LÉGKÖR

65. évfolyam

2020. 3. szám

150 ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT 1870-2020

ELHUNYT LÉPP ILDIKÓ

ILDIKÓ LÉPP PASSED AWAY

Dr. Hallamáné Lépp Ildikó (Budapest, 1931. október 6. – Budapest, 2020. augusztus 9.) arany- és gyémántdiplomás meteorológus a budai Szent Margit Gimnáziumban érettségizett 1950-ben, majd ugyanebben az évben felvették az ELTE meteorológus szakára, ahol 1954-ben szerzett diplomát. Már az egyetem évei alatt demonstrátor volt. A nyári szünidőben dolgozott az Intézet különböző osztályain. Az oklevél megszerzése után 1954. szeptember 15-én belépett az Országos Meteorológiai Intézet Prognózis Osztályára, ahol vezető technikusként dolgozott előbb aeroszinoptikusi, majd szinoptikusi beosztásban. 1955. június 1-én a ferihegyi repülőtéri szolgálatba helyezték át, mint „időjelzőt", tudományos segédmunkatársi rangban. 1957-ben ismét az Intézet Időjelző Osztályán dolgozott, majd 1958. január elsejével visszakerült Ferihegyre, ahol 1964. január elsején megbízták az osztályvezető helyettesi teendők ellátásával. Az operatív munka ellátása mellett a repüléssel kapcsolatos gyakorlati szinoptikai kérdésekkel foglalkozott. Érdeklődött a radarmeteorológia iránt is. 1965-től a repülő- és irányító személyzet meteorológiai kiképzésében vett rendszeresen részt. 1969. január elsején előléptették osztályvezetőnek, majd 1971. január elsején ő lett a Repülésmeteorológiai Főosztály vezetője. Egy átszervezés során megszüntették a főosztályt, s 1974. április 1-jén a Közforgalmi Repülésmeteorológiai Osztály vezetőjévé nevezték ki, tudományos főmunkatársi besorolásban. Jó angol és német tudását hasznosítva, hazai munkái mellett nemzetközi tevékenységet is kifejtett. Bécsben volt három hónapos radarmeteorológiai tanulmányúton. 1969–1974 között a WMO VI. (Európa) Régiója Telekommunikáció Munkacsoportjában képviselte a Szolgálatot, 1971-től pedig WMO Repülésmeteorológiai Bizottságának (Commission for Aeronautical Meteorology – CAeM) volt magyar tagja, egyúttal az ICAO és a Szolgálat összekötőjeként is tevékenykedett. 1975. október 7-e és 1979. július 31-e között a Meteorológiai Világszervezet (WMO) genfi központjában dolgozott szaktisztviselőként a Globális Adatfeldolgozó Rendszer Osztályon, ahol a WWW (Időjárási Megfigyelő Rendszer) globális adatfeldolgozó rendszer teljesítmény-ellenőrző munkálataiban vett részt. Hazatérése után a Központi Meteorológiai Intézetben (KMI) kapott csoportvezetői megbízást, tudományos főmunkatársi rangja megtartásával. 1982–85-ben a BME Közlekedésmérnöki Karán a Hajózási Üzemmérnöki szak hallgatóinak meteorológiát oktatott. 1984-ben a KMI-ből áthelyezték az OMSZ Központi Hivatalába a Kutatási és Szolgálatfejlesztési Osztályra főmunkatársi munkakörbe, éghajlat-kutatási és szolgáltatási referensként. 1986. december elsején vonult nyugállományba. Nyugdíjba vonulása után az MMT-ban aktívan tevékenykedett, ügyvezető főtitkár volt 1992–93-ban. Munkája elismerésként 1970-ben Kiváló Dolgozó kitüntetést kapott. A Magyar Meteorológiai Társaság 1983-ban Steiner Lajos Emlékéremmel tüntette ki, 2006-ban Tiszteleti Tagjává választotta. Nyugdíjas éveiben aktívan közreműködött a Szent Margit Gimnázium Budai Margitosok Baráti Körében, melynek egy időben elnöke is volt. Akcióképességének volt köszönhető a Baráti Kör megújulása, gyarapodása, valamint az Apor Vilmos Emlékbizottság működése is.

Kedves Tiszteleti Tagtársunk, kedves Ildikó!
Szomorú szívvel búcsúzunk, nyugodjon békében!
Emlékét tisztelettel és szeretettel megőrizzük!

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

A LÉGKÖR célja a meteorológia tárgykörébe tartozó kutatási eredmények, szakmai beszámolók, időjárási események leírásának közlése. A lap elfogad publikálásra szakmai úti beszámolót, időjárási 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 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 kiegészítésül 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 hivatkozás legyen. Az egyéb közlemények, szakmai beszámolók esetében is kérjük lehetőség szerint angol cím és összefoglaló megadását.

LÉGKÖR

65. évfolyam
2020. 3. szám

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**

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

CÍMLAPON: Balatoni nyárest (Horváth Ákos felvétele) 121
Szerzőink figyelmébe 122
Elhunyt Lépp Ildikó 122

TANULMÁNYOK
Grasics Péter: **A 2017/18-as telet lezáró hideg időszak elemzése sztratoszféra–troposzféra kölcsönhatások és trópusi–mérsékelt övezeti távkapcsolatok segítségével** 124
Koren Márton és Balogh Miklós: **Kis léptékű nem-hidrosztatikus légköri áramlások numerikus modellezése mérnöki célokra** 130
Breuer Hajnalka: **A műholdas talajnedvesség klimatológiai alkalmazhatósága**....136
Simon Csilla, Kis Anna és Pongrácz Rita: **Milyen gyakoriak a fehér Karácsonyok Magyarországon?** 141

KRÓNIKA
Tölgyesi László: **Ladogától Meteoráig. Az Országos Meteorológiai Szolgálat Infokommunikációs története a kezdetektől napjainkig – Egy meteorológus-informatikus szemüvegén keresztül I.** 144
Haszpra László: **Légköri üvegházhatású gázokkal kapcsolatos kutatások az Országos Meteorológiai Szolgálatnál**....149
Összefoglaló a Meteorológiai Társaságok Nemzetközi Fórumának 6. Általános Összejöveteléről 153
Üveges Zoltánt (OMSZ) választották az EMS Tömegtájékoztatási Időjárási Előrejelzési Díjra 2020-ban 154
Fejes Edina, Szabó Bernadett, Szabó Dorottya: **150 éves az Országos Meteorológiai Szolgálat (Egy emlékév margójára)** 155
Magyar Érdemkereszt kitüntetést kapott Putsay Mária, Buda István, Horváth Gyula és Tölgyesi László 160
Bíróné Kircsi Andrea: **2020 nyarának időjárása** 161

LIST OF CONTENTS

***COVER PAGE*: Balaton Summer Evening** (Ákos Horváth's photo) 121
Instructions to authors of LÉGKÖR 121
Ildikó Lépp passed away 122

STUDIES
Péter Grasics: **Analysis of the 2017/18 Late Winter Cold Spell by Stratosphere–Troposphere Coupling and Tropical–Extratropical Teleconnections** 124
Márton Koren and Miklós Balogh: **Numerical Modelling of Small-Scale Non-Hydrostatic Atmospheric Flows for Engineering Purposes** 130
Hajnalka Breuer: **Climatological Application of Satellite Soil Moisture** 136
Csilla Simon, Anna Kis and Rita Pongrácz: **How Often Does White Christmas Occur in Hungary?** 141

CHRONICLE
László Tölgyesi: **From 'Ladoga' until 'Meteora'. Hungarian Meteorological Service's Info-Communication History from the Beginning to the Present Day – Through the Glasses of a Meteorologist-IT Expert. I.** 144
László Haszpra: **Atmospheric Greenhouse Gas Research at Hungarian Meteorological Service** 149
Summary about International Forum of Meteorological Societies General Meeting 6 153
Zoltán Üveges, OMSZ Hungary, has been Selected for the EMS Media Weather Forecast Award 2020 154
Edina Fejes, Bernadett Szabó, Dorottya Szabó: **The 150 years old Hungarian Meteorological Service** 155
Mária Putsay, István Buda, Gyula Horváth and László Tölgyesi was honoured with Order of Merit of Hungary 160
Andrea Bíróné Kircsi: **Summer of 2020** 161

A 2017/18-AS TELET LEZÁRÓ HIDEG IDŐSZAK ELEMZÉSE SZTRATOSZFÉRA–TROPOSZFÉRA KÖLCSÖNHATÁSOK ÉS TRÓPUSI–MÉRSÉKELT ÖVEZETI TÁVKAPCSOLATOK SEGÍTSÉGÉVEL

ANALYSIS OF THE 2017/18 LATE WINTER COLD SPELL BY STRATOSPHERE–TROPOSPHERE COUPLING AND TROPICAL–EXTRATROPICAL TELECONNECTIONS

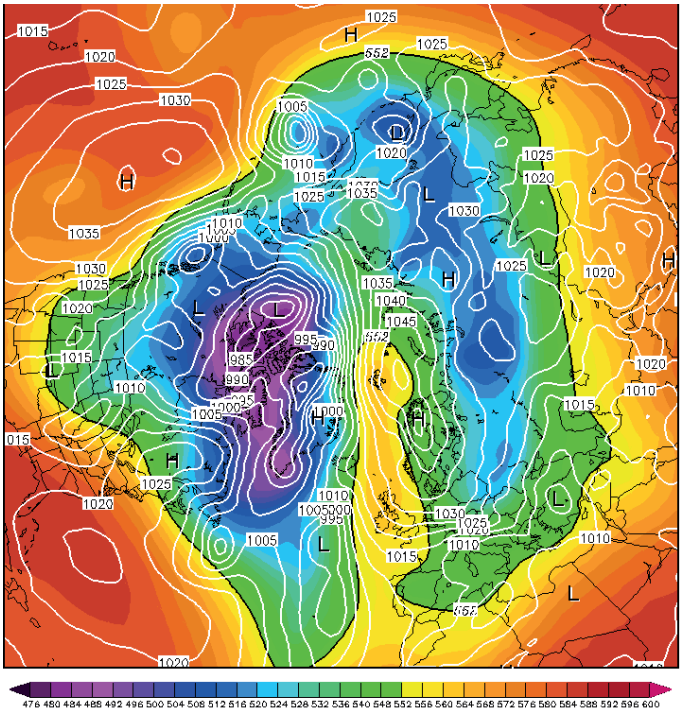
Grasics Péter

Mercatura Bt., 1055 Budapest, Nagy Ignác utca 14., *gepeti1@gmail.com*

Összefoglaló: Ez az írás a 2017/18-as tél végi európai hideghullám kialakulásának okait elemzi. A sztratoszférában és a trópusokon néhány héttel korábban megfigyelhető légköri folyamatok távkapcsolati hatásai segíthették a zord időjárás kialakulását. Azonban amíg a sztratoszféra légáramlásának megváltozása kimutathatóan elősegítette a hideg levegő betörését a kontinensre, a trópusi területek időjárásának hatása csak áttételesen lehetett jelen. Az átlagosnál hidegebb időjárás a numerikus időjárás-előrejelző modellek segítségével két–három héttel a bekövetkezése előtt prognosztizálható volt.

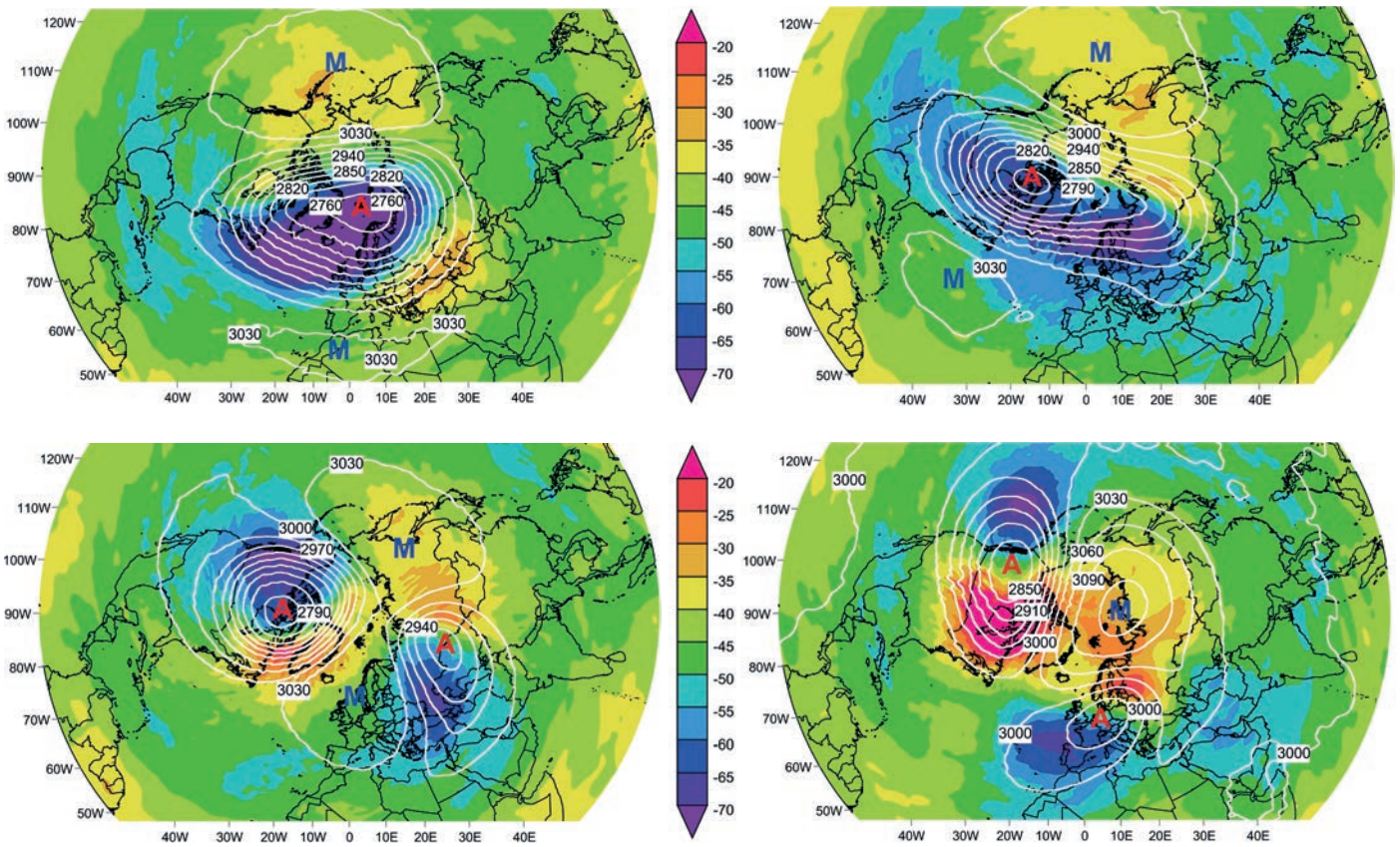
Abstract: The reasons of the 2017/18 late winter European cold wave is analyzed in this paper. This cold weather pattern was driven by atmospheric teleconnections. Firstly, a coupling between the stratosphere and the troposphere certainly supported the cold air outbreak. Secondly, tropical–extratropical interactions could also influenced the weather in Europe. The anomalous cold weather was predictable two–three weeks ahead by numerical weather prediction models.

Bevezetés. 2018. február végén szibériai eredetű hideg levegő árasztotta el Európát. Az átlagosnál enyhébb tél zord február végével és március elejével zárult a kontinens nagy részén. Hazánkban ezekben a napokban a középhőmérséklet 10–12 fokkal elmaradt a sokévi átlagtól, a téli félév leghidegebb hőmérsékletét (-24,6 fok) pedig a március 1-jére virradó éjszakán mérték (OMSZ adat). A makroszinoptikus helyzetet egy, a poláris területeken (Skandinávia, Barents-tenger, Szibéria északi része) kialakuló hatalmas anticiklon jellemezte, melynek déli peremén érkezett a fagyos levegő a kontinensre *(1. ábra)*. A nagytérségű időjárási helyzet kialakításában szerep jutott a sztratoszféra és a troposzféra kölcsönhatásának, illetve a trópusi területek–magasabb szélességek közti távkapcsolati összefüggéseknek. Érdemes megvizsgálni, hogyan hatottak ezek a kölcsönhatások az északi féltekére, azon belül is az atlanti és eurázsiai területek légnyomási mezejére, illetve az ezekben a térségekben jelenlévő makrocirkulációs rendszerekre. Két rendszert érdemes kiemelni, az Arktikus Oszcillációt és az Észak-Atlanti Oszcillációt (**A**rctic **O**scillation, AO[1] és **N**orth **A**tlantic **O**scillation, NAO). Mindkettő a légnyomás ill. a különböző izobárszintek geopotenciális magassági mezejében jelentkező oszcillációs jelenség, előbbi az egész északi féltekén érezteti hatását, utóbbi inkább az euroatlanti térségben. Két fázissal (pozitív és negatív) rendelkeznek. Az AO pozitív (negatív) fázisában az arktikus területeken a szokásosnál alacsonyabb (magasabb) a légnyomás, a mérsékelt övezetben pedig magasabb (alacsonyabb). A NAO pozitív (negatív) fázisában Izland térségében a szokásosnál erősebb (gyengébb) a ciklontevékenység, az Azori szigetek és az Ibériai-félsziget térségében a megszokottnál erősebb (gyengébb) anticiklon található. Az oszcillációt jellemző AO indexet leggyakrabban az 1000 hPa-os, a NAO indexet pedig az 500 hPa-os nyomásszintre számítják ki (*Tabi*, 2010; *Grasics*, 2017). A következőkben bemutatom a sztratoszférában és a trópusokon lezajlott légköri folyamatokat, és kitérek arra is, hogyan befolyásolták ezek az AO és a NAO viselkedését.



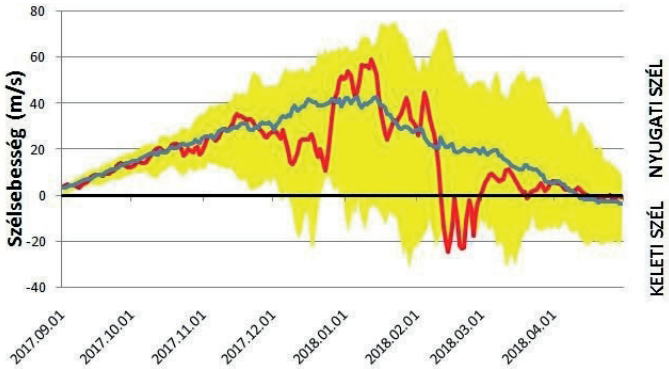
1. ábra: Tengerszinti légnyomás (izobárok, hPa) és az 500 hPa-os szint magassága (színes izohipszák, gpdm) 2018.02. 25. 0 UTC-kor (forrás: Wetterzentrale)

[1] Az Arktikus Oszcillációt az angol szakirodalomban gyakran Northern Annular Mode (NAM) néven említik.



2. ábra: A 10 hPa-os izobárszint magassága (izohipszák, 30 gpdm értékközzel ábrázolva) és hőmérséklete (színezés, °C) 2018 február a) 3-án, b) 7-én, c.) 11-én, d) 15-én 0 UTC időpontban az ERA5 reanalízis alapján (forrás:ECMWF/Copernicus)

Sztratoszféra–troposzféra kölcsönhatások. A sztratoszféra és a troposzféra cirkulációs állapota időnként szoros kölcsönhatásban áll, a téli félévben jelen lévő sztratoszférikus poláris örvény erősségében bekövetkező változások hatására. A sztratoszférikus poláris örvény a pólus körüli területeket körbeölelő, igen erős nyugat-keleti áramlású zónával szegélyezett alacsony nyomású képződmény, melynek határa általában a 60. szélességi kör térségében húzódik. Vertikálisan pedig átfogja szinte a teljes sztratoszférát. (*Grasics*, 2017). Az örvényben tapasztalható szélerősség és szélirány megváltozásának legdrámaibb formái a gyors sztratoszférikus felmelegedési események



3. ábra: Zonális szélkomponens átlagos nagysága az é.sz. 60°-a mentén, a 10 hPa-os szinten. Sárga terület és kék görbe: sokévi adattartomány és átlag (1978–2018); piros görbe: 2017/18-as értékek (NASA adatok alapján

(**S**udden **S**tratospheric **W**arming, SSW), melyek a troposzférából felfelé haladó, az örvény lassulását okozó planetáris hullámoknak köszönhetően alakulnak ki. Az SSW események során a légkörzésben kialakuló változások hajlamosak lefelé, a felszín irányába terjedni (*Marshall és Scaife*, 2010). 2018. február közepén egy markáns SSW esemény zajlott le, egyes területeken kevesebb, mint egy hét leforgása alatt 50 fokot emelkedett a hőmérséklet a 10 hPa-os izobárszinten, kb. 30 km-es magasságban. A folyamatot a sztratoszféra örvényének legyengülése és kettészakadása kísérte, ami a poláris sztratoszférában a geopotenciális magasság értékek megemelkedésével, és anticiklonális cirkuláció kialakulásával járt. *(2. ábra)*. Ennek hatására a téli félévben normálisan fennálló pólus körüli nyugatias áramlás nagy területeken keletiesre fordult a sztratoszférában.

A poláris örvény szélviszonyait leggyakrabban a 10 hPa-os szinten, a 60. szélességi kör menti zonális szélkomponens átlagos nagyságával jellemezzük. A pár nap alatt lezajlott szélfordulás nyugatiból (pozitív értékek) keletibe (negatív értékek) a 2017–18-as tél szél idősorában is jól megfigyelhető *(3. ábra)*. Ha ez a fajta átlagos zonális szélfordulás a téli hónapokban következik be, akkor heves ill. jelentős (angolul major) SSW eseményről beszélünk, (*Butler et al.*, 2017). 2018 februárjában több napon keresztül az eddig megfigyelt legerősebb keleti áramlást regisztrálták az adott napok múltbeli adataihoz képest *(3. ábra)*.

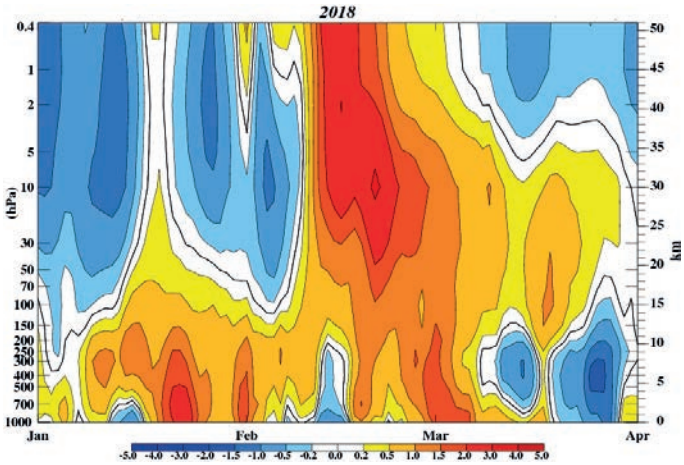
A poláris örvény szétszakadásának egyik következménye a sztratoszférában módosuló áramlási viszonyok és a geopotenciál mező anomáliáinak lefelé terjedése (*Limpasuvan et al.*, 2004).

Ezért az izobárszintek geopotenciális magasságának megnövekedése lefelé terjedve elérheti a troposzférát is, innentől kezdve pedig már jelentős hatást gyakorolhat a felszíni időjárási folyamatokra. Az egyes izobárszintek geopotenciális magasságának anomáliái a poláris térségek felett (a 65. szélességi foktól északra) átlagolva is megadhatóak (*Baldwin és Thompson*, 2009; *Garfinkel et. al.*, 2012). Az anomáliák időbeli fejlődése is ábrázolható, például a *4. ábrán* látható módon. Amint azt az ábráról is leolvashatjuk, az egész sztratoszférában február közepén hirtelen bekövetkezett a nyomásszintek megemelkedése (piros színezés), majd a troposzférában lefelé haladva hozzávetőlegesen másfél hét alatt elérte a felszín közeli légrétegeket is a folyamat. Ebben az időszakban alakult ki a magas szélességeken a már említett markáns nyomási gerinc illetve anticiklon. A kialakult felszíni légnyomási elrendeződés (magas szélességeken anticiklonok, pozitív légnyomási anomáliával, a ciklonpályák dél felé tolódása) megfelel az Arktikus Oszcilláció negatív fázisának. Ennek megfelelően február végétől az AO index erősen negatív értékeket vett fel *(6. ábra)*. Érdemes megjegyezni, hogy a *4. ábrán* bemutatott poláris geopotenciális magassági anomáliákból egy-egy nyomási szinten következtethetünk arra, hogy az adott magassági tartományban milyen fázisban van az AO (*Baldwin és Thompson, 2009*). A piros (kék) színnel megjelenő pozitív (negatív) anomáliák az adott szinten negatív (pozitív) fázisú AO-t jelentenek. Vagyis azt is mondhatjuk, hogy a sztratoszférában kialakuló erős negatív AO fázis kiterjedt a felszín irányába is.

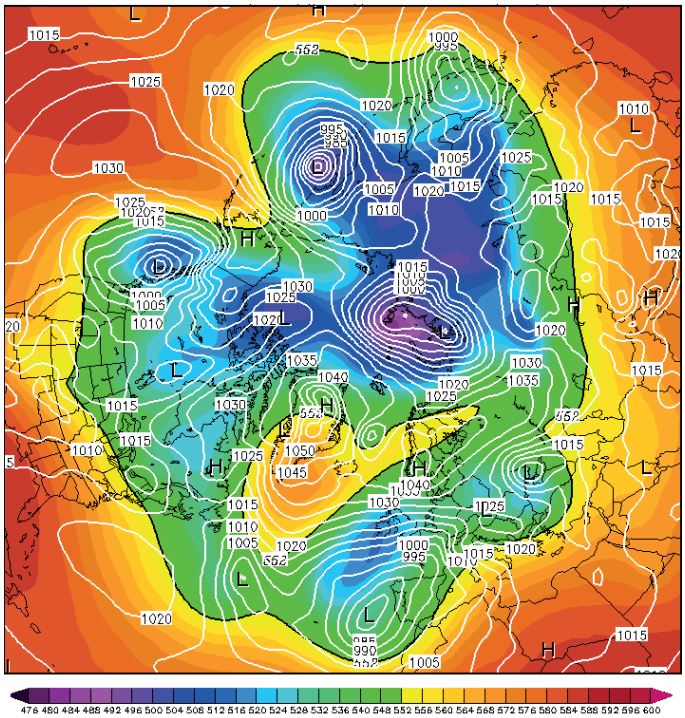
Az anticiklon, melynek déli peremén Európa felett nagy területen fordult keletiesre az áramlás a talaj közelében, március elejére középpontjával nyugat felé mozdult el. Ezáltal pozitív légnyomási anomália alakult ki Izland, illetve Grönland térségében is, a ciklonok az óceánon ettől délre vonultak el *(5. ábra)*. Ez az Észak-Atlanti Oszcilláció negatív fázisának megfelelő nyomási elrendeződés. Néhány nappal az AO után tehát a NAO index is negatív tartományba került *(6. ábra)*.

Trópusi távkapcsolat: Madden–Julian Oszcilláció (MJO). Az MJO egy 30–60 napos ciklikus változás a trópusi légkörben, legerősebben az Indiai-, és a Csendes-óceán egyenlítői vidékén jelentkezik. Egy konvektíven aktív csapadékos zónából, és egy szárazabb területből áll. Ezek egymást követve keleti irányba mozognak. Az alsó légkörben (850 hPa) a konvektív zóna (konvergens terület) előtt a szokásosnál erősebb keleti áramlás az uralkodó, mögötte pedig gyengébb vagy akár nyugatias a szél. A felső troposzférában (200 hPa) ellentétes az áramlás a divergencia miatt. A csapadékos területen a hideg Cumulonimbus felhőtetők miatt a szokásosnál kisebb a kimenő hosszúhullámú sugárzás (*Zhang*, 2005). Az oszcilláció erősségét, mozgását fázisdiagramon szokás megadni, leggyakrabban a *Wheeler és Hendon-féle Real-Time Multivariate* MJO (RMM) index (*Wheeler és Hendon*, 2004) alapján. Az indexet a 200 és 850 hPa-os zonális szélkomponens és a kimenő sugárzás értékeiből számítják, az Egyenlítő menti területekre kiátlagolva.

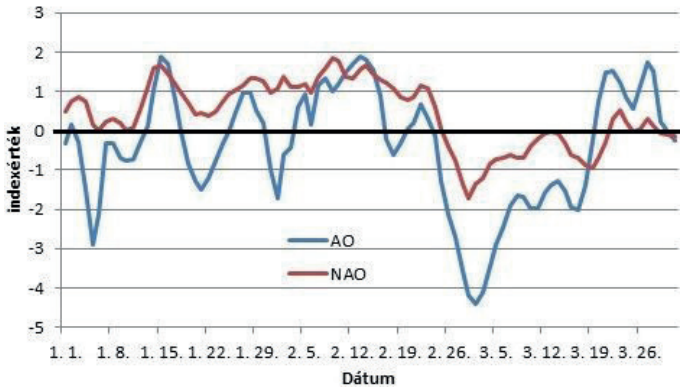
A diagramon minden egyes napra feltüntetik az oszcilláció konvektív zónájának helyzetét és erősségét. 8 fázist különböztetnek meg, melyek egy-egy földrajzi térségnek felel-



4. ábra: Nyomásszintek geopotenciális magasságának normalizált anomáliái 2018. január-március hónapokban a poláris területeken (területi átlag a 65. szélességtől északra) a sztratoszférában és a troposzférában. (forrás: NOAA CPC [1])



5. ábra: Tengerszinti légnyomás (izobárok, hPa) és az 500 hPa-os szint magassága (színes izohipszák, gpdm) 2018.03.01. 0 UTC-kor (forrás: Wetterzentrale)



6. ábra: AO/NAO index idősora 2017–2018 telén (NOAA CPC [2] adatok alapján)

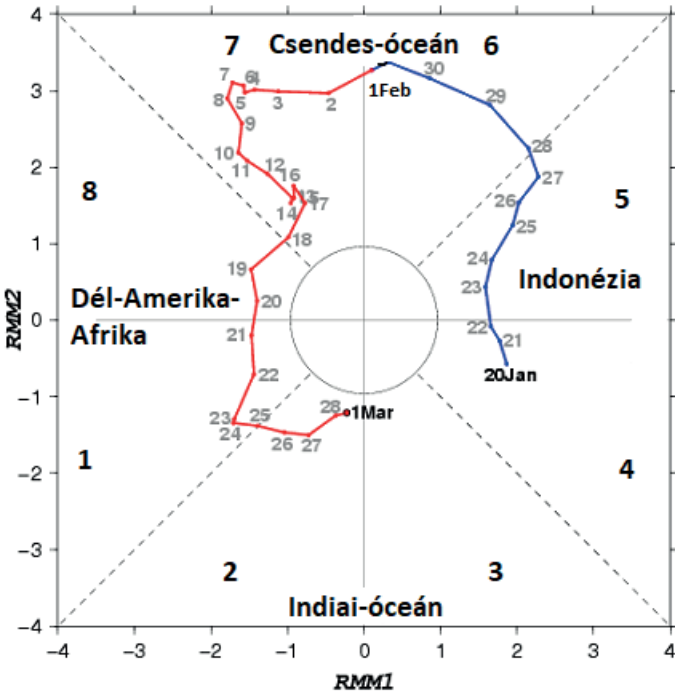
nek meg az Egyenlítő mentén. Ha a körön belül helyezkedik el egy adott napnak megfelelő pont, akkor inaktív az MJO. A körön kívül pedig minél távolabb helyezkednek el a pontok, annál erősebb az oszcilláció az adott térségben. A *7. ábra* egy ilyen fázisdiagramot ábrázol, melyen az MJO az óramutató járásával ellentétes irányban halad, ami a valóságban a nyugatról kelet felé tartó vándorlást jelenti.

Az euroatlanti térség magasabb szélességein télen a nyugati áramlást blokkoló anticiklonok gyakrabban alakulnak ki az MJO 6-os és 7-es fázisait követő egy-két hétben (*Henderson et al.*, 2016). Ezt az MJO Rossby-hullámokat befolyásoló hatásának tulajdoníthatjuk (troposzférán belüli távkapcsolat). Emiatt összefüggést találtak az AO/NAO index negatív fázisai és az MJO 6-os–7-es fázisai közt is. (*Schwartz és Garfinkel*, 2017, Vitart, 2017). Az MJO ezen fázisait erős konvekció jellemzi a Csendes-óceán nyugati- és középső részén.

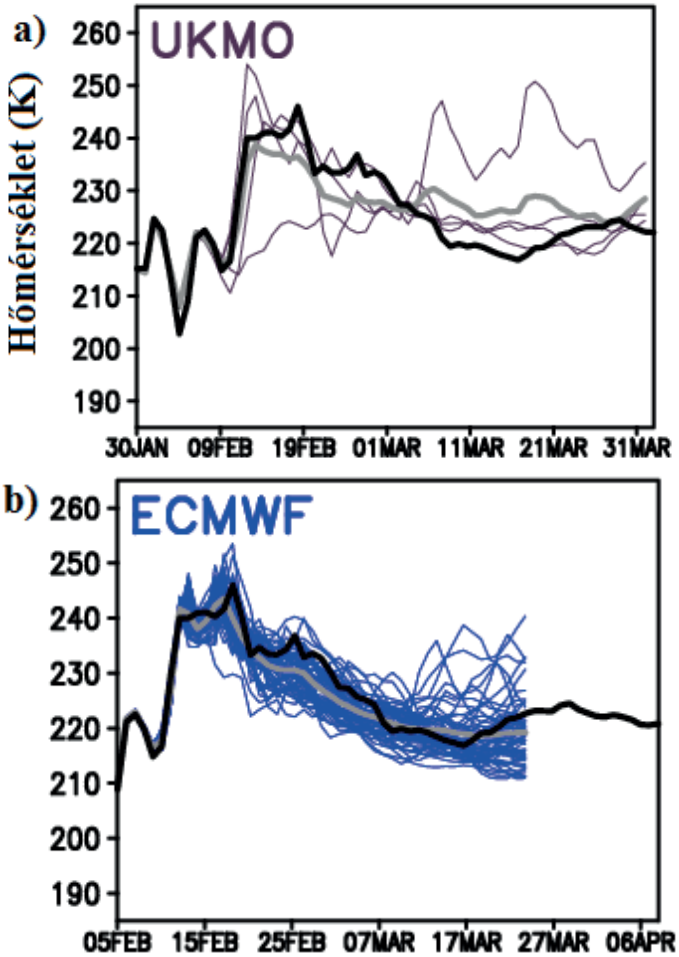
Ugyanakkor az MJO planetáris hullámokra gyakorolt hatása megjelenhet a sztratoszférában is, mert ezek a hullámok vertikálisan felfelé is terjednek, és gyengítik a poláris örvényt (*Garfinkel et al.*, 2012). Ezt alátámaszthatja az is, hogy az elmúlt évtizedek SSW eseményeinek több mint a felét az MJO konvektív aktivitása előzte meg, a már említett Csendes-óceáni térségekben (*Schwartz és Garfinkel*, 2017). Ha az MJO 6-os–7-es fázisát SSW is követi, akkor erősebbek lesznek a magas szélességeken a vele összefüggésbe hozható légnyomási anomáliák, mintha csak önmagában, SSW nélkül jelentkezett volna (sztratoszféra által „közvetített" távkapcsolat). Ilyenkor az AO legalacsonyabb értékei 30–40 nappal a trópusi oszcilláció után jelentkeznek (*Schwartz és Garfinkel*, 2017).

Az MJO-nak a vizsgált hidegbetörésben játszott szerepének tisztázásához komolyabb elemzésre van szükség. Annyi viszont megállapítható, hogy a 2018 telén bekövetkezett események nagyon hasonló időrendben játszódtak le, mint ahogy az a fentiek alapján várható. Január végén–február első felében igen erőteljesen jelentkezett az MJO-hoz kapcsolódó konvekció és jellegzetes áramlási kép a Csendes-óceán nyugati, majd középső részén. *(7. ábra)*. Egy nagyon erős MJO epizód február 1-jén lépett át a 6.-ból a 7. fázisába, a sztratoszféra szélfordulása 11 nappal később, február 12-én jelentkezett, majdnem két héttel később pedig az AO és a NAO index is negatív tartományba került. A legalacsonyabb indexértékeket pedig egy hónappal a 7. MJO fázis kezdete után, március elején regisztrálták.

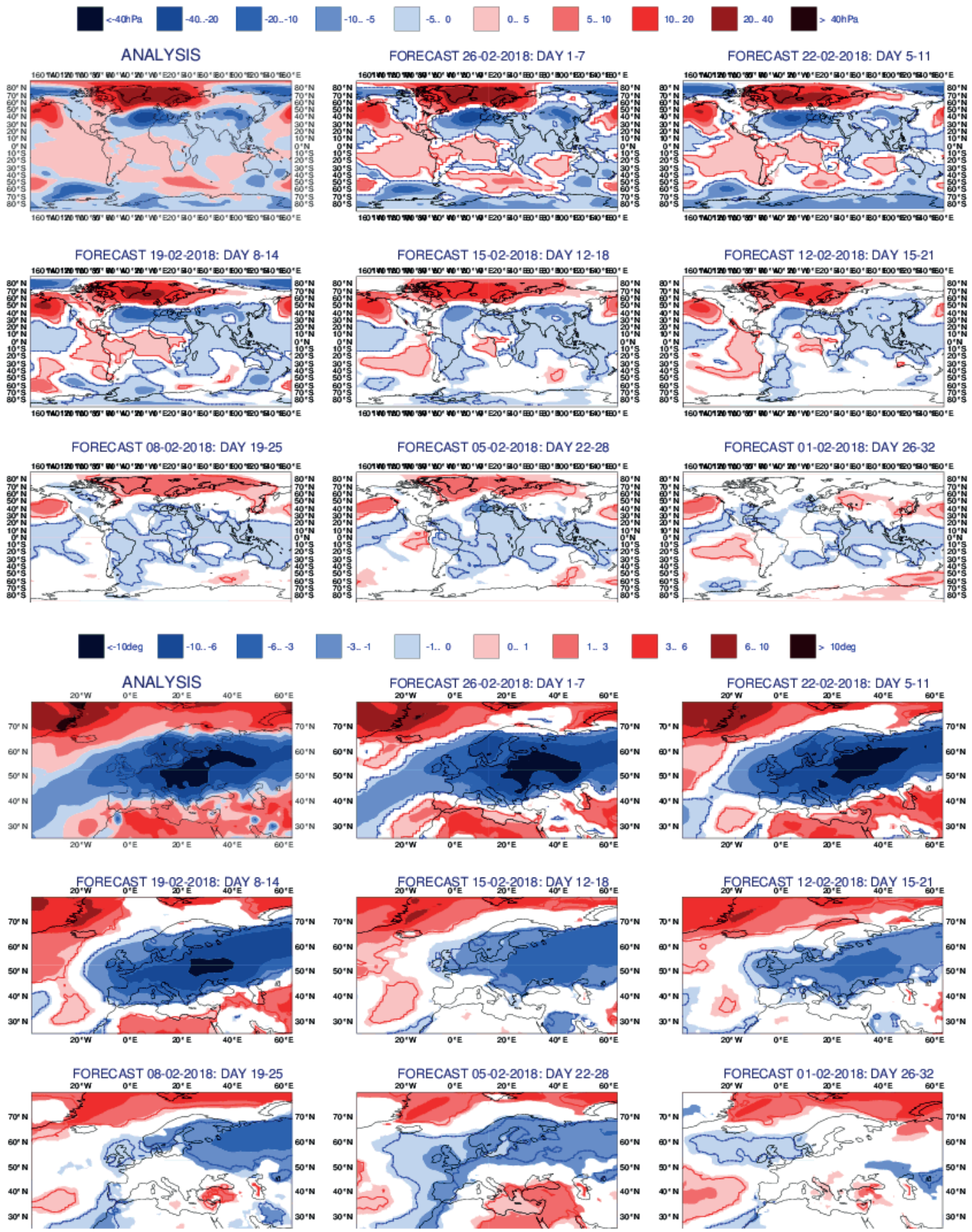
Előrejelezhetőség. A 2018 tél végi hideghullám meglepően jól előrejelezhető volt a szokásos középtávú előrejelzési időtartományon (7–10 nap) túl is. Valószínűleg ez részben a fent említett két jelenségnek (SSW, MJO) is köszönhető. Az SSW eseményeknek a troposzféra cirkulációjára gyakorolt hatása ugyanis akár egy-két hónapon keresztül is észrevehető marad. A sztratoszférában zajló folyamatok hatását a troposzféra légköri viszonyaira pedig a numerikus időjárási modellek is képesek szimulálni (*Marshall és Scaife*, 2010). Az MJO magas szélességeken észlelhető távkapcsolati hatását pedig szintén visszaadják ezek a modellek (*Vitart*, 2017).



7. ábra: Az MJO fázisdiagramja 2018.01.20.–2018.03.01 között. A feltüntetett számok 1-től 8-ig az MJO 8 fázisát jelölik. (Japan Meteorological Agency ábrája magyarázattal kiegészítve)



8. ábra: A 10 hPa-os izobárszint hőmérsékletének zonális átlaga Kelvinben a 80. szélességi kör mentén (szürke: ensemble átlag, fekete:bekövetkezett értékek az NCEP analízise szerint)
a) az UKMO modelljének 2018.01.30-i
b) az ECMWF modelljének 2018.02.05-i előrejelzésében.
(forrás: University of Tsukuba)



9. ábra: Az ECMWF havi ensemble előrejelzéseiből különböző időpontokban készült globális légnyomás-anomália (fent, hPa) és európai 2 méteres hőmérséklet-anomália (lent, °C) előrejelzések a 2018.02.26.-03.04-i hétre. A felső ábrákon az analízis látható. (forrás:ECMWF)

Maguk az SSW-k, és így az örvény szakadások kialakulása csak egy-két hétre jelezhető előre (*Marshall és Scaife*, 2010). Ez 2018-ban is így volt, a Subseasonal to Seasonal (S2S) Projectben (*Vitart*, 2017) szereplő numerikus előrejelző modellekben a legelső előrejelzések a sztratoszféra felmelegedésére vonatkozóan a január 30-i futtatásokban, 11–12 nappal az esemény előtt jelentek meg. Onnantól kezdve néhány modell minden nap nagyon következetesen adta ezt az előrejelzést. A *8. ábra* két modell ensemble előrejelzésének fáklya diagramját mutatja be, melyen a sztratoszféra 10 hPa-os izobárszintjére vonatkozó hőmérséklet előrejelzés látható, összevetve az analízissel.

Az ECMWF az S2S projekt résztvevőjeként hetente kétszer készít több hétre előre ensemble modellfuttatást. Az előrejelzett mezőkből heti bontású anomália előrejelzéseket készítenek az elmúlt 20 év modellklímájához viszonyítva (*Grasics*, 2017). Ilyen anomália előrejelzést mutat be február–március fordulójára vonatkozóan a *9. ábra*. Különböző időpontokban indított modellfuttatások láthatók rajta, így nyomon lehet követni, hogyan vált egyre pontosabbá az előrejelzés, ahogy közeledtünk a kérdéses időszakhoz. A felszíni időjárási paraméterek közül a hatalmas anticiklonban kialakult pozitív légnyomás anomáliát *(9. ábra fent)* és az Európában tapasztalt hideg időjárást *(9. ábra lent)* már több, mint 15 nappal a hideghullám előtt következetesen jelezte. Már a február 12-i futtatásban mind az anticiklon, mind a negatív hőmérsékleti anomália területe nagyjából a megfelelő helyre van előrejelezve, bár az anomália kevésbé markánsan jelenik meg, mint az analízis szerint. Sőt, a még korábban készült előrejelzésekben, vagyis a 3 héten túli előrejelzési tartományban is voltak jelei a hideg levegő európai előretörésének. Fontos tudni, hogy az ábrán bemutatott modellfuttatásokra igaz, hogy vagy már a kezdeti adataikba bekerült a sztratoszféra bekövetkezett felmelegedése, vagy pedig az előrejelzési időszak során ennek kialakulását már az ensemble tagok többsége valószínűsítette (lásd *8.b ábra*).

Összefoglalás. A 2018 tél végi lehűlés szép példája a sztratoszféra és a troposzféra közti kölcsönhatások időjárásunkat alakító szerepének. Mivel a földi légkörzés igen komplex rendszer, ezért a poláris örvény összeomlása nem mindig jár együtt a felszíni cirkuláció fentiekben bemutatott átalakulásával, de a hidegbetörések valószínűségét néhány héten keresztül megnövelheti. A trópusi Madden–Julian oszcilláció hatásait a bemutatott időszakban bekövetkezett eseményekre komolyabban szükséges vizsgálni, mert annak szerepe kevésbé tisztázott.

Irodalom

Baldwin, M. P. and Thompson, D. W., 2009: A critical comparison of stratosphere–troposphere coupling indices. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 135(644), 1661–1672.

Butler, A. H., Sjoberg, J. P., Seidel, D. J. and Rosenlof, K. H., 2017: A sudden stratospheric warming compendium. *Earth System Science Data* 9(1), 63–76.

Garfinkel, C. I., Feldstein, S. B., Waugh, D. W., Yoo, C. and Lee, S., 2012. Observed connection between stratospheric sudden warmings and the Madden–Julian Oscillation. *Geophysical Research Letters* 39, L18807.

Grasics, P., 2017: Havi és évszakos előrejelzések módszertana. BSc szakdolgozat, *Eötvös Loránd Tudományegyetem*, Budapest, pp. 38

Henderson, S. A., Maloney, E. D. and Barnes, E. A., 2016. The influence of the Madden–Julian oscillation on Northern Hemisphere winter blocking. *Journal of Climate* 29(12), 4597–4616.

Limpasuvan, V., Thompson, D. W. and Hartmann, D. L., 2004: The life cycle of the Northern Hemisphere sudden stratospheric warmings. *Journal of Climate* 17(13), 2584–2596.

Marshall, A. G. and Scaife, A. A., 2010: Improved predictability of stratospheric sudden warming events in an atmospheric general circulation model with enhanced stratospheric resolution. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115, D16114

Schwartz, C. and Garfinkel, C.I., 2017: Relative roles of the MJO and stratospheric variability in North Atlantic and European winter climate. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 122(8), 4184–4201.

Tabi, K., 2010: Makrocirkulációs rendszerek és kapcsolatuk a téli időszak időjárásával Magyarországon. Diplomamunka. *Eötvös Loránd Tudományegyetem*, Budapest, pp.129

Vitart, F., 2017: Madden—Julian Oscillation prediction and teleconnections in the S2S database. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 143(706), 2210–2220.

Wheeler, M. C. and Hendon, H. H., 2004. An all-season real-time multivariate MJO index: Development of an index for monitoring and prediction. *Monthly Weather Review* 132(8), 1917–1932.

Zhang, C., 2005: Madden-Julian oscillation. *Reviews of Geophysics* 43(2), 1–36.

Internetes források

ECMWF/Copernicus: https://cds.climate.copernicus.eu/ cdsapp#!/ dataset/reanalysis-era5-pressure-levels

ECMWF: https://www.ecmwf.int/en/forecasts/charts/mofc_multi/

Japan Meteorological Agency : https://ds.data.jma.go.jp/ tcc/tcc/products/clisys/mjo/moni_mjo.html

NOAA CPC [1]: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/ stratosphere/strat-trop

NOAA CPC [2]: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/teleconnections.shtml

University of Tsukuba: http://gpvjma.ccs.hpcc.jp/S2S/S2S_SSW.html

Wetterzentrale http://www.wetterzentrale.de/de/reanalysis.php

KIS LÉPTÉKŰ NEM-HIDROSZTATIKUS LÉGKÖRI ÁRAMLÁSOK NUMERIKUS MODELLEZÉSE MÉRNÖKI CÉLOKRA

NUMERICAL MODELLING OF SMALL-SCALE NON-HYDROSTATIC ATMOSPHERIC FLOWS FOR ENGINEERING PURPOSES

Koren Márton, Balogh Miklós

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Áramlástan Tanszék
1111 Budapest, Bertalan Lajos utca 4–6., *koren@ara.bme.hu, baloghm@ara.bme.hu*

Összefoglalás. A mérnöki alkotásoknak egyre szigorúbb környezetvédelmi és energetikai követelményeknek kell megfelelniük, amelyek közül számos kritérium szorosan kapcsolódik a légköri folyamatokhoz. Éppen ezért, ezek megfelelő ismerete kulcsfontosságú a mérnöki gyakorlat számos területén. Erre jó példa az épületek szerkezeti és energetikai méretezése, amely során kiemelten fontos a helyi szélklíma ismerete. Említhetjük még a szélfarmok optimális telepítését, vagy a várostervezési szempontból fontos átszellőzési vizsgálatokat is, hiszen ezek is olyan mérnöki feladatok, amelyek a légköri folyamatok ismeretére épülnek. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen már évek óta folynak a légköri áramlásokkal kapcsolatos kutatások. Ezen belül a Gépészmérnöki Kar Áramlástan Tanszékének atmoszferikus kutatócsoportja elsősorban mikro- és mezoléptékű légköri analízissel foglalkozik. E tanulmányban az általános célú (OpenFOAM és Ansys Fluent) áramlástani numerikus szimulációs szoftvercsomagok képességeinek bővítésével és összehasonlításával foglalkozunk, a nem-hidrosztatikus légköri áramlások vizsgálatában.

Abstract. Engineering objects have to meet increasingly stringent environmental and energy requirements, many of which are closely related to atmospheric processes. Therefore, proper knowledge of these processes is a key in many areas of engineering practice. A good example of this is the structural and energetic sizing of buildings, where knowledge of the local wind climate is particularly important. We can also mention the optimal design of wind farms or urban ventilation studies, which are important for urban planning, as these are also engineering tasks that are based on knowledge of atmospheric processes. Research on atmospheric flows has been going on at Budapest University of Technology and Economics for years. Within this, the atmospheric research group of the Department of Fluid Mechanics at the Faculty of Mechanical Engineering mainly deals with micro- and mesoscale atmospheric analysis. In the present study, we are dealing with the expansion and comparison of the capabilities of general-purpose (OpenFOAM and Ansys Fluent) flow numerical simulation software packages in the study of non-hydrostatic atmospheric flows.

Bevezetés. Az általános célú numerikus áramlástani (más néven CFD – Computational Fluid Dynamics) szoftvereket a mérnöki gyakorlatban előforduló problémák szimulációjára fejlesztették ki. A szoftverekben alkalmazott fizikai háttér hasonló a meteorológiai előrejelzésekben alkalmazott modellekéhez, de a használat célja és az alkalmazott numerikus módszerek jelentősen különböznek. A mérnöki szimulációs feladatok többségében a légköri folyamatok nem játszanak szerepet, így a légkör-specifikus modellek szinte teljesen hiányoznak a CFD szoftverekből. A meteorológiai gyakorlatban megszokott numerikus módszerek, azaz a spektrális és véges differencia módszer alkalmazása helyett a CFD csomagokban szinte kizárólag a véges-térfogat módszert alkalmazzák, amely részben előnyös, részben viszont hátrányos. Előnyös, hiszen tetszőleges lehet a számítási tartomány geometriája, hátrányos, mivel a vertikális koordinátaként csak a valós geometriai koordináta használható. Ennek köszönhetően a CFD szoftverek csak korlátozottan alkalmazhatók a légköri áramlások szimulációjára, mivel a kötött koordinátarendszer miatt csak neutrális hőmérsékleti rétegződésű légtömeg vizsgálható, hidrosztatikus közelítés alkalmazásával. Nem-hidrosztatikus esetekben, a neutrálistól markánsan eltérő rétegződés esetén a hagyományos nyomás alapú numerikus megoldók instabillá válnak. Az instabilitás oka elsősorban az, hogy a nyomás-gradiens függőleges komponense nagyságrendekkel meghaladja a vízszintes komponenseket. Jelenleg folyó kutatásaink során a probléma megoldására alkalmazott különböző módszereket vizsgáljuk meg és hasonlítjuk össze, az OpenFOAM nyílt forráskódú numerikus áramlástani programcsomag komponenseire épített, általunk fejlesztett atmoszferikus keretrendszerben.

Nem-hidrosztatikus dinamikai modellek. A légkör nem-hidrosztatikus CFD modellezésére többféle módszert is alkalmaznak. Ezek közül a legelterjedtebbek az anelasztikusak és a kvázi-kompresszibilisek. Anelasztikus modelleknél a sűrűség csak a függőleges koordinátától függ, a termikus jelenségek miatti sűrűségváltozást a Boussinesq közelítéssel alkalmazásával vesszük figyelembe. Ezek egy olyan formalizmushoz vezetnek, ahol a transzportegyenletek a hidrosztatikus referencia állapotra kerülnek felírásra. Az energiaegyenletben pedig a potenciális hőmérséklet szerepel (*Knaus et al.*, 2017). Ezek előnye az, hogy a megoldás során a közeg összenyomhatatlannak tekinthető.

Az anelasztikustól eltérően, a kvázi-kompresszibilis modellekben a sűrűség csak a hidrosztatikus nyomás értékétől, illetve a helyi hőmérséklettől függ, azaz független a lokális sebességtől. Annak érdekében, hogy az adiaba-

tikus hőmérsékletváltozást figyelembe lehessen venni, az energiaegyenletet egy új forrástaggal kell kiegészíteni. Ez a forrástag zárt alakban felírható, így könnyen implementálható. Ez utóbbi módszer nagy előnye, hogy az egyenleteket közvetlenül a fizikai állapotváltozókra írhatjuk fel, hátránya viszont, hogy nem feltételezhetjük összenyomhatatlannak a közeget, vagyis a megoldás numerikus szempontból lényegesen összetettebb.

COSMO-EULAG. A numerikus időjárás-előrejelzés horizontális felbontásának növekedése több jelenség explicit módon történő kezelésére is lehetőséget ad (ilyen például a termikus konvekció). A megnövekedett modellfelbontás viszont több új problémát vet fel, főleg komplex domborzat estén. Ebből kifolyólag, a COSMO korlátos tartományú modelljébe bekerült az EULAG (Eulerian/semi-Lagrangian fluid solver), mint összenyomhatatlan közeget feltételező, azaz anelasztikus dinamikus közelítés. Az EULAG modellt *Prusa et al.* (2008) tették közzé, mint széleskörűen használható hő- és áramlástani modellt. A modell – az időjárás-előrejelzés mellett – más problémák megoldására is felhasználható. Ilyen például a viszko-elasztikus hullámok agyban történő terjedésének vizsgálata, vagy a gravitációs hullámok, illetve az óceáni áramlások szimulációja. Időjárás-előrejelzésre való alkalmazhatóságát több validációs teszt esettel igazolták. Ezek közül az első sorozatot *Rosa et al.* (2011) készítették száraz levegőt feltételező esetekre, köztük a *Straka et al.* (1993) esetre, illetve később egy szupercellára (*Kurowski et al.*, 2011).

A modell másodrendű, nem-hidrosztatikus mozgásegyenletekre épül, anelasztikus közeget feltételezve. A korábbiakban már említett anelasztikus modellekre jellemzően, a hőmérséklet-különbség miatt ébredő felhajtóerő megadása során a Boussinesq közelítést használja, és a hőmérséklet helyett pedig a potenciális hőmérséklet szerepel a modellben.

Ezt a módszert előszeretettel alkalmazzák a korlátos tartományú, nem-hidrosztatikus meteorológiai modellekben, mivel a konvekció mérettartományában az áramlás erősen turbulens, és az energiaspektrum meghatározó részéhez tartozó hullámhossz a hálófelbontáshoz közeli mérettartományba esik, és ezzel a módszerrel garantálható a konzervativitás, azaz a nemkívánatos disszipáció elkerülése.

A KRB modell. Kristóf-Rácz-Balogh (KRB) modellt 2009-ben publikálták (*Kristóf et al.*, 2009). A modell implementációját az Ansys Fluent általános célú kereskedelmi áramlástani modellel valósították meg. A modell alkalmazható mikro- és mezoskálájú problémák megoldására, például városi áramlások szimulációi során, vagy hűtőtornyok modellezésénél.

Habár a KRB transzformáció a kvázi-kompresszibilis Navier-Stokes-egyenleteken alapul és a szakirodalomban *Knaus et al.* (2017) is így hivatkoznak rá, ez a modell is anelasztikusnak tekinthető. A módszer alapja a számítási tartomány függőleges koordinátáinak transzformációja, oly módon, hogy a sűrűség gradiens függőleges komponense állandó legyen. A koordináta-transzformáció mellett, a fizikai változók transzformációjára is szükség van. A Boussinesq közelítéssel élve, az egyes változók egyensúlyi- és a pillanatnyi értékeinek eltéréseire oldjuk meg az egyenleteket. A módszer eredeti változata a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO) légkör modelljét használja (*Manual of The ICAO Standard Atmosphere Calculations*, 1954) az egyensúlyi profilok megadása során. A transzformált változókra felírt egyenletekben a sűrűség állandó, így használható az összenyomhatatlan közegre felírt NS-egyenlet, az anelasztikus formalizmushoz hasonló módon. A függőleges koordináta transzformáció, illetve a modellváltozók transzformációja miatt, az egyenletekben additív forrástagokat vezetünk be.

A továbbfejlesztett OF-KRB-N modell. Az általunk alkalmazott módszer a KRB transzformációra épül, és azt az OpenFOAM (Open-source Field Operation And Manipulation) szoftverkörnyezetben implementáltuk. Ez egy C++ nyelven íródott nyílt forráskódú eszköztár (C++ könyvtár), amely a véges térfogat módszert alkalmazza, és a numerikus megoldók mellett elő- és utófeldolgozó elemeket is tartalmaz. Az eszköztár alapvetően kontinuum mechanikai problémák, azon belül is áramlástani feladatok megoldására készült. A szoftverrendszer licence GNU 3 verziójú, ezért a forráskódja teljes mértékben hozzáférhető, azaz megismerhető és szerkeszthető, ellentétben a kereskedelmi szoftverekkel. A forráskód korlátlan ismerete megkönnyíti az új modellek felépítését, új formalizmusok és módszerek implementációját. A szoftver alapverziója több megoldó eljárást tartalmaz, implementációja pedig támogatja a magas szintű párhuzamosítást, így egy jól használható keretrendszert biztosít az új fejlesztések számára. Nem elhanyagolható szempont az sem, hogy használata teljesen ingyenes, így a megoldandó probléma méretét (felbontását) csak a rendelkezésre álló számítási kapacitás korlátozza.

Az előnyök mellett természetesen vannak hátrányai is. A nyílt forráskódú licencnek köszönhetően a szoftver felhasználói egyben annak fejlesztőivé is válhatnak, így az implementált komponensek nem minden esetben egységes szerkezetűek, dokumentációjuk pedig általában elnagyolt. Ez gyakran megnehezíti az új modulok fejlesztését.

A KRB modell eredeti változata csak egy adott referencia légkörmodellre készült el, és ezen a mások által továbbfejlesztett változatok sem léptek túl (*Wang and Li*, 2016). Ennek egyik fő oka, hogy a keretrendszerként használt kereskedelmi szoftvercsomag nem támogatja a forrástagok felírásához szükséges deriváltak numerikus közelítését, ezért azok csak analitikusan, számos egyszerűsítés mellett fejezhetők ki. Ezzel szemben az OpenFOAM környezetben bármilyen változó, akár bonyolult kifejezések is deriválhatók numerikusan, így tetszőleges hidrosztatikus légkörmodell használata mellett alkalmazható a módszer. Ennek köszönhetően érvényességi tartománya könnyen kiterjeszthető a troposzféra feletti légrétegekre is. Az új implementáció kiküszöböli az eredeti módszer felhasználhatóságát erősen korlátozó egyéb tényezőket is. A numerikus háló

és az állapotváltozók transzformációjára is külön modulokat fejlesztettünk, amelyek univerzálisan használhatók az alkalmazott referencia légkörmodelltől függetlenül. Ez utóbbi a kód újrafordítása nélkül szabadon átparaméterezhető, így tetszőleges rétegződésű és összetételű légkörök modellezésére is lehetőség nyílik. A módosított modellt OF-KRB-N modellnek neveztük el, amelyben az „OF" a keretrendszerre, az „N" pedig a tisztán numerikus deriváltakra utal. Az összehasonlíthatóság érdekében az új modell mellett az eredeti KRB modellt is implementáltuk az OpenFOAM keretrendszerben, amelyet OF-KRB-O modellnek neveztünk el, ahol „O" az „original" rövidítése, majd a következő fejezetben bemutatott nemlineáris esettanulmányon keresztül verifikáltuk azokat.

A két különböző szoftverben hasonló numerikus beállításokkal futtattuk le a kiválasztott tesztesetet, habár a sebesség-nyomás csatolásra alkalmazott algoritmusok kissé eltértek egymástól. Az Ansys Fluent szoftverben a PISO (Pressure-Implicit with Splitting of Operators), míg az OpenFOAM szoftverben az ún. PIMPLE algoritmust használtuk. Ez utóbbi egy kevert algoritmus, amely ötvözi a PISO és a sokkal robusztusabb SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations) algoritmusokat (*Holzmann*, 2016).

Nemlineáris esettanulmány. *Straka et al.* (1993) publikáltak egy tesztesetet különböző a nem-hidrosztatikus légköri áramlásokat leíró, nem-lineáris egyenletrendszerek numerikus megoldási módszereinek tesztelésére. A számítástechnika fejlődésének köszönhetően akkoriban már kellően nagy számítási kapacitás állt rendelkezésre ahhoz, hogy a hálófüggetlen megoldáshoz tartozó felbontás mellett is végezhessenek numerikus szimulációkat. Az eset megalkotásának fő szempontjai a könnyű implementáció és a korlátos számítási tartomány voltak. Ennek az erősen nemlineáris problémának nincs zárt alakban felírható analitikus megoldása, ezért a probléma numerikus referencia megoldásaival szokták összevetni az új, nem-hidrosztatikus modellekkel kapott szimulációk eredményeit. A tesztesetet a mai napig széleskörűen használják (*Benacchio and Klein*, 2019; *Romero et al.*, 2019), és az eredeti KRB, illetve az EULAG modell validációja során is fontos szerepet kapott.

A teszteset egy olyan 2-dimenziós probléma, amelyben az áramlást csupán a sűrűségkülönbség hajtja. A tartomány 51,6 km hosszú 6,4 km magas. A sűrűségkülönbséget az egyensúlyi hőmérséklet-eloszlásnál alacsonyabb hőmérsékletű levegőt tartalmazó „hideg csepp" okozza, amely kezdetben a tartomány közepén, 3 km-es magasságban helyezkedik el. A kezdeti állapotban a hideg csepp hőmérséklet-megoszlását leíró egyenlet a következő:

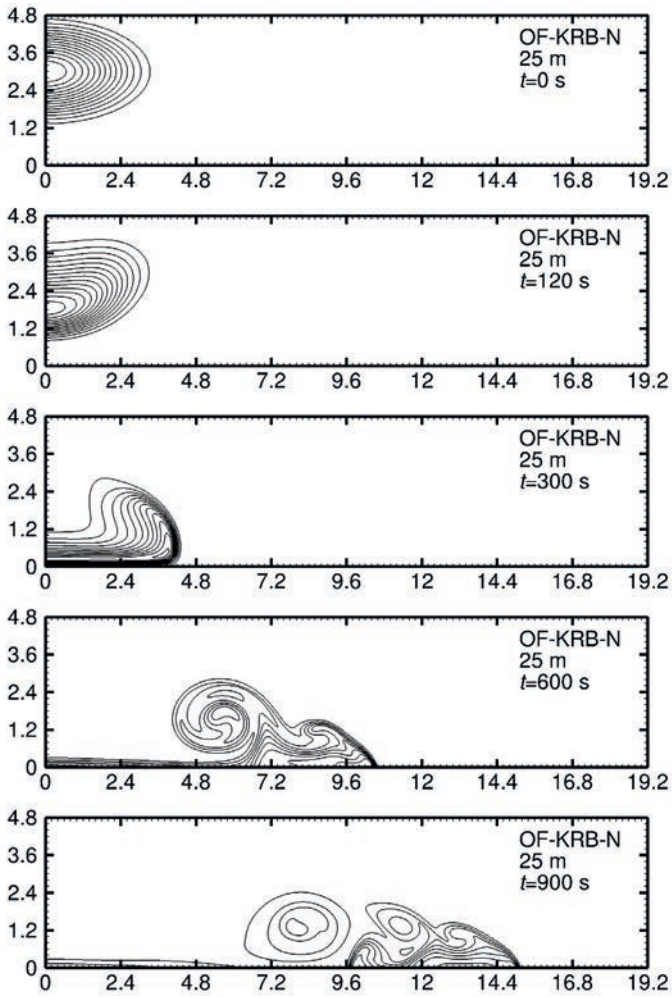
$$\Delta T = \begin{cases} 0\,K & ha\ L > 1 \\ -\Delta T_{max}\,\dfrac{\cos(\pi L)+1}{2} & ha\ L \le 1 \end{cases}$$

ahol az L távolságot a következőképp definiáljuk:

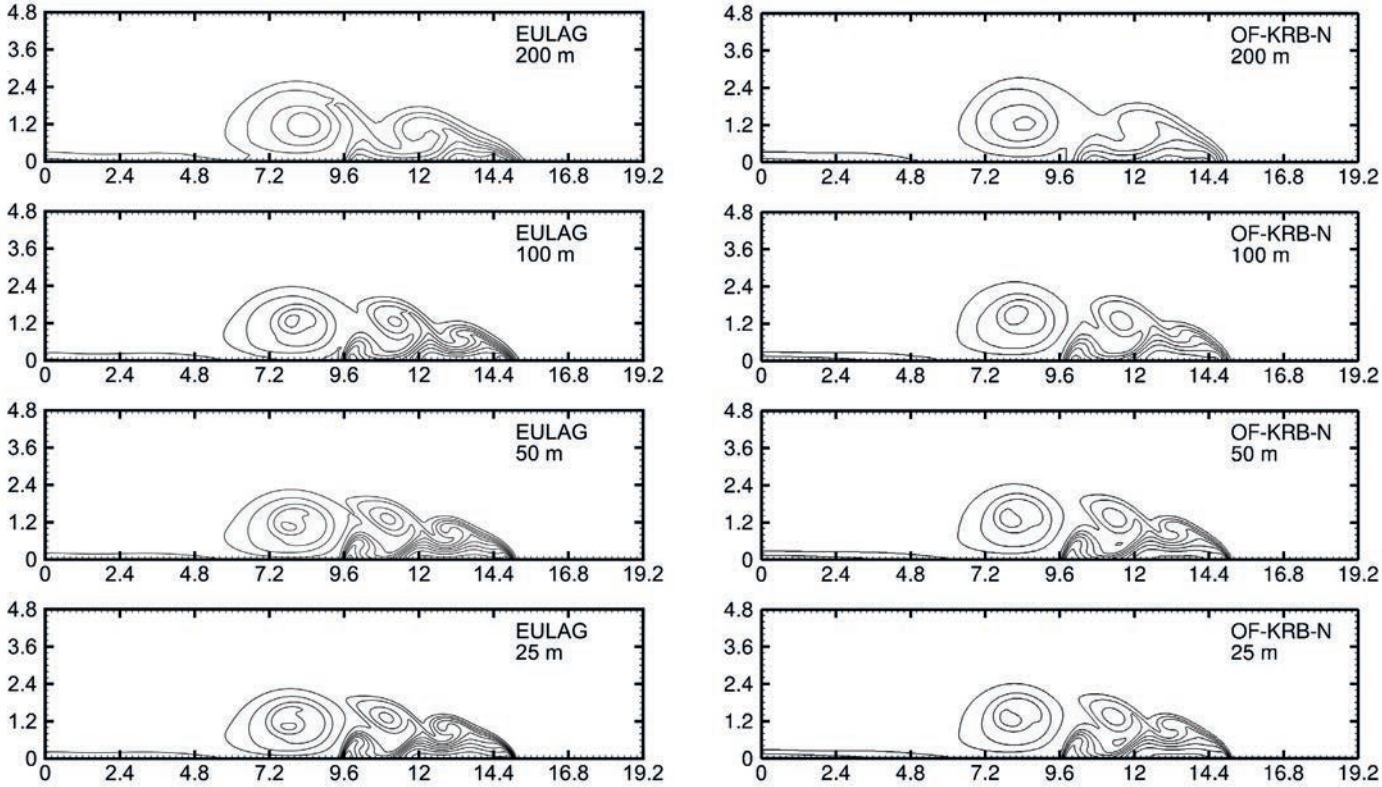
$$L = \sqrt{\left(\frac{x - x_c}{x_r}\right)^2 + \left(\frac{y - y_c}{y_r}\right)^2}$$

Az egyenletek paraméterei: ΔT_{max}=15 K, x_c=0 km, x_r=4 km, y_c=3 km, y_r=3 km. A szimulált folyamat időtartam 900 s. Ezalatt sűrűségkülönbség hatására a csepp süllyed, majd a felszínhez érve vízszintes irányban terjed szét, miközben Helmholtz rotorok keletkeznek a szétterjedő hideg folt tetején.

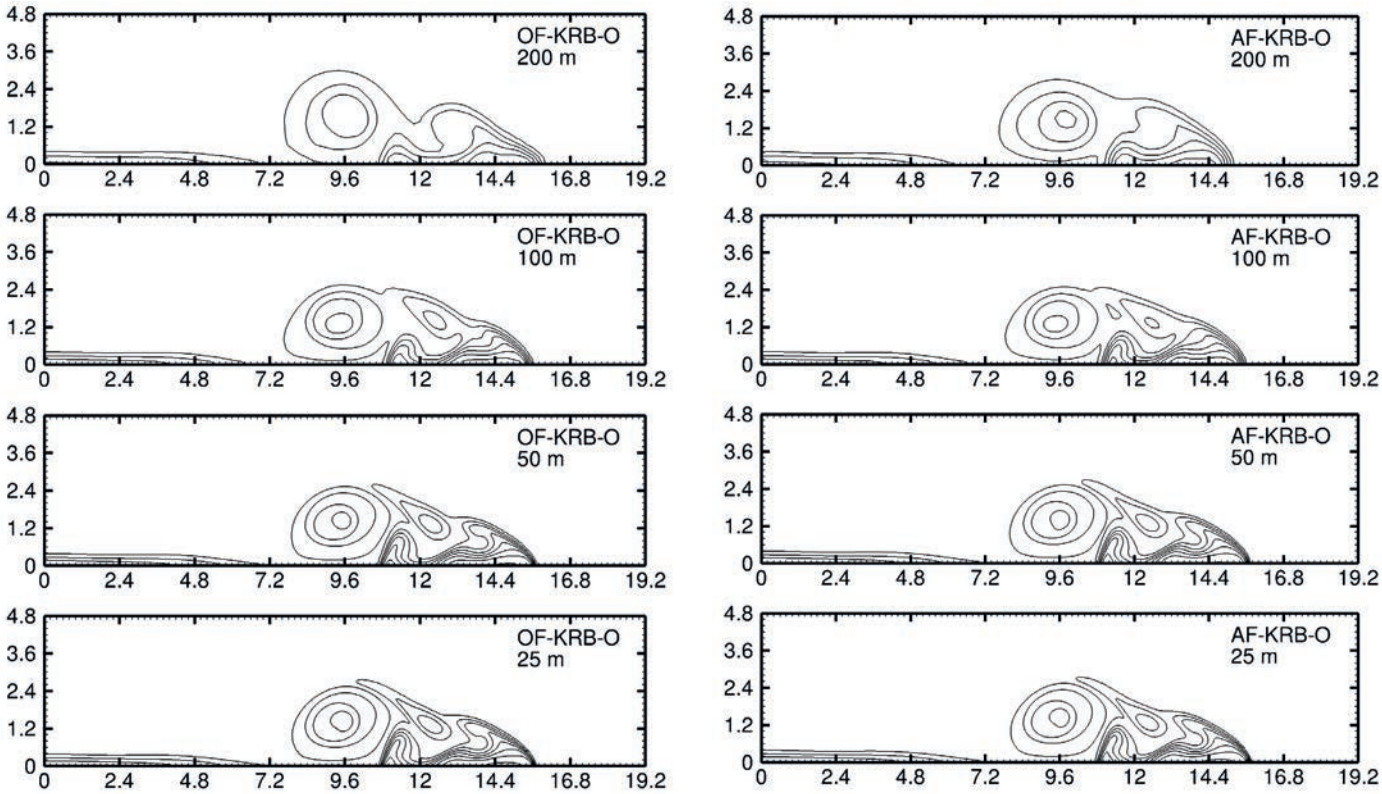
A jelenség szimmetriájának köszönhetően a tartomány is szimmetrikus a z tengelyre, így annak csupán felét figyelembe véve is elvégezhető a szimuláció. Nemcsak a hideg csepp középpontján átmenő peremen alkalmaztunk szimmetria peremfeltételt, de az eredeti esettanulmányokkal összhangban minden oldalsó határfelületen is. A kezdeti nyomásmező hidrosztatikus nyomásprofiltól való eltérésére és a sebesség mezőre is zérus értéket írtunk elő. A hideg csepp hőmérséklet eloszlását a hidrosztatikus hőmérsékleti mezőhöz viszonyítva írtuk elő, az eredeti esetleírásnak megfelelően.



1. ábra: Potenciális hőmérséklet eloszlás t=0, 120, 300, 600 és 900 szekundum után 25 m-es hálófelbontás esetén. A kontúr vonalak 1 K különbséget mutatnak. A tartomány szimmetriatengelye az x=0-ban található, csak a modellezett fél térrész látható. A távolság adatok km-ben szerepelnek az ábrán



2. ábra: A potenciális hőmérséklet eloszlása 900 s-nál 200 m, 100 m, 50 m és 25 m-es hálófelbontás esetén. Bal oldalon a COSMO-EULAG modell esetén, jobb oldalon pedig a OF-KRB-N, a KRB numerikus deriváltakat használó változata látható OpenFOAM-ban implementált modell esetén



3. ábra: A potenciális hőmérséklet eloszlása 900 s-nál 200 m, 100 m, 50 m és 25 m-es hálófelbontás esetén. Bal oldalon a AF-KRB-O, az eredeti Ansys Fluentben implementált modell esetén, jobb oldalon pedig az OF-KRB-O, az eredeti KRB OpenFOAM-ban implementált modell esetén

Eredmények. Ebben a fejezetben a KRB modelleknél használt jelölésrendszerben az első két betű a szoftvercsomagot jelöli, míg az utolsó a formalizmust. Az AF-KRB-O az Ansys Fluent szoftvercsomagban implementált eredeti formalizmus, az OF-KRB-O OpenFOAM szoftvercsomag, eredeti (original) formalizmus, az OF-KRB-N OpenFOAM szoftvercsomag, új (numerikusan deriváló) formalizmus, illetve az EULAG a már korábban tárgyalt modellt jelenti.

A hideg csepp mozgását és a hőmérséklet-eloszlás alakulását öt kiválasztott időpillanatban az *1. ábrán* szemléltettük. A szimuláció elején a negatív felhajtóerőnek köszönhetően a hidegebb csepp elkezd süllyedni. Mivel a közepe a hidegebb, mint a szélei ezért az a rész gyorsabban süllyed, és ennek következtében az első örvény már igen korán elkezd kialakulni. A csepp folyamatos süllyedése végén eléri a talajt, ahol a függőleges irányú mozgás blokkolása miatt helyi statikus nyomásnövekedést tapasztalunk. A megnövekedett statikus nyomás divergens mozgást indukál, azaz vízszintes irányban hajtja a hidegebb levegőt.

A vízszintes terjedés során a vízszintes sebességkomponens nagy függőleges gradiense miatti nyírás Kelvin-Helmholtz instabilitáshoz vezet. Körülbelül 300 s-nál az első rotor már egyértelműen kivehető, majd 600 s-nál megjelenik a második, végül 900 s-nál láthatóvá válik egy harmadik is. A *2. ábra* bal oldalán a COSMO-EULAG (*Rosa et al.*, 2011), jobb oldalán az általunk futtatott OF-KRB-N modellek eredményei, illetve a *3. ábrán* a szintén általunk futtatott AF-KRB és OF-KRB-O eredményei láthatók különböző hálófelbontások mellett. Az EULAG modellnél megfigyelhető, hogy a 25 m-es és 50 m-es felbontással kapott eredmény szinte teljesen megegyezik, és a 100 m-es felbontású is csak kis mértékben különbözik ezektől. A 100 méteres felbontással kapott eredményen a harmadik rotor (legnagyobb örvény) nem annyira fejlett, illetve az első rotor kevésbé különül el a többitől, mint a finomabb felbontással kapott eredményeken.

A legdurvább, 200 m-es felbontású hálón futtatott modell struktúrájában nagymértékben eltér a finomabb felbontásúaktól, hiszen azokon csupán két rotor jelenik meg.

Az OF-KRB-N modell eredményeiről is elmondható, hogy a 25 m-es és 50 m-es felbontás mellett kapott potenciális hőmérséklet megoszlások közel megegyezők, tehát ilyen felbontások mellett már elérhető a rács/hálófüggetlen megoldás. 100 m-es felbontás mellett a harmadik rotor itt sem alakul ki teljesen. A legdurvább, 200 m-es felbontás esetén, az EULAG modell eredményeihez hasonlóan csak két nagyobb rotor jelenik meg.

A legfinomabb, illetve a legdurvább felbontás esetén is nagyon hasonló a két modell eredménye. Az is látható, hogy az OF-KRB-N modell valamivel nagyobb felbontás mellett éri el a rács/hálófüggetlen eredményt. Ennek egyik oka az lehet, hogy ebben az esetben a modellnél a transzformált tartományon felbontását vettük alapul, így az 36%-kal kevesebb cellát tartalmaz, mint az EULAG tartománya.

Az AF-KRB-O és OF-KRB-O modelleket egymáshoz hasonlítva elmondható, hogy a felbontás növelésével a különbségek egyre inkább eltűnnek. Nagyobb eltérés csak a 200 m-es felbontás esetén látható. A hálófüggőség tekintetében a OF-KRB-N-hez hasonlóan a két legnagyobb felbontású eset közel megegyező mindkét implementáció esetén. Az OF-KRB-N-nel összehasonlítva a hideg foltok távolabb jutottak 900 s alatt, illetve a rotorok kevésbé különülnek el egymástól.

1. táblázat: A front pozíciója, a sebességkomponensek, a potenciális hőmérséklet és a nyomás szélsőértékeinek összehasonlítása a t=900 s időpillanatban különböző referencia esetekkel 25 m-es felbontás esetén. A θ', a referencia potenciális hőmérséklettől, a p', a referencia nyomástól való eltérést jelöli.

	REFQ	REFC	REFS	EULAG	OF-KRB-N	AF-KRB-O	OF-KRB-O
Front helyzete [km]	15,51	15,54	N/A	15,16	15,18	15,77	15,71
u_{max} [m/s]	34,72	36,46	35,02	35,06	31,55	33,96	34,59
u_{min} [m/s]	-15,31	-15,19	-16,32	-15,29	-14,82	-15,18	-14,99
w_{max} [m/s]	13,04	12,93	13,28	13,07	12,72	17,52	15,43
w_{min} [m/s]	-16,89	-15,95	-16,11	-15,94	-15,93	-19,65	-18,63
θ'_{max} [K]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	0,08
θ'_{min} [K]	-10,00	-9,77	-9,77	-9,96	-8,08	-8,14	-7,649
p'_{max} [hPa]	1,74	2,87	2,49	1,67	0,71	0,87	0,61
p'_{min} [hPa]	-5,51	-5,14	-5,55	-5,40	-4,70	-7,52	-5,35
Δp [hPa]	7,25	8,01	8,04	7,07	5,41	8,39	5,96

A KRB modellek eredményeit a *Straka et al.* (1993) tanulmányából származókkal, illetve az EULAG modell eredményeivel vetettük össze az *1. táblázat*ban. A referenciaként használt modelleket rendre a kvázi-összenyomható (REFQ), a teljesen összenyomható (REFC), illetve az eltolt, azaz B-típusú Arakawa rácson futtatott összenyomható (REFS) betűszavak jelölik. Az összehasonlítást 25 m-es felbontás mellett, t = 900 s-ra végeztük el.

Általánosan elmondható, hogy az OF-KRB-N modell minden szélsőértéket alulbecsül, a referencia esetekhez képest.

A legnagyobb eltérés a θ'_{min}, illetve a nyomásértékeknél figyelhető meg.

A két KRB-O eset hasonló eredményeket mutat, jelentős eltérés a vertikális sebességkomponensnél és a nyomásnál vannak. A vertikális sebességnél a referencia esetet mindkét modell túlbecsüli. Az Ansys Fluent-ben implementált változat a nyomáskülönbséget is túlbecsüli, míg az OpenFOAM-os alul. Ezen két változó mellett nagyobb eltérés a θ'_{min}-nél van a OF-KRB-N-hez hasonlóan.

A legfontosabb verifikációs paraméter a front pozíciója, hiszen integrálmennyiségként összegzi a dinamikai folyamatok eredményét. A front helyzetének megadására azt a pontot választottuk, ahol a front előrehaladtával 1°K-kal csökken a hőmérséklet a referencia hőmérséklethez képest. A REFQ és REFC esetet, az AF-KRB-O és OF-KRB-O esetet, illetve a EULAG és az OF-KRB-N esetet összehasonlítva azt látjuk, hogy a front helyzete felbontás alatti távolságban van egymáshoz képest, habár a *Straka et al.* (1993)-hoz képest 350 m-rel hátrébb van az EULAG és az OF-KRB-N párosítás, illetve körülbelül 1 cellányival van előrébb az AF- illetve OF-KRB-O páros.

Látható, hogy a referencia potenciális hőmérséklettől való pozitív eltérés, θ'_{max}, az általunk futtatott esetekben nem nulla. Ez a különbség potenciális hőmérsékleti mező és a fizikai hőmérsékleti mező közötti transzformáció során keletkezik, az anyagjellemzők és fizikai állandók kerekítésének köszönhetően, azaz nem a numerikus módszer hibája. Ha a Straka teszteset állandói helyett az állandókat egymásból fejezzük ki, akkor ez a hiba eltűnik, azaz θ'_{max} értéke zéró K lesz.

Összfoglalás. Összegzésként elmondható, hogy a KRB nem-hidrosztatikus légkörmodellt továbbfejlesztettük, illetve implementáltuk az OpenFOAM szoftverkörnyezetben, OF-KRB-N modell néven. Az új modellben a deriváltak tisztán numerikus számításával, így az analitikus deriváltak miatti egyszerűsítések elhagyásával lehetőség nyílik a tetszőleges hőmérsékleti rétegződésű és összetételű légkörök vizsgálatára. Az új modell nagy előnye, hogy rugalmasan adaptálható a modellparaméterek kódtól független megadásával, a mérnöki gyakorlatban felmerülő szimulációs feladattól függően.

A *Straka et al.* (1993) által közölt validációs esetben az OF-KRB-N modell, és a referenciaként használt EULAG modell eredményei mind kvalitatívan, mind kvantitatívan jól egyeznek. A legfontosabb mennyiségnél, azaz a front pozíciójánál az eltérés felbontás alatti. A további terveink között szerepel a modell képességeinek bővítése, azaz további fizikai modellek és parametrizációk implementálása. Ezek segítségével pontosabbá válhatna a kis léptékű légköri turbulencia, a felszíni energia-, momentum- és anyag-transzport, illetve a sugárzási folyamatok hatásának leírása is.

Köszönetnyilvánítás.
A jelen publikációban megjelenő kutatások az ITM NKFIA által nyújtott TKP2020 IKA támogatásból, az NKFIH által kibocsátott támogatói okirat alapján valósultak meg (projekt azonosító: TKP2020 BME-IKA-WAT).
Ez a tanulmány a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal K 124439 sz. pályázatának támogatásával készült.

Irodalom

Benacchio, T. and Klein, R., 2019: A semi-implicit compressible model for atmospheric flows with seamless access to soundproof and hydrostatic dynamics.
Monthly Weather Review, 4221–4240. doi.org/10.1175/mwr-d-19-0073.1

Holzmann, T., 2016: Mathematics, Numerics, Derivations and Openfoam, 68–79. doi.org/10.13140/RG.2.2.27193.36960

Knaus, H., Rautenberg, A. and Bange, J., 2017: Model comparison of two different non-hydrostatic formulations for the Navier-Stokes equations simulating wind flow in complex terrain.
Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 169, 290–307. doi.org/10.1016/j.jweia.2017.07.017

Kristóf, G., Rácz, N. és Balogh, M., 2009: Adaptation of Pressure Based CFD Solvers for Mesoscale Atmospheric Problems. *Boundary-Layer Meteorology* 131, 85–103. doi.org/10.1007/s10546-008-9325-7

Kurowski, M. J., Rosa, B., and Ziemiański, M. Z., 2011: Testing the anelastic nonhydrostatic model EULAG as a prospective dynamical core of a numerical weather prediction model Part II: Simulations of supercell.
Acta Geophysica 59(6), 1267–1293. doi.org/10.2478/s11600-011-0051-z

Manual of the ICAO Standard Atmosphere Calculations, 1954. Lmgley Field, Va., USA: National Advisory Commitee For Aeronautics.

Prusa, J. M., Smolarkiewicz, P. K., and Wyszogrodzki, A. A., 2008: EULAG, a computational model for multiscale flows. *Computers and Fluids* 37, 1193–1207. doi.org/10.1016/j.compfluid.2007.12.001

Romero, R., Vich, M., and Ramis, C., 2019: A pragmatic approach for the numerical prediction of meteotsunamis in Ciutadella harbour (Balearic Islands). *Ocean Modelling* 142, 101441. doi.org/10.1016/j.ocemod.2019.101441

Rosa, B., Kurowski, M. J., and Ziemiański, M. Z., 2011: Testing the anelastic nonhydrostatic model EULAG as a prospective dynamical core of a numerical weather prediction model Part I: Dry benchmarks. *Acta Geophysica* 59(6), 1236–1266. doi.org/10.2478/s11600-011-0041-1

Straka, J. M., Wilhelmson, R. B., Wicker, L. J., Anderson, J. R. and Droegemeier, K. K., 1993: Numerical solutions of a non-linear density current: A benchmark solution and comparisons. *International Journal for Numerical Methods in Fluids* 17, 1–22. doi.org/10.1002/fld.1650170103

Wang, X. and Li, Y., 2016: Predicting urban heat island circulation using CFD. *Building and Environment* 99, 82–97. doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.01.020

A MŰHOLDAS TALAJNEDVESSÉG KLIMATOLÓGIAI ALKALMAZHATÓSÁGA

CLIMATOLOGICAL APPLICATION OF SATELLITE SOIL MOISTURE

Breuer Hajnalka

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

Összefoglalás. A talaj nedvességtartalma egyszerre mutatja a hőmérsékletben és a csapadékban jelentkező változásokat, és jelentősen befolyásolja a mezőgazdasági termelést. Ezért fontos, hogy az egész Földre kiterjedő mérésen alapuló talajnedvesség adatbázis is rendelkezésre álljon az éghajlatváltozási vizsgálatokhoz. Az Európai Űrügynökség műholdas méréseken alapuló talajnedvesség adatbázisát mérésekkel vetjük össze, hogy bemutassuk az adatbázis előnyeit és hátrányait. Az eredmények azt mutatják, hogy az adatbázis individuális rácspontjaiban relatív időbeli változások vizsgálhatók, de fenntartással kell kezelni azon területeket, ahol öntözés zajlik.

Abstract. The soil moisture content shows the coupled changes in temperature and precipitation and has large impact on agriculture. Thus, it is important to have a global soil moisture database readily available for climate change analysis. Here the advantages and disadvantages of the European Space Agency's satellite measurement-based soil moisture database is shown comparing with in situ soil moisture measurements. Results show that relative changes in time can be analysed at individual grid points, while areas with irrigation must be treated with caution.

Bevezetés. A talajnedvesség, a párolgáson keresztül jelentős hatással bír a légköri folyamatokra, évszakos változékonysága befolyásolhatja a hőhullámok erősségét (*Fischer et al.*, 2007), az árvizeket okozó konvektív csapadék menynyiségét (*Saini et al*., 2016), sőt a monszun bekövetkezési idejét is (*Zuo és Zhang*, 2007). Éppen ezért fontos a mérése és területi eloszlásának ismerete. A pontos területi eloszláshoz kiterjedt mérőhálózatra lenne szükség, mely nem kivitelezhető. A távérzékelés fejlődésével a talajnedvesség mérés is részben kiköltözött az űrbe, műholdak segítségével a talaj felső rétegének nedvességtartalmáról kaphatunk információt. E tanulmányban arra a kérdésre igyekszünk választ adni, hogy használható-e klimatológiai vizsgálatokra a távérzékeléssel kapott talajnedvesség.

Adatok. Az Európai Űrügynökség (ESA) kezelésében az Éghajlatváltozási Kezdeményezés (Climate Change Initiative – CCI) keretében a talajnedvesség távérzékelésen alapuló klimatológiai adatbázisának létrehozása kitüntetett szerepet kap. Az ESA talajnedvesség adatbázisa (*Dorigo et al.,* 2017; *Gruber et al.*, 2017; *Gruber et al.*, 2019) napi szinten, 1978 novemberétől, 0,25° x 0,25° térbeli felbontás mellett áll rendelkezésre, időszakosan bővítve újabb mérésekkel.

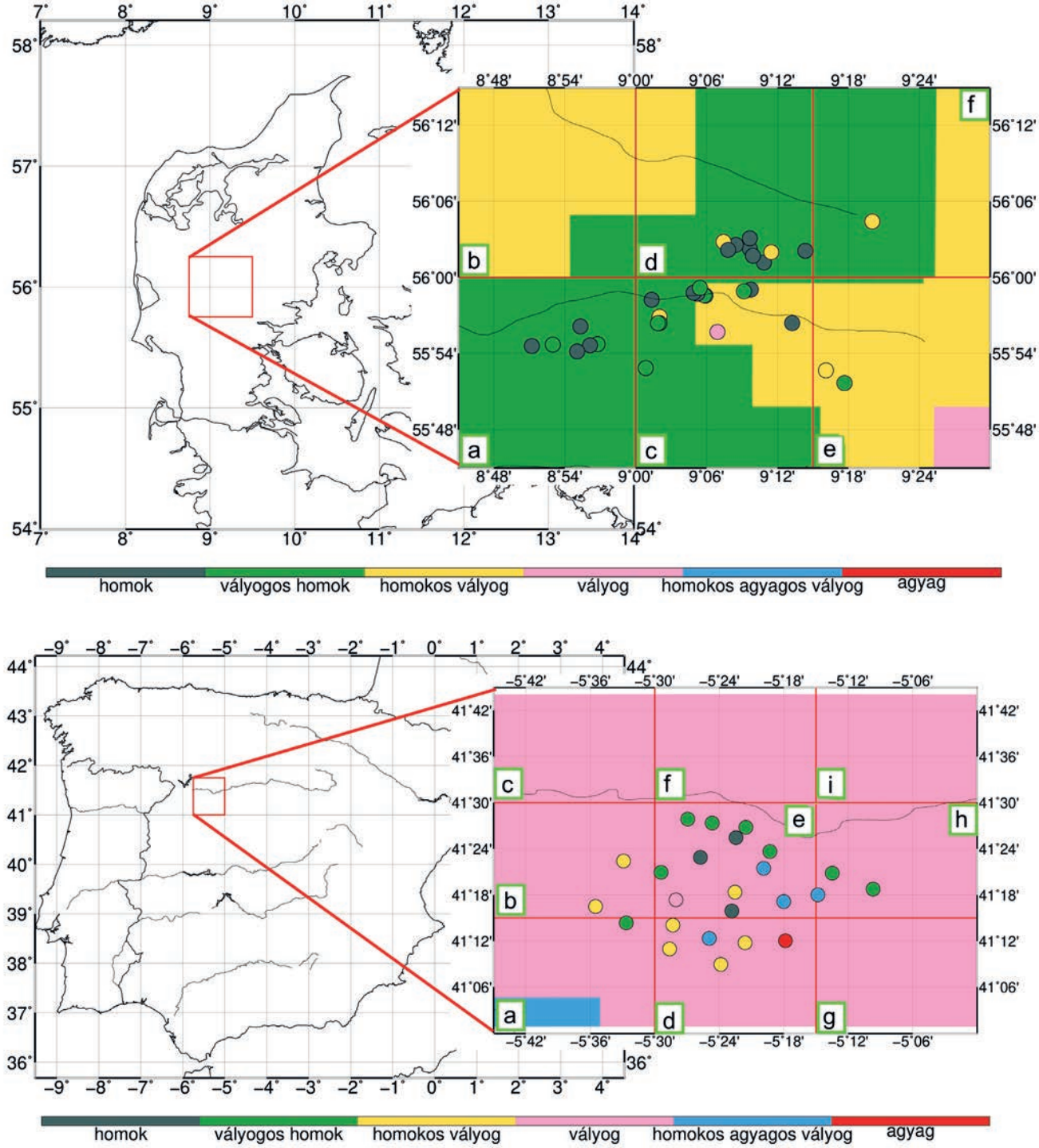
Az ESA CCI programjában aktív és passzív műholdas távérzékelési módszerrel meghatározott talajnedvesség egyaránt rendelkezésre áll, valamint ezek kombinációja is. A tanulmányban a kombinált adatsort használjuk. A műholdas talajnedvesség mérés alapja a száraz talaj és a benne levő víz dielektromos tulajdonságai között fennálló jelentős különbség. A felszínre kibocsátott vagy arról reflektált mikrohullámú sugárzás majdnem lineáris kapcsolatot mutat a talaj-víz keverési aránnyal (*Dorigo et al.*, 2017). A talajban levő víz és levegő térfogatának meghatározásához ugyanakkor szükséges egy referencia talajadatbázis, melyben a talaj hidrofizikai tulajdonságai ismertek. A kombinált ESA adatsor esetén a műholdas produktum egy adatszűrésen megy át, melynek fő lépése a GLDAS (Globális Felszíni Adatasszimilációs Rendszer – *Rodell et al.*, 2004) felszín modellhez történő skálázás. A GLDAS, rendszerét tekintve egy felszíni modell, melybe műholdas és felszíni megfigyelések kerülnek asszimilálásra, hogy a felszíni áramok és a felszíni/talaj állapothatározók minél pontosabban ismertek legyenek. A modellhez történő illesztést követően minden egyes műholdas produktumhoz egy hibakovariancia mátrixot állítanak elő a GLDAS modellhez képest. A végső kombinált produktum az adott napon rendelkezésre álló műholdak adatainak a hibakovariancia-mátrixszal történő súlyozásával áll elő (*Gruber et al.*, 2019). Fontos megjegyezni, hogy a modellhez történő illesztés miatt, az ESA talajnedvesség értékek nem csökkennek a hervadáspont alá, annak ellenére, hogy a talaj felső 5 cm-es rétegében az ilyen jellegű száradás természetes.

A GLDAS modellhez történő skálázás a különálló aktív és a passzív adatsorok esetén is szükséges lépése a talajnedvesség előállításának. A közbeiktatott modell így hibaforrást jelent a végső produktum abszolút-értékében, amennyiben a modellben szereplő talaj- és felszínhasználati információk nem kellően pontosak, ugyanakkor az időbeli változékonyság adott rácspontban kevéssé befolyásolt. E tanulmányban azt vizsgáljuk, hogy az ESA CCI kombinált talajnedvesség adatbázisban elérhető információ mennyire közelíti a valóságot. Mivel a műholdas talajnedvesség a talaj felső, maximum 5 cm-es rétegére vonatkozik, kevés olyan mérési program van, ahol rendelkezésre áll ilyen jellegű információ.

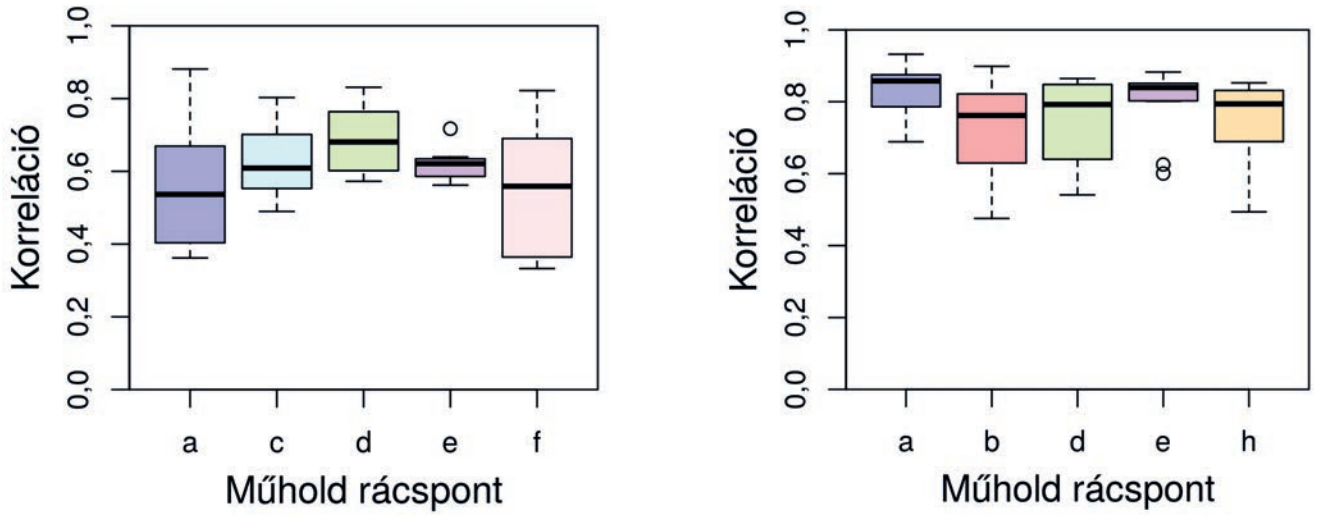
Európában lokálisan egy-egy helyszínen elérhető a felső réteg talajnedvesség-tartalmáról információ, de tekintve a műholdas adatbázis térbeli felbontását, olyan adatbázisokat kerestünk, melyek egy műholdas rácson belül több mérést is tartalmaznak. *Al-Yaari et al.* (2019) a Nemzetközi Talajnedvesség Mérőhálózatban (ISMN – *Dorigo et al.*, 2011) megtalálható mérésekkel végeztek összehasonlítást. Munkájukban minden olyan mérést figyelembe vettek, mely a 0–5 cm-es rétegben rendelkezésre állt, akkor is, ha

csak egy mérés volt egy műholdas rácson belül, valamint az összesített eredmények közé csak azon állomások adatai kerültek be, melyek korrelációja magasabb volt, mint 0,5. Eredményeik alapján az ESA CCI adatbázisa az elérhető távérzékelési adatbázisok közül a legjobb minőségű, Európára átlagosan 0,6 volt a korreláció, a hiba 0,02 m^3m^{-3}, a négyzetes hiba pedig 0,06 m^3m^{-3} volt.

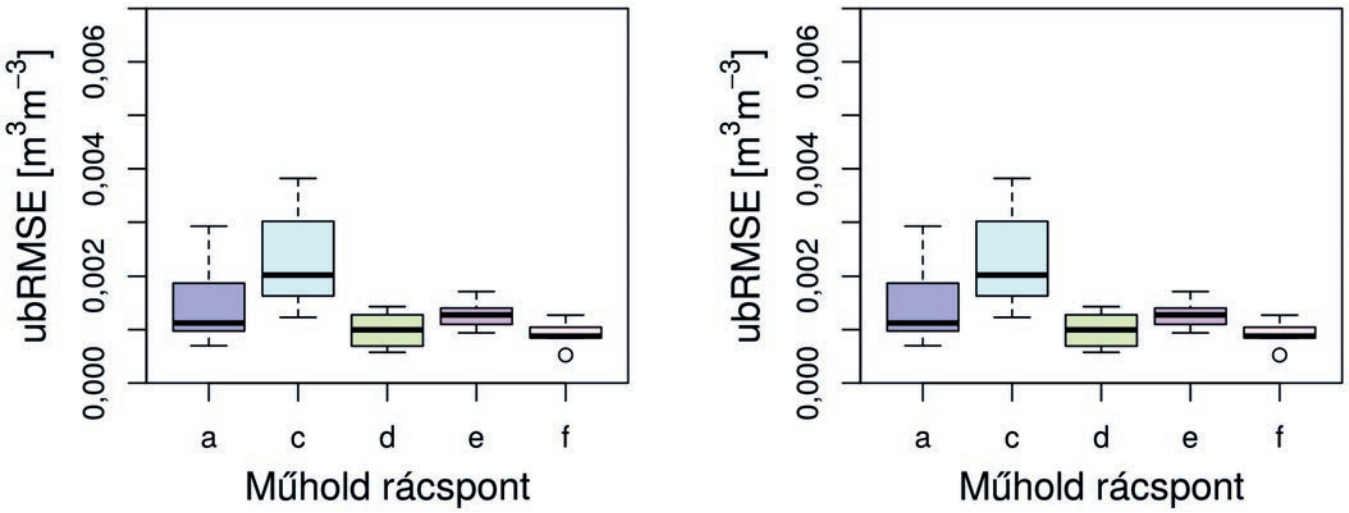
E tanulmányban két, az ISMN adatbázisból elérhető mérőhálózat adatsorait használtuk, melyek a Dániai Hidrológiai Megfigyelő Központ HOBE (*Bircher et al.*, 2011) és a Spanyolországi Salamanca Egyetem REMEDHUS (*Gonzales-Zamora et al.*, 2019; *Martínez-Fernandez and Ceballos*, 2003) projektjeihez kapcsolódnak. A dániai adatbázisban 32, a spanyolországiban 24 állomás adatai találhatók meg, melyeken különböző időszakokban folytattak méréseket 2006-tól, illetve 2000-től kezdve (*1. ábra*). A HOBE mérései esetén többször csak időszakos mérések állnak rendelkezésre, míg a REMEDHUS esetben a 24 állomás méréseinek száma kevéssé ingadozott a vizsgálati időszakban.



1. ábra: A vizsgálatban használt két mintaterület fent) a dániai HOBE és lent) a spanyolországi REMEDHUS. A háttér színezése a FAO USDA talajtextúrát követi, míg az egyes állomási pontok színezése a helyszíni talajmintákból megállapított USDA talajtextúráknak felel meg. A kivágaton piros vonalak jelzik a mintaterületre eső műholdas rácspontok területét, zöld keretes négyszögekben azok azonosító jele található.



2. ábra: Napi adatokból előállított Spearman-korreláció évenkénti változékonysága az egyes műhold rácspontokban, bal) a dániai, jobb) a spanyolországi mintaterületen, a betűk az 1. ábrán található műholdas rács jelöléseket jelentik



3. ábra: Napi adatokból előállított torzítatlan négyzetes hiba (ubRMSE) évenkénti változékonysága az egyes műhold rácspontokban, bal) a dániai, jobb) a spanyolországi mintaterületen, a betűk az 1. ábrán található műholdas rács jelöléseket jelentik

Amint az *1. ábrán* látható, az ESA CCI rácsban (piros vonalak) a GLDAS modell által használt talajtextúrák egyes állomások esetén jelentősen eltérnek a helyszíni mérésekből megállapított talajtextúráktól. Az eltérő talajtextúrának a talajnedvesség abszolút értékére van hatása, hiszen a tévesen jellemzett talajtextúra esetén a talaj víztartó- és vízvezető-képessége eltér, így az illesztett talajnedvesség értékek más intervallumban változhatnak.

Módszer. Az adatsorokat napi bontásban, és abból származtatva évi, illetve havi átlagban az állomásonként elérhető teljes időszakra vizsgáltuk. A vizsgált időszak a HOBE esetében 2010–2017, a REMEDHUS esetében 2006–2017 volt, az elérhető adatok függvényében. Minden adatsorra összehasonlítottuk a mérések átlagát, interkvartilis és interdecilis terjedelmét az adott ESA CCI adatbázisban levő rácspontokban. Az adatsorok nemnormális eloszlása miatt a Spearman-korrelációt (*Wilks*, 2011) is meghatároztuk a lineáris korreláció mellett. A műholdas talajnedvesség vizsgálatokban ún. torzítatlan négyzetes hibát (ubRMSE) határoznak meg (*Entekhabi et al.*, 2010), mely kisebb mértékben tartalmazza a talajnedvesség évszakos változékonyságából eredő hibákat,

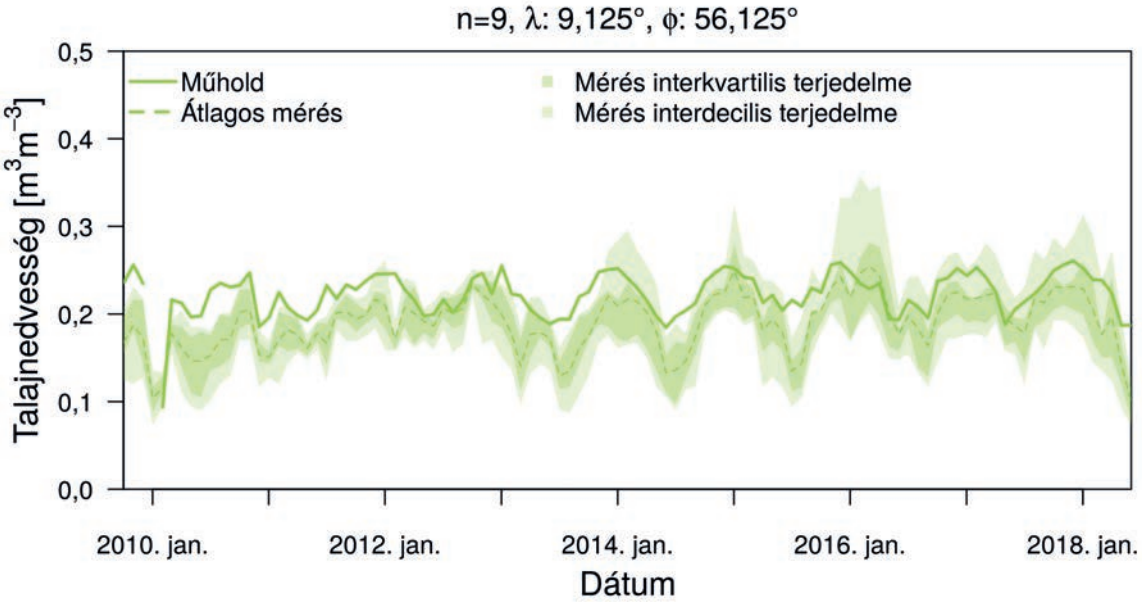
$$ubRMSE=\sqrt{\left[\left((\Theta_m - \overline{\Theta_m}) - (\Theta_s - \overline{\Theta_s})\right)^2\right]}, \qquad (1)$$

ahol *m* alsó index a mérési, *s* pedig a műholdasat jelenti adatsort. Az ubRMSE értékei 1–2 nagyságrenddel kisebbek, mint a standard négyzetes hibáé (RMSE).

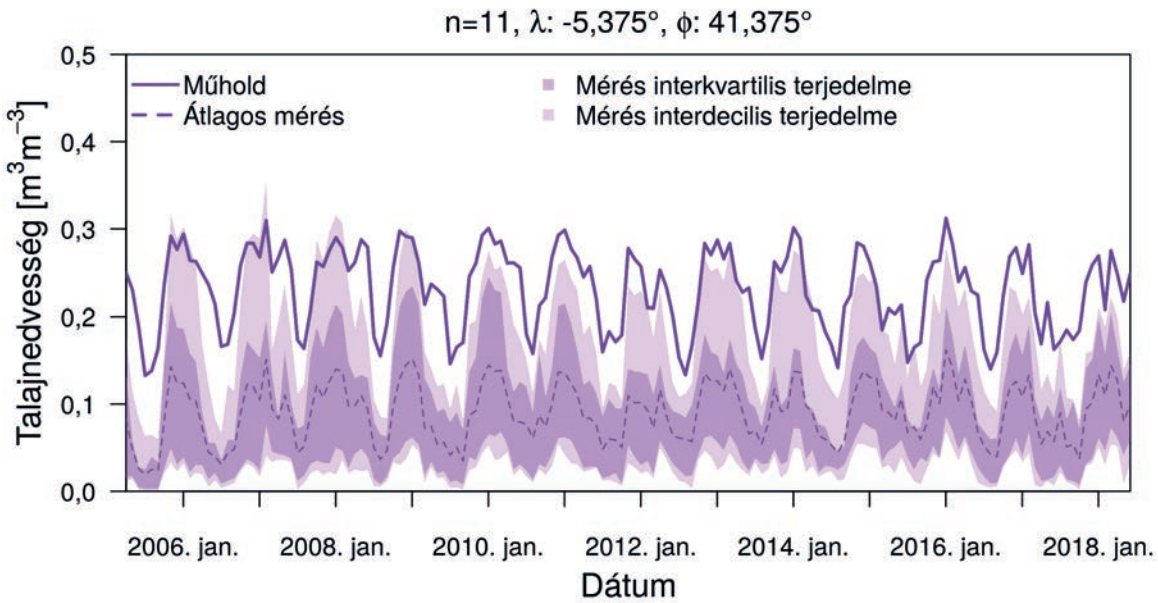
A statisztikai számításokhoz és az adatsorok ábrázolásához az R programot használtuk (*R Core Team*, 2019), a térképek pedig a GMT (Generic Mapping Tools – *Wessel et al.*, 2013) szoftverrel készültek.

Eredmények. A Spearman-korreláció (*2. ábra*) és az ubRMSE (*3. ábra*) értékei a két mintaterület esetén jelentősen eltérnek. A dániai területen a műholdas adatok az éven belüli menetet kevéssé követik (korreláció átlaga 0,6 körüli), ugyanakkor az ubRMSE értékei kisebbek. A műholdas adatbázishoz használt talajtextúra a HOBE területén közelebb esik a ténylegeshez, a homok és a vá-

lyogos homok textúrák hasonló víztározó és vezetőképességgel rendelkeznek. A hasonlóság magyarázza a kisebb ubRMSE értékeket. A REMEDHUS esetben a műholdas vályog helyett homok, vályogos homok, sőt agyag textúra is megtalálható, melyek víztározó képességei jelentősen Az eltérő textúra önmagában a korrelációt nem rontja el szükségszerűen, ahogyan ez a REMEDHUS esetében is látható: a különböző textúrák ellenére a Spearman-korreláció 0,8 körüli. A HOBE terület szinte teljes egészében mezőgazdasági terület, ahol kiterjedt csatornahálózat



4. ábra: Havi átlagos talajnedvesség változása a dániai mintaterület, 1. ábrán „d”-vel jelölt műhold rácsában. (n: rácsban található állomások maximális száma, λ: földrajzi hosszúság, φ: földrajzi szélesség, a koordináta a műholdas rácspont középpontját jelöli)



5. ábra: Havi átlagos talajnedvesség változása a spanyolországi mintaterület, 1. ábrán „e”-vel jelölt műhold rácsában. (n: rácsban található állomások maximális száma, λ: földrajzi hosszúság, φ: földrajzi szélesség, a koordináta a műholdas rácspont középpontját jelöli)

(pl. hasznos vízkészlet különbség ≈ 0,1 m^3m^{-3}) eltérnek (*Cosby*, 1984). A rosszul megadott talajtextúra miatt, a műholdas adatok szisztematikusan felülbecslik a helyszíni méréseket. A REMEDHUS adatsor *d* rácspontjában az egyik legnagyobb a szórás az egyes állomások talajtextúrái között van és ebben a rácspontban a legtöbb mérés is, ami megnöveli az ubRMSE szórását.

található és öntözés is zajlik. Mivel az öntözésből eredő nedvességtöbblet nem számítható egy globális vízmérleg modell esetén, ezért az ebből eredő nedvességi változások nem jelennek meg a műholdas adatsorban.

A REMEDHUS területén hasonló öntözési tevékenységet nem folytatnak.

Az ESA CCI talajnedvesség adatsor elsődleges célja a klimatológiai alkalmazás, így a havi átlagolt értékeket is megvizsgáltuk, műholdas rácspontonként. A két mintaterületről egy-egy rácsponthoz tartozó mérési adatsort mutatunk be, mely rácsponthoz tartozóan minél több, ugyanakkor minél stabilabb állomásszám tartozik. A HOBE területén a *d* jelű rácspontban összesen 9 állomás található. A 9 állomás közül 2010 és 2017 között átlagosan 7 állomás üzemelt egyszerre a nyári időszakban, a téliben legkevesebb 3, legtöbb 6. A 9 állomásból 7 homok textúrával jellemzett, a műholdas vályogos homok helyett. A hasonló hidrofizikai tulajdonság jól látszik a *4. ábrán*, ahol a mérések interkvartilis terjedelme kicsi, átlagosan 0,05 m^3m^{-3} alatti. *Cosby* (1984) számításai alapján a homok és a vályogos homok hervadáspontja 0,01 m^3m^{-3}, illetve 0,028 m^3m^{-3}, míg szabadföldi vízkapacitása 0,192 m^3m^{-3}, illetve 0,283 m^3m^{-3}, így a műholdas talajnedvesség értékek természetesen felülbecsültek. Az időszak végén az egyik homokos vályog textúrájú állomáson magasabb talajnedvességet mértek, mint az időszak elején, átlagosan 0,196 m^3m^{-3} helyett 0,285 m^3m^{-3}-t. Ennek hátterében nagy valószínűséggel a területen folyó mezőgazdasági művelés áll, ám erről nincs elérhető információ. A magasabb nedvességtartalomnak köszönhetően a műholdas értékek az időszak második felében már közelebb haladnak a mérések átlagához. Az időszakos eltérések ellenére a Spearman-korreláció 0,71, az ubRMSE 7·10-4 m^3m^{-3}, míg az RMSE 0,038 m^3m^{-3}.

A REMEDHUS területen található *e* jelű műholdrácsban a GLDAS vályog textúra csupán 1 állomásra jellemző, míg 5 állomás esetén vályogos homok, 3 esetén homok, 2 esetén homokos agyagos vályog, 1 homokos vályog található. Tekintve, hogy a vályog magasabb hervadásponttal, szabadföldi vízkapacitással és telítési talajnedvességgel rendelkezik, mint bármelyik felsorolt textúra, ezért itt is felülbecslés figyelhető meg (*5. ábra*). Ebben az esetben azonban a textúrák hidrofizikai tulajdonságai közötti különbségek jelentősebbek, mint a HOBE esetén, így a rácspontra átlagolt mérési értékek télen 0,15 m^3m^{-3}-rel is kisebbek, mint a műholdas adatsor. Ugyanakkor a műholdas adatok időbeli változékonysága jól követi a mérések átlagának változását. Ezt jól tükrözi a teljes időszakra vett Spearman-korreláció, mely 0,873, ugyanakkor a rossz talajtextúrából eredő becslés miatt az ubRMSE 1,3·10 3 m^3m^{-3}, míg az RMSE 0,142 m^3m^{-3}.

Összefoglalás. A különböző területekről származó adatsorok összehasonlításából látható, hogy a műholdas talajnedvesség mérés legnagyobb hibája a felszín helytelen információjának kezelése, illetve maga a modellhez történő illesztés. Ugyanakkor elmondható, hogy öntözésmentes területeken, a műholdas adatok időbeli változékonysága megbízható. Így tehát ha az egyes rácspontokat egymástól függetlenül kezeljük és az azokban bekövetkezett változásokat keressük, az ESA CCI talajnedvesség adatbázis megbízható forrásként szolgálhat.

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

Irodalom

Cosby, B.J., Hornberger, G.M., Clapp, R.B. and Ginn, T.R., 1984: A Statistical Exploration of the Relationships of Soil Moisture Characteristics to the Physical Properties of Soils. Water Resources Research 20, 682–690.

Dorigo, W.A., Wagner, W., Hohensinn, R., Hahn, S., Paulik, C., Xaver, A., Gruber, A., Drusch, M., Mecklenburg, S., van Oevelen, P., Robock, A., and Jackson, T., and Jackson, T., 2011: The International Soil Moisture Network: A data hosting facility for global in situ soil moisture measurements. Hydrology and Earth System Sciences, 15(5), 1675–1698.

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.

Entekhabi, D., Reichle, R. H., Koster, R. D., and Crow, W. T., 2010: Performance metrics for soil moisture retrievals and application requirements. Journal of Hydrometeorology 11(3), 832–840.

Fischer, E M., Seneviratne, S. I., Vidale, P. L., Lüthi, D., and Schär, C., 2007. Soil Moisture–Atmosphere Interactions during the 2003 European Summer Heat Wave. Journal of Climate 20, 5081–5099.

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.

Martínez-Fernández, J., and Ceballos, A., 2003: Temporal stability of soil moisture in a large-field experiment in Spain. Soil Science Society of America Journal 67(6), 1647–1656.

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

Rodell, M., Houser, P. R., Jambor, U. E. A., Gottschalck, 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. Bul. of the Am. Meteor. Soc. 85(3), 381–394.

Saini, R., Wang, G. and, Pal, J. S., 2016: Role of Soil Moisture Feedback in the Development of Extreme Summer Drought and Flood in the United States. Journal of Hydrometeorology 17(8), 2191–2207.

Wessel, P., Smith, W. H. F., Scharroo, R., Luis, J. F. and Wobbe, F., 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. 676

Zuo, Z, and Zhang, R., 2007: The spring soil moisture and the summer rainfall in eastern China.
Chinese Science Bulletin, 52(23), 3310–3312

MILYEN GYAKORIAK A FEHÉR KARÁCSONYOK MAGYARORSZÁGON?

HOW OFTEN DOES WHITE CHRISTMAS OCCUR IN HUNGARY?

Simon Csilla[1], Kis Anna[1,2], Pongrácz Rita[1,2]

[1]ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A., [2]ELTE Természettudományi Kar Kiválósági Tudásközpont, 2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2., *csilluss58@gmail.com, kisanna@nimbus.elte.hu, prita@nimbus.elte.hu*

Összefoglaló. Cikkünkben a fehér karácsonyok gyakoriságát vizsgáljuk öt magyar városban az 1901–2010 közötti időszakra vonatkozó állomási adatok alapján. Eredményeink szerint Szenteste napján legtöbbször – 28 évben – Szombathelyen havazott, december 25-én pedig Debrecenben, ahol 110 évből 34 évben fordult elő hóesés. Szegeden a csapadék legnagyobb arányban eső formájában hullott mindkét napon, ezért itt adódott a legalacsonyabbnak a fehér karácsonyok száma a vizsgált időszakban.

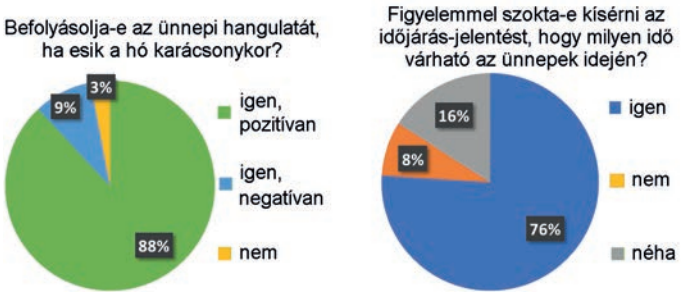
Abstract. The frequency of White Christmas is analysed in this paper for 5 Hungarian cities based on station data for the 1901–2010 time period. According to our results snowfall was the most frequent – in 28 years – in Szombathely on 24th December. On Christmas Day snowfall occurred in most cases in Debrecen during the investigated time period. In Szeged the dominant precipitation type was rainfall both on 24th and 25th December, therefore, the number of White Christmas was the lowest in this city during the analysed time period.

Bevezetés. Ha a karácsonyra gondolunk, akkor a család, az ajándékozás és a meghittség mellett a hólepte táj az, ami általában eszünkbe szokott jutni, hiszen a havazás adja meg az igazi téli, idilli hangulatot. Épp emiatt az év vége felé közeledve gyakori téma szokott lenni, hogy vajon fog-e havazni az ünnepek alatt. Az utóbbi évekre visszagondolva talán úgy emlékszünk, hogy kevesebb, mint az évek felében fordult elő fehér karácsony hazánkban. Felmerül azonban a kérdés, hogy pontosan mit értünk „fehér karácsony" alatt: például, ha Szenteste havazik, vagy az ünnepek alatt hó borítja a tájat. Különböző országokban vagy régiókban eltérően definiálják ezt a fogalmat, mivel a hó kialakulásának valószínűsége jelentős mértékben függ a földrajzi helytől. A szakirodalomban található definíciók alapján például Svédországban és a Német-Lengyel-alföldön abban az esetben tekintik fehérnek a karácsonyt, ha december 25-én legalább 1 cm vastag hótakaró fedi a talajt (*Bednorz*, 2006; *Rydén*, 2015). Ezzel szemben az Egyesült Királyságban elegendő, ha valahol az országban hóesést észlelnek karácsony napján (*METOFFICE*, 2018). Ahogyan azt tapasztalhatjuk is, a hó előfordulását tekintve egy rendkívül nagy változékonyságot mutató éghajlati komponens, akár éves skálát, akár rövidebb időintervallumot nézve: lehet, hogy az egyik évben sok hó hullik, a következőben pedig alig fordul elő; és a kialakult vékonyabb hótakaró egyik napról a másikra eltűnhet egy frontális vagy besugárzási hatásra jelentkező felmelegedés következtében. Ebben a cikkben azt vizsgáljuk, hogy az 1901–2010-es időszakban hogyan alakult a fehér karácsonyok száma hazánkban, milyen gyakorisággal fordult elő az egyes városokban. Megmutatjuk, hogy a fent említett meghatározások alapján mi lenne a hazai eredmény, majd a rendelkezésre álló adatok alapján megfogalmazunk egy Kárpát-medencére optimalizált definíciót, mely szerint Magyarországon fehér karácsonyról beszélhetünk.

Adatok és módszerek. Tanulmányunkhoz az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapjáról, *OMSZ* (2018a) az 1901–2010 közötti időintervallumban mért napi állomási adatsorokat használtuk fel öt hazai városra (Budapest, Debrecen, Szeged, Szombathely, Pécs) vonatkozóan. A vizsgált paraméterek az adott nap minimum- illetve maximumhőmérséklete, a napi csapadékösszeg és a lehulló csapadék fajtája voltak. Utóbbit kóddal adták meg egy 0-tól 9-ig terjedő skálán. Hóvastagságra vonatkozó értékek ebben az adatbázisban nem álltak rendelkezésünkre, ezért azzal a közelítéssel dolgoztunk, mely szerint egy átlagosan 10 mm vastagságú friss hó vízegyenértéke 1 mm-nek felel meg (*Bartholy et al.*, 2013). Ahhoz, hogy megkapjunk egy közelítő eredményt arra vonatkozóan, hogy december 25-én hány évben borította hó a felszínt az egyes állomásokon, meghatároztunk különböző feltételeket a karácsonyt megelőző két nap maximumhőmérsékletére, a le-

1. táblázat: Az általunk megszabott feltételek december 23-24-25-ei napokra, melyek alapján december 25-én havas volt a táj.

Paraméter	Paraméterre vonatkozó feltétel
Maximum-hőmérséklet	**< 0 °C** december 23-án, 24-én (és 25-én)
Csapadékösszeg	**≥ 0,1 mm** december 23-án vagy 24-én (vagy 25-én)
Csapadék fajtája	hó, havaseső vagy hózápor, darazápor vagy hózivatar (4, 5, 8 csapadékkód)

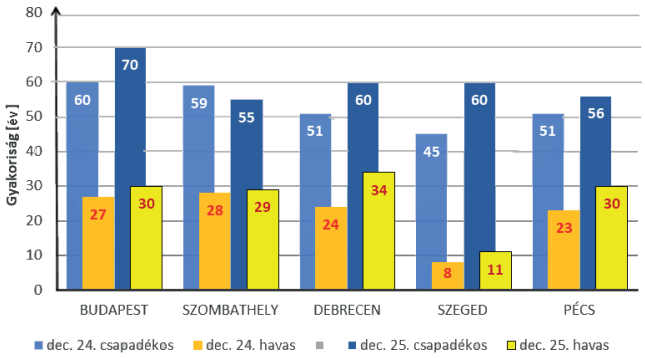


1. ábra: A válaszok megoszlása az időjárás-előrejelzés követésével és a havazás ünnepi hangulatra gyakorolt hatásával kapcsolatban feltett kérdésekre

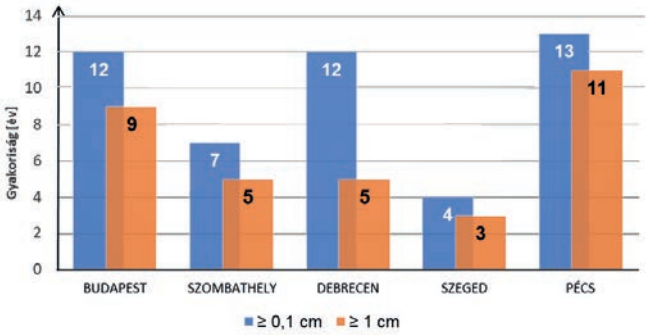
hullott csapadék mennyiségére és annak fajtájára, melyeket az *1. táblázat*ban foglaltunk össze. Ehhez hozzávettük azt, amikor december 25-én esett a hó, és nem olvadt el – amit az alapján feltételeztünk, hogy a napi maximumhőmérséklet fagypont alatt maradt. Előfordultak olyan esetek, amikor észleltek ugyan csapadékot, és az hó formájában hullott, de a mennyisége nem érte el a 0,1 mm-t. Ezeket nem vettük számításba a *Rydén* (2015) definíciója alapján történő vizsgálathoz, mivel túl kevés lenne ahhoz, hogy fehérbe borítsa a tájat. A Magyarországra vonatkozó definíciónk meghatározása előtt 250 fő részvételével közvélemény-kutatást készítettünk egy online kérdőív formájában, melynek célja elsősorban az volt, hogy megtudjuk, hazánkban az emberek mikor tekintik fehérnek a karácsonyt. A válaszokból továbbá az is kiderült, hogy a jelenség sokunk kedvét pozitívan befolyásolja, és a havazás meghittebbé teszi az ünnepet; ezért a válaszadók többsége figyelemmel szokta kísérni az időjárás-előrejelzést ebben az időszakban (*1. ábra*).

Eredmények. Elsőként azt az esetet tekintjük át, amikor december 25-én hóesést (vagy havas esőt) észleltek a vizsgált állomásokon. Ez Debrecenben 34 évben fordult elő 1901–2010 között, vagyis az Egyesült Királyságban alkalmazott definíció (*METOFFICE*, 2018) alapján itt volt a legtöbbször fehér a karácsony a figyelembe vett 110 év alatt. Debrecent követi Budapest és Pécs 30–30 alkalommal, majd Szombathely, ahol 29 évben volt havas december 25-e. Szegeden mindössze 11-szer teljesült az, hogy karácsony első napján hó esett. Megvizsgáltuk azt is, hogy Magyarország öt városában hány évben fordult elő Szenteste bármilyen csapadékjelenség, és ebből menynyi alkalommal hullott hó – a kapott értékeket összegzi a *2. ábra*. A csapadékfajták megoszlását nézve Szegeden legnagyobb arányban (67% december 24-én, 70% december 25-én) esőt észleltek, a hóesés pedig Debrecenben adódott a leggyakoribbnak mindkét napon. A kapott eredmény jól tükrözi a téli átlagos hőmérsékleti viszonyokat (*Bihari et al.*, 2018), nevezetesen: rendszerint az ország északkeleti része a leghidegebb, míg a déli vidékek a legenyhébbek.

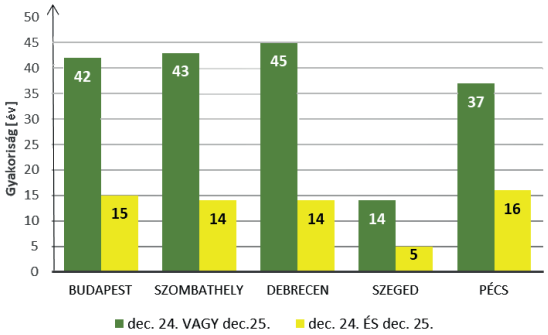
Második megközelítésben a hóborítottságot vettük alapul. Magyarország Svédországhoz és a Német-Lengyel-alföldhöz viszonyítva alacsonyabb földrajzi szélességen fekszik, ebből adódóan általánosan kevesebb hó hullik, és a hóvastagság is ritkábban éri el a *Bednorz* (2006) illetve *Rydén* (2015) által meghatározott 1 cm-es küszöbértéket. Ezért mi a vizsgálat során a kritériumtól eltekintettünk, és minden olyan esetben fehérnek tekintettük a karácsonyt, amikor legalább 0,1 mm csapadék (hó, havas eső) esett és/vagy korábbról megmaradt december 25-ére. Az így kapott eredményeink azt mutatják, hogy legtöbbször, 13 évben Pécsen borította hó a felszínt, legritkábban pedig az eddigiekhez hasonlóan Szegeden, ahol csupán 4 évben fordult elő havas táj karácsony első napján. Összehasonlításképpen megnéztük azt az esetet is, ha az 1 cm-es kritériumot nem hagyjuk el (*3. ábra*) – ekkor a várakozásunknak megfelelően csökken a fehér karácsonyok száma, ami Debrecen esetében adódik a legnagyobb mértékűnek (–59%). Az *1. táblázat*ban meghatározott feltételek alapján 1906 volt az egyetlen olyan év 1901–2010 között, amikor mind az öt



2. ábra: Az évek száma az 1901–2010 közötti időszakban, amikor december 24-én, valamint 25-én bármilyen csapadékot észleltek adott településen (kék színárnyalatok), illetve ahány évben hóesés fordult elő (sárga színárnyalatok)



3. ábra: A fehér karácsonyok száma öt magyar városban a hóborítottság alapján 1901–2010 között. A kék oszlop azt az esetet mutatja, amikor a hóvastagságra az 1 cm-es küszöbértéket nem vesszük figyelembe, a narancssárga oszlop az eredeti definíció szerinti gyakoriságot jelöli



4. ábra: Fehér karácsonyok száma 1901–2010 között magyarországi városokban a saját definíciónk alapján: ha december 24-én vagy december 25-én hóesést észleltek (zöld oszlopok); összehasonlítva azzal az esettel, ha mindkét napon egyaránt detektáltak havazást (sárga oszlopok)

vizsgált állomáson hó borította a talajt december 25-én.

A fent bemutatott vizsgálatok és eredmények, valamint a kérdőív kitöltői által adott válaszok figyelembevételével a következőképpen fogalmaztunk meg egy definíciót hazánkra vonatkozóan: Magyarországon – egy adott állomáson – abban az esetben nevezhetjük fehérnek a karácsonyt, ha ott december 24-én vagy 25-én hóesést észlelnek. Ez jobban hasonlít az Egyesült Királyságban alkalmazott

2. táblázat: A fehér karácsonyok gyakorisága az egyes városokban évtizedekre bontva (1901 és 2018 között) az általunk alkotott definíció alapján. Itt abban az esetben tekintjük fehérnek a karácsonyt, ha december 24-én vagy 25-én hóesést észlelnek az adott állomáson.

Fehér karácsonyok gyakorisága (saját definíció)												
Város	**Évtized**											
	1900-as	**1910-es**	**1920-as**	**1930-as**	**1940-es**	**1950-es**	**1960-as**	**1970-es**	**1980-as**	**1990-es**	**2000-es**	**2010-es**
Budapest	3	6	5	6	3	7	2	3	2	2	2	3
Debrecen	4	1	3	7	5	2	7	5	4	5	2	2
Pécs	3	1	2	2	4	3	8	4	1	6	3	1
Szeged	3	2	1	5	3	0	0	0	0	0	0	1
Szombathely	4	3	2	5	5	3	6	2	3	6	3	1

definícióhoz, de annyival bővebb, hogy két napot veszünk figyelembe, és akkor is fehérnek tekintjük a karácsonyt, ha csak az egyik napon esik hó. A meghatározásunk alapján a jelenség 14–45 évben fordult elő 1901 és 2010 között a vizsgált állomásokon. Az egyes városokra vonatkozó értékeket mutatja a *4. ábra*, melyen összehasonlításképpen feltüntettük azt az esetet is, ha úgy fogalmaztuk volna meg a definíciót, hogy mindkét napon szükséges lenne a hóesés észlelése. Utóbbi alapján egy szigorúbb feltételnek kellene megfelelni, aminek következtében sokkal ritkábban nevezhetnénk fehérnek a karácsonyt. A kapott eredmény összhangban van azzal a ténnyel, hogy a délebben fekvő állomásokon alapvetően magasabb az évi középhőmérséklet, és az alföldi területeken kevesebb az évi csapadékösszeg: *Bihari et al.* (2018) és *OMSZ* (2018b) alapján Szeged évi középhőmérséklete 10,6 °C, évi átlagos csapadékösszege 489 mm; Pécsre vonatkozóan ezek az értékek 10,7 °C, illetve 624 mm (utóbbi a mediterrán ciklonok hatásával magyarázható). Ezzel szemben a magasabb földrajzi szélességen fekvő Szombathelyen 9,7 °C-os évi középhőmérséklet és 590 mm évi átlagos csapadékösszeg jellemző.

Az 1901–2010 közötti időszak adatsora és a kiegészítésképpen figyelembe vett 2010-es évek értékei alapján kevesebb fehér karácsony fordult elő Magyarországon, mint azt vártuk. Az általunk megfogalmazott definíció alapján az 1930-as és 1960-as években volt leggyakoribb a fehér karácsony Magyarországon, legritkábban pedig a 2010-es évtizedben fordult elő – az utóbbi időben csökkenő gyakoriság elsődleges okaként a globális felmelegedés hatására növekvő téli hőmérsékletet említhetjük. Az egyes városokban az évtizedekre lebontott gyakoriságértékeket a *2. táblázat*ban összegeztük.

Összegzés. Az év végi ünnepek felé közeledve érdeklődésre számot tartó téma szokott lenni, hogy vajon „fehér lesz-e a karácsony" – azonban nem egyértelmű, hogy ez kinek mit jelent. Néhány országban (Svédország, Egyesült Királyság) már megfogalmaztak egy-egy pontos definíciót arra vonatkozóan, hogy mely esetben tekintik fehérnek a karácsonyt. Ebben a tanulmányban mi is megalkottunk egy Magyarországra optimalizált meghatározást, melyhez figyelembe vettük a külföldi definíciók hazai városokra vonatkozó (1901–2010 közötti időszakból vett) napi adatsorai alapján kapott gyakorisági értékeket. Emellett internetes közvéleménykutatást is tartottunk, hogy kiderítsük, az emberek többsége hazánkban mikor tekinti fehérnek a karácsonyt. Ezek alapján, Magyarországon – adott állomáson – akkor beszélünk fehér karácsonyról, ha ott december 24-én vagy 25-én hóesést észlelnek. Ennek gyakorisága 14–45 között alakult a vizsgált 110 év alatt; a ritkább előfordulás az ország délebben fekvő városaiban (Szeged, Pécs) volt jellemző, mely az átlagos téli hőmérsékleti viszonyokból adódik.

Irodalom

Bartholy, J., Dezső, Zs., Gelybó, Gy., Kern, A., Pongrácz, R. és Radics, K., 2013: Csapadék. In: Pongrácz, R. és, Bartholy, J. (szerk.) Alkalmazott és városklimatológia. Egyetemi jegyzet. *Eötvös Loránd Tudományegyetem*, Budapest. 25–32. (http://elte.prompt.hu/sites/ default/files/tananyagok/ AlkalmazottEsVarosklimatologia/index.html)

Bednorz, E., 2006: A White Christmas or A Christmas Thaw? – Changes in snow cover depth in German-Polish lowlands during the last decade of December against daily circulation patterns. *Meteorologische Zeitschrif*, 15(6), 579–583. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0165

Bihari, Z., Babolcsai, Gy., Bartholy, J., Ferenczi, Z., Gerhátné Kerényi, J., Haszrpa, L., Homokiné Ujváry, K., Kovács, T., Lakatos, M., Németh, Á., Pongrácz, R., Putsay, M., Szabó, P. és, Szépszó, G., 2018: Éghajlat. In: Kocsis, K. (főszerk.): Magyarország Nemzeti Atlasza: Természeti Környezet. Budapest, *MTA CSFK Földrajztudományi Intézet*, 58–69.

Rydén, J., 2015: Is a White Christmas rarer in southern parts of Sweden? *Theoretical and Applied Climatology* 121, 53–59. DOI: 10.1007/s00704-014-1220-1

METOFFICE, 2018: *https://www.metoffice.gov.uk/learning/snow/white-christmas*

OMSZ, 2018a: *https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/ (Letöltés: 2018. augusztus)*

OMSZ, 2018b: *https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/varosok_jellemzoi/*

LADOGÁTÓL METEORÁIG AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT INFOKOMMUNIKÁCIÓS TÖRTÉNETE A KEZDETEKTŐL NAPJAINKIG – EGY METEOROLÓGUS-INFORMATIKUS SZEMÜVEGÉN KERESZTÜL I.

FROM 'LADOGA' UNTIL 'METEORA' HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE'S INFO-COMMUNICATION HISTORY FROM THE BEGINNING TO THE PRESENT DAY – THROUGH THE GLASSES OF A METEOROLOGIST – IT EXPERT I.

Tölgyesi László

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., *tolgyesi.l@met.hu*

Összefoglalás. A szerző, meteorológus-informatikusként több mint harmincöt éve dolgozik az OMSZ központjában. Az első kilenc évben agrometeorológusként tanulta meg a szakma gyakorlati alapjait, majd a második (programozó matematikus) diploma megszerzését követően egyre inkább a számítástechnika, az informatika felé fordult. Az elmúlt huszonöt évben aktív részese volt a meteorológus szakma fejlődésének, modernizációjának, ami nagyrészt az informatika robbanásszerű térhódításának köszönhető. A magyar meteorológia infokommunikációs történetének elmúlt két emberöltője két részre bontható. Ebben a részben az első 40 évről a nagy elődök beszámolóiból kaphatunk képet, míg – a következő cikkekben – az 1990-től napjainkig terjedő időszakra már a kortársak visszaemlékezései és a szerző által is megélt események alapján készült leltár.

Abstract. The author, as a meteorologist-IT scientist, has been working at the headquarters of OMSZ for more than thirty-five years. In the first nine years, he learned the practical foundations of the profession as an agrometeorologist, and after graduating with a second degree in programming mathematics, he increasingly turned to computer technology and IT. Over the past twenty-five years, he has taken an active part of the development and modernisation of the meteorological profession, largely due to the explosive conquest of IT. The last two generation of the IT history of Hungarian meteorology can be divided into two parts. In this section, we can get an impresssion on the first 40 years from the accounts of the great predecessors, while – in the following articles – for the period 1990 to the present day, an inventory of contemporary recolleses and the events the author has lived.

Ha az infokommunikáció (IKT) kezdeteit keressük nem mondhatjuk, hogy „már az ókori görögök is", de tisztelegve egy nagy elődöt előtt, meg kell emlékezni *Neumann János*ról, akinek vezetésével 1946 augusztusától kezdve az Egyesült Államokban 20 meteorológus dolgozott a modellfejlesztésen. Korszakalkotó eredmény, hogy 1950-ben Neumann Jánosnak és társainak az *ENIAC* gépen sikerült megvalósítania a barotrópikus örvénylési egyenletek numerikus megoldását. Egy biztos, a meteorológus szakma mindig elkötelezett híve volt a számítástechnikának, az informatikai fejlesztésnek szerte a fejlett világban, így hazánkban is. De ne szaladjunk előre!

Az elmúlt 70 évben óriásit változott a magyar meteorológia, ami nagyrészt a XX. század második felében történt számítástechnikai, informatikai, távközlési fejlődésnek – nyugodtan nevezhetjük – forradalomnak köszönhető.

Az 1910-es évektől az időjárási adatok mind belföldi, mind nemzetközi viszonylatban telefonkészülék – mára már a magyar köznyelvből kikopott nevén – távbeszélő útján jutottak a Meteorológiai Intézet birtokába. A napi 150 jelentést az észlelés után 5–6 órával, esetleg egy-két nap múlva kapták meg az előrejelző szakemberek.

Az egyre növekvő igények miatt a lassúnak bizonyult vezetékes távközlési módot az egész világon felváltotta az akkor legfejlettebb híradó eszköz, a rádió, aminek a segítségével 1950-ben már napi 5200 jelentést kapott az Országos Meteorológiai Intézet (OMI).

Az 1950-es években az OMI hírközpontja a Kitaibel Pál utcai központi épület IV. emeletén, a toronyban volt (*1. ábra*), ahol rádión vették a morzekódban sugárzott külföldi meteorológiai jelentéseket.

Az elektronikus számológépek mind nagyobb szerephez jutottak a meteorológiai feladatok megoldásában. E „nagysebességű" számítóberendezések már olyan problémák megoldását is lehetővé tették, amelyek régebben szinte leküzdhetetlen számolástechnikai nehézséggel jártak. A Központi Statisztikai Hivatalban (KSH) 1960 őszén egy *URAL-I.* típusú elektronikus számológépet helyeztek üzembe. Még ebben az évben az első meteorológiai feladat programozására is sor került. A számológépen végrehajtott első meteorológiai feladat az örvényességi mező előállítása volt. A kiindulási geopotenciálmezőt, amely Európát és az Atlanti-óceán keleti felét foglalta magában, egy 23x17-es ponthálózattal borították be, 500 km-es rácstávolsággal. A teljes lefutási idő 14 perc volt. A számológéppel kiszámított örvényességi értékeket kézzel rajzolták térképre.

Az OMI hírközpontja az 1960-as években a központi épület III. emeletére költözött, ahol – a rádiós távközlés helyett – vonalas géptávírók üzemeltek (*2. ábra*).

1969-től egészen 1993-ig URH-s adóvevőkkel és géptávírókkal történt a belföldi adatgyűjtés, Kékestető, Győr és Keszthely központokkal. Eleinte lyukkártyával, majd 1966-tól nyolc csatornás lyukszalag használatával történt az adatrögzítés a Számítástechnikai és Ügyvitelszervező

Vállalat (SZÜV) által üzemeltetett *GIER* típusú, dán számítógépén, egészen 1970-ig.
1970-ig csak külső intézmények számítógépeit lehetett használni, ami nagy kötöttséget jelentett, ezért már a hatvanas évek végén felvetődött egy saját számítógép ötlete, de mivel akkor is korlátozottak voltak az anyagi lehetőségek, csak hazai fejlesztésű gépek jöhettek számításba.

1. ábra: Az OMI hírközpontja a központi épület IV. emeletén (torony)

2. ábra: Az OMI hírközpontja, ahol a vonalas géptávírók üzemeltek

3. ábra: A KEI hírközpontjában a telexek és géptávírók naponta hozták a világ, és továbbították hazánk meteorológiai híreit

4. ábra: Ilyen LADOGA facsimile gépek vették a világközpontok előrejelzési térképeit (Meteorológiai Muzeális Szakgyűjtemény, II. Kitaibel Pál utca 1.)

Végül 1970 áprilisában üzembe helyezték az OMI – július 1-től OMSZ[1] – első, az Elektromos Mérőkészülékek Gyárában épült számítógépét (*EMG 830-20*), amit egészen 1979 októberéig éghajlati adatfeldolgozásra használtak. Érdekesség, hogy gép és a kapcsolódó IBM gömbfejes villanyírógép, a lyukszalag olvasó és lyukasztók, a mágnesszalag egységek, a 256 kilobájt (kB) kapacitású diszkek, valamint a 200 és 600 sor/perc sebességű nyomtató a Központi Meteorológiai Intézet (KMI) III. emeleti géptermét teljesen kitöltötték.
A konfiguráció része volt egy *Benson* típusú rajzgép (plotter), ami off-line módon, mágnesszalag segítségével kapcsolódott a rendszerhez. A saját számítógép nem elégítette ki teljesen az igényeket, még 1973-ban is sok munka folyt a SZÜV-nél, illetve a kutatással foglalkozó munkatársak (ingyenesen) használhatták a – közelben lévő – KSH *IBM 360* típusú számítógépét.
Négy év múlva, 1974. április 24-én a Központi Előrejelző Intézet (KEI) megkezdte munkáját; az előrejelzők és a hírközpont átköltözött a budai központból a XVIII. kerületi Tatabánya térre (a mai pestszentlőrinci Hargita térre).

[1] 1970 és 1993 között az Országos Meteorológiai Szolgálatnak 3 intézete volt: Központi Meteorológiai Intézet (KMI), Központi Előrejelző Intézet (KEI), Központi Légkörfizikai Intézet (KLFI)

Az *Adatátviteli Osztály*hoz tartozó hírközpontban a telexek és géptávírók (*3. ábra*) mellett működtek a *LADOGA* típusú facsimile (fakszimile) berendezések (*4. ábra*), amik segítségével érkeztek a néhány elemre vonatkozó és 2–3 napra szóló, térképes előrejelzések.
Valamennyi meteorológiai szolgáltatás elengedhetetlen feltétele, hogy a Meteorológiai Világszervezet globális távközlési rendszerén forgalmazott információk kellő időben, megfelelő mennyiségben és minőségben álljanak

5. ábra: A KEI-ben működött az IBM System 7 típusú távközlési számítógép

rendelkezésre. Ez a rendszer a 70-es évek elején jelentős átalakuláson ment keresztül. A változás mozgatórugója a WMO tagállamainak megnövekedett információigénye volt, a fejlesztést pedig a távközlés és a számítástechnika integrálódás tette lehetővé.
Nagy lépés volt a – belgrádi kollégákkal összehangolva, az 1975-ben vásárolt – *IBM System 7* típusú távközlési számítógép (*5. ábra*), ami a KEI-ben működött 1978. november 1-től 1992. november végéig. Az adatrögzítést segítette a *Facit* típusú gyorslyukasztó, 150 jel/s-os sebességével.
Az OMSZ az *IBM System 7* számítógéppel automatizálta távközlési központjának munkáját. Ez az elsősorban folyamatirányításra tervezett, a különböző távközlési feladatokra optimálisan kiépíthető kisszámítógép a 70-es évek elején jelent meg a nyugat-európai piacon. A gépet eredetileg a NASA Apolló-programjához fejlesztették ki, és a földi irányítóközpontban használták. Az *IBM System 7* igen gyorsnak számított, a központi processzora másodpercenként 2,5 millió elemi művelet végrehajtására volt alkalmas.
1979-ben megkezdődött a KMI III. emeletén lévő számítóközpont felújítása az új, a Központi Fizikai Kutatóintézetben (KFKI) fejlesztett *TPA* (Tárolt Programú Analizátor) gépek számára.

Közben folyt az adatok átmentése a régi *EMG 830*-ról a KSH *IBM 360* gépére és a *TPA/L* gépre. A két *TPA/L* számítógép (*6. ábra*) eleinte elsősorban az éghajlati adatok feldolgozását, archiválását végezte, de később más osztályoknak is segített. Nagy előrelépés volt, hogy az adatrögzítés lyukszalag helyett konzolterminálon történt, míg háttértárként cserélhető diszkek és hajlékonylemezek (floppy) szolgáltak. A régi szalagok beolvasását, ellenőrzését követően az éghajlati adatok mágnesszalagra kerültek. A gépen egyszerre több – MIDIBOL nyelven írt – program volt futtatható.

A nyolcvanas években egyre jobban felgyorsult a számítástechnika fejlődése, a „nagy számítógépek" mellett sorra jelentek meg a különböző asztali komputerek, de az – esetenként kudarcba fulladt – modernizálások ellenére, vagy éppen ezért, a hagyományos (analóg) módszerek (például 60 géptávíró, SYNOP térképrajzolás, radar jelfeldolgozás, facsimile térképek stb.) még nem szorultak ki teljesen.
A KMI és a KEI mellett – néhány lelkes kollégának köszönhetően – a Központi Légkörfizikai Intézetben (KLFI) is elkezdődött a digitális korszak. 1981-ben egy *EMR 810*-es *Schlumberger* típusú adatmanipulátor került beszerzésre, amely az analóg felvételeknek bizonyos szempontok szerinti feldolgozását tette lehetővé. A *CII-10010*-es francia gyártmányú, leselejtezett kisszámítógéppel pedig a meteorológiai műholdak adásait lehetett venni, analóg képeket digitalizálni, számítógépre vinni (*7. ábra*).
Az évtized elején több – a Híradástechnika Szövetkezetben fejlesztett – *HT-680X* asztali számítógép került sok pénzért beszerzésre, de ezeket gyorsan túlhaladta az idő. Ugyanakkor a KEI-ben előrejelzési, agrometeorológiai kutatási feladatokra jól hasznosult több asztali komputer (*HP9810A, HP9825T, EMG-666*) és egy *Goerz* típusú plotter.
1985-től sorra jelentek meg az első, GW BASIC nyelven programozható, sokkal inkább felhasználóbarát személyi számítógépek (*Commodore-64 és 128, Sinclair ZX Spectrum, majd IBM PC-XT és PC-AT*), amelyeket – viszonylag rövid ideig – komoly és egyben úttörő feladatok megoldásához használtak, de megfelelő kompatibilitási feltételek nélkül csak egyedüli munkákra voltak alkalmasak. Ilyenek voltak például a KEI-ben fejlesztett *GROG-1* gépi prognózis (1987, *Commodore-128*), majd rá egy évre a *GROG-2* (1988, *IBM PC-AT*), illetve a KMI-ben az agrometeorológiai feladatok elvégzését segítő *LILA* program (1988, *IBM PC-AT*), ami már Pascal nyelven íródott. 1989-ben – IBM PC-re írt programokkal – megvalósult az analizált mezők rajzolása, nyomtatása egy *HP DraftMaster II.* plotter segítségével (KEI).
A KEI előrejelző szolgálata számára nagy előrelépés volt a gépek közötti kapcsolat, azaz egy lokális számítógép-hálózat létrehozása. Nagyságrendekkel kisebb elérési idő birtokában csaknem korlátlan szinoptikus áttekintésre nyílott mód. A technikai munkaerő robottal felérő szakadatlan térképrajzolási munkája helyett a számítástechnikai ismeretek, az operátori tevékenység lett az új követelmény.
Az egyre nagyobb számban meglévő előrejelzési szolgáltatásokat egyenként készítették és manuálisan adták le,

6. ábra: Két TPA/L számítógép elsősorban az éghajlati adatok feldolgozását, archiválását végezte (KMI)

7. ábra: Analóg műholdképek vétele és feldolgozása a Központi Légkörfizikai Intézetben az azóta lebontott faházban

ami 4–5 meteorológus 3–4 órás folyamatos telexen történő gépelését jelentette. Ezen könnyített – OMSZ szerte – az előbb *Commodore-128* (*8. ábra*), majd *IBM PC-AT* gépre írt telexező program. Ide sorolható a széladatokat feldolgozó program, ami egy ún. pocket-computerre (*PTA-4000*) készült a KLFI-ben.

Mi sem jelzi jobban a meteorológus szakma folyamatos és egyre sürgetőbb igényét a nagy teljesítményű számítógépekre, minthogy öt évvel a rendszerváltás előtt (1985) a KEI melletti telken, 1000 m^2-es számítóközpont épült.

A *BASF/HITACHI 7/61* számítógépet (*9. ábra*) 1986-ban szállították le a Tatabánya téri új épületbe, ami a COCOM szabályok és egyéb műszaki problémák miatt nem volt teljesen üzembiztos. Ha a nagyberuházás nem is volt sikertörténet, az elindulást jelentette a legfejlettebb digitális technika irányában. Amikor rendszeres számítások és napi munkák elvégzésére alkalmassá vált a gép, akkor a hosszú távú előrejelzések futtatását (6 havi előrejelzés) is adaptálták a helyi gépre. Ez az igen terjedelmes program hosszú ideig a Központi Statisztikai Hivatal IBM 370 típusú nagy gépén volt futtatható.

A Svéd Hidrometeorológiai Intézet előrejelzési modelljének adaptált változatát is a *BASF* gépen kezdték el futtatni. Ez volt az első operatív vállalkozás egy valódi nagyteljesítményű numerikus, előrejelzési modell magyarországi rendszeres alkalmazására. A hét évig, 1993-ig működő *BASF* nagygéphez kapcsolódott egy PC-s helyi hálózat is.

Szintén a 80-as évek közepén a *Távközlési Főosztály*hoz (KEI) tartozó gépteremben egy *TPA 11/48* típusú számítógéppel megkezdődött a műholdas adatfeldolgozás, illetve az analóg **WEFAX** műholdvevővel és az újonnan érkezett *PERICOLOR* képfeldolgozó számítógép segítségével műholdképek kerültek az előrejelző szakemberek asztalára.

1989-ben üzembe helyezték a METEOSAT geostacionárius műhold adásainak vételére szolgáló vevőberendezést (KEI).

A távközlés területén sem állt meg az élet. A lassú (50–100 bps) géptávíró vonalak mellett, Prága (*regionális távközlési központ, GTS RTH*) és Bukarest vonatkozásában áttértek a gyorsabb és megbízhatóbb, X.25 adatátviteli technikára, valamint 1200 bps-os adatátvitelre a Siófoki Viharjelző Obszervatórium és Ferihegy Repülőtér felé.

8. ábra: Személyi számítógépeken (Commodore-128) futott, a KEI-ben fejlesztett GROG-1 gépi prognózis program

9. ábra: A BASF/HITACHI 7/61 számítógép hét évig működött a Tatabánya (Hargita) téri számítóközpontban

10. ábra: Az éghajlati adatfeldolgozást, archiválást segítette a TPA 11/440 többfelhasználós számítógép

11. ábra: 1985-től sorra jelentek meg az asztali, személyi számítógépek (IBM PC-AT), amelyeket komoly és egyben úttörő feladatok megoldásához használtak

Az új idők szeleként, egy *Transmic* (TM-16) jelű, speciális célú mikroszámítógép (256 kB) és az *IBM System 7* távközlési számítógép, majd a PC-s hálózat között kapcsolat épült ki, ami a nemzetközi adatforgalmat kizárólagosan és megbízhatóan bonyolította. A *Transmic* segítségével megoldották, hogy a „nullára íródott" *System 7* egyre gyakoribb kiesésekor a prágai központtól jövő információk ne vesszenek el. Sajnos közel 15 év után (1989) az IBM gép elöregedett, sok gondot okozva és feladatot adva a *Távközlési és Számítástechnikai Főosztály* szakembereinek.

Az OMSZ az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság (OMFB) felügyelete alatt részese lett a magyar TPA programnak, a „*nagygépes R 50-55-ös*" elképzeléseknek és a különböző mérésautomatizálási kísérleteknek. 1987-ben az éghajlati adatfeldolgozás, archiválás feladataihoz beszerzésre került a *TPA 11/440* multitaszkos, többfelhasználós, FORTRAN nyelven programozott számítógép (*10. ábra*), ami 1999-ig működött a KMI-ben. A TPA/L gépekről az adatátvitel azonos típusú mágnesszalaggal történt. 1992-ben a 160 MB-os diszkeket 1,2 GB-osra cserélték, illetve a VT terminálokat kiegészítették az Ethernet hálózatba kötött *IBM PC-XT*, majd *PC-AT* személyi számítógépekkel (*11. ábra*).

Összefoglalva, az 1980-as évek második felében a Meteorológiai Szolgálat IKT rendszerének főbb jellemzői:

- URH-s adatgyűjtés (Kékestető, Győr, Keszthely);
- üzenetkapcsoló rendszer dominanciája;
- *IBM System 7* távközlési komputer – lassú (50–100 bps) telex és géptávíró vonalak, néhány 1200 bps-os középsebességű adatátviteli csatorna;
- radar analóg jelfeldolgozás;
- METEORIT rádiószondázó rendszer;
- LADOGA facsimile vevő;
- csőposta, illetve „szemétkosár-lift" a KEI hírközpont és az előrejelző terem között;
- adatszolgáltatás és tájékoztatás telexen, illetve faxon;
- TPA-s éghajlati adattár;
- Netware-DOS alapú PC-s alkalmazások;
- elszigetelt (Artnet) helyi hálózatok, s nagy kiterjedésű hálózatok (WAN) hiánya.

A nyolcvanas évek második felében beindult számítástechnikai fejlődés a rendszerváltás után, a kilencvenes években felgyorsult. Néhány éven belül szinte teljesen megváltozott a meteorológusok munkája, ami még inkább igaz volt az *infokommunikáció*val „ismerkedő" munkatársakra.

Erről a nem mindennapi időszakról, részletesen a következő részben lesz szó.

LÉGKÖRI ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZOKKAL KAPCSOLATOS KUTATÁSOK AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLATNÁL

ATMOSPHERIC GREENHOUSE GAS RESEARCH AT HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

Haszpra László*

Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, 9400 Sopron, Csatkai Endre u. 6–8. *haszpra.l@gmail.com*

Összefoglalás. A tanulmány az Országos Meteorológiai Szolgálat egyik nemzetközileg is kiemelkedően sikeres és termékeny kutatási területének négy évtizedét tekinti át a kezdetektől napjainkig.

Abstract. The paper reviews the four decades of one of the Hungarian Meteorological Service's internationally successful research fields from the beginning to present.

Bevezetés. Az ókori görögök számára a levegő tovább már nem bontható őselem volt. Ma már tudjuk, hogy számtalan gáz és mikroszkopikus részecske elegye. A fő gázkomponenseken (nitrogén, oxigén, argon) kívül a többi gáz csak nyomnyi mennyiségben van jelen a légkörben, együttesen sem teszik ki a levegő 0,05 % térfogatszázalékát, hatásuk mégis meghatározó a Föld környezeti viszonyai szempontjából. Egy részük fizikai tulajdonságaiknál fogva befolyásolja a légkörön keresztüli energiaátvitelt, így meghatározó szerepük van az éghajlat alakításában, más részük kémiai, biokémiai folyamatok révén a bioszféra létfeltételeit határozza meg, de kölcsönhatásba léphetnek az élettelen környezettel is. Az ipari forradalom kibontakozásával számtalan emberi forrás jött létre, melyek összességükben olyan mennyiségben juttatnak gázokat és részecskéket a levegőbe, ami már számottevően módosítja a természetes nyomanyag-koncentrációkat. Mivel a bioszféra az evolúció során a természetes viszonyokhoz alkalmazkodott, a levegő összetételének emberi eredetű gyors módosulása az élő környezet számára hátrányos, bizonyos anyagok (pl. korrozív anyagok) pedig az épített környezetet is károsítják. A változások okának és hatásának vizsgálata tehát létfeltételeink alakulása szempontjából alapvető fontosságú.

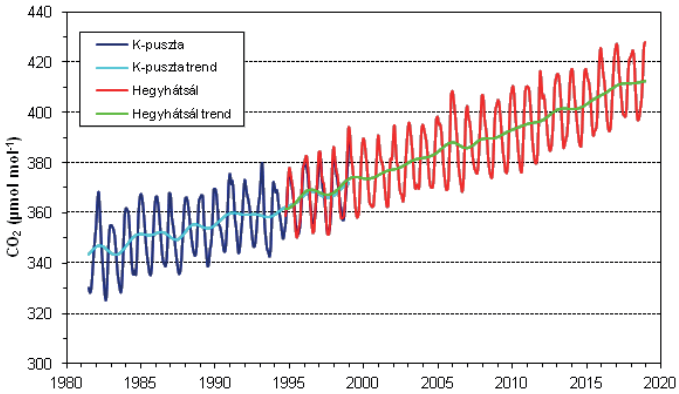
A 19. század elején már világos volt, hogy a Napból érkező energia nem elegendő ahhoz, hogy a Földet a tapasztalt hőmérsékleten tartsa. Joseph Fourier (1768–1830) feltételezte, hogy a légkör valamiképpen lassítja a hő távozását bolygónkról, amely így melegebb, mint légkör nélkül lenne (*Fourier*, 1827). Néhány évtizeddel később már sikerült azonosítani az első olyan anyagokat (vízgőz, szén-dioxid), amelyek elnyelik a hőmérsékleti kisugárzást (*Foote*, 1856; *Tyndall*, 1863) és részben visszasugározzák a felszín felé, ezzel a Nap mellett mintegy kiegészítő energiaforrásként szolgálva. Bár a légkörnek a kertészetek üvegházaihoz való hasonlítása fizikailag helytelen, a hőmérsékleti sugárzást elnyelő gázok az üvegházhatású gáz elnevezést kapták. A 19. század végén már felmerült, hogy a széntüzelés következtében a szén-dioxid a légkörben felhalmozódhat és ezzel globális éghajlatváltozást okozhat (*Arrhenius*, 1896). A kor tudományos ismeretei mellett azonban feltételezték, hogy ez nagyon lassú folyamat, évszázadok telhetnek el az észrevehető változások megjelenéséig. Az 1950-es években, a légköri nukleáris robbantások utóhatásainak vizsgálata során derült csak ki, hogy ez a felhalmozódás sokkal gyorsabb, és feltétlenül foglalkozni kell vele (*Revelle and Suess*, 1957). Egy gyors, globális éghajlatváltozás kockázatát felismerve az 1960-as években a Meteorológiai Világszervezet (WMO) a globális háttér-levegőszennyezettség-mérő hálózat alapállomásai számára már feladattá tette a légköri szén-dioxid koncentráció folyamatos nyomon követését (*WMO*, 1974). Ma pedig már az üvegházhatású gázok mennyiségét ugyanolyan mérendő alapvető éghajlati jellemzőnek (essential climate variable) tekinti, mint például a légnyomást (*Bojinski et al.*, 2014; *https://public.wmo.int/en/ programmes/global-climate-observing-system/essential-climate-variables*).

A kezdetek. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) Központi Légkörfizikai Intézetében folyó nemzetközileg is sikeres levegőkémiai kutatásoknak köszönhető, hogy 1978-tól több mint egy évtizeden keresztül a WMO az OMSZ-nál, *Mészáros Ernő* vezetésével az OMSZ kutatóira építve tartotta háttér-levegőszennyezettség-mérésekkel foglalkozó továbbképző tanfolyamait (*Mészáros*, 1978). A tanfolyam szemléltető eszközeit a WMO biztosította. Mivel a légkör szén-dioxid tartalmának mérése ekkor már beletartozott a háttér-levegőszennyezettség-mérő állomások mérési programjába, így az oktatáshoz az OMSZ-nak egy Siemens Ultramat 3 típusú szén-dioxid mérő berendezést is a rendelkezésére bocsátottak. Annak érdekében, hogy a légkörkutatási szempontból különösen értékes eszköz ne csak a tanfolyamok ideje alatt hasznosuljon, a műszer 1981-ben az akkor létesült K-pusztai háttér-levegőszennyezettség-mérő állomásra került, ahol az év június 5-től folyamatos méréseket végzett (*1. ábra*). Ezzel Magyarország a Német Szövetségi Köztársaság (5 mérőállomás) és Olaszország (1 mérőállomás) után a harmadik olyan országgá vált Európában, amely bekapcsolódott a légköri üvegházhatású gázok mérésébe, kutatásába.

Az aktív vegetáció közelsége, ciklikus fotoszintézise/respirációja jelentős napon és éven belüli ingadozást okoz a szén-dioxid koncentrációban, ami nehézzé teszi a hosszabb távú tendenciák felismerését. Az 1980-as évek végéig a nemzetközi üvegházgáz-kutatás a távoli óceáni

*Az OMSZ munkatársa volt 1979-2018 között.

1. ábra: A WMO által adományozott Siemens Ultramat 3 típusú szén-dioxid mérő műszer az OMSZ K-pusztai háttérlevegőszennyezettség-mérő állomásán



2. ábra: A szén-dioxid koncentráció alakulása K-pusztán és Hegyhátsálon a kora délutáni órákban (12-16 h) a 10 méteres magasságban végzett mérések szerint

szigetekre, sarkvidéki területekre, magas hegycsúcsokra telepített, mindenféle közvetlen emberi vagy természetes szén-dioxid forrástól távol lévő mérőállomások adataira támaszkodott, kerülve a bioszferikus „zaj" okozta módszertani problémákat. Kiderült azonban, hogy a korábban egyensúlyban lévőnek feltételezett bioszféra tényleges szén-dioxid forgalmának ismerete nélkül nem határozható meg a légkör szén-dioxid mérlege (*Tans et al.*, 1989). Ehhez viszont folyamatosan végzett mérésekre volt szükség a vegetációval borított területeken is, ami hirtelen felértékelte az akkor még csak néhány helyen létező ilyen mérést, egyebek között az OMSZ által K-pusztán végzett méréseket is. Ettől az időszaktól kezdve juthattak el a korábban kevésbé értékesnek vélt hazai kutatási eredmények a vezető nemzetközi folyóiratokba, nemzetközi konferenciákra (*Haszpra*, 1995).

Az Amerikai Egyesült Államok Országos Óceán- és Légkörkutató Hivatala (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA) az 1960-as évek végétől kezdte kiépíteni globális üvegházgáz mérőhálózatát, amelyet az új tudományos ismeretek alapján az 1990-es évek elején a kontinentális területekre is igyekezett kiterjeszteni. Ehhez megfelelő parnerként jött szóba Európában az ilyen mérésekkel már régóta foglalkozó magyar Országos Meteorológiai Szolgálat. Az együttműködés anyagi hátterét pedig a magyarországi rendszerváltás után, 1989-ben létrehozott Magyar-Amerikai Tudományos és Technológiai Közös Alap biztosította.

A virágkor. A vegetációval borított területeken a mérések területi reprezentativitásának növeléséhez indokolt a méréseket minél nagyobb felszín feletti magasságban végezni. A NOAA 1992-ben Észak-Karolinában hozta létre az első ilyen állomást egy rádióadó-torony felműszerezésével (*Bakwin et al.*, 1995). Az amerikai együttműködésben hasonló magastornyos mérőhely kialakítása volt a cél Magyarországon is. K-pusztán nem volt mód magas mérőtorony építésére, és anyagi okokból egyébként is célszerűbbnek látszott az országban már létező magas tornyokat megvizsgálni abból a szempontból, hogy alkalmasak-e üvegházgáz monitoring céljára. A környezeti adottságok miatt a választás a Magyar Műsorszóró Vállalat (ma: Antenna Hungária Rt.) 117 m magas hegyhátsáli adótornyára esett, ahol a mérések 1993-ban indultak meg (*Haszpra*, 1993). K-pusztán az ottani eszközök elhasználódásáig, 1999 nyaráig folytak szén-dioxid koncentráció mérések. Az 5 éven át tartó párhuzamos mérésekből kiderült, hogy a koradélutáni órák koncentráció adatait tekintve, a légkör megfelelő átkeveredésének köszönhetően, a két mérőhely adatsora jó közelítéssel összeilleszthető (*2. ábra*).

Az amerikai együttműködésnek köszönhetően a hegyhátsáli állomás mindmáig stabil tagja a NOAA globális mérőhálózatának, melynek állomásain hetente vesznek levegőmintákat. A NOAA mintegy 50 mérőhelyből álló globális hálózatában Hegyhátsál képviseli a kontinentális Európát (*3. ábra*), ezért kiemelkedő jelentősége van a globális és regionális üvegházgáz-mérleg számításokban. A levegőmintákat a NOAA boulderi (Colorado, USA.) központi laboratóriuma számos nyomgázra elemzi (*Haszpra*, 2018), és a mérési adatok a magyar kutatóknak is a rendelkezésükre állnak.

1997-től az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszékének közreműködésével, részben japán együttműködésben, megindult a felszín/bioszféra és a légkör közötti szén-dioxid forgalom közvetlen mérése (*Barcza et al.*, 2003; *Barcza et al.*, 2020), majd a 2000-es évek elejétől Európai Uniós kutatási projektek (CarboEurope, CarboEurope-IP) keretében a metán, a dinitrogén-oxid és a kén-hexafluorid folyamatos mérése is. A komoly összegű

uniós kutatástámogatások 2001–2008 között rendszeres repülőgépes méréseket is lehetővé tettek a torony fölött 3000 m-es magasságig.

A CAATER projekt keretében, 2002 őszén, a Német Repülési Központ (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) Falcon 20E kutatórepülőgépe is programjába iktatta a mérőállomást, méréseket végezve a felszín közelétől a tropopauzáig (*4. ábra*).

Az OMSZ hazai kutatási együttműködéseinek bővülésével kapcsolódott be a munkába a Magyar Tudományos Akadémia Atommagkutató Intézete (MTA ATOMKI) a légköri szén-dioxid fosszilis eredetű hányadának meghatározását lehetővé tevő radiokarbon (14C) mérésekkel (*Major et al.*, 2018), illetve az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont (MTA CSFK) szén-monoxid koncentráció, továbbá felszín-légkör dinitrogén-oxid anyagáram mérési programmal (*Haszpra et al.*, 2018). A mérőállomás teljes mérési programja a fennállásának 25. évfordulója alkalmából megjelent tanulmányban, a Légkör 2018. évi 2. számában olvasható (*Haszpra*, 2018).

A légkör üvegházhatásának erősödése és az ez által gerjesztett éghajlatváltozás globális probléma, ezért a hazai kutatások is a nemzetközi kutatási trendekbe illeszkednek. A koncentrációk követése az éghajlati rendszerben működő visszacsatolásokat próbálja minél pontosabban feltárni, és ugyanezt a célt szolgálják a bioszféra és a légkör közötti anyagáram-mérések is. Ezekre a mérésekre támaszkodnak a természetes és emberi kibocsátás meghatározására szolgáló számítások is, amelyek a belátható jövőben már elsőbbséget élvezhetnek a statisztikai alapú számításokkal szemben, legalábbis a mérőállomásokkal egyre jobban lefedett Európai Unióban (*Pinty et al.*, 2019). A természetes változékonyság miatt hosszú adatsorokra van szükség ahhoz, hogy a véletlen ingadozások mögött a tendenciák, összefüggések feltárhatóvá válhassanak. Ezért monitoring állomásokat csak évtizedes időtartamokra érdemes létesíteni. Az adatsorok értéke a hosszukkal exponenciálisan nő. A hegyhátsáli adatsor Európa második leghosszabb adatsora, a kontinentális (nem óceáni, nem arktikus, nem magashegyi) területeken pedig messze a leghosszabb, ezért tudományos értéke kiemelkedően magas. Az adatsorok növekvő hossza egyre újabb és komplexebb kutatásokra ad lehetőséget, ezért feltételezhető, hogy egyre több tanulmányhoz nyújtanak majd alapot.

A kutatások során eddig a hazai egyetemeken, kutatóhelyeken féltucatnyi PhD értekezés és egy akadémiai doktori értekezés született a mérések eredményeiből, illetve azokra alapítva. A 2000-es évek eleje óta mintegy 40 olyan tudományos publikáció készült, amely vezető nemzetközi folyóiratban jelent meg, és amely kifejezetten a hegyhátsáli mérésekre épült. A mérési adatok döntő része bekerül a WMO (*https://gaw.kishou.go.jp/*) és a NOAA (*https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/obspack/*) nyilvános adatbázisába, így bárki által felhasználhatók. A hegyhátsáli mérések beépülnek azokba a globális modellekre alapított kutatásokba is, ahol az egyes résztvevő mérőállomások nevesítésére nagy számuk miatt már nincs mód. A WMO adatbázisáról nincs könnyen hozzáférhető statisztikai adat, de a NOAA ObsPack adatbázisát átlagosan 280-szor töltik le évente.

A globális éghajlatkutatás, az éghajlatvédelmi stratégiák, az IPCC és a WMO jelentései döntő mértékben a globálisan homogén NOAA üvegházgáz-mérőhálózatra épülnek, amelyet az egyéb WMO GAW állomások egészítenek ki. A NOAA hálózaton belül a hegyhátsáli állomásnak földrajzi elhelyezkedése és kivételesen hosszú adatsora miatt kiemelt szerepe van. A globális mérőhálózat munkája, az adatokból leszűrhető összefüggések nélkül az éghajlati modellek csupán számítógépes játékok lennének, melyeket sem adatokkal táplálni, sem az eredményeiket ellenőrizni nem lehetne.

CIB	(Centro de Investigacion de la Baja Atmosfera), mediterrán	2009–
HBP	(Hohenpeissenberg), hegyi	2006–
HUN	(Hegyhátsál) kontinentális	1993–
LMP	(Lampedusa), mediterrán	2006–
MHD	(Mace Head), óceáni	1991–
OXK	(Ochsenkopf) hegyi	2003–
PAL	(Pallas-Sammaltunturi), arktikus	2001–

3. ábra: A NOAA európai mérőállomásai, jellegük és működésük kezdete. Lampedusán 1992-től 2014-ig az ENEA végzett méréseket. A hegyhátsáli mérőállomásénál hosszabb vagy hasonló hosszúságú adatsorral Európában három hegyi (Schauinsland, Németország, 1971–; Monte Cimone, Olaszország, 1979–; Plateau Rosa, Olaszország, 1993–) és egy arktikus (Teriberka, Oroszország, 1988–) WMO GAW mérőállomás rendelkezik. A 2000 utáni időszakban, különösen az Európai Unió által szorgalmazott, az európai kibocsátási adatok ellenőrzésére is szolgáló ICOS (Integrated Carbon Observation System) mérőhálózat kiépülése során több mint egy tucatnyi új állomás létesült, köztük számos kontinentális mérőhely is.

Epilógus. A földtudományok és a csillagászat területén a korábban a Magyar Tudományos Akadémia, ma az Eötvös Loránd Kutatási Hálózat kutatóintézeteinek szakterülete a Föld magjától a világegyetem határáig

4. ábra: A Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt Falcon 20E kutatórepülőgépe a sármelléki repülőtéren 2002. október 3-án, a hegyhátsáli mérés előtt (középen a szerzővel)

terjed — történelmi okokból kihagyva a földfelszín feletti néhány tíz kilométert, a légkört. Ez az Országos Meteorológiai Intézet (1970-től: Szolgálat) kutatási területe lett. A kutatások elsősorban a hajdani (Központi) Légkörfizikai Intézetben folytak, de az OMSZ más intézetei is jelentős kutatási teljesítményt mondhattak magukénak. A Szolgálat létszáma azonban az elmúlt évtizedekben kevesebb, mint ötödére zsugorodott, és ezt elsősorban a kutatási tevékenység sínylette meg. Stílszerűen: akár esik, akár fúj, az operatív szolgáltatásoknak működniük kell. Ez a leépülési folyamat a levegőkémiai, benne az üvegházhatású gázokkal kapcsolatos kutatásokat sem kerülte el. 2020 őszén az OMSZ a hegyhátsáli mérőállomás fenntartásáról is lemondott. A mérőállomás azonban olyan szinten beépült a nemzetközi tudományos kutatásba, adatsora olyan tudományos értéket képvisel, hogy fenntartása érdekében jelentős nemzetközi nyomás nehezedik Magyarországra. Ennek következtében a mérőhely, ha nem is az OMSZ égisze alatt, várhatóan még hosszú ideig szolgáltat adatokat, és reméljük, ezeket nemcsak külföldi kutatók fogják hasznosítani.

Irodalom

Arrhenius, S., 1896: On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science Series* 5 41, 237–276.

Bakwin, P. S., Tans, P. P., Zhao, C., Ussler, W. I., Quesnell, E., 1995: Measurements of carbon dioxide on a very tall tower. *Tellus* 47B, 535–549.

Barcza, Z., Haszpra, L., Kondo, H., Saigusa, N., Yamamoto, S., Bartholy, J., 2003: Carbon exchange of grass in Hungary. *Tellus* 55B, 187–196.

Barcza, Z., Kern, A., Davis, K. J., Haszpra, L., 2020: Analysis of the 21-years long carbon dioxide flux dataset from a Central European tall tower site. *Agricultural and Forest Meteorology* 290, 108027, doi: 10.1016/j.agrformet.2020.108027

Bojinski, S., Verstraete, M., Peterson, T. C., Richter, C., Simmons, A., Zemp, M., 2014: The concept of Essential Climate Variables in support of climate research, applications, and policy. *Bulletin of the American Meteorological Society* 95, 1431–1443., doi: 10.1175/bams-d-13-00047.1

Foote, E., 1856: Circumstances affecting the heat of the Sun's rays. *The American Journal of Science and Arts* 32, 382–383.

Fourier, J. B. J., 1827: Mémoires sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France* VII, 570–604.

Haszpra, L., 1993: NOAA mérőhely Magyarországon. *Légkör* 38(4), 14–16.

Haszpra, L., 1995: Carbon dioxide concentration measurements at a rural site in Hungary. *Tellus* 47B, 14–22.

Haszpra, L., 2018: 25 éves a hegyhátsáli üvegházgáz mérőállomás. *Légkör* 63, 100–101.

Haszpra, L., Hidy, D., Taligás, T., Barcza, Z., 2018: First results of tall tower based nitrous oxide flux monitoring over an agricultural region in Central Europe. *Atmospheric Environment* 176, 240–251., doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.12.035

Major, I., Haszpra, L., Rinyu, L., Futó, I., Bihari, Á., Hammer, S., Jull, A. J. T., Molnár, M., 2018: Temporal variation of atmospheric fossil and modern CO2 excess at a Central European rural tower station between 2008 and 2014. *Radiocarbon* 60, 1285–1299., doi: 10.1017/rdc.2018.79

Mészáros, E., 1978: Background air pollution monitoring. Prepared for the World Meteorological Organization and the United Nations Environment Programme training course. *Institute for Atmospheric Physics of the Meteorological Service of Hungary* (manuscript)

Pinty, B., Ciais, P., Dee, D., Dolman, H., Dowell, M., Engelen, R., Holmlund, K., Janssens-Maenhout, G., Meijer, Y., Palmer, P., Scholze, M., Gon, H. D. v.d., Heimann, M., Juvyns, O., Kentarchos, A., Zunker, H., 2019: An operational anthropogenic CO2 emissions monitoring & verification support capacity – Needs and high level requirements for in situ measurements. *European Commission Joint Research Centre*, EUR 29817 EN, doi: 10.2760/182790

Revelle, R., Suess, H. E., 1957: Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of atmospheric CO2 during the past decades. *Tellus* 9, 18–27.

Tans, P. P., Conway, T. J., Nakazawa, T., 1989: Latitudinal distribution of the sources and sinks of atmospheric carbon dioxide derived from surface observations and an atmospheric transport model. *J. of Geophysical Research* 94D, 5151–5172

Tyndall, J., 1863: On radiation through the Earth's atmosphere. *Philosophical Magazine* Series 4 25, 200–206, doi: 10.1080/14786446308643443

WMO, 1974: WMO operational manual for sampling and analysis techniques for chemical constituents in air and precipitation. WMO No. 299

BESZÁMOLÓ A METEOROLÓGIAI TÁRSASÁGOK NEMZETKÖZI FÓRUMÁNAK 6. ÁLTALÁNOS ÖSSZEJÖVETELÉRŐL

INFORMATION ABOUT INTERNATIONAL FORUM OF METEOROLOGICAL SOCIETIES GENERAL MEETING 6

Összefoglalás. Ebben az írásban röviden beszámolunk az IFMS GM6 eseményeiről, amelyet ezúttal Bostonban tartottak.
Abstracts. We give a short summary about IFMS General Meeting 5 was held in Bostont, USA shortly in this writing.

2020. január 14-én és 16-án tartotta az IFMS (Meteorológiai Társaságok Nemzetközi Fóruma) a 6. Globális Értekezletét (IGM-06) Bostonban, az Amerikai Meteorológiai Társaság (AMS) centenáriumi ünnepi konferenciájával párhuzamosan. Az első, alakuló értekezlet is az AMS Éves Közgyűlésével együtt került megrendezésre 2010-ben, Atlantában. Az MMT alapító tagja az IFMS-nek, s eddig minden Fórumon képviseltette magát.
A kétnapos tanácskozás első napján került sor először az IFMS elnökének Harinder Ahluwalia köszöntőjére, majd az AMS megválasztott elnöke Mike Farrar köszöntötte a résztvevőket. Utána Petteri Taalas, a WMO főtitkárának üdvözlése hangzott el. Vladimir Tsirkunov a Világbank főmunkatársa, a Globális Katasztrófacsökkentési és Helyreállítási Eszközök (GFDRR) Hydromet Program csoportjának vezetője köszöntőjében elmondta, hogy a WMO-val közösen támogatják a *Global Weather Enterprise* kezdeményezést, aminek célja megkönnyíteni az állami, a magán- és a tudományos szektor közötti kötelezettségvállalást.
Az általános bemutatkozás és a bevezető előadások után került sor Harinder Ahluwalia elnöki beszámolójára, amelyben összefoglalta az IFMS célját és küldetését. Kiemelte, hogy fontos lépéseket tettek a szervezet kialakítása céljából. ílétrejött egy tanács amely összagyűjti és rendezi a javaslatokat, előkészíti a a WMO-val közös megállapodást. Végrehajtás érdekében külön munkabizottság jött

Az IFMS GM6 résztvevői: Cam Chao (Kína), San Juan Bosco Puerto Madryn (Argentina), Tomas Helenka (Csehország), Workneh Degefu (Etiopia), Kung-Yueh Cayale (Taivan), Buruhani Nyenzi (Tanzania), Harinder Ahluwalia (Kanada), Petteri Taalas (WMO), Sushil Kumar Dash (India), Graciela Mercedes Salaberri (Uruguay), Micheal Couglan (Australia), Oscar Frumento (Argentina), Olavo Francisco Valente Rasquinho (Portugália), Elisabeth Bentley (UK), Richard Riddaway (EMS), Walter Dabberth (USA), Jack Hayes (USA), Bartholy Judit (Hungary)

létre minden egyes javaslat kidolgozására. A finanszírozás azonban továbbra is az IFMS Achilles-sarka marad. A további hatékony működés érdekében hamarosan megoldást kell találni. Mivel az IFMS önkéntes szervezet, az abba befektetett legkisebb összeg is sokkal nagyobb megtérülést eredményezhet. Ezért arra ösztönözzük a WMO-t és a Világbankot, hogy segítsenek finanszírozni az IFMS-t, hozzanak létre egy kis titkárságot néhány emberrel, hogy fenntartsák ezt a küldetést. Az előadás azt is felvázolta, hogy az IFMS hogyan tervezi segíteni a WMO-t és a WBG-t a PPA együttműködésének előmozdítására a GWE megerősítésére és a szakképzési programokban. Mindeddig az AMS az IFMS fő támogatója.
A nap további részében a különböző munkacsoportok beszámolója hangzott el. Az együttműködési munkacsoport tanácskozásán Buruhani Nyenzi előadta, hogy annak érdekében, hogy egyértelművé váljon, hogy mi az IFMS célja szükség van arra, hogy a társadalommal való kapcsolatfelvétel és az együttműködés előnyeit megfelelő keretek között oktatássuk. Az együttműködések kategóriái közé tartoznak a nemzeti, regionális, szubregionális és globális szintű együttműködések.
Az akkreditáció régi közös problémája a meteorológus társadalomnak. Az akkreditációs és képzési program csoport vezetője Bentley professzor számolt be tevékenységükről. Felülvizsgálták a létező ACT (*Accreditation, Certification and Training*) programokat és anyagok, amelyeket az AMS, a Royal Meteorological Society és a Kanadai Meteorológiai és Oceanográfiai Társaság használ. Megállapították hogy, az ACT programok nem könnyű végrehajtani, és megkövetelni. A végrehajtáshoz kellő számú szakemberre van szükség, ami nincs. Ennek áthidalására webináriumokat és speciális prezentációkat terveznek az AMS-sel, RMetSoc-cal közösen. Ezek a Fórum honlapján *https://ifms.org/index.cfm/ifms/resources/webinars/* megtekinthetők.
A tanácskozás második napján plenáris előadás keretében az AMS elnöke, Mary Galckin arról beszélt, hogy ismert, hogy a társadalmi jólét függ a minőségi időjárás-előrejelzéstől, a víz- és éghajlati szolgáltatásoktól. E szolgáltatások iránti igény tovább növekszik, mivel a világ népessége növekedésével egy időben az éghajlati szélsőségek is nőnek. Ennek megfelelően komoly figyelmet kell fordítani a Globális Időjárási Vállalkozás (*Global Weather Enterprise*) fejlesztésére, ami az állami, a magán- és a tudományos szektorból áll, s ami együttesen nyújthat szolgáltatásokat, különösen a gyengébben fejlett területeken. Ebben az utóbbi időkben megnőtt a magánszektor szerepe.
A munkacsoport beszámolók után vendég előadók kaptak szót, köztük Louis Ucelli az USA meteorológiai szolgálatának igazgatója, valamint az EMS és a FLISMET képviselője.

A Magyar Meteorológiai Társaságot prof. dr. Bartholy Judit képviselte, akinek kiutazását a Társaság 100,000 forinttal támogatta.

ÜVEGES ZOLTÁNT (OMSZ) VÁLASZTOTTÁK AZ EMS TÖMEGTÁJÉKOZTATÁSI IDŐJÁRÁSI ELŐREJELZÉSI DÍJRA 2020-BAN

ZOLTÁN ÜVEGES, OMSZ HUNGARY, HAS BEEN SELECTED FOR THE EMS MEDIA WEATHER FORECAST AWARD 2020

Összefoglalás. Az Európai Meteorológiai Társaság (EMS) Tömegtájékoztatási Időjárási Előrejelzési Díját 2020-ban Üveges Zoltán, az OMSZ előrejelzője nyerte az OMSZ YouTube csatornájára feltett 2020. május 18-i időjárás-előrejelzési tájékoztatójáért.

Abstract. Zoltán Üveges, forecaster of the Hungarian Meteorological Service (OMSZ), won the Media Weather Forecast Award of the European Meteorological Society (EMS) in 2020 for its weather forecaster information on OMSZ's YouTube channel on May 18, 2020.

Az Európai Meteorológiai Társaság, amelynek a Magyar Meteorológiai Társaság alapító tagja, 1999-es megalakulása óta mindig fontos feladatának tartotta a különböző kiemelkedő meteorológiai és klimatológiai tevékenység elismerését.

Az EMS díjai közül az EMS *Silver Medal* életműdíj, míg a különböző média díjak a meteorológus pályafutás egy-egy szakaszán ad elismerést az arra érdemesnek. Különösen fontos a *Young Scientist Award*, amelylyel a fiatal kutatók eredményes munkáját ismeri el a Társaság és nyújt utazási támogatást a fiatal meteorológusoknak pályafutásuk korai szakaszában. 2003 óta három magyar fiatal is elnyerte ezt a díjat: Horváth Szilvia, Hágel Edit és Gál Tamás.

A *Young Scientist Travel Awards* célja kiemelkedő teljesítményt nyújtó egyetemi hallgatók és fiatal kutatók részvételének támogatása EMS által támogatott konferenciákon. Ezt a díjat eddig számos magyar nyerte el: Breuer Hajnalka, Dobor Laura, Göndöcs Júlia, Kis Anna, Kocsis Zsófia, Miklós Erika, Pieczka Ildikó, Polyánszky Zoltán, Szabó Péter, Szépszó Gabriella, Zsebeházi Gabriella.

Az elismerési gyakorlatban az EMS külön figyelmet fordít az időjárási tájékoztatásban kiemelkedők díjazására. A tömegtájékoztatás területén, a média-meteorológiában négy díjat hozott létre az Európai Meteorológiai Társaság: *The Broadcast Meteorologist Award* (kétévente), *Media Weather Forecast Award, Outreach & Communication Award és a Journalistic Award* (kétévente). A média díjak központi célkitűzése a meteorológiai és klimatológiai információ fejlesztők, felhasználók, érdekelt felek és döntéshozók, valamint a nagyközönség közötti kommunikáció javítását célzó információcsere területén kifejtett munka értékelése.

A *Media Weather Forecast Award* (korábban *TV Weather Forecast Award*) személyre szóló díj, ami a kommunikációs legjobb, a nagyközönségnek nyújtott tájékoztatás elismerését szolgálja. Minden évben felkérik a műsorszolgáltatókat és a digitális média időjárás-előrejelzőit, hogy nyújtsanak be egy videoklipet egy

Üveges Zoltán a videoklip bevezető részében

Az európai helyzet értékelése és magyarázata

időjárás-előrejelzésről, amelyet a bejelentésben megadott időszakban készítettek. A benyújtott videókból választja ki az EMS a díjazásra érdemesnek tekintett alkotást.

Üveges Zoltán 2020. május 18-i előrejelzését, amely az OMSZ YouTube-csatornáján volt elérhető választották az EMS Media Weather Forecast Award 2020-ra. Ez volt az első év, amikor a díjra jogosult benyújtók csoportját kibővítették a műsorszolgáltatókra és a digitális média időjárás-előrejelzőire is.

A díjazott film bemutatja, hogyan lehet a valószínűségi előrejelzéseket közölni. Átfogó magyarázatot adott az időjárásra nagyobb európai térségben, amely hatással van országára. Ennek következtében nemcsak az előrejelzést, hanem azt is, hogy miért úgy alakul az időjárás, jól megvilágítja a nézőknek. A bemutatott ábrákat jól címkézték, és minden elemet szép átmenetekkel kapcsoltak össze a különböző helyzetek között.

Üveges Zoltán a neki feltett kérdésekre azt mondta: „Meteorológusnak lenni, különösen olyannak, aki előrejelzéseket ad a nyilvánosságnak, sok esetben hálátlan feladat. Előrejelzéseink értelmezésekor az elsődleges szempont nemcsak az, hogy száraz adatokat és tényeket közöljünk nézőinkkel, hanem az is, hogy szakmánkat közelebb hozzuk hozzájuk, annak minden szépségével és nehézségével együtt. A követőink visszajelzései mellett különösen fontos, hogy ilyen szakmai díjjal ismerjenek el minket. Ez egy nagyon erős megerősítés, hogy jó úton járunk. Csapatunk minden tagja nagyon elégedett ezzel az elismeréssel, amelyért őszintén szeretnénk köszönetet mondani!"

A vírusjárvány miatt a 2020. évi EMS konferencia elmaradt. Reméljük, hogy a díjat Üveges Zoltán 2021 szeptemberében a Barcelonába tervezett EMS éves közgyűlésen személyesen átveszi és aktívan részt vesz a médiaülésen, és beszél elképzeléseiről és tapasztalatairól.

A *Broadcast Meteorologist Award*-ot 2009-ben Vissy Károly kapta.

150 ÉVES AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT (EGY EMLÉKÉV MARGÓJÁRA)

THE 150 YEAR OLD HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

Fejes Edina, Szabó Bernadett, Szabó Dorottya

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest Kitaibel Pál utca 1., *rendezveny@met.hu*

Összefoglalás. 2020. május 3-án ünnepelte az Országos Meteorológiai Szolgálat megalapításának 150. évfordulóját. A világjárvány miatt május helyett szeptemberben került megrendezésre a budai Várkert Bazárban a születésnapi gála. Az eseményre az OMSZ régi és jelenlegi munkatársai mellett a Szolgálathoz kötődő legfontosabb ügyfelek képviselői, illetve az ország elöljárói voltak hivatalosak. Az elegáns eseményt állófogadás zárta.

Abstract. On May 3, 2020, the Hungarian Meteorological Service celebrated the 150th anniversary of its founding. Due to the pandemic, the birthday gala held at the Castle Garden Bazaar in Buda took place in September instead of the beginning of May. In addition to the old and current staff of the OMSZ, representatives of the most important clients associated with the Service and the country's magistrates were invited to the event. The gala was closed by a standing reception.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) 2020-ban ünnepelte fennállásának 150. évfordulóját. A jubileumi évben programok sorozatával emlékezett meg az intézmény az elmúlt másfél évszázadról. Az emlékév legfontosabb eseménye szeptember 25-én, a Várkert Bazárban került megrendezésre.

Regisztráció az előtérben. A vendégek maszkot is kaptak a belépéskor.

Ezúttal sajnos nem egy pohár pezsgővel, hanem a jubileumi logóval ellátott arcmaszkkal köszöntötte az OMSZ a megjelent vendégeket, akik hőmérsékletmérés és kézfertőtlenítés után léphettek az impozáns aulába, ahol ínycsiklandó falatkák és frissítők várták az érkezőket.

Miután a vendégek elfoglalták a helyüket, kihunytak a fények és az elsötétített teremben elkezdődött a műsor, az Országos Meteorológiai Szolgálat erre az alkalomra készült imázsfilmjével. A film a várttal ellentétben nem a 150 év kiemelkedő eseményeit, hanem az elhivatottság és a szakma szeretetének érzését kívánta átadni a közönségnek. Az OMSZ azokat az értékeket mutatta be, melyet megőrizve és alapul véve a jövőben is meghatározó szerepet tölthet be a társadalom mindennapjaiban, a gazdasági fejlődésben, az élet- és vagyonvédelemben, valamint az ehhez

Az imázsfilm vetítése

kapcsolódó döntéshozatalban. Az Országos Meteorológiai Szolgálat számára a hagyomány nem jelent maradiságot, a szakmaiság nem jelent szűklátókörűséget, a (szakmai) sokszínűség nem jelent felületességet. Az OMSZ egy a múltjára büszke intézmény, melyet a professzionalizmus, az innovatív gondolkodás, a fiatalos lendület, a tudomány szeretete, valamint a társadalom szolgálata iránti felelősségérzet egyaránt jellemez. Ezt az érzést pedig nagyszerűen közvetítette a néhány perces imázsfilm.

A filmvetítést követően az est műsorvezetője, Gundel Takács Gábor lépett először színpadra, aki röviden köszöntötte a közönséget és a kiemelt meghívottakat, s felkérte Dr. Radics Kornéliát, az OMSZ elnökét, hogy tartsa meg nyitóbeszédét. Az elnök asszony először köszöntötte a megjelent vendégeket. A meghívottak között ott volt az Országos Meteorológiai Szolgálatot felügyelő Dr. Nagy István agrárminiszter, Petteri Taalas, a Meteorológiai Világszervezet (WMO) főtitkára, Nyitrai Zsolt kiemelt társadalmi ügyekért felelős miniszterelnöki megbízott, Karácsony Gergely Budapest főpolgármestere és Szalay László ezredes az MH Geoinformációs Szolgálat (MH GEOSZ) szolgálatfőnöke. Ünnepi beszéde elején felelevenítette a 150 éves intézmény legemlékezetesebb pillanatait.

Az OMSZ elnöke összefoglalta az intézmény történetét a kezdetektől napjainkig, kiemelte, mekkora utat járt be a meteorológia, míg a korabeli mérési eszközöktől eljutott a mai modern technológiákig, a Morse táviratoktól a teljesen automatizált, korszerű rendszerekig. Beszédében felhívta a figyelmet arra, hogy az egyes országok meteorológiai szolgálatai nemzetközi közösséget alkotnak, melynek elsődleges feladata az élet és vagyonvédelem szolgálata.

Dr. Radics Kornélia, az OMSZ elnöke megnyitja a jubileumi gálaestet 2020. szeptember 25-én

Hangsúlyozta, hogy az OMSZ a meteorológusok világközösségének tagjaként kizárólag hiteles, reprezentatív és ellenőrizhető adatokkal, a legfejlettebb tudományos ismeretekkel, előrejelzésekkel és operatív szolgáltatásokkal szolgálja az időjárás, az éghajlat, a hidrológia, az óceánok és a környezet védelmét.

Zárszóként megemlítette a 2021 januárjától életbe lépő ingyenes adatpolitikát is, amelynek köszönhetően a mérési adatok és előrejelzések – kormányzati támogatással – szabadon hozzáférhetővé válnak bárki számára. Végül arról beszélt, hogy az OMSZ a következő 150 évben is azon dolgozik majd, hogy a gazdasági és a társadalmi igényeket minél magasabb színvonalon, naprakész információkkal szolgálja ki.

Orbán Viktor miniszterelnök köszöntő levelét Nyitrai Zsolt, míg Áder János köztársasági elnök üzenetét Horváth Gyula

Nyitrai Zsolt olvasta fel Orbán Viktor miniszterelnök köszöntő levelét

elnökhelyettes olvasta fel. A miniszterelnök levelében kiemelte, hogy az OMSZ munkatársai nemcsak az előttünk álló napok tervezését segítik elő, hanem könnyebbé teszik többek között a mezőgazdaságban és az idegenforgalomban dolgozók életét is. Minden magyar ember nevében megköszönte, hogy a figyelmeztető előrejelzéseikkel védik az állampolgárok életét, biztonságát, valamint lehetővé teszik a felkészülést arra, hogy az egyre szélsőségesebbé váló időjárási jelenségek minél kevesebb kárt okozzanak az országban. A köztársasági elnök, aki személy szerint is elkötelezett az éghajlatváltozás elleni küzdelemben és a Föld vízkészleteinek megóvásában, levelében külön kiemelte az Országos Meteorológiai Szolgálat szerepét a klímaváltozás kutatásában, működésének fontosságát az árvízvédelemben és a vízgazdálkodásban.

Ezt követően Dr. Nagy István agrárminiszter és Petteri Taalas professzor a WMO főtitkára üdvözlő beszéde hangzott el. Dr. Nagy István elmondta, hogy a globális éghajlatváltozás kedvezőtlen hatásainak mérséklésére, a magyar agrárium versenyképességének megőrzéséhez, a gazdálkodás megtervezéséhez egyaránt nélkülözhetetlenek a meteorológiai adatok, az előrejelzések és a hosszabb távra szóló éghajlati modellek. A szélsőséges időjárás, köztük az özönvízszerű esőzések, az aszályok,

Dr. Radics Kornélia, az OMSZ elnöke átveszi az Agrárminisztérium ajándékát Dr. Nagy István minisztertől.

az intenzív hőhullámok miatt az emberiség egyre kiszolgáltatottabb, a kárenyhítés gazdasági eszközei pedig egyre sérülékenyebbek. Ez még fontosabbá teszi a nemzeti meteorológiai szolgálat fenntartását. Az időjárási károk enyhítése és az emberi élet biztonsága a legfőbb cél, melyben nélkülözhetetlen partner az Országos Meteorológiai Szolgálat, s nemzetközi szinten is elismert szakemberei. Megemlítette, hogy ezt a kérdést az Agrárminisztérium is kiemelten kezeli, s nagyszabású programokat indítottak az éghajlatváltozás kedvezőtlen hatásainak mérséklésére. Többek között öntözésfejlesztési és országfásítási programokat szerveznek. Hozzátette, hogy az időjárási szélsőségek – köztük az aszály – kivédésére hozott intézkedéseik ugyanakkor csak az OMSZ-szal együttműködve lehetnek hatékonyak.

Nagy István azt is elmondta, arra törekszenek, hogy a lehető legjobban összehangolják az agrártárca intézkedéseit

az OMSZ fejlesztéseivel. Ezek közül kiemelkedik a 280 állomásból álló országos automata mérőhálózat felújítása, bővítése, amit főként a polgári repülés kiszolgálása és a tervezett paksi bővítés indokol, továbbá az Európai Unió előírásainak megfelelő, nyílt adatpolitika bevezetése.

A miniszter az OMSZ méltatása mellett egy kézzel festett Herendi porcelán vázával is kedveskedett, amelyet elnök asszonynak adott át.

Az Agrárminisztérium ajándéka, egy Herendi porcelán váza

Petteri Taalas, a WMO főtitkára köszönti a születésnapos Szolgálatot 2020. szeptember 25-én

Petteri Taalas, az ENSZ Meteorológiai Világszervezetének (WMO) főtitkára elismeréssel szólt az Országos Meteorológiai Szolgálat munkájáról. Beszédében megemlítette, hogy Magyarországon az elsők között jött létre meteorológiai intézet, és kiemelte, hogy már 1717-ben végeztek hazánkban rendszeres méréseket. A főtitkár elismerését fejezte ki a januártól életbe lépő szabad adathozzáférés miatt, továbbá üdvözlendőnek találta a segítséget ahhoz, hogy a meteorológiai szolgálat ellátthassa a biztonsághoz, a katasztrófavédelemhez kapcsolódó feladatait is. Hangsúlyozta, hogy ezen a téren minden befektetés tízszeresen fog megtérülni.

Egy rövid videóüzenet keretében Dr. Kandrács Csaba, a Magyar Nemzeti Bank alelnöke bemutatta az aznap kiadott – négyzet alakú – emlékérmét, mely 5-5000 db 2000 és 10.000 forintos címletben készült, színesfém ötvözetből, illetve ezüstből, címlettől függően.

Az érméket Molnár Mercédesz szobrászművész tervei alapján készítették, előlapján a megújult logó ciklonja, míg tematikai oldalán balatoni táj ábrázolása látható, időjárási ciklonhoz kapcsolódó frontrendszer

Az évforduló alkalmából kibocsátott 10.000,- és 2000,- forint értékű emlékérme.

Nyitrai Zsolt miniszterelnöki megbízott, Nagy István agrárminiszter, Petteri Taalas az ajándékba kapott emlékérmékkel

Szalay László ezredes átadja a Rédey Emlékplakettet az OMSZ elnökének

hideg- és melegfrontjának szinoptikus térképi megjelenítésével kiegészítve. A bemutató után Dr. Radics Kornélia a kiemelt vendégeket egy-egy tiszteletpéldánnyal ajándékozta meg az MNB nevében.

A Rédey István emlékplakett

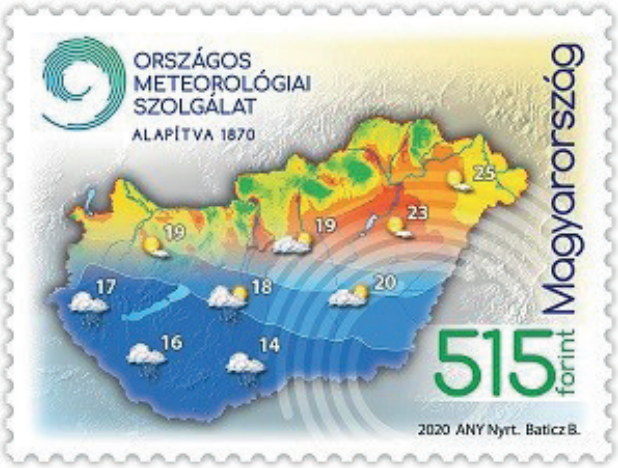
Az MH Geoinformációs Szolgálat – amelynek keretében működik jelenleg a katonai meteorológia – szolgálatfőnöke, Szalay László ezredes beszédét követően az OMSZ-nak adományozta a katonai térképészet legnagyobb díját, a Rédey István Emlékplakettet, melyet első alkalommal kaphatott meg szervezet. A díjat a közös munka és a geoinformációs támogatás működtetésben betöltött fontos szerepe miatt ítélt a döntőbizottság 2020-ban az Országos Meteorológiai Szolgálatnak.

Az ezredes úr beszédében kiemelte, hogy a Magyar Honvédség alapvetően az önálló képességek fejlesztését részesíti előnyben, de tudja, hogy a meteorológiai szolgálatok erre csak nagyon szigorú korlátozások mentén alkalmasak. Elmondta, hogy ahhoz, hogy az előrejelző szakemberek megfelelő időelőnnyel rendelkezésre álló információt biztosíthassanak a felhasználók részére, ismerniük kell a tőlük nagy távolságban zajló légköri folyamatokat is. Ennek érdekében a meteorológiai szolgálatok nemzetközi és nemzeti szinten egyaránt szoros együttműködésben, jól szervezett, adatcsere hálózaton keresztül biztosítják egymás számára az általuk előállított meteorológiai információkat. A januártól bevezetésre kerülő adatpolitikának köszönhetően az OMSZ és az MH GEOSZ az eddigi együttműködést még szorosabbra fonja, s a kapcsolat egy újabb szintre emelkedhet – hangsúlyozta az ezredes.

Az évforduló alkalmából kibocsátott bélyeghez tartozó boríték.

Ezt követően Gundel Takács Gábor néhány szóban bemutatta a Magyar Posta által május 4-én kibocsátott jubileumi bélyeget és a hozzá tartozó borítékot.

A bélyeg 50.000 db-os példányszámban, 40x30 mm-es méretben, fehér, famentes felületkezelt enyvezett bélyegpapírra készült, optikai fehérítővel. A grafika Baticz Barnabás tervei alapján készült. Az alkalmi bélyegképen Magyarország egy képzelt meteorológiai térképe, az alkalmi borítékon az OMSZ székháza és jubileumi logója, a bélyegzőben pedig az alapításkori pecsétjének stilizált rajza található.



Az évforduló alkalmából kibocsátott bélyeg.

A gálaműsort két produkció is színesítette. Az ünnepi beszédeket a Forgatag Művészeti Társaság táncos bemutatója szakította meg és frissítette fel kicsit a hallgatóság figyelmét. A táncosok az időjárást, valamint a meteorológia fejlődését mutatták be, pusztán mozdulataikkal, egyetlen szó nélkül. Táncukkal végig követték az idő múlását, a korabeli, ma már kosztümösnek számító kortól egészen napjainkig, ahol életünk egyik legmeghatározóbb eszköze a mobiltelefon, amely folyamatosan eláraszt minket meteorológiai információkkal is. Záró akkordként a Fonogram díjas Szabó Balázs Bandája adott egy közel fél órás, élő koncertet.

A műsort követően az előtérben díszvacsora várta a vendégeket, ahol az étkezés mellett ismét lehetőség nyílt kötetlen

Részlet a Forgatag Társulat műsorából

A Forgatag Társulat időjárás-tánca

A falra vetített idővonal, amely az előteret díszítette.

beszélgetésre. Az ízlésesen díszített könyöklő asztalok mellett fotófal, falra vetített idővonal, valamint a jubileumi bélyeg nagyított képe teremtett ünnepi hangulatot.

Moonlight Event Kft. munkájának köszönhetően a díszvacsorával egybekötött gálaműsorral méltóképpen ünnepelhettük meg az elmúlt 150 évet.

Szabó Balázs Bandája a színpadon. A műsort fél órás élő koncert zárta.

Életképek az állófogadásról. Az előtérben berendezett vacsorahelyszínen még volt lehetőség a beszélgetésre.

Távozáskor a vendégek, az évforduló alkalmából kiadott 2000 Ft-os emlékérmét és egy jubileumi bélyeggel ellátott borítékot tartalmazó ajándékcsomagot vehettek át.

Az eredeti tervek szerint a gálaműsort a Vígszínházban A Pál utcai fiúk című előadás zárta volna, erre azonban a pandémia miatt nem kerülhetett sor. Ennek ellenére senkiben nem maradt hiányérzet az esemény után. A szervező

MAGYAR ÉRDEMKERESZT KITÜNTETÉST KAPOTT PUTSAY MÁRIA, BUDA ISTVÁN, HORVÁTH GYULA ÉS TÖLGYESI LÁSZLÓ

MÁRIA PUTSAY, ISTVÁN BUDA, GYULA HORVÁTH AND LÁSZLÓ TÖLGYESI WAS HONOURED WITH ORDER OF MERIT OF HUNGARY

Áder János köztársasági elnök március 15. alkalmából a Magyar Arany Érdemkereszt kitüntetést adományozta *dr. Putsay Máriá*nak, a hazai és nemzetközi viszonylatban egyaránt kiemelkedő műhold-meteorológiai tevékenységéért, valamint a magas színvonalú kutatási, alkalmazási, ismeretterjesztési munkásságáért. A járvány miatt a kitüntetést augusztus 17-én vette át *Nagy István* agrárminisztertől.

A köztársasági elnök Magyar Arany Érdemkereszt kitüntetést adományozott október 23-a alkalmából *Buda István* gazdasági elnökhelyettesnek az Országos Meteorológiai Szolgálat elnökhelyetteseként végzett több mint két évtizedes felelősségteljes, elkötelezett munkájáért, és *Horváth Gyula* szakmai elnökhelyettesnek az Országos Meteorológiai Szolgálat élet- és vagyonvédelmet szolgáló meteorológiai mérőhálózatának és megfigyelési tevékenységének modernizálásáért, kiemelkedő innovációs tevékenységéért, valamint szakmai elnökhelyettesként végzett példaértékű munkájáért, továbbá Magyar Ezüst Érdemkereszt kitüntetést *Tölgyesi László*nak az Országos Meteorológiai Szolgálat társadalmi beágyazódását segítő informatikai alkalmazások kialakításában végzett kiemelkedő tevékenységéért, több évtizedes példamutató munkájáért.

A díjátadó agrárminiszter dr. Nagy Ist-ván és dr. Putsay Mária a kitüntetéssel

Magyar Arany Érdemkereszt

Horváth Gyula, Tölgyesi László, Buda István a kitüntetés átadása után

Dr. Putsay Mária fizika tanári és meteorológus diplomát szerzett az ELTE-n 1979-ben. Ugyanabban az évben az OMSZ Sugárzási Osztályán kezdett el dolgozni. 1985 óta foglalkozik műholdas adatfeldolgozással. 1988-ben egyetemi (kis) doktori, 1995-ben PhD címet szerzett. Az EUMETSAT Nowcasting munkacsoport aktív résztvevője. Neves kutató, számos magyar és angol nyelvű szakcikk szerzője, nemzetközi kutatási projektek irányítója. Az ELTE meteorológus képzésén oktató. 2020-ban nyugdíjba vonult.

Buda István főosztályvezető, gazdasági elnökhelyettes 1981-ben szerzett üzemmérnöki diplomát a Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskolán, majd 1989-ben közgazda oklevelet a Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetemen, 2001-ben pedig egyetemi szakközgazdász végzettséget a BKÁE Közgazdasági Továbbképző Intézetében. Különböző vállalatoknál betöltött szakmai vezetői posztok után 1997-ben lépett be az OMSZ-ba, ahol azóta gazdasági vezetőként tevékenykedik. Lelkiismeretes odaadó munkája eredményeként a Szolgálat mindig sikeresen megőrizte pénzügyi egyensúlyát.

Horváth Gyula főosztályvezető, elnökhelyettes 2001-ben szerzett meteorológus diplomát az ELTE-n, majd villamosmérnöki oklevelet az Óbudai Egyetemen. A végzés után a Szolgálatnál helyezkedett el 2001-ben. 2010-től osztályvezető, 2012-től főosztályvezető, majd 2016-tól szakmai elnökhelyettes. Közreműködött a radarhálózat korszerűsítésében. Aktív szerepet játszott a földfelszíni mérőhálózat és a meteorológiai megfigyelési tevékenység modernizálásában. Tevékenysége jelentős a megfigyelő hálózat munkájának koordinálásában.

Tölgyesi László főtanácsos 1984-ben meteorológus, majd programozó matematikus diplomát szerzett az ELTE-n. 1984 óta dolgozik a Szolgálatnál. 1993-ig az agrometeorológia területén működött, majd a távközlési és informatikai területre ment át, ahol előbb osztályvezető, majd 2019-ig főosztályvezetői beosztásban dolgozott. Kiemelkedő szerepe van a Szolgálat számítástechnikai eszközparkjának folyamatos korszerűsítésében, az informatikai rendszer többszöri megújításában. Hatékonyan közreműködött az OMSZ előrejelzési és veszélyjelzési produktumainak online megjelenítésében, az önkéntes észlelő felület megalkotásában, valamint a mobiltelefonos applikáció létrehozásában.

Nagy István agrárminiszter Ezüst Életfa Emlékplakett kitüntetést adományozott 80. születésnapja alkalmából *Weingartner Ferencné*nek, több évtizedes munkássága, az OMSZ-nál végzett szakmai munkája, és *Káplár Sándorné*nak, a Szolgálatnál több éven át felelősséggel végzett munkájának elismeréseként, valamint Bronz Életfa Emlékplakettet 70. születésnapja alkalmából *Bozóki István*nak, több évtizedes, a rádió és írott sajtó meteorológiai kiszolgálásában nyújtott kiemelkedő munkája, és *Kövesdi László*nak a Marcell György Főobszervatóriumban végzett több évtizedes munkássága elismeréseként.

2020 NYARÁNAK IDŐJÁRÁSA

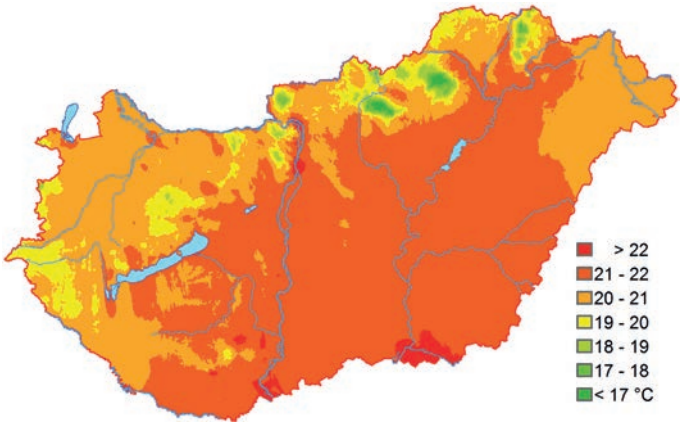
WEATHER OF SUMMER 2016

Bíróné Kircsi Andrea

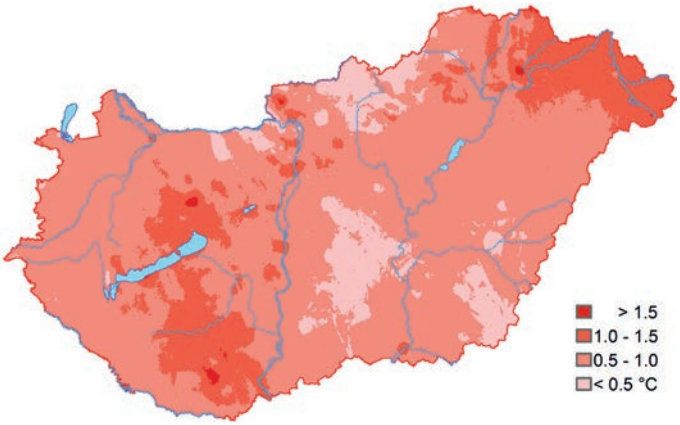
Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., *kircsi.a@met.hu*

Összefoglalás.: A 2020. nyári középhőmérséklet az elmúlt évtized legalacsonyabb értékei között foglal helyet, de a szokásosnál melegebb volt. Az évszak középhőmérséklete 21,0 °C-nak adódott, ami 0,8 °C-kal haladja meg az 1981–2010-es átlagot, ezzel 1901 óta a 16. legmelegebb nyarat hagytuk magunk mögött. A júniusi és a júliusi középhőmérséklet a sokévi átlag közelében alakult, míg az augusztus a 10. legmelegebb lett 1901 óta. A korábbi évektől eltérően tartós, intenzív hőhullám nem alakult ki. A háromhavi csapadékmennyiség országos átlagban 261 mm volt, mintegy 31%-kal több mint az 1981–2010-es normál. Mindegyik nyári hónap csapadékosabb volt a szokásosnál, és gyakoriak voltak a károkozó felhőszakadások, jégesők. Az évszak legnagyobb napi csapadékösszege 178 mm volt, amit a Somogy megyei Vése állomáson mértünk július 24-én. Ezen a nyáron Somogy, Zala és Vas megyében hullott a legtöbb csapadék (Vése 585,6 mm), de a Bükkben is 400 mm-nél több csapadékot mértünk. A nyári legkisebb csapadékmennyiséget a Mohácsi-síkon, Sátorhelyen mértük (156,2 mm). A sokévi átlagnál kevesebb csapadék érkezett a Kisalföldön és a Nagy-Sárrétre is.

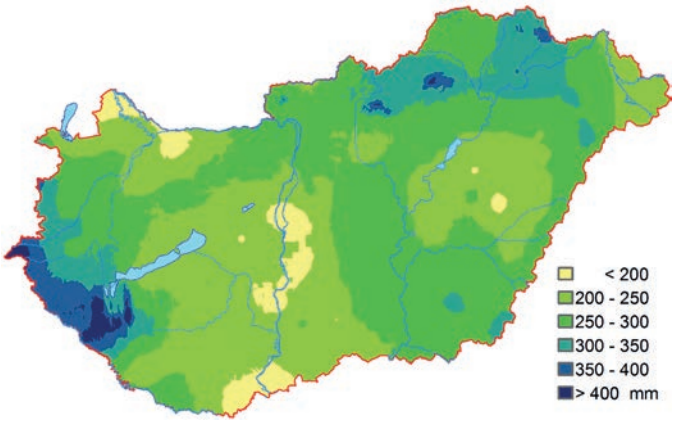
Június. A nyár a szokásosnál hűvösebb idővel kezdődött, június első napjaiban a fagyzugos helyeken 0 °C közelébe hűlt a levegő. Később időjárásunkat egyre melegebb, de labilis légtömeg alakította, melynek hatására a sokévi átlag fölé emelkedett a napi középhőmérséklet. A második dekádban azonban szinte végig a sokévi átlag közelében maradt a hőmérséklet, majd az időszak végén egy sekély ciklon felhős, csapadékos és szeles időt hozott. Június 25-től egy magassági hidegörvény alakította a Kárpát-medence időjárását. A hőmérséklet legmagasabb értékét június 29-én Drávaszabolcs (35,0 °C) állomáson rögzítettük. A nyári napok száma országos átlagban 17 nap, míg a hőségnapok száma 4 nap volt.



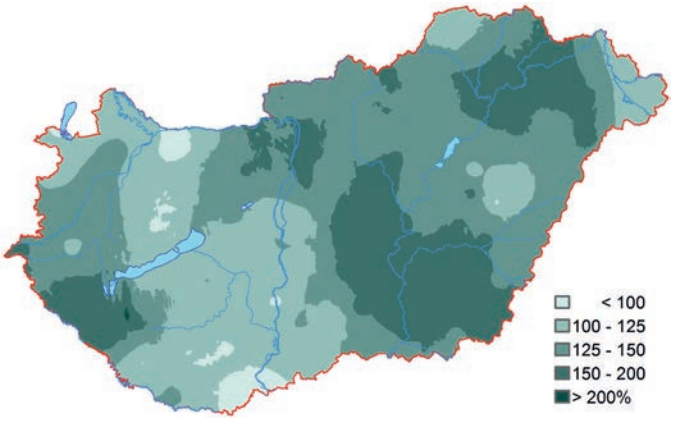
1. ábra: A 2020-as nyár középhőmérséklete (°C)



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



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



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

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
35,0 °C, Drávaszabolcs *(Baranya megye), június 29.*
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
0,6 °C, Zabar *(Nógrád megye), június 2.*

A júniusi csapadékösszeg országos átlagban 106 mm-t tett ki, ami 45%-kal több mint az éghajlati normál. Igen jelentős területi különbségek mutatkoztak. Baranya megyében alig 40–50 mm érkezett egész hónapban, míg a sokévi csapadék közel duplája (200–300%) fordult elő a Duna-Tisza közén, továbbá a Zagyvától és a Tiszától keletre eső területeken.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
243,7 mm, Mindszent *(Csongrád-Csanád megye)*
A hónap legkisebb csapadékösszege:
35,3 mm, Beremend *(Baranya megye)*
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
107,5 mm, Miskolc Tűzoltóság
(Borsod-Abaúj-Zemplén megye), június 26.

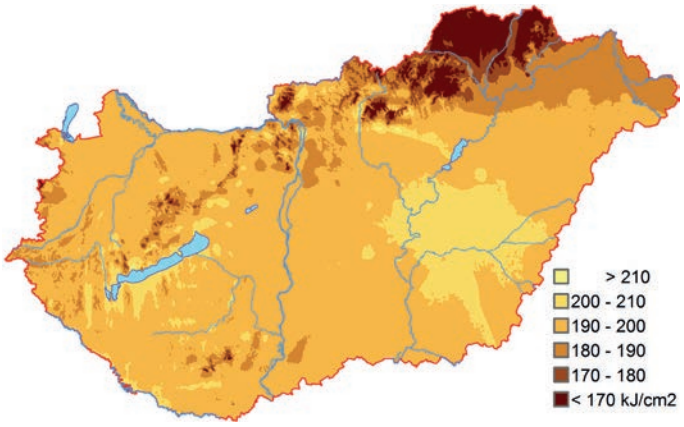
Július. A nyár második hónapjának átlaghőmérséklete országos átlagban szinte teljesen megegyezett az 1981–2010-es normállal. A júliusi középhőmérséklet csak századfokban tért el attól. A Dunától keletre fekvő tájakon a szokásosnál inkább hűvösebb, míg a Dunántúlon az átlagosnál kissé melegebb időjárás uralkodott. Július első hetében még a sokévi átlag felett volt a napi országos átlaghőmérséklet, azonban egy markáns hidegfront átvonulását követően július 7-én jelentősen visszaesett. Később egy gyenge anticiklon felépülése rövid felmelegedést hozott: július 11-én mértük Pécsett a hónap legmagasabb csúcshőmérsékletét. A hónap közepén azonban frontátvonulásoknak köszönhetően hűvösebb légtömegek alakították az időjárást, és tartósan a sokévi átlag alatt maradt a napi országos átlaghőmérséklet. A hónap utolsó napjaiban egy anticiklon hatására újra megerősödött a nappali felmelegedés, és a július meleg, igazi nyári idővel búcsúzott.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
36,5 °C, Pécs Egyetem TTK *(Baranya megye), július 11.*
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
5,3 °C, Fülöpháza *(Bács-Kiskun megye), július 8.*

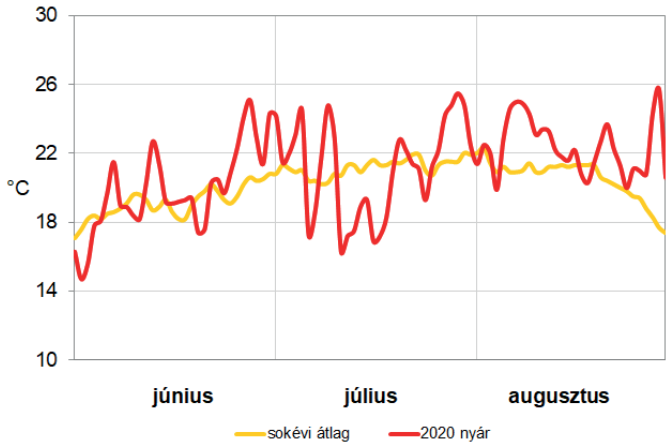
A júliusi csapadékösszeg országos átlagban a sokévi átlagnál 20%-kal több volt, ugyanakkor a csapadék területi eloszlása szélsőségesen alakult. Július folyamán ezúttal a Kisalföldön érkezett a legkevesebb csapadék: a havi csapadékösszeg jellemzően 30 mm alatt maradt. Ugyanakkor a heves zivatarok, felhőszakadások miatt a Dunántúl délnyugati részén és a Tiszántúlon jóval 100 mm feletti havi csapadékmennyiséget összegeztünk. Különösen csapadékos időjárás jellemezte Somogy és Zala megyét. A Somogy megyei Vése állomáson júliusban összesen 269,2 mm érkezett, melyből egyetlen napon, július 24-én a teljes havi összeg 66%-a, azaz 178 mm hullott le. Július 24-én az Alpok térségben alakult ki egy légörvény, amely a Dunántúl több településén özönvízszerű csapadékot és komoly károkat okozott.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
269,2 mm, Vése *(Somogy megye)*
A hónap legkisebb csapadékösszege:
25,6 mm, Mosonmagyaróvár *(Győr-Moson-Sopron megye)*
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
178,0 mm, Vése *(Somogy megye), július 24.*

Augusztus. A nyár utolsó hónapja az 1981–2010-es átlaghoz képest 1,8 °C-kal volt melegebb, így a 10. legmelegebbnek számít 1901 óta. Augusztus elején még kitartott az előző hónap végén kialakult anticiklon, de egy hullámzó frontrendszer visszavetette a felmelegedést. Később újra egy anticiklon alakította időjárásunkat, melynek hatására egyre inkább kánikula alakult ki. A hónap közepén kicsit változékonyabbra fordult az idő: sekély átvonuló ciklonok és változó nedvesség tartalmú, labilis légtömegek alakították térségünk időjárását. Ez a sokévi átlagnál hűvösebb időszakot jelentett. A második dekád végén egy magassági teknő mellett újra igazi nyári idő alakult ki, azonban egy



5. ábra: A 2020-as nyár globálsugárzás összege (kJ/cm2)



6. ábra: A 2020 évi nyár napi középhőmérsékletei és az 1981–2010-es sokévi átlag (°C)

nyugat felől érkező frontrendszer kissé csökkentette a hőmérsékletet. A hónap végén délies áramlással száraz, meleg levegő érkezett. Ebben az időszakban a napi átlaghőmérséklet 6–7 °C-kal a sokévi átlag felett alakult. Az utolsó napokban egy mediterrán ciklon vonult át felettünk, mely a kánikulát kissé mérsékelte.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:
37,4 °C, Mezőkovácsháza *(Békés megye), augusztus 30.*
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:
5,9 °C, Zabar *(Nógrád megye), augusztus 28.*

Az augusztus összességében csapadékos időjárású volt, noha jelentős területi különbségek adódtak. A havi csapadékösszeg országosan a sokévi átlag felett alakult, mintegy 26%-kal. Ebben a hónapban a Tisza vonalától keletre, különösen a Berettyó-Körös-vidéken esett a legkevesebb csapadék (<20 mm). Ugyanakkor a Nyugat-magyarországi-peremvidéken a heves zivatarok és felhőszakadások miatt a csapadék térben és időben koncentráltan érkezett. Egy-egy napon özönvízszerű csapadék okozott pusztítást, néhol dióméretű jéggel. Celldömölkön augusztus 17-én 24 óra alatt 135 mm zúdult le, ami új napi rekordot is jelent.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:
228,2 mm, Szentgotthárd Farkasfa *(Vas megye)*
A hónap legkisebb csapadékösszege:
11,0 mm, Mezőberény-Hosszúfok *(Békés megye)*
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:
135 mm, Celldömölk *(Vas megye), augusztus 17.*

2020. nyár időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés, óra		Sugárzás, $kJcm^{-2}$	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_x ≥15 ms^{-1})*
Szombathely	790	53	188	20,3	0,8	32,7	07.28	7,7	07.08	299	133	30	13
Nagykanizsa			199	20,1	0,7	32,5	08.09	6,6	06.02	385	158	32	9
Pér			195	20,9	-	34,1	07.10	6,1	07.14	167	91	23	14
Siófok			192	22,5	1,3	34,9	07.10	12,4	05.31	204	117	24	17
Pécs	899	72	203	21,9	1,3	34,0	08.29	9,7	05.31	211	101	29	10
Budapest	854	24	188	21,8	0,8	34,5	08.30	7,8	06.03	265	150	27	3
Miskolc	841	68	182	21,3	1,3	34,4	08.30	6,4	06.03	354	161	28	0
Kékestető	757	-15	183	16,0	1,0	25,1	08.30	5,9	06.02	387	148	32	11
Szolnok			205	21,8	0,7	35,4	08.30	9,3	06.03	273	150	26	5
Szeged	883	60	196	21,8	0,8	36,6	08.30	7,4	06.03	240	133	36	8
Nyíregyháza			198	20,9	0,8	33,4	08.30	6,9	06.03	330	186	28	14
Debrecen	918	92	190	21,5	1,1	34,7	08.30	7,0	06.03	254	140	26	11
Békéscsaba			194	21,5	0,8	35,5	08.30	6,9	06.03	251	135	27	5