

L É G K Ö R

64. évfolyam

2019. 2. szám



S Bóréász a rezgőnyárfá terhét
Változtassa nyári hópehellyé!...
Minden, ami most csupán tehetség,
Holnapután lesz cselekedetté.
Térey János

ELHUNYT TÉREY JÁNOS

Debrecen, 1970. szeptember 14. – Budapest, 2019. június 3.



Az irodalomban jártas olvasó bizonyára rögtön a hír után értesült a mai magyar irodalom kiemelkedő képviselőjének váratlan és megdöbbentő haláláról. A *LÉGKÖR* nem irodalmi kiadvány, de illő, hogy néhány sorban mi is megemlékezzünk *Térey János*-ról. Nem tisztünk műfajilag besorolni, de hisszük, hogy elsősorban költő volt, hiszen műveinek jelentős része versben íródott. Első verseskötete már 21 éves korában jelent meg. Publikált az *Élet és Irodalomban*, a *Holmiban*, a *Jelenkorban*, az *Alföldben*, s büszkén mondhatjuk, hogy egy verse a *LÉGKÖR*-ben is megjelent (2012/4). Számtalan kitüntetést kapott: Déry Tibor-díj, József Attila-díj, Móricz Zsigmond-ösztöndíj, Szép Ernő-jutalom, Füst Milán-díj. Allami kitüntetései között ott van a Magyar Köztársasági Érdemrend lovagkeresztje és a Magyar Köztársaság Babérkoszorúja. Több regényét is verses formában írta meg, a magyar irodalomban szinte egyedülálló módon. Egyik legnagyobb hatású darabja a Richard Wagner operája alapján készült *A Nibelung-lakópark* fantázia volt, amit 2004 októberében a budavári Sziklakórházban, egy legendássá vált előadásban mutattak be, amit a nézők a budai vár kazamatáiban bolyongva nézhettek. Többször elnyerte az évad legjobb drámája kitüntetését. 2018-ban ő volt a Pécsi Országos Színházi Találkozó egyik válogatója. Utolsó regénye a prózában íródott *Káli holtak* című színházi történet volt. *Térey János* műveiben nemcsak időjárási események jelennek meg, hanem érdeklődése a meteorológia iránt is kiterjedt. Az *Asztalízene* című színdarabjában, amelyet 2007-ben mutatott be a Radnóti Színház, részletes, megrázó leírást találunk a 2006. augusztus 20-i tragikus viharról és áldozatairól. A *Jeremiás avagy Isten hidege* című drámája a debreceni metró állomásain játszódik, hármas fokozatú hőségriadó idején. Érdeklődési körébe nemcsak az időjárási események tartoztak bele, foglalkoztatta az éghajlatváltozás kérdése is. Végül is nem a globális felmelegedésről, hanem egy feltételezett lehülés társadalmi és politikai hatásairól írt, az eseményeket 2019-re datálva, 2013-ban *A Legkisebb Jégkorszak* című regényében, ahol a Budapestet elárasztó jég és a helyzetet okozó időjárás mellett az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke, *Dolina Iván*, is szerepel. Kapcsolata a meteorológiával nemcsak elméleti volt, hanem gyakorlati is, többször járt a Szolgálatnál. A 2012/4-es számtól a 2014/3-as számig a *LÉGKÖR* olvasószerkesztője is volt.

Nyugodjék békében!

ELHUNYT ZSÓTÉR FERENC

Sáhó Ágnes

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest Kitaibel Pál utca 1., saho.a@met.hu



2019. június 15-én elhunyt kollégánk 1931. október 21-én született, Budapesten. A Vörösmarty Mihály gimnáziumban 1951-ben letett érettségi vizsga után iratkozott be az Eötvös Loránd Tudományegyetem Élet- és Földtudományi Karának meteorológus szakára, ahol 1955-ben szerzett oklevelet. A Honvédséghez került, majd 1956. október 9-én tartalékos tiszti állományban helyezték. Október 18-án a Finommechanikai Vállalatnál nyert alkalmazást, ahol 1957. január 15-én „racionalizálták”. 1957. március 13-tól május 31-ig az Országos Takarékpénztárnál dolgozott. 1957. június 23-án került az Országos Meteorológiai Intézethez. 1958. január 1-étől tudományos segédmunkatárs a Rádiószondázó Osztályon. Innen „intézeti érdekből”, 1965. november 1-én a Ferihegyi Előrejelző Osztályra került, ahol először aeroszinoptikus majd szinoptikus munkakört töltött be. 1977-ben bízták meg a Közforgalmi Repülésmeteorológiai Osztály vezetésével. 1980. május 1-én a Központi Meteorológiai Intézethez helyezték át. 1981. július 1-én tudományos csoportvezetői besorolással a Ferihegyi Időjárási Radarállomás vezetőjévé nevezték ki. Nagy lelkesedéssel kapcsolódott be a Ferihegyi Időjárási Radarállomás beruházásába, majd az állomás munkájának szervezésébe. Szerepe volt az állomás személyi állományának felvételében, kiképzésük megszervezésében. 1988. január 1-jén lett a KEI Ferihegyi Időjárási Radarállomásának osztályvezetője 1990 októberében történt nyugállományba vonulásáig. Sem a szakmától sem a társadalmi közélettől nem szakadt el. Különösen nyugdíjasként sokat tevékenykedett közvetlen környezetében, amiért 2012-ben *Rákoshegyért Díjat és Emlékplakettet* kapott. 2016-ban az OMSZ elnöke társadalmi észlelőként 1953. június elseje óta folyamatosan végzett csapadékmérői munkájáért *Kiváló társadalmi észlelői* elismeréssel tüntette ki.

Hatvanhat éves csapadékeszlelői pályafutása minden bizonnyal a leghosszabb a magyar meteorológiai történetében!

Kollégánk emlékét kegyelettel megőrizzük, nyugodjék békében!

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 Reading
Szintai Balázs Budapest
Tóth Róbert főszerkesztő-helyettes

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

TARTALOM

CÍMLAPON:

Fehér János: Hajnalhasadás (OMSZ fotópályázat 1. helyezett) 2019.....	45
Térey János 1970–2019	46
Sáhó Ágnes: Elhunyt Zsótér Ferenc	46
Szerzőink figyelmébe	83

TANULMÁNYOK

Rác Lajos: Mezőgazdasági természekatasztrófák időjárási profilja a kis jégkorszak idején a tradicionális kori Magyarországon (1500–1850)	48
Simon Brigitta, Soós Gábor, Kucserka Tamás és Anda Angéla: A párolgásmérő „A” kád alkalmazása szabad vízfelszín evaporációjának meghatározására	52
Horváth Ákos és Simon André: Szélsőséges időjárási helyzetek okozta súlyos zavarok az áramszolgáltatásban. I. rész: Téli vegyes halmazállapotú csapadékos helyzetek	58
Molnár Beáta, Tasnádi Péter és Weidinger Tamás: Meteorológia a fizika oktatásában Magyarországon és Szlovákiában	65

KRÓNIKA

Lábó Eszter: A WMO 18. Kongresszusa – Milyen változásokat tapasztalhatunk a nemzetközi meteorológia világában?	71
Fejes Edina: 85 éves a balatoni viharjelzés	76
Tóth Róbert: A főszerkesztő-helyettes előszava Gillemot Katalin cikkéhez	79
Gillemot Katalin: Téli tudományos kalandok Izlandon	79
Bozó László: Mészáros Ernő: A földi légkör története – Az atomoktól a különleges gázkeverékig. Könyvbemutató	84
Szentes Olivér: 2019 tavaszának időjárása	86

LIST OF CONTENTS

COVER PAGE:

János Fehér: Breaking Dawn (OMSZ photo competition 1. place, 2019)	45
János Térey 1970–2019	46
Ágnes Sáhó: Ferenc Zsótér passed away	46
Instructions to authors of LÉGKÖR.....	83

STUDIES

Lajos Rác: Weather Profile of Agricultural Crop Disasters during the Little Ice Age in Hungary of Traditional Age (1500–1850).....	48
Brigitta Simon, Gábor Soós, Tamás Kucserka and Angéla Anda: Application of Class „A” Evaporation Pan for the Estimation of Open Water Evaporation	52
Ákos Horváth and André Simon: Extreme Weather Conditions Causing Serious Disturbances in Power Supply. Part I: Mixed Phase Winter Precipitation.....	58
Beáta Molnár, Péter Tasnádi and Tamás Weidinger: Meteorology in Physics Education in Hungary and Slovakia	65

CHRONICLE

Eszter Lábó: 18 th Congress of WMO – What Changes Can We Notice in the International Meteorology World?.....	71
Edina Fejes: Storm Warning System at Lake Balaton is 85 Years Old	76
Róbert Tóth: Foreword by the Deputy Chief Editor to Katalin Gillemot’s Article.....	79
Katalin Gillemot: Scientific Adventures in Wintery Iceland	79
László Bozó: Ernő Mészáros: The History of the Earth’s Atmosphere – From Atoms to Special Gas Mixture. Book Presentation	84
Olivér Szentes: Weather of Spring of 2017.....	86

MEZŐGAZDASÁGI TERMÉSKATASZTRÓFÁK IDŐJÁRÁSI PROFILJA A KIS JÉGKORSZAK IDEJÉN A TRADICIONÁLIS KORI MAGYARORSZÁGON (1500–1850)

WEATHER PROFILE OF AGRICULTURAL CROP DISASTERS DURING THE LITTLE ICE AGE IN HUNGARY OF TRADITIONAL AGE (1500–1850)

RÁCZ LAJOS

Szegedi Tudományegyetem, 6725 Szeged, Boldogasszony sgt. 6., raczl@jgypk.szte.hu

Összefoglalás. Történelmi forrásokat megvizsgálva elemeztük három és fél évszázad terméskatasztrófáit a Kárpát-medencében. A tanulmányban arra teszünk kísérletet, hogy körvonalazzuk, az ipari és mezőgazdasági forradalom előtti Magyarországon (földrajzi értelemben a Kárpát-medencében) milyen időjárási helyzetek eredményeztek szélsőségesen kedvezőtlen termést.

Abstract. Analysing historical resources we examined three and a half century's catastrophic yields in the Carpathian Basin. In the study we attempt to outline which weather situations have resulted in extremely unfavourable yields in Hungary (geographically in the Carpathian Basin) before the industrial and agricultural revolution.

Az időjárás alakulása minden történelmi korszakban nagymértékben befolyásolta a mezőgazdasági termelés, illetve általában véve a mezőgazdasági tevékenység eredményességét. Ugyanakkor a tradicionális kor fontos sajátossága volt egyfelől az, hogy a mezőgazdasági technológia csak korlátozottan tette lehetővé a kultúrnövények számára kedvezőtlen időjárási helyzetek korrekcióját. Másfelől pedig, hogy a korabeli mezőgazdaság termelékenységi korlátaiból adódóan a népesség legalább 80%-ának elsődleges tevékenységként a mezőgazdasággal kellett foglalkoznia. Ez alól a szabály alól csak abban az esetben vonhatta ki magát egy közösség, ha meg tudták szervezni uralmi alapon, vagy a kereskedelem révén a település, illetve a régió mezőgazdasági deficitjének a pótlását, ami viszont kedvezőtlen időjárási, illetve éghajlati körülmények között nagy nehézségek árán volt csak megoldható. (Watts-Bohle, 1993; Bankoff, 2003; Pelling, 2003; Oliver-Smith, 2004; Brázdil et al., 2005). Ilyen módon évről évre változott azoknak a száma, illetve aránya a helyi társadalmon belül, akik függetleníteni tudták magukat, illetve a megélhetésüket az éppen aktuális terméseredményektől. *Biraben* ennek alapján két csoportra osztotta a tradicionális társadalmak embereit: az aktuális mezőgazdasági terméstől függőkre, illetve azokra, akik társadalmi státuszuk és/vagy jövedelmük alapján képesek voltak korrigálni a helyi agroszisztéma zavarait (*Biraben*, 1976). Válságos időszakokban a függők aránya meghaladhatta akár a társadalom 90%-át is. Ebben a rövid tanulmányban arra teszünk kísérletet, hogy körvonalazzam, az ipari és mezőgazdasági forradalom előtti Magyarországon (földrajzi értelemben a Kárpát-medencében) milyen időjárási helyzetek eredményeztek szélsőségesen kedvezőtlen termést.

A kis jégkorszak tér- és időbeni sajátosságai. A kis jégkorszak a földtörténet utolsó lezárt, és ilyen módon teljes terjedelmében ismert éghajlat-ingadozása, amely jelen ismereteink szerint a történelmi korok legerőteljesebb globális lehülése volt. (Rácz, 2016) A kis jégkorszak,

amely erőteljesebben mutatkozott meg az északi félgömbön, a leghidegebb periódusaiban 0,6-0,8 Celsius fokkal maradt el a referencia időszaknak számító 1961–90-es évek átlagától (Jones et al., 1998; Mann, 2002). Viszonyításképpen nem haszontalan felidézni, hogy a pleisztocén nagy jégkorszaka idején az évi átlaghőmérsékletben megmutatókozó lehülés elérte a 3–4 Celsius fokot is. A kis jégkorszak lehülése ugyanakkor nagy regionális különbségekkel változtatta meg a klíma karakterét. A legerőteljesebb lehülés Európa és Ázsia északi határvidékén mutatkozott, de például Kanada keleti partvidékén a kis jégkorszak klímája kifejezetten enyhe volt, eltérően az észak-atlanti területek nagyobb részének időjárásától. Nagyon különböző volt a lehülés időzítése is, Európában egyértelműen a 17. század, annak is leginkább a második fele volt a leghidegebb, Észak-Amerikában viszont a 19. században tetőzött a lehülés, amikor New York kikötője szinte minden télen befagyott. (Grove, 2001; 2004) Nagy regionális különbségeket mutat a klíma jellemzőinek változása is. A Kárpát-medencében például a nyarak átlaghőmérséklete nem különbözött érdemben a 20. századi értékektől, a telek viszont hidegebbek és hosszabbak lettek. Ennél azonban sokkal erőteljesebb indikátora volt a globális lehülésnek a csapadék mennyiségének megnövekedése, ami a hideg és hosszú telek következtében jelentős mértékben hó formájában hullott. Nem véletlen, hogy a vízrendezés a magyar modernizáció egyik legfontosabb megoldandó feladatává vált. A kis jégkorszak másik fontos magyarországi sajátossága az évszak-szerkezet módosulása volt, a négy évszakai szerkezet megmaradt, de az évszakok időtartama az erőteljesebb lehülések idején megváltozott. A március a nagy lehülések idején teljesen téli hónapná vált, gyakran a hónap derekáig, esetenként pedig a végéig megmaradt a Dunán a jégpáncél. A júniusok csapadékos karaktere pedig megerősödött, megalapozva a Medárd napi előrejelzés érvényességét. (Rácz, 2001) A Kárpát-medencében a kis jégkorszaknak 5 karakteres időszakát tudjuk elkülöníteni:

1. A 14. századból viszonylag nagyszámú adat maradt fenn a gyakoribbá váló áradásokról, és a régészeti feltárások adatai is arról tanúskodnak, hogy az Alföldön és a Dunántúl némely területén a fálvak magasabb térszínekre vándoroltak a késő középkor korai szakaszában. (Pinke et al., 2017)
2. A 16. század első felének enyhe évtizedei után a század utolsó harmadában és a 17. század elején hidegebbre és csapadékosabbra fordult az időjárás a Kárpát-medencében.
3. 17. század utolsó harmada globálisan is a kis jégkorszak leghidegebb időszaka volt, és nem történt ez másként a Kárpát-medencében sem, ráadásul a hideg és csapadékos időjárás kitartott a 18. század első évtizedéig.
4. A nagyjából 18. századot követően a hideg és csapadékos időjárás csak az 1810-es években tért vissza, de ezt követően kitartott egészen az 1840-es évek végéig.
5. A kis jégkorszak utolsó karakteres időszaka a 19. század utolsó harmada volt, és kivételes balszerencse, hogy a vízszabályozási munkálatok során ennek a szélsőséges időszaknak a viszonyait tekintették átlagosnak a munkálatok irányítói.

Terméskatasztrófák a kis jégkorszak idején. A kis jégkorszak hatásai a késő középkori és az újkori Európában a legerőteljesebben a marginális mezőgazdasági területeken mutatkoztak meg, és talán az sem véletlen, hogy a klíma- és környezettörténeti kutatás Európában, a legerőteljesebben Skandináviában, Skóciában és az alpesi régió országaiban bontakozott ki a 20. század második felében. A svájci *Heinz Wanner* vezette be a kis jégkorszak típusú esemény fogalmát (*Little Ice Age-type events – LIATE*), amely a lehülés legerőteljesebb időszakaiban tapasztalható időjárási-éghajlati profil leírására szolgált (Wanner, 2000). Svájcban a kis jégkorszak legkarakteresebb időszakait a gleccserek előnyomulásai központosították, amelyeket leginkább a hosszú, havas és hideg telek, valamint a hűvös és csapadékos nyarak gyakoriságának növekedése idézte elő. Wanner koncepcióját gondolta tovább a Berni Egyetem professzora, *Christian Pfister*, aki bevezette a kis jégkorszak típusú hatások fogalmát (*Little Ice Age-type Impacts – LIATIMP*) azokra az időjárási helyzetekre, amelyek a legsúlyosabb következményekkel jártak a korabeli mezőgazdasági termelésre (Pfister, 1999). Christian Pfister és a brünni egyetem professzora, Rudolf Brázdil a kis jégkorszak típusú időjárási hatások következményeit háromféle mezőgazdasági tevékenységre vonatkozóan vizsgálta meg, amelyek a gabonatermelés, a legelőgazdálkodás, és a szőlőtermelés voltak (Pfister and Brázdil, 2006). Megállapításuk szerint az elhúzódó csapadékos időszak ősszel, a vetés idején egyaránt csökkenti a bevethető terület nagyságát, és a talaj nitrogén tartalmát is. A hideg szeptemberi és októberi időjárás mérsékli a bor cukortartalmát. A hideg március és április rontja a gabonatermés és a fűhozam kilátásait. A csapadékos nyárközép pedig mindenféle élelmszernövény termelésére kedvezőtlen hatással van. Amennyiben egyidejűleg fordul elő esős ősz, hideg tavasz és csapadékos nyárközép egymást követő években,

annak már súlyos (mező)gazdasági és társadalmi következményei is lehetnek. Hogy milyen mértékűek, az a gazdaság és a társadalom kárenyhítési képességén múlik. Mindezen ismeretek birtokában pedig elkészíthető egy adott területre a terméskatasztrófa modellje (*model of a worst-case crop failure*).

A közép-európai terméskatasztrófa modell alkalmazása a Kárpát-medencében. A terméskatasztrófa modellt eredendően *Christian Pfister* dolgozta ki Svájcra, de alkalmazhatónak bizonyult Csehországra is, ilyen módon joggal feltételeztük, hogy a közép-európai terméskatasztrófa időjárás/éghajlati profil alkalmazható a Kárpát-medencére is (Pfister and Brázdil, 2006). Magyarországon esetében azokat az éveket határoztuk meg katasztrófális termésű évekként, amennyiben a Kárpát-medence négy nagyrégiójából (Felvidék, Dunántúl, Alföld és Erdély) legalább háromban az adott évben történeti forrásokkal igazolhatóan rossz volt a termés. A svájci és a cseh referencia területekkel való összevetés nyomán kapott eredményeink igen zavarba ejtőek voltak. Az 1500-tól 1850-ig tartó adatbázisunkban mindössze egyetlen olyan évet találtunk (1845), amikor az általánosan rossz gabonatermés idején jól beazonosítható módon a *Pfister-Brázdil* szerzőpáros által leírt közép-európai terméskatasztrófa helyzet időjárása határozta meg a Kárpát-medence környezeti viszonyait. Kilenc másik esztendőben (1718, 1728, 1745, 1753, 1790, 1816, 1820, 1830, és 1846) ugyanakkor alapvetően más időjárási/éghajlati profil okozott kivételesen rossz gabonatermést az országban. Hasonló volt a helyzet a szénatermések esetében is, a vizsgált három és fél évszázadban nyolc országos léptékben katasztrófális szénatermésről van tudomásunk: 1718, 1728, 1748, 1768, 1790, 1827, 1834 és 1835. Viszont mindössze egyetlen év feleltethető meg a *Pfister-Brázdil* féle időjárási modellnek (1768). A szőlőszüretetek esetében már nagyobb fokú volt a megfelelés, a szélsőségesen kis mennyiségű szüretetek negyede (1696, 1697, 1714, 1716, 1737, 1744, 1745, 1766, 1792, 1813, 1814, 1816, 1825, 1836, 1837, 1846), a rossz minőséget hozó éveknek (1628, 1695, 1714, 1716, 1764, 1795, 1813, 1825, 1833, 1843) pedig már a 70%-a leírható a közép-európai szőlő terméskatasztrófa időjárási profiljával (az aláhúzott évek). Ezekből az eredményekből arra következtettünk,

1. táblázat: Kritikus hónapok időjárási hatásai, amelyek befolyásolják a gabona- és bortermelést, valamint a takarmányozó tejjgazdálkodást Svájcban és Csehországban. Dőlt betű: azok az időjárási hatások, amelyek elsősorban a mezőgazdasági termelés mennyiségét befolyásolják. Vastag betű: azok az időjárási hatások, amelyek elsősorban a mezőgazdasági termelés minőségét befolyásolják. (Pfister and Brázdil, 2006)

Mezőgazdasági termelés			
Kritikus hónapok	Gabona	Takarmányozó tejjgazdálkodás	Bor
Szeptember-október	<i>Csapadékos</i>	<i>Hideg</i>	Hideg és csapadékos
Március-április	<i>Hideg</i>	<i>Hideg</i>	<i>(Késői fagy)</i>
Július-augusztus	Csapadékos	Csapadékos	<i>Hideg és csapadékos</i>

hogy a közép-európai szőlő terméskatasztrófa időjárás profilkorrekcióval ugyan, de használható a Kárpát-medencében is.

Ezzel szemben a katasztrófális gabona- és a szénatermés időjárás-éghajlati okai alapvetően mások voltak a Kárpát-medencében, mint Svájcban vagy Csehországban. Ilyen módon Magyarországra vonatkozóan egy sajátlagos gabona és széna terméskatasztrófa időjárás profilt kell elkészítenünk. Ennek az időjárás profilkorrekciónak az elkészítéséhez két úton juthatunk el. Egyfelől meg kell vizsgálnunk, mit mond a modern agronómia a haszonnövényeink számára kritikus fenociklusok időjárásáról. Másfelől pedig meg kell néznünk a történeti forrásainkban, hogy a kivételesen rossz termésű években milyen is volt valójában az időjárás, majd pedig le kell vonni az általánosítható következtetéseket.

A gabonatermelés szempontjából kritikus időszakok.

A talaj-előkészítési munkálatok, valamint a szántás és a vetés számára, amely Magyarországon jobbra október derekán (többnyire október 5. és 20. között) történik, a hosszan tartó enyhe és kevésbé csapadékos időjárás a legoptimálisabb. A téli fagyok ellen hatásos védelmet jelent a hótakaró, de a fagy valójában csak mínusz 20 Celsius foktól jelent valódi veszélyt a földben lévő magokra. A gabonafélék számára a legkedvezőbb az enyhe és csapadékos tavasz, amely segíti a magvak csírázását és növekedésnek indulását. Áprilisban és májusban különösen fontos a megfelelő mennyiségű csapadék, májusban és júniusban pedig a megfelelő hőmérséklet. Különösen áldásos a meleg és csapadékos május (a népi bölcsesség szerint a májusi eső aranyat ér), ugyanakkor a viharos májusi időjárás nagyon súlyos károkat tud okozni. A kalászképzés szempontjából, amely május végétől július közepéig tart, nagyon fontosak a kiegyensúlyozott időjárási viszonyok. A nagy hőség és szárazság, illetve a hűvös és csapadékos időjárás egyaránt súlyos termésvesztéssel képes okozni. (*Pepó és Sárvári, 2011*)

A szénatermés szempontjából kritikus időszakok. A szénatermés szempontjából fontos megkülönböztetni a legelő és a kaszáló területeket, amelyek a gyepgazdálkodás két meghatározó formája volt a tradicionális korban. Akármelyik gazdálkodási formát nézzük is, a szénatermés legfontosabb ellensége a száraz időjárás, legfőképpen pedig a tartós szárazság volt. A hideg március és április késleltetheti a fű növekedését, ugyanakkor az átlagnál csapadékosabb tavaszi időjárás ritkán okoz érdemi károkat. Ugyanakkor a kaszálókon, rendszeresen heverő szénában már súlyos károkat tud okozni a csapadékos idő, erősen csökkentve a száradó széna tápértékét. A Kárpát-medence fontos regionális sajátossága a két kaszálási-, illetve legeltetési periódus, a júniusi első kaszálás, és az augusztus végi sarjú. A második kaszálás és legeltetési időszak döntően a nyári csapadék mennyiségének a függvénye, amely szárazabb években teljesen el is maradhat. (*Szász, 1988*)

Katasztrófális gabonatermések időjárás okai korabeli történeti források alapján. Mindösszesen 10 olyan évünk volt az újkori Magyarország három és fél évszázadában (1500–1850), amikor legalább 3 makro-régióban

igen rossz volt a gabonatermés, amelynek alapján kárpát-medencei léptékű terméskatasztrófa helyzetről beszélhetünk: 1718, 1728, 1745, 1753, 1790, 1816, 1820, 1830, 1845 és 1846. A csapadékos októberi időjárás 5 esztendőben akadályozta meghatározó módon a szántást és a vetést: 1718, 1728, 1790, 1816 és 1845. Egyértelműen a legmeghatározóbb éghajlati hatás a márciusok hidegebbé válása volt a kis jégkorszak idején a gabonatermés eredményességére vonatkozóan. A 10 rossz termésű évből 7 esetben kifejezetten és karakteresen hideg volt a márciusi időjárás: 1753, 1790, 1816, 1820, 1830, 1845 és 1846. A terméskilátásokat rontotta a száraz tavaszi időjárás (1718, 1728 és 1753), legfőképpen akkor, ha májusra esett a szárazság súlypontja (1753, 1745, 1790, 1820 és 1846). A modern agronómiai munkák felhívják a figyelmet a májusi viharok vetést károsító hatásaira, a történeti forrásokban azonban a legfontosabb károkozó nem általában véve a vihar, hanem sokkal inkább a viharral együtt járó jégeső volt.

Katasztrófális szénatermések időjárás okai korabeli történeti források alapján.

A rossz szénatermésű években néhány esetben nem álltak rendelkezésünkre megfelelő történeti források az időjárás alakulásáról (1790). Azokban az években viszont, amikor nemcsak a rossz termés tényét állapították meg a kortárs forrásokban, hanem időjárás leírást is adtak, sikerült néhány fontos fenológiai információt kinyernünk. Volt olyan esztendő, amikor az enyhe kora tavaszi időjárás okozott komoly károkat a szénatermésben, mivel a kiterjedt áradások tartósan hátráltatták a fűfélék fejlődését (1728 és 1768). De a tartósan hideg tavaszok is sokat ronthatott a szénatermés kilátásain (1748). A májusi szárazság nagy megbízhatósággal elrontotta a szénatermést (1728, 1827, 1834). Ez a hatás még súlyosabb volt, ha a májusi szárazság egy hosszabb aszályos periódusnak volt a része (1827 és 1834). Meglepő módon a nagyon csapadékos július (1768) és augusztus (1728) is eredményezhette a sarjú elmaradását.

Gabona- és széna terméskatasztrófa időjárás modellje a Kárpát-medencében. Az őszi gabonavetés számára történő talaj-előkészítés (szántás és boronálás) legnagyobb ellensége a csapadékos időjárás volt. Nem szabad elfelejteni, hogy a Kárpát-medencében 24–27 000 km² terület tartósan vagy időlegesen vízjárta terület volt, és a vizenyős területeken semmiféle mezőgazdasági munkát nem lehetett végezni. A gabonaszántás és -vetés idején elárasztott területekről ilyen módon teljesen le kellett mondaniuk a gazdálkodóknak. A hideg márciusok, amelyek a kis jégkorszak magyarországi történetének legfontosabb regionális sajátosságát jelentik, a vegetáció minden formájának a fejlődését hátráltatták, rontva ezzel mind a gabona, mind pedig a széna terméskilátásait. A májusi időjárás nagy hatással volt a gabonafélék fejlődésére, a száraz időjárás megakaszthatta a növények fejlődését, a fagy és a jégeső pedig leginkább a vetésekben tehetett kárt. A júniusban érésben lévő gabona mennyiségét és minőségét ronthatta a szélsőségesen forró és száraz, valamint a csapadékos időjárás egyaránt. A szénatermésre júniusban csak a csapadékos időjárás volt kedvezőtlen hatással, részint azért, hogy megnehezítette a

kaszálást, részint pedig, hogy a renden fekvő széna tápértékét az eső nagymértékben csökkentette. Mivel az aratás Magyarországon nagyjából júliusban és augusztus első felében történik, ezért a csapadékos időjárás nagy mennyiségi és minőségi károkat okoz a gabonatermésben. Az agronómiai és a történeti tapasztalatok szerint a sarjú szénatermést egyaránt megronthatja a rendkívül aszályos és a rendkívül csapadékos időjárás egyaránt. Összevetve a svájci-cseh, és a magyarországi terméskatasztrófa modellt szembevetve, hogy a másik két közép-európai területen a hőmérsékleti és a csapadék anomáliák azonos arányban tehetők felelőssé a gyenge gabona- és széna termékekért, a Kárpát-medencében azonban a csapadék többletnek, vagy hiánynak meghatározó szerepe volt.

1. táblázat: Kritikus hónapok időjárás hatásai, amelyek befolyásolják a gabona- és szénatermést Magyarországon. Dólt betű: azok az időjárás hatások, amelyek elsősorban a mezőgazdasági termelés mennyiségét befolyásolják. Vastag betű: azok az időjárás hatások, amelyek elsősorban a mezőgazdasági termelés minőségét befolyásolják.

	Gabonatermelés	Szénagazdálkodás
Kritikus hónapok		
Október	<i>csapadékos</i>	
Március	<i>hideg</i>	<i>hideg</i>
Május	<i>száraz, fagy, jégeső</i>	<i>száraz</i>
Június	száraz-forró, csapadékos	csapadékos
Július	csapadékos	<i>száraz, csapadékos</i>
Augusztus	csapadékos	száraz, csapadékos

Ennek a Kárpát-medencére specifikált terméskatasztrófa modellnek azonban számos gyöngesége van. A történeti forrásokra alapozott terméskatasztrófa adatbázis bizonyosan nem teljes, bár annyit talán meg lehet kockáztatni, hogy nagyságrendekkel több terméskatasztrófa feltehetően nem történt a vizsgált három és fél évszázadban. Abban, hogy nem volt feltűnően sok gabona és széna terméskatasztrófa, szerepe lehetett annak is, hogy a kis jégkorszak éghajlati profilja nem volt különösebben kedvezőtlen ezen művelési ágak számára. Fontos hiányossága a magyarországi terméskatasztrófa modellnek, hogy nem tartalmazza a szőlőtermelésre vonatkozó regionális sajátosságokat, aminek elkészítéséhez további kutatásokra van szükség. Ezenfelül a történeti források nem teszik lehetővé annak a szisztematikus megkülönböztetését, hogy a gabonatermés eredményességére vonatkozó adat konkrétan milyen gabonára is vonatkozik. Feladat és teendő tehát még bőven van, de bízom benne, hogy a további kutatások iránt sikerült meghatároznunk.

Irodalom

Bankoff, G., 2003: Cultures of Disaster: Society and Natural Hazard in the Philippines. *Routledge*. London. pp. 232

- Biraben, J.-N., 1976: Alimentation et démographie historique. *Annales de Démographie Historique*. 23–40.
- Brázdil, R., Pfister, C., Wanner, H., von Storch, H. and Luterbacher, J., 2005: Historical climatology in Europe – the state of the art. *Climatic Change*. 70, 363–430.
- Grove, J. M., 2001: The initiation of the ‘Little Ice Age’ in the regions round the North Atlantic. *Climatic Change*, 48, 53–82.
- Grove, J. M., 2004: Little Ice Ages: Ancient and Modern. 2 volumes. *London*. pp.718
- Jones, P. D., Briffa, K. R., Barnett, T. P. and Tett, S. F. B., 1998: High-resolution Palaeoclimatic Records for the Last Millennium: Interpretation, Integration and Comparison with General Circulation Model Control Run Temperatures. *Holocene* 8, 477–483.
- Mann, M. E., 2002: Little Ice Age. in Munn, T. (ed.): *Encyclopedia of Global Environmental Change*. Vol. 1. 504–509.
- Oliver-Smith, A., 2004: Theorizing vulnerability in a globalized world. A political ecological perspective. in: *Bankoff, Frerks, G., Hilhorst, G. and Sterling, V. A. (eds.): Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*. London. 10–24.
- Pelling, M., 2003: Natural Disasters and Development in a Globalizing World. *Routledge*. London. pp.
- Pepó, P., és Sárvári, M., 2011: Gabonanövények termesztése. Debreceni Egyetem, Debrecen. 143 p.
- Pinke, Zs., Ferenczi, L., Romhányi, F., Gyulai, F., Laszlovszky, J., Mravcsik, Z., Pósa, P. and Gábris, Gy., 2017: Zonal assessment of environmental driven settlement abandonment in the Trans-Tisza region (Central Europe) during the early phase of the Little Ice Age. *Quaternary Science Reviews* 157, 98–113.
- Pfister, Ch. and Brázdil, R., 2006: Social vulnerability to climate in the “Little Ice Age”: an example from Central Europe in the early 1770s. *Climate of the Past* 2, 115–129.
- Pfister, Ch., 1999: Wetternachhersage, 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen 1496–1995. *Verlag Paul Haupt*. Bern. pp. 304
- Rácz, L. 2001: Magyarország éghajlattörténete az újkor idején. *Szeged*. pp. 303
- Rácz, L., 2013: The Steppe to Europe: An Environmental History of Hungary in the Traditional Age. *Cambridge*. pp. 257
- Rácz, L., 2016: Mi a kis jégkorszak? *Történeti Földrajzi Közlemények*. 4, 15–46.
- Réthy, A., 1962: Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1700-ig. *MTA*. Budapest. pp. 450
- Réthy, A., 1970: Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1701–1800-ig. *MTA*. Budapest. pp. 622
- Réthy, A., 1998: Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1801–1900-ig (a kéziratot Simon Antal gondozta). I–II. kötet. *OMSZ*, Budapest. pp. 1396
- Szász, G., 1988: Agrometeorológia: általános és speciális. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest. pp. 461
- Wanner, H., 2000: Vom Ende der letzten Eiszeit zum mittellaterlichen Klimaoptimum. in: Wanner, H.-Gyalistras, D.-Luterbacher, J.-Rickli, R.-Salvisberg, E.-Schmutz, C.-Brönnimann, S. (eds.): *Klimawandel im Schweizer Alpenraum*. Zürich. 73–78.
- Watts, M. and J.-Bohle, H. G., 1993: The space of vulnerability, The causal structure of hunger and famine. *Progress in Human Geography* 71, 43–67.

A PÁROLGÁSMÉRŐ „A” KÁD ALKALMAZÁSA SZABAD VÍZFELSZÍN EVAPORÁCIÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSÁRA

APPLICATION OF CLASS „A” EVAPORATION PAN FOR THE ESTIMATION OF OPEN WATER EVAPORATION

Simon Brigitta, Soós Gábor, Kucserka Tamás, Anda Angéla

Pannon Egyetem Georgikon Kar, Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszék, 8360 Keszthely, Festetics utca 7., *simonbrigitta.georgikon@gmail.com, sgkert@gmail.com, kucserkatamas@gmail.com, anda-a@georgikon.hu*

Összefoglalás. A vízháztartási mérleg egyik legfontosabb kiadási tagja a párolgás. 2014 és 2016 között egy három kezeléssel álló kísérletet állítottunk be: (1) hagyományos párolgásmérő A kád tiszta vízzel töltve (C), (2) üledéket tartalmazó párolgásmérő A kád (S), (3) üledékkel rendelkező és a Keszthelyi-öbölre jellemző hínárnövényekkel (P_s ; *Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum*, *Najas marina*) telepített párolgásmérő A kád. A szezonális átlagos párolgások a C kezelés esetében alacsonyabbak voltak ($3,2 \pm 1,05$ mm nap⁻¹) az S ($3,7 \pm 1,16$ mm nap⁻¹) és P_s ($4,0 \pm 1,28$ mm mm nap⁻¹) kezelések párolgásához viszonyítva. A kádkonstansok 1-nél magasabb értéke jelzi, hogy az üledékkel, illetve alámerülő hínárnövényekkel rendelkező kádak párolgása magasabb a C kezeléshez viszonyítva.

Abstract. One of the most important members of the water balance equation is the evaporation. Investigation in A pan evaporation was carried out between 2014 and 2016 including three treatments as follows; (1) Class A pan evaporation with tap water (C), (2) A pan with sediment-covered bottom (S) and (3) a Class A pan with sediment-covered bottom and submerged, freshwater aquatic macrophytes (P_s). The macrophytes were the predominant species of Keszthely Bay (*Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum*, *Najas marina*). Overall seasonal mean evaporation rate was lower for C (3.2 ± 1.05 mm day⁻¹) than that of the seasonal daily average evaporation of S (3.7 ± 1.16 mm day⁻¹). The same response was observed in the evaporation of P_s (4.0 ± 1.28 mm day⁻¹). A pan coefficients value greater than 1 indicates that the evaporation of a Class A pan containing macrophytes and sediment is always higher than that of the evaporation of classic A pan.

Bevezetés. A vízháztartási mérleg gyakran legfontosabb kiadási tagja a párolgás, kétféle módon közelíthető; méréssel és számítással. Bármelyik lehetőséggel is élünk, a párolgás meghatározása mind a mai napig több problémával terhelt. Annak ellenére, hogy mindenki előtt ismeretes a potenciálisan elkövethető hiba, a mindennapi gyakorlatban a párolgást a vízháztartási egyenleg maradék tagjaként fejezik ki. A nemzetközi gyakorlatban szívesebben publikálnak elméleti közelítésen alapuló párolgás meghatározásokat (energia mérlegen alapuló közelítés, fluxusok alkalmazása – eddy covariance –, Bowen-arány, empirikus modellek), de a kádpárolgás mérése is megmaradt, különösen a meteorológiai és a vízügyi állomás hálózatban. A leggyakrabban használt kád típus a nemzetközi életben is az „A” típusú kád (Roderick et al., 2009), melyet a múlt század vége óta a FAO nem javasol növények párolgásának meghatározásához (Thom et al., 1981). Helyette elterjedt a FAO-56 egyenlet (Allen et al., 1998), mely elég sok meteorológiai mérést igényel, s ott ahol ezen inputok mérésére nincs lehetőség, számolással lehet a hiányzó bemenő adatokat pótolni. A kísérletünk helyszínén is ez utóbbi lehetőséget kellett követnünk (Soós and Anda, 2012), melynek menetét a módszertani fejezetben mutatjuk be azzal a céllal, hogy ezt az eljárást a kevés meteorológiai adattal rendelkezők is követni tudják.

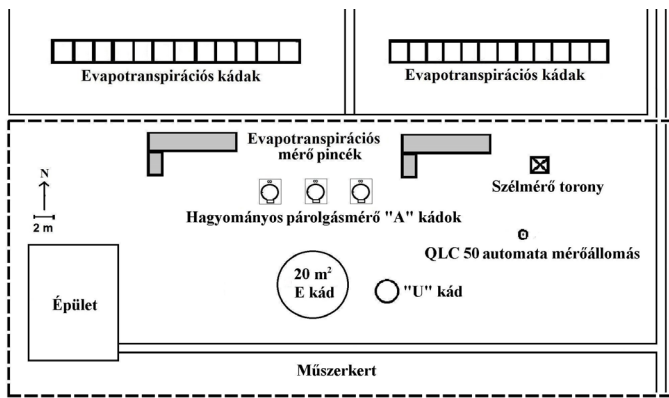
Az „A” kád a szabad vízfelszín párolgását méri Penman (1948) elméleti alapozását követve, melyet igen szigorú elhelyezési és fenntartási feltételek mellett kell működtetni (Stanhill, 2002). Korábban az „A” kád párolgásából közvetlenül történt a tavak, vízfelületek vízvesztésének becslése. Esetünkben ezen túllépve a szabad vízfelszín

párolgásához kívántunk közelebb kerülni azzal, hogy a természetes vizek összetételéhez jobban hasonlító feltételeket teremtettünk a kádban (iszap és víz alatti növények betelepítésével). Az eddig más által nem alkalmazott eljárás (Anda et al., 2016, 2018) eredményességét a Balaton Keszthelyi-öblének példájával szemléltettük. Célkitűzésünkben a csapvízzel töltött kád evaporációját a behelyezett iszap és hínár transpirációjának együttesével kezeltük a pontosabb természetes felszíni párolgásbecslés közelítésével.

A kéziratban lévő ismertetés a címben közölt témában angol nyelven már megjelent publikációk néhány információjának rövidített magyar nyelvű összefoglalója. Teljes körű leírást az Irodalom c. fejezet publikációi tartalmaznak.

Anyag és módszer. A Pannon Egyetem Georgikon Karának Agrometeorológiai Kutatóállomásán (ARS; szélesség: 46° 44'N, hosszúság: 17 °14'E, tengerszint feletti magasság: 124 m) egy három kezeléssel álló vizsgálatot állítottunk be, három egymást követő vegetációs időszakban (2014, 2015 és 2016). Az állomás egy CM-3 piranométerrel (Kipp & Zonen Corp., Delft, Hollandia) felszerelt QLC-50 klímaállomás (Vaisala, Helsinki, Finnország). A kombinált érzékelők a talajfelszín felett 2 méteres magasságban helyezkedtek el. A léghőmérséklet (T_a), a relatív légnedvesség (RH), a szélesség (u) és globálsugárzási adatokat 10 perces átlagokként rögzítettük. A szélmérő magassága 10,5 méter volt.

A kísérlet során három „A” típusú párolgásmérő kádat állítottunk be a meteorológiai műszerkertben (1. ábra). Ezek a standard kádak 1,21 m átmérőjű és 0,255 m mély-



1. ábra: Az Agrometeorológiai Kutatóállomás

ségű, kör alakú hengerek, amelyek a talajon levő 0,15 m magas nyitott keretű farácsra lettek elhelyezve. Egy kádat a meteorológiai gyakorlatnak megfelelően tiszta csapvízzel töltöttünk meg (kontroll kezelés, C), a másik két kád fenekére Balatonból származó, homokból és iszaptól álló üledéket tettünk (iszapos kezelés, S; *Anda et al.*, 2016). Az egyik iszappal borított kádba a Keszthelyi-öbölre jellemző, víz alá merülő, gyökerező hínárfajokat ültettünk (*Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum* és *Najas marina* – hínár és iszapos kezelés, P_s). A vízhőmérséklet mérése mindhárom kezelés esetében 0,08–0,10 m mélységben történt 10 perces mintavételekkel (Delta Ohm HD-226-1). A kádak vízszintjének magasságát ≈ 0,2 m-en tartottuk, a kádak peremétől kb. 0,055 m-re. A napi párolgást minden reggel 7 órakor kézzel mértük. Az elpárologtatott vizet olyan csapvízzel pótoltuk, amelyet korábban egy fehér színű tartályban tároltunk. Feltételeztük, hogy a tartály vízhőmérséklete közelebb áll a kádak tényleges vízhőmérsékletéhez, mint a közvetlenül a csapból folyó víz hőmérséklete.

A párolgásmérő kádakat a makrofíták növekedési időszakában működtettük (májustól szeptemberig). A hínárnövények friss súlya 2014. július 18-án, 2015. június 5-én és 2016. június 6-án $2,309 \pm 0,28$, $2,047 \pm 0,19$ és $2,832 \pm 0,18$ kg volt. A vizsgálat végén a növények friss súlyát újra lemértük.

Az intenzív, nagy mennyiségű csapadék a kádak vizének túlcsoordulását okozza, így a párolgás adatok ezeken a napokon elveszhetnek, melyeket analógia elvén pótoltuk. A víztest napi referenciapárolgását (E_0 , mm nap⁻¹) a Shuttleworth formula (*Shuttleworth*, 1992) alapján szá-

moltuk, amely eredetileg Penman-egyenlet adaptációja (*Penman*, 1948):

$$E_0 = \frac{mR_n + \gamma * 6,43(1 + 0,536 * u_2) \delta_e}{\lambda_v(m + \gamma)} \quad (1)$$

ahol az R_n a nettó sugárzás (MJm⁻²nap⁻¹), m a telítési gőznyomás (kPaK⁻¹), u_2 a szélesség (ms⁻¹) 2 m magasságban, δ_e a gőznyomás (kPa), λ_v a látenshő (MJkg⁻¹), a γ pszichrometriai állandó (kPa°C⁻¹).

A növényi referencia evapotranspirációt (ET_0 , mm nap⁻¹) a jól ismert FAO-56 (Penman-Monteith) egyenlet segítségével számítottuk ki:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \Delta(1 + 0,34u)} \quad (2)$$

ahol G a talaj hőfluxusa (MJ m⁻² nap⁻¹), T_a a napi átlagos léghőmérséklet 2 m magasságban (°C), u a szélesség 2 m magasságban (m s⁻¹), e_s a telítési gőznyomás (kPa), e_a a tényleges gőznyomás (kPa), Δ a gőznyomás telítési görbe meredeksége (kPa°C⁻¹), 0,408 a konverziós faktor. Az R_n -t a globálisugárzásból számítottuk. Az albedóra 0,23-as fix értéket alkalmaztunk. A számítás részletes leírása *Soós and Anda* (2014) cikkében olvasható.

Az „A” típusú párolgásmérő kádak koefficienseit (K_a), K_{as} -t és K_{ap} -t, az S és P_s mért párolgásértékeiből származtattuk az alábbiak szerint:

$$K_{as} = \frac{E_p \text{ of } S}{E_p} \quad (3)$$

$$K_{ap} = \frac{E_p \text{ of } P_s}{E_p} \quad (4)$$

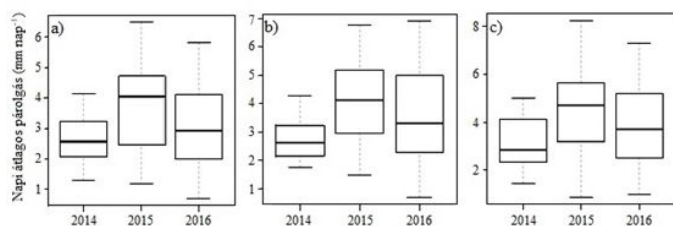
Az évjáratok meteorológiai elemeinek összehasonlítására párosított t-próbát alkalmaztunk, melyet minden esetben normalitásvizsgálattal kezdtünk. Az évjárat és a kád kezelések hatásait két-utas varianciaanalízissel (ANOVA) közelítettük. Ezt követően a páronkénti összehasonlításra a Tukey-féle HSD teszt szolgált. A számításokhoz az SPSS 6.0 verziót alkalmaztuk.

Eredmények és értékelésük. A vizsgálati időszak időjárása és a víz alá merülő makrofíták fejlődése. A tenyészidőszak sokévi (1971–2000) átlagos léghőmérséklete 16,9 °C (1. táblázat); a legmelegebb hónap a július, 20,5 °C átlagos havi középhőmérséklettel, míg a leghűvösebb hónap az április (10,5 °C). Keszthelyt igen válto-

1. táblázat: A Keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomáson mért havi átlaghőmérséklet (T_a) és csapadékösszeg (P) a vizsgálati években (2014, 2015, 2016). Az éghajlati normál adatai az 1971 és 2000 közötti időszakra vonatkoznak

	április	május	június	július	augusztus	szeptember	
csapadékösszeg [mm]							összesen
norma	50,5	59,6	78,5	73,5	65,1	57,1	384,3
2014	58,6	76,5	59,7	113,1	148,1	159,7	615,7
2015	102,3	20,9	60,9	70,3	62,9	151,6	321,3
2016	14,7	73,0	93,2	128,7	103,6	14,4	427,6
léghőmérséklet [°C]							átlag
norma	10,5	15,7	18,7	20,5	20,1	15,7	16,9
2014	12,3	14,7	18,9	21,2	19,1	16,1	17,1
2015	15,6	19,5	22,9	22,6	16,6	9,7	18,0
2016	12,5	16,0	20,2	22,0	19,5	17,4	17,9

zó és szabálytalan csapadékellátás jellemzi, a klíma normál szezonális csapadékösszege 384,3 mm. A havi átlagos csapadékösszegek 78,5 mm (június) és 50,5 mm (április) között változtak. Mindhárom vizsgálati időszakban (2014, 2015 és 2016) a levegő középhőmérsékletének szezonális átlaga némileg magasabb volt vagy közelítette a 30 éves átlagot. Júliusban azonban a hőmérséklet kb. 0,5–2 °C-kal magasabb volt az éghajlati normánál. A 2014-es tenyészidőszak átlagosnak tekinthető, mivel a léghőmérséklet nagyon közel állt a klíma normálhoz (0,2 °C-os növekedés; $p < 0,010$) volt megfigyelhető). A tenyészidőszakok léghőmérséklete 2015 és 2016 között 1,1 ($p < 0,014$) és 1,0 °C-kal ($p < 0,002$) magasabb volt, mint a sokévi átlag. A három vizsgált időszak közül a 2015-ös év aridabb jellegű, 17,9%-kal (63 mm-rel) kevesebb csapadékkal ($p < 0,453$). 2014-ben rendkívüli mennyiségű csapadék hullott augusztusban (148,1 mm) és szeptemberben (159,7 mm), ami magas csapadékösszeget eredményezett ebben a tenyészidőszakban (46,3%-al a normál felett). A 2014-es esős időjárás nem segítette a kádak méréseit. Az előző tenyészidőszakhoz hasonlóan 2016-ban Keszthely 10,6%-al több csapadékot kapott ($p < 0,174$), ami meghaladja az éghajlati normált. Ebben a tenyészidőszakban július és augusztus hónapok voltak



2. ábra: A napi átlagos párolgás, az „A” típusú párolgásmérő kádak különböző kezeléseinek az egymást követő három (2014–2016) vegetációs időszakban, Keszthelyen. A C, S és P_s a standard párolgásmérő „A” kádat (a), az üledékkel borított aljzatú kádat (b), illetve az üledékbe ültetett víz alá merülő (gyökerező) hínárnövényekkel telepített kezelést (c) jelöli.

rendkívül csapadékosak, a havi átlagos csapadékösszegek meghaladták a 100 mm-t, ami körülbelül kétszer annyi, mint az éghajlati normál értékei.

A Keszthelyi-öbölre jellemző alámerülő hínárnövények beültetése az „A” kádakba akkor történt, mikor azok a természetes élőhelyükön megjelentek. A vízi makrofiták a Keszthelyi-öbölben minden tenyészidőszakban azonos eloszlású, de különböző szezonális megjelenést mutattak a három vizsgált faj vonatkozásában (kb. 33%). Jelenleg nem tudjuk megmagyarázni a Keszthelyi-öböl alámerülő, gyökerező hínárnövényeinek késői megjelenését 2014 tavaszán (DOY 201). A tavaszi erős szél által kiváltott hullámozás a víz áttetszőségének változását eredményezhette, ami az egyik lehetséges oka annak, hogy a makrofiták megjelenését a rendkívül szeles tavasz megakadályozta (Anda et al., 2016). A 2014-es téli időszakban nem lehetett megtalálni a hínárnövények áttelelő képleteit, pedig általában télen azok a Balatonban gyakoriak. 2015-ben a makrofiták egy hónappal korábban jelentek meg (DOY 158). A legkorábbi növényi megjelenést 2016-ban figyeltük meg (DOY 157). A makrofiták 2014-ben augusztus végén, 2015-ben szeptember 10-én és

2016-ban szeptember 30-án fejezték be vegetációs időszakukat. A fentiek miatt a víz alatti, merülő hínárfajokkal végzett kísérleti periódusok hossza 42, 95 és 116 nap volt. 2016-ban a vegetációs időszak végén visszamért makrofiták friss tömege kétszer annyi volt, mint kezdeti tömegük. 2014-ben (13,4%) és 2015-ben (7,7%) kisebb mértékű tömeggyarapodást figyeltünk meg a vizsgálati időszakok végén.

Referencia párolgás (E_0 , ET_0) és a kezelések párolgásainak alakulása a vizsgálati időszakokban. A napi átlagos párolgásértékek a C, S és P_s kezeléseknél rendre $3,2 \pm 1,05$; $3,7 \pm 1,16$ és $4,0 \pm 1,28$ mm nap⁻¹ voltak (2a., b. és c. ábra). A vizsgálat teljes időtartamában a mért napi „A” kád párolgások közelítettek a Walkusz and Janczak (2007) által mért értékekhez ($3,3$ mm nap⁻¹).

A párolgásmérő „A” kád tulajdonságainak megfelelően a napi párolgás a levegő hőmérsékletének változásaihoz igazodott, s nem a csapadék mennyiségéhez. A legmelegebb 2015-ben a C, S és P_s kezeléseknél $3,8 \pm 1,31$; $4,2 \pm 1,34$ és $4,7 \pm 1,32$ mm-es napi átlagos párolgásértéket mértünk. Romániában 2009–2014 között $4,3$ mm-es napi párolgást mért Stan et al. (2016) GGI-3000 kádban, melyet egy tutajra helyeztek a Caldarusani-tó partján. A párolgásbeli eltérést a kádak méretbeli különbségei okozhatták. A leghűvösebb 2014-ben némileg alacsonyabb napi párolgásértékeket mértünk a 2015-ös és a 2016-os értékekhez képest (C: $2,7 \pm 0,93$ mm nap⁻¹, S: $2,8 \pm 0,94$ mm nap⁻¹ és P_s: $3,1 \pm 1,20$ mm nap⁻¹). 2016-ban $3,0 \pm 1,15$, $3,6 \pm 1,44$ és $3,8 \pm 1,50$ mm nap⁻¹ napi átlagos párolgást detektáltunk a C, S és P_s kezeléseknél, mely értékek a 2014-es és 2015-ös tenyészidőszakok értékei közé esnek. A szezonális napi maximum párolgásértékek a 2014-es, 2015-ös és 2016-os időszakban 5,5-től 6,3-ig, a 6,7-től a 8,2-ig és 5,8-től 7,3 mm nap⁻¹-ig terjedtek. A tenyészidőszaktól függetlenül a legmagasabb napi maximális párolgást mindig a P_s kezelésben mértük.

A vizsgált évektől függetlenül a napi párolgás szezonális változása szorosan követte a rendelkezésre álló energiát, ill. a napi középhőmérsékletet (az adatok nem szerepelnek). Közvetlenül az alámerülő hínárnövények megjelenése után júniusban (2015 és 2016) a napi párolgásértékek lassan emelkedő trendet mutattak a C-hez képest. A legmagasabb párolgásértékeket júliusban figyeltük meg, jelezve az év legmagasabb energia bevitelét és a vízi makrofiták gyors növekedési ütemét. Augusztus közepétől csökkenő tendenciát mutattak a párolgás értékek a különböző kezeléseknél. A referenciapárolgás (E_0 és ET_0) szezonális trendje a kádak párolgásának változásait követte.

Kétutas varianciaanalízissel (ANOVA) vizsgáltuk a tenyészidőszak és a hínárral beültetett kád evaporációjára (P_s) gyakorolt hatást. Mind az évjárat ($F(2,768) = 46,683$, $p = 0,001$), mind a kád-kezelés ($F(2,768) = 12,477$, $p = 0,001$) hatása szignifikáns volt, azonban a tenyészidőszak és a kezelés közötti kölcsönhatás már nem ($F(4,768) = 0,835$, $p = 0,503$). A Tukey HSD poszt-hoc tesztek szignifikáns különbséget mutattak mindhárom kád-kezelés párolgása ($p < 0,05$ valószínűségi szinten) és mindhárom tenyészidőszak között egyaránt ($p < 0,001$ szinten páronkénti összehasonlításban; 2. táblázat).

2. táblázat: Az üledék (S) és a betelepített víz alá merülő vizinövények (P_s) hatása a párolgásmérő „A” kád (C) párolgására (a 2014 és 2016 közötti hároméves tenyészidőszakban) 95%-os konfidencia intervallumokkal

(I) Kezelés	(J) Kezelés	Átlagos eltérés (I-J)	Std. hi- ba	Sig.	95% konfidencia intervallum	
					Alsó	Felső
C	S	-0,415*	0,1212	< 0,002	-0,699	-0,130
	P_s	-0,752*	0,1212	< 0,000	-1,037	-0,468
S	C	0,415*	0,1212	< 0,002	0,130	0,699
	P_s	-0,338*	0,1212	< 0,015	-0,622	-0,053
P_s	C	0,752*	0,1212	< 0,000	0,468	1,037
	S	0,338*	0,1212	< 0,015	0,053	0,622

Évi átlagok alapján. A négyzetes hiba=1.890
*Az átlagok szignifikancia szintje min. 5%.

3. táblázat: Az évjárat (2014-2016) hatása a makrofitákkal beültetett, P_s (a) és az üledékkel borított, S (b) kezelések párolgására. Az E_0 és az ET_0 a Shuttleworth (1992) és a Penman-Monteith képlet alapján számolt referencia evapotranspiráció értékei.

a)

(I) Kezelés	(J) Kezelés	Átlagos eltérés (I-J)	Std. hiba	Sig.	95% konfidencia intervallum	
					Alsó	Felső
P_s	E_0	-0.583*	0.1208	<0.000	-0.866	-0.299
	ET_0	0.139	0.1208	0.485	-0.145	0.422
E_0	P_s	0.583*	0.1208	<0.000	0.299	0.866
	ET_0	0.721*	0.1208	<0.000	0.438	1.005
ET_0	P_s	-0.139	0.1208	0.485	-0.422	0.145
	E_0	-0.721*	0.1208	<0.000	-1.005	-0.438

Évi átlagok alapján. A négyzetes hiba=1.890
*Az átlagok szignifikancia szintje min. 5%.

b)

(I) Kezelés	(J) Kezelés	Átlagos eltérés (I-J)	Std. hiba	Sig.	95% konfidencia intervallum	
					Alsó	Felső
S	E_0	-0,920*	0,1158	<0,000	-1,192	-0,648
	ET_0	-0,199	0,1158	0,199	-0,471	0,073
E_0	S	0,920*	0,1158	<0,000	0,648	1,192
	ET_0	0,721*	0,1158	<0,000	0,449	0,993
ET_0	S	0,199	0,1158	0,199	-0,073	0,471
	E_0	-0,721*	0,1158	<0,000	-0,993	-0,449

Évi átlagok alapján. A négyzetes hiba=1.890
*Az átlagok szignifikancia szintje min. 5%.

$\pm 1,09$, $4,82 \pm 1,42$ és $4,65 \pm 1,43$ mm^{-1} nap voltak (három év átlaga: $4,47$ mm^{-1} nap). Ugyanezen három évre a tenyészidőszakbeli ET_0 értékei: $3,33 \pm 0,93$, $4,05 \pm 1,24$ és $3,93 \pm 1,25$ mm^{-1} nap (három év átlaga: $3,77$ mm^{-1} nap). A párolgásbecslések közül, beleértve a méréseket és számításokat (E_0 , ET_0 és E_p), az E_0 mindig a legmagasabb, évjáratától függetlenül. Ugyanezen időszakban a származtatott ET_0 értékei ennél valamivel alacsonyabak.

A vizsgálat jelentőségét az emeli, hogy legjobb tudomásunk szerint *Anda et al.* (2016) korábbi publikációjának kivételével, nem találtunk információt a víz alá merülő makrofita növénycsoport párolgásra gyakorolt hatásáról. Korábbi publikációkat tanulmányozva egyetlen publikáció foglalkozott a vízi jácint párolgásra gyakorolt hatásával, ahol a növénytel telepített vízpartra kihelyezett tartályok 26%-kal több vizet párolgattak, mint az ugyanoda telepített „üres” kádak párolgása (*Brezny et al.*, 1973). Amellett, hogy ez a tanulmány 45 éves, a vízi jácint egy vízfelszínen lebegő évelő növény, és nem vízbe merülő makrofita. Mivel e két növényfaj vegetációs állománya morfológiailag és anatómiailag is jelentősen eltérő, a párolgásukkal való összehasonlítástól tartózkodtunk.

A standard „A” kád és az üledékkel fedett/makrofitákkal beültetett kádpárolgás vizsgálata mellett a kezelt kádak értékeit a számolt E_0 -al és ET_0 -al is összehasonlítottuk (4a. és b. táblázat). Statisztikailag szignifikáns különbséget találtunk a P_s és az E_0 párolgása között (*Anda et al.*, 2016). Jelen tanulmány során kétutas varianciaanalízist (ANOVA) végeztünk az évjárat és a kád kezelés hatásának vizsgálatára. Az évjárat ($F(2,768) = 26,782$, $p = 0,001$) és a kád kezelés ($F(2,768) = 16,718$, $p = 0,001$) hatása szignifikáns eltérést mutatott, továbbá a tenyészidőszak és a kád-kezelés közötti kölcsönhatás ($F(4,768) = 2,692$, $p = 0,030$) szintén szignifikáns volt.

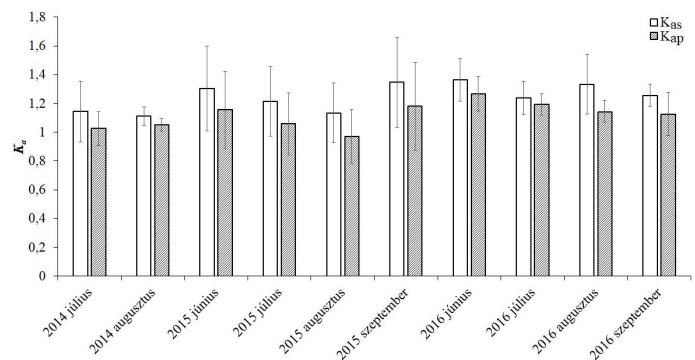
A számított E_0 és ET_0 értékek eltérően alakultak a három vizsgált tenyészidőszakban. A megfigyelés során a Penman-Monteith-féle képletből származó ET_0 értékek 16,99%-al alacsonyabbak voltak ($p < 0,0001$), mint az E_0 értékei. Ez igazolta azt a feltevésünket, hogy az E_0 és az ET_0 egymással nem helyettesíthető párolgások. Viszont a Tukey féle poszt-hoc teszt nem mutatott szignifikáns különbséget a P_s és az ET_0 párolgásai között ($p < 0,485$), így a Penman-Monteith egyenlet megfelelőnek bizonyult a tó hínárral rendelkező vízfelületének párolgásbecslésére (3a. táblázat). Ugyanakkor az E_0 párolgás értékei 14,13%-al felülbecsülték a P_s értéket ($p < 0,0001$), így a Shuttleworth (1992) formula felhasználhatósága kérdéses a Balaton (Keszthelyi-öblének) párolgásának becslésében.

A kétutas varianciaanalízis (ANOVA) alapján szignifikáns különbség mutatható ki az évjárat ($F(2,768) = 24,956$, $p = 0,001$) és a számolt referencia párolgás ($F(2,768) = 29,537$, $p = 0,001$) között. Azonban az évjárat és a referencia párolgás

interakciója ($F(4,768) = 2.692$, $p = 0.030$) már nem szignifikáns. Az E_0 és az ET_0 S kezeléssel való összehasonlítása ugyanerre az eredményre vezetett (3b. táblázat). Az S értékei nem különböztek szignifikánsan az ET_0 értéktől. Az S kezelés párolgása 22,94%-kal alacsonyabb volt ($p < 0,0001$), mint az E_0 , míg az ET_0 -hoz viszonyítva jóval alacsonyabb, 8,88%-os csökkenést detektáltunk ($p < 0,199$), bár ez nem mutatott szignifikáns eltérést.

Végül kétirányú ANOVA elemzést végeztünk az évjáratra és a számolt párolgásokra vonatkozóan is. Szignifikáns különbséget találtunk az évjárat ($F(2,768) = 21.796$, $p < 0.0001$) és a számolt referencia párolgások ($F(2,768) = 55,325$, $p < 0,0001$) között. Az interakció a két elem közt már nem szignifikáns ($F(4,768) = 2,194$, $p < 0,068$). A kádpárolgások közti szignifikáns különbségek ellenére azt találtuk, hogy a C kezelés párolgása az E_0 -hoz közelebb volt, mint az ET_0 -hoz. A C kezelés párolgásának szezonális átlagait az E_0 és ET_0 értékei 18,55 és 8,56%-al szignifikánsan túlbecsülték ($p < 0,0001$). Ezek alapján megállapítható, hogy az E_0 és az „A” kád mérési eredményei nem helyettesíthetők. A nyílt víztestek pontosabb párolgásbecsléséhez a helyszíni mérések célravezetőek, különösen olyan tavak esetében, amelyek eltérő éghajlati viszonyok között helyezkednek el.

Kád koeficiensek (K_a). A tenyészidőszakok változatos időjárási viszonyai eltérő koeficienseket eredményeztek (3. ábra). A havi átlagos K_a értékek a meleg 2015-ben és 2016-ban magasabbak, mint a 2014-es hűvösebb tenyészidőszakban mért értékek. A K_a havi értékei a vizsgálati időszakban 1,03-tól (K_{as} és K_{ap} : 2014 július) 1,37-ig terjedtek (K_{ap} : 2016 június). A havi átlagok közötti különbség a két K_a között meglehetősen kicsi volt, a víz alatti makrofiták rövid tenyészideje miatt. A legmagasabb átlagos havi K_a egy nyár végi hőhullám eredményeként 2015 szeptemberében alakult ki, ahol a napi maximum T_a többször meghaladta a 30 °C-ot (esetenként még a 35 °C-ot is elérte), mely érték jóval magasabb, mint az éghajlati normál. A szélsőségesen magas T_a teljesen el-



3. ábra: Havi átlagos kád koeficiensek (K_a) alakulása az üledéket tartalmazó, S (K_{as}) és az üledéket és makrofitákat is tartalmazó kezelés, P_s (K_{ap}) esetében (2014-2016)

pusztította az alámerülő makrofitákat, ezért a párolgás méréseket szeptember 10-én be kellett fejezni. Viszonylag magas K_a értékeket júniusban is detektáltunk (2015 és 2016), amelyek szintén a magasabb T_a -nak tulajdoníthatók. A havi átlaghőmérséklet-emelkedés 2015 és 2016 júniusában 4,2 és 1,5 °C volt.

Mindkét kezelésnél a tenyészidőszak havi átlagos K_a eloszlása kiegyenlítettnek mondható (1,11 és 1,24 között). Az egész időszakra vonatkozó K_{as} és K_{ap} átlagai 1,14+0,04 és 1,20+0,05 voltak. Nem volt szignifikáns a különbség az S és a P_s koeficiensei között (4,93%; $p < 0,148$).

A megfigyelésünk alapján számolt K_a értékek nem egyeztek Boyd's (1987) ET/E_0 arányaival, ahol mindenütt 1,0 alatti értékekről számolt be a szerző vízfelületet lefedő növényfajoknál (*Nymphaea odorata*: 1,0, *Lemna minor*: 0,9, *Wolffia columbiana*: 0,89, *Spirodela polyrrhiza*: 0,85). Ugyanezen szerző 1,0-nél magasabb arányokat a vízfelszín felett levelező fajoknál talált (*Eichhornia crassipes*: 1,55, *Typha latifolia*: 1,72). Valamennyi növényfajt 6,77 m² felületű tartályban neveltek. Egyik növényfaj csoportot sem tartjuk megfeleltethetőnek az általunk elemzett alámerülő hínárfajokkal.

4. táblázat: A Keszthelyi-öböl párolgás (E) becslése az üledéssel borított aljzatú (S) és a víz alá merülő makrofitákkal telepített kádkezelések (P_s) alapján nyert K_{as} és K_{ap} együtthatók felhasználásával 2014 és 2016 között. P a tenyészidőszak csapadékösszegét jelenti.

1. Csak a hagyományos párolgásmérő "A" kád mérései alapján									
	P	E [mm]	Eltérés	P	E [m ³]	Eltérés	P	E [millió m ³]	Eltérés
2014	684,0	585,7	98,3	2,67E+07	2,28E+07	3,83E+06	26,68	22,84	3,83
2015	460,0	644,6	-184,6	1,79E+07	2,51E+07	-7,20E+06	17,94	25,14	-7,20
2016	525,36	594,0	-68,7	2,05E+07	2,32E+07	-2,68E+06	20,49	23,17	-2,68

2. Üledéket tartalmazó kezelés párolgása alapján									
	P	E [mm]	Eltérés	P	E [m ³]	Eltérés	P	E [millió m ³]	Eltérés
2014	684,0	609,2	74,8	2,67E+07	2,38E+07	2,92E+06	26,68	23,76	2,92
2015	460,0	741,2	-281,2	1,79E+07	2,89E+07	-1,10E+07	17,94	28,91	-10,97
2016	525,36	701,0	-175,6	2,05E+07	2,73E+07	-6,85E+06	20,49	27,34	-6,85

3. Üledéket tartalmazó (95%) és makrofitákkal beületett kezelés (5%) párolgása alapján									
	P	E [mm]	Eltérés	P	E [m ³]	Eltérés	P	E [millió m ³]	Eltérés
2014	684,0	610,6	73,4	2,67E+07	2,38E+07	2,86E+06	26,68	23,81	2,86
2015	460,0	744,8	-284,8	1,79E+07	2,90E+07	-1,11E+07	17,94	29,05	-11,11
2016	525,36	704,6	-179,2	2,05E+07	2,75E+07	-6,99E+06	20,49	27,48	-6,99

Az üledékekkel borított és a hínárral telepített párolgásmérő „A” kádak méréseiből származtatott K_a értékek szinte megegyeztek a *wetland*en élő vízi makrofiták helyszínen meghatározott növénykonstansaival (Anda et al., 2014). A korábban mért növénykonstansokhoz képest (a közönséges nád esetében mért hat tenyészidőszak átlaga: 1,23) a jelenlegi tanulmány K_a értékei csak kissé alacsonyabb tenyészidőszakbeli középértékeket produkáltak. A K_{ap} értékei álltak a legközelebb a vizes élőhely növénykonstansaihoz, ami nagyon hasonló tenyészidőszakbeli átlagot mutatott (a különbség csak 2,47%).

A csapadék és a párolgás kapcsolata a Keszthelyi-öböl egyszerűsített vízmérlegével. Nem ismerve az öböl vízmérlegének tagjait, csak a két fontos vízháztartási tagot, a bevételi csapadékot és a kiadási párolgást (tekintettel az üledék és a makrofita jelenlétre) vettük figyelembe az öböl egyszerűsített vízmérlegének felírásakor. Tettük ezt annak ismeretében, hogy a csapadék az öböl vízbevitelének csupán egy részét (kb. 40% -át) teszi ki, s több mint a fele vízbevitel a vízgyűjtőkről származik, elsősorban a Zala folyón keresztül.

Az egyszerű mérleg eredményeit a 4. táblázatban mutatjuk be. A párolgás becsüléséhez alkalmaztuk az általunk meghatározott koeficienszeket (K_{as} és K_{ap}). A Keszthelyi-öböl felszíne 39 km², a Balaton teljes területének csupán 6,5%-a. Vári (2012) megfigyelései alapján a Keszthelyi-öböl 5%-át víz alá merülő vízi makrofiták borítják. A fennmaradó területen (95%) az üledékekkel borított aljzatot feltételeztük (Anda et al., 2016).

A három vizsgált tenyészidőszakban az időjárási viszonyok nem voltak azonosak. A három év közül csak egy nedves (2014) tenyészidőszak volt, ahol P 73,4 mm-el meghaladta a tenyészidőszak teljes párolgásösszegét. Ezzel szemben a 2015-ös és 2016-os meleg időjárási viszonyok miatt a tenyészidőszak párolgásának csak 62 és 75%-a származott a csapadékból.

A K_{as} és a K_{ap} együtthatók alkalmazásával számolt Keszthelyi-öböl párolgás általi vízvesztése mindhárom évben meghaladta a csak az „A” kádból származtatott párolgási veszteséget. A 2014, 2015 és 2016 tenyészidőszakokban a növekedés mértéke 4,2, 17,1 és 14,4% volt. Ezek a százalékadatok magas többletpárolgást jelentenek az egész öbölre. Az együtthatókat alkalmazva a többlet vízvesztés évenkénti értékei rendre 0,97, 4,31 és 3,91 millió m³ volt 2014-ben, 2015-ben és 2016-ban. Minél melegebb volt a tenyészidőszak, annál nagyobb a többletpárolgás az öbölben. A K_{as} egyedüli alkalmazása mérsékelt emelkedést eredményezett az öbölben (3,9%, 14% és 16,5% 2014-ben, 2015-ben és 2016-ban). Ha csak az iszap jelenlétével korrigált „A” kád adatait alkalmaznánk a Balaton párolgásának közelítésére (hínár nélkül), akkor a tó vízvesztésének mértéke nedves évjáratban 14,94 m³-el, meleg-száraz szezonban 66,3 millió m³-rel emelkedne. A következtetéseinket mindössze 3 év (szezón) adataiból származtattuk, melyek pontosítása további megfigyelést igényel.

Köszönetnyilvánítás. A projekt a Széchenyi 2020 program keretében valósul meg. Köszönet az EFOP-3.6.1-

16-2016- 00015 projekt anyagi támogatásáért. A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. és Smith, M., 1998: Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper* 56, Rome, Italy.
- Anda, A., Simon, B., Soos, G., Menyhárt, L., Teixeira da Silva, J.A. és Kucserka, T., 2018: Extending Class A pan evaporation for a shallow lake to simulate the impact of littoral sediment and submerged macrophytes: a case study for Keszthely Bay (Lake Balaton, Hungary). *Agric. For. Meteorol.* 250–251, 277–289.
- Anda, A., Simon, B., Soos, G., Teixeira da Silva, J.A. és Kucserka, T., 2016: Effect of submerged, freshwater aquatic macrophytes and littoral sediments on pan evaporation in the Lake Balaton region, Hungary. *J Hydrol.* 542, 615–626.
- Anda, A., Teixeira da Silva, J.A. és Soós, G., 2014: Evapotranspiration and crop coefficient of the common reed at the surroundings of Lake Balaton, Hungary. *Aquatic Bot.* 116, 53–59.
- Boyd, C. E., 1987: Evapotranspiration/evaporation (E/R₀) ratios for aquatic plants. *J. Aquat Plant Manage.* 25, 1–3.
- Brezny, O., Mehta, I. és Sharmas, R.K., 1973: Studies of evapotranspiration of some aquatic weeds. *Weed Sci.* 21, 3, 197–204.
- Penman, H.L., 1948: Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Royal Soc. London. Ser. A, Mathematical Phys. Sci.* 193, 1032, 120–145.
- Roderick, M.L., Hobbins, M.T. és Farquhar, G.D., 2009: Pan evaporation trends and the terrestrial water balance. I. Principles and observations. *Geogr. Compass.* 3, 2, 746–760.
- Shuttleworth, W.J., 1992: Chapter 4 Evaporation. In: Maidment, D.R. (Ed.), *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill Inc., New York.
- Soós, G. and Anda, A. 2014: A methodological study on local application of the FAO-56 Penman-Monteith reference evapotranspiration equation. *Georgikon for Agriculture* 18, 2, 71–85.
- Stan, F.I., Neculau, G., Zaharia L., Toroimac G. and Miha-lache S., 2016: Study on the Evaporation and Evapotranspiration Measured on the Căldărușani Lake (Romania). *Procedia Environ. Sci.* 32, 281–289.
- Stanhill, G., 2002: Is the Class A evaporation pan still the most practical and accurate meteorological method for determining irrigation water requirements? *Agric. For. Meteorol.* 112, 3–4, 233–236.
- Thom, A.S., Thony, J.L. és Vauclin, M., 1981: On the proper employment of evaporation pans and atmometers in estimating potential transpiration. *Q. J. Roy. Meteor. Soc.* 107, 453, 711–736.
- Vári, A., 2012: Propagation and growth of submerged macrophytes in Lake Balaton. *PhD Thesis*.
- Walkusz, E. and Janczak, J., 2007: Comparative study of evaporation rate from surface water of Lake Radunskie Górne and that from an evaporimeter pan placed on land. *Limnological Review.* 7, 4, 241–246.

SZÉLSŐSÉGES IDŐJÁRÁSI HELYZETEK OKOZTA SÚLYOS ZAVAROK AZ ÁRAMSZOLGÁLTATÁSBAN

I. RÉSZ: TÉLI VEGYES HALMAZÁLLAPOTÚ CSAPADÉKOS HELYZETEK *EXTREME WEATHER CONDITIONS CAUSING SERIOUS DISTURBANCES IN POWER SUPPLY.*

PART I: MIXED PHASE WINTER PRECIPITATION

Horváth Ákos, Simon André

OMSZ Viharjelző Observatórium, 8600 Siófok, Vitorlás utca 17., *horvath.a@met.hu, simon.a@met.hu*

Összefoglalás. A szélsőséges időjárási helyzetek gyakran okoznak jelentős károkat, illetve fennakadásokat a hazai infrastruktúrában, mindenekelőtt a közlekedésben és az áramszolgáltatásban. Jelen tanulmány egy több részes elemzés részeként azt mutatja be, hogy a téli, vegyes halmazállapotú időjárási helyzetek során milyen típusú és nagyságú károk jelentkeznek az áramszolgáltatásban.

Abstract. Extreme weather situations often cause significant damage or disruption of the domestic infrastructure, particularly transport and electricity supply. The present study as part I of a multi-part analysis shows the types and magnitudes of power losses that occur during mixed winter weather conditions.

A tapadó hó és az ónos eső hatása az áramszolgáltatásra. A 21. század modern társadalmá rendkívül érzékeny az infrastruktúrára, azon belül is az áramszolgáltatásra és a közlekedésre. A hazánkban előforduló szélsőséges időjárási helyzetek éppen az infrastruktúra e két érzékeny területét veszélyeztetik legjobban. Egy intenzív havazás, hófúvás napokra képes egy-egy régió közlekedését megbénítani, egy heves zivatarrendszer okozta áramkimaradás több száz településen nehezíti meg az életet. A közvetlen viharkárokon túl társadalmi szinten jelentős veszteségek keletkeznek az áramhiány okozta termelés kiesés következtében, vagy amiatt, hogy a közlekedési nehézségek folytán a dolgozók nem tudnak bejutni a munkahelyükre. A lakosságot ugyancsak közvetlenül érintik a viharok okozta elektromos ellátási zavarok, például a fagyasztók kiolvadása vagy az elektromosan vezérelt fűtőrendszerek, kazánok leállása folytán.

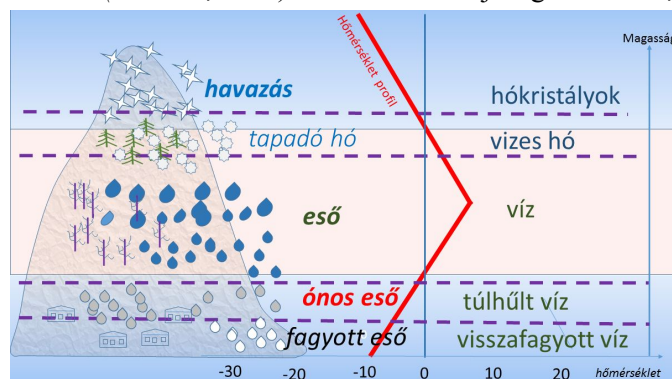
Az infrastruktúrát közvetlenül károsító szélsőséges időjárási helyzetek három fő csoportba sorolhatók. Az első csoportba tartoznak a téli vegyes halmazállapotú csapadékrendszerek, mindenekelőtt az ónos eső, és a vizes-tapadó hó, amelyek egyaránt veszélyeztetik a közlekedést és az áramszolgáltatást. A második csoportot alkotják az év bármely szakában előforduló viharciklonok, amelyek elsősorban a nagy területeken, gyakran 100–120 km⁻¹ sebességet meghaladó széllekeésekkel okoznak súlyos üzemzavarokat. A harmadik csoportot a légköri konvekcióval (zivatarokkal) kapcsolatos jelenségek képezik. A zivatarokkal járó heves szélviharok és az intenzív villámás mindenekelőtt az elektromos távvezeték hálózatban okoz tömeges meghibásodásokat.

Jelen írás témája a téli időjárási helyzetekben előforduló, az infrastruktúrát jelentősen károsító vegyes halmazállapotú csapadék. Az áramszolgáltatók által jelzett tömeges meghibásodások időjárási háttere egy-egy esettanulmányon keresztül kerül bemutatásra.

Téli vegyes halmazállapotú csapadék és hatása a távvezetésekre. A vegyes halmazállapotú csapadék formái közül elsősorban az ónos eső és tapadó hó okoz problémát, az előbbi akár már kisebb mennyiségben is. Ha a felszínre meleg áramláshoz köthető időjárási helyzetekben kialakuló inverzió csúcsa határozottan a pozitív tartományba nyúlik, a

talajközeli rétegekben viszont megmarad a fagyos levegő, akkor egy légoszlopban egyszerre többféle halmazállapot is előfordulhat (1. ábra).

A negatív hőmérsékletű, magasabb rétegekből hulló hó nem olvad el azonnal, amikor a pozitív hőmérsékletű tartományba ér, vízzé, könnyen tapadóvá válik. Ha ebben az állapotban éri el a felszínt, akkor könnyen megtapad az ágakon, vezetékeken, intenzívebb csapadék esetén jelentősebb mennyiségben fel is halmozódik. A tapadást segítő adhéziós erő akkor a legnagyobb, ha a hó 20%-ban tartalmaz vizet, illetve egyenletes, nem turbulens szél is fúj, amely egyenletesen rányomja a havat a felszínre (*Wakahama et al., 1977*). A tapadó hó többnyire a -0,5 és 2 °C hőmérsékleti tartományban alakul ki. A tapadás szempontjából azonban ugyancsak fontos a vezeték vagy a tárgy felszínhőmérséklete, valamint a hórég és a levegő közötti hőfluxus (*Admirat, 2008*). Ez a konvektív jellegű hőfluxus,



1. ábra: A vegyes halmazállapotú csapadék kialakulása a légköri inverzió különböző szakaszain. Ha az inverzió egy elegendően magas hegyoldalon alakul ki, akkor kisebb távolságon belül több csapadékfajta is előfordulhat.

valamint a hó víztartalmának párolgása és a jég szublimációja szabályozzák a felhalmozódott hó víztartalmát és változtatják annak szerkezetét. A környező légáramlás viszont módosíthatja a hórég levegőtartalmát – erős szélnél a hórég tömörebbé válik, kevesebb lesz benne a levegőbuborék és a hó sűrűsége ezáltal jelentősen megnő (extrém esetben elérheti a 700–800 kgm⁻³ értékeket). Ha a víztartalom túl magas lesz (pl. meghaladja a 40%-ot) a hórég latyakossá válik és leesik a vezetékekről. A felhalmozódási folyamat bo-

nyolult is lehet, ha különböző halmazállapotú csapadék váltja egymást. Például a vizes hóréteg a lehülés és a szél hatására eljegesedhet, vagy ha korábban ónos eső volt, akkor pedig a már kialakult ónos bevonaton történhet a hó lerakódása. A hófelhalmozódást segítheti az is, hogy a vezetőkek általában sodort erekből állnak, a faágak rücskösek, így nagyobb felület áll rendelkezésre a tapadáshoz. A téli csapadék és tapadó hó vizsgálatának széles nemzetközi szakirodalma van (Nygaard *et al.*, 2013; Gulyás *et al.* 2012; Thompson *et al.*, 2004), a hazai előrejelzésével legérzékenyebben Somfalvi-Tóth *et al.*, 2015 foglalkoztak.

Az ónos eső megtapadása a tapadó hónál jóval egyszerűbb és egyértelmű folyamat. Az elektromos hálózat szempontjából érdemes figyelembe venni, hogy a kábelre, vagy oszlopra csapódó vízcsepp szétfröccsen és vízpermet alakul ki, amely jóval hatékonyabban tapad meg a felületen, mint a nagyobb vízcsepp. A gerinchálózatot képző 400 KV-os vezetőkeknél gyakran kettő, esetleg három sodrony is meg szorosan egymás mellett, egyetlen fázis vezetőjeként. Az egyik sodronyra rácsapódó szétfröccsenő vízpermet nagyobb eséllyel hullik a párhuzamos vezetőkre, növelve az ónos eső megtapadásának hatékonyságát. Hasonló jelenség figyelhető meg a magas, sűrű szerkezetű tartóoszlopoknál is, ahol a tartógerendákra hulló és szétfröccsenő víz könnyebben ráfagy a fagyott szerkezetre, mint egy sima pózna esetén (2. ábra).

A pozitív hőmérsékletű tartományba nyúló inverzió esetén mégsem alakul ki minden esetben ónos eső. Ha a talajközeli hideg réteg elég vastag, akkor a behulló és túlhűlő vízcseppek egy idő után újrafagynak, és fagyott eső formájában érik el a talajt (1. ábra alsó része). Az ónos eső számszerű előrejelzéséhez figyelembe kell venni a csapadékelem esési sebességét (ami nagyban függ a méretétől), a környezetével való termodinamikai kölcsönhatásokat, amelyhez speciális modell futtatására van szükség (Geresdi and Horváth, 2000; Geresdi, 2004).

A bemutatásra kerülő négy időjárási helyzetben a tapadó hó, a tapadó hó és az ónos eső együtt, illetve az intenzív ónos eső önmagában okozott nagy területeken vezetékszakadásokat. Az esetekből látható, hogy sokszor finom részleteken múlik, máskor viszont az időjárási folyamatok által egyértelműen meghatározott módon dől el, hogy előállnak-e a tömeges meghibásodások, így szélsőségesnek tekinthető-e az adott időjárási helyzet.

Tipikus tapadó havas időjárási helyzet: 2017. január 13.

2017. január 13-án először az ország nyugati megyéiben hullott helyenként 25 mm-t meghaladó, majd a középső és keleti területeken 15–20 mm mennyiséget elérő csapadék, meghatározóan hó formájában. A csapadékot élénk, helyenként erős (45–55 km/h lökésekkel kísért) szél kísérte. A havazás fennakadásokat okozott a közlekedésben, de a legnagyobb károk az áramszolgáltatásban jelentkeztek. A 20 KV-os, jellemzően a falvak vagy kisebb városok ellátását biztosító hálózatban keletkezett károk miatt több mint 50 település maradt áram nélkül. A tömegesen jelentkező hibák elhárítása több napot vett igénybe. Az elektromos vezetékrendszerben keletkezett károk egyértelműen a nedves, tapadó hóra vezethetőek vissza, amely kisebb részben a vezetőkekre tapadva okozott szakadást, nagyobb részben pedig a hóval túlterhelt ágak törtek a vezetőkekre.

A 2017. januári időjárása szokatlanul hideg volt. A hónap elején betörő sarkvidéki hideg levegő hatására a minimum hőmérsékletek sokfelé -15 fok alá süllyedtek. A száraz időben csak vékony hófelszín, vagy teljesen hómentes területek jellemezték a talajállapotot, ezért a talaj mélyen le tudott hűlni.

Az átmeneti enyhülés január 12-én érkezett térségünkbe egy mediterrán ciklon nyomán, amely gyorsan fejlődő, dinamikus rendszer volt (3. ábra). Az erős előoldali áramlási rendszer képes volt felkeverni a talajközeli hideg levegőt is, így nem alakult ki olyan erős inverzió, amely ónos esőt okozott volna (4. ábra). A ciklon gyorsan haladt keleti irányba, a hátoldalán erős hideg beáramlással (5. ábra).

A térségünkbe betörő hidegfront mentén feltorlódnak nedves levegőből (6. ábra) intenzív csapadékhullás indult, amely rövid havasesős periódust követően havazásba ment át. Az intenzíven hulló vizes hó, az élénk, és időnként erős szél megteremtette a feltételt a hó megtapadására. A tapadó havat elősegíthette az is, hogy a megelőző rendkívül hideg periódus során a tereptárgyak, vezetőkek jelentősen lehültek, a felmelegedés csak egy rövid időszakra korlátozódott.

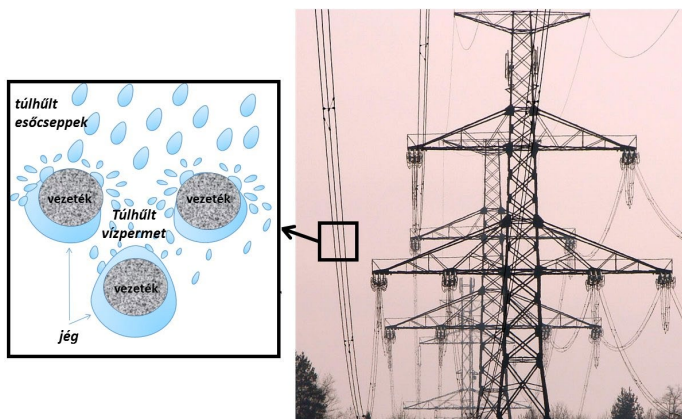
Nem tipikus tapadó havas helyzet: 2017. április 19. A 2017. április 19-i rendkívüli időjárási helyzet kiváltója alapvetően tapadó hó volt, de az eset két szempontból sem tekinthető tipikusnak.

Egyrészt szokatlanul későn, tavasszal történt, egy ilyenkor ritka erősségű sarki hidegbetörés során. Az előző esettel szemben itt nem voltak túlhűlt tereptárgyak, a nagytömegben megtapadó havat az intenzív vizes állagú hóesés és a gyakran viharos szél váltotta ki.

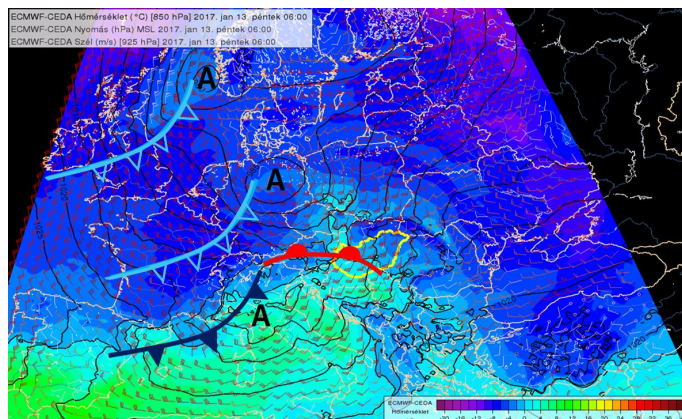
A másik meghatározó tényező az volt, hogy a fákon megjelenő levelek nagyságrenddel megnövelték a hó lehetséges tapadási felületét. A legtöbb csapadék a Bükkben és a Mátrában hullott 40–50 cm vastag hóréteget hozva létre. Becsülhetően itt egy átlagos méretű fán 1000–3000 kg-ot is meghaladó tömegű hó tapadt meg, ami ágtörésekhez, fakidőlésekhez vezetett. Az áramszolgáltatók beszámolóí szerint a tömeges vezetékszakadásokat alapvetően a faradölések okozták. Kritikus helyzet állt elő a Bükkben és a Mátrában ahol a hegyi települések megközelíthetlenné váltak és egész vezetékszakaszok rongálódtak meg súlyosan (7. ábra).

Nagyszámú vezetékszakadás volt a dunántúli és az alföldi megyékben is, annak ellenére, hogy ott a csapadék mennyisége a legtöbb helyen nem haladta meg a 25 mm-t és a hőmérséklet nem ment fagypontra alá. A levelekre rátapadó hó azonban itt is megtörte az ágakat, amelyek az erősödő északi szélben a vezetőkekre estek. Mindezt alátámasztják az ottani áramszolgáltatók hibajelentései is: a vezetőkekre hulló ágak miatti hibák számához képest elenyésző volt a spontán vezetékszakadások száma.

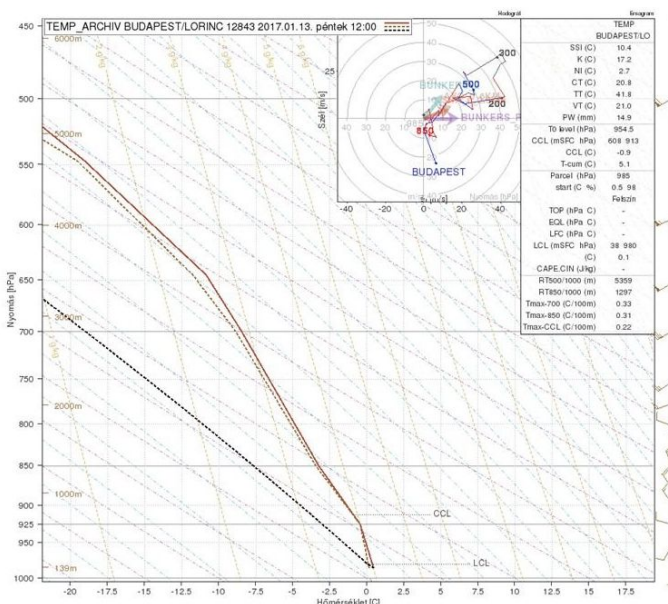
A havazás előtt már két nappal korábban megindult a sarkvidéki eredetű hideg levegő felhalmozódása, majd annak északi-északkeleti irányból történő beáramlása Európa központi területei fölé. Az Európa északnyugati része felett megerősödő anticiklon peremén felgyorsuló hideg levegő április 19-én elérte a Kárpát-medencét. Az északról délre mozgó hidegfronton két hullám is fejlődésnek indult, az egyik Észak-Olaszország, a másik pedig éppen hazánk térsége fölött. A térségünkben létrejövő és mélyülő hullám



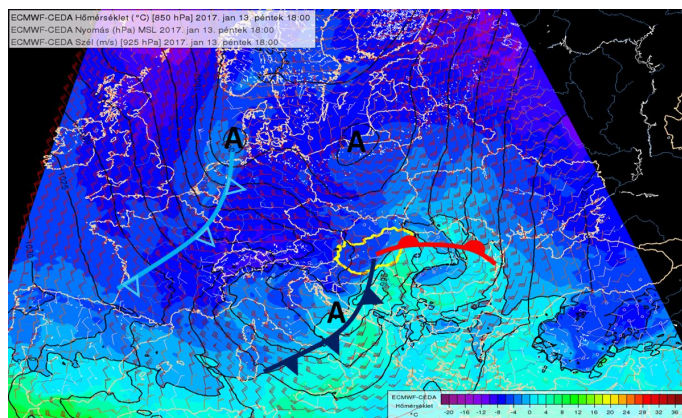
2. ábra: Vízcseppek szétfröccsenése a vezetéseken. A szétfröccsenés következtében kialakuló vízpermet hatékonyabban tapad a közeli vezeték sodronyokra vagy a tartóoszlop sűrűbb vázszerkezetére.



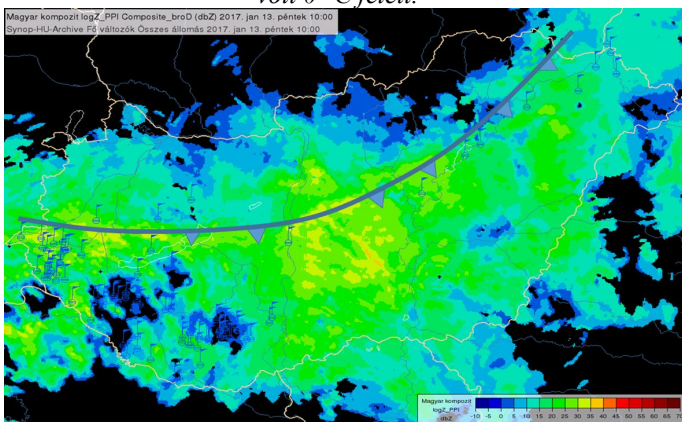
3. ábra: Időjárási helyzet 2017. 01. 13. 06 UTC-kor az ECMWF analízis alapján. A színezett területek a 850 hPa nyomási szint (kb. 1500 m) hőmérsékletét, a folytonos vonalak a tengerszinti légnyomást, a szélzászlók a 925 hPa nyomási szint (kb. 500 m) szélviszonyait mutatják. A ciklon meleg szektorában fújó erős szél át tudta keverni a talajközeli fagyott levegőt.



4. ábra: A budapesti rádiószonda által mért vertikális profil 2017.01.13. 12 UTC-kor. A telített légoszlopban a hőmérséklet a magassággal monoton csökkent, a talajon is csak kevéssel volt 0 °C felett.



5. ábra: Időjárási helyzet 2017. 01. 13. 18 UTC-kor az ECMWF analízis alapján. A színezett területek a 850 hPa nyomási szint (kb. 1500 m) hőmérsékletét, a folytonos vonalak a tengerszinti légnyomást, a szélzászlók a 925 hPa nyomási szint (kb. 500 m) szélviszonyait mutatják. A hidegfront (kék vonal) mögött hideg levegő áramlott az országba.



6. ábra: A talajközeli országba érkező hidegfront konvergenciája intenzív csapadékokat okozott az OMSZ kompozit radarképei alapján 2017.01.13. 10 UTC-kor. A zászlókkal jelzett pontok a dunántúli és a kelet-magyarországi áramszolgáltató által jelzett vezeték-meghibásodásokat jelzik.



7. ábra: Villanyvezetésekre szakadt ágak a Bükkben. (Molnár Zsófia felvétele). A képen jól látható, hogy a nagy havazás már leveles állapotban érte a fákat.

április 19. 06 UTC-re egy markáns légörvénné fejlődött (8. ábra), amelynek magja délutánra az ország középső és déli tájai fölé mozdult. A ciklon állapotát a legfejlettebb stádiumában, április 19. 12 UTC-kor vizsgálva látható, hogy a magasabb szinteken is hazánk felett volt a ciklon centruma, vagyis a ciklon tengelye nem dőlt a magassággal (8–9–10. ábrák). A szinte függőleges tengellyel rendelkező ciklonállapot a gyorsan fejlődő, de lassan mozduló légörvényekre jellemző. A tipikusan nedvességet szállító 3000 m magasságban (700 hPa nyomásszinten) a nedvesség mezejében jól kivehető a délnyugatról északkelet felé, majd a ciklon északi területein visszafelé hajló nedves szállítószalag (9. ábra). Ez a nedves szállítószalag volt felelős az északi középhegységben lehullott rendkívüli mennyiségű hóért. A még magasabb, 5000 m körüli rétegekben ugyancsak jól megfigyelhető, hogy a sarkvidékről kitörő hideg levegő Közép-Európa fölött leszakadva egy önálló hideg magot hoz létre (10. ábra). A csapadék halmazállapotának meghatározására az OMSZ nowcasting rendszerének segítségével történt (Horváth et al. 2015.). A havazás az Alföldön kezdődött és a vezetékekre dőlő ágak nagy területen vezeték szakadásokat okoztak. Az objektív analízisből látható, hogy a nap folyamán az ország felett átvonuló ciklon hátoldalán az erős széllel együtt hullott a hó, illetve az északi középhegységben folyamatosan havazott (11. ábra).

Ónos eső és hó együttes hatása: a 2016. január 6-i időjárási helyzet. A 2016. január 6-i ónos eső jelentős károkat okozott a déli és középső országrész infrastruktúrájában, elsősorban a távvezeték-hálózatban. A nagyszámú vezeték szakadás hátterében a vegyes halmazállapotú csapadék állt: először ónos eső fagyott az ágakra és vezetékekre, majd az így kialakult jéggrégre hullott a vizes hó.

A szélsőséges időjárási helyzetért a nagy térségű folyamatok szempontjából kettős hatás volt felelős. Egyrészt az északkeleten felhalmozódott sarkvidéki hideg levegő, amely az előző napokban a Kárpát-medencébe is beszivárgott, és a talaj közelében tartósan fagypon alatti hőmérsékletet alakított ki. A hideg levegő mélyen átfagyasztotta a talajt, lehűtötte a tereptárgyakat. A másik hatás egy gyorsan fejlődő mediterrán ciklon volt, amely Spanyolország térségében alakult ki, és a Földközi-tenger medencéjében fejlődve keleti irányba mozdult el. A ciklon centruma január 6-án már az Adriai-tenger fölé helyezkedett, és a meleg szektorában enyhe és nedves levegő siklott fel a Kárpát-medence fölé (12. ábra). A csapadék hulláshoz elegendő mennyiségű nedvességet biztosított az alacsonyabb szinteken kialakult markáns nedves szállítószalag.

A felsikló meleg nedves levegő január 6-án 1000–1500 m-en pozitív hőmérsékleti rétegződést hozott létre, de az alsó fagyos levegőt nem volt képes átkeverni, így kedvező feltételek alakultak ki az ónos eső kialakulásához (13. ábra). A pozitív hőmérsékleti tartomány a ciklon elmozdulásával a január 7-ére virradó éjszaka már legyengült, majd a ciklon hátoldalán megindult a *hidegadvékción* (14. ábra) amelynek következtében a csapadék fázisa ismét havazásba ment át. Így történhetett, hogy az ónos esőt eleinte vizes hóból álló intenzív havazás követte.

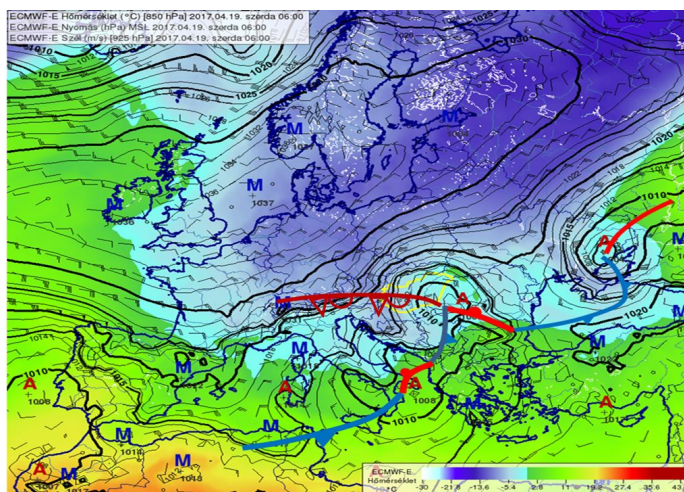
Rendkívül erős ónos eső súlyos károkkal: 2014. december 1. A 2014. december 1-i ónos eső, rendkívüli károkat

okozott az országban, elsősorban Dunazug-hegységben, a Gödöllői-dombságban, illetve az Északi-középhegységben. A Kárpát-medencében télen nem tekinthető szokatlannak a vegyes halmazállapotú csapadék, azonban az ilyen hosszan tartó és nagy mennyiségű, záporos formában lehullott ónos eső, és a vele járó tartós lefagyási állapot mindenképpen rendkívüli eseménynek számít. A nagy mennyiségű ónos eső főként a hegyekre, illetve a dombokra korlátozódott. Az időjárási helyzet kialakulásának körülményei merőben szokatlanok voltak, az ónos eső kialakulásában jelentős szerepet játszott a magasban beáramló trópusi eredetű meleg és nedves levegő. A legsúlyosabb károk azokon a területeken voltak, ahol a mérések és számítások alapján jelentős mennyiségű, 30 mm-t meghaladó ónos eső hullott. A számítások alapján azonban a záporos csapadékból sokfelé 30–40 mm, a Gödöllői-dombságban helyenként 50 mm ónos eső is esett 36 óra leforgása alatt! Óriási károk keletkeztek a természetben és az emberi létesítményekben egyaránt. Az érintett területeken erdőségek mentek tönkre és az ónos esőt megsínylette az országos elektromos gerinchálózat is. Egy nagyfeszültségű tartóoszlopnál kb. 3–4 tonna többletterhelést okozhatott a ráfagyás, amelyhez hozzájött a 400 KV-os vezetékek esetén 1 m távolságra jutó kb. 10 kg tömegű ráfagyott jégtömeg-többit, ami két oszlop között újabb 2–3 tonna többletterhelést jelentett. A fentebb bemutatott szétfröccsenéses ráfagyási folyamat is hozzájárulhatott ahhoz, hogy helyenként az egy fázishoz tartozó három kábel is egybefagyhatott, kritikusan megnövelve az ónos eső tapadási felületét. Az ónos eső felhalmozódását még segíthette az élénk (5–10 ms⁻¹) sebességű szél és a korábban kialakult vastag zúzmara réteg (a hegyeket sok helyen több napon keresztül beborította az alacsony szintű felhőzet). Ezt a nagyfokú terhelést nem bírták el a tartóoszlopok és közülük számos összeomlott (15. ábra). Hasonlóan óriási károk keletkeztek a 20 KV-os vezetékrendszerben, főként az erdős területeken tarvágáshoz hasonlítható fakidőlések következtében.

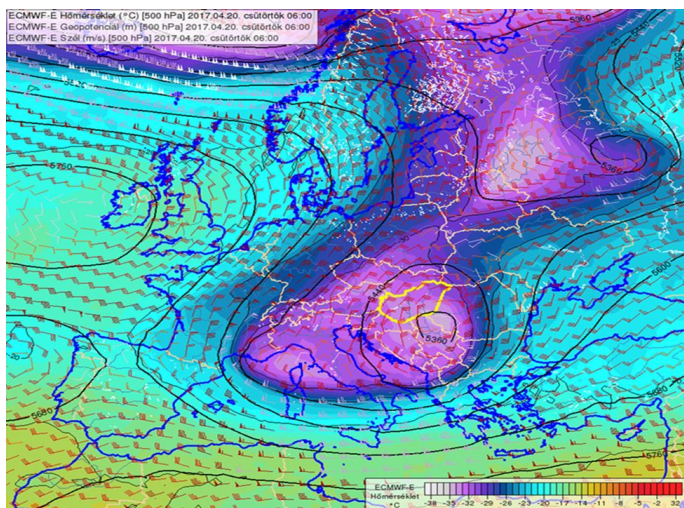
Az eset időjárási hátterét több tanulmány és publikáció feldolgozta (Allaga et al., 2016). Az infrastruktúrát, mindelelőtt az elektromos hálózatot ért rendkívüli károknak megfelelően rendkívüli volt az időjárási helyzet is.

A nedvesség forrását illetően elmondható, hogy november végén az Atlanti-óceán térségéből Észak-Afrika fölé helyeződő ciklonok áramlási rendszere szokatlanul délre nyúlt le, és ez mozgásba hozta a sivatagi övtől délre levő nagy nedvességtartamú trópusi légtömegeket is.

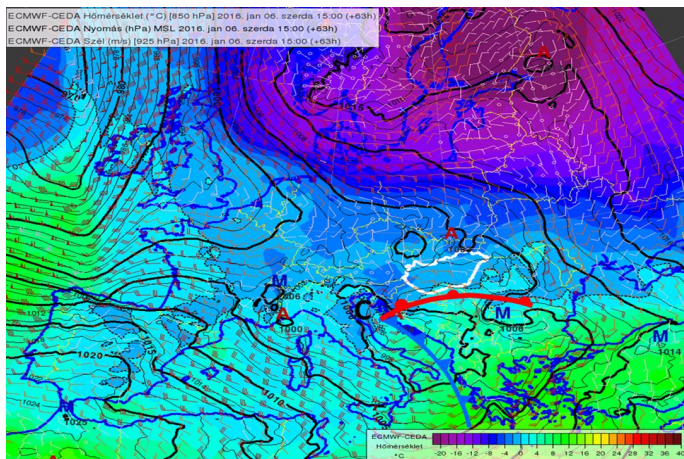
Fokozatosan kialakult a Szahara fölött áthúzódó „nedvesség híd” amely a specifikus nedvesség mezejében (16. ábra), illetve a hőmérsékletet és nedvességet együtt jellemző ekvivalens potenciális hőmérséklet (17. ábra) mezejében is jól látható. A magas hőmérséklet miatt a sivatag fölött átáramló légtömegben a nedvesség telítetlen maradt, így az vízgőz formájában, tehát a csapadék hullás okozta veszteség nélkül jutott be a nyugati szelek övébe. A Földközi-tenger nyugati medencéjében örvénylő ciklon keleti oldalán a trópusi eredetű légtömeg először a mediterrán térséget, majd Közép-Európát érte el és felsiklott az itt található talaj közeli hideg légtömegekre. Magyarország déli területein a lehullott esőben sokfelé tapasztalták az autókat, kerti bútorokat megfeszítő sivatagi eredetű vöröses színű por jelenlétét. A felsikló meleg légtömeg nedvességtartalma a 3000 m körüli



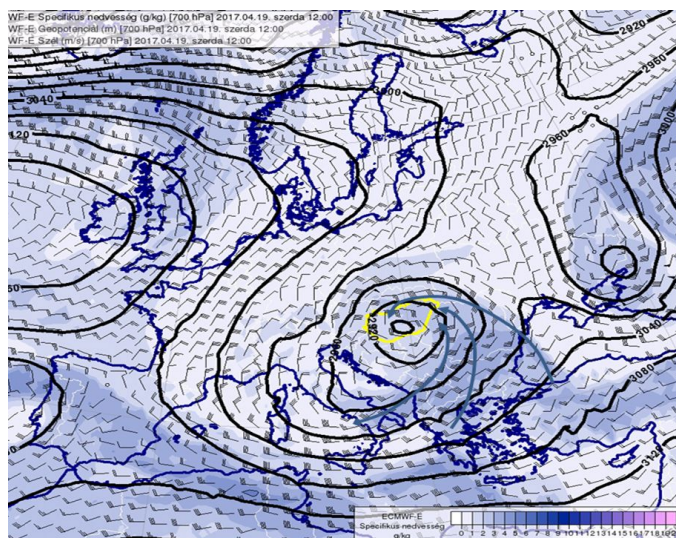
8. ábra: Időjárási helyzet 2017. április 19. 06 UTC-kor az ECMWF analízis alapján. A folytonos vonalak a tengerszinti légnyomást, a színezett területek a kb. 1500 m magasságú (850 hPa szint) hőmérsékletét, a szélzászlók pedig a kb. 800 m magasságú (925 hPa nyomású) szint szélviszonyait ábrázolják.



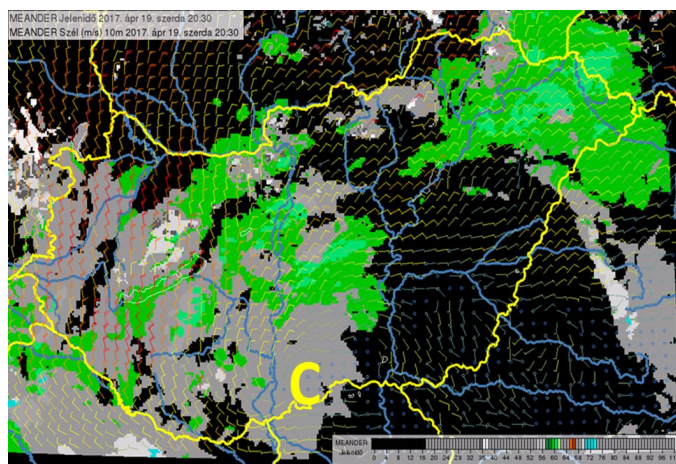
10. ábra: Az 5000 m körüli magasság (500 hPa nyomásszint) szélviszonyai, hőmérséklete (színezett területek) és a nyomásszint magassága (folytonos vonalak) 2017. április 20. 06 UTC-kor az ECMWF analízis alapján.



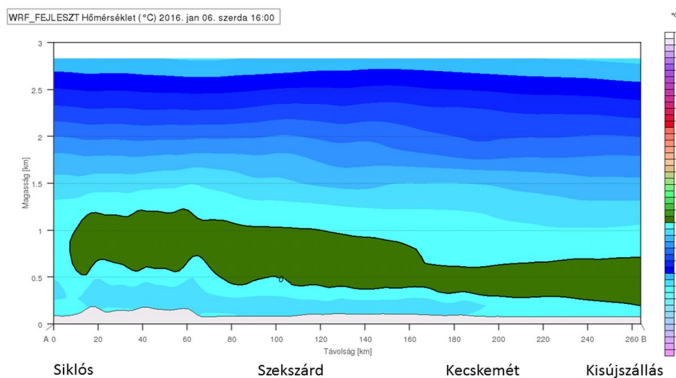
12. ábra: A tengerszinti légnyomás (folytonos vonalak), a 850 hPa nyomási szint hőmérséklete (színezett területek), a 925 hPa szélviszonyai, valamint az időjárási frontok 2016. 01.06. 15:00 UTC-kor az ECMWF analízise alapján.



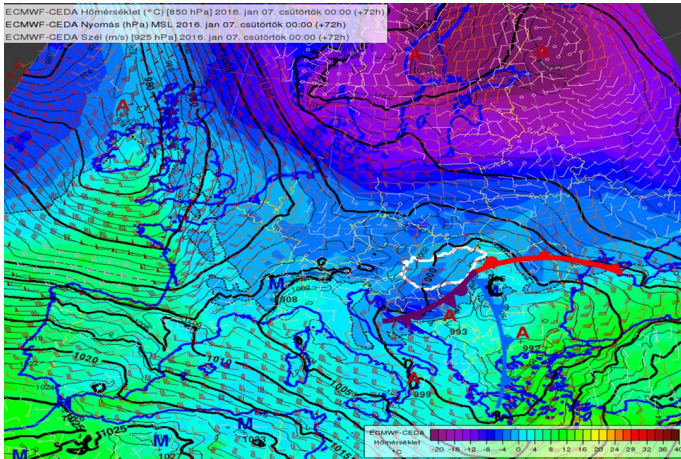
9. ábra: A léggör nedvesség-áramait legjobban jellemző 3000 m körüli szint (700 hPa nyomási szint) szélmezeje, a 700 hPa szint magassága (folytonos vonalak) és a specifikus nedvesség (színezett területek [gr/kg]) viszonyai 2017. április 19. 12 UTC-kor az ECMWF analízis alapján. A nyilak a ciklonban felcsavarodó nedves szállítószalagokat mutatják.



11. ábra: A 10 m magasságban fújó szél és a csapadék eloszlása a MEANDER nowcasting rendszer analízise alapján 2017.április 19. 20:30 UTC-kor. A zöldes színű területek az esős, a szürkés árnyalatú területek a havas (világosabb) és havas esős (sötétebb) térségeket mutatják. A C betű a ciklon centrumát jelöli.



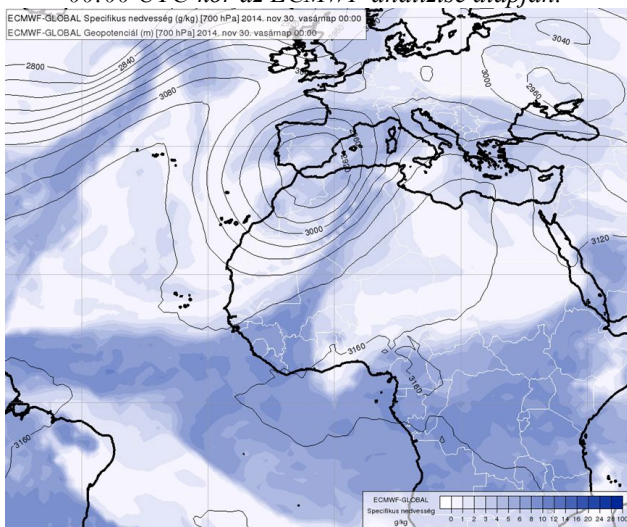
13. ábra: A WRF modellel számított hőmérsékleti mezőből készített vertikális metszet délnyugat-északkeleti irányban 2016. 01.06-án 16. 00 UTC-kor. Látható az ónos esőt okozó vastag pozitív hőmérsékleti terület és az alatta elhelyezkedő fagyos légréteg.



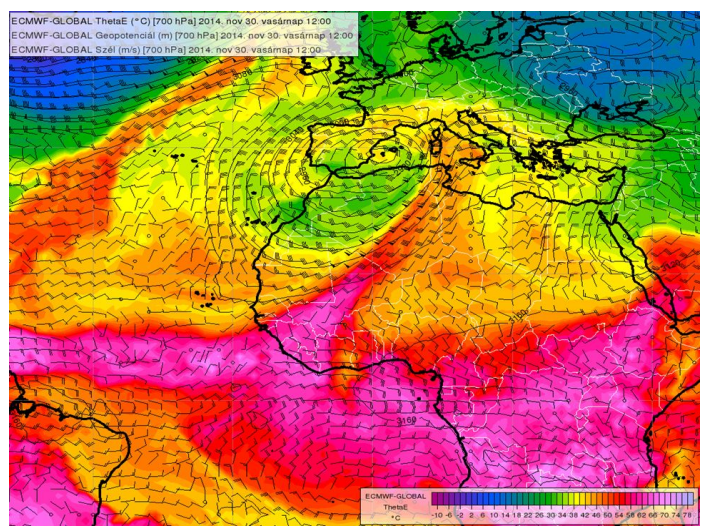
14. ábra: A tengerszinti légnyomás (folytonos vonalak), a 850 hPa nyomási szint hőmérséklete (színezett területek), a 925 hPa szélviszonyai, valamint az időjárás frontok 2016. 01.07. 00:00 UTC-kor az ECMWF analízise alapján.



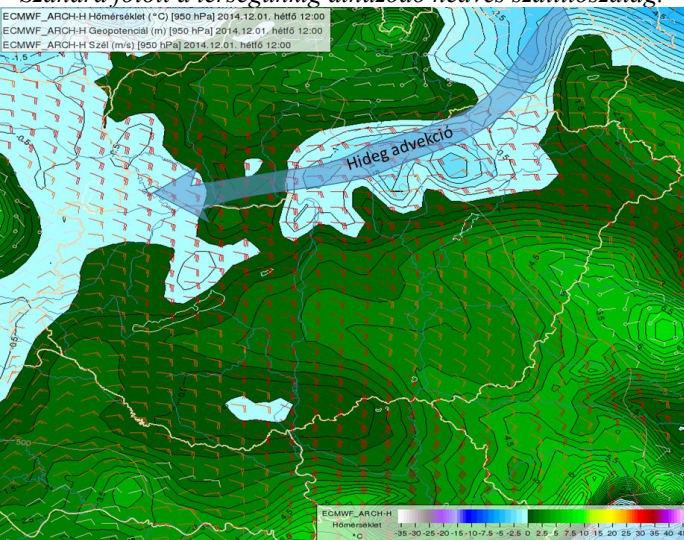
15. ábra: Az ónos eső okozta jéglerakódás, illetve a helyenként 6 tonna plusz terhelés miatt összerokkadt tartóoszlopok Gödöllő térségében. (MAVIR felvételei).



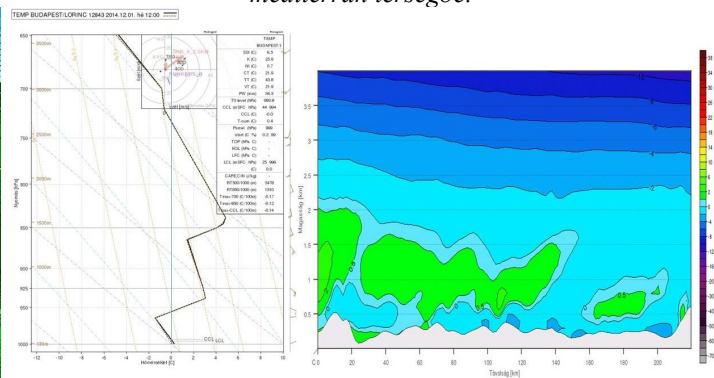
16. ábra: Az egységnyi légrétegben található teljes víztartalmat mutató specifikus nedvesség (színezett terület) és a 700 hPa nyomásszint magassága az ECMWF analízise alapján, 2014. november 30. 00 UTC-kor. Az ábrán látható a trópusoktól a Szahara fölött a térségünkig áthúzódó nedves szállítószalag.



17. ábra: A 700 hPa magasság (folytonos vonalak) az ekvivalens potenciális hőmérséklet (színezett területek), illetve a szélmező 2014. november 30. 12 UTC ECMWF analízis alapján. Az ábrán követhető, ahogy a trópusi légtömegek felnyúlnak a mediterrán térségbe.



18. ábra: A 950 hPa nyomásszint (kb. 600 m) hőmérsékleti és szélviszonyai az ECMWF analízise alapján 2014. december 1. 12 UTC időpontokban. Jól látható az Északi középhegység vonalában történő hidegbeáramlás.



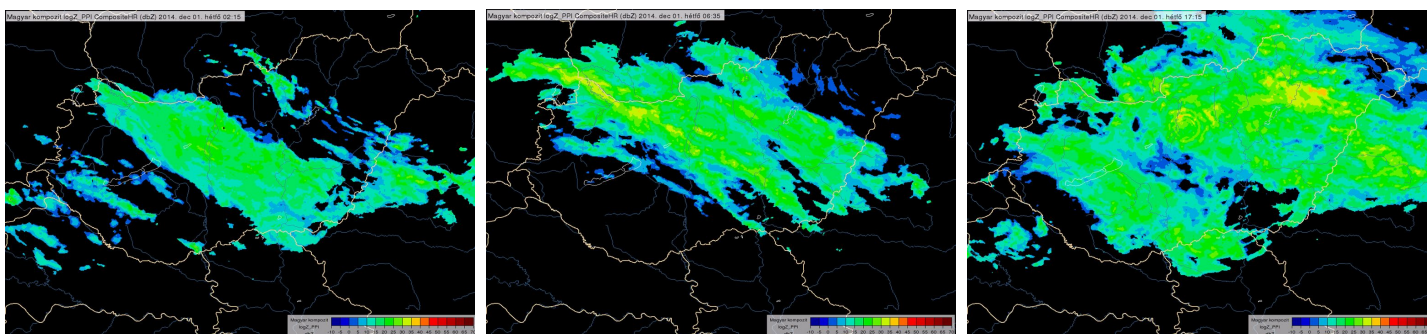
19. ábra: A légkör függőleges állapota. Baloldalon: a budapesti rádiószondás mérés hőmérsékleti profilja 2014.12.01.12 UTC-kor.

Az ábrákon jól követhető a keskeny alsó hideg réteg és a fölötte található meleg levegő. Jobboldalon: A hőmérséklet vertikális metszete a WRF modell számításai alapján a Budai hegyektől a Keleti-Kárpátokig 2014. december 1. 09 UTC-kor. Az ónos esőt okozó markáns olvadási réteg a legtöbb helyen jól látható.

(700 hPa) magasságokban térségünk fölé érve 4 g/kg körül alakult, ami télen szokatlanul magas, így éles határ alakult ki az északi hideg száraz és a déli meleg nedves levegő között.

A felszínközeli hideg levegő a Kárpátoktól északkeletre, egy Ukrajna fölött örvénylő ciklon hátoldalán sodródott térségünk fölé. Részben a fentiekben is említett meleg áramlatnak köszönhetően, a keleti hideg levegő elsősorban a talaj közeli rétegekben tudott fennmaradni és egy keskeny sávban áramlott be a Kárpát-medencébe (18. ábra). Ez a hidegbeáramlás a csapadékhullás kezdete előtt is intenzív volt és december 1-én is egész nap fennmaradt. A hideg légrétegben kb. 200–500 m magasságig fagypontra maradt a levegő hőmérséklete, majd a magassággal növekedve ismét pozitív lett. A felszín közeli határozott hidegáramlást jelzi a 970 hPa (kb. 450 m) magasságban látható 15 ms^{-1} -os keleti szél is (19. ábra).

A rendkívül erős jegesedés egyik fontos előidézője a



20. ábra: Az OMSZ kompozit radarképei a) 2014. 12.01. 02:15 UTC; b) 2014.12.01. 06:35 UTC; c) 2014.12.01. 17:15 UTC időpontokban. A képeken látható a csapadék-rendszerek gomolyos, vonalba rendezett szerkezete.

csapadék intenzitása volt: az ónos eső intenzív záporokban hullott a fagyott felszínre. December 1-én hajnalban már az első jelentősebb hullásban 30 dBz erősségű radarjelek voltak, az azt követő reggeli csapadéksávban, illetve a délutáni és esti hullámokban helyenként a 40 dBz-t megközelítő értékek is megjelentek. Ugyancsak figyelemre méltó a csapadék határozottan vonalba rendezett struktúrája (20a.–c. ábrák).

A stabil időjárási helyzetben a nyári záporokat, zivatarokat előidéző szabad konvekciónak egyáltalán nem voltak meg a feltételei. Olyan éles hidegfront, amely a kényszer konvekciót (levegő torlódásos felemelkedését) okozott volna, szintén nem volt a közelben. Mint azt Allaga et al. (2016) kimutatták, a meteorológiai szakirodalomban „szimmetrikus instabilitás” néven ismert jelenség állhatott a háttérben. A szimmetrikus instabilitás leginkább melegfrontok felsiklási zónájához kötődik, és rendezett, vonalas szerkezetű feláramlásokat képes létrehozni.

A nyugati országrészben, ahol csak vékony volt a fagyott talaj közeli hidegréteg, az intenzív csapadék és az általa a magasból lehozott hőmennyiség miatt a kezdeti ónos esőt hamarosan eső váltotta fel. Az északkeleti területeken viszont a fagyott réteg annyira vastag volt, hogy az esőcseppek visszafagytak, így az ónos eső helyett fagyott eső hullott. A középső országrészben a sík vidékeken a felszín közelében pozitív hőmérséklet miatt eső esett, a kicsit magasabb területek viszont a fagyos zónába estek, ott ónos eső hullott, míg 5–800 m felett ismét folyékony halmazállapotú lehetett a csapadék.

Összefoglalás. A vegyes halmazállapotú csapadék, mindezekelőtt az ónos eső és a tapadó hó rendkívül nagy károkat tud okozni olyan időjárási helyzetekben is, amelyek önmagukban ártalmatlanok lennének, ha a hőmérsékleti rétegződés néhány fokkal a hidegebb, vagy a melegebb irányba tolna el. A kevésbé markáns esetek közös tulajdonsága, hogy a csapadék fázisváltása nem a magasban, a felhőben történik, hanem a felszínen vagy a felszín közelében. Ez a fázisváltás az ónos eső esetén a nyilvánvaló kifagyás, a tapadó hó esetén pedig a kristályos-jeges-folyékony állapotok közötti többirányú átmenet. Az esettanulmányokból az is látszik, hogy időnként mindkét veszélyes jelenség (ónos eső és tapadó hó) együttesen is fel tud lépni, egymást erősítve, illetve igazán extrém ónos esős helyzethez extrém szinoptikus háttér is tartozik. A tapadó hó esetében az is látható volt, hogy az időjárástól független természeti hatás – a levélfelület megjelenése – extrém helyzetté alakíthatja a késsőn jött havazást is.

A tanulmány a GINOP-2.3.2-15-2016-00055 azonosító számú Légszennyezettség előrejelző rendszer kifejlesztése légköri víz-aeroszol kölcsönhatások figyelembevételével” elnevezésű projekt részeként a Széchenyi 2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- Admirat, P., 2008: Wet Snow Accretion on Overhead lines. In: Atmospheric Icing of Power Networks. Springer Netherlands, 119–169.
- Allaga, T., Simon, A. és Kolláth, K., 2016: A szimmetrikus instabilitás megjelenése a 2014. december eleji magyarországi ónos esős helyzetben. *Léggör* 61, 89–132.
- Geresdi, I., 2004: Felhőfizika. Könyv. Dialóg Campus kiadó.
- Geresdi, I. and Horváth, Á., 2000: Nowcasting of precipitation type. Part I: Winter. Precipitation. *Időjárás* 104, 241–252.
- Gulyás, K., Somfalvi-Tóth, K. és Kolláth, K., 2012: A tapadó hó statisztikus-klimatológiai viszonyai hazánkban. *Léggör* 57, 49–54.
- Horváth, Á., Nagy, A., Simon, A. and Németh, P., 2015: MEANDER: The objective nowcasting system of the Hungarian Meteorological Service. *Időjárás* 119, 197–213.
- Nygaard, K., Egil, B., Agustsson, H. and Somfalvi-Tóth, K., 2013: Modeling Wet Snow Accretion on Power Lines: Improvements to Previous Methods Using 50 Years of Observations. *J. Appl. Meteorol. Climatol.*, 52, 2189–2203.
- Somfalvi-Tóth, K., Simon, A., Kolláth, K. and Dezső, Zs., 2015: Forecasting of wet- and blowing snow in Hungary. *Időjárás* 119, 277–306.
- Thompson, G., Rasmussen, R. M. and Manning, K., 2004: Explicit forecasts of winter precipitation using an improved bulk microphysics scheme. Part I: Description and sensitivity analysis. *Mon. Wea. Rev.*, 132, 519–542.

METEOROLÓGIA A FIZIKA OKTATÁSÁBAN MAGYARORSZÁGON ÉS SZLOVÁKIÁBAN

METEOROLOGY IN PHYSICS EDUCATION IN HUNGARY AND SLOVAKIA

Molnár Beáta¹, Tasnádi Péter², Weidinger Tamás²

¹Tompa Mihály Református Gimnázium, Rimaszombat, SK-979 01 Rimavská Sobota, Daxnerova 42

²ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A
 pelle.beata@reformata.sk, ttasipeter@gmail.com, weidi@caesar.elte.hu

Összefoglaló. Magyarországon és Szlovákiában a fizika oktatásán belül a meteorológiai ismereteket más korosztály számára és más mértékben tanítják. A cikk elemzi a magyarországi és szlovákiai alap- és kerettantervekben megfogalmazott, a témakörhöz kapcsolódó célokat. Továbbá elemzi és összehasonlítja a tankönyvekben megjelenő meteorológiai tartalmakat és a hozzájuk kapcsolódó feladatok kognitív szintjét.

Abstract. In Hungary and Slovakia meteorological studies during physics lessons are taught to a different age range, and to a different extent. The article compares the goals associated with the subject outlined in Hungarian and Slovak curriculums. It also analyses and compares the meteorological knowledge found in textbooks and the cognitive level of attached exercises.

Bevezetés. A meteorológia a közoktatásban hagyományosan két tantárgyhoz, a fizikához és a földrajzhoz kapcsolódóan jelenik meg. A földrajzon belüli oktatásával Magyarországon az elmúlt időszakban többek között Buránszkiné Sallai Márta foglalkozott. PhD értekezésében elemezte a természetismeret és a földrajz tankönyvek időjárásra vonatkozó ismereteit. Tananyagot készített az 5. évfolyam számára természetismeretből és a 9. évfolyam számára földrajzból (*Buránszkiné Sallai, 2018*). Az ő munkája alapján került átdolgozásra az OFI 9. évfolyamos Földrajz tankönyvének Légkör című fejezete (*Csajági és Fülöp, 2017*).

Írásunkban a meteorológia fizika tantárgyon belüli helyét vizsgáljuk Magyarországon és Szlovákiában az állami rendeletek és tankönyvi tartalmak tükrében. Magyarországon a Nemzeti alaptanterv (a www.ofi.hu oldalon) és a kerettantervek (www.kerettanterv.ofi.hu) határozzák meg a közoktatás céljait, a műveltségi tartalmakat és a fejlesztési feladatokat. Szlovákiában az Állami művelődési program szabályozza a közművelődés tartalmát és a fejlesztési feladatokat. Az időjárással kapcsolatos ismeretekkel a fizika órákon a 7., 9. és 10. évfolyamban találkozhatnak a diákok Magyarországon, míg Szlovákiában a 7. évfolyamban foglalkoznak meteorológiával. A cikkben összehasonlítjuk a két országnak a meteorológia tanítására vonatkozó fejlesztési céljait, majd az egyes témakörök tartalmi felépítését vizsgáljuk. Magyarországi példaként a 9. és 10. évfolyam A és B kerettanterve szerint készült fizika tankönyvek tartalmát és kognitív szintjét elemezzük (*Ádám et al., 2014; Csajági és Fülöp, 2017; Dégen et al., 2017*).

Szlovákiai példaként a 7. évfolyam fizika tankönyvét (*Lapítková et al., 2011*) mutatjuk be. Célunk egymás gyakorlatának jobb megismerése és megismertetése.

A meteorológia oktatása Magyarországon a fizika tantárgy keretében. Magyarországon a köznevelés fel-

adatait a Nemzeti alaptanterv (NAT) határozza meg. Jelenleg a 2012-ben elfogadott NAT van hatályban, ami a köznevelési feladatokat fejlesztési és műveltségi területek szerint tárgyalja. A meteorológia a *Fenntarthatóság, környezettudatosság* fejlesztési területéhez sorolható, amely nevelési célként fogalmazza meg, hogy „a természet és a környezet ismeretén és szeretetén alapuló környezetkímélő, értékvédő, a fenntarthatóság mellett elkötelezett magatartás váljék meghatározóvá a tanulók számára” (Nemzeti alaptanterv a www.ofi.hu oldalon).

Műveltségi területek szerint a meteorológia az *Ember és természet*, valamint a *Földünk és környezetünk* műveltségi területéhez kapcsolható. Megjegyezzük, hogy a fizika az előbbihez, a földrajz pedig az utóbbihoz tartozik.

Bár cikkünk a meteorológiai ismeretek fizika tantárgyon belüli tárgyalásáról szól, mégis kiemeljük, hogy a magyar tantervek nagy súlyt fektetnek a keresztterületi kapcsolatokra, így a természetföldrajzi ismeretek mind a fizikában, mind a földrajzban egymást erősítően tárgyalhatók. Ez azt jelenti, hogy a tankönyvek mellett többek között a Sulinet tudásbázis anyagai is jól használhatók. (*1. ábra*)

A NAT a műveltségi területeken belül a közművelődési tartalmat nem a hagyományos struktúrában tárgyalja, hanem fejlesztési területek szerint bontja fel. Ennek a felosztásnak egyik furcsasága például, hogy az *Állandóság és változás* fejlesztési területen belül egymás mellé kerül a sebességváltozás és erő viszonyának megismerése és a sav-bázis reakciók. Ilyen módon az *Ember és természet* műveltségi területen belül több fejlesztési területhez kapcsolhatók a meteorológiai, illetve légkörfizikai tartalmak. Ilyen fejlesztési területek:

- Tudomány, technika, kultúra;

- Anyag, energia, információ;
- Rendszerek;
- A felépítés és működés kapcsolata;
- Környezet és fenntarthatóság.

sége, elve, gyakorlati példái, az üvegházhatást befolyásoló tényezők.

Az időjárást befolyásoló fizikai folyamatok. Az időjárás elemei, csapadékfajták, a csapadék kialakulásának fizikai leírása. A hidro- és aerosztatikai, hidro- és aerodinamikai elvek, jelenségek.

Műveltségterületek hagyományos tantárgyszerkezetben

Fizika 7–8. évfolyam

Hőtan

Hőtani jelenségek. Atomi méretek, a légnyomás mérése. A hőmérséklet mérése. A gázok tulajdonságai. Az anyagok hőtani jellemzői (olvadáspont, forráspont). Halmazállapotok jellemzése. Egyensúlyi állapotra törekvés. Termikus egyensúly. A légkör fizikai tulajdonságainak jellemzése. A légnyomás mérése. Csapadékfajták. Viharok.

Földfelszín és éghajlat. Az általános légkörzés és a tengeráramlások fizikai jellemzői, a mozgató fizikai hatások. A globális klímaváltozás jelensége, lehetséges fizikai okai.

Fizika 9–12. évfolyam

Mechanika

Kontinuumok fizikája. Hidrosztatika, az áramlástan elemei. A légkörzések és tengeráramlások jellemzői, a mozgató fizikai hatások. Mechanikai hullámok a természetben, árpadály jelenség, dagály hullám. A kőzetlemezek mozgása, a mozgás következtében felhalmozódó feszültségek, földrengések. Az időjárás elemeinek, s az őket jellemző adatok összefüggéseinek elemzése.

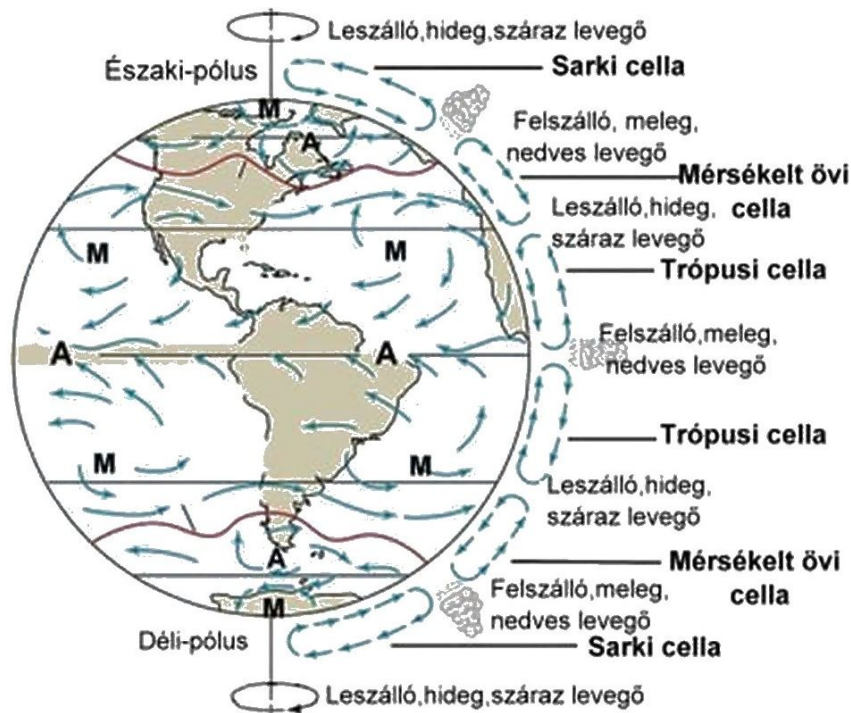
Hőtan

Földfelszín és éghajlat. Az általános légkörzés és a tengeráramlások fizikai jellemzői, a mozgató fizikai hatások. A globális klímaváltozás jelensége, lehetséges fizikai okai.

A légkör fizikai jellemzői. Nyomás, hőmérséklet, páratartalom. Légköri optikai jelenségek (a szivárvány keletkezése, a lemenő nap színe) Az üvegházhatás jelensége, elve, gyakorlati példái, az üvegházhatást befolyásoló tényezők.

Az időjárást befolyásoló fizikai folyamatok. Az időjárás elemei, csapadékfajták, a csapadék kialakulásának fizikai leírása.

A fizikatánításához két kerettanterv készült. Az A változat a NAT fejlesztési területei szerinti felépítésben, a B változat hagyományos tantárgyi felépítésben tárgyalja a közművelődési tartalmakhoz kapcsolódó problémákat, jelenségeket, gyakorlati alkalmazásokat és ismereteket, valamint a fejlesztési követelményeket. A



1. ábra: A nagy földi légkörzés (Sulinet tudásbázis)

(<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/foldrajz/termeszetfoldrajz/a-nagy-foldi-legkorzes/a-nagy-foldi-legkorzes-jellemzoi>)

A nevelés és oktatás célja, hogy a diákok felismerjék és megértsék a fizikai törvényszerűségeket és az időjárás kapcsolatát, továbbá képesek legyenek ezeket a kapcsolatokat szélesebb összefüggésben is értelmezni.

A NAT a fizika tantárgy esetében a közműveltségi tartalmakat fejlesztési területek szerint és hagyományos tantárgyszerkezetben is meghatározza. A NAT a következő, időjárással kapcsolatos közműveltségi tartalmakat határozza meg a 7–8. évfolyam és a 9–12. évfolyam számára.

Műveltségi tartalmak fejlesztési területek szerint

Fizika 7–8. évfolyam

Környezet és fenntarthatóság

Az időjárást befolyásoló fizikai folyamatok. Időjárási jelenségek fizikai háttere.

A légkör fizikai tulajdonságainak jellemzése. A légnyomás és mérése.

Csapadékfajták kialakulásának fizikai háttere.

Természeti katasztrófák. Viharok, árvizek, földrengések, cunamik kiváltó okai.

Fizika 9–12. évfolyam

Környezet és fenntarthatóság

A légkör fizikai jellemzői. Nyomás, hőmérséklet, páratartalom. A levegő, mint ideális gáz jellemzése. Légköri optikai jelenségek (pl.: a szivárvány keletkezése, délibáb, a lemenő nap színe). Az üvegházhatás jelen-

7–8. évfolyam mindkét kerettanterve igazodik a NAT közművelődési tartalmához: a hőmérséklet mérésével, halmazállapot-változásokkal, csapadékképződéssel és a légnyomással kapcsolatos fejlesztési követelményeket tartalmazza.

Az A változat a *Hőmérséklet, halmazállapot-változás* tematikai egységen belül foglalkozik a csapadékképződéssel, a *Kölcsönhatások* tematikai egységen belül a légnyomással és a *Környezetünk és a fizika* tematikai egységen belül a légkör fizikai tulajdonságaival. A B változat ezeket az ismereteket a *Hőtan* és a *Nyomás* tematikai egységek részeként tárgyalja. A légkör fizikai tulajdonságait nem említi külön.

A 9–12. évfolyam A és B kerettanterve szintén azonos mértékben tartalmazza a közművelődési tartalmak kifejtését. A különbség a kerettanterv két változata között abban van, hogy az A változat nagyjából egy tematikai egységen belül (*Hidro- és aerodinamikai jelenségek*) tárgyalja a meteorológiát, míg a B változat több tematikai egységben (*Folyadékok és gázok mechanikája; Hőmérséklet, halmazállapot-változás*) foglalkozik vele. Kiemeljük, hogy a *hőtani alapjelenségeknél*, a B változatban a földrajzzal való kapcsolódási pontként jelennek meg a szél-, nyomás- és hőmérsékleti térképek, illetve az áramlások.

Az A változat, különösen a 9–12. évfolyam esetében a meteorológián belül vezeti be a hőtani törvényszerűségeket, míg a B változat a fizikai törvények megjelenési formájaként mutatja be a légköri jelenségeket. Az A változatnak az a sajátossága, hogy a jelenségek bemutatásába ágyazza be a fizikai törvények tanítását, ami megjelenik minden témakörben. Például Newton törvényeit *A közlekedés dinamikai problémái* témakörön belül tárgyalja. A kerettanterv A változata a tantervkészítők reményei szerint érdekesebb és motiválóbb tananyagfeldolgozást tesz lehetővé, míg e változat kritikusan szerint jócskán megnehezíti a fizika tananyag rendszerezett és szakirányú továbbtanulást segítő feldolgozását. (*Nyilvánvaló azonban, hogy a tanítás sikeressége elsősorban a tanáron és a helyi tanterven múlik.*)

Míg a kerettantervek szintjén tartalmilag nincs lényeges különbség a két változat között, a tankönyvek közötti eltérés markánsabb. Az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet (OFI) két gimnáziumi tankönyvét hasonlítottuk össze. Először megvizsgáltuk, hogy milyen meteorológiával kapcsolatos ismeretek jelennek meg bennük, aztán azt néztük meg, hogy milyen kognitív műveleti szintet érnek el a tananyaghoz tartozó feladatok. Az utóbbinál a Benjamin Bloom által kidolgozott taxonómia továbbfejlesztett változatát (*Anderson és Krathwohl, 2001*) – a táblázatokban BT jelöléssel – vettük alapul, amely hat kognitív műveleti szintet határoz meg. Ezek a szintek az ismeret, megértés, alkalmazás, elemzés-analízis (vagy egyszerűen analízis), egybefoglalás-szintézis (vagy egyszerűen szintézis) és az értékelés.

1. táblázat: Az A kerettanterv szerinti Fizika 10 tankönyv meteorológiához kapcsolódó tartalmi elemei, és a tananyaghoz tartozó feladatok kognitív szintje

Lecke	Téma	Altéma	Oldal-szám
3.	Halmazállapotok és halmazállapot-változások	Relatív páratartalom <i>BT: megértés, analízis és szintézis</i>	22
4.	Csapadékfajták	Harmatpont Felhők Felhőtípusok Hogyan keletkezik az eső? Savas eső Zápor és zivatar Ködszítálás Ónos eső Jégeső Hull a hó Mikor jön létre harmat? Mi a zúzmara? <i>BT: analízis, szintézis és értékelés</i>	27–32
5.	Légnyomás, légellenállás, repülés	Légnyomás <i>BT: alkalmazás</i> Az áramló levegő nyomása <i>BT: ismeret és szintézis</i>	34–36 37
6.	Szél, viharok, légáramlások	Légköri és óceáni áramlások Coriolis-erő Passzátszelek A poláris és a mérsékelt övi cella hatása Modell és valóság összevetése Mérsékelt övi ciklonok Anticiklonok Futóáramlások <i>BT: megértés, alkalmazás, analízis, szintézis és értékelés</i>	41–48
7.	Tengeri áramlatok	Óceáni áramlások Golf-áramlat A Golf-áramlat hajtóereje A Golf-áramlat hatása az éghajlatra El Niño és La Niña A termoklin zóna <i>BT: megértés, alkalmazás, analízis, szintézis</i>	49–55
15.	Milyen a villámok világa?	A villámok keletkezése, magyarázata A villámlás távolságának kiszámítása Érdekességek a villámokról A SAFIR villámdetektáló hálózat <i>BT: megértés, alkalmazás, analízis és szintézis</i>	101, 104, 105

BT – kognitív műveleti szintet (A hat műveleti szint: ismeret, megértés, alkalmazás, analízis, szintézis és az értékelés.)

Az A kerettantervnek megfelelő Fizika 10 tankönyv meteorológiával kapcsolatos részei az 1. táblázatban található (Adám et al., 2014). (Lásd a Sulinet adatbázisból letöltött 1. ábrát is). Az A kerettantervi változat szerint készült tankönyv tartalmilag bővebben foglalkozik a meteorológiával, mint a B szerinti. Az ismeretanyagot egyetlen önálló fejezetben tárgyalja. A diákok egységes képet kaphatnak az időjárással kapcsolatos tudásanyag-ról. A témák megtanulását egyszerű kérdések segítik, amelyek alapján a diákok maguk is ellenőrizhetik tudásukat. Ezek a kérdések az ismeret, a megértés és az alkalmazás szintjére vonatkozó feladatok. Minden témához tartoznak összetettebb, nehezebb feladatok is, amelyek a Bloom-féle taxonómia továbbfejlesztett változata szerint már magasabb kognitív készségeket feltételeznek. Az összetettebb feladatok között minden témához kerültek az *analízis* és a *szintézis* szintjén lévők, amelyek egyes témák esetében eléri az *értékelés* szintjét is. Ezzel lehetőség adódik arra, hogy a diákok különböző mélységig foglalkozzanak az adott témával. A tankönyvnek a fizikatanítás szempontjából – a kerettantervhez hasonlóan – negatív vonása, hogy a fizikai törvények nem a fizika fő sodrához tartozó szakterületekbe, hanem határterületekbe ágyazva, mint például a meteorológia, jelennek meg. (Számunkra a hagyományos út a járhatóbb, vagyis a mindenki számára ismert általános jelenségek vizsgálatából érdemes felépíteni (dedukálni) az alaptörvényeket, majd ezekből következtetni a speciális jelenségekre, mint a légkör dinamikai folyamatait.)

A kerettanterv B változata szerinti Fizika 9 (Csajági és Fülöp, 2017) és Fizika 10 (Dégen et al., 2017) tankönyvek tartalmi elemeit a 2. és a 3. táblázat szemlélteti. A fizika kerettanterv B változata szerint készült tankönyv kisebb tartalmi terjedelemben és mélységben foglalkozik a meteorológiával. Itt a meteorológia a fizika alkalmazási területeként jelenik meg így ezek az ismeretek különböző tematikai egységekhez kapcsolódnak. Jellemzően egy-egy fizikai törvényszerűségnek a természetben történő előfordulását mutatják be.

A Bloom-féle taxonómián (BT) a megértés szintjére sorolhatók be. Egy eset képez ez alól kivételt, a hőmérséklet és hőmennyiség témájához kapcsolódó feladatok, ahol grafikonok és táblázatok adatait kell elemezni, illetve az ismereteket alkalmazni a feladatmegoldásoknál (BT: alkalmazás és analízis).

A meteorológia oktatása Szlovákiában a fizika tantárgy keretében. Szlovákiában, mint már említettük, a köznevelési feladatokat az Állami művelődési program határozza meg. Az első program 2008-ban lépett érvénybe. Megújított formáját pedig 2015. szeptember 1-től vezették be felmenő rendszerben, tehát 2019 szeptemberétől már eszerint tanul valamennyi diák. Az Állami művelődési programnak egyszerűbb a felépítése, mint a Nemzeti alaptantervnek. Meghatároz általános fejlesztési célokat, de ezeket beépíti a műveltségi területekbe. Az egyes műveltségi területeken belül tantárgyanként, hagyományos tantárgystruktúrában határozza meg a fejlesztési feladatokat. A fizika tantárgyra vonatkozó program az *Ember és természet* műveltségi területhez tartozik.

2. táblázat: A B kerettanterv szerinti Fizika 9 tankönyv meteorológiához kapcsolódó tartalmi és a tananyaghoz tartozó feladatok kognitív szintje

Lecke	Téma	Altéma	Oldalszám
35.	A légnyomás	Alapfogalmak, jelenségek magyarázata, feladatok BT: megértés és alkalmazás	186–187
38.	Folyadékok és gázok áramlása	Légköri és óceáni áramlások, a jelenség rövid magyarázata BT: megértés	199

3. táblázat: A B kerettanterv szerinti Fizika 10 tankönyv meteorológiához kapcsolódó tartalmi és a tananyaghoz tartozó feladatok kognitív szintje

Lecke	Téma	Altéma	Oldalszám
5.	Az elektromos mező munkája, a feszültség	A légköri elektromosság. Villámok, a jelenség magyarázata BT: megértés	35
10.	A hőmérséklet és a hőmennyiség	Feladatok: Grafikonok elemzése BT: alkalmazás és analízis	117–118
29.	Olvasás, fagyás	Túlhűtött folyadék, ónos eső képződése, a jelenség magyarázata BT: megértés	180
31.	Halmazállapot-változások a természetben	A levegő páratartalma Csapadékképződés (4 csapadékfajta magyarázata: eső, jégeső, hó, havas eső) Üvegátházhatás, felmelegedés, a jelenség magyarázata BT: megértés	191–193
32.	A hő terjedése (kiegészítő)	Tengeri áramlatok, Hőtérkép: Golf-áramlat, a jelenség magyarázata BT: megértés	196

zik. Kidolgozását tekintve a magyarországi kerettantervnek felel meg.

Meteorológia csupán a 7. évfolyamban a *Halmazállapot-változások* tematikai egységbe van beépítve. A gimnáziumban a fizika tananyagban belül az Állami művelődési programban nem szerepelnek meteorológiához kapcsolódó tartalmak. A tengeri áramlatokat és a légköri jelenségeket a földrajz órákon tanítják a *Geoszféra* tematikai egységen belül. A légkörhöz kapcsolódóan a légkör

4. táblázat: Az Állami művelődési program fizika tantárgyon belüli, meteorológiához kapcsolódó tartalmi Szlovákiában (Fizika 7. évfolyam)

Tematikai egység: Fejlesztési célok	Halmazállapot-változások Tartalmi követelmények
A tanuló a 7. évfolyam végén képes – a megfigyelt halmazállapot-változások jellemzésére, – a hőmérséklet-változás időbeli lefolyását táblázatba rendezni, grafikont készíteni róla, – képes a grafikonok elemzésére, – modellezni az eső keletkezését, – meteorológiai megfigyeléseket és méréseket elvégezni és kiértékelni.	Hőmérséklet mérése Halmazállapot-változások Higrométer Meteorológiai megfigyelések

felépítését, az éghajlati tényezőket, a levegő hőmérsékletével, páratartalmával, nyomásával kapcsolatos ismereteket, a légköri képződményeket, állandó és helyi szeleket, az égővek jellemzőit és a meteorológiai előrejelzéssel kapcsolatos ismereteket is itt tanítják.

Az Állami művelődési program fizika tantárgyon belüli, meteorológiához kapcsolódó tartalmait a 4. táblázatban gyűjtöttük össze (Állami művelődési program a www.statpedu.sk szlovák oldalon).

Szlovákiában minden tantárgyhoz csupán egy tankönyvet használhatnak az iskolák. A magyar tanítási nyelvű iskolákban ezeknek a tankönyveknek a fordításából tanítanak. Felhasználhatók viszont egyéb munkalapok, oktatási segédanyagok is, amelyek tartalmilag illeszkednek a szlovák Állami művelődési programhoz. Megvizsgáltuk, hogy a meteorológiával kapcsolatos tartalmak hogyan jelennek meg az egyetlen államilag elfogadott Fizika az alapiskolák 7. osztálya és a nyolcosztályos gimnáziumok 2. osztálya számára című tankönyvben (Lapitková et al., 2011). A magyarországi tankönyvekhez hasonlóan elemeztük az elvárt kognitív műveletek szintjét is a Bloom-féle továbbfejlesztett taxonómia (BT) szerint. Eredményeinket az 5. táblázatban közöljük.

Szlovákiában a 7. évfolyam fizikaoktatása kísérletezésen, megfigyeléseken alapul. Ennek célja, hogy a tanulók a saját koruknak megfelelő szinten megismerjék a természettudományos vizsgálati módszereket, megtanuljanak egyszerű méréseket végezni, megtanulják a megfigyeléseiket leírni és kiértékelni. Ebbe a koncepcióba illeszkedik az időjárás megfigyelése, mint hosszú távú feladat, amit csoportban oldanak meg. Mindehhez maguk készítenek eszközöket. Tanári tapasztalatok szerint a diákok szeretik ezeket a feladatokat, de a megfigyelések nem mindig eredményesek. Ennek különböző okai lehetnek. Pontatlanok a saját maguk által készített mérőeszközök. Decemberben, amikor ez a témakör sorra kerül, már fa-

gyott a föld és nem tudják a kis meteorológiai házikó állványát beverni a földbe, vagy egyszerűen elfelejtnek kimenni az udvarra a megegyezés szerinti időben és leolvasni az adatokat (2. ábra).

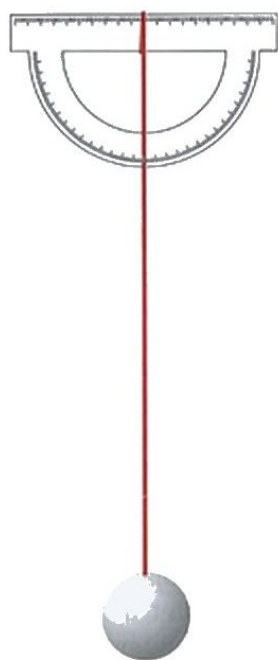
Az ilyen tanítási módszer pozitívuma, hogy élményszerű tanuláson keresztül ismerkednek meg a tanulók a meteorológiával. Ez azonban csak akkor hatékony, ha a tapasztalatok magyarázatára is sor kerül, leszűrjük a fizikai törvényszerűségek és az időjárás kapcsolatát. Sajnos a szlovákiai tanterv szerint a fizika órákon erre már nincs lehetőség. Kevés olyan diák van, aki a légköri jelenségek földrajz órai leírása mögött meglátja a fizikai okokat. Néhány olyan szlovákiai magyar általános iskolában vagy nyolcosztályos gimnáziumban, ahol a helyi tantervben megemelték a fizika órák számát, segédanyagként használják Varga Frigyesnek a Meteorológiai alapismeretek című könyvét (Varga, 1999), amely egységében mutatja be a felső tagozatos korosztálynak a légköri jelenségeket.

Összegzés. A tantervek és tankönyvek áttekintése alapján elmondható, hogy a meteorológiai ismeretek fizika-tanításban való felhasználását, az ismeretek motiváló erejét és a fizika tantárgy életszerűbbé tételére gyakorolt hatását mindkét országban felismerték. Az ismeretek tantervi beépítése azonban nagyon eltérő.

Magyarországon a fizika kerettanterv mindkét változata tartalmaz meteorológiával kapcsolatos fejlesztési feladatokat mind a 7–8. évfolyam, mind a 9–12. évfolyam részére. A két tankönyv között azonban lényeges különbség van. Az A kerettanterv alapján készült tankönyv a légköri elektromosság kivételével összefüggő egységben

5. táblázat: A szlovákiai Fizika 7 tankönyv meteorológiához kapcsolódó tartalmi és a tananyaghoz tartozó feladatok kognitív szintje (A leckék számozása a tankönyvi számozást követi.)

Lecke	Téma	Altéma	Oldal-szám
2.1.	Párolgás	Higrométer Feladat: információgyűjtés BT: megértés	19
	Projekt-feladat	Nedvességmérő és légnyomásmérő műszer szerkesztése. BT: szintézis	26–27
3.1.	Leccsapódás	Köd és harmat keletkezése BT: megértés	34
3.2.	Az eső modellezése	Az eső és a savas eső keletkezésének megértése BT: megértés	36–37
	Az időjárás megfigyelése – hosszú távú feladat	Meteorológiai házikó, csapadékmérő, „szélkakas”, szélerősségmérő, porgyűjtő és a már megszerkesztett nedvességmérő és légnyomásmérő valamint hőmérő megszerkesztése és használata BT: alkalmazás	51–55



a kitérés nagysága [°]	a szél sebessége [m/s]	a kitérés nagysága [°]	a szél sebessége [m/s]
90	0	57	7
89	1,2	54	7,5
88	1,6	50	8
87	2	47	8,5
85	2,5	43	9
83	3	40	9,5
81	3,5	37	10
78	4	35	10,5
75	4,5	32	11
72	5	30	11,5
69	5,5	28	12
65	6	26	12,5
61	6,5	24	13

A szél sebességének megállapítása szögmérő és a táblázat segítségével

2. ábra: Mérőeszköz a Fizika az alapiskolák 7. osztálya és a nyolcosztályos gimnáziumok 2. osztálya számára c. tankönyvből (Lapitková et al., 2011)

tárgyalja a meteorológiával kapcsolatos tartalmakat. A tanulók így az időjárással kapcsolatos ismeretekről egységes képet kaphatnak. A jelenségek magyarázatához a kognitív műveletek minden szintjére vonatkozó feladatok előfordulnak. A fizika törvényeit a meteorológiába beágyazva tanítja, mintegy alárendelve a fizikát a meteorológiának.

A B kerettantervhez kapcsolódó tankönyvben a hagyományos tantárgyi struktúrában tárgyalt fizikai törvényszerűségekhez kapcsolódóan vannak jelen az időjárással kapcsolatos jelenségek. Ezek az ismeretek különböző tematikai egységekbe vannak besorolva és túlnyomórészt csupán a jelenségek magyarázatát tartalmazzák.

Szlovákiában a fizikán belül csak a 7. évfolyamban a halmazállapot-változások tematikai egység kiegészítéseként foglalkoznak meteorológiával. A tananyaghoz kapcsolódóan kell a csoportban saját mérőeszközöket készíteni és hosszú távú feladatként meteorológiai méréseket végezni. A felsőbb osztályokban a fizikán belül már nem tanítanak meteorológiát. A légköri jelenségekkel kapcsolatos ismereteket a gimnáziumban a földrajz órákon a *Geoszférák* tematikai egységen belül tanítják.

A szlovákiai középiskolai fizikaoktatásban a meteorológia csak úgy jelenhet meg, ha a hőtán témakörön belül a motivációs fázisban és a fizikai törvényszerűségek alkalmazása során tanítjuk a meteorológiai ismereteket. Ebben a magyarországi A kerettanterv szerint készült

Fizika 10 tankönyvek kitűnő segítséget nyújtanak egy magyarul tudó tanár számára. Hasonlóan az elektromosság témakörhöz kapcsolható a légköri elektromosság és az optikához a légköri optika. Magyarországon azokban a középiskolákban alkalmazható a meteorológia tanításának e megközelítése, ahol a fizika oktatása a B kerettanterv szerint folyik.

Köszönetnyilvánítás.

Köszönjük *Buránszkiné Sallai Mártának*, hogy rendelkezésünkre bocsátotta a PhD munkáját és hasznos tanácsaival hozzájárult a cikk elkészüléséhez. A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja támogatta.

Irodalom

Anderson, L.W., Krathwohl, D., R., 2001: A taxonomy for learning, teaching, and assessing. A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Abridged Edition. New York: Longman.
Ádám P., Egri, S., Elblinger, F., Hornyák, Gy., Horányi, G., Simon, P., 2014: Fizika 10, Oktatókutatás és Fejlesztő Intézet.

Buránszkiné Sallai M., 2018: Korszerű ismeretek és kapcsolódó magatartásminták a környezeti nevelésben. Eszterházy Károly Egyetem Neveléstudományi Doktori Iskola, PhD értekezés, Eger.

Csajági, S., Fülöp, F., 2017: Fizika 9., Eszterházy Károly Egyetem, Eger.

Dégen Cs., Póda L., Urbán J., 2017: Fizika 10., Eszterházy Károly Egyetem, Eger.

Lapitková, V., Koubek, V., Maťašovská, M., Morková, L., 2011: Fizika az alapiskolák 7. osztálya és a nyolcosztályos gimnáziumok 2. osztálya számára, Pedagogické vydavateľstvo Didaktis, Bratislava.

Varga, F., 1999: Meteorológiai alapismeretek. Kiegészítő fizikatanönyv az alapiskolák 7. és a nyolcéves gimnázium 3. osztálya számára. Lilium Aurum, Dunaszerdahely.

Internetes hivatkozások

A nagy földi légkörzés (Sulinet tudásbázis:

<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/foldrajz/termeszetfoldrajz/a-nagy-foldi-legkorzes/a-nagy-foldi-legkorzes-jellemzoi>

Nemzeti alaptanterv: http://ofi.hu/sites/default/files/attachments/mk_nat_20121.pdf

Nemzeti kerettanterv (általános iskola): http://kerettanterv.ofi.hu/02_melleklet_5-8/index_alt_isk_felso.html

Nemzeti kerettanterv (középiskola): http://kerettanterv.ofi.hu/03_melleklet_9-12/index_4_gimn.html

Szlovák Állami művelődési program: http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/fyzika_nsv_2014-12-03.pdf

A WMO 18. KONGRESSZUSA – MILYEN VÁLTOZÁSOKAT TAPASZTALHATUNK A NEMZETKÖZI METEOROLÓGIA VILÁGÁBAN?

18TH CONGRESS OF WMO – WHAT CHANGES CAN WE NOTICE IN THE INTERNATIONAL METEOROLOGY WORLD?

Lábó Eszter

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1. labo.e@met.hu

Összefoglalás. A Meteorológiai Világszervezet (World Meteorological Organization, WMO) 2019. június 3–14 között tartotta meg soron következő 18. Kongresszusát, mely négyévente ülésezik. A Kongresszuson idén a 193 tagországból 161 képviseltette magát. A genfi székhelyű Világszervezet a nemzetközi meteorológiai, hidrológiai és éghajlati együttműködés kiemelkedő jelentőségű világméretű fóruma, az ENSZ egyik legnagyobb és legrégebben szakosított intézménye, melyet az 1873-ban alapított Nemzetközi Meteorológiai Szervezet (IMO) jogutódaként hoztak létre 1950-ben. Magyarország mindkettőnek alapító tagja volt. A Kongresszus legfelsőbb döntéshozó szervként meghatározza a Világszervezet stratégiai célkitűzéseit, költségvetését, működésének kereteit, jóváhagyja szakmai programjait, és megválasztja a tisztségviselőket.

Abstract. World Meteorological Organization (WMO) held its 18th Congress (Cg-18) 3–14th June 2019 convened in every four year. 161 members were represented in the Congress from the 193 members of WMO. The Geneva-based organisation is outstanding world-wide forum of international meteorological, hydrological and climate cooperation; one of the greatest and oldest specialized agencies of the United Nations was established in 1950 as a successor of International Meteorological Organisation (IMO) had been founded in 1873. Hungary was founding member of IMO and WMO as well. The Congress is supreme decision-making body of the Organization which defines strategic objectives, budget, and operation framework, approves the professional programs and elects the officials.

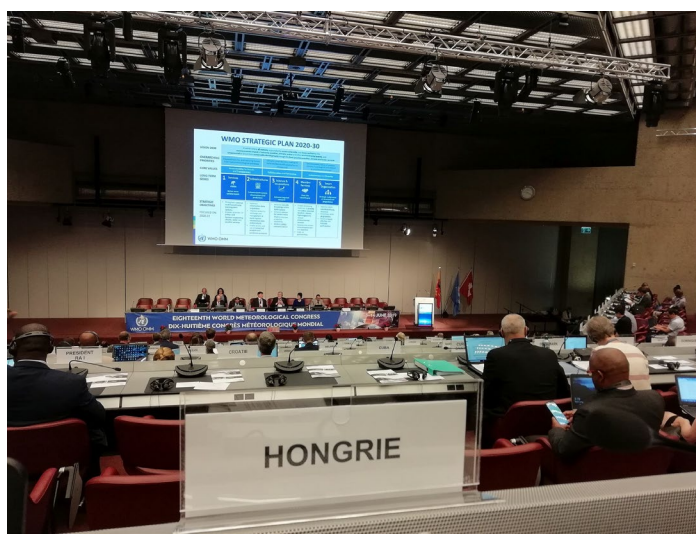
Bevezetés. Magyarországot a WMO megalakulása óta hagyományosan kormánydelegáció képviseli, melyet a WMO hazai Állandó Képviselője vezet. Egy adott tagország Állandó Képviselője a WMO Alapokmány értelmében a nemzeti meteorológiai szolgálat vezetője, azaz Magyarország esetében az OMSZ elnöke. Idén tehát dr. Radics Kornélia vezette a delegációt, helyettese pedig a genfi Magyar Állandó ENSZ Képviselőtről dr. Horváth Zsuzsanna, rendkívüli és meghatalmazott nagykövet, állandó ENSZ képviselő, valamint jómagam, dr. Lábó Eszter, az Országos Meteorológiai Szolgálat Nemzetközi és Tudományos Osztályának vezetője volt (1. ábra). Emellett az Országos Vízügyi Főigazgatóság Vízirajzi és Vízyűjtő-gazdálkodási Főosztálya, a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat Nemzeti Alkalmazkodási Központ

Főosztálya, illetve a Genfi Magyar Állandó ENSZ Képviselő kollégái vettek részt a kongresszusi ülésen (2. ábra). A delegációt Szijjártó Péter külügyi- és külgazdasági miniszter 2019. május 13-án kelt megbízási okiratban jelölte ki.

De milyen témák is merülnek fel egy ilyen Kongresszus során, és főként, hogyan érinti ez a hazai meteorológiát? A Kongresszus határozatait, döntéseit, nyilatkozatait iránymutatást adnak, és alapvetően meghatározzák a tagországok nemzeti meteorológiai szolgálatainak feladatait, tágabb értelemben pedig a tagállambeli teljes meteorológiai tevékenységet is. Így a cikkben megpróbálom felsorolni azokat a területeket, amelyek idén napirendi pontjai voltak a tanácskozásnak.



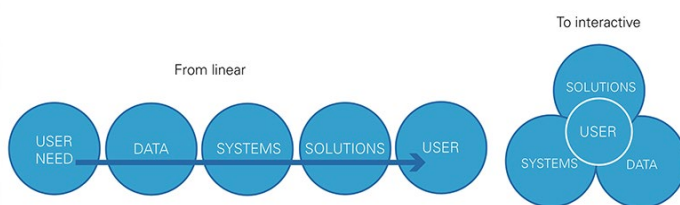
1. ábra: Dr. Radics Kornélia és dr. Lábó Eszter Magyarország képviseletében a WMO 18. Kongresszusán Genfben, 2019.06.05-én



2. ábra: A WMO Kongresszus ülésterme a magyar delegáció helyéről

Fejlődő meteorológiai informatikai rendszerek. A WMO Kongresszusa fogadja el az általa koordinált – és főként a tagországok, de néhány esetben saját maga által üzemeltetett – meteorológiai infrastruktúrák fejlesztéseit, működési szabályzatait, az előkészítő bizottságok ajánlái alapján. Az egyik ilyen alapvető infrastruktúra a WMO telekommunikációs hálózata (Global Telecommunication System, GTS), amelynek segítségével szinte valós időben összegyűjtésre és továbbításra kerülnek a Föld országai felé a világszerte mért és számított meteorológiai mérési adatok. Az OMSZ is ezen a csatornán keresztül juttatja el mérési adatait más országok felé, illetve kapja meg a munkájához szükséges nemzetközi információkat. A megfigyelési technológiák és a számítógépek gyorsaságának fejlődésével azonban az adatok mennyisége várhatóan a következő évtizedben mintegy tízszeresére fog növekedni, ezt a jelenlegi sávszélességgel már nem lehet követni. Ezzel egyidőben új lehetőségek is megjelentek az informatika területén, mint a mesterséges intelligencia és „Big data” technológiák, felhő-rendszerek, adatbányászat, közösségi média-csatornák terjedése stb. Ezekre a kihívásokra adott válasz a WMO új, kialakulóban lévő informatikai rendszere (WMO Information System, WIS 2.0), amely a most elfogadott tervek értelmében 2024-től veszi át a napi működési feladatokat. A WIS 2.0 teljesen megújulva már felhő-alapú adattárolást és adatfeldolgozást tesz majd lehetővé és a webes szolgáltatásokat helyezi előtérbe. Ez amiatt is fontos, mert a felgyorsult technológiai megoldások következtében átalakul a meteorológiai információk felhasználókhöz való eljuttatásának módja (3. ábra): a lineáris adatfeldolgozás helyett a felhasználók egyre inkább interaktív módon részeivé válnak mind a megfigyeléseknek és adatszerzésnek, mind pedig az információk feldolgozásának és a módszerfejlesztéseknek.

Az átalakulóban lévő meteorológiai adatfeldolgozás és felhasználói szerepvállalás folyamata



3. ábra: Az átalakulóban lévő meteorológiai adatfeldolgozás és felhasználói szerepvállalás folyamata



4. ábra: A WMO által 2019. június 5-6-án szervezett állami, tudományos és magánszféra közötti párbeszédet elősegítő Open Consultative Platform logója

A meteorológiai mérések összehangolása. A WMO gondoskodik a globálisan elérhető meteorológiai mérési adatok egységesítéséről, irányelveket fogalmaz meg a minőségi követelményekkel szemben, és adatbázist tart fent az elérhető mérőállomásokról. Mindezt a WMO integrált megfigyelő-hálózata (WMO Integrated Observing System, WIGOS) elnevezésű programjának keretében teszi, amelynek új kézikönyvét a mostani Kongresszus fogadta el. Nemzeti szinten szükséges a WIGOS-hoz kap-

csolódó nemzeti meteorológiai megfigyelő-hálózat üzemeltetése, különös tekintettel a felszíni automata, rádiószondás, és duál-polarizációs radarok üzemeltetésére. Magyarországon mindez az OMSZ feladata, amely biztosítja, hogy hazánk a folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően lépést tudjon tartani ezekkel az igényekkel. Most júniusban további megfigyelő-rendszerekhez kapcsolódó kongresszusi döntések születtek az alábbi területeken is: a Nemzetközi Légi Szállítási Szövetséggel (rövidítve: IATA) való együttműködés a repülőgépes meteorológiai megfigyelésekről; a légköri nedvességmérésekhez szükséges 24 GHz-es sáv védelméről; az éghajlatváltozás műholdas mérésekkel történő követéséről, igazodva a nemzetközi szervezetek és a párizsi megállapodás igényeihez; és az úridőjárás jobb megfigyeléséről. Az ezekből a tevékenységekből származó előnyöket a hazai meteorológia is élvezi, közvetlen feladatokat azonban nem ró ránk.

Külön említést érdemel a mostani Kongresszus újdonságai kapcsán a globális alap-megfigyelő rendszer (Global Basic Observing System, GBON) kialakításáról szóló határozat, ami a WIGOS részeként jön majd létre. Ennek a rendszernek a célja a numerikus időjárás-előrejelzés igényeinek kiszolgálása valós időben elérhető, megbízható pontosságú meteorológiai mérésekkel. A GBON biztosítani fogja a megfelelő térbeli sűrűséggel rendelkezésre álló felszíni és rádiószondás mérések globális elérését a nemzetközi előrejelző központok számára, ezáltal javítva ezek prognózisait. A most elfogadott koncepció értelmében a cél ezen megfigyelések óránként való adatszéréje lesz.

Átalakul az adatpolitika és az állami és magánszektor együttműködése.

A digitalizáció terjedésével és a gyors technológiai változásokkal lépést tartva szükséges az adatpolitika átalakítása is. Ennek része, hogy minél több adatot, minél gyorsabban lehessen elérni a nemzeti meteorológiai szolgálatok adatai közül is. Ez a tendencia az Európai Unió területén elég jelentős, de ez tükröződik vissza a GBON koncepciójából is. A Kongresszuson többször hangoztatott megállapítás volt, hogy a kereskedelmi forgalomban, illetve magánkézben lévő adatok (lakossági, önkéntes megfigyelések, olcsón beszerezhető digitális szenzorok, de akár kisméretű műholdak adatai) felhasználása – kiegészítő informá-

cióként – hasznos lehet a meteorológiai intézetek számára. Döntés született tehát arról, hogy a WMO felül fogja vizsgálni a jelenleg érvényben lévő adatpolitikai szabályozást (az 1995-ben elfogadott 40-dik Határozatot – ún. *Resolution 40*) – a nyitabb és szabadabb adatcsere elősegítése érdekében. Ezt a szabályozást egy 2021-ben megrendezendő soron kívüli Kongresszus fogja tárgyalni.

A magánszektorral való együttműködés nemcsak a kölcsönösen beszerezhető adatok miatt fontos, hanem azért is, mert ez a szféra az informatika, a telekommunikáció, és a szolgáltatás-fejlesztés terén olyan kapacitással is rendelkezhet, amely kiegészíti a nemzeti meteorológiai szolgálatok lehetőségeit. Ezzel párhuzamosan pedig folyamatosan nőnek a felhasználói igények a meteorológiai információk legkülönbözőbb felhasználási területein (tömegtájékoztatás, energetika, mezőgazdaság, turizmus, közlekedés), amelynek hatására egyre több magáncég vállal szerepet a piacon. Éppen ezért a Kongresszus megújult állásfoglalást adott ki az állami meteorológia és a magánszektor közötti együttműködésről, ez az ún. 2019-es Genfi Nyilatkozat, amely a „Közösség-építés az időjárás, az éghajlat és a vízügy érdekében” elnevezést kapta. Ebben a kölcsönösséget hangsúlyozzák, ugyanakkor kiemelik a nemzeti meteorológiai szolgálatok által üzemeltetett infrastruktúrák kormányzati fenntartásának – mint alapinfrastruktúrának – szükségességét, valamint azt, hogy a veszélyjelzések egyedüli hiteles forrásai csakis az állami intézmények lehetnek.

Érdekes volt, hogy az együttműködésről szóló Nyilatkozat elfogadását megelőzően a WMO magasszintű kerekasztal-beszélgetést (Open Consultative Platform, 4. ábra) szervezett a legfontosabb nemzetközi szereplők és szakemberek meghívásával, akik röviden kifejtették álláspontjukat az együttműködés lehetőségeinek megvalósításával kapcsolatban. A fórumon ott voltak többek között az ECMWF, EUMETSAT, WMO, IPCC vezetői, norvég és amerikai kutatók, akadémikusok, egyetemi oktatók, médiameteorológusok, az AccuWeather, Meteoblue és más magánmeteorológiai cégek vezetői, az IBM, a VAISALA és további műszergyártók képviselői, valamint ázsiai és afrikai meteorológiai vezetők is. Kiderült például, hogy habár a nyugati világ elkötelezett a piaci cégek bevonása mellett, Oroszország kifejezetten ellenzi azt, hogy a nemzeti meteorológiai szolgálatoktól jelentő-

sebb feladatokat vegyen át a magánszféra. Azonban az összefogás és a bizalom erősítését minden résztvevő támogatta.

Alkalmazott meteorológia és szolgáltatásfejlesztés. A WMO a háttér-infrastruktúrák fenntartása és szabályozása mellett a különböző meteorológiai igények kiszolgálására is figyelmet fordít, főként globális szinten harmonizálva és képviselve ezeket a tevékenységeket. Az elmúlt években – köszönhetően a szélsőséges időjárási események megnövekedett számának – a veszélyes időjárási eseményekre és ezek megelőzésére kiemelt hangsúly került. Így született meg a mostani Kongresszuson a Globális Többfunkciós Veszélyjelző Rendszer (Global Multi-hazard Early Warning System, GMAS) kiépítésének és működtetésének alapelveiről szóló határozat, a 2015-2030 közötti nemzetközi Sendai katasztrófakockázat-csökkentési keretrendszer (Sendai Framework) értelmében. A GMAS a veszélyjelzéseket szeretné globális szinten harmonizálni, úgy, mint Európában a Meteolarm, melyhez az OMSZ által működtetett hazai riasztási rendszer is kapcsolódik. Ennek része a délbalkáni SEE-MHEWS projekt is, amely a Világbank támogatásával indult 2017-ben. Ebben az OMSZ is résztvevő partner, amely főként a meteorológiai megfigyelések összegyűjtését és kezelését végzi majd a numerikus modellek számára. Külön döntés született a Kongresszuson a WMO szerepének kialakításáról az ENSZ humanitárius tevékenységének segítésére, ezen keresztül a New York-ban található ENSZ katasztrófa-kezelési központjához (UN Operations and Crisis Centre, UNOCC) juttatják el a nemzeti meteorológiai szolgálatok időjárással kapcsolatos riasztásait.

A Kongresszus egyéb fontos szolgáltatási területekkel is foglalkozott: elindul egy új aszály-index kidolgozása, ezzel elősegítve a szárazság és aszály kezelését világszerte; illetve tovább fejlesztik a városi lakosság védelmét biztosító integrált szolgáltatásokat a tudományos eredmények beépítésével, javítva a városi lakosságot érintő jelenségek (pl. UV-sugárzás, városi hősziget, légszennyezés) előrejelzését. A Kongresszus ösztönözte továbbá az időjárás-előrejelzési szolgáltatások keretében a jósolt időjárási esemény bekövetkezési valószínűségének meghatározását is. Emellett elfogadott egy hosszútávú repülésmeteorológiai tervet, amely magában foglalja a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezettel (ICAO) való szoros



5. ábra: A 18. Kongresszus során hosszú időszorral rendelkező állomások elismerésére adományozott oklevelek átadási ünnepségének meghívója

tásáról az ENSZ humanitárius tevékenységének segítésére, ezen keresztül a New York-ban található ENSZ katasztrófa-kezelési központjához (UN Operations and Crisis Centre, UNOCC) juttatják el a nemzeti meteorológiai szolgálatok időjárással kapcsolatos riasztásait. A Kongresszus egyéb fontos szolgáltatási területekkel is foglalkozott: elindul egy új aszály-index kidolgozása, ezzel elősegítve a szárazság és aszály kezelését világszerte; illetve tovább fejlesztik a városi lakosság védelmét biztosító integrált szolgáltatásokat a tudományos eredmények beépítésével, javítva a városi lakosságot érintő jelenségek (pl. UV-sugárzás, városi hősziget, légszennyezés) előrejelzését. A Kongresszus ösztönözte továbbá az időjárás-előrejelzési szolgáltatások keretében a jósolt időjárási esemény bekövetkezési valószínűségének meghatározását is. Emellett elfogadott egy hosszútávú repülésmeteorológiai tervet, amely magában foglalja a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezettel (ICAO) való szoros

együttműködés folytatását, a pilóták számára juttatott repülésmeteorológiai információk bővítését, és a technológiai háttér fejlesztését a kor igényeinek megfelelően.

A klimatológia és a hidrológia szerepe a WMO-ban.

Az éghajlat megfigyelése és az éghajlatváltozás nyomon követése kezdetek óta a WMO alapfeladatai közé tartozik, minden évben egy részletes jelentést (Statement on the State of the Global Climate) készít a globális éghajlat aktuális állapotáról, a nemzeti meteorológiai szolgálatok – közöttük az OMSZ – adataira alapozva. Emellett éghajlati adatkezelési útmutatókat is közzé tesz, amelyeket itthon is alkalmazunk. A mostani Kongresszus jóváhagyta a globális éghajlati adatok minőségének biztosítását célzó kézikönyvet (Manual on High Quality Global Data Management Framework for Climate, HQ-GDMFC), amely rögzíti, hogy a múltra vonatkozó hiteles éghajlati adatbázisok, illetve jövőbeli éghajlati modellszámítások tekintetében milyen minőségirányítási rendszereket kell üzemeltetni. A hosszú időszakkal rendelkező megfigyelési állomások kiemelt fontosságának elismerése céljából a követelményeknek megfelelő mérőállomások számára a WMO elismerő oklevelet adományoz. A jelenlegi 117 állomás mellé 23 új állomást fogadtak el a Kongresszuson, amelyek több esetben 100 éves adat-sorral is rendelkeznek (5. ábra).

A Kongresszus határozatban rögzítette, hogy a WMO tudományos támogatást nyújt az éghajlatváltozással kapcsolatos politikai döntéshozatalban. Ennek értelmében a WMO eredményeivel támogatja továbbra is az IPCC (Éghajlat-változási Kormányközi Testület) és az Egyesült Nemzetek Éghajlatváltozási Keretegyezménye részes feleinek üléseit (UNFCCC COP), főként az éghajlat állapotát, illetve az üvegházgáz-koncentrációkat bemutató jelentésekkel; valamint az Éghajlati Szolgáltatások Globális Keretrendszerének (GFCS) működtetésével.

Elismerve, hogy az éghajlatváltozás problémája leginkább a vízügy területén érzékelhető az egyre gyakrabban megjelenő aszályok vagy éppen a heves mértékű árvizek esetében, a WMO Kongresszus új stratégiát fogadott el a hidrológiai tevékenység irányítására. A hidrológia az ENSZ-en belül szintén a WMO felügyelete alá tartozik. A stratégiában megfogalmazták a legfontosabb nyolc célkitűzést is, többek között a szélsőségekre való felkészülés növelését, az élelmiszerbiztonságot, a kiváló minőségű adatokat, a döntések tudományos megalapozottságát, a vízkészletek felismerését, és a vízminőség biztosítását. Emellett a WMO új struktúrájában kiemelt szere-

pet szánnak a hidrológiai feladatoknak, melyeket egy külön Hidrológiai Közgyűlés irányít majd. Ez a testület első ülését a most véget ért Kongresszus keretein belül tartotta, amely során a WMO a Globális Vízpartnerség programmal (Global Water Partnership) együttműködést írt alá az ENSZ fenntartható fejlődéssel és vízgazdálkodással kapcsolatos stratégiájának támogatására. A Hidrológiai Közgyűlésen Magyarországot Csík András, az Országos Vízügyi Főigazgatóság Vízzrajzi és Vízügyítő-gazdálkodási Főosztályának vezetője képviselte.

A szervezeti és működési keretek megújítása. Az idei Kongresszus legfontosabb reformja egyértelműen a WMO strukturális átalakítása volt, melynek célja a működés átláthatóbbá tétele és a hatékonyabb döntéshozatal. Az új szervezeti felépítés alapján megszűnt a több évtizede működő nyolc technikai bizottság, ehelyett a tagországi szakértők részvételét a döntéshozó folyamatban két bizottságba sűrítik. Az egyik bizottság a meteorológiai



6. ábra: A WMO új szervezeti felépítése

infrastruktúrák kialakításáért és felügyeletéért lesz felelős, a másik pedig a meteorológiai mérési és modellezési adatokból a felhasználók felé nyújtott szolgáltatásokat koordinálja majd (az OMSZ mind a két bizottságban tervezi a részvételt). Emellett létrehoztak egy szűkebb körű tudományos, technikai, illetve egy stratégiai/politikai tanács-

adó csoportot a Végrehajtó Tanács munkájának segítésére. Létrejött továbbá egy Kutatói Tanács, valamint a Kongresszussal párhuzamosan a csak vízügyi kérdéseket tárgyaló – már említett – Hidrológiai Közgyűlés is (6. ábra).

A reformok közé tartozik, hogy a WMO Titkársága megpróbálja lerövidíteni a teljes Kongresszus idejét. 4 éve még 3 hétig tartott a rendezvény, ezt mostanra 2 hétre sikerült csökkenteni. Ráadásul újdonság volt, hogy az első két napon csak informális regionális üléseket tartottak, amely célja az volt, hogy a Kongresszus témáit áttekinthessék és közös regionális álláspontot alakítsanak ki, felgyorsítva ezzel is a plenáris üléseken a vitás kérdések tárgyalását.

Döntés született arról is, hogy a WMO az ENSZ politikájával összhangban továbbra is külön figyelmet fordít a női egyenjogúság kérdésére, főként a női szakértők részvételét írják elő a különböző bizottságokban, szakmai csoportokban, amelyről folyamatos statisztikákat készítenek. Természetesen – hasonlóan más szervezetekhez – a WMO-nak is meg kell határoznia működésének kereteit, melynek része a stratégiaalkotás, a költségvetés kiala-

kítása, a szervezet felépítése és tisztségviselőinek megválasztása. A Kongresszuson ezekre is sor került. Elfogadtuk a WMO stratégiai tervét, melyben a hosszútávú stratégiai célkitűzések között szerepel a társadalmi elvárásoknak való jobb megfelelés: felhasználóbarát, célorientált, hiteles szolgáltatásokat kell biztosítani, valamint bővíteni kell a Föld-rendszerre vonatkozó megfigyelési és előrejelzési rendszerek kapacitásait. A stratégiai terv alapján készítették el a 2020-2023-as időszakra vonatkozó költségvetést is. Magyarország hozzájárulása a WMO teljes tagdíjbevételének idén 0,17%-a, de 2020-ra a gazdasági mutatók alapján ez 0,2%-ra fog nőni. A négyéves ciklusra tervezett költségvetés összesen 271,5444 millió CHF, mely a 2016-2019-es időszakhoz képest 2%-os növekedést jelent majd.

Tisztségviselők választása. Az egyik legizgalmasabb kérdés természetesen az volt, hogy ki lesz a WMO következő elnöke. Ugyanis a nyolc év után leköszönő kanadai elnök, David Grimes helyére – aki már nem újraválasztható – két pályázó is volt: a német prof. Gerhard Adrian, és az amerikai dr. Louis Uccellini, mindketten a tagországaikban a nemzeti meteorológiai szolgálat vezetői. Dr. Uccellini 14 évig volt az amerikai óceáni és légköri hivatal (NOAA) előrejelzési központjának (NCEP) vezetője, előtte pedig irányította a NWS (National Weather Service) meteorológiai

és operatív részlegét is. Az USA hozzájárulása – legnagyobb befizetőként – a WMO feladatainak ellátása érdekében nélkülözhetetlen, viszont a németek is egy olyan jelöltet állítottak, aki már évek óta aktívan részt vesz nemzetközi meteorológiai programokban, sőt prof. Adrian vezette az elmúlt évben a WMO strukturális átalakulásáért felelős munkacsoportot is, így a WMO-ra kellő rálátással rendelkezik. Egyébként 2010 óta vezeti a német meteorológiai szolgálatot, ezalatt főként a kutatási együttműködések, valamint éghajlati szolgáltatásokat erősítette. Végül a 2019. június 13-i szavazáson dr. Uccellini-vel szemben a szavazatok nagy többségét szerezte meg a német jelölt (7. ábra). Prof. Adrian eddigi tapasztalata segít majd, hogy az európai szempontokat – így az

dekeket is –, működési elveket és irányokat kiválóan tudja képviselni a nemzetközi fórumokon.

A WMO elnökének feladat, hogy vezesse a Végrehajtó Tanács és a Kongresszus üléseit, ebben három alelnök segíti. A Kongresszuson sor került az alelnökök megválasztására is, a WMO első alelnöke Argentínából, második alelnöke Curaçao-ból (Hollandia társult szigetországa a Karib tenger déli részén), harmadik alelnöke pedig Tanzániából érkezik majd (7. ábra). A Kongresszus továbbá elfogadta a jelenlegi WMO Főtitkár – a finn Prof. Petteri Taalas – 4 éves mandátumának újabb négy évvel történő meghosszabbítását.

Emellett sor került a 37 fős Végrehajtó Tanács tagjainak kinevezésére, ebben az európai régió 9 helyet kapott. Ezek elosztását már a Kongresszus előtt elfogadták a régió tagországai az osztrák elnök javaslatára: Oroszország, Németország, Egyesült Királyság, Franciaország, Törökország, Spanyolország, Olaszország, Svájc és Ausztria.



7. ábra: A WMO újonnan megválasztott elnökei: dr. Albert Martis (Curaçao, második alelnök), prof. Celeste Saulo (Argentína, első alelnök), prof. dr. Gerhard Adrian (Németország, elnök), dr. Agnes Lawrence Kijazi (Tanzánia, harmadik alelnök)

Zárszó. Összességében tehát elmondható, hogy a Kongresszus témái nagyon változatosak voltak és lefedték a nemzeti meteorológiai szolgálatok, így az OMSZ tevékenységének széles spektrumát.

Mindeközben egyre inkább megfigyelhető az az irányú tendencia, hogy a meteorológiai szolgálata-

tokon túl hogyan lehet bevonni más szervezeteket, partnerintézményeket, és cégeket a hagyományos meteorológiai feladatok ellátásába.

A nemzetközi változások előbb vagy utóbb hatással vannak ránk, de egy ilyen globális szervezetenél mindig érdemes megfigyelni, hogy a fejlődés üteme hogyan igazodik egyrészt a legfejlettebb tagállamok lehetőségeihez, másrészt viszont a kevésbé fejlett ázsiai, de leginkább afrikai résztvevők véleményéhez. Izgalmas megtapasztalni azt, hogy mindenki a saját lehetőségeihez mérten, de összességében mégis együtt, hasonló feladatokat ellátva haladunk előre.

85 ÉVES A BALATONI VIHARJELZÉS STORM WARNING SYSTEM AT LAKE BALATON IS 85 YEARS OLD

Fejes Edina

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1., fejes.e@met.hu

Összefoglalás. 2019-ben ünnepeltük a balatoni viharjelzés elindításának 85. évfordulóját. A viharjelzés *Hille Alfréd* repülő ezredes, meteorológus kezdeményezésére kormányzati döntés alapján 1934. július 8-án indult el. A jelzéseket az akkori Légügyi Hivatal meteorológusai adták ki. A nevezetes napra 2019. július 5-én előadásokkal és koszorúzással emlékezett az OMSZ és partner szervezetei Siófokon. Írásunkban a viharjelzés rövid történetét és a megemlékezés főbb elemeit foglaltuk össze.

Abstract. We celebrated the beginning of storm warning system at Balaton in 2019. *Alfréd Hille*, colonel of air forces, meteorologist initiated the warning system that started operation on 8th July 1934 based on a Government decision. The warnings were issued by the meteorologists of the former Aviation Agency. Hungarian Meteorological Service and its partners remembered the famous day with lectures and wreath laying in Siófok on 5th July 2019. The article describes the brief history of the storm warning system and the main elements of the commemoration are summarized.

A balatoni viharjelző rendszer 1934. július 8-i elindulására koszorúzással egybekötött ünnepségen emlékeztek a hálás utódok július 5-én, a Siófoki Viharjelző Observatóriumban, illetve a Szent Miklós hajó fedélzetén. A rendezvényen az OMSZ partner-szervezetei is képviseltették magukat. A viharjelzések, vihar-előrejelzések kapcsán igen szoros együttműködés alakult ki a Balatoni Vízrendészeti Rendőrkapitánysággal, az önkormányzatokkal, a Rádiós Segélyhívó Infokommunikációs Országos Egyesületével (RSOE), a Vízimentők Balatoni Szakszolgálatával (VBSZ), a Somogy Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatósággal.

Az 1930-as évektől a Balaton egyre népszerűbb üdülőhellyé vált, de a balatoni viharok egyre több áldozatot követeltek. Ezért dr. Hille Alfréd repülő ezredes, meteorológus kezdeményezésére kormányzati döntés alapján, 1934. július 8-án megindult a balatoni viharjelzés. A kezdetben 15 riasztó állomásból álló rendszer viharjúkkal és árbocra felhúzható piros színű viharjelző kosarakkal jelezte a vihar közeledtét. 1943-ban közbe szőtt a háború, és csak 1951. június 30-án indulhatott újra a viharjelzés, amely a nyári szezonban május 15-től szeptember 15-ig tartott. Az erős szélre a sárga (a mai elsőfok), a viharos szélre pedig a piros (a mai másodfok) rakéták figyelmeztettek. A nehézkesen kezelhető és értelmezhető rakétás-kosaras rendszer egyre kevésbé felelt meg az igényeknek. A rakétás jelzőrendszer egészen a 80-as évek közepéig működött, melyet több éves kísérle-

tezés után 1988-tól a távvezérelt fényjelzők váltották fel. Az OMSZ, majd 1993 után a Somogy Megyei Rendőrkapitányság által üzemeltetett fényjelző berendezés fenntartását és üzemeltetését később az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság vette át, amely az üzemeltetéssel és korszerűsítéssel a Rádiós Segélyhívó és Infokommunikáció Országos Egyesületet (RSOE) bízta meg.

A balatoni viharjelzés indulását követően hamar megfogalmazódott, majd a háború után ismét felvetődött a modern meteorológiai observatórium ötlete, melynek megvalósulása dr. Zách Alfrédnak, az Országos Meteorológiai Intézet igazgatóhelyettesének kitartó szervező munkáját dicséri. A kor egyik legjobb építész, az Ybl díjas Molnár Péter készítette el a terveket. Az építész így írt munkájáról: „Az építmény, amit terveznem kellett, elsősorban hajlék, ház, azonban a benne folyó tevékenység az építménynek dinamikus tartalmat ad. A földönállás nyugalmát és az elemekkel való tevékeny szembenállást, mint eszmét tartottam szükségesnek egyidőben megjeleníteni.”

A balatoni viharjelzés színvonalas kiszolgálása speciális meteorológiai infrastruktúrát igényel. A nyári időszakban három speciális szélműszer is végez méréseket a Balaton közepén: a Keszthelyi-öbölben, Szigliget és Balatonmáriaifürdő között, valamint a keleti medence közepén, Siófok és Alsóörs között. A napelenről működő beren-



A koszorúzási ünnepség résztvevői a Siófoki Observatóriumban



Az ünnepség közönsége a Szent Miklós hajón

dezés LIFE projekt keretében került telepítésre, később OMSZ műszerekkel bővült, 2019-ben ledes villanóberendezéssel egészült ki. Az adatokat az RSOE rádiós rendszere gyűjti. A viharjelzésben ugyancsak kulcsszerepet játszanak az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) egész országot lefedő, és több mint 280 automata állomásból álló felszíni mérőhálózatának adatai. A korszerű informatikának köszönhetően ezek az adatok 10 perces gyakorisággal állnak rendelkezésre. A nyári balatoni viharok leginkább a zivatarkhoz köthetőek, melyek fejlődése és áthelyeződése az időjárási radarok segítségével követhető.

Fontos információt szolgáltatnak a meteorológiai műholdak adatai és a vertikális szélprofilokat adó windprofilek. Ezen információk az OMSZ által fejlesztett számítógépes meteorológiai munkaállomáson, a HAWK rendszeren jelennek meg. Kutatási és operatív célokát egyaránt szolgál a korszerű cseppspektrométer, illetve az első légkör állapotát vizsgáló felhőalpmérő. A veszélyes időjárási jelenségekre történő riasztások készítése két pilléren nyugszik. Az első az időjárási helyzet pontos és számszerű leírása (objektív analízis készítése), a második a légkört leíró mozgásegyenletek számítógépes megoldása (numerikus előrejelzés). Az OMSZ szuperszámítógépei lehetővé teszik, hogy olyan numerikus modelleket alkalmazzunk, amelyek képesek az időjárási folyamatok finomszerkezetét is leírni. Ugyancsak a modellszámítá-

sokra épül többek között a Balatonra alkalmazott párolgás-, vagy hullámmagasság-számítás. Az Observatóriumban meteorológiai mérés is folyik, és az 1957-től folyamatosan rendelkezésre álló adatsor egyedülálló a Balatont is érintő klímaváltozás vizsgálatára.

Az április 1-től október 31-ig tartó viharjelzés alapvetően a balatoni nyaralók, horgászok és hajósok biztonságát szolgálja. A szakemberek törekednek arra is, hogy a szükségesnél hosszabb ideig ne legyen kint a jelzés, ezért 2012 óta a Balatont a viharjelzések kiadásának szempontjából három medencére osztják: a Keszthelytől a Badacsony-Fonyód szorosig tartó nyugati medencére, a Fonyód és Tihany közötti középső medencére és a Tihanyi-félszigettől keletre lévő keleti medencére. Az egyes medencékben a viharjelzési fokozatok eltérőek is lehetnek.

Az 1. fokú viharjelzés, amit a viharjelző lámpák percenkénti 45 felvillanása jelez, erős 40 km/h és 60 km/h közötti, míg a 2. fokú viharjelzés, amit a lámpák percenkénti 90 felvillanása jelez, viharos, 60 km/h-t elérő vagy azt meghaladó várható széllelkésre figyelmeztet. A Balaton időjárásáról részletes információ található a www.met.hu/balaton honlapon, valamint az OMSZ Meteora nevű mobilalkalmazásában.

A július 5-i ünnepi megemlékezés első részében a meg-



dr. Radics Kornélia megnyitó beszéde



László Tibor Zoltán, környezetvédelemért felelős helyettes államtitkár



Hamvas Péter Siófok alpolgármestere



Horváth László rendőrezredes, a Balatoni Vízügyi Rendőrkapitányság vezetője

emlékezők megkoszorúzták Hille Alfréd emléktábláját a Siófoki Viharjelző Obszervatórium falán.

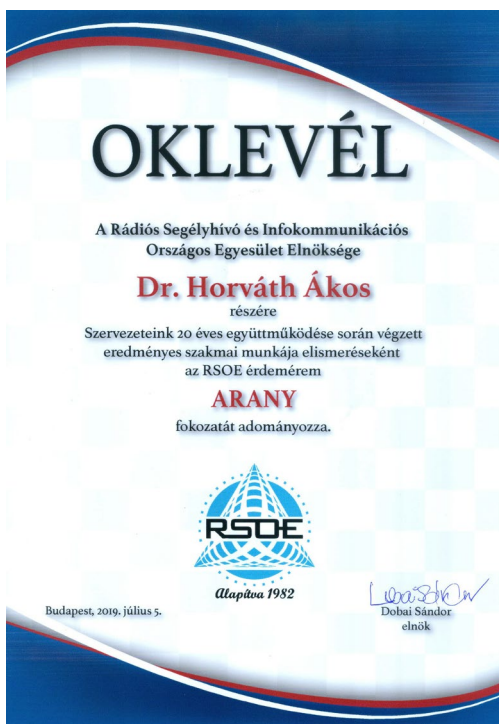
Az ünnepi megemlékező előadássorozatra a Szent Miklós hajón, a Balaton legnagyobb sétahajójának a fedélzetén került sor, a siófoki kikötőből történő kihajózás után. Stílszerűen erre az eseményre 1. fokú viharjelzés mellett került sor, a résztvevők láthatták a viharjelző lámpákat működés közben. Az enyhe hullámozás nem tette kellemetlenné a hajókázást, már csak azért se, mert végig kellemes napsütéses idő volt, némi fátyolfelhőzettel.

Az ülést *dr. Radics Kornélia*, az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke nyitotta meg, köszöntve a vendégeket és összefoglalva a megemlékezés jelentőségét. Kiemelte, hogy a Szolgálat érdeke, hogy a Balaton Európa legbiztonságosabb tava legyen. A meteorológiai szakma csúcsát tudjuk jelenleg nyújtani, és hogy ez merre van tovább, sok mindentől függ. A tudomány túlságosan sokat

figyelő hálózat működtetése, fejlesztése kiemelt gazdasági és társadalmi érdek. *Hamvas Péter* Siófok alpolgármestere a viharjelzés fontosságát méltatta a balatoni nyaralók és Siófok város szempontjából. *Hernádi Balázs alvezető, az MH GEOSZ munkatársa* Hille Alfréd katonameteorológus érdemeit foglalta össze a viharjelzés létrehozásában és kezdeti működtetésében. *Dr. Horváth Ákos* az OMSZ Siófoki Viharjelző Obszervatóriumának vezetője a viharjelzés technikai háttéréről a folyamatos és szükséges fejlesztésekről, az előrejelzésben alkalmazott modellek fejlesztéséről beszélt. Megemlített néhány érdekes esetet is szakmai pályafutásából. *Bartók Péter* az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság gazdasági főigazgató-helyettese Biztonságos Balaton című előadásában a viharjelzés fontosságának méltatása mellett szólt a tevékenység szervezeti és gazdasági háttéréről. *Horváth László* rendőrezredes, a Balatoni Vizirendészeti Rendőrkapitányság vezetője a balatoni biztonságos nyár



dr. Horváth Ákos előadás közben



Az RSOE oklevél



Az RSOE érdemérem

már nem tud fejlődni, de azok az informatikai- és mérőeszközök, amiket használunk a viharjelzés kiadásához, a közeljövőben is fejlődni fognak. *László Tibor Zoltán*, környezetvédelemért felelős helyettes államtitkár az OMSZ-t felügyelő Agrárminisztérium nevében az ünnepségen arra hívta fel a figyelmet, hogy a balatoni viharjelzés színvonalas kiszolgálása speciális meteorológiai infrastruktúrát igényel. Hangsúlyozta, hogy a természeti erők közül Magyarországon a légköri folyamatok által keltett hatásokkal kell számolni: pusztító szélviharokkal, jégesőkkel, árvizekkel vagy forrósággal, aszálylyal. A meteorológiai előrejelzések, veszélyjelzések, az agráriumot támogató beavatkozások alapját jelentő meg-

biztosításának gondjairól, az elmúlt időszak veszélyes helyzeteiről, az együttműködés fontosságáról beszélt előadásában. Az előadássorozat végén *Dobai Sándor* a Rádiós Segélyhívó és Infokommunikációs Országos Egyesület elnöke, értékelve az együttműködés hosszú időn keresztül történő hatékony működését, működtetését, *dr. Horváth Ákos* obszervatóriumvezetőnek átadta az RSOE Érdemrend Arany fokozatát az RSOE és az OMSZ 20 éves eredményes együttműködésének elismeréseként.

Az ünnepség végén egy állófogadást adott az OMSZ a résztvevőknek, aminek elköltése nem is volt egyszerű a himbálózó hajón.

A FŐSZERKESZTŐ-HELYETTES ELŐSZAVA GILLEMOT KATALIN CIKKÉHEZ

FOREWORD BY THE DEPUTY CHIEF EDITOR TO KATALIN GILLEMOT'S ARTICLE

Tóth Róbert

Országos Meteorológiai Szolgálat, Marczell György Főobszervatórium, 1181 Budapest, Gillice tér 39., toth.r@met.hu

Gyerekkorom óta szeretek sport témájú, különösen labdarúgásról és az olimpiákról szóló könyveket olvasni. Így találkoztam először *Gillemot Ferenc* nevével, s a nem szokványos, francia eredetű nevet meg is jegyeztem (akkor még fonetikusán, magyarul). Később, felnőttként apósomtól – aki a Műszaki Egyetemen végzett gépészmérnökként a 2. világháború utáni években – hallottam többször *Gillemot László* nevét, amikor kiváló tanáiról beszélt (már *Zsilmónak* ejtve). A tanulmányait pár éve ugyanitt folytató lányom is tanult a tankönyveiből. Mintegy másfél éve történt, hogy megkeresett *Gillemot Katalin*, hogy egy hősűrűség-mérő eszközt szeretne kölcsönkérni az Izlandon tervezett expedícióhoz. Találkozásunk alkalmával rákérdeztem a fenti nevekre, s kiderült, hogy ugyanannak a családnak a tagjai. Úgy gondolom, érdekes lehet az olvasók számára röviden áttekinteni a három generáció tevékenységét.

Gillemot Ferenc. 1875-ben született Budapesten, s 1916-ban a háborúban halt meg Petrozsény (Dél-Erdély) közelében. Labdarúgó, edző, sportújságíró, 1901-ben a Magyar Labdarúgó Szövetség alapító tagja, annak első alelnöke, majd főtitkára. A labdarúgó válogatott első szövetségi kapitányaként 1902–1904 között öt meccsen közreműködött, három győzelem mellett két vereség a mérlege. Sokoldalúságát bizonyítja, hogy 1895-ben 100 km-es országúti kerékpározásban, majd 1901-ben egymérföldes futásban magyar bajnok. 1908–1909-ben a magyar evezősválogatott edzője. A modern magyar sportújságírás megteremtője.

Gillemot László. Gillemot Ferenc fia, 1912-ben született Budapesten, s itt élt 1977-ben bekövetkező haláláig. Kétszeres Kossuth-díjas gépészmérnök, anyagtudós, egyetemi tanár, az MTA tagja. Tanulmányait a Pázmány Péter Tudományegyetemen és a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen végezte. Ez utóbbin szerzett oklevelet 1935-ben, s itt oktatott egészen haláláig, miközben a tanársegédi pozíciótól a rektori székig eljutott. Nevéhez fűződik a korszerű magyar fémipari és kohászati kutatás alapjainak megteremtése.

Gillemot Katalin. Gillemot László unokája. Mérnök-fizikusként végzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen 2009-ben. A PhD fokozatot az Egyesült Királyságban, a Lancaster Egyetemen szerezte 2014-ben. Jelenleg a Bécsi Egyetem Földtudományi, Földrajzi és Csillagászati Karán folytat geomorfológiai rendszerekkel kapcsolatos posztdoktori kutatásokat. Kedveli a természetben végezhető sportokat, 2015-ben barátaival megalapította a Magyar Sialpin és Túrási Sportegyesületet. Fő szervezője volt a 2018-ban Budapesten rendezett HARMOSNOW (Towards a better harmonization of snow observations, modeling and data assimilation in Europe) nemzetközi konferenciának, ahol az OMSZ is részt vett előadással.

TÉLI TUDOMÁNYOS KALANDOK IZLANDON

SCIENTIFIC ADVENTURES IN WINTERY ICELAND

Gillemot Katalin

University of Vienna, Faculty of Earth Sciences, Geography and Astronomy Universitätsstrasse 7. A-1010 Bécs
katalin.gillemot@univie.ac.at

Összefoglaló. Izland geológiája a legtöbb turistát ámulatba ejti, de az ország nemcsak a turisták paradicsoma, hanem a tudósok aranybányája is. 2018 februárjában lehetőségem volt 3 hetet ebben a csodálatos országban tölteni különböző hótudománnyal kapcsolatos mérésekkel. A mérések két fő célja a hősűrűség-mérő csövek összehasonlítása, valamint annak a vizsgálata volt, hogy a vegetáció hogyan befolyásolja a lavinaképződést. A következő írás ezeknek a kalandoknak a rövid története.

Abstract. Geology of Iceland leaves most people who have been there in awe. It's not only a paradise for tourists, but a goldmine for geoscientists as well. I had opportunity of spending 3 weeks in Iceland in February of 2018 conducting a number of various measurements in the field of snow science, with the main focus on the intercomparison of snow density measurement tubes and to study the effects of vegetation on avalanche release. This article is the tale of these explorations.

Úgy adódott, hogy 2018 februárjában lehetőségem nyílt 3 hetet Izlandon tölteni. A túrának több apropója is volt mind tudományos, mind sportközéleti vonalon. Egyrészt az EU COST Harnosnow „A European network for a harmonized monitoring of snow for the benefit of climate change scenarios, hydrology and numerical weather prediction” (www.harnosnow.eu) akciója keretében több erőfeszítés is történt, hogy az Európában használatos hó-sűrűség-mérő csövek hibáit kvantifikálják, a hibalehetőségeket felmérjék, a mérési eredményeket egymással összehasonlíthatóbbá tegyék. Ez elsősorban rengeteg összehasonlító mérést jelentett Európa több pontján a használatban levő különböző csőtípusokkal. A túra egyik célja ilyen mérések elvégzése volt.

Másrészt az én egyik tudományos kutatási területem a különböző, a természetben a gravitáció hatására történő



1. ábra: A nagy szél és az állandó hóviharak néha igencsak próbára teszik az utazót és a felszerelését

tömegmozgások – földcsuszamlások, sziklaomlások vagy a hólavínák – vizsgálata. Ezekkel kapcsolatban az egyik téma, ami kiemelten érdekel, az a természetes alapú megoldások (nature based solutions) megtalálása a fenti jelenségekkel kapcsolatos kockázatok csökkentése érdekében. Ezen belül is különösen foglalkoztat a hólavínák és a növényzet hőstabilitást növelő hatása. Ennek vizsgálatához Izland kitűnő terepnek ígérkezett, ugyanis bár nincs sok erdős területük (csak az ország 1–1,5%-a erdővel borított), de azok közül sok esetében elmondható, hogy akár egyetlen lejtőn belül is találhatunk erdős és nem erdős részeket. Ez alkalmat ad a hőstabilitás összehasonlítására az erdős és a nem erdős területek között, ráadásul mindezt úgy, hogy a fő szélirány, a lejtő meredeksége, kitettsége és egyéb paraméterei nem változnak, lehetővé téve az erdő stabilitásváltoztató hatásának tényleges körülhatárolását. Sportközéleti oldalról a Magyar Sialpin és Túrási Sportegyesület berkein belül projektve-

zetője vagyok egy szlovén-izlandi-magyar Erasmus+ Sport együttműködésnek, ami 2018 januárjában kezdődött és a különböző havas közegben sportolók lavinabiztonságának növelését célzó protokollok kidolgozásával foglalkozik. Így az utazás kitűnő alkalmat nyújtott egy, az izlandi féllel való egyeztetéshez is.

Mindezek felett, ha már itt jártam, akkor egy a Reykjavíki Egyetemen dolgozó kollégának köszönhetően segítőként részt vettem több havas és hidrológiai indíttatású terepi mérésben, valamint egy hallgatói terepgyakorlat megszervezésében is. Egyszóval, mozgalmas 3 hétnek néztem elébe.

Az utazást meglepően sok előkészítés előzte meg (1. ábra). Nem volt könnyű az összes szükséges eszközt biztonsággal becsomagolni, beleértve a túrási felszerelésemet is, hisz a havas területeken evvel terveztünk közlekedni. A túrásielés folyamán az ember nem a felvonókat hívja segítségül, hogy felfele is tudjon haladni a havas lejtőkön, hanem a síléc alá egy szintetikus szőrmét ragasztunk, ami nem engedi a sílécet visszacsúszni a léccel való felfele gyaloglás során. Így mindenféle külső segítség nélkül hatalmas területek válnak bejárhatóvá.

Továbbá ha az ember lánya nekiáll a téli Izlandról az interneten olvasni, egészen ijesztő és elképesztő leírásokat talál az utakon található hóviszonyokra vonatkozóan, be ragadt és kicsúszott autókról, jeges járdákról és utakról, hatalmas, autókat is odébb toló szélről, az autókat meg rongáló porviharokról, valamint a mindezt egyáltalán nem komolyan vevő turistákról és arról, hogy igazából télen, aki nem izlandi, az ne akarjon Izlandon vezetni. Ennek megfelelően mi végül igen komolyan vettük az autóbérlés dolgot és négykerék-meghajtású, valamint tűskés gumival felszerelt járművekre neveztünk be, mindig hordtunk magunknál extra meleg ruhát, téli hálósákokat, italt és ételt, hólapátot, fejlámpát a kocsiban, valamint jóféle csúszásgátlót a cipőnkhez. Így utólag nézve ezek mind nagyon jó döntésnek bizonyultak, de azért azt nem állítanám, hogy nem lehet Izlandon télen vezetni. Megfelelő tervezéssel, körültekintéssel és óvatossággal, nem rosszabb bármilyen másik téli vezetési élménynél.

Megérkezésünkkel már leszállt az este, a szállásunk meg a reptérről úgy 1–1,5 óra vezetéssnyire egy *Hveragerdi* nevű településen volt. Így az 5 óra repülés után nem sokkal már rögtön egy hatalmas hóviharban találtuk magunkat egy hágóban, ahol a vaksötét miatt csak a kocsis reflektora által megvilágított hópelyhek látszódtak. Az utat, ami egyébként a híres 1-es számú főút fővárosból kivezető szakasza, miután mi átértünk rajta úgy fél órával, egész éjszakára lezárták és ez a következő egy hétben majdnem minden este megismétlődött, hol a hófúvások miatt, hol a lefagyott útburkolat miatt. Itt megemlíteném, hogy az izlandi hatóság remek térképet üzemeltet az utak



2. ábra: Meleg vizes források mindenütt;
Reykjadalur termál patak



3. ábra: Amikor túl sok a turista: Skogafoss vízesés, dél-Izland

állapotáról, amit minden téli út előtt érdemes részletesen megnézni (www.road.is).

A következő egy héten át itt, *Hveragerdib*en volt a bázisunk (2–3. ábra). Ez egy igazi geotermális település, a környező dombokból mindenütt gőz száll fel, a környék tele van termálvizes patakokkal, mofettákkal, melegházzakkal és persze az Izlandon elmaradhatatlan meleg vizes fürdőkkel. Elvben a környező terep tökéletes lett volna mind a kétféle mérés elvégzéséhez, de a megérkezésünk másnapján egész nap zuhogott az eső, és a hó nagy része teljesen elolvadt. Így végül ezt a hetet elsősorban reykjavíki megbeszélésekkel, a környék felfedezésével, valamint a hóesésnek való szurkolással töltöttük. Férjemmel, aki elkísért – mindketten a kevésbé turistás helyeket szeretjük – azért több, az útkönyvekből kimaradt, fantasztikusan szép hely után meglátogattunk egy nagyobb turista látványosságot is, a Geysirt. Bár a gejzír maga tényleg nagyon szép, valamint a szomszédos kisebb gejzír, a *Strokkur* valóban ki is tör néhány percenként, de valamért egyikünket se nyugozott le igazán a látvány. Ennek egyik oka, hogy itt még a szó szerint ömlő esőben is fűtőkben voltak a turisták, és mindez február közepén az úgynevezett mellékszezonban. Legnagyobb részük esernyővel próbálkozott védekezni a természet erői ellen a hatalmas szélben és apró lépésekkel igyekezett talpon maradni utcai cipőjében a tükörjeges ösvényeken. Ezt a későbbiek során már csak az egyik vízesésnél az az angol gyerekcsoport múlta felül, akik szintén a tükörjég turistaösvény szélén (ahol mi hágóvasban közlekedtünk) táncoltak utcai cipőben a 100 m magas vízesés tetején.

Ezek után igyekeztünk a tipikus turistalátványosságokat messziről elkerülni. Egy másik nap például felkerestünk egy természetes melegforrást, ahol jó pár órát töltöttünk a meleg vízben, csodálva a hóviharokat, amik felettünk átvonultak. Persze a végén az átöltözés nagyon kemény mutatvány volt a hatalmas szélben és hófúvásban, de mindenképpen megérte az élményt. A hét végén az izlandi kolléga mutatta körbe a saját mérési helyszíneit, ahol a környék meleg vizes patakjai által szállított hőmennyiséget próbálják megbecsülni, abból a célból, hogy a későbbiekben azt kis volumenű (pl. háztartási szintű) hasznosításra lehessen közvetlenül alkalmazni. Ezen a héten szerettünk volna még elmenni túrasielni is egyet, de a hóhiány, meg a megbízhatatlan időjárás végül ezt nem tette lehetővé.

Az első hétvégén beköltöztünk az új szállásunkra Reykjavíkba, mert a következő hetet munkaügyben itt kellett töltenem. A férjem, aki eddig kísért, másnap ment volna haza, de az időjárás itt is közbeszólt. Hatalmas viharcella érte el a szigetet, így az összes aznapi gépet törölték, szerencséjére egy két nappal későbbi gépre még épp volt hely, és addigra a vihar is elcsendesedett.

Ezen a héten a munkáé volt a főszerep. Többek között létezik egy, az ICEDUST, Icelandic Aerosol and Dust Association által vezetett európai szintű kutatóhálózat, mely az éves megbeszélését pont a napokban tartotta itt. Ropant érdekes előadásokat hallottam számomra eddig teljesen ismeretlen témákban, például, hogy az izlandi porforrásokat hogyan is próbálják meg karakterizálni, vagy, hogy a porforrások környezetében a szélviharak milyen

tulajdonságokkal bírnak. Szintén ezen a héten előkészítettük a hallgatói méréseket is, ugyanis a hét közepén a Reykjavíki Egyetem egy csoportnyi hallgatója terepnyakorlaton vett részt. Hőmélység méréseket végeztek egy-egy kb. 3 foci pályányi sík területen azt vizsgálva, hogy a szél hatására hogyan változik a hőmélység ilyen kis skálán. Itt többek között segítettem a hallgatóknak, valamint bemutattam nekik a hőrétegelemzés menetét. A méréseket egyrészt a Hellisheiði hőerőműnél, valamint a Blafjöll síkőzpontnál végeztük, így a nap végén még pár órát az esti síelésből is elraktunk.

Ami számomra kifejezetten érdekes volt, az a hallgatóknak a terepi mérésekre való fel(nem)készültsége volt. Ahhoz képest, hogy mind Reykjavíkban vagy a környékén élnek, többen a február közepén tartandó egész napos havas terepi mérésekre kesztyű és sapka nélkül, utcai cipőben érkeztek, hiába hívtuk fel előzetesen a figyelmet a felszerelésre. Persze ennek lehetne az az oka, hogy alából nem fázósak, de itt nem ez volt a helyzet. Így volt olyan mérőcsapat, amelyik a mérés közepén csapatot otthagya bevonult a melegre kocsmázni.

A második hét végén megérkezett Reykjavíkba két jó ismerősöm, két igazi hegyi medve, akikkel a lavinás méréseket terveztük megvalósítani (4–5. ábra).

Mivel az már jól látszott, hogy ehhez a hóviszonyok Reykjavík környékén nem lesznek megfelelőek (hiába vannak meredek erdős lejtők), így velük rögtön északnak vettük az irányt és Akureyri-ig, a Troll félsziget fővárosáig meg sem álltunk (pontosabban csak egyszer egy meleg vizes forrásban fürdeni). Itt rögtön első este sikerült impozáns északi fényekbe botlanunk, ami jó jele volt annak, hogy kéthétnyi rettentő instabil időjárás után végre talán egy stabilabb időjárási ablak következik. A helyszínre érve először körbeautóztuk a terepet megszemlélve a környék kisszámú erdőségét, hogy kiválasszuk a számunkra megfelelőeket. Míg eddig az időjárás volt a fő ellensége a méréseknek, most a parkolóhely lett az. Ugyanis a hosszú egyenes völgyek szélcsatornaként vezetnek a szelet és bár a bennük vezető egy-egy út többé kevésbé le van takarítva (értsd egy vékony jégréteg van rajta a méteres hó helyett), de parkolóhely egy szem sincs ásva a hóba. Így vagy ás az ember magának, ahova azért jó eséllyel még be is ragad, vagy kinéz egy-egy szélesebb laposabb helyett és nagyon reménykedik, hogy a kocsit a tükörjégen nem tolja odébb a hatalmas szél. A mérések lényege az volt, hogy teljes hóprofil és hótakaró stabilitás analízist végezzünk minél több meredek erdős helyen, egyrészt mintákat véve mind az erdőkben, mind közvetlen az erdők mellett. Így pontosabb információt kapnánk arról, hogy az erdők mennyire stabilizálják a havat, mennyivel csökkentik annak az esélyét, hogy egy-egy lavina bennük meginduljon. Erre nézve korábban már például Svájcban is végeztek kutatásokat, de az izlandi hóviszonyok nagyban különböznek a svájciaktól, ezért kifejezetten érdekes és hasznos lenne megvizsgálni ezt a kérdést itt is. Több izlandi településen is probléma a lakóházak lavinák általi veszélyeztetettsége, amit sokan egy-egy apróbb facsoport ültetésével igyekeznek kivédeni. Itt megemlítem, a témában az az általános vélekedés,

hogy a fák stabilizálhatják a hótakarót, azaz annak az esélye, hogy egy erdőben lavina keletkezzen, valóban bizonyos körülmények esetén kisebb, de ha egy lavina át-söpör, átfolyik egy erdőn, ott ritkán fogja az erdő jelentős mértékben a védelem szempontjából előnyös módon megváltoztatni a hófolyam bármilyen fizikai paramétereit, tehát kivételes esetektől eltekintve az erdő, pláne egy kisebb facsoport ilyen esetben semmi védelmet nem jelent.

A következő napok végre intenzív méréssel teltek (6. ábra), bár a társaim azért időnként elmentek egyet-egy



4. ábra: Útban északnak a Snaefellsjökull Nemzeti Park felé



5. ábra: Az elmaradhatatlan izlandi lovak; fantasztikus, hogy bírják az óriási szelet és a hideget

csúszni a környező hegyoldalakon, ahol igencsak változatos, de legfőképpen nem az átlag túrasielő álmaiban megjelenő porhavas lejtők fogadták őket. Nem meglepő módon rengeteg firnnel, valamint az izlandi hóviszonyokra oly jellemző apró gömb alakú hószemcsékkel találkoztak elsősorban.

A hóprofilok felvétele során rengeteg szélfűvás építette hőréteget találtunk, emellé több olvadás-fagyási ciklusra és esős időszakra utaló réteget is felleltünk, továbbá sok helyen erre a klímára oly jellemző mélységi dér is jelen



6. ábra: Valahol a Troll fől szigeten; itt látszik igazán, miért is érdemes télen az útviszonyoknak megfelelő járművel érkezni

volt. Sajnos pont a rengeteg réteg miatt, valamint a megfelelő helyszín kiválasztásának körülményessége miatt a mérések csak nagyon lassan haladtak, így igazán reprezentatív eredményekhez még szükséges lesz további mérések elvégzése.

Szintén ez alatt az idő alatt elvégeztük a hósűrűség-mérő csövek összehasonlító méréseit is. Itt végül csak két cső-típust használtunk, az egyik az OMSZ által is használt 60 cm hosszú vastagabb típus, míg a másik, az Amerikában is elterjedt úgynevezett Federal Sampler volt. Az eredeti elképzelés szerint még egy, a Finn Meteorológiai Szolgálat által használt csővel is végeztünk volna méréseket, de ez sajnos végül nem érkezett meg.

Az itt végzett mérések konkrét eredményei végül nem, de jó pár egyéb mérés eredménye a témában az alábbi cikkben lesz olvasható: López-Moreno, J.I.; Leppänen, L., Luks, B., Holko, L., Picard, G., Sanmiguel-Vallelado, A., Alonso-González, E., Finger, D.C., Nadir-Arslan, A., Gillemot, K., Sensoy, A., Sorman A., Cansaran Ertaş, M., Fierz, C., Fassnacht, S.R., Marty, C.: Intercomparison of measurements of bulk density and water equivalent of snow cover with snow core samplers: instrumental bias and variability induced by observers (*in print*).

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

A LÉGKÖR célja a meteorológia tárgykörébe tartozó kutatási eredmények, szakmai beszámolók, időjárási események leírásának közzétevése. 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 ábraalíráásokat. A közlésre szánt táblázatokat akár Word-, akár Excel-fájlban szintén egyenként kérjük megadni. Amennyiben a szerzőnek egyéni elképzelése van a nyomtatásra kerülő közlemény felépítéséről, szívesen fogadunk *kiegészítésként* PDF-fájlt is.

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

Négy nap múlva sajnos indulnunk kellett vissza, hisz másnap már az ország déli részére voltunk hivatalosak. Épp az utazás napján akkora szél volt a sziget északi részén, hogy több mint másfél órát egy benzinkút parkolójában töltöttünk a szél csendesedésére várakozva, miután egy nagyobb pöff menet közben kifordította az egyik ablaktörő lapátunkat. Laugarvatnban találkoztunk az Erasmus program izlandi főszervezőjével, aki hivatásánál fogva a helyi egyetemen oktatja az „Outdoor” szakon tanuló hallgatókat, többek között például úgy, hogy elviszi őket egy hétre sátrazni valamelyik gleccserre. Míg ő elkísérte a társaimat túrásielni a házi hegyére, addig én elkészítettem néhány befejező mérést. A túrásielés számukra viccesen sikerült, mert miután felkapaszkodtak egy hegyoldalban, a gerincen a szokásos hatalmas izlandi szél fogadta őket, az a fajta, amiben már állni is csak alig lehet. Ekkor a helyi vezetőjük simán felajánlotta, hogy mi lenne, ha várnának ott a szélben fél órát, hátha eláll és akkor folytathatják a túrát. Kivételesen a társaim mondták, hogy az sem baj, ha visszafordulnak, pedig ők aztán ritkán szoktak bárhol is visszafordulni.

A túra utolsó napján már tényleg a lazítás volt a főszerep. A társaim ismét valami gleccseren csavarogtak a túraléceikkel a ködben, míg én felfedeztem a Skogafoss vízesés környékét. Mivel itt is rengeteg turista volt, ezért én rögtön az ellenkező irányba vettem az irányt és csak úgy találomra követtem egy kicsi túrázó csapatot. Ennél jobban nem is dönthettem volna, a csapat egy kicsi, de annál vadregényesebb völgybe tartott, a végén egy gyönyörű és elhagyatott vízeséssel, aminek ráadásul még a háta mögé is be lehetett sétálni. Mindez legfeljebb 2 kilométerre volt a turistáktól csüngő Skogafoss zuhatagtól, ebből is látszik, hogy Izlandon is igaz: néha igenis érdemes elhagyni a járt utakat.

A repülőtér felé megálltunk még egy gyorsat ejtőzni egy természetes meleg forrásban, majd 3 hét után már a felszállás pillanatában visszavágyakozva hagytuk ott ezt a télen is éppoly csodálatos országot.

A fent ismertetett kutatások az Európai Unió Horizon 2020 Kutatási és Innovációs Program Marie Skłodowska-Curie #743713 kutatási támogatásának köszönhetően, valamint a COST ES1404 Harmosnow Akció keretében valósulhattak meg.

MÉSZÁROS ERNŐ: A FÖLDI LÉGKÖR TÖRTÉNETE, AZ ATOMOKTÓL A KÜLÖNLEGES GÁZKEVERÉKIG. KÖNYVBEMUTATÓ

ERNŐ MÉSZÁROS: THE HISTORY OF THE EARTH'S ATMOSPHERE, FROM ATOMS TO SPECIAL GAS MIXTURE. BOOK PRESENTATION

Bozó László

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

Mészáros Ernő akadémikus legújabb tudományos kötete bolygónk légkörének történetét ismerteti: végigvezeti az olvasót az ősrobbanástól napjainkig tartó meghatározó eseményeken, melynek során a könyv alcímében jelzett atomoktól a mai különleges földi gázkeverékig jutunk.

Mitől is egyedülálló gázelegy a levegő? A naprendszer légkörrel rendelkező belső és külső bolygóival ellentétben szabad állapotban jelentős mennyiségű oxigént tartalmaz, ráadásul a benne található gázok nincsenek fizikai-kémiai egyensúlyban.

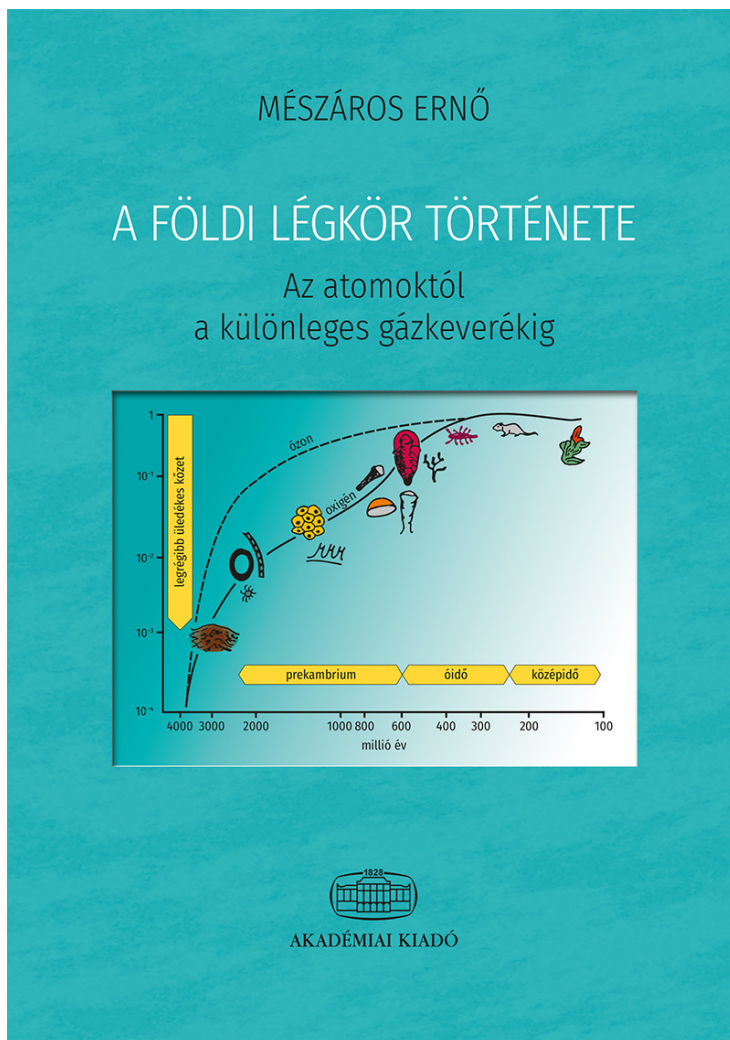
Ennek okait, fejlődéstörténetét, a földi élet szerepét, beleértve az emberi tevékenységnek a légkör összetételére gyakorolt hatását mutatja be a könyv a Szerzőtől megszokott tudományos alaposággal és igényességgel, a legújabb kutatási eredményekre támaszkodva, de a nem levegőkémiai szakemberek számára is közérthető és olvasható módon.

A bevezető részben megfogalmazza a légkör történetére irányuló vizsgálatok különleges összetettségét és bonyolultságát: „... a légkört, a levegőt nem lehet önmagában vizsgálni. Összetételének megértéséhez nemcsak a légköri, hanem az egész földi környezet működésével tisztában kell lennünk. Ha arra is kíváncsiak vagyunk, hogy miért ezek az elemek, vegyületek vesznek részt ebben az anyagáramlásban, akkor nemcsak a jelent, hanem a múltban lejátszódó eseményeket is ismernünk kell. A Föld, ezen belül a légkört felépítő elemek, molekulák kialakulása ugyanis évmilliárdokkal ezelőtt ment végbe.”

A második fejezet az ősrobbanástól indulva mutatja be az elemek és vegyületek keletkezését. Fontos mérföldkő ebben a folyamatban az első generációs csillagok keletkezése az ősrobbanás után több százmillió évvel, majd a második generációs csillagok (pl. a Nap) kialakulása. A Szerző többek között ismerteti az elemek kozmikus gyakoriságát atomtömegük függvényében. A hidrogén és a hélium után legnagyobb mennyiségben, sorrendben az oxigén, a szén és a nitrogén fordul elő. „Vajon véletlen, hogy a Föld légköre a leggyakoribb kozmikus elemek molekuláiból áll, az élő szervezetekről nem is beszélve? Nyilvánvalóan nem. Mint ahogy az sem, hogy a Föld szilárd burkát a következő, legnagyobb részarányban előforduló elemek, így a magnézium és a szilícium alkotják... A nehezebb vas viszont a Föld bolygó magjának a legfontosabb összetevője.”

A harmadik fejezet a Naprendszer, a bolygók kialakulását tekinti át, számos tudományos összefoglaló munkára hivatkozva. Az éppen kialakulóban lévő, fiatal Földön uralkodó körülményeket a Szerző így jellemzi: „... semmi sem mutatta, hogy a bolygó valamikor kellemes éghajlatú, az életet tápláló lakóhely lesz. Inkább a

pokolra hasonlított. Vörösen izzó, legalább 1000 K hőmérsékletű, fortyogó olvadék volt. A különböző nagyságú, kisebb-nagyobb objektumok becsapódása miatt ugyanis magas volt a hőmérséklet, amit csak fokozott a radioaktív bomlás miatti hőfelszabadulás... Az újszülött bolygó légköre kis nyomású vízgőzből, metánból, ammóniából és hidrogénből tevődött össze... ezt a gázburkot 'gőzlégkörnek' is nevezik.” Bolygónk jövőjét a víz jelen-



léte alapvetően meghatározta, bár ennek eredete máig vitatott: nagy valószínűséggel a földköpenyből szabadulhatott fel.

A továbbiakban áttekintést kapunk a felhőcseppek kialakulásáról és az óceánok megjelenéséről. Ez utóbbi fontos következménye volt a szén-dioxid részleges elnyelése. Földünk Naptól való távolságának egyik meghatározó következménye, hogy a szénatomok itt inkább szilárd fázisban, míg a Naphoz közelebb keringő, ezért melegebb Vénuszon gázfázisban vannak jelen. Végül az őslégkör éghajlatával kapcsolatban megállapítja: „... az őslégkör üvegházhatása sokkal erősebb volt, mint napjainkban. Ez a következtetés jó egyezésben van az őslégkör összetételéről elmondottakkal: az üvegházhatás szempontjából meghatározó szén-dioxid koncentrációja sokkal nagyobb volt, mint manapság.” Körülbelül 4 milliárd évvel ezelőtt a Föld kialakult bolygó volt. Légköre elsősorban nitrogénből és szén-dioxidból állt. A légnyomás a maihoz hasonló, a hőmérséklet a jelenleginél valamivel magasabb volt. „Azt is lehetett volna gondolni, hogy a bolygó fejlődése gyakorlatilag befejeződött... Igazából ekkor kezdődött a mai étellel teli bolygó története. És az élővilággal kölcsönhatásban Földünk mai légkörének kialakulása.”

A negyedik fejezetben újabb mérföldkőhöz érkezünk: a fotoszintézis megjelenése lehetővé tette a légköri oxigénszint növekedését. A könyv *Kasting* modelljén keresztül mutatja be a környezet oxidációs állapotának változását. Ez a folyamat különböző okok miatt időben nem volt egyenletes, azonban mintegy 1,9 milliárd éve az oxigén légköri mennyisége hirtelen nagyot ugrott. Ez a bioszféra fejlődésére, első lépésként az eukarioták, vagyis a sejt-maggal rendelkező egyséjtűek megjelenésére jelentős hatást gyakorolt. „A fotoszintézissel termelt oxigén először mérgező volt az akkori óceáni élővilág többsége számára. Sok anaerob (oxigénmentes) környezetet kedvelő egyséjtű elpusztult. Más baktériumok viszont 'rájöttek' arra, hogy az oxidáció, a légzés sokkal hatékonyabb energiatermelési folyamat, mint a fotoszintézis.” A légköri ózon, amely kiszűri a bonyolult szerves molekulákat szétroncsoló UV sugarakat a Nap spektrumából, fotokémiai úton az oxigénből képződik. A növekvő oxigén koncentráció így az ózon mennyiségének növekedésével is járt, így az addig csak az óceánvizek kb. 10 méteres mélysége alatt létező élő szervezetek elkezdheték meghódítani a szárazföldeket is. A fejezet befejező részében a tektonikai mozgások éghajlatot befolyásoló hatásairól olvashatunk. Az ötödik fejezet a mai légköri összetétel kialakulását mutatja be. Látványos ábrán követhetjük a bioszféra fejlődésének legfontosabb állomásait a légköri oxigén és az ózon koncentrációjának időbeli változásainak függvényében, a kezdetektől a földtörténeti középidő végéig. Áttekintést kapunk az éghajlat alakulásáról a 600 millió és 60 millió év közötti időszakban. Ekkor alakult ki a

légkör mai összetétele, egyensúlyba kerültek az oxigén forrásai és nyelői. A szén-dioxid koncentrációja – rövidebb időszakoktól eltekintve – 1 térfogatszázalék alá csökkent. A nitrogén nyomása pedig már a fiatal Föld időszakától kezdve lényegében a maihoz volt hasonló. A Szerző ezután ismerteti a bioszféra evolúciójának egy fontos jellemzőjét: a tömeges kihalásokat, melyek során időről-időre családok és fajok pusztulnak ki, a földtörténeti skálán nézve igen rövid idő alatt. Ezek az események minden alkalommal a bioszféra új fejlődési szakaszait nyitották meg. „... a tömeges kihalások arra figyelmeztetnek bennünket, hogy a Föld, így a légkör története sem mentes véletlenszerű katasztrófáktól. A katasztrófák ideje azonban viszonylag rövid, és a Föld-légkör rendszer, így az éghajlat rövidesen visszatér normál állapotába.”

A hatodik fejezet a földtörténeti újidő, a kainozoikum eseményeit mutatja be. A Föld átlagos hőmérsékletének változásait követhetjük nyomon először az elmúlt 60 millió évben, majd a jelenkorhoz közeledve az utolsó 1 millió, majd részletesen az utolsó 150 ezer évben. A hőmérsékleti változékonyság mögött a Föld pályaelemek és a napfolttevékenység ingadozásai, az óceáni áramlások változásai, a legutóbbi időszakban pedig az emberi tevékenység összetett hatásai állnak. A közelmúlt és a jelen légkörtudományi vizsgálataiban a jégtakarókból vett minták közvetlen adatokat szolgáltatnak többek között arra vonatkozóan, hogy milyen összefüggés van a nyomgázok és az aeroszol részecskék koncentrációja, valamint a légkör hőmérséklete között.

A hetedik fejezet a légkör fő összetevőinek – oxigén, nitrogén, argon - anyagmértékét mutatja be. A fosszilis tüzelőanyagok elégetése során egyrészt növekszik a légköri szén-dioxid koncentráció, másrészt csökken az oxigén koncentrációja. Becslések szerint az elmúlt 20 év során mintegy 40 ppm mértékű volt ez a csökkenés, ami évente 0,002 térfogatszázaléknak felel meg. Ez elhanyagolhatónak mondható a 21%-os oxigénkoncentrációhoz képest, ugyanakkor mintegy 3 nagyságrenddel nagyobb, mint a megfigyelt természetes csökkenés.

„A Föld légköre különleges gázkeverék, amelynek különleges története van. Különlegességét a földi élet jelenlétének köszönhetjük. Légkörünk az étellel kölcsönhatásban fejlődött, és állapotát ma is a bioszféra irányítja. Kevés kivételtől eltekintve a légköri gázok biológiai forrásokból kerülnek a levegőbe, és meghatározott tartózkodási idő után ide is térnek vissza. Közben működtetik a Föld-légkör rendszert, lehetővé téve az életet.”

Mészáros Ernő kötete az Akadémiai Kiadó gondozásában jelent meg, és elektronikus formában is elérhető a MeRSZ online okoskönyvtárban: https://akademiai.hu/1754/tudomany/foldtudomanyok/a_foldi_legkor_tortenete_PTUDX00009

2019 TAVASZÁNAK IDŐJÁRÁSA WEATHER OF SPRING 2019

Szentes Olivér

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., szentes.o@met.hu

2019 tavaszának első fele a szokottnál melegebb és szárazabb, a második fele hűvösebb és csapadékosabb volt. Az évszak középhőmérséklete a sokévi átlagnál $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal volt magasabb. A március az 5. legmelegebb, a május a 11. leghidegebb volt 1901 óta, az áprilisi középhőmérséklet $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal az 1981–2010-es normál felett alakult. Az ország egész területét pozitív hőmérsékleti anomália jellemezte, kisebb körzetekben, a Dráva mentén nem érte el a háromhavi közép az átlagot. A legmelegebb a főváros, a déli, délkeleti megyék voltak, ahol a tavaszi közép meghaladta a $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, leghidegebb a magasabban fekvő területeken volt ($9\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt). Az évszak első fele meglehetősen száraz volt, márciusban a megszokott mennyiség csupán 27%-a hullott, és ezzel a 10. legszárazabb lett március 1901 óta. Áprilisban csapadékosabbra fordult az időjárás, a csapadék az átlag közelében alakult. Május szokatlanul csapadékos, az elmúlt 119 év 3. legcsapadékosabbja volt. A háromhavi összeg 29%-kal volt több a normálnál. A hegyvidéki területeken és a délnyugati határ mentén elérte az évszaki összeg a 250, néhol a 300 mm-t (Bakonybél: 312,1 mm). A legszárazabb térségek az Alföld északi részén voltak (Bagamér: 113,7 mm).

Március. A havi közép $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt. Melegebb régiók a Tisza alsó szakaszán, a Dunántúli-dombság környezetében, a Tapolcai-medencében, Budapest és Szeged környékén jelentkeztek. Hűvösebb körzetek az Északi-középhegység magasabban fekvő részein fordultak elő, itt $3\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$ közötti átlagok voltak. A legmagasabb havi közepet Szeged belterületén ($10,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), a legalacsonyabb értéket Kékestetőn regisztráltuk ($3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Az ország egész területén több fokkal az 1981–2010-es átlag felett volt a közép. A fagyos napok száma ($T_{\min}\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) 8 volt (átlag: 13). A idén sem zord

($T_{\min}\leq -10\text{ }^{\circ}\text{C}$) sem téli nap ($T_{\max}\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) nem volt (átlag: 1).

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

$24,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, Baja Csávoly (Bács-Kiskun megye), március 17.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

$-9,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, Zabar (Nógrád megye), március 28.

A március havi csapadék országosan $9,4\text{ mm}$ volt. Az Alföld tágabb környezete és az északkeleti országrész volt a legszárazabb, itt 5 mm alatti összegeket mértünk. Az ország délnyugati részén, a Börzsöny területén több volt a csapadék, $30\text{--}35\text{ mm}$. A legtöbb (a sokévi átlag 80%-a) a délnyugati országrészben, a legkevesebb az Alföld déli részén, a Tisza felső és alsó szakaszán ($0\text{--}5\%$) jelentkezett. A csapadékos napok száma országosan 6 volt (átlag: 9). Havas nap nem fordult elő (1981–2010-es átlag: 3).

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

$42,3\text{ mm}$, Lenti (Zala megye)

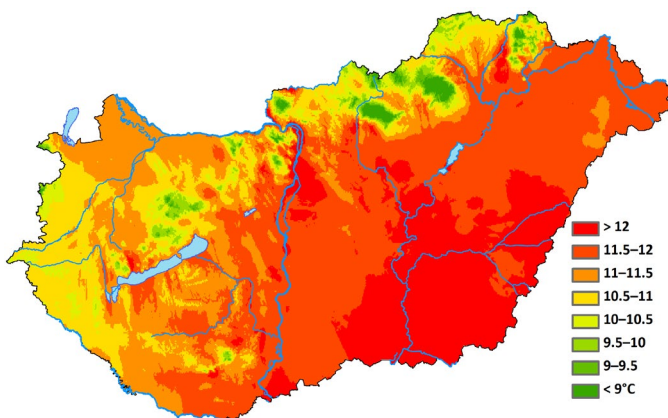
A hónap legkisebb csapadékösszege:

$0,8\text{ mm}$, Bácsalmás (Bács-Kiskun megye)

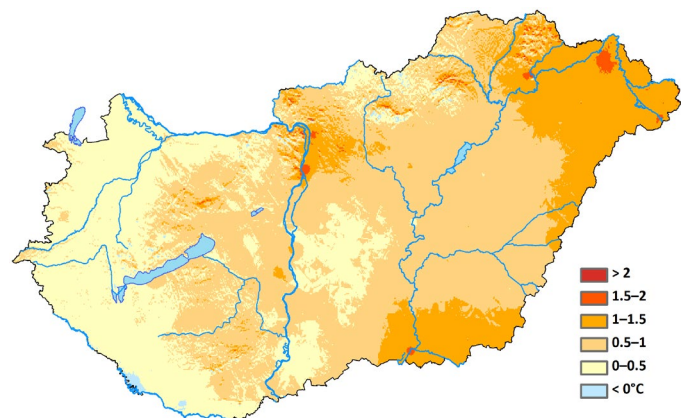
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

$15,0\text{ mm}$, Páka (Zala megye), március 4.

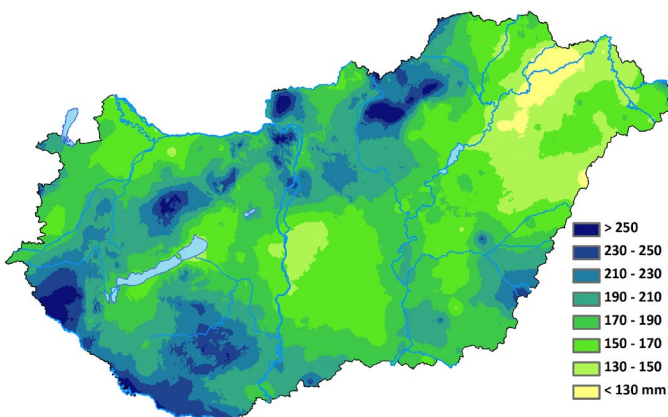
Április. A havi közép országosan $12,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt, $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal a norma felett. 1901 óta a 22. legmelegebb április. Az áprilisi közép a hegyvidéki és fagyos területek kivételével $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ felett alakult. A Dunántúl nyugati megyéiben és az Északi-középhegységben $11\text{--}12\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt a jellemző. Melegebb térségeket az Alföldön és a fővárosnál találunk. A főváros környezetében, a Dél-Alföldön, az északkeleti országrészben az eltérés meghaladta a $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, helyenként a $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot is. Fagyos nap 1 volt (átlag: 3). Nyári nap ($T_{\max}\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) 2 volt (átlag: 1). Síkvidéken mindenütt elérte a hő-



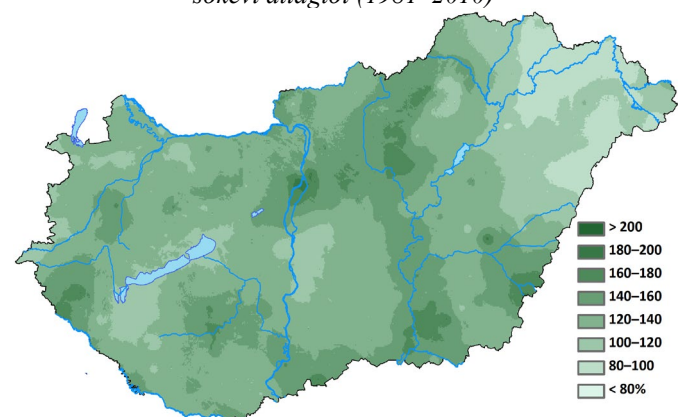
1. ábra: A 2019-es tavasz középhőmérséklete ($^{\circ}\text{C}$)



2. ábra: A 2019-es tavasz középhőmérsékletének eltérése a sokévi átlagtól (1981–2010)



3. ábra: A 2019-es tavasz csapadékösszege (mm)



4. ábra: A 2019-es tavasz csapadékösszege a sokévi (1981–2010-es) átlag százalékos arányában kifejezve

mérséklet a 25 °C-ot, általában 25-én és 26-án. Országos hőségnap ($T_{\max} \geq 30$ °C) nem volt. 26-án az Alföldön többfelé előfordult.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

30,9 °C, Békéssámsón (Békés megye), április 26.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-6,3 °C, Zabar (Nógrád megye), április 16.

Áprilisban átlagos csapadék hullott, országosan 40,9 mm, 8%-kal az átlag alatt. Legcsapadékosabb területek a Dél-Dunántúl, a Mát-ra és Bükk környezete, a Körösök és Szeged környéke voltak. Itt 80 mm fölött is hullott. A szokásosnál sokkal kevesebb volt a a középső országrészben, Nógrád megye és a Kisalföld térségében, helyenként a keleti határ mentén az átlag 30–50%-a esett. Csapadékosabban alakult a hónap a Dunántúl déli részén, foltokban az Alföldön, az Északi-középhegység egyes területein, ahol a sokévi áprilisi átlag több mint 1,5-szerese is lehullott. A csapadékos napok száma országosan 10 volt, ami megfelel a sokévi átlagnak. Zivataros napok száma 1, havas nap nem fordult elő.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

97,6 mm, Királyegyháza (Baranya megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

12,1 mm, Dunakiliti Erzsébetmajor (Győr-Moson-Sopron m.)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

40,0 mm, Királyegyháza (Baranya megye), április 10.

Május. A havi közép 13,6 °C volt, 2,5 °C-kal a normál alatt. 1991 óta a leghidegebb május. Az Alföldön 14–15 °C, a Dunántúl keleti, délkeleti részén 13–14 °C, a Nyugat-Dunántúlon, a Kisalföldön 12–13 °C között volt a közép. A magasabb hegyeken még 10 °C sem volt a havi közép. A Dunántúlon a negatív anomália sokfelé elérte a 3–4 °C-ot. Nyári nap 2 volt (átlag: 9). A Tiszántúlon 2–4,

másutt 1, a Dunántúlon és északon több állomáson egyetlen ilyen nap se volt. Hőségnap nem volt (átlag: 1). A májusi maximum alacsonyabb volt az áprilisinál.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

28,3 °C, Budakalász (Pest megye), május 26.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-1,7 °C, Kecskemét K-pusztá (Bács-Kiskun megye), május 8.

A május rendkívül csapadékos volt, országosan 132,9 mm, az 1981–2010-es átlag 213%-a. Ez a 3. legcsapadékosabb május 1901 óta. A Dunántúlon nagy területen 150 mm-nél is több, az Alföld nagy részén 100 és 150 mm közötti mennyiségben esett. Északkeleten és a Hármas-Körösönél találunk olyan térségeket, ahol a havi csapadék 100 mm alatt maradt. A hegységeinkben a 200 mm-t is meghaladta a havi csapadék, de 200 mm feletti értékek is előfordultak a főváros környezetében és Zalában is. A kevésbé csapadékos északkeleti állomásokon is elérte a sokévi átlagot a májusi csapadék. Az ország legnagyobb részén a szokásos érték 2–2,5-szerese fordult elő. Országosan 18 csapadékos nap volt (átlag 11). Északon, északnyugaton 15–17, északkeleten helyenként 15 alatt, délkeleten és a Dél-Dunántúlon többfelé 20–23 napon volt csapadék. A zivataros napok száma országosan 4 (normál: 3). Egyes hegyi állomásainkon előfordult 1–2 havas nap is. Május 5–6-án 1985 óta először összefüggő hóréteg is kialakult.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

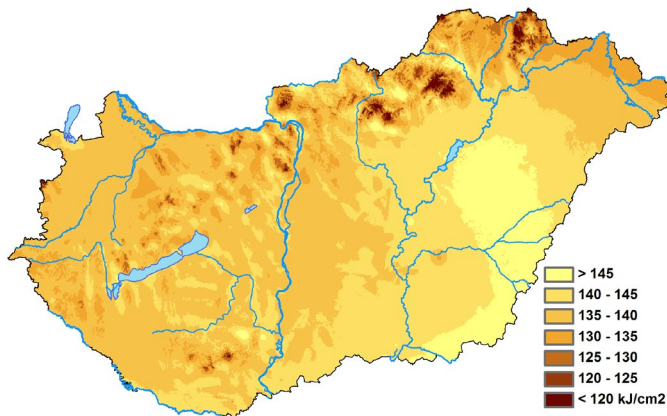
246,7 mm, Bakonybél (Veszprém megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

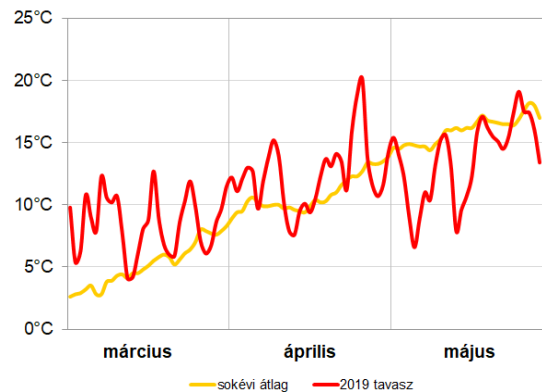
63,8 mm, Mándok (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

141,2 mm, Dédestapolcsány (Borsod-Abaúj-Zemplén), 05.29.



5. ábra: A 2019-es tavasz globálsugárzás összege (kJ/cm²)



6. ábra: A 2019-es tavasz napi középhőmérsékleteinek eltérése a sokévi (1981–2010-es) átlagtól (°C)

2019. tavasz időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés, óra		Sugárzás, kJcm ⁻²	Hőmérséklet, °C						Csapadék, mm			Szél viharos nap ($f_x \geq 15$ ms ⁻¹)
	évszak összes	eltérés		évszak összes	évszak közép	eltérés	max	napja	min	napja	évszak összes	átlag %- ában	
Szombathely	586	38	139	10,9	0,6	25,8	4.25	-4,9	3.21	159	120	22	16
Nagykanizsa	-	-	137	10,5	0,0	26,7	5.26	-4,4	3.21	180	109	23	10
Siófok	-	-	139	12,1	0,7	27,6	4.26	-0,5	3.21	123	93	19	23
Pér	-	-	-	11,0	-	26,8	4.26	-4,1	3.21	136	101	25	19
Pécs	649	58	144	11,9	0,7	27,6	4.26	-2,1	3.13	204	134	27	9
Budapest	623	25	136	12,4	0,9	28,9	4.26	-2,1	3.13	221	167	21	6
Miskolc	644	72	134	11,4	1,2	28,3	4.26	-3,6	3.13	232	164	30	2
Kékestető	584	26	131	6,2	0,6	20,9	4.26	-4,0	3.12	307	145	33	30
Szolnok	-	-	148	12,2	0,8	29,1	4.26	-4,1	3.13	190	149	26	11
Szeged	659	83	145	12,5	1,1	30,3	4.26	-4,7	3.13	181	152	20	6
Nyíregyháza	-	-	140	12,0	1,3	29,6	4.26	-1,1	3.03	142	109	20	20
Debrecen	707	104	143	12,0	1,0	29,0	4.26	-3,6	3.13	139	95	23	10
Békéscsaba	-	-	149	12,0	0,8	28,7	4.26	-4,9	3.28	219	154	22	9

