jambor, U. E. A., Gottschalk, J., Mitchell, K., Meng, C. J., Arsenault, K., Cosgrove, B., Radakovich, J., Bosilovich, M., Entin, J.K., Walker, J.P., Lohmann, D., and Toll, D., 2004: The global land data assimilation system. *Bulletin of the American Meteorological Society* 85(3), 381–394.

Sen, P.K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63, 1379–1389.

Taszarek, M., Allen, J., Púčik, T., Groenemeijer, P., Czernecki, B., Kolendowicz, L., Lagouvardos, K., Kotroni, V., and Schulz, W., 2019: A climatology of thunderstorms across Europe from a synthesis of multiple data sources. *Journal of Climate* 326, 1813–1837.

Wessel, P., W. H. F. Smith, R. Scharroo, J. F. Luis, and F. Wobbe, 2013: Generic Mapping Tools: Improved version released, *EOS Trans. AGU* 94, 409–410.

Wilks, D. S., 2011: Statistical methods in the atmospheric sciences. *Academic Press*. pp. 668

Yeo, S., Kim, W., and Kim, K., 2017: Eurasian snow cover variability in relation to warming trend and Arctic Oscillation. *Clim Dyn.* 48, 499–511.

met.hu: [https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag\\_eghajlata/eghajlati\\_visszatekinto/elmult\\_evek\\_idojarasa/](https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/)

## A MAGYARORSZÁGI CSAPADÉKVÍZ FORRÁSA SOURCE OF THE PRECIPITATION IN HUNGARY

*Bottyán Emese<sup>1</sup>, Kristóf Erzsébet<sup>1,2</sup>, Weidinger Tamás<sup>1</sup>, Haszpra László<sup>3,4</sup>,  
Czuppon György<sup>\*,5,6</sup>*

<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A., <sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Kiválósági Tudásközpont, 2462 Martonvásár, Brunszvik utca 2., <sup>3</sup>Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Geodéziai és Geofizikai Intézet, 9400 Sopron, Csatkai Endre u. 6–8., <sup>4</sup>Országos Meteorológiai Szolgálat, 1181 Budapest, Gilice tér 39., <sup>5</sup>Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45., <sup>6</sup>Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, Hidrogeológiai - Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék, 3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros.

*emesebottyán@caesar.elte.hu, ekristof86@caesar.elte.hu, weidi@caesar.elte.hu, haszpra.l@met.hu, czuppon@geochem.hu*

**Összefoglalás.** Hat állomásból álló hazai mérőhálózat (Farkasfa, Pécs, Budapest, K-pusztá, Szeged és Kékestető) meteorológiai adatai alapján térképeztük fel a csapadékvíz eredetét a 2013-as évre. A vizsgálat során időben visszafelé számított 96 órás trajektóriák mentén kiszámított specifikus nedvesség változása alapján határoztuk meg a légköri nedvesség forrás-területeit. A párolgási területeket egy felszínborítottsági adatbázis segítségével tengeri (atlanti, mediterrán, északi és fekete-tengeri régió) és szárazföldi (Kárpát-medence és az európai kontinens) felszínre különítettük el. Eredményeink alapján a hazánkban hulló csapadék kialakulásáért elsősorban a kontinentális területekről (a Kárpát-medencéből, illetve a tágabb európai régióból) származó nedvesség felelős, együttesen mintegy 60%-ban. A tengeri területek közül a domináns forrásrégió a Földközi-tenger, 13–18%-os hozzájárulással, ezt követi az Atlanti-óceánból származó vízgőz 4–7%-os részarányal. A forrásrégiók részaránya természetesen különbözik az egyes állomásokon és időben is változik. A tengertől távolodva csökkenő tengeri eredetű nedvesség-hozzájárulást számoltunk, eközben pedig a lokális eredetű nedvesség részaránya nőtt.

**Abstract.** Moisture source diagnostic was carried out for 2013, based on a meteorological network containing 6 sites (Farkasfa, Pécs, Budapest, K-pusztá, Szeged and Kékestető). The source regions of the atmospheric moisture were determined by calculation of the changes of specific humidity along 96 hours-long backward trajectories. The evaporative regions were categorised into marine (Atlantic, Mediterranean, Northern Seas and Black Sea regions) and continental (Carpathian Basin and European continent) areas. Our results suggest that the main moisture source regions of precipitation in Hungary are the continental areas with ~60% contribution. Among the marine moisture source areas, the dominant source region is the Mediterranean Sea with 13–18%, followed by the Atlantic Ocean with 4–7% contribution. The proportion of the source regions varies among sites and show interannual variability as well. Sites located further from the marine regions are characterized by less marine precipitation contribution while the impact of moisture recycling on precipitation formation increases.

**Bevezetés.** A csapadék térben és időben a legváltozékonyabb meteorológiai és éghajlati elem. Globális skálán az évi átlagos csapadék, illetve a párolgás megegyezik, 1000 mm körüli (több mint az átlagos évi hazai csapadékmennyiség – *Weidinger és Tasnádi*, 2015). Ha ezt vesszük 100%-nak, akkor az óceán párolgása 86%, míg a szárazföldké részarányuknál kisebb, 14%. Az óceánok felől a szárazföldre fölé a teljes vízmennyiség nettó 6%-a sodródik (*Unger et al.*, 2012). Ez és a szárazföldre feletti párolgás adja a lehullott csapadékot (6 + 14 = 20%). A szárazföldről történő lefolyás 6%, ami hozzávetőlegesen 100 dunányi vízhozamnak felel meg. Ezzel záródik a szárazföldi vízmérleg. E számok már azt valószínűsítik, hogy az óceánoktól és tengerektől távolodva mindinkább a szárazföldre feletti párolgása a főszerep a csapadék képződésében. Ezt várjuk a Kárpát-medencében is.

A jelenkori éghajlatváltozás egyik kulcskérdése – a hőmérséklet mellett – a csapadékviszonyok megváltozása mind globális, mind regionális skálán. A rövidtávon lezajló jelentős változások a csapadék mennyiségében és éven belüli eloszlásában súlyos következményekkel járhatnak gazdasági (elsősorban az agrárszektorbeli), társadalmi és politikai vonatkozásait tekintve.

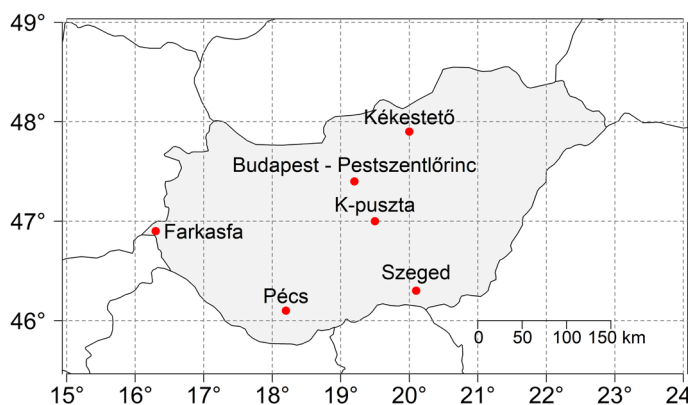
A Kárpát-medence helyzete ebből a szempontból különösen érdekes. A csapadék éves mennyisége a sokévi átlag fele és másfélszerese is lehet. Éghajlatunk további sajátossága az aszályhajlam, illetve a hosszabb csapadékos időszakokat kísérő belvizes területek kialakulása, de ugyanígy előfordulhatnak villámárvizek is. A regionális éghajlati szimulációk becslései alapján az évszázad vége felé szárazabb nyarakra és csapadékosabb téli hónapokra számíthatunk, szemben a 20. században megszokott szárazabb téli és csapadékosabb kora nyári időszakokkal (*Pongrácz et al.*, 2014). Az éves csapadékmennyiség változása kérdéses, hiszen a potenciálisan szárazodó, illetve csapadékosabbá váló területeket elválasztó vonal nagyjából hazánk területén húzódik (*Stocker et al.*, 2013). Mindazonáltal a modellszámítások szerint az éves csapadékösszeg jelentősen nem fog változni, viszont gyakoribbá válhatnak mind az extrém sok, mind az extrém kevés csapadékkal összefüggő szélsőséges időjárási események, pl. hóhullámok idején az aszályos időszakok hossza vagy az egyszerre lezúduló nagy mennyiségű csapadék (*Pieczka et al.*, 2018).

Kérdés, hogy a csapadékviszonyok megváltozását milyen légkördinamikai változások okozhatják. Ennek megválaszolásához elengedhetetlen a jelenleg fennálló folyamatok megismerése. Habár globális nézőpontból hazánk éghajlata homogénnek tekinthető, regionális léptékben vizsgálódva már jelentős különbségek adódnak. Az or-

\*levelező szerző

szág legszárazabb (kb. 500 mm) és legnedvesebb területeinek éves csapadékösszege (800 mm) között kb. 300 mm különbség van. Ezeket a különbségeket elsősorban a területek eltérő tengerszint feletti magasságára és a tengerrel való távolságára lehet visszavezetni. Továbbá, a nedvességet szállító légtömegek különböző irányokból érkehetnek, ezek eloszlását pedig szinoptikus skálájú és lokális folyamatok együtt határozzák meg.

A mérsékeltövi ciklonok végzik a hő- és nedvességszállítás nagy részét a trópusi és sarki területek között. Ezek a ciklonok frontjaikkal együtt nagymértékben felelősek a mérsékeltövi csapadékképződésért is. A mediterrán ciklonok elsősorban tavasszal és ősszel alakítják időjárásunkat (Kelemen et al., 2015). Az aktuális csapadékon túl ezek a ciklonok a nyári konvektív eredetű csapadékevénységet is befolyásolhatják, hiszen egy csapadékosabb időszakban megnő a talajok nedvességtartalma, így utána fokozódik a párolgás mértéke is.



1. ábra. A vizsgálatban résztvevő állomások földrajzi elhelyezkedése<sup>1</sup>

A jelenleg uralkodó, nedvességszállításért felelős légkör-dinamikai folyamatok megismerése elengedhetetlen a jövőbeli csapadékváltozásra való érzékenység felméréséhez.

Korábbi hazai tanulmányok makrocirkulációs mintázatok és ciklonpályákat vizsgáltak (Bartholy et al., 2006, Kelemen et al., 2015), illetve a konvektív csapadéknak a talaj hidraulikus paramétereire való érzékenységét elemezték (Ács et al., 2010).

A csapadékot adó légköri vízgőz forrásterületeit azonban korábban nem vizsgálták meg, vagyis csak sejtésünk lehetett arról, hogy a csapadékvíz mely területekről származik. Az utóbbi években kifejlesztett módszerünk segítségével azonban már számszerűsíteni lehet, hogy milyen forrásból mennyi csapadék származik. Időben visszafelé indított, különböző magasságokban futó légköri trajektóriák mentén számított csapadék és párolgás áramok segítségével határoztuk meg a vízgőz légkörbe kerülésének helyét.

Hasonló vizsgálatok eddig elsősorban Nyugat-Európában

történtek (pl. Írország: Baldini et al., 2010, Alpok térsége: Sodemann and Zubler, 2010; Ibériai-félsziget: Krklec and Domínguez-Villar, 2014). A tanulmány célja, hogy feltérképezze a magyarországi csapadékvíz eredetét hat meteorológiai állomás (1. ábra; Budapest, Farkasfa, K-pusztza, Kékestető, Pécs, Szeged) adataira támaszkodva.

**Adatok és módszerek. Meteorológiai adatok.** Az időben visszafelé számított trajektóriákat hat meteorológiai állomás (1. ábra) koordinátáiból kiindulva állítottuk elő, ennek módszere a következő részben olvasható. A vizsgált állomások Szentgotthárd-Farkasfa (301,7 m, É 46° 54' 37", K 16° 18' 34"), K-Pusztza (125,9 m, É 46° 57' 56", K 19° 32' 42" – az Országos Meteorológiai Szolgálat háttér-levegőszennyezettség-mérő állomásai), Kékestető (1010,8 m, É 47° 52' 20", K 20° 0' 46"), Pécs (199,2 m, É 45° 59' 42", K 18° 14' 6") és Budapest-Pestszentlőrinc (138,1 m, É 47° 25' 45", K 19° 10' 56" – az Országos Meteorológiai Szolgálat szinoptikus főállomásai), valamint Szeged (80,8 m, É 46° 15' 22", K 20° 5' 25" – az Országos Meteorológiai Szolgálat magaslégköri obszervatóriuma). Az állomások elhelyezkedése az 1. ábrán látható. Az állomások napi csapadékösszeg adatai alapján számítottuk ki az egyes forrásrégiókra jutó csapadékmennyiséget.

**Trajektóriák számítása.** Az időben visszafelé számított, ún. „backward” trajektóriák meghatározásához a HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) modellt alkalmaztuk. A modell jelenlegi verziója (HYSPLIT 4.9 a NOAA ARL (National Oceanic and Atmospheric Administration Air Research Laboratory)) és az Australian Bureau of Meteorology közös munkájának eredménye (Draxler and Hess, 1998, Stein et al., 2015). A trajektóriákat csapadékos napokon a felszíntől számított 500, 1500 és 3000 m-es magasságból indítottuk, 96 órára visszamenőleg, 1°-os felbontású GDAS (Global Data 16 Assimilation System) adatokat felhasználva. Mivel arról nem áll rendelkezésünkre információ, hogy az adott napon belül pontosan mikor és mennyi csapadék hullott le, minden csapadékos nap minden órájában indítottunk trajektóriát. A pontosabb számítások érdekében csak azokat a trajektóriákat használtuk fel a továbbiakban, amelyeknél a trajektória indításának idején a modell által számított relatív nedvesség elérte a 70%-ot.

**A forrásrégiók meghatározása.** A fent vázolt módon előállított trajektóriák mentén minden órában kiszámítottuk a specifikus nedvesség értékét a modell által számolt további meteorológiai adatokból. A telítési gőznyomás a Magnus-Tetens formula alapján számítható, ha ismert a levegő hőmérséklete.

$$e_s = 6,11 \cdot 10^{\frac{a \cdot t}{b+t}}$$

ahol  $e_s$  a telítési gőznyomás hPa mértékegységben,  $a$  és  $b$  konstans, értékei vízfelszín felett  $a = 7,5$  és  $b = 237,3$  °C, jégfelszín felett  $a = 9,5$  és  $b = 265,5$  °C,  $t$  pedig a környezeti hőmérséklet °C mértékegységben. Vizsgálatunk során 0 °C alatt a jégfelszínre vonatkozó értékekkel szá-

<sup>1</sup>Az ábrák az R programnyelv segítségével készültek (R Core Team, 2020). Az 1. ábra létrehozásához a maps (Brownrigg et al., 2018) R csomagot használtuk fel.



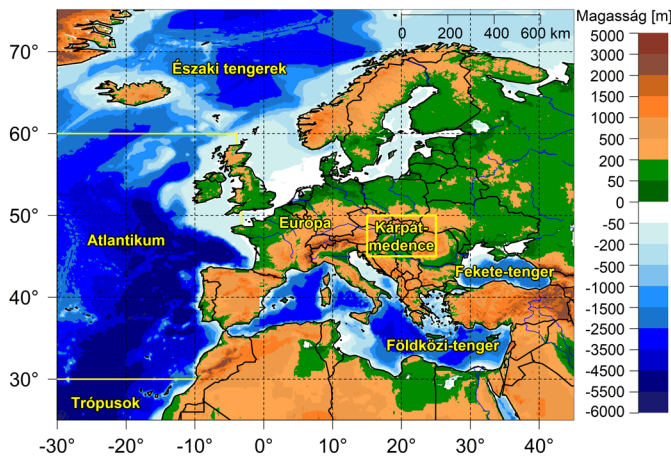
moltunk. A gőznyomás ( $e$  [hPa]) értéke a relatív nedvesség ( $f$  [%]) és a telítési gőznyomás ( $e_s$  [hPa]) szorzatának századrésze:

$$e = \frac{e_s \cdot f}{100}$$

A specifikus nedvesség értéke ( $s$  [kg vízgőz/kg nedves levegő]) pedig az alábbi összefüggés alapján számítható:

$$s = \frac{0,622 \cdot e}{p - 0,378 \cdot e}$$

Célunk annak megállapítása volt, hogy pontosan hol kerülhetett nedvesség a légkörbe. Ennek érdekében a csapadékos napokon számított trajektóriák útvonala mentén óránként kiszámoltuk a specifikus nedvesség megváltozását. Ha a planetáris határregegen belül történt a nedvesség-növekedés, az eltelt óra alatt érintett útvonalat forrás-területnek tekintettük. A planetáris határrege feletti nedvességnövekményt nem számítottuk felszíni párolgásnak. A megkülönböztetésre azért volt szükség, mert a planetáris határregeben a felszín és a légkör között megtörténhet a nedvesség turbulens átkeveredése, míg a határrege felett ez már kevésbé valószínű (Sodemann et al., 2008).



2. ábra. A lehetséges forrásrégiók elhelyezkedése<sup>2</sup>

Az így kapott forrás-területek mindegyikére kiszámítottuk, hogy az ott rendszerbe lépő nedvesség mekkora hányada játszhatott szerepet a magyarországi állomások csapadékában. Az arányok meghatározásánál azt az elvet követtük, hogy amennyiben a nedvességnövekedést nedvességcsökkenés követi, akkor csapadék-vekenységet feltételezünk, és a csökkenés az addig különböző helyeken belépő nedvességnövekmény értékeket arányosan érinti. Az arányok segítségével pedig egyszerűen visszakaptuk a csapadékesemény szempontjából „releváns” abszolút növekmény értékeket is az egyes területekre. A forrás-területek besorolása érdekében elsőként felszínborítottsági adatbázis segítségével elkülönítettük egymástól a tengeri és a szárazföldi területeket (a felhasznált netCDF fájl ingyenesen hozzáférhető a College of the Environment University of Washington, Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean honlapjáról:

<http://jisao.washington.edu/data/ndvi>). Öt óceáni, illetve

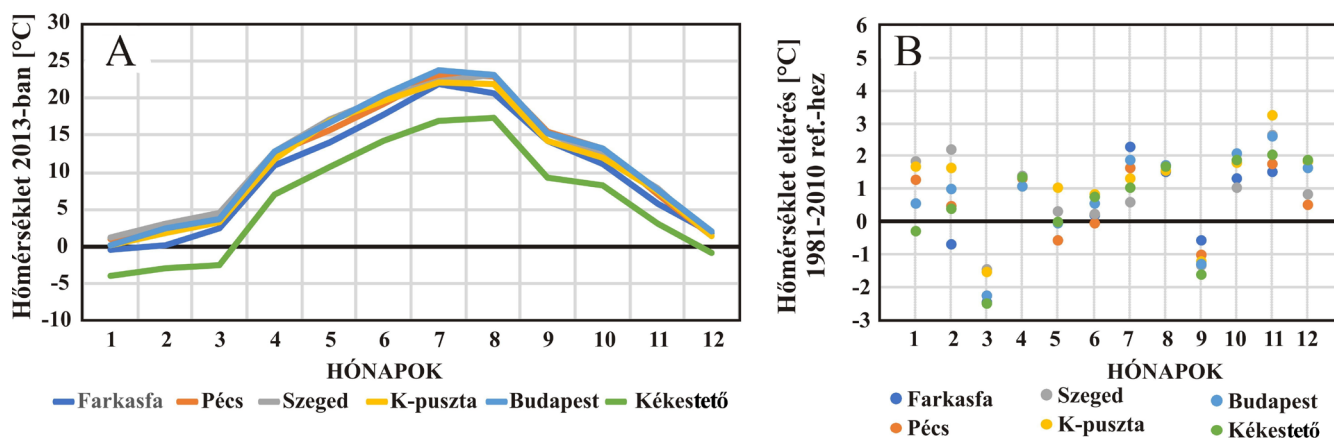
tengeri hatásterületet különítettünk el, nevezetesen az Atlanti-óceánt, a Földközi-tengert, a Fekete-tengert, az északi tengereket és a trópusi vidékeket (2. ábra).

A szárazföldön két hatásterületet határoztunk meg: a Kárpát-medencét és az európai kontinens többi részét (2. ábra). Ezzel a módszerrel tehát nem feltétlenül egy forrásrégiót rendelünk egy csapadékeseményhez. Amennyiben a 3-szor 24 trajektória mentén több különböző forrás-terület fölött is nedvességnövekmény történt, akkor számszerűsítjük, hogy az egyes forrásrégiók fölötti nedvességnövekmény milyen arányban járul hozzá az átlomásokon hullott csapadékhhoz.

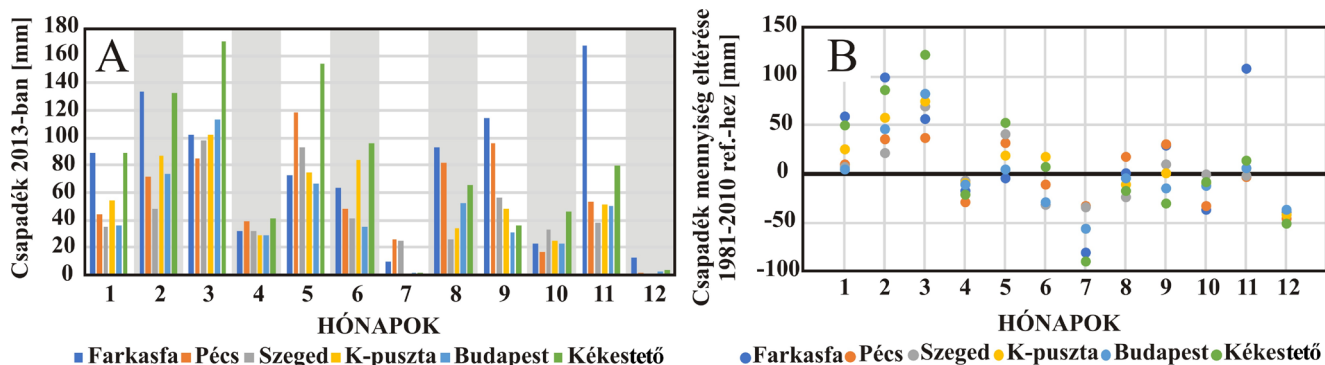
**Eredmények. A 2013-as év időjárási jellemzői.** A 2013. év hőmérséklet tekintetében a 9. legmelegebb év volt 1901 óta. Országosan mindössze két hónapban, márciusban és szeptemberben volt hűvösebb az 1981–2010-es normál időszak átlagánál (3. ábra). Ehhez a referencia időszakhoz képest a legmelegebb hónapnak a november bizonyult, 3 °C-kal túlta felül a sokévi átlagot. 2013 hónapjai között azonban szerepel egy extrém hideg hónap is: március hónap hőmérséklete ugyanis a sokévi átlag alatt volt, ezzel 1901. óta a 27. leghidegebb márciusnak bizonyult. Összességében azonban 2013-ban az éves országos átlaghőmérséklet 1,1 °C-kal haladta meg a referencia időszakra jellemző átlagértéket. Csapadék tekintetében a 2013-as év a szélsőségek éve volt, hiszen az éven belül jelentős időszakos csapadéktöbblet és súlyos csapadékhány egyaránt előfordult (4. ábra). Az év első három hónapjában rendre az 1981–2010 közötti átlagértékek feletti országos összeget jegyezték fel, januárban több mint a dupláját, februárban két és félszeresét, márciusban pedig több mint három és félszeresét. A megszokottnál szárazabb áprilist ismét egy, az átlagosnál csapadékosabb május követte, ennek következtében évszakos bontásban a harmadik legcsapadékosabb telet és a második legcsapadékosabb tavaszt jegyezték 1901 óta. Ezt követően azonban az átlagosnál jelentősen szárazabb nyári hónapok köszöntöttek be. A megszokottnál több eső esett szeptemberben és novemberben, decemberben azonban ismét a sokévi átlag töredékének megfelelő csapadék hullott. Országos átlagban mindösszesen 650 mm csapadékot mértek, ami a megszokott mennyiség 114%-ának felel meg (Vincze, 2014).

**Forrásrégiók.** A 2013-as évre elvégzett nedvességdiagnosztika, vagyis a légköri nedvesség forrásrégió-meghatározás eredményét a 5. ábra szemlélteti az egyes állomásokra. Minden állomáson a Kárpát-medencén kívülről származó, de európai kontinentális eredetű nedvesség járul hozzá a legnagyobb mértékben a csapadékhhoz. Farkasfán a hozzájárulás mértéke a vizsgált időszakban meghaladta az 50%-ot, a többi állomáson a mértéke ennél csekélyebb, 40–43%. Farkasfán kb. 22%, a többi állomáson 30–35%-ban a lokális, Kárpát-medencei eredetű nedvesség felelős a csapadék kialakulásáért, ezt követi a mediterrán régió kiegyenlített mértékben, 13–18%-os hozzájárulással. Az Atlanti-óceánból származó vízgőz szerepe már meglehetősen csekély, mindössze 4–7%-ban járul hozzá a magyarországi csapadék képződéséhez. A csa-

<sup>2</sup> A 2. ábra létrehozásához a mapdata (Brownrigg, 2018), geomapdata (Lees, 2012), GEOmap (Lees, 2018) és fields (Nychka et al., 2017) R csomagokat használtuk fel.



3. ábra. A vizsgálatban résztvevő állomások havi átlaghőmérséklete 2013-ban (A) és az 1981–2010-es normálidőszak átlagától való eltérése (B)

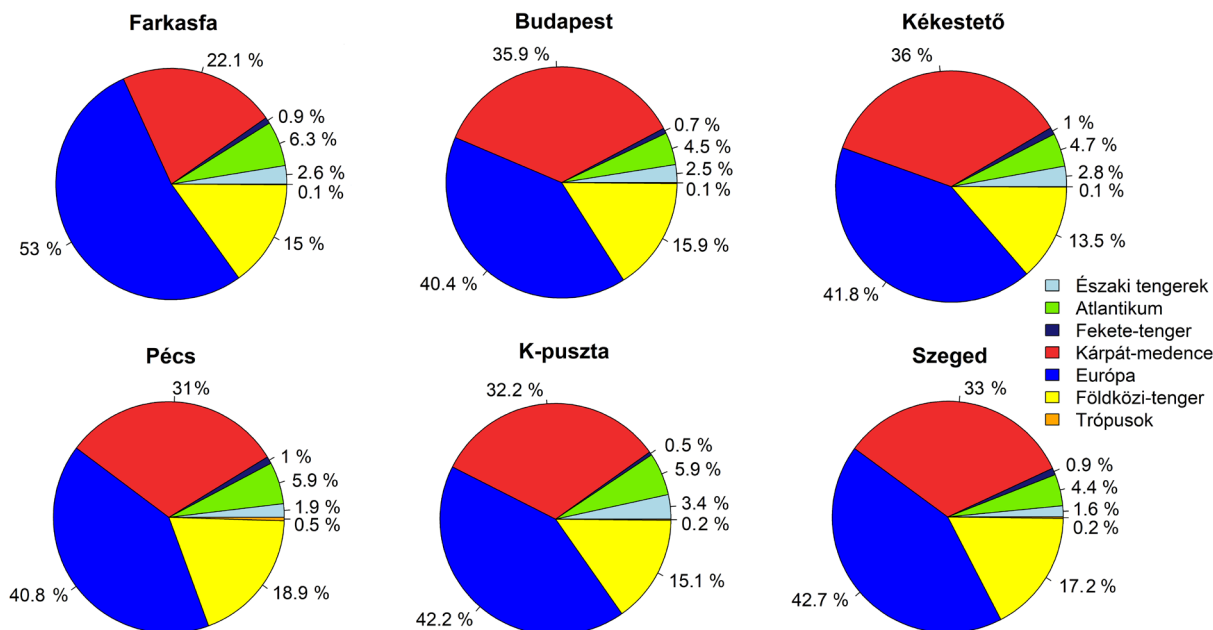


4. ábra. A vizsgálatban résztvevő állomások havi csapadékösszege 2013-ban (A) és az 1981–2010-es átlagtól való eltérése (B)

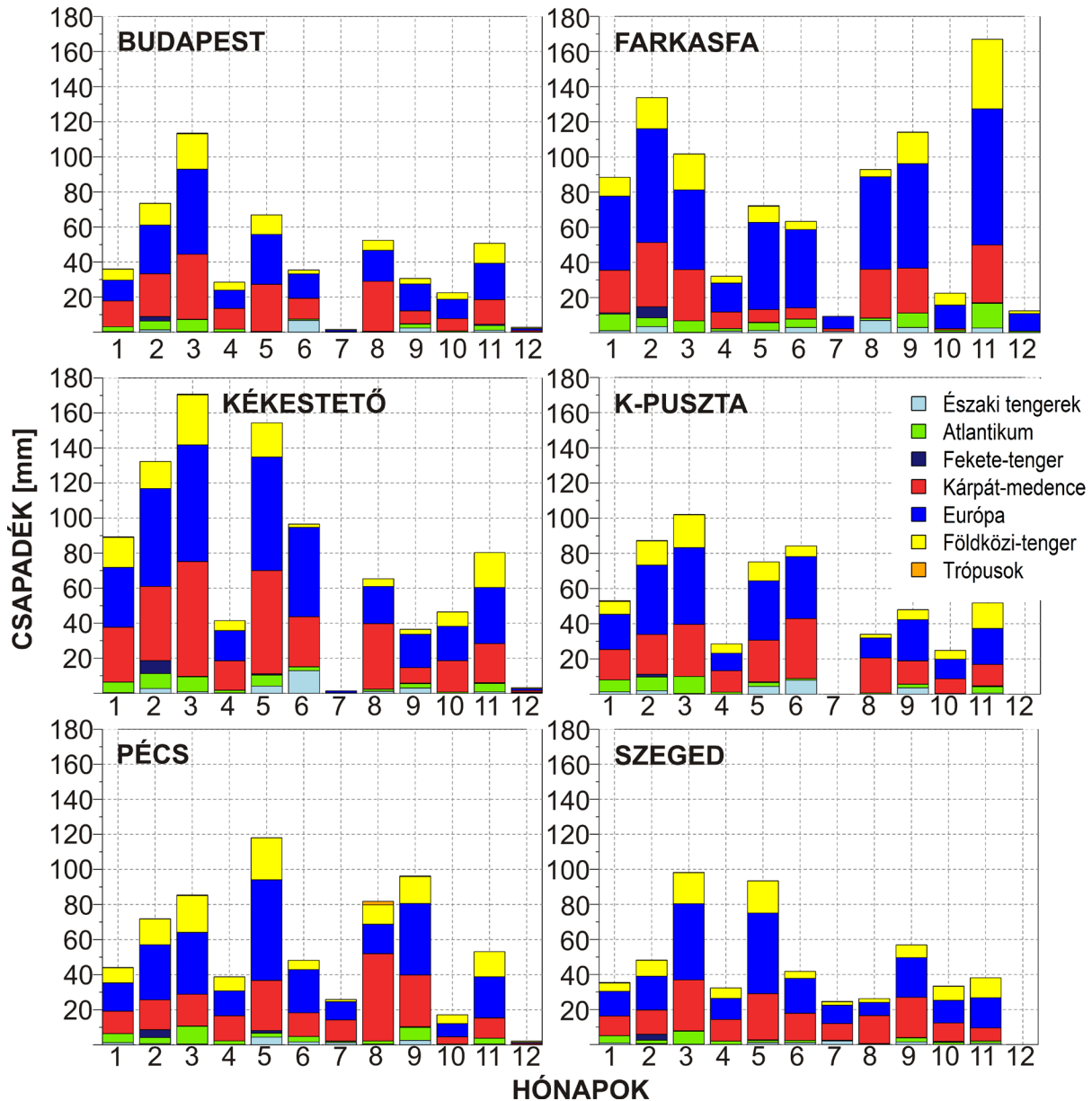
padékmennyiség 1,9–3,4%-a származik az északi tengerekből, ennél kisebb szerepe van a fekete-tengeri eredetű nedvességnek, a trópusi régió jelentősége pedig elhanyagolható a csapadékképződés szempontjából.

A forrásrégiók relatív arányát az egyes állomásokon érdemes összehasonlítani azok földrajzi fekvésével. Jól látható, hogy az Adriai-tengertől távolodva, délnyugat-északkeleti irányban a mediterrán eredetű nedvesség arányos hozzájárulása a helyi csapadékhoz kismértékben

csökken, a lokális nedvesség részaránya pedig ezzel párhuzamosan, hasonló nagyságrendben növekszik: Farkasfán és Pécsen a mediterrán eredetű vízgőz hozzájárulása 15,0%, illetve 18,9%, míg Kékestetőn csak 13,6%. Az atlanti eredetű nedvesség hatása a helyi csapadék kialakulására szintén a földrajzi távolsággal hozható összefüggésbe. Nyugat-keleti irányban kismértékű csökkenést láthatunk: Farkasfán 6,3%, míg Kékestetőn és Szegeden csupán 4,6% és 4,4%. Ennek a gradiensnek az oka egyrészt az, hogy a százalékos aránnyal párhuzamosan a for-



5. ábra. A forrásrégiók hozzájárulása a 2013. évi csapadékösszeghez az egyes állomásokon



6. ábra. A forrásrégiók hozzájárulása (havi bontásban) a 2013-as év havi csapadékösszegeihez

rásrégióhoz köthető csapadékmennyiség is csökken, s így hozzájárulása ténylegesen is kevesebb, másrészt modelünk a tengertől/óceántól távolabb nagyobb eséllyel számítja kontinentális eredetűnek azt a nedvességet, ami eredetileg maritim volt, de a légáramlatok a szárazföld fölé sodorták és ott jutott be ismét a rendszerbe.

Ha az egyes állomásokon a forrásrégiók csapadékhoz való hozzájárulását havi bontásban szemléljük (6. ábra), szembetűnik, hogy a mediterrán térség csapadékhoz való hozzájárulása kora tavasszal és ősszel a leginkább számottevő, míg az atlanti térségből származó nedvesség elsősorban a téli félévben jelentős. Mindkét forrásrégió részesedésének mértéke kismértékben eltér az egyes állomások között. Az északi eredetű nedvesség hozzájárulása csak a késő tavaszi – kora nyári időszakban érvényesül, bár akkor is csekély mértékben.

A kapott eredmények értelmezéséhez tisztában kell lennünk az alkalmazott modell és számítási eljárás előnyeivel és korlátaival is. A felszínborítottsági adatbázis segítségével el tudtuk különíteni a tengeri és szárazföldi fel-

színeket. A tengeri felszínek felett kapott specifikus nedvességnövekmény nagy valószínűséggel a helyi felszín párolgásának eredménye, különösen a nagyobb kiterjedésű óceán esetén. A kontinentális felszínek felett észlelt nedvességnövekmény ugyanakkor három különböző folyamat együttes eredménye lehet: egyrészt nyilvánvalóan szerepet játszik a helyi párolgás, de ugyanúgy szó lehet a már korábban a tengeri felszínekről oda jutó vízgőz rendszerbe lépéséről. Ezen kívül nem szabad elfeledkeznünk a „nedvesség-újrahasznosításról” sem, ami a kihulló és ismét visszapárolgó vízcspepek specifikus nedvesség növekedéséhez való hozzájárulásából ered. Nedvesség-újrahasznosítás tengeri felszínek felett is zajlik, de az ott újra bekeveredő vízgőz nagy valószínűséggel a helyi párolgásból származik, hiszen a tengerek felett elpárolgó vízgőz kb. 90%-a helyben lehulló csapadék formájában rövid időn belül visszakérül a tengerekbe (Mook and de Vries, 2011). A csapadékkihullást megelőző néhány órában azonban a fenti folyamatok nagyon jelentős szerepet játszanak, de ezek egymáshoz való viszonyát, arányát az alkalmazott eljárás sajnos nem képes feltárni.

**Összegzés.** Hat állomásból álló hazai mérőhálózat (Farkasfa, Pécs, Budapest, K-pusztá, Szeged és Kékestető) adatai alapján végeztünk nedvesség-diagnosztikát 2013-as évre. Eredményeink alapján a hazánkban hulló csapadék kialakulásáért elsősorban a kontinentális területekről (Kárpát-medencéből, illetve a tágabb európai régióból) származó nedvesség felelős, a két régió együttesen mintegy 60%-ban felel a csapadék kialakulásáért. A tengeri területek közül a domináns forrásrégió a Földközi-tenger 13–18%-os hozzájárulással, ezt követi az Atlanti-óceánból származó vízgőz 4–7%-os részarányával. A többi forrásrégió hozzájárulása a hazai csapadékhhoz ennél csekélyebb. A forrásrégiók részaránya természetesen különbözik az egyes állomásokon és időben is változik. A tenger-től távolodva csökkenő tengeri eredetű nedvesség hozzájárulást számoltunk, eközben pedig a lokális eredetű nedvesség részaránya nőtt. A mediterrán eredetű nedvesség jelentősége tavasszal és ősszel nagyobb, míg a nyári hónapokban a lokális eredetű nedvesség játszik kiemelt szerepet a csapadékképződésben. Az atlanti eredetű vízgőz elsősorban a téli hónapokban járul hozzá a csapadékképződéshez.

Az általunk kifejlesztett modell természetesen nem írja le tökéletesen a valós folyamatokat. A kontinentális eredetű nedvesség dominanciája valószínűleg nem ekkora mértékű a többi régió rovására, hiszen a már korábban a kontinens fölé sodort, de eredendően maritim nedvességet, a tényleges párolgást és az esőcseppek visszapárolgását ezzel a módszerrel nem tudjuk elkülöníteni. A modell a tengeri eredetű nedvesség tekintetében az egyes régiók egymáshoz való viszonyát nagy valószínűséggel hűen írja le. Összességében kijelenthetjük, hogy a tengeri forrásrégiók csapadékhhoz való hozzájárulásának alsó, a kontinentális eredetű nedvesség hozzájárulásának felső becslését kaptuk meg.

**Köszönetnyilvánítás.** A kutatómunka az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült. A kutatást továbbá a Széchenyi 2020 program, Magyarország Kormánya és az Európai Regionális Fejlesztési Alap támogatta (GINOP-2.3.2-15-2016-00028). A kutatáshoz az anyagi háttér az NKFIH (OTKA NK 101664 és PD 121387 számú projekt) biztosította. A kutatómunka során Czuppon György a Bolyai János Kutatói Ösztöndíjban részesült.

## Irodalom

- Ács, F., Horváth, Á., Breuer, H. and Rubel, F., 2010: Effect of soil hydraulic parameters on the local convective precipitation. *Meteorol. Z.* 19, 143–153.
- Baldini, L. M., McDermott, F., Baldini, J. U. L., Fischer, M. J. and Möllhoff, M., 2010: An investigation of the controls on Irish precipitation  $\delta^{18}O$  values on monthly and event time-scales. *Climate Dynam.* 35, 977–993.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Pattantyús-Ábrahám, M., 2006: European cyclone track analysis based on ECMWF ERA-40 data sets. *Int. J. Climatol.* 26, 1517–1527.
- Brownrigg, R. 2018: mapdata: Extra Map Databases. R package version 2.3.0. Original S code by R.A. Becker, A.R. Wilks. <https://CRAN.R-project.org/package=mapdata>
- Brownrigg, R., Minka, T. P and, Deckmyn, A. 2018: maps: Draw Geographical Maps. R package version 3.3.0. Original S code by R.A. Becker, A.R. Wilk. <https://CRAN.R-project.org/package=maps>
- Draxler, R. R. and Hess, G. D., 1998: An Overview of the HYSPLIT\_4 Modelling System for Trajectories, Dispersion, and Deposition. *Australian Meteorological Magazine* 47, 295–308.
- Kelemen, F., Bartholy, J. and Pongrácz, R., 2015: Multivariable cyclone analysis in the Mediterranean region. *Időjárás* 119, 159–184.
- Krklec, K. and Domínguez-Villar, D., 2014: Quantification of the impact of moisture source regions on the oxygen isotope composition of precipitation over Eagle Cave, central Spain. *Geochim. Cosmochim. Ac.* 134, 39–54.
- Lees, J. M., 2012. geomapdata: Data for topographic and Geologic Mapping. R package version 1.0-4. <https://CRAN.R-project.org/package=geomapdata>
- Lees, J. M., 2018. GEOmap: Topographic and Geologic Mapping. R package version 2.4-4. <https://CRAN.R-project.org/package=GEOmap>
- Mook, W. G. and de Vries, J. J., 2001: Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle: Principles and Application, Volume I: Introduction, Theory, Methods, Review (ed: Mook, W. G.), UNESCO/IAEA, Vienna and Paris, pp. 280
- Nychka, D., Furrer, R., Paige, J. and Sain, S., 2017: fields: Tools for spatial data. R package version 9.9. <https://cran.r-project.org/web/packages/fields/index.html>, doi: 10.5065/D6W957CT.
- Pieczka, I., Pongrácz, R., Bartholy, J. and Andre, K. S., 2018: Future temperature projections for Hungary based on RegCM4.3 simulations using new Representative Concentration Pathways scenarios. *Int. J. Global Warm.* 15, 277–292.
- Pongrácz, R., Bartholy, J. and Kis, A., 2014: Estimation of future precipitation conditions for Hungary with special focus on dry periods, *Időjárás* 118, 305–321.
- R Core Team, 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>
- Sodemann, H., Masson-Delmotte, V., Schwierz, C., Vinther, B. M. and Wernli, H., 2008: Interannual variability of Greenland winter precipitation sources: 2. Effects of North Atlantic Oscillation variability on stable isotopes in precipitation. *J. Geophys. Res.* 113, D12111.
- Stein, A. F., Draxler, R. R., Rolph, G. D., Stunder, B. J., Cohen, M. D. and Ngan, F., 2015: NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 96(12), 2059–2077.
- Sodemann, H. and Zubler, E., 2010: Seasonality and interannual variability of the moisture sources for Alpine precipitation during 1995–2002. *Int. J. Climatol.* 30, 947–961.
- Stocker, T., Alexander, L., Allen, M. and IPCC Working Group Science, 2013: Climate change 2013 the physical science basis Working Group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC: Geneva).
- Unger J., Sümeghy Z., Kántor N. és Gulyás Á., 2012: Kisléptékű környezeti klimatológia. JATE Press, Szeged, pp. 221
- Vincze, E., 2014. A 2013. év időjárása. *Léggör* 59, 36–40.
- Weidinger T. és Tasnádi P., 2015: Víz a légkörben. *Magyar Kémikusok Lapja* 60, 344–349.



# A HAZAI VILLÁMREKORD STATISZTIKUS ELEMZÉSE ÉS IDŐBELI LEFUTÁSÁNAK CÁFOLATA II.

## STATISTICAL ANALYSIS OF HUNGARIAN LIGHTNING RECORDS AND DENIAL OF ITS TIME RUNNING II.

**Oláh Róbert**

Nagykőrösi Arany János Kulturális Központ, Könyvtár és Muzeális Gyűjtemény  
2750 Nagykőrös, Szabadság tér 7., [olahr88@gmail.com](mailto:olahr88@gmail.com)

**Összefoglalás.** A 2010. augusztus 13-án este 19 és 23 óra között zajló hazai „villámrekord” adatait vizsgálva láthatjuk, hogy a fentebb megadott időintervallum nem állja meg a helyét, ezt alátámasztja a korábbi munkám is (Oláh, 2020), melyben a lokalizált villám mennyiségek mellett a villám típusok számszerű és százalékos megoszlását mutattam be. A közölt adatok alátámasztották azon véleményemet, hogy a hazai „villámrekord” 2010. augusztus 14-e hajnali 2 óráig tartott. Jelen írásomban a villám típusokhoz tartozó napi és összesített eloszlásokat, valamint a polaritások közötti eltérések szempontjából értékelt adatokat mutatom be további adalékkal a rekord helyes statisztikus elemzéséhez. A számszerű értékek óránkénti lebontását korábbi munkámban (Oláh, 2020) adtam közre, mellyel jelen eredmények korrelálnak.

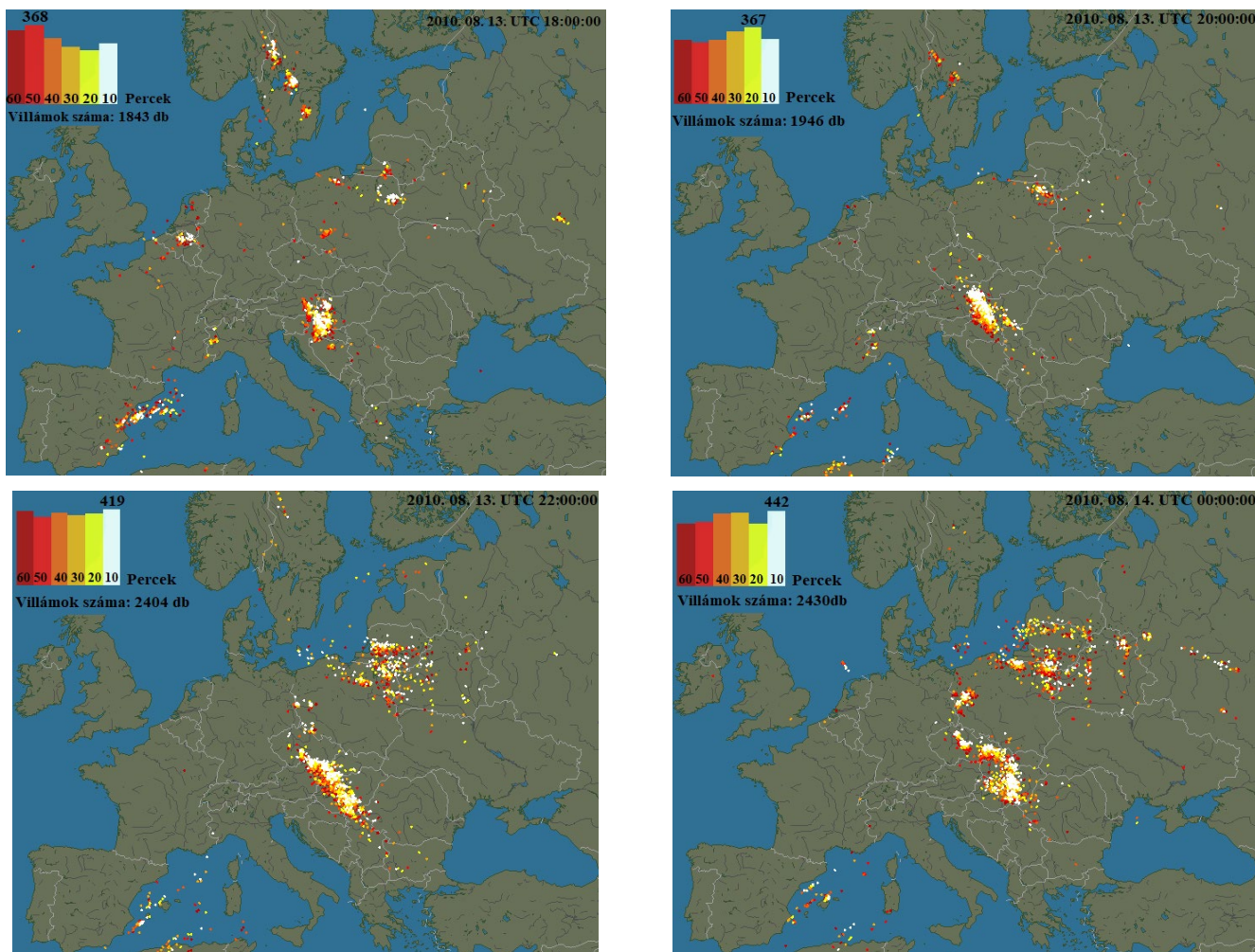
**Abstract.** Examining the data of the Hungarian 'lightning record' that was recorded on the evening of 13th August, 2010 between 7 pm and 11 pm, we can see that the time interval given above is inadequate, which is also supported by my previous work (Oláh, 2020) in which, in addition to the localized lightning quantities, I presented the numerical and percentage distribution of the lightning types. The reported data supported my opinion that the domestic 'lightning record' lasted until 2 pm on 14th August, 2010, for which I present in this paper the daily and aggregate distributions of the lightning types as well as the data evaluated in terms of the differences between the polarities as an additional adjunct to the correct statistical analysis of the record. An hourly breakdown of numerical values was published in my previous work (Oláh, 2020) with which the present results correlate.

**Bevezetés, előzmények.** A rövid- és hosszútávú előrejelzések egyik alapja a villámfizikai paraméterek ismerete, azok feldolgozása, valamint helyes értékelése, mely segíti a jövőbeni újabb rekordok és a légkör mind jobb megértését. A hazai villámrekord feldolgozása tíz évet vártott magára, így mindenképp hiánypótló. Az eddig elfogadott egy napon történt viharesemény leírását a rá következő nap adataival együtt elemzem, ahol a típusok közötti számszerű eltérésekre mind darabszám, mind százalékos értékekkel külön kitérek.

A rekord vizsgálata során, 2010-ben az Országos Meteorológiai Szolgálat irányításával a SAFIR (*System d'Alerte Foudre par Interferometrie Radioelectrique*) lokalizációs rendszert használtuk, mely mára ugyan elavult, illetve felváltotta 2019-ben a LINET (*Lightning Detection Network*), de a kor követelményeinek a SAFIR egykoron megfelelt és kizárólagos adatszolgáltató a vizsgált időszakban. Az 1. ábra a.) Európa villámrekord során tapasztalt villámaktivitási térképét mutatja be 2010. augusztus 13-án 19.00-kor, a b.) 21.00-kor, a c.) 23.00-kor, még a d.) másnap 00.00-kor. A térképen minden pont egy-egy kisülést mutat, míg a szinkódok a fehértől a mélyvörösig az eltelt időt 10 percekben. A térképeken látható, hogy a rekordot okozó zivatarlánc DNY-ről ÉK irányban haladt, és bár hazai rekordról beszélünk, tudnunk kell, hogy a Kárpát-medence egészének villámrekordját tapasztalhattuk légterünkben 2010. augusztus 13–14-e hajnalban. Külön megemlítendő, hogy ugyan ezen időben Észak-Lengyelországban, illetve Fehéroroszország légterében is erős zivatarokat tapasztalhattak az ott élők, valamint, ha megvizsgáljuk a 2010. augusztus 14-i óránkénti térképeket, akkor láthatjuk, hogy egész Európa igen erős villámtevékenységnek adott színteret. A villámrekord egyik oka esetünkben a Kárpát-medence zárt jellegéből adódott, mely értékek ritkaságszámba mennek, sőt, jelen adatsorok mellett nincs másik hasonló hazai minta, mellyel ezek összehasonlíthatók lennének.

**A villámrekord statisztikus elemzése.** Az 2. ábrán a 2010. augusztus 13-án és 14-én detektált villámok típus szerinti, azaz a CG+, illetve CG- (*Cloud to Ground* – pozitív, illetve negatív felhő-föld közötti kisülés), az IC Start, illetve IC End (*IntraCloud* – felhőn belüli villám kezdeti és végpontja), az IC Flash (*IntraCloud Flash* – felhőn belüli villám „szakasztöréspontja”), valamint az IC Isolated (*IntraCloud Isolated* – elszigetelt felhőn belüli kisülések) mért darabszámait láthatók. Az adatok jól mutatják, hogy a villámrekord során augusztus 13-án valóban több villámot detektáltunk, de a másnap hajnali órákban mért adatok sem elhanyagolhatóak. A két napon (2010. augusztus 13. 19.00-tól másnap 02.00-ig) mért adatok alapján a felhő-föld közötti kisülések 45 151 db villámot produkáltak. Ezen belül a CG+ villámok esetében 8 694, míg a CG- típus esetében 36 457 villámról beszélhetünk, azaz 19,25 és 80,74%-os arányokról. Így elmondható, hogy a rekord során a felhő-föld villámok közül minden ötödik volt pozitív töltésű kisülés, melyek áramerősség és gyűjtőhatás szempontjából erősebbek, mint a negatívok, így élet- és vagyónvédelmi szempontból veszélyesebbek, de szerencsénkre ritkábbak is, mint a negatív előjelűek (Varga és Ablonczy, 2013). Az ábra alapján az IC típusok összegzésekor látható továbbá, hogy a kisülések 93,55%-a nem érte el a földfelszínt (Oláh, 2020).

A 3. ábrán a 2010. augusztus 13-án regisztrált villám típusok láthatók, melyet, ha összehasonlítunk a 4. ábra 2010. augusztus 14-én detektált adataival, akkor láthatjuk, hogy arányaiban nagy eltérés, azaz 1–2% feletti, csupán a CG- típusnál, valamint az IC Isolated vizsgálata során fordul elő. Előbbi esetében a másnapi negatív villámok az előző napi vihartevékenységhez képest közel kétszeres mennyiséggel jelentkeztek a légterünkben, míg az elszigetelt, felhőn belüli kisülések esetében nem szignifikáns, de megjegyzendő az eltérés, hiszen az első napon a teljes adatmintához, illetve típusos megoszláshoz képest több, mint 4% eltérést tapasztalhatunk.



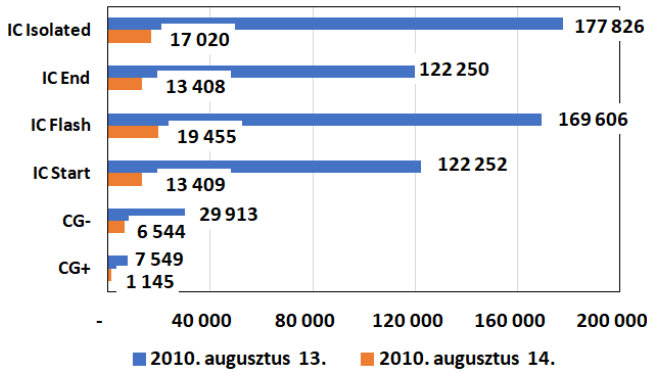
1. ábra: Európa villámtérképe a hazai villámrekord idején (2010 augusztus 13–14.) az On-Air Kft. adatai alapján (a.) 18.00; b.) 20.00; c.) 22.00; d.) 00.00)

A 3. és 4. ábra adatait figyelembe véve láthatjuk, hogy a 2010. augusztus 14-i hajnali légköri események a feletünk átvonuló viharláncához, így a rekordhoz egyértelműen kapcsolódnak.

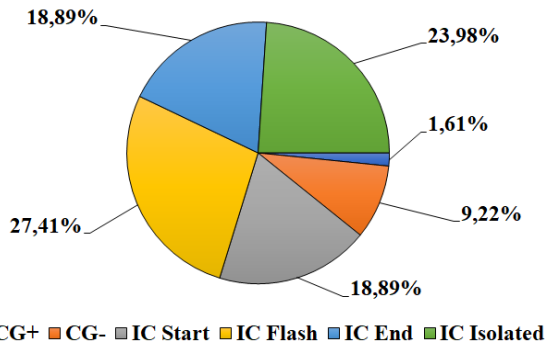
Az 5. ábra összesített értékei megerősítik a korábbi munkámban (Oláh, 2020) bemutatott értékeket, mely mellett az IC Start és IC End közötti különbség csupán 2 db megindult kisülést mutat eltérésként a vizsgált adathalmazból. A 6. ábra százalékos összesített értékei egybevágóak a 3. és 4. ábra adataival. Figyelemre méltó eltérés a két napra és az egy-egy napra vonatkozó adatminták során csupán a CG-villámok esetében tapasztalható, de itt annak értéke a két napra vetített értékek közé esik, míg a többi típus esetében egyiknél sem éri el a teljes és az egy-egy napos értékek közötti 1%-os különbséget, így az eltérések elhanyagolhatóak véleményem szerint.

**Polaritás elemzése.** Bór (2010) munkájában így fogalmazta meg a kisülések polaritásának meghatározását: „A villám polaritását felhő-föld kisülés esetén a felhőben kisülő töltéscentrum töltésének előjele, felhővillámoknál megegyezés szerint a magasabban elhelyezkedő töltéscentrum töltésének az előjele határozza meg.” Így a villám polaritása alatt mindig a felhő polaritását értjük, tehát a negatív töltésgócból kiinduló, a pozitív töltésű talaj felé kialakuló villámot mindig negatív villámnak nevezzük (Geresdi, 2004; Wantuch, 2004). A mérsékelt éghajlati övben a villámok mintegy

40%-a, míg a trópusi területeken mindössze 10%-a éri el a földfelszínt (Takács, 2007). Ennek oka, hogy a kisülés folyamán a villámlással járó töltéskiegyenlítődés még a felhőn belül lezajlik. Az esetek mintegy 84%-ában negatív, míg 16%-ában pozitív villámok detektálhatóak, de ezek mértéke függ a földrajzi szélességtől, mivel a trópusi területeken a negatív villámok aránya ~100%, a pólusok felé haladva ez a %-os megoszlás csökkenő tendenciát mutat (Wantuch, 2004; Takács, 2007). Geresdi (2004) munkájában így fogalmaz a pozitív villámok megjelenéséről: „Ritkábban ugyan, de kialakulhat lecsapó villám a felhő pozitív töltésű tartománya és a talaj között is.” A hangsúly a „ritkábban” és a „kialakulhat” kifejezéseken van. Korábbi munkámban (Oláh, 2012) részletesen bemutattam, itt pedig tovább számítva láthatjuk, hogy a 2010. augusztus 13-án 19 és 20 óra közötti negatív villámok 288%-al gyakrabban fordultak elő, mint a pozitívak, 20 és 21 óra között ez az érték 252%, 21 és 22 óra között 288,95%, 22 és 23 óra között 333%, míg 23 óra és éjfél között a negatív polaritású villámok maximuma volt tapasztalható, 563%-al nagyobb gyakorisággal, mint a pozitív előjelű kisüléseké. A másnap éjfél-től hajnali egy óráig tapasztalható polaritásváltás igen markáns volt, hiszen ebben az időszakban a pozitív villámok 625%-al voltak gyakoribbak, mint a negatív előjelű villámok, majd 01 és 02 óra között ez az arány újra megfordult és a negatív villámok 533%-al voltak gyakoribbak pozitív társaikkal szemben. A mintasorokból láthatjuk, hogy a



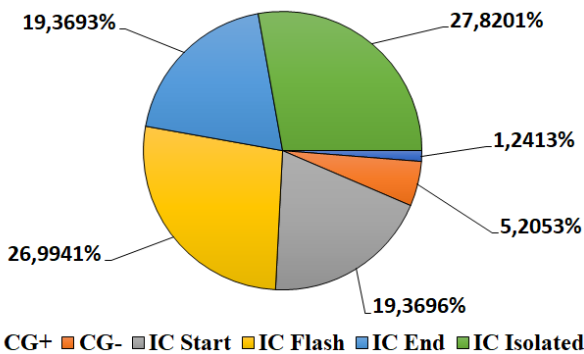
2. ábra: A villámrekord során (2010. augusztus 13–14.) során lokalizált villámtípusok



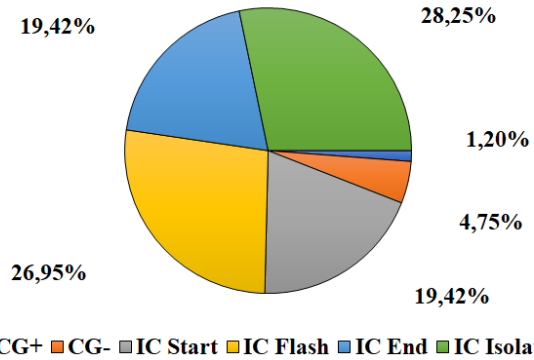
4. ábra: 2010. augusztus 14-én a villámrekord során regisztrált villámtípusok százalékos megoszlása. OMSZ-SAFIR adatai alapján

vizsgált időintervallumban (19–02 óráig) a pozitív felhőföld villámok mintegy 37,6%-a éjfél és hajnali egy óra között volt tapasztalható. A döntően negatív villámok kialakulása rámutat a fentebb vázolt földrajzi szélességekkel is magyarázható okokra, a légtér „szépidő-elektromosság” szerinti átlagos  $\Delta V/\Delta h$  [ $V \cdot m^{-1}$ ], kontinensek felett tapasztalható és az egyenlítői, illetve poláris területek különbségére (Rákóczi, 1998), valamint arra, hogy hazánk felett a kialakuló villámok töltésgócai a zivatarfelhők tipikusan mely részeihez kapcsolódnak, ezáltal a felhők dinamizmusát és fizikai folyamatait is jobban megérthetjük. Fontos, hogy ezen adatok birtokában képet alkothassunk a felhőben zajló töltésselkülönítő mechanizmusokról, a felhő feletti télerősség előjelváltásáról, valamint a talajfelszíntől a felhő felé szállított pontszerű (korona) kisülésekből származó pozitív töltésekről, ezáltal a Föld-ionoszféra gömbkondenzátor működéséről is (Rákóczi, 1998).

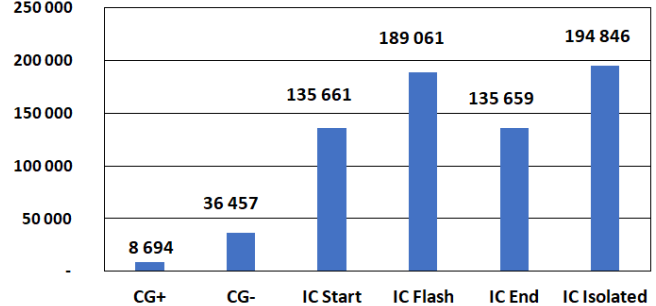
Írásom célja megerősíteni azt a gondolatot, hogy a villám-



6. ábra: A hazai villámrekord (2010. augusztus 13–14.) során lokalizált villámtípusok százalékos mennyisége. OMSZ-SAFIR adatai alapján



3. ábra: 2010. augusztus 13-án a villámrekord során regisztrált villámtípusok százalékos megoszlása az OMSZ-SAFIR adatai alapján



5. ábra: A hazai villámrekord (2010. augusztus 13–14.) során lokalizált villámtípusok mennyisége az OMSZ-SAFIR adatai alapján

rekord fogalmát két nap eredményeként kell tárgyalnunk. A jövőben a villámfizikai paramétereket, azaz a fel- és lefutási időket, valamint az áramerősségi értékeket szeretném bemutatni, ezzel alkotva teljes képet a hazai villámrekordról.

Ezúton szeretném megköszönni az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársainak, hogy voltak szívesek a rendelkezésemre bocsátani a SAFIR adatokat. Hálával tartozom az On-Air Kft. munkatársának, Bálint Ádám-nak, hogy rendelkezésemre bocsátotta a villámaktivitási térképeket és hogy 2012 óta támogatt munkámban.

**Irodalom**

Bór, J., 2010: Villámkisülésekhez társuló felsőlégköri elektrooptikai emissziók és Schumann-rezonancia tranziensek vizsgálata. *Doktori (PhD) értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola, Sopron.*

Geresdi, I., 2004: Felhőfizika. *Dialog-Campus Kiadó, Pécs-Budapest.*

Oláh, R., 2012: A lélegektromos jelenségek, különös tekintettel a villámlásra és annak földbázisú lokalizációjára. *Szakdolgozat. Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájélföldrajzi Tanszék, Szeged.*

Oláh, R., 2020: A hazai villámrekord statisztikus elemzése és időbeli lefutásának cáfolata I. *Léggör 65, 88–92.*

Rákóczi, F., 1998: Életünk a légkörben. *MUNDUS Kiadó, Budapest.*

Takács, G., 2007: A villámokról. *A fizika tanítása 2, 10–17.*

Varga, B. és Ablonczy, D., 2013: Az Országos Meteorológiai Szolgálat villámlokalizációs rendszere. *OMSZ Ismertető, Budapest.*

Wantuch, F., 2004: A Kárpát-medence villámjainak meteorológiai vizsgálata objektív mérések alapján. *Doktori (PhD) értekezés. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, Budapest.*



# KIEGÉSZÍTÉSEK BACSÁK GYÖRGY ÉLETRAJZÁHOZ ÉS MUNKÁSSÁGÁHOZ

## ADDITIONS TO THE BIOGRAPHY AND WORK OF GYÖRGY BACSÁK

### Major György

Magyar Meteorológiai Társaság, 1525 Budapest Pf. 38., [major.gy@met.hu](mailto:major.gy@met.hu)

**Összefoglalás.** 2020-ban 150 éve született és 50 éve hunyt el Bacsák György. Ebből az alkalomból néhány kiegészítést említünk, ami a korábbi megemlékezésekből kimaradt.

**Abstract.** György Bacsák was born 150 years and died 50 years ago in 2020. On this occasion, some additions to the previous commemorations will be mentioned.

#### Indoklás

2020-at írunk. Ez az év emlékezetes marad mindannyiunk számára mindaddig, amíg csak emlékezni tudunk. A koronavírus járvány átrendezte az életünket.

2020-at írunk. Bacsák György 150 éve született és 50 éve halt meg. Januárban a Magyar Tudományos Akadémia egyes osztályai is, a Magyar Meteorológiai Társaság is hagyományos, ünnepélyes és nagyszabású megemlékezést tervezett. Mostanra a beszűkült lehetőségek között kell megemlékeznünk nagy elődünkről, mert ez az év a jubileumi év, a következő évekbeli pótlás nem ugyanolyan érzetű. A meteorológusok szerencséjére a LÉGKÖR megjelentetése lényegében zavartalan, így az adott évben, a folyóirat segítségével mégis valamennyire megemlékezhetünk Bacsákról.

Ebben a kis írásban összegyűjtöttem mindazt, amit Bacsákról tudok és nem jelent meg a 2006-os LÉGKÖR különszámában (50 éves volt a folyóirat!), a Milankovics-Bacsák elméletéről szóló cikkben. [A megjelent LÉGKÖR számok olvashatók az Akadémiai Könyvtár egyik honlapján, [real-j.mtak.hu](http://real-j.mtak.hu) és az OMSZ honlapján [met.hu](http://met.hu).]

#### A kommunikátor

Bacsák jogászként tudta, hogy az nem elég, hogy valakinek igaza van, tudni is kell az igazát világosan és meggyőzően előadni mind szóban, mind írásban. Az IDŐJÁRÁS-ban 1940-ben megjelent cikkében írta, hogy Milankovics eredményeinek félreértésében és elutasításában annak is szerepe van, hogy itt-ott nehezen érthetők az írásai.

Bacsáknak veleszületett képessége volt a kiváló szóbeli előadás. Ezt illusztrálja az a kis történet, amit 2002-ben a családjától hallottam. Abban az évben az MMT vándorgyűlése Fonyódon volt, ugyanis a helyi önkormányzat kezdeményezte, hogy az ő „szeretett Gyuri bácsijukról” tartson a társaság náluk megemlékezést. A vándorgyűlés előtti napon a Bacsák villában mintegy 20 Bacsák-leszármazott és rokon társaságában ültünk a kertben egy nagy asztal körül, akkor idézték fel a következő esetet.

Bacsák az 1950-es években saját kezűleg egy csónakot épített (tudjuk, hogy mindennel foglalkozott). Tudta, hogy a csónakot be kell jelenteni a vízrendőrségnél. A bejelentés után néhány nappal egyik délelőtt fél tíz tájban megjelent két fiatal rendőr a háznál, jöttek a csónakot le-

vizsgáztatni. Gyuri bácsi (80-as éveiben járt) lement velük a tóhoz. Mivel délben sem jött vissza, egy családtag érte ment. Elképedve látta, hogy a csónak egyik végében ül a két rendőr, a másikban Bacsák, aki teljes lendülettel magyarázza a kétségbeesett hallgatóinak a szoláris klíma eseményeit százezer évekre visszamenőleg. Az ebédre hivatkozva a családtag megszabadította a hallgatókat az előadástól, amely olyan erőteljes volt, hogy a két fiatal rendőr az idős és lelkesen magyarázó embert nem merte félbeszakítani. (Ilyesmi bárkivel megeshet, hogy kollégát vagy rokont végighallgat akkor is, ha ismeri a sztorit vagy teljesen távol áll tőle.)

#### A tudományok doktora

Törvényileg a tudományok kandidátusa fokozatot 1951-ben, a tudományok doktora fokozatot pedig 1952-ben vezették be Magyarországon. Bacsák 1954-ben (84 évesen) kandidátusi fokozatra adott be pályázatot. A kandidátusi eljárásban 2 hivatalos bíráló (opponens), a doktoriban 3 hivatalos bíráló értékeli a beadott pályázatot. Értekezésének címe: „A pliocén és pleisztocén korok égimechanikai megvilágításban”. Bacsák egyik bírálója Detre László csillagász, a másik Zólyomi Bálint botanikus volt. A védés alapján a bíráló bizottság a Tudományos Minősítő Bizottságnak nem kandidátusi, hanem a földtani tudományok doktora fokozat megadását javasolta. A fokozatot meg is kapta. (Más pályázónál is volt példa arra, hogy kandidátusi helyett doktori fokozatot kapott, természetesen igen-igen ritkán.)

Noha fő műve az IDŐJÁRÁS folyóiratban jelent meg, értekezésének címe nem utal sem a meteorológiára, sem az éghajlatra. A folyóirat krónika rovatában utólag tájékoztatást adott a védésről ifj. Bartha Lajos. Írásában az szerepel, hogy a bírálóbizottságba sem és magára a védésre sem hívtak meg meteorológusokat, „tévedésből”. Mivel a bírálók kijelölése és a védés között több hét (esetleg hónap) is eltelik, a kettős tévedés nekem „tervezettnek” tűnik. A meteorológusok közül akkor már 11-nek volt kandidátusi fokozata, tehát lehetett volna közülük valaki bizottsági tag. Magyarázatot nem tudok a „tévedésre”. A meteorológusok nem voltak rossz viszonyban Bacsákkal, ezt mutatja az, amit 1970 után Zách Alfréd-től hallottam, hogy ő és néhány kollégája készült elmenni Fonyódra, köszönteni Bacsákot századik születésnapján. A köszöntésre nem került sor, mert az ünnepelni tervezett nem érte meg a nevezetes születésnapot.



**Bariss Miklós**

Bariss Miklós egy igen terjedelmes írást jelentetett meg „Az eljegesedések okai és a Milankovič-Bacsák elmélet” címmel. A három részből az első 1953-ban, a másik kettő 1954-ben jelent meg a Földrajzi Közlemények folyóiratban. Nagyon részletesen ismerteti a témakör irodalmát és a témával kapcsolatos vitákat, kiemelve Bacsák munkásságát. Bariss nemcsak tisztelője volt Bacsáknak, hanem belépett a családjába is, egyik unokája volt a házastársa.

Barissék 1956 után az Egyesült Államokban éltek. Miklós ottani szakmai tevékenységével ismertséget szerzett, így elérte, hogy az 1960-as években az egyik amerikai tudományos társaság egy paleoklimatológiai témájú rendezvényére meghívja Bacsákot úgy, hogy az utazás összes költségét a társaság állja. Az akkoriban már kilencvenes éveiben járó meghívott azonban már nem vállalkozott az utazásra.

2002-ben, amikor Fonyódon megemlékeztünk Bacsákról, Bariss itthon volt, részt vett az előző napi nagy létszámú összejövetelen a villa kertjében. Ő képviselte a családtagok közül a „szakmát”, mivel a számos unoka és dédunoka csak annyit tudott a témáról, hogy az fontos és a nagypapa minden írását meg kell őrizni. Bariss megértette felvetésemet, hogy a megőrzött anyagból a Milankovicstól jött leveleket érdemes beadni az MTA Kézirattárába. Néhány nap múlva el is juttatta őket méltó helyükre. Jelenleg a teljes Bacsák-Milankovics levelezés mind Belgrádban, mind Budapesten hozzáférhető.

**Bacsák és Milankovics tudományos teljesítményének összevetése**

A hazai meteorológia szakos hallgatók régebbi generációi azt hallották az egyetemen, hogy Bacsák tudományos teljesítménye egyenértékű Milankovics tudományos teljesítményével, ennek ellenére Bacsákot a nemzetközi közösség alig, Milankovicst pedig igen jól ismeri.

Az IDŐJÁRÁS folyóirat 1996-ban volt 100 éves. 1980-tól Mészáros Ernő volt a főszerkesztő, aki a lapot angol nyelvű, a nemzetközi standardoknak megfelelő tudományos kiadvánnyá alakította, aminek eredményeként az IDŐJÁRÁS bekerült az elitnek számító impakt-faktoros tudományos folyóiratok közé. Az évforduló megünneplésére az MTA épületében, angol nyelven tartott előadásokkal került sor, ugyanis a szerkesztőbizottság külföldi tagjainak jó része is eljött a megemlékezésre. Mészáros Ernő előadásában többek között elmondta, hogy szép a 100 év, de mivel az átalakításig a cikkek magyarul jelentek meg, a nyelvi elszigeteltség miatt a legértékesebb tanulmányok sem tudtak íróiknak nemzetközi ismertséget szerezni. Példának hozta fel Bacsák és Milankovics ismertségének különbségét, noha a szakmai értékük azonos.

Ez a példa megragadt az egyik német szerkesztőbizottsági tag fejében és hazamenve utánanézett a dolognak. Ne-

kem írt leveléből az derült ki, hogy szerinte helytelen Bacsák tudományos teljesítményét Milankovicsével egyenértékűnek tekinteni, részben azért, mert Milankovics publikációi több mint egy évtizeddel megelőzik Bacsák írásait, de főként azért, mert Bacsák a Milankovics által alkalmazott eljárást használta és nem eredeti módszerrel állt elő. Igaz, Bacsák kiterjesztette a vizsgálatot a Milankovics által elhanyagolt eljegesedések közötti időszakokra is, meg a vizsgált időtartamot még 400 000 évvel ki is egészítette, de így is csak Milankovics követőnek és nem vele egyenértékűnek tekinthető. Ennek ellenére a jelenleginél jóval nagyobb nemzetközi elismertséget megérdemelne.

Ugy gondolom, teljesen igaza van.

**Bacsák és a magyar meteorológusok**

Az előzőkben említésre került az, hogy a vele nagyjából azonos időszakban dolgozó meteorológusok tisztelték Bacsákot. Hogy milyen emberi kapcsolat volt közöttük, annak részleteit nem ismerem. Ebben a részben a kutatási értékeiket mérem össze.

Bacsák 1936 és 1954 között végezte érdemi tevékenységét az érintett témakörben. Fő műve mellett más írása is megjelent a meteorológusok folyóiratában, tehát ő a munkáját alapjában véve meteorológiai tárgyúnak tekintette, noha tudta, hogy az alapja csillagászati, és vannak egyéb földtudományi vonatkozásai is. Arról nem tudok, hogy voltak-e szakmai kapcsolatai a meteorológia terén dolgozókkal.

Abban az időszakban a meteorológusnak tekinthető szakemberek hazai létszáma alig haladta meg a harmincat. Ők az operatív tevékenységük melletti kutatásaikban az ország éghajlatának részleteit vizsgálták. Ennek az időszaknak a jellemzésére mondta azt Mészáros Ernő, hogy akkoriban közöttük a legfőbb szakmai kérdés az volt, van-e sokévi átlagban Kecskemét és Nagykovács között 0,2 fok hőmérsékleti különbség? Ha erre meg is találjuk a megalapozott választ, az akkor sem sokban viszi előre a szakmát és még más felhasználóknak (mezőgazdászok, vízügyesek, stb.) sem ad semmi segítséget.

Bacsák, Milankovicst követve, az egész Földet érintő témán dolgozott, amelynek a szakterület nemzetközi közvéleménye előtt is jelentősége volt. Ezt érzékelte a hazai kutatói társadalom, ezért javasolták nagydoktori akadémiai fokozatra. Korábbi munkáik alapján a kutató meteorológusok mind a 11-en csak a kandidátusi minősítést érdemelték ki, tehát Bacsák, témaválasztásával is, az elvégzett munka nagyságával is, meghaladta őket, ezt fejezi ki a tudományok doktora fokozat elnyerése. (Meteorológiai tárgyú értekezéssel másodikként Bacsó Nándor lett doktor 1957-ben, őt harmadikként Dési Frigyes követte 1967-ben.)

**Összefoglalva: Bacsákra teljesítménye miatt tisztelettel és egyénisége miatt szeretettel emlékezik a mostani magyar meteorológus közösség!**

## A 2020. ÉVI TAVI VIHARJELZÉSI SZEZONRÓL

### STORM WARNING SEASON AT LAKES IN 2020

Zsikla Ágota, Szilágyi Eszter

OMSZ Viharjelző Observatórium, 8600 Siófok, Vitorlás utca 17., [zsikla.a@met.hu](mailto:zsikla.a@met.hu), [szilagyi.e@met.hu](mailto:szilagyi.e@met.hu)

**Összefoglalás.** Az Országos Meteorológiai Szolgálat minden évben viharjelző szolgálatot lát el a Balatonon és a Velencei-tavon valamint a Tisza-tónál, a vízen tartózkodók biztonsága érdekében. A viharjelzési szezon április 1-je és október 30-a között tart. Ez a jelentés a 86. viharjelzési szezonról számol be, a Siófoki Observatóriumból kiadott viharjelzéseket és a szezon időjárási eseményeit tekinti át.

**Abstract.** At Lake Balaton and Velence, as well as at Lake Tisza, there is a storm warning service operated by Hungarian Meteorological Service. This was the 86<sup>th</sup> storm warning season. The storm warning service located in Siófok Observatory is responsible for the safety of people at both western lakes. If strong or stormy wind expected, storm warnings are issued. Duration of the storm warning season is seven months: from 1<sup>st</sup> April until 30<sup>th</sup> October. This paper is about the eventful weather of the season.

**Bevezetés.** Október végén lezárult a 86. viharjelzési szezon a Balatonnál és a Velencei-tónál, és a 9. teljes viharjelzési szezon a Tisza-tónál. Az idei viharjelzési szezon a koronavírus világjárvány árnyékában telt. A tavaszi hónapokban kijárási korlátozás is érvényben volt, de pl. egyéni szabadidős sporttevékenység, valamint szabadidős célú gyaloglás céljából el lehetett hagyni az otthonokat. Így a vitorlázók, horgászok megjelenhettek a vizeken. A nyárra a korlátozásokat jelentősen enyhítették, így a tavak látogatottsága az előző évekhez hasonlóan alakulhatott. Viszont nagy, 500 fő feletti rendezvényeket továbbra sem lehetett tartani, tehát elmaradtak a tavak környékén is a fesztiválok, koncertek, nagyobb szabadtéri előadások. A korlátozott számú rendezvény biztosítása megkönnyítette 2020-ban az ügyeletes meteorológusok munkáját. Egyedüli kivételként a nagyobb sportrendezvények kerülhettek megtartásra. Így a Balaton-átúszás és a Balaton-átevezés. Mindkét rendezvényt a tervezett első időpontra sikerült megtartani. Több eseményt viszont 2021-re halasztottak.

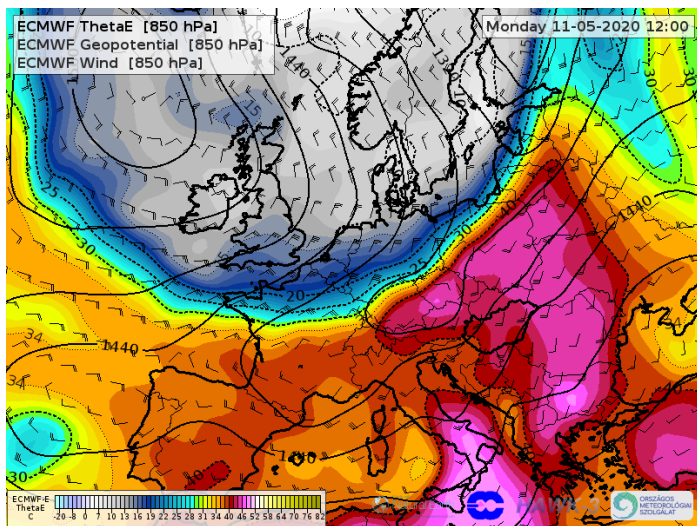
**A viharjelzési szezon időjárásáról.** 2020-ban összességében az átlagosnál kissé melegebb (0,3–1,0 °C) szezonban volt részünk. A nyári hónapok középhőmérséklete Siófokon elérte a 22,6, Keszthelyen a 20,7 Celsius fokot, ami 1,1, illetve 2 fokkal maradt el a tavalyi rekord magas értékektől. A 7 havi összegzett csapadék pedig a sokévi átlag körül alakult. A keleti medence partközeli mérőállomásainak átlagos csapadékösszege 381 mm, a nyugati részé 448 mm lett. A szélről elmondhatjuk, hogy összességében átlagosan szeles, az előző két évhez hasonlóan erős viharokban szegényebb (6 vihar) időszak áll mögöttünk. 100 km/h feletti szélsébséget e viharok nem okoztak.

**Április** időjárásának legfőbb jellemzője a **szárazság** volt, mely országosan problémát okozott. A keleti medence térségében a lehullott csapadék mennyisége nem érte el a 10 mm-t, és a Balaton nyugati részén is átlagosan csak 18,4 mm hullott. A szárazság már márciusban elkezdődött, hiszen hetedikétől a hónap

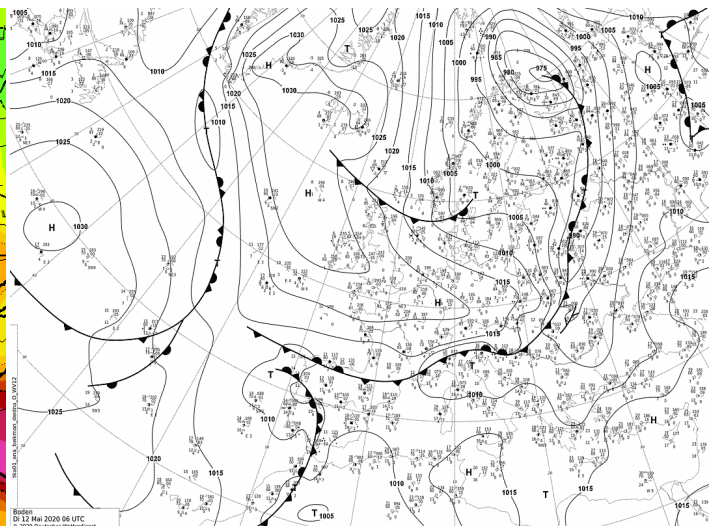
végéig az összesített csapadék a térség állomásain a 10 mm-t sem érte el. Az április egyébként jellemzően az egyik legszelesebb hónapunk. Most május, június és október után a 4–5. helyre került a rangsorban. A hónap első felében az időjárás meghatározói nagyjából a Nyugat- és Közép-Európa fölött a 45. és 50. szélességi körök által meghatározott térségében uralkodó **anticiklonok** voltak, elvágva a frontok útját nyugat, északnyugat felől. Tizenharmadikáig a napok többségében inkább csak maximum élénk, ritkábban erős szellőkések alakultak ki. 13-án azonban egy gyorsan mélyülő ciklon hidegfrontja ÉNY felől bejutott a kontinens belsejébe, amely hazánkban több mint 10 fokos lehűlést okozott, valamint a legtöbb helyen az első csapadékot a hónapban. Ez azonban általában legfeljebb csak 5–6 mm-t jelentett, így a Balaton térségében is. A hidegfront mögött viharossá fokozódó szél 13-án és 14-én azután hamar ki is szárította a felszínt. A szélmaximum Balatonöszödnél megközelítette a 85 km/h-t is. A szél csillapodása után 15-én hajnalra sajnos még többfelé fagyott, főként a Balatontól távolodva -2, -3 fokot is lehetett mérni. A hónap második felében markánsabb időjárási esemény a 25-én érkező hidegfront, majd 27-én egy nyugat felől érkező konvektív rendszer volt. Ez utóbbival már zivatarok is érkeztek (ezen kívül még 25-én a nyugati medencénél, 29-én a keletinél fejlődtek ki zivatarok). A hónapban csak az említett 4 napon alakultak ki viharos lökések. Így a másodfokú viharjelzések fenntartására áprilisban volt a legrövidebb ideig szükség, kevesebb, mint 40 órát.

A Balaton átlagvízszintje a hónap elején 122 cm-ről indult. Ezután stagnált, vagy fokozatosan csökkent, így a hónap végén 118 cm-t mutatott az összesítés. Ezt követően a szezon további részében is stagnálás, vagy fokozatos csökkenés volt megfigyelhető egészen szeptember utolsó dekádjáig, amikor 90 cm-en állt meg a vízszint.

**Május** a szél szempontjából mindenképp az április ellentéte volt. Ez a hónap lett a **legszelesebb**, ekkor volt



1.a ábra: 2020.05.11. 12 UTC: időjárási helyzetkép az ÉNY Európát elárasztó hideg levegőről az ECMWF modell analízis alapján (850 hPa magasság, ekvivalens potenciális hőmérséklet és szélmező)



1.b ábra: 2020.05.12. 06 UTC: európai időjárási helyzetkép a Kárpát-medencét épp keresztülşelő hullámzó frontrendszer helyzetével (Deutscher Wetterdienst)

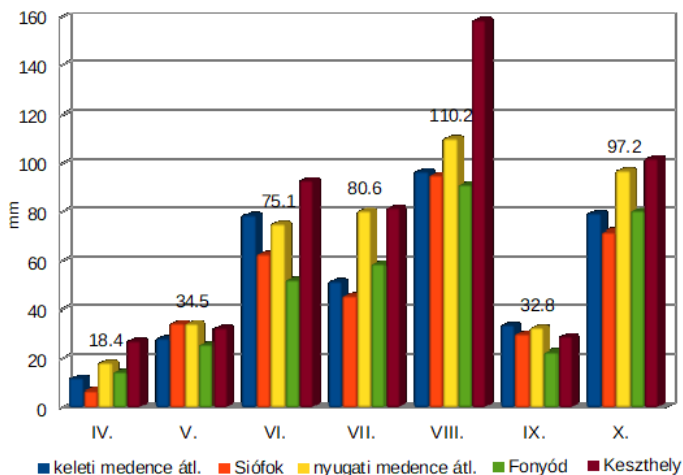
a legtöbb vihar és a leghosszabb viharjelzés-fenntartási idő. Az 55 km/h feletti széllokések a hónap napjainak több mint felében (16 napon), a 75 km/h felettiek 4 napon fordultak elő. A szeles időt különféle időjárási helyzetek idézték elő: hidegfront átvonulások, prefrontális, posztfrontális helyzetek, de előfordult anticiklon peremhelyzet, orrhelyzet, mediterrán ciklon és zivatar is. Az első, 25 m/s-t is elérő széllokést a május 12-i vihar hozta a Balatonhoz. A megelőző napokban Európát már jelentős hőmérsékleti kontraszt jellemezte (1.a ábra). Míg Közép- és Kelet-Európában többnyire 25–28, a Balkánon 30 fok körül alakultak a maximumok, addig északnyugaton a front mögött 15–20 fok alatt maradt a hőmérséklet. Ennek oka, hogy észak felől sarkvidéki eredetű hideg levegő árasztotta el a kontinenst, melynek határát egy hullámzó frontrendszer jelölte ki. A frontrendszer hidegfronti szakasza május 12-re virradó éjszaka haladt át az ország felett. A front mögött jelentős hidegadvekción zajlott, valamint a front mögött kirajzolódó nagy nyomási gradiens (1.b ábra) a Dunántúlon többfelé, így a balatoni mérőállomások többségén is a hajnali óráktól kezdődően viharos szelet

keltett. Érdekessége ennek a helyzetnek (és egyben felhívja a figyelmet erre a jelenségre), hogy a legerősebb balatoni széllokések tartósan egy keskeny szélcsatornában, a Szigligeti öbölben alakultak ki. Itt több órán keresztül fújt magas átlagsebesség mellett 70–80 km/h (majd átmenetileg 90 km/h-s) feletti szél, míg másutt a széllokések nagysága az itt kialakuló átlagsebességnek felelt meg.

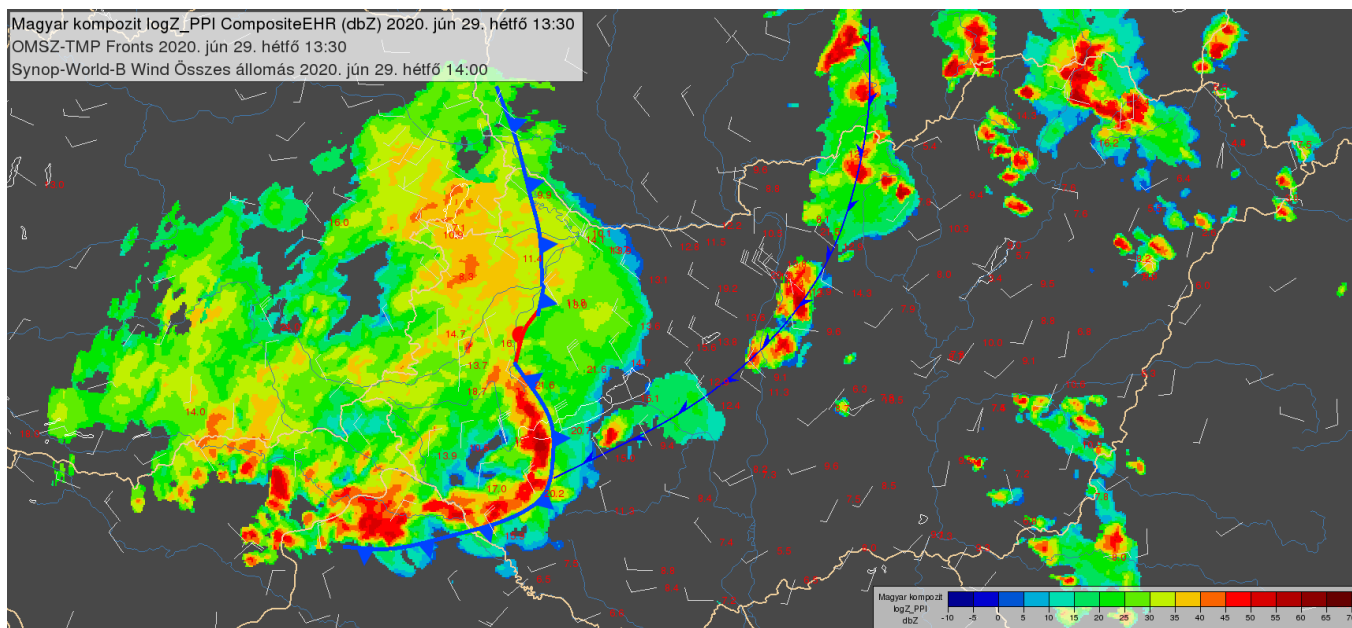
Viharos széllel a hónap elején, közepén és végén is találkozhattunk. A változékony idő hatására a májusi középhőmérséklet – egyedülként a szezonban – az 1961–1990-es átlagot is alulmúlta. Igaz Siófokon csak néhány tized fokkal, Keszthelyen viszont 1,2 fokkal. Az említett településeken a havi maximumhőmérséklet csak egy napon (10-én) érte el, illetve haladta meg a 25 fokot. A többi hónap viszont az 1981–2010-es normálértékhez képest is valamivel melegebb, vagy annak megfelelő hőmérsékletű volt.

Csapadék tekintetében az előző hónaphoz képest csak kisebb javulás történt (2. ábra). Az ilyenkor elvárható 60 mm körüli mennyiség helyett csak 30–35, helyenként 40 mm körüli csapadék hullott. A több csapadék a hónap második felében esett, ekkor 25-étől már helyenként ismét voltak zivatarok.

**Június** lett a második legszelesebb hónap. A havi átlagos szélesebesség 2–3 tizeddel maradt csak alatta a májusi átlagnak. 13 napon voltak viharos széllokések. Különösen a hónap első 8 napja, illetve az utolsó dekáda volt szeles. A június 20. és 24. közötti tartósan szeles időszakban 3 napon keresztül is mértek 80 km/h feletti széllokéseket az automaták. Ezekben a napokban az azori anticiklon benyúlt Nyugat-Európa fölé, a Fekete-tenger, illetve Ukrajna térsége felől pedig alacsony nyomású légörvény közeledett, illetve mélyült ki, ami a Kárpát-medence térségében tartósan nagy légnyomáskülönbséget eredményezett. A **szezon legerősebb vihar**a június 29-én érte el a tavat. Ekkor egy zivataros hidegfront haladt át az



2. ábra: A havi csapadékösszegek alakulása a Balatonnál 2020-ban



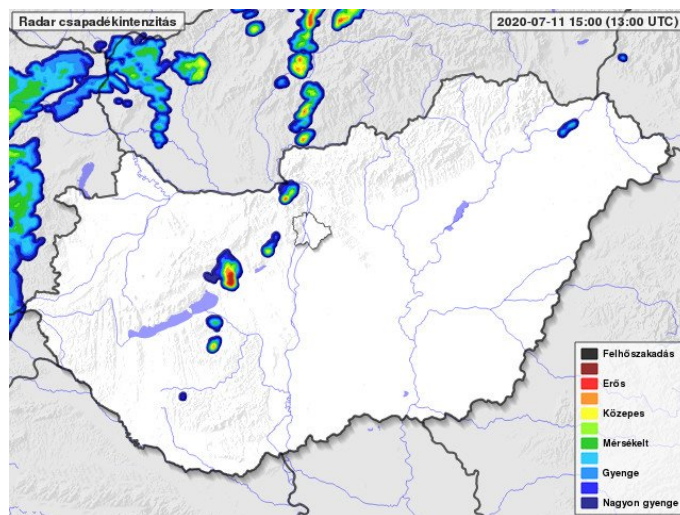
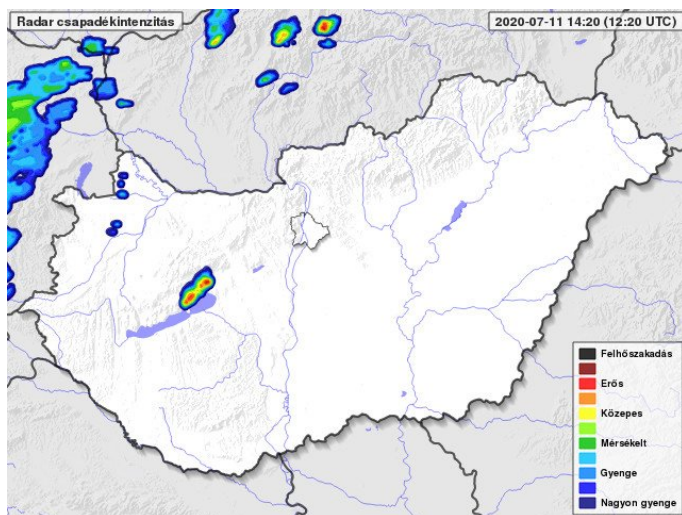
3. ábra: Az OMSZ kompozit radarképe 2020.06.29-én 13:30 UTC-kor.

A hidegfront szervezett zivatarok kíséretében nyugat felől húzódott a Balatonra (Horváth Ákos nyomán)

országon, megszüntetve a 26-ával kezdődő első több napos kánikulai időszakot. A front a déli órákban érte el a Kárpát-medencét és érkezését a feltámadó északnyugatra forduló szél jelezte, amely a délután folyamán a balatoni állomások többségén elérte, vagy meghaladta a 70 km/h-t. A nagy magasságokban (300 hPa) fújó *jet stream* is feltűnt a front nyomán, és a viharos magassági áramlás révén a frontális tekno gyors áthelyeződését eredményezte. Mögötte gyorsan csillapodott a szél és felszakadozott a felhőzet. A frontvonal mentén azonban még intenzív zivatarok keletkeztek, továbbá a front előterében, az előresiető hideg levegő hatására egy konvergencia-vonal is kialakult, amin heves zivatarok fejlődtek ki (3. ábra). A Balaton nyugati medencéjének környezetében egy *squall line* (zivatarlánc) is feltűnt. A zivatarlánchoz viharos erejű kifutószél társult (a Balaton nyugati medencéjében a szélmérők többsége 90 km/h feletti szelet regisztrált), továbbá helyenként jégesőt is megfigyeltek. A legerősebb szellőkést ezen a napon Balatonmárfiafürdő jegyezte, itt 98

km/h-t mutatott a szélmérő. A hidegfront nyomán feltámadó északnyugati szél, továbbá a zivatarcellákból kifújó szél, illetve az intenzív villámlás az országban többfelé jelentős károkat okozott az infrastruktúrában, mindenekelőtt az áramszolgáltatásban.

Zivataros napok a hónapban már a májusnál többször, a Balaton közvetlen környezetében (5–6 km-en belül) 12 alkalommal fordultak elő, és a Tisza-tónál is hasonló gyakoriság volt a jellemző. A zivataros időszakok megnövelték a csapadékmennyiséget, így a hónapban a havi csapadékösszeg már a sokévi átlag közelében alakult az egyes medencék vonatkozásában. Ugyanakkor egyes települések között nagyobb különbségek jöttek létre (júniusban Fonyódon 52, Keszthelyen 93 mm volt az egyhavi összeg). A több hónapos száraz periódus után a júniusi középhőmérséklet az 1981–2010-es átlag közelében alakult (Keszthely 19,2, Siófok 20,6 °C), ami a párolgási viszonyok szempontjából viszonylag szerencsésebbnek mondható (a 2019-es átlaghőmérséklet



4. a-b ábra: Az OMSZ kompozit radarképe 2020.07.11-én 14:20 és 15:00 UTC-kor. A nap első zivatarjai a frontvonal mentén a keleti medencétől északra pattantak ki. A cellák délnyugati áramlással a Velencei-tó irányába helyeződtek át, miközben egyre nagyobb reflektivitásra tettek szert



22,8, illetve 23,8 °C volt).

**Július** az átlagosnál kissé gyengébben szelesen (95, illetve 93%) alakult. A másodfokú viharjelzések fenntartása az előző hónapokénak fele lett, és a kiadásainak száma is a legkevesebb volt a nyár folyamán. Ehhez hozzájárult, hogy zivatarok is ritkán, a Balaton közvetlen környezetében mindössze hat napon fordultak elő. *(Egyébként hat napon zivatarozott a Tiszától is, ott viszont ezeken a napokon több alkalommal is ismétlődve).* Az egyes medencék átlagos szélessége megegyezett az áprilisi értékekkel és 9 napon volt 55 km/h-t elérő, vagy meghaladó széllelés. Ugyanakkor **két erős vihar is érkezett** a Balatonhoz, mindkettő hidegfront nyomában alakult ki. Az első **július 6-án** a Kárpát-medencét északnyugat felől közelítette meg. A hidegfront eredetileg gyenge csapadékmezővel érte el az Alpok vonulatát, ott azonban az orográfia hatására mozgása lelassult, behullámozott, ez a dinamika pedig a front vonala mentén beindította a felhő- és csapadék-képződést. Majd a hűvös levegő első hulláma a Balatonhoz az este feltámadó északnyugati széllel csapadék nélkül érkezett. Ezt követően a front mentén a tónál is képződtek záporok. Éjszaka pedig a bezúduló hideg levegő gyors átvonulása nyomában már az ideai balatoni szezon második legnagyobb szélvihara kerekedett. Tartósan viharos szél fúj a tónál, mely az éjféli órákban érte el maximumát. Ekkor többféle voltak 80–85 km/h körüli széllelések, Szigliget-cölöp mérőhelyen 90 km/h-s, Balatonöszödön pedig 100 km/h-t megközelítő (97,5 km/h) széllelés is előfordult, ami alig maradt el az egy héttel korábbi Balatonmáriafürdőn mért értéktől. Majd hajnaltól reggelig átmenetileg jelentősen mérséklődött a szél. A front ekkorra már át is lépte keleti határainkat.

A következő napok erősebb szél nélkül, határozott melegedéssel teltek el.

Az ideai viharjelzési szezon harmadik legerősebb viharára csupán néhány napot kellett várni. **Július 11-én** a tizedikére már beköszöntő kánikulát egy újabb hidegfront törte meg. Viharos széllelések kíséretében a délután folyamán érkezett meg a front, ami a Balatonnál közel 10 fokos lehülést eredményezett. A front átvonulása során az északnyugati szelet gyakran 75–85 km/h körüli széllelések kísérték a tónál, de például Szigligetnél a legerősebb széllelések az *erősen viharos* fokozatot is elérték (92 km/h). A nap első zivatarja (a

hónap második ilyen napja) a frontvonal mentén, közvetlenül a keleti medencétől északra fejlődött *(4.a-b ábra)*. Bár a felszínközélemben már erős északnyugati szél fúj, a magasban még nem történt meg a szélfordulás, így a cella délnyugati sodrással a Velencei-tó felé vette az irányt, miközben egyre nagyobb intenzitásra tett szert. A délután folyamán még egy-egy izolált cella feltűnt a Balaton környezetében, de a kiterjedt csapadékzóna jóval később, csak az esti órákban a talaj frontvonal mögött vagy 150 km-es „lemaradással” érte el a Balatont. Ekkor a stabilizálódó légkörben a csapadék javarészt már eső formájában hullott.

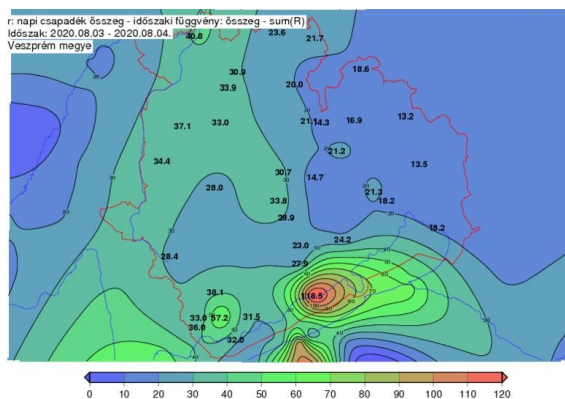
A hónapban jellemzően 7–10 napon volt mérhető mennyiségű csapadék egy-egy településen, és ezekből 1–3 napon zivatar formájában. A legtöbb csapadékot adó nap július 24-e volt. Ekkor egy magassági légörvényhez tartozó mezoskálájú konvektív rendszer érte el délnyugat felől a Dunántúlt. Már érkezése előtt is voltak elszórt záporok, zivatarok a térségben, majd estétől reggelig



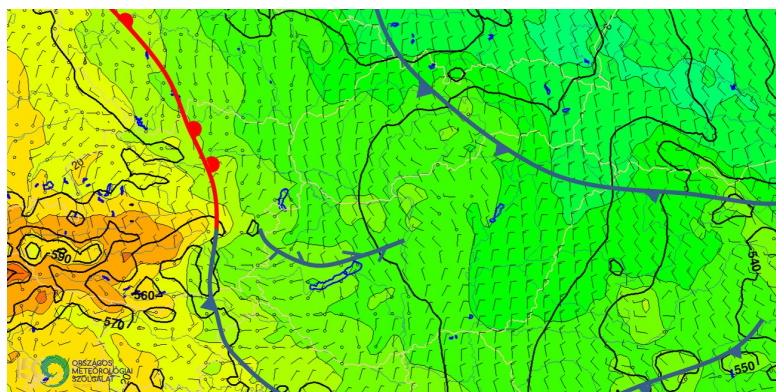
5. ábra: Peremfelhős zivatar 2020.08.04-én este Siófoknál (Szilágyi Eszter felvétele)

tartós csapadékot okozva felettünk örvénylett a rendszer. A havi csapadékösszeg 50–60, keleten néhol 70%-a hullott le akkor. A keleti medencénél 45–60 mm, töle nyugatra 55–105 mm lett így a havi összeg. Július és egyben az év **legmelegebb napja 10-e** volt, ekkor Balatonlellén a hőmérséklet elérte a 35 fokot, de a siófoki automata is 34,9 fokot mért. A hónapban jellemzően már 10–12, de Lellén 15 hőségnap is előfordult. A havi átlaghőmér-séklet egyébként Keszthelynél az 1981–2010-es átlagnak felelt meg, Siófokon pedig egy fokkal melegebb lett.

**Augusztus** és a szeptember volt a két legkevésbé szeles hónap az átlagsebességeket tekintve. A jelzéskiadások száma viszont e nyári hónapban lett a legtöbb, mivel idén augusztusban alakultak ki leggyakrabban zivatarok; a hónap napjainak majd felében, és 55 km/h feletti szélességek is 14 napon fordultak elő. A viharos napok közül 80 km/h feletti széllelések is több napon, 90



6. ábra: Konvektív időszak két napi csapadékösszege a Balatonnál 2020.08.03–04.

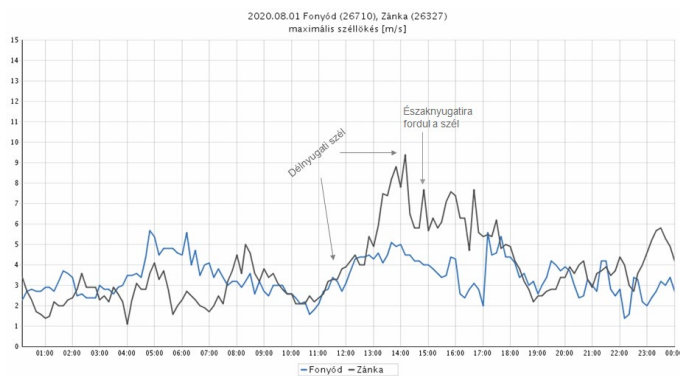


7. ábra: 2020.08.01. az átúszás délutánján egy konvergencia-vonal közelítette meg a Balatont (14:00 LT; 850 hPa, hőmérséklet, 950 hPa magasság, 100 m-es szélesség), készítette Horváth Ákos

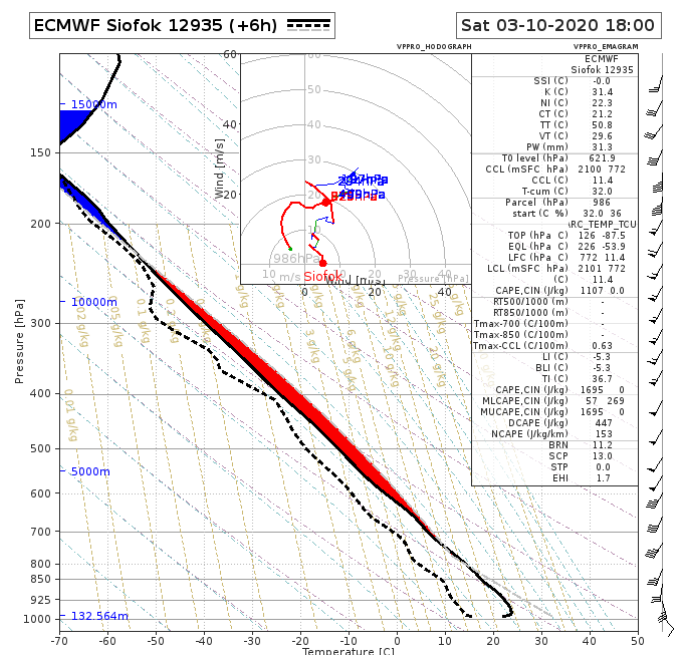
km/h-t elérő szélroham pedig augusztus 4-én fordult elő. Ekkor egy hosszan elnyúló frontrendszer lassú mozgással, többszörösen hullámot vetve vonult át az országon.

A fronthoz kapcsolódóan a Balatonnál is szélvihar volt, a

legerősebb szellökést pedig ezúttal a balatonőszödi szélmérő rögzítette (25,5 m/s). A front előterében egy meleg-nedves szállítószalag húzódott, míg a magasban (500 hPa) a hideg levegő előre sietve jelentős instabilitást okozott, ezzel is elősegítve heves zivatarok kialakulását. Bár a zivatarok többsége az Alföldet, valamint az Északi-középhegység térségét sújtotta, az esti, éjszakai órákban a Balatonnál is feltűnt egy-egy lassan mozgó, de igencsak látványos, peremfelhős példány (5. ábra<sup>1</sup>). A balatoni cellákhoz különösebb kifutószél és intenzív villámtevékenység sem kapcsolódott, helyette lokálisan kiadós, néhol özönvízszerű mennyiség zúdult le rövid idő leforgása alatt. Augusztus 3-án késő délutántól 5-én reggelig Balatonakalin 118,5 mm hullott, ebből **92 mm** 4-én este **2 óra leforgása alatt** zúdult le egy, az áramlás irányával ellentétes irányba fejlődő cellából, mely ennek folytán a földfelszínhez képest helyzetét alig változtatta. De Siófokon is 60 mm-t meghaladó mennyiség jött össze 48 óránál rövidebb időszak alatt. Ekkor a kétnapi összesítés tekintetében az ország 10 legcsapadékosabb állomása közé került be az említett két balatoni mérőhely (6. ábra). A konvektív aktivitásnak köszönhetően idén augusztusban hullott a legtöbb csapadék a térségben. Jellemzően a sokévi átlag 140, 150%-a, de pl. Keszthelyen a 158 mm havi csapadékösszeg 225%-nak felelt meg az 1961–1990-es évek átlagához képest. Érdekessége még ennek a hónapnak, hogy augusztus végén szupercellás zivatarokkal is találkozhattunk. 29-én este egy hosszú életű szupercella haladt át a Dunántúlon a Szombathely-Győr vonalban, később a Balaton felett is vonult át egy nála kisebb cella, de ebben 90 km/h-t elérő szellökést nem jeleztek a műszerek<sup>2</sup>.



8. ábra: 2020.08.01. Zánka, Fonyód 10 perces maximális szél- lökés és szélirány (CET). A konvergencia-vonal 15 LT körüli időben lokálisan szélélénkület és intenzív hullámzást okozott



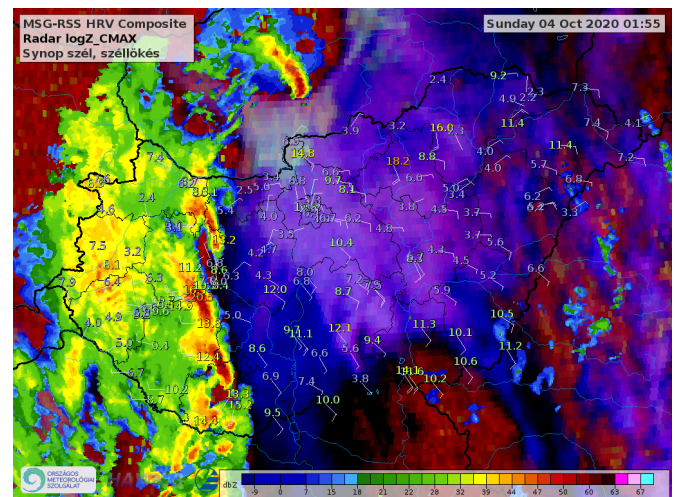
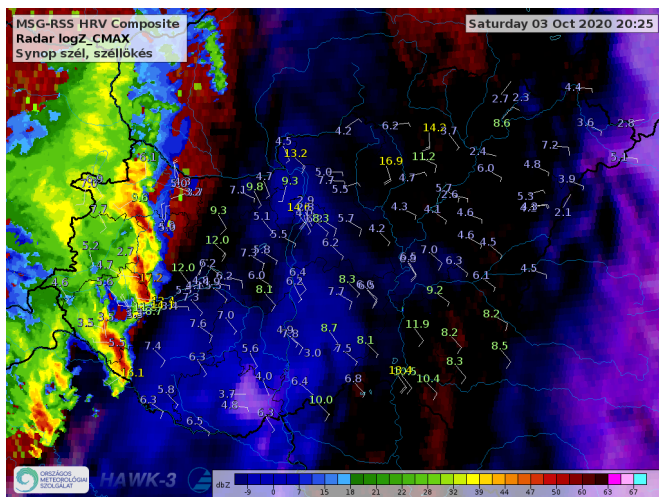
9. ábra: 2020.10.03. 18 UTC Siófok vertikális hőmérséklet, nedvesség és szélviszonyok. (ECMWF pszeidotemp, OMSZ szinoptikus archivum)

Idén augusztus 1-jén került megrendezésre a balatoni nyár egyik legnépszerűbb és legnagyobb eseménye, a Balaton-átúszás. A Balatonboglár és Révfülöp közötti 5,2

<sup>1</sup> Ez a felvétel sajnos 2021-ben már nem ilyenre sikerült volna, ugyanis a több éve tartó tiltakozás ellenére az Observatórium melletti üres telekre egy többemeletes épületet húznak fel hamarosan, akadályozva ezzel a kilátást, és befolyásolva a méréseket; pl. a szélmerést!

<sup>2</sup> A helyzet részletesebb leírását a [www.met.hu/ismeret-tar/erdekesssegek\\_tanulmanyok](http://www.met.hu/ismeret-tar/erdekesssegek_tanulmanyok) rovatában találhatjuk Horváth Ákos: *Szupercellák Nyugat-Magyarországon*





10 a–b ábra: 2020.10.03. 20:15 UTC és 2020.10.04. 01:55 UTC. Maximális radar reflektivitás, MSG HRV műholdkép, és 10 perces szélmaximum (OMSZ szinoptikus archivum)

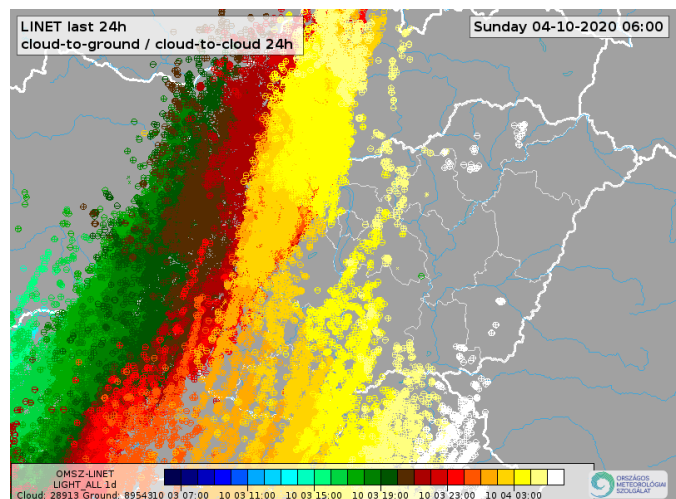
km-es távnak közel 8000 úszó vágott neki. A rendezők és a meteorológusok mindent megtettek az úszók biztonsága érdekében, hogy komolyabb veszélyhelyzet ne alakulhasson ki. A cél időjárási szempontból, hogy az adott napon ne legyen semmilyen markánsabb szinoptikus skálájú időjárási folyamat, vagy éppen zivatar a térségben. Augusztus első napja a szinoptikus skálájú időjárási jelenségek szempontjából ígértesnek tűnt, hiszen az átúszás egy előző nap átvonult, valamint egy este érkező gyenge hidegfront közé esett. A légkör stabilnak bizonyult, így zivataroktól sem kellett tartani, a rendezvényre alkalmas, nyugodt időjárás ígérkezett.

Mint ahogy arra számítani lehetett, az éjszaka átvonult hidegfront mögött az egész tavat tengelyirányban átfújó, olykor élénk északkeleti szél alakult ki a hajnali órákban. Ez jelentősebb hullámozást okozott, ami a rendezők számára megnehezítette az úszófolyosó kiépítését. Az úszás kezdetére mérséklődött már a szél, idővel kisimult a víz és a délelőtti folyamán a szélviszonyok alakítását átvette a tavi cirkuláció. Míg délelőtt az úszáshoz teljesen ideálisak voltak a körülmények, délután váratlan fordulat következett: északnyugat felől egy konvergencia-vonal (7. ábra) közeledett. Hatására a Balatonnál egyre inkább délnyugatiassá vált az áramlás, továbbá a parti cirkuláció északi ága is a déli szelet támogatta. Délután 3 óra magasságában Révfülp és Zánka között egy délnyugati szélcsatorna alakult ki, intenzív hullámozás kezdődött. Bár a legerősebb szélökés (Zánka, 33 km/h: 8. ábra) egyébként nem számít jelentősnek a Balatonnál, a tartósabb magas átlaggal fújó szél megzavarta a rendezvény utolsó szakaszát. A hullámok megbontották az úszófolyosót és az úszóknak is nehézséget jelentett a nem várt irányból bekövetkező lokális szélélénkülés, de a szervezők rutinszerűen megoldották a problémát<sup>3</sup>; a tanulmányban Horváth Ákos hangsúlyozza: „A helyzet rámutat arra, hogy az ilyen jellegű rendezvények mennyire ki vannak téve az időjárásnak és milyen nagy jelentősége van a meteorológiai és szervezői biztosításnak.”

A hőmérsékleti viszonyokról röviden elmondhatjuk, hogy az átlaghoz képest a legmelegebb két hónap az augusztus és a szeptember lett, Keszthelyen ~1,3, Siófokon 2,3 fokkal meghaladva az 1981–2010-es normál értéket mindkét hónapban. Augusztusban a 9–14 hőségnapon a csúcshőmérsékletek inkább a 30 fokhoz voltak közelebb, de a hónap végén, 29-én és 30-án még előfordult egy-egy helyen 34,0 fokot elérő hőmérséklet is.

**Szeptemberben** hosszabb csapadékmentes és erős-szélmentes időszakok voltak. Ugyanakkor 10 napon át a szélsébség az 55 km/h-t is meghaladta. 25-étől a hónap végéig egy tartósan szeles időszak köszöntött be. Ezek miatt szeptemberben volt szükség a legkevesebb számú viharjelzés kiadására. Az első említésre érdemes csapadék is csak 25-én hullott, igaz ekkor 15–30 mm is. Addig azonban (22–24-ére) a Balaton vízszintje a hónapban még 6 cm-t (90 cm-ig) tudott csökkenni. 25-étől viszont elindult a növekedés a csapadékosra fordult időjárásnak köszönhetően, így a szezon végére 100 cm-re állt be a vízszint.

**Október** a megszokottól több szempontból is eltérő időjárást mutatott. A hónap az átlagnál 15–21%-al



11. ábra: 2020.10.03-04. LINET 24 órás villámlásösszesítés (OMSZ szinoptikus archivum)

<sup>3</sup> Részletes elemzést a [www.met.hu/ismeret-tar/erdekessgek\\_tanulmanyok](http://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessgek_tanulmanyok) rovatban olvashatunk Horváth Ákos: *Hullámok – 2020-as Balaton átúszás időjárási háttere*

szelesebb lett. 10 napon volt viharos szél és ugyanennyin csak erős. A hónap folyamán többször volt csapadék, általában 5 mm alatti, de 11. és 15-e között 10–20 mm-ek estek. Az egyes havi összegek 80–118 mm között voltak a Balatonnál, ezzel a medence-átlagok az ilyenkor elvárt értéknek több mint kétszeresei lettek. A legtöbb napi csapadék azonban a harmadikai éjszakához fűződik, amikor egy Franciaország-, majd Anglia feletti centrumú mély ciklon (980 hPa) előoldalához tartoztunk. A **ciklon előoldalán** pedig meleg, nedves léghullámok érkeztek, emellett nagy labilitás alakult ki. Ugyanakkor 20–30 m/s volt a magassági szél is (9. ábra)

A hónap egyetlen nyáriasan meleg napjának (**Siófok 27,5 °C**) estéjén nyugat, délnyugat felől érkeztek a **zivatarok** (10. ábra), és az éjszaka folyamán több hullámban haladtak át a Balatonon (11. ábra) több helyen viharos szelet okozva (75–80 km/h). A lehullott csapadék mennyisége 30–40 mm körül volt, majd a hajnalban megérkező hidegfront mögött stabilizálódott a légkör.

A szezon utolsó nagy vihara október 12–13-ához fűződik, ekkor ismételten előfordultak a Balatonnál 85–90 km/h-t elérő szellőkésések (Szigliget-cölöp, Balatonöszöd). Egy ciklon vette át hazánk időjárásának alakítását, mely **tartós viharos szelet** és nagy hullámokat korbácsolt a Balatonnál. Az örvény egész napos esőzést okozott és

már sehol nem emelkedett 10 fok fölé a hőmérséklet, így már-már késő őszi hangulatban telhetett a nap.

**A viharjelzések és a vízbiztonság.** A 2020. évi viharjelzési szezonban az előző rekord alacsony fenntartási évinél magasabbak lettek a viharjelzésben fenntartott órák, melyek az októberi szelesebb időjárásnak is köszönhetőek. Az összesített fenntartási idők a Balatonnál elérték rendre az 1884, 1860, illetve a nyugati medencében az 1916 órát, ami az elmúlt 15 év átlagánál a keleti medencében 153, a nyugatiban 235 órával alacsonyabb érték (1. táblázat). A másodfokú viharjelzések fenntartási ideje a Balatonnál az összes időszak 12,3–13, a Velenceitónál 6,9%-át (356 óra) tették ki. Az első és másodfokú viharjelzésekre legrövidebb ideig a Tisza-tónál volt szükség. Itt a másodfokú viharjelzés mindössze 200 órát volt érvényben a 7 hónap alatt, ami az eddigi második legalacsonyabb érték lett.

A Balatoni Vízügyi Rendészeti Rendőrkapitányság munkatársai a viharjelzési szezonban 223 esetben 487 fő fürdőző, vagy vízi közlekedő személyt mentettek ki a vízből, ami az átlagosnál jóval magasabb értéket mutat. 2020. április 1. és október 31. között sajnos 8 ember fulladt a Balatonba. Halálos kimenetelű vízi közlekedési baleset nem történt a Balatonon.

1. táblázat: A 2020. évi viharjelzési szezonban kiadott balatoni viharjelzések összesítése

2020. Balaton medencék	kiadott viharjelzések száma db.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	összesen: IV–X. db.
Nyugati	I. fok db	18	16	21	23	27	9	14	128
	II. fok db	4	21	16	13	19	7	12	92
Középső	I. fok db	19	18	20	19	28	8	16	128
	II. fok db	4	18	16	10	21	8	12	89
Keleti	I. fok db	20	21	28	26	31	8	17	151
	II. fok db	5	18	20	13	20	9	9	94

2020. Balaton medencék	fenntartott órák száma	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	összesen: IV–X. óra
Nyugati	I. fok óra	142	260	225	155	157	114	194	1247
	II. fok óra	32	150	139	76	91	72	109	669
Középső	I. fok óra	138	257	215	139	168	106	193	1216
	II. fok óra	34	141	137	69	85	75	103	664
Keleti	I. fok óra	131	272	221	142	178	117	190	1251
	II. fok óra	38	133	140	72	75	72	103	633



# ÉLENJÁRÓ FEJLESZTÉS AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLATNÁL: AUTOMATA RÁDIÓSZONDA-FELBOCSÁTÓ RENDSZEREK TELEPÍTÉSE

## CUTTING EDGE TECHNOLOGY AT HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE: INSTALLATION OF AUTOMATIC RADIOSOUNDING SYSTEMS

Hadvári Marianna

Országos Meteorológiai Szolgálat, Marczell György Főobszervatórium, 1181 Budapest, Gilice tér 39., [hadvari.m@met.hu](mailto:hadvari.m@met.hu)

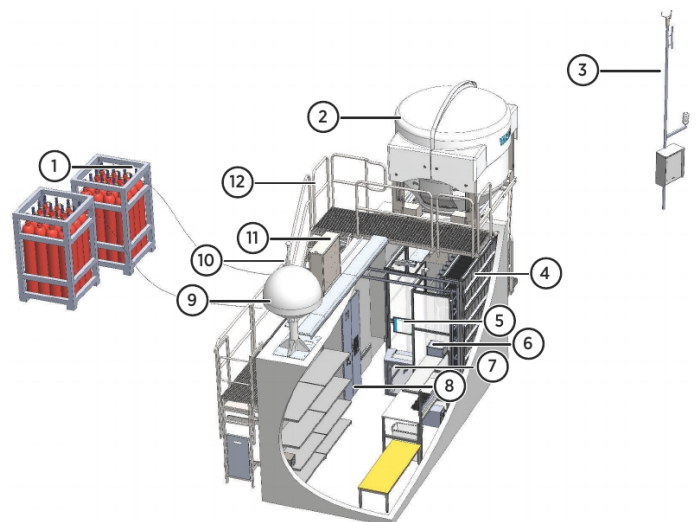
**Összefoglalás.** Az Országos Meteorológiai Szolgálat megfigyelési rendszerének automatizálása keretében budapesti, illetve szegedi obszervatóriumában automata rádiószonda-felbocsátó berendezéseket telepített 2020 nyarán. Közel 1 hónap tesztelés után, 2020. szeptember elsején indult az operatív mérés az automata rendszerekkel. A korábban emberi munkát igénylő szonda indítás, operátori beavatkozás nélkül, előre meghatározott ütemezéssel, automatikusan történik. A WMO előírásainak megfelelő rádiószondázó rendszer a felszállás alkalmával a ballont automatikusan feltölti, a rádiószondát teljesen automatikusan inicializálja, elindítja, és a lesugározott mérési adatokat feldolgozza, azokból – előre meghatározott feltételek és formátum szerint – táviratot készít és továbbít. Mindkét obszervatóriumban a rádiószondázás területén legnagyobb múlttal rendelkező finn VAISALA cég által gyártott, jelenleg legmodernebb és legmegbízhatóbb, legnagyobb feltöltési kapacitással rendelkező AS41 típusú autoszondázó berendezések kerültek beüzemelésre.

**Abstract.** As part of automation of the monitoring system of Hungarian Meteorological Service, automatic radiosounding system was installed at Budapest and Szeged observatories in summer of 2020. After nearly one month test period, operational measurement with automated systems started on the 1<sup>st</sup> of September, 2020. The launch of the sonde that previously required human activity, is now executed automatically, on a predefined schedule without manual intervention. The WMO-standard radiosounding system automatically fills the balloon before launching, fully initializes and starts the sonde. Then it autonomously processes the data transmitted, creates and transmits telegrams based on predefined criteria regarding content and format. At both sites, the AS41 type automatic sounding system – manufactured by a Finnish company VAISALA proved to be the most experienced in radiosounding – was installed. They represent cutting edge technology, while being the most reliable and with the highest filling capacity.

**A VAISALA AUTOSONDE® AS41 ismertetése.** Az autoszonda rendszer egy standard, klimatizált konténerben került kiépítésre, melynek belső része két fő térből áll: az operátor- illetve a robotszobából (1. ábra). Az operátorszoba a rádiószondák és ballonok tárolására, azok előkészítésére és betöltésére szolgál. A vezérlő számítógép és az adatfeldolgozó egység is itt kapott helyet. A robotszobában találhatóak a rekeszek, melyekbe az összeállított szerelvények kerülnek. Az egyes munkafázisokhoz automata mozgató mechanika szállítja a szerelvényeket. A biztonságos munkavégzés érdekében a robotszobában kizárólag rendszerellenőrzés és karbantartás idején lehet tartózkodni. A ballon feltöltésére szolgáló indító állás a konténer végén, attól elkülönítve lett felerősítve. Két oldalra nyitható tetővel is felszerelt, így csapadékos időben, erős szélben védi a ballont töltés közben. Viharos szél esetén árnyékolás céljából lehetőség van a tetőt csak részlegesen kinyitni, széliránytól függően.

Az autoszondázó berendezésbe egyidejűleg 60 darab rádiószondát lehet betölteni, ami napi két felszállással (00 és 12 UTC) egy hónapra elegendő. Ezen felül a konténerben 4 hónapra elegendő felhasználandó anyagot lehet tárolni. A szonda-léggömb szerelvény összeállítása az operátor feladata, ami közvetlenül a betöltés előtt történik. A szerelvényhez tartozik egy, a ballonhoz csatlakoztatott speciális szelep is, amin keresztül a megfelelő mennyiségű gáz a későbbiekben a ballonba áramlik, továbbá egy 30 méter hosszúságú zsinórt lepörgető orsó is (2. ábra). A szerelvény összeállítása után a rend-

szert által automatikusan kiválasztott, a robotika által a betöltő helyre mozgatott, 3 részre tagolt rekeszbe helyezük a szerelvényt. Egy rövid ellenőrzés után a rendszer a



1. ábra: Az AS41 autoszonda rendszer sematikus vázlata

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. Paletták   | 7. Betöltő nyílás       |
| 2. Indító állás   | 8. Elektromos szekrény  |
| 3. Földfelszíni meteorológiai állomás                     | 9. Telemetrikus antenna |
| 4. Robotszoba a 60 tároló rekeszszel                      | 10. GPS antenna         |
| 5. Érintőképernyős vezérlő számítógép az AS41 szoftverrel | 11. Gázáram mérő        |
| 6. Adatfeldolgozó egység                                  | 12. Biztonsági korlát   |



2. ábra: RS41-SGP rádiószonda TOTEX 600 grammos léggömbbel, szeleppel és orsóval összekötve, közvetlenül a betöltés előtt



3. ábra. Az autoszándázó rendszer tároló rekeszei a robotika egy részével

helyére viszi a rekeszt (3. ábra).

Előre ütemezett felszállás esetén az inicializálás fél órával az indítási időpont előtt kezdődik. Ez az idő – némi ráhagyással – elegendő ahhoz, hogy a rendszer automatikusan bekapcsolja a vevőberendezést, ellenőrizze a szonda szenzorait, az indító állásba szállítsa, majd gázzal feltöltse a ballont. A feltöltés hidrogén gázzal történik. A szondázó konténerhez két darab palackköteg van csatlakoztatva. A palackkötegek több párhuzamosan kapcsolt palackból álló egységek, melyben az egyedi, külön elzáró-szelep nélküli palackok úgy vannak összecsovezve, hogy egy központi elvételi szeleppel az összes palackból egyszerre üríthető a gáztöltet. Egy-egy palackkötegben 12 db 50 literes álló palack van összekötve, töltési nyomásuk 15 °C-on 200 bar.

Az autoszondához a csatlakoztatás ún. lefejtő-paneelen keresztül történik, amik két lépcsőben csökkentik a gáz nyomását a rendszer működéséhez optimális 3,5 bar-os

szintre. A töltési mennyiséget gázáram mérő szabályozza. A rendszer 200–1200 g nagyságú ballonokat tud kezelni. Az általunk operatíván használt 600 grammos ballomba 1600 liter gáz kerül. Ez a gázmennyiség biztosítja a mérés során a szonda megfelelő, kb. 5,5 m/s-os emelkedési sebességét. Az optimális gázáram kb. 350 l/perc, így kb. 4,5 perc alatt töltődik fel a léggömb. Amikor a gázáram 200 liter/perc alá csökken, a rendszer a palackköteget kiürültnek tekinti és automatikusan átvált a másik palackkötegre. A gázvezetékek a konténeren kívül vannak elvezetve a lehető legbiztonságosabb munkakörnyezet biztosítása érdekében. Naponta két szondázással egy palackkötegben kb. 3,5 hétre elegendő gázmennyiség van.

A szonda indítása automatikusan történik az előre definiált időpontokban. A rendszer mindig a legrégebben betöltött szondát választja. A pontos indulási időpontok Szegeden 11:15 és 23:15 UTC, Budapesten 11:20 és 23:20 UTC. Igény szerint lehetőség van azonnali szonda

### 1. táblázat: Az RS41-SGP szonda műszaki leírása

- Szonda tömege: 84 g
- Szonda mérete: 155 x 63 x 46 mm, szenzorokkal: 282 x 63 x 104 mm
- Hőmérséklet mérése:
  - szenzor típusa: platina ellenállás hőmérő
  - mérési tartomány: -90°C – +60°C között
  - mérés pontossága (*repeatability*): 0,1°C kalibrációnál, 16 km-ig 0.3°C
- Relatív nedvesség mérése:
  - szenzor típusa: vékony film kondenzátor
  - mérési tartomány: 0-100% között
  - mérés pontossága (*Repeatability*): 2%
- Légnyomás mérése:
  - szenzor típusa: szilikon kondenzátor
  - mérési tartomány: a talajszint légnyomásától 3 hPa-ig
  - mérés pontossága (*reproducibility*): 100 hPa –3 hPa között 0,3 hPa, 1000hPa – 100hPa között 0,5 hPa
- Szélesség számítása:
  - GPS adatokból
  - maximális mérési kapacitás: 160 m/s
  - mérés pontossága: 0,15 m/s
- Szélirány számítása:
  - GPS adatokból
  - mérési tartomány: 0–360 fok
  - mérés pontossága: 2 fok
- Telemetria
  - frekvencia tartomány: 400,15–406 MHz
  - frekvencia állíthatósága: 400,16–405.99 MHz
  - hatótávolság: 350 km
  - adat letöltési sebesség: 4800 bit/s
- GPS antenna: csatornák száma: minimum 48, frekvencia: 1575,42 MHz

indítására is, ilyenkor bármely rekeszbe betöltött szondát is van mód választani.

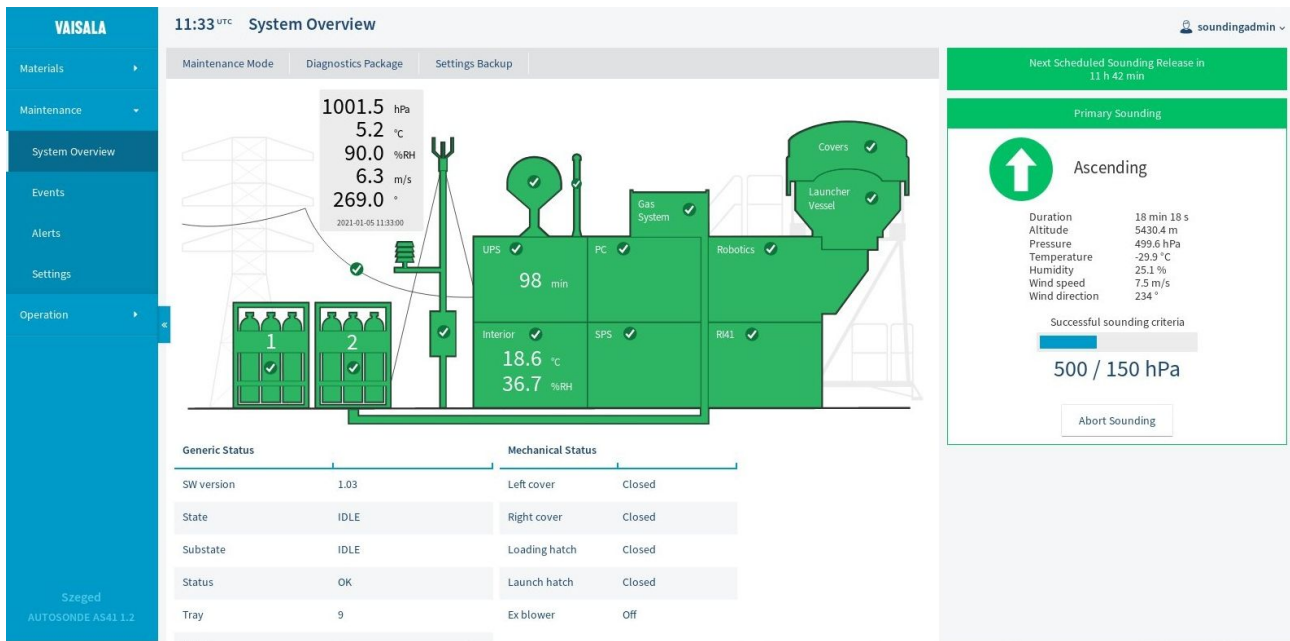
A konténer összeköttetésben van a műszerkertben található földfelszíni automata mérőállomással. A szonda indításához szükséges talajadatokat: hőmérsékletet, légnyomást, légnedvességet, szélesebbséget és szélirányt automatikusan hozzárendeli a felszálláshoz.

A rendszer két fajta rádiószonda típust tud kezelni, VAISALA RS41-SG és RS41-SGP szondákat. A két szonda között az a különbség, hogy az első a nyomás értékeket a GPS magassági, valamint a szonda által mért hőmérséklet és nedvesség adatokból határozza meg a hidrosztatikai egyenlet integrálásával. Az RS41-SGP szondák viszont nyomás-

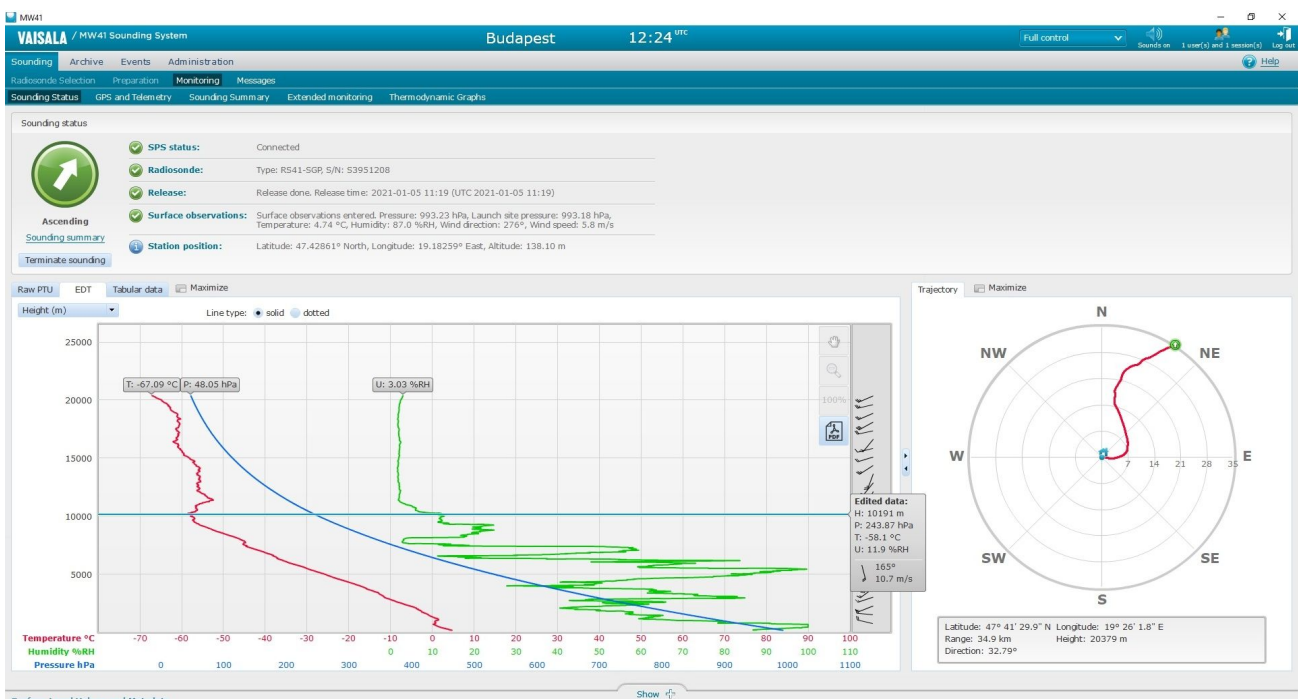
szenzorral is rendelkeznek. Mi a nyomásmérő szenzorral ellátott szondákat használjuk, amik egyébként Budapesten 2017 óta operatívak. A szonda legfontosabb jellemzői az 1. táblázatban láthatóak.

Lehetőség van a rádiószondák lefelé követésére, ami a kutatási eredmények szerint akkor tudja növelni az előrejelzési modellek bevalását, ha a visszaeső szonda esési sebessége ejtőernyő által csökkentve van. Egyelőre ejtőernyő nélkül, de visszafelé is követjük a szondákat, ami lehetővé teszi BUFR formátumú távirat készítését.

Ha a mérés során bármilyen probléma lép fel (korai ballonszakadás, szenzorhiba, gps-vétel vagy egyéb kommunikációs hiba) aminek következtében legalább a 150 hPa-os



4. ábra. A szegedi autoszondázó rendszer áttekintő képe az AS41 programban, melyen a részegységek állapota követhető nyomon, úgymint a hozzá csatlakoztatott duplikált gázpalackköteg, a földfelszíni automata meteorológiai időjárás állomás adatai, vezérlő számítógép, adatfeldolgozó egység, robotika, gps- és telemetrikus antennák, UPS, felszállás előtti földi ellenőrző egység, a konténer belső állapotjelzői, indító állás és tető. A jobb oldalon az aktuális felszállás állapotát követhetjük nyomon



5. ábra: A 2021. 01. 05. 11:20 UTC-kor Budapesten indított rádiószonda adatai az MW41-es programban



nyomásszintig (kb.14 km) nem lesznek megbízható adataink, a szoftver automatikusan megismétli a felszállást.

A szonda típusa, a ballon mérete, a ballonba töltött gáz mennyisége és az ejtőernyő használat alapján többféle konfiguráció is lehetséges. A rendszer része egy szünetmentes tápegység is, így egy esetleges áramkimaradás esetén sem marad el rádiószondás mérés.

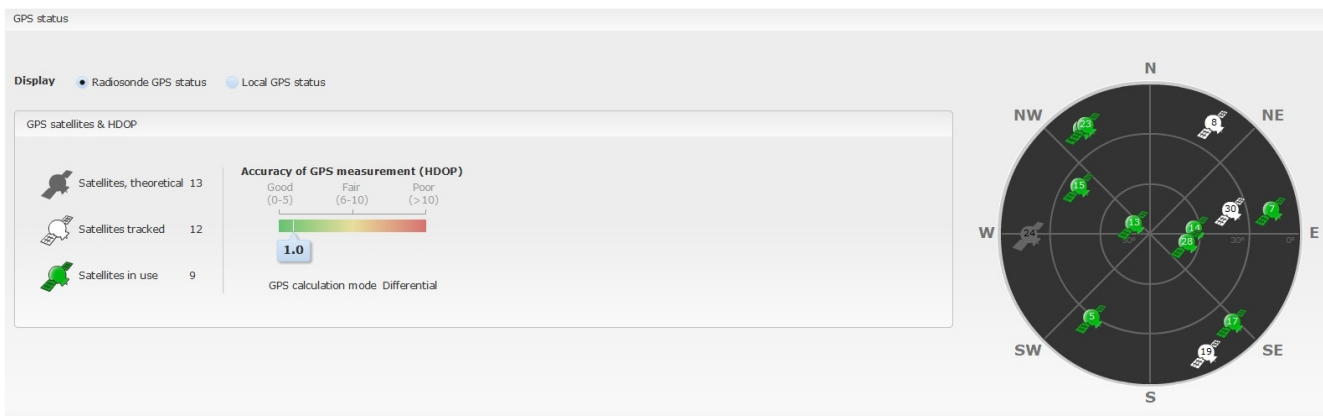
Az autoszonda rendszert vezérlő AS41 szoftver web alapú, amely bármely böngészőből indítható, a konténerben található munkaállomáson kívül a hálózatba kapcsolt gépekről is elérhető (4. ábra).

A teljes körű távoli elérést az NM10-es rendszer biztosítja, mellyel lehetőség van az autoszonda hálózat távvezérlésére és távfelügyeletére. Biztonságos kommunikációs protokollon keresztül csatlakozva az AS41-hez könnyedén ellenőrizhető az ütemezett feladatok állapota, indítható azonnali szonda, és egyéb diagnosztikai feladatok is végrehajthatók.

felszállások megnyitására, más állomás adatainak importálására és megjelenítésére is van mód. Lehetőség van akár három felszállás egyidejű összehasonlítására is. A korábbi felszállások szimulálhatóak is. Az előrejelzők körében közkedvelt termodinamikai diagramokat is megtekinthetünk, úgymint a stüvegram, tefigram, skew-T-log-p diagram. Továbbá a szélesebbeségek részletes megjelenítésre alkalmas hodográf is rajzolható.

Az ellenőrzési lehetőségek közé tartozik a kiválasztott frekvencia jelerősségének, és az aktuálisan használt telemetrikus antenna szegmens megtekintése. A GPS státusz ellenőrzésével a GPS antenna, illetve a szonda GPS vevője által látott és használt műholdakat követhetjük nyomon (6. ábra).

A 100 hPa szint elérésekor, valamint a felszállás befejezésekor a program automatikusan TEMP táviratot és BUFR formátumú táviratot készít és továbbítja a megfelelő helyekre. Az adatok a rendszer által használt formátum-



6. ábra: A 2021. 01. 05. 11:20 UTC-kor Budapesten indított rádiószonda GPS antennája által érzékelt műholdak

A távfelügyelet része 3 darab videokamera is, amivel a robotszobában zajló eseményeket, a léggömb töltésekor az indító állás belsejét, továbbá annak külső részét ellenőrizhetjük. A szondázással és a konténer működésével kapcsolatos minden esemény időrendben dokumentálva van, szűrők segítségével a rendszer egy korábbi állapota könnyedén visszakereshető.

A szonda a mintavételt másodpercenként végzi, a feldolgozott adatokat két másodperces gyakorisággal rögzítjük. Az adatok feldolgozása és megjelenítése az MW41 szoftverrel történik. A grafikus felületű program segítségével végezhetjük el az alapbeállításokat. Nyomon követhető a rádiószonda előkészítése, ellenőrzés közben látható az egyes szenzorok állapota. Felszállás közben láthatóak a nyers és a feldolgozott adatok táblázatos és grafikus formában is, a magasság, az idő, vagy a légnyomás függvényében. Szélrózsán látható a szonda elsodródása, leolvashatók a szonda aktuális laterális és longitudinális koordinátái, iránya, elért magassága és az állomáshoz képesti vízszintes elsodródása (5. ábra).

A bővebb információt tartalmazó egyedi grafikonok segítségével lehetőség van az adatok részletesebb megjelenítésére, beleértve a szignifikáns pontokat is. Korábbi

ban és egyszerűen megjeleníthető szöveges formátumban archiválásra kerülnek.

**Új szondázó eszközök.** Az új automata rendszereket Budapest-Pestszentlőrincen a Marczell György Főobszervatóriumban és a Szegedi Magaslégköri Obszervatóriumban telepítették.

A telepítési munkákat a 7. ábrán mutatjuk be. Egy budapesti felbocsátást, „automata-dobást” a 8. ábra mutat.

A pesti állomás ünnepélyes átadására 2020. augusztus 26-án került sor dr. Nagy István, az OMSZ-ot felügyelő agrárminiszter és dr. Radics Kornélia az OMSZ elnöke jelenlétében.

**Összefoglalás.** Az Országos Meteorológiai Szolgálat olyan automata szondázó berendezéseket telepített mindkét magaslégköri megfigyelőállomásán, ami az elkövetkező évtizedekben megbízható adatokat állít elő a lehető legkevesebb munkaidő ráfordításával, minimális emberi felügyelettel, az operátori beavatkozások alacsony szinten tartásával, biztonságos és hatékony távoli eléréssel, ugyanakkor a lehető legjobb minőségű adatokat szolgáltatja. Jelen fejlesztés által az elérhető legkorszerűbb eszközök működnek Magyarországon, amivel hosszú távon





7. ábra. Pillanatkép a szegedi telepítésről (Bodrogi Attila felvétele)



8. ábra. A budapesti autoszondázó rendszer szonda indításakor

biztosítható a mérési adatok időbeli homogenitása. Régióinkban a Vaisala szonda alkalmazása garantálja az adatok minőségi mutatóinak területileg egyenletes eloszlását, a mérések magas színvonalát, ami a Meteorológiai Világszervezet által támasztott követelményeket is maradéktalanul kielégíti.

#### Irodalom

<https://www.messer.hu/palackos-gazok>  
 Maintenance Manual Automatic Sounding Station Vaisala  
 AUTOSONDE® AS41  
 Product Description Vaisala DigiCORA® Sounding System  
 MW41

## 2020 ŐSZÉNEK IDŐJÁRÁSA WEATHER OF AUTUMN 2020

Bíróné Kircsi Andrea

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., [kircsi.a@met.hu](mailto:kircsi.a@met.hu)

Az Országos Meteorológiai Szolgálat mérései alapján a 2020-as ősz az átlagnál 1,1 Celsius fokkal melegebb volt, ezzel a huszonegyedik legmelegebb 1901 óta. Az évszak középhőmérséklete országosan 11,4 °C (1981–2010-es átlag: 10,3 °C). Mindegyik őszi hónap melegebb volt a szokásosnál. A szeptember 1,8 °C fokkal, az október 1,1 fokkal haladta meg az átlagot. A november már közelebb volt az éghajlati normához, mindössze 0,4 fokkal volt melegebb. Ősszel a nyári napok ( $t_{\max} \geq 25$  °C) száma országos átlagban 18 nap volt, 9 nappal több, mint a sokévi érték. Hőségnap ( $t_{\max} \geq 30$  °C) kritériumának 4 nap felelt meg (1981–2010: 1 nap), míg fagyos napból 8 nap (1981–2010: 15 nap) adódott. Országos átlagban az őszi csapadékösszeg (149,9 mm) megfelelt a sokévi átlagnak, az évszakon belüli eloszlás azonban nagyon egyenetlen volt. Szeptemberben a szokásosnál 35%-kal, novemberben 68%-kal kevesebb csapadék esett. A november a 7. legszárazabb 1901 óta. Az október viszont nagyon csapadékos volt, az átlag több mint kétszerese, 232%-a hullott országosan, így az elmúlt 120 év 14. legcsapadékosabbja. Országosan az őszi csapadék közel 80%-át a szeptember 25. és október 15. közötti három hét adta. Október közepén havazott. 2020 őszén 29 csapadékos nap fordult elő, ami két nappal több az 1981–2010-es átlagnál.

**Szeptember.** A középhőmérséklet országosan 17,6 °C-nak adódott, ami 1,8 °C-kal haladta meg az 1981–2010-es átlagot. Ezzel az ideje a 15. legmelegebb szeptember 1901 óta. Hazánk területén a sokévi átlagnál melegebb volt ez a hónap, néhány régióban, a Marosközben és a Körös-Maros közében, több mint kettő fokkal volt melegebb a szokásosnál. Az ország túlnyomó részén 15 °C felett alakult a havi közép, az Alföld déli részén még a 18 °C-ot is meghaladta (Szeged belterület: 20,2 °C). 15 °C-nál hűvösebb csak a hegyvidéki, illetve fagyzugos helyeken volt. A Kékesen lett a leghűvösebb a hónap (13,3 °C). A nyári napok ( $t_{\max} \geq 25$  °C) száma országos átlagban 17-nek adódott, ami 9 nappal több az 1981–2010-es átlagnál. Hőségnap ( $t_{\max} \geq 30$  °C) országos átlagban 4 volt (1981–2010 átlag: 1). Az ország nagy részén fagymentesen alakult a szeptember, csak a fagyzugos helyeken fordult elő fagy.

*A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:*

**33,2 °C Baja Csávoly (Bács-Kiskun megye), szeptember 15.**

*A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:*

**0,5 °C Zabar (Nógrád megye), szeptember 19.**

A csapadék országos átlaga 35,4 mm volt, a sokévi átlag 65%-a.

Ez a 40. legszárazabb 1901 óta. Leginkább a Duna-Tisza köze déli részén maradt el a hónap csapadéka a sokévi átlagtól, ahol az 1981–2010-es normálnak csupán 30%-a hullott le. Átlagos csapadék a Kisalföldön és az északkeleti országrészben, a Bodrogközben és a Nyírségben volt. A szokásosnál akár 20–40%-kal több csapadék volt a Mosoni-síkon és északkeleten a Tisza közelében fekvő mérőállomásokon. Országosan 6 csapadékos nap volt (átlag 8). A zivataros napok száma országosan 8-nak adódott (1981–2010-es átlag: 1).

*A hónap legnagyobb csapadékösszege:*

**112,0 mm, Felsőszölnök (Vas megye)**

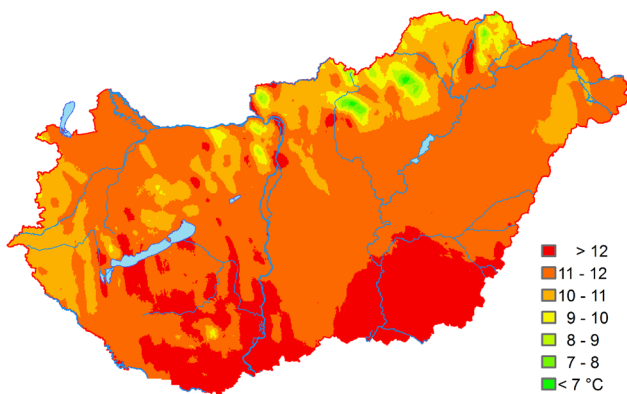
*A hónap legkisebb csapadékösszege:*

**8,9 mm, Kiskunhalas (Bács-Kiskun megye)**

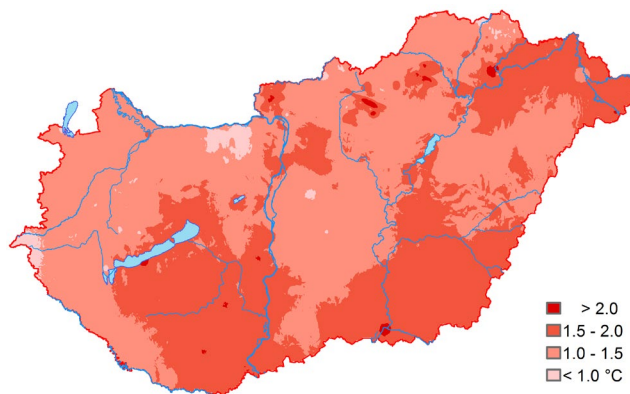
*24 óra alatt lehullott maximális csapadék:*

**73,0 mm, Felsőszölnök (Vas megye), szeptember 25.**

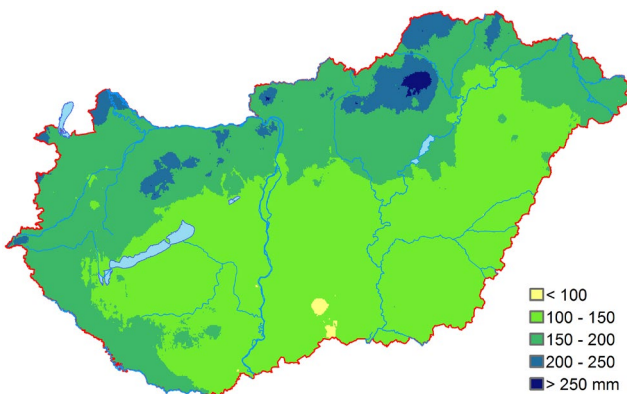
**Október.** A közép országosan 11,6 °C volt. A leginkább jellemző 10–13 °C-nál alacsonyabb értékek a magasabban fekvő területeinken fordultak elő (a Bükkben és a Mátrában). A legmagasabb havi átlag Szeged belterület állomáson (13,1 °C), a



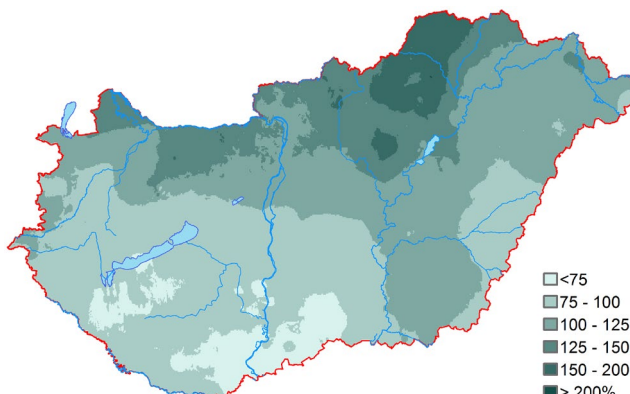
1. ábra: A 2020-as ősz középhőmérséklete (°C)



2. ábra: A 2020-as ősz középhőmérsékletének eltérése a sokévi átlagtól (1981–2010)



3. ábra: A 2020-as ősz csapadékösszege (mm)



4. ábra A 2020-as ősz csapadékösszege a sokévi (1981–2010-es) átlag százalékos arányában kifejezve



legalacsonyabb 7,3 °C-kal Kékestetőn volt. A közép 1,1 °C-kal haladta meg a normált. A Gerecse és a Bakony nyugati tájai kivételével mindenhol melegebb volt, mint a sokévi érték.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

**30,8 °C, Kémes (Baranya megye), október 3.**

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

**-1,4 °C, Kakucs (Pest megye), október 19.**

A csapadék országosan 98,6 mm volt, 1901 óta ez a 14. legcsapadékosabb október. A sokévi átlag több mint duplája hullott le (232%) országosan. A legnagyobb többlet (a sokévi átlag 280–300%-a) az északi-északkeleti országrészre, különösen Borsod-Abaúj-Zemplén megyére hullott. A sok csapadék hatására több vízfolyáson (a Sajón, a Bódván, a Hernádon és az Ipolyon is) árhullám alakult ki. A jelentős mennyiségű csapadék október folyamán több, egymás után kialakuló mediterrán ciklon eredményeként érkezett. A legkevesebb csapadék a Mezőföld déli részén volt, de itt is a sokévi értékénél 10–20%-kal több. A hónap közepén már havazott. Kékestetőn a legnagyobb hóvastagság október 15-én 7 cm volt.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

**238,3 mm, Miskolc Berekalja (Borsod-Abaúj-Zemplén m.)**

A hónap legkisebb csapadékösszege:

**50,3 mm, Paks (Tolna megye)**

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

**66,7 mm, Ják (Vas megye), október 3.**

**November.** Az országos közép 5,1 °C volt, ez a 120 éves sorban középmezőny. A közép országosan 0,4 °C-kal volt a normál fölött, sok helyütt átlag körüli. A hegyvidékeken is 0 °C feletti havi érték adódott (Kékestető: 2,3 °C). Az északkeleti országrészben, a középhegységeink mellett az Észak-Alföldön

is 5 °C alatt volt a közép. A havi átlag a Dél-Alföldön és a Dunántúlon több volt, mint 5 °C. A legmagasabb közép Pécs Egyetem és Fonyód állomásokon (6,6 °C) adódott. Az utolsó dekádban egy hidegbetörésnek köszönhetően komolyabb fagyok már előfordultak. A fagyos napok száma ( $t_{min} \leq 0$  °C) 8 nap volt, az átlag (11 nap).

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

**22,4 °C, Letenye (Zala megye), november 3.**

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

**-9,7 °C, Kakucs (Pest megye), november 22.**

A csapadékösszeg országosan mindössze 15,9 mm volt, messze elmaradva a normáltól. 1901 óta ez volt a 7. legszárazabb november. A tartós hidegléghárna miatt csak ködös szitálásból származott a csapadék. Somogy, Veszprém és Vas megye nagy részén 5 mm alatt maradt a havi összeg. A Tiszántúlon és a Zempléni-hegységben közel 20 mm csapadék esett. Még a legcsapadékosabb hegyvidéken (Mátra, Bükk) is alig haladta meg a csapadék a 30 mm-t. A országos csapadékösszeg csupán a harmada (32%) volt az 1981–2010-es értéknek. A legtöbb csapadékot Heves megyében összegeztük, míg a legnagyobb aszály a Dunántúlon alakult ki. Országos átlagban összesen 9 csapadékos nap adódott, ami 1 nappal elmaradt az 1981–2010-es értéktől. A hónap utolsó napjaiban az északkeleti országrész hegyvidéki területein havazott. A hórétég legnagyobb vastagsága Miskolc Tűzoltóság állomáson 30-án 11 cm volt.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

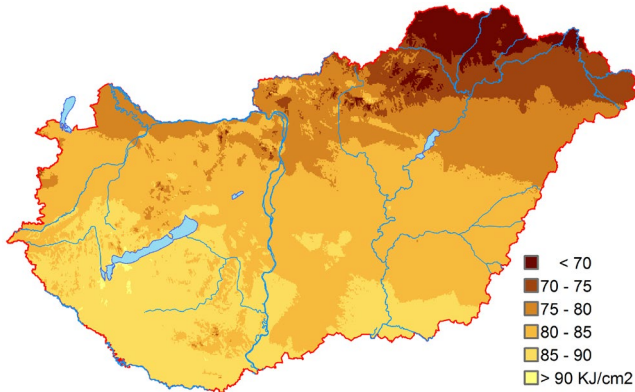
**33,8 mm, Ludas (Heves megye)**

A hónap legkisebb csapadékösszege:

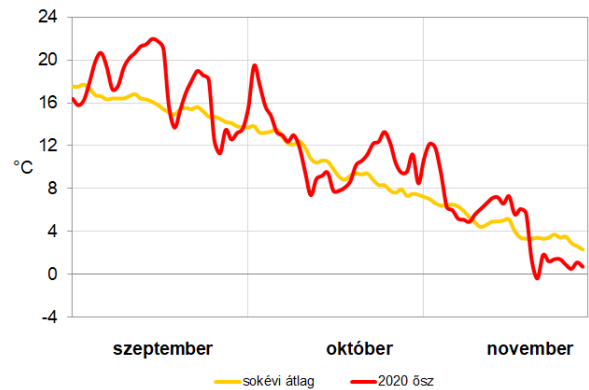
**3,0 mm, Szentkirályszabadja (Veszprém megye)**

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

**23,1 mm, Mihálygerge (Nógrád megye), november 4.**



5. ábra: A 2020-as őszi globálsugárzás összege (KJ/cm<sup>2</sup>)



6. ábra: A 2020-as őszi napi középhőmérsékleteinek eltérése a sokévi (1981–2010-es) átlagtól (°C)

### 2020. őszi időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés, óra		Sugárzás, kJcm <sup>-2</sup>		Hőmérséklet, °C					Csapadék, mm			Szél
	évszak összes	eltérés	évszak összes	évszak közép	eltérés	max	napja	min	napja	évszak összes	átlag %-ában	r ≥ 1 mm napok	viharos nap (f <sub>s</sub> ≥ 15 ms <sup>-1</sup> )
Szombathely	429	42	82	11.1	1.1	29.7	9.15	-3.3	11.22	159	104	15	5
Nagykanizsa			89	10.9	1	29.4	9.15	-7.1	11.22	153	75	14	3
Pér			79	11.1		30.4	9.15	-6.3	11.22	171	125	17	4
Siófok				12.8	1.5	30.3	9.13	-3.9	11.22	106	74	15	11
Pécs	509	60	91	12.6	1.5	31.1	9.13	-3.7	11.22	123	72	15	5
Budapest	444	21	79	11.9	0.9	30.9	9.15	-4.8	11.22	147	114	19	1
Miskolc	386	-11	72	10.9	1.2	29.9	9.15	-5.8	11.22	263	207	25	0
Kékestető	447	27	81	7.6	1.5	21.9	9.16	-5.6	11.30	243	130	23	12
Szolnok			86	11.9	1.1	31.7	9.15	-5.2	11.22	121	99	18	4
Szeged	491	51	87	12.3	1.4	31.9	9.15	-3.3	11.22	122		18	4
Nyíregyháza			79	11.2	1.4	30.5	9.16	-4.1	11.22	153	119	27	6
Debrecen	481	54	79	11.8	1.4	30.5	9.15	-5.3	11.22	130		18	4
Békéscsaba			85	12.1	1.3	31.2	9.15	-4.4	11.22	134		17	4

## TÖRTÉNELMI ARCKÉPEK HISTORICAL PORTRAITS

**Major György**

Magyar Meteorológiai Társaság, 1525 Budapest Pf. 38., [major.gy@met.hu](mailto:major.gy@met.hu)

### BACSAK GYÖRGY

(Pozsony, 1870. június 5. – Fonyód, 1970. március 4.)

Az utolsó magyar polihisztor elemi iskoláit németül végezte el, majd a Pozsonyi Főgimnáziumban érettségizett 1888-ban. Pozsonyban *Dohnányi Frigyes* tanítványaként égi mechanika tárgykörben folytatott tanulmányokat. Az érettségi után – a családi hagyományokat folytatva – édesapja jogász volt – a budapesti Pázmány Péter Tudományegyetemen jogász doktorátust szerzett 1894-ben. Közben a budapesti Mintarajziskolában *Lotz Károly* tanítványa (1890–1891) volt, majd Münchenben *Hollósy Simonnál* képezte tovább magát (1891). Festőként elsősorban tájképeket festett, rendszeresen szerepelt a Képzőművészeti Társaság kiállításain (1892–1896). 1898-ban tett ügyvédi vizsgát. Az I. világháborúban, 1914 és 1917 között katonai szolgálatot teljesített. 1898 és 1920 között ügyvédként dolgozott. 1920-tól Nagyhorcskón jószágigazgató, egészen 1926-ig. Ez alatt az idő alatt különböző ásatásokon vett részt. Először Nagyhorcskópusztán ásatott *Marton Lajos* irányításával, majd *Gollusz Sándorral* a fonyódi cölöpépítményes ásatás vezetője. Az 1920-as években telepedett le a Balaton déli partján. A Fonyód-Bélatelepen felépített, maga tervezte villájában élt haláláig. Villájába rendszeresen meghívott festőket, írókat, zenészeket. Ismeretségben állt a nyarait hosszú évtizedeken át itteni villájában töltő *Huszka Jenővel*, akivel családi kapcsolatba is került. Több nyarat töltött a Bacsák-villában *Kacsóh Pongrác*, aki 1920-ban még egy dalt is írt itt a házigazda kislányának. Végzett ásatásokat 1926 és 1930 között a fonyódi várhegyen. Régészeti tevékenységét a ságvári jégkorszaki telep ásatásának irányítójaként folytatta egészen 1934-ig. 1929 és 1950 között rengeteg leletet gyűjtött, értékelt és küldött be a Somogyi és a Magyar Nemzeti Múzeumnak. 1934-ben történt nyugdíjba vonulása után kezdett el foglalkozni az éghajlatváltozás problémájával. Csillagászati, geológiai, éghajlattani ismeretei tették lehetővé, hogy elmélyedjen *Milutin Milankovics* pleisztocén kori jégkorszakokról szóló elméletében. A horvátországi születésű szerb csillagász számításait saját kézzel végzett számításaival tette teljessé. *Bacsák* nem vett részt az elmélet kidolgozásában, ő a legelső értője, magyarázója és alkalmazója volt.



A világon *Milankovicsnak* sok híve van. *Bacsákot* az interglaciálisok vizsgálatáról ismerik. Magyarországon a *Milankovics-Bacsák elmélet* elnevezést használjuk, kifejezve elismerésünket és megbecsülésünket ebben a témakörben kifejtett munkássága iránt. Az 1930-ban kiadott *Milankovics-féle* könyvet először kiigazította, majd továbbfejlesztette az elméletet. Így alkotta meg a 85 klímaváltozáson és ezeken belül négyféle klímátípuson alapuló jégkorszaki kalendáriumát, mely a 600 000 év klímaváltozását írja le. *Milankovics* és *Bacsák* 1938 és 1955 között rendszeresen levelezett egymással. Magyar és német nyelvű tanulmányai sorra jelentek meg. Különböző csillagászati lapokban, az IDŐJÁRÁS-ban (1940-ben) és a Földtani Intézet kiadványában ismertette elméletét. 1942-ben jelent meg „A skandináv eljegesedés a periglaciális övön” című műve. A *Milankovics-Bacsák elmélet* lényege, hogy 2,5 millió évvel ezelőtt kezdődött és 750 000 évvel ezelőttig zajlott a felszín lassú lehülése. Erre a lehülésre végig ráakodott egy szabályos 41 ezer éves hullám. 750 ezer évvel ezelőtt a lehülés hatására kialakult az Antarktisz jégtakarója. A lehülés nem folytatódott tovább, bizonytalan periódusú hullámok jelentek meg 400 000 évvel ezelőttig. Az utolsó 400 000 évben szabályos 100 000 éves ciklusok jelentek meg. A legutóbbi 10 000 évben a 100 000 éves ciklusok megszakadni látszanak, a korábbi időszakhoz képest.

A Magyarhoni Földtani Társaság 1960-ban tiszteletbeli tagjává választotta.

85 éves korában a Magyar Tudományos Akadémia Minősítő Bizottsága felkérésére „A pleisztocén és miocén égimechanikai megvilágításban” címmel kandidátusi értekezést nyújtott be, amire a bíráló bizottság 1954-ben a magasabb, a föld- és ásványtani tudományok doktora fokozatot ítélte meg.

Sírja a fonyódi temetőben található. Emlékét őrzi bélatelepi háza falán az 1980-ban elhelyezett emléktábla és mellszobor, valamint a róla elnevezett fonyódi *Bacsák György Technikum és Szakképző Iskola*.



## TÖRTÉNELMI ARCKÉPEK HISTORICAL PORTRAITS

Weidinger Tamás

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/a., [weidi@caesar.elte.hu](mailto:weidi@caesar.elte.hu)

### SZÁVA-KOVÁTS JÓZSEF

Füzesabony, 1898. november 30. – Budapest, 1980. március 14.

Az önálló meteorológus képzés elindítója középfokú iskolai elvégzése után behívták katonának. Az első világháború olasz frontján szolgált a dél-tiroli Dolomitokban a Brenta völgyében. Megkapta a tifuszt, hadapród-örmmesterként a gráci kórházban gyógykezelték. Hazatérve tanulmányait felsőfokon az Apponyi Kollégium tagjaként folytatta, ahol polgári iskolai tanári oklevelet szerzett, majd a Budapesti Királyi Magyar Pázmány Péter Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kara földrajz szakán Cholnoky Jenő tanítványként „A júniusi hőmérsékletcsökkenés okairól” című dolgozatával „summa cum laude” minősítéssel szerzett doktori címet 1925-ben. Több mint másfél évtizeden keresztül, 1922-től 1943-ig, a Nagymező utcai polgári iskolában tanított. Tanári munkája mellett végzett tudományos kutatómunkát intézményi háttér nélkül. A Tudományegyetem Bölcsészettudományi Karán 1930-ban habilitált és kapott egyetemi magántanári címet, „Klimatológia” tárgykörében. A vallás- és közoktatási miniszter 1943 májusában felmentette a polgári iskolai feladatai alól, és kinevezte nyilvános rendkívüli tanárnak, s megbízta a Tudományegyetem Bölcsészettudományi Karán a meteorológia és a klimatológia oktatásával. A vallás- és közoktatási miniszter 1944. április 1-jei határozatával nyilvános pályázatot írt ki „a budapesti kir. m. Pázmány Péter Tudományegyetem Bölcsészettudományi Karán újonnan szervezett Légkör- és Éghajlattani Tanszéken egyetemi nyilvános rendes tanári” állásra és a Tanszék megszervezésére. Három pályázó közül a jelölőbizottság Száva-Kováts József kinevezését javasolta első helyen.

Száva-Kováts jó politikai érzéktől vezérelve – a nyilas hatalomátvételt is átvészelve – a kinevezést már az Ideiglenes Nemzeti Kormánytól vette át 1945-ben. A Tanszék tényleges megalakulására 1945-ben került sor. Száva-Kováts professzor öt új munkatárs felvételével a tanszékot intéztette fejlesztette. Létrehozta az önálló tanszéki könyvtárat. Több amerikai, brit, német és osztrák folyóirat visszamenőleges évfolyamait is beszerezte, valamint bel- és külföldi szakkönyveket. A tanszéki oktató- és kutatómunka érdekében 1948-ban az MTA Martonvásári Kísérleti Gazdaságának területén, Erdőháton mikro- és agrometeorológiai obszervatóriumot létesített. A Tudományegyetem Bölcsészettudományi Karának kettéválasztása után létrejött Természettudományi Karon 1950-

ben megindította az egyetemi szintű meteorológusképzést és megírta a szak indításához szükséges jegyzeteket. Kutatómunkája az „európai monszun” problémájától kezdve többek között az időjárás periódusokon és a légnedvesség klimatológiáján át egészen a mikroklimáig, sőt ennek a növénytermesztés érdekében való gyakorlati befolyásolásáig terjedt. Műveiben a nemzetközi szakirodalomban elsőként mutatta be a párnymás és a légnedvesség övenkénti eloszlását az egész földfelszínen. Kutatási eredményeit a nemzetközi folyóiratok is közzölték.

1953-ban publikációs jegyzéke alapján a Magyar Tudományos Akadémia kandidátussá minősítette. Tagja volt a Magyar Tudományos Akadémia Meteorológiai Tudományos Bizottságának és az Időjárás folyóirat szerkesztőbizottságának. Szakkönyvei és tankönyvei évtizedeken keresztül voltak alapmunkái a magyar meteorológiai és klimatológiai oktatásnak és kutatásnak.



Legfontosabb művei: A légnedvesség ingadozása Európában (1937), A párnymás és a nedvesség évi járása a földön (1938), Talajközeli légállapotok irányítása a növénytermelés érdekében (1948), A talajmenti légréteg éghajlata: mikroklima és növényklíma (1948) – Berényi Dénessel közösen, Éghajlattan (1950), Általános légkör-tan (1952), A levegőburok általános

természeti földrajza (fejezet a Bulla Béla szerkesztette Általános természeti földrajz című enciklopédiában – 1952).

1953-ban – koholt vádak alapján – fegyelmi úton elbocsátották, és bebörtönözték. Többszörös kérelmezés után 1954-ben szabadult, de sem állást, sem publikálási lehetőséget nem kapott többé. Ezután nyilvánosan csupán egyszer jelent meg, 1975-ben részt vehetett az *önálló meteorológus képzés* megindításának 25. évfordulójára rendezett megemlékezésen. 1995-ben a Fővárosi Bíróság megsemmisítette az ellene hozott koncepció ítéletet. A TTK Kari Tanácsa határozatban emlékezett meg méltatlanul meghurcolt professzoráról. A TTK lágymányosi campusán, a Gömb Aulájában mellszobrot állítottak a tanszék- és szakalapító professzor tiszteletére.

Életének utolsó, közel három évtizedét teljes visszavonultságban töltötte. Elhatalmasodó, gyógyíthatatlan betegségben, budai otthonában érte a halál. 1980. április 10-én a Farkasréti temetőben, majd a Szent Gellért templomban helyezték el hamvait.

## TÖRTÉNELMI ARCKÉPEK

## HISTORICAL PORTRAITS

## Dunkel Zoltán

Magyar Meteorológiai Társaság, 1525 Budapest Pf. 38., [dunkel.z@met.hu](mailto:dunkel.z@met.hu)

## DOBOSI ZOLTÁN

Tab, 1915. július 11. – Budapest, 2009. május 7.

A neves klimatológus a bonyhádi Evangélikus Gimnáziumban érettségizett. 1939-ben a budapesti Pázmány Péter Tudományegyetemen szerzett matematika-fizika szakos tanári oklevelet. Szakmai pályafutását díjtalan gyakornokként kezdte a Földrengésjelző Observatóriumnál, majd 1939. április 1-jétől az Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézetben folytatta. Szeptember elsejétől már bentlakásos észlelő, fűtés, világítás, takarítás és rendszeres havi díjazás fejében. Szabadidejében a Klimatológiai Osztályon segédkezik Magyarország Éghajlati Atlaszának a szerkesztésében. *Réthy Antal* 1942-ben tanulmányútra küldte Bad Homburgba *Franz Baurhoz*, a távprognosztika atyjához klimatológiai és távelőrejelzési módszerek tanulmányozására. Budapest ostromát az Intézet pincéjében vészelte át, ám az észleléseket a lehetőségekhez képest, megszakításokkal, akkor is végezte. Az ostrom után a szovjet hadsereg felkérésére közreműködött a romos székház rendbehozatalában és az állomáshálózat újbóli megszervezésében. Közreműködésével 1945 végén az intézet igazgatója megalakította a távprognosztikai részleget *Berkes Zoltán* vezetésével. Észlelői munkája során a rendszeres pilotozás és ballonszondás mérések mellett végezte a felhőalpmérésének metodikai elemzését is.

Ebben a témában készítette doktori értekezését „Felhőmagasságok évi járása Magyarországon” címmel, melyet sikeresen védett meg a Pázmány Péter Tudományegyetem Légekörtani Intézetében 1947-ben. A védés után a tanszékvezető, *Száva-Kováts József* professzor felkérte gyakorlatok vezetésére. Még ugyanabban az évben tanársegédi állást kapott. 1949-től közreműködött az önálló meteorológus képzés előkészítésében. Egyetemi adjunktusnak 1951-ben nevezték ki. A mikroklíma területén végzett kutatásai alapján készítette el 1955-ben kandidátusi értekezését „Vizsgálatok a talajközeli légrétegek hőmérsékleti viszonyairól” címmel, és lett 1956-ban a mezőgazdasági tudomány kandidátusa. 1968/69-ben másfél évet töltött vendégprofesszorként Santiago de Chilében a Chilei Egyetem Geofizikai Tanszékén. Nem

sokkal Chiléből történt hazatérése után *Dési Frigyes* lemondott a tanszék vezetéséről, és Dobosi Zoltán kapott tanszékvezetői megbízást. Az 1973-ban megvédett „A sugárzási egyenleg területi eloszlása Magyarországon” című disszertációja alapján elnyerte a földtudományi (meteorológia) akadémiai doktori fokozatot. 1974-ben kinevezték egyetemi tanárnak. A távprognosztika, az aerológiai stúdiumok, a mikroklíma és a sugárzástani kutatásokat követően a doktori védés után újabb téma felé fordult érdeklődése.

Újabb vizsgálatai a paleoklimatológia, ezen belül is a negyedkor éghajlata területét fogták át. Tanszékvezetése alatt sokat tett az OMSZ és az ELTE közötti együttműködés erősítéséért. Közreműködött az 1975-ben induló földtudományi közös, majd az ebből kiváló önálló meteorológus képzés megindításában. Tanszékvezetői működése alatt, 1978-ban kapott díszdoktori címet az ELTE-n *Arthur Davies* a Meteorológiai Világszervezet (WMO) akkori főtitkára. Tanszékvezetői pályafutása során számos külső előadót vont be az oktatásba, akik az Egyetemtől címzetes egyetemi tanári, illetve cím-

zetes egyetemi docensi címet kaptak. Biztatására a Tanszék munkatársai és a külső előadók tollából 1971 és 1983 között összesen 23 egyetemi jegyzet és 4 egyetemi tankönyv jelent meg a meteorológus szakos hallgatók számára. Ezzel megteremtődött a meteorológus szakma – sok tekintetben napjainkig meghatározó – magyar nyelvű szakirodalma. Tanszékvezetése idején 33 meteorológus szerzett egyetemi doktori címet. 1984-es nyugállományba vonulása után még évekig tartott speciális kollégiumokat paleoklimatológiából. Publikációs tevékenysége 49 folyóirat-cikkre, 11 könyvre és könyvfejezetre valamint 18 egyéb közleményre terjed. Ezek közül a legtöbbet forgatott a *Felméry Lászlóval* közösen írt Klimatológia egyetemi jegyzet.

A Magyar Meteorológiai Társaság 1975-ben Steiner Lajos Emlékéremmel tüntette ki, 1984-ben tiszteleti tagjává választotta. A környezetvédelmi miniszter 1998-ban Schenzl Guido-díjjal tüntette ki.



## A 65. ÉVFOLYAM (2020) SZERZŐI AUTHORS OF VOLUME 65 (2020)

Bíróné Kircsi Andrea: <b>2019/2020 telének időjárása</b>	74	Jenki Szilvia (címlapkép): <b>Zúzvara</b>	165
Bíróné Kircsi Andrea: <b>2020 nyarának időjárása</b>	162	Koren Márton és Balogh Miklós: <b>Kis léptékű nem-hidrosztatikus légköri áramlások numerikus modellezése mérnöki célokra</b>	130
Bíróné Kircsi Andrea: <b>2020 őszenek időjárása</b>	202	Major György: <b>Az Akadémia Meteorológiai Bizottságai, 1860–2008</b>	34
Bíróné Kircsi Andrea: <b>A 2019. év időjárása</b>	70	Major György: <b>Kiegészítések Bacsák György életrajzához és munkásságához</b>	188
Bonta Imre: <b>Szemelvények az előrejelzés OMSZ-beli történetéből: 1980–2020</b>	14	Major György: <b>Meteorológiai tárgyú akadémiai székfoglalók és értekezések listája</b>	44
Bottyán Emese, Kristóf Erzsébet, Weidinger Tamás, Haszpra László és Czuppon György: <b>A magyarországi csapadékvíz forrása</b>	179	Major György: <b>Történelmi arcképek: Bacsák György</b>	204
Bozó László: <b>Gelencsér András az MTA levelező tagja 2020. február 18-án tartotta székfoglaló előadását az MTA Felolvasótermében</b>	68	Mersich Iván: <b>Az átmenet éve (1989–1995) az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ)</b>	22
Breuer Hajnalka: <b>A műholdas talajnedvesség klimatológiai alkalmazhatósága</b>	136	Németh Ákos: <b>A Magyar Meteorológiai Társaság hírei</b>	66
Breuer Hajnalka: <b>Talajnedvesség-változás Európában műholdas adatbázis alapján</b>	174	Oláh Róbert: <b>A hazai villámrekord statisztikus elemzése és időbeli lefutásának cáfolata I.</b>	88
Dunkel Zoltán: <b>A meteorológiai intézet igazgatóinak sírjai</b>	93	Oláh Róbert: <b>A hazai villámrekord statisztikus elemzése és időbeli lefutásának cáfolata II.</b>	185
Dunkel Zoltán: <b>Interjú Major Györggyel</b>	108	Radics Kornélia és Németh Ákos: <b>Üzenet az Utókornak</b>	78
Dunkel Zoltán: <b>Magyar meteorológiai emléktáblák és szobrok</b>	54	Radics Kornélia: <b>Százötven éves az Országos Meteorológiai Szolgálat</b>	2
Dunkel Zoltán: <b>Megkérdeztük Anda Angéla Professzort</b>	113	Simon Csilla, Kis Anna és Pongrácz Rita: <b>Milyen gyakoriak a fehér Karácsonyok Magyarországon?</b>	141
Dunkel Zoltán: <b>Történelmi arcképek: Dési Frigyes</b>	119	Szentes Olivér: <b>2020 tavaszának időjárása</b>	117
Dunkel Zoltán: <b>Történelmi arcképek: Dobosi Zoltán</b>	206	Szerkesztői üzenet (címlapkép): <b>A M. kir. orsz. Meteorológiai és Földmágnességi Intézet 1940-ben</b>	1
Erdődiné Molnár Zsófia, Kovács Attila és Illés Gergely: <b>A Tisza-tavi viharjelzés első tíz éve</b>	102	Szerkesztői üzenet (címlapkép): <b>Az Országos Meteorológiai Szolgálat székháza 2020. március 15-én</b>	77
Faragó Tibor: <b>A légkör és a légkörtudomány jelentősége (ahogyan annak megismerése meghatározta a további szakmai pályámat)</b>	24	Szerkesztői üzenet: <b>A 2020. évi Meteorológiai Világnap alkalmával kitüntetettek</b>	69
Fejes E., Szabó B., Szabó D.: <b>150 éves az Országos Meteorológiai Szolgálat</b>	155	Szerkesztői üzenet: <b>A 65. évfolyam (2020) szerzői</b>	207
Fricke Cathy, Unger János és Pongrácz Rita: <b>Eltérő éghajlatú városok termikus különbségeinek feltárása az LCZ osztályozás koncepciója és műholdas adatok alapján</b>	80	Szerkesztői üzenet: <b>A szerkesztő utószava egy tematikus évfolyamhoz</b>	168
Grasics Péter: <b>A 2017/18-as telet lezáró hideg időszak elemzése sztratoszféra–troposzféra kölcsönhatások és trópusi–mérsékelt övezeti távkapcsolatok segítségével</b>	124	Szerkesztői üzenet: <b>Elhunyt Dunay Sándor</b>	166
Hadvári Marianna: <b>Élenjáró fejlesztés az Országos Meteorológiai Szolgálatnál: automata rádiószonda-felbocsátó rendszerek telepítése</b>	197	Szerkesztői üzenet: <b>Elhunyt Lépp Ildikó</b>	122
Hafenschner Viktória Priszilla: <b>A légszennyezés hatása az egészségre és az ökoszisztémára</b>	169	Szerkesztői üzenet: <b>Elhunyt Polgár Endre</b>	166
Haszpra László: <b>Légköri üvegházhatású gázokkal kapcsolatos kutatások az Országos Meteorológiai Szolgálatnál</b>	149	Szerkesztői üzenet: <b>Magyar Érdemkereszt kitüntetést kapott Putsay Mária, Buda István, Horváth Gyula és Tölgyesi László</b>	161
Haszpra László: <b>Miért kell mérnünk az üvegházhatású gázok mennyiségét?</b>	10	Szerkesztői üzenet: <b>Összefoglaló a Meteorológiai Társaságok Nemzetközi Fórumának 6. Általános Összejöveteléről</b>	153
Horváth Ákos (címlapkép) <b>Balaton nyárest</b>	121	Szerkesztői üzenet: <b>Új emléktábla az OMSZ Kitaibel Pál utcai épületében</b>	168
Horváth Ákos és Simon André: <b>Az áramszolgáltatást veszélyeztető szélsőséges időjárási helyzetek. 2. rész. Viharciklonok</b>	4	Szerkesztői üzenet: <b>Üveges Zoltánt (OMSZ) választották az EMS Tömegtájékoztatási Időjárási Előrejelzési Díjra 2020-ban</b>	154
Horváth László: <b>Interjú Mészáros Ernő Széchenyi-díjas akadémikussal</b>	48	Tölgyesi László: <b>Ladogától Meteoráig. Az Országos Meteorológiai Szolgálat Infokommunikációs története a kezdetektől napjainkig – Egy meteorológus-informatikus szemüvegén keresztül I. rész</b>	144
Horváth László: <b>Néhány zöld gondolat „klímaszeptikusoknak”, „klímahívóknak” és „adaptációban reménykedőknek”</b>	86	Weidinger Tamás: <b>Történelmi arcképek: Száva-Kováts József</b>	205
		Zsikla Ágota és Szilágyi Eszter <b>A 2020. évi tavi viharjelzési szezonról</b>	190

