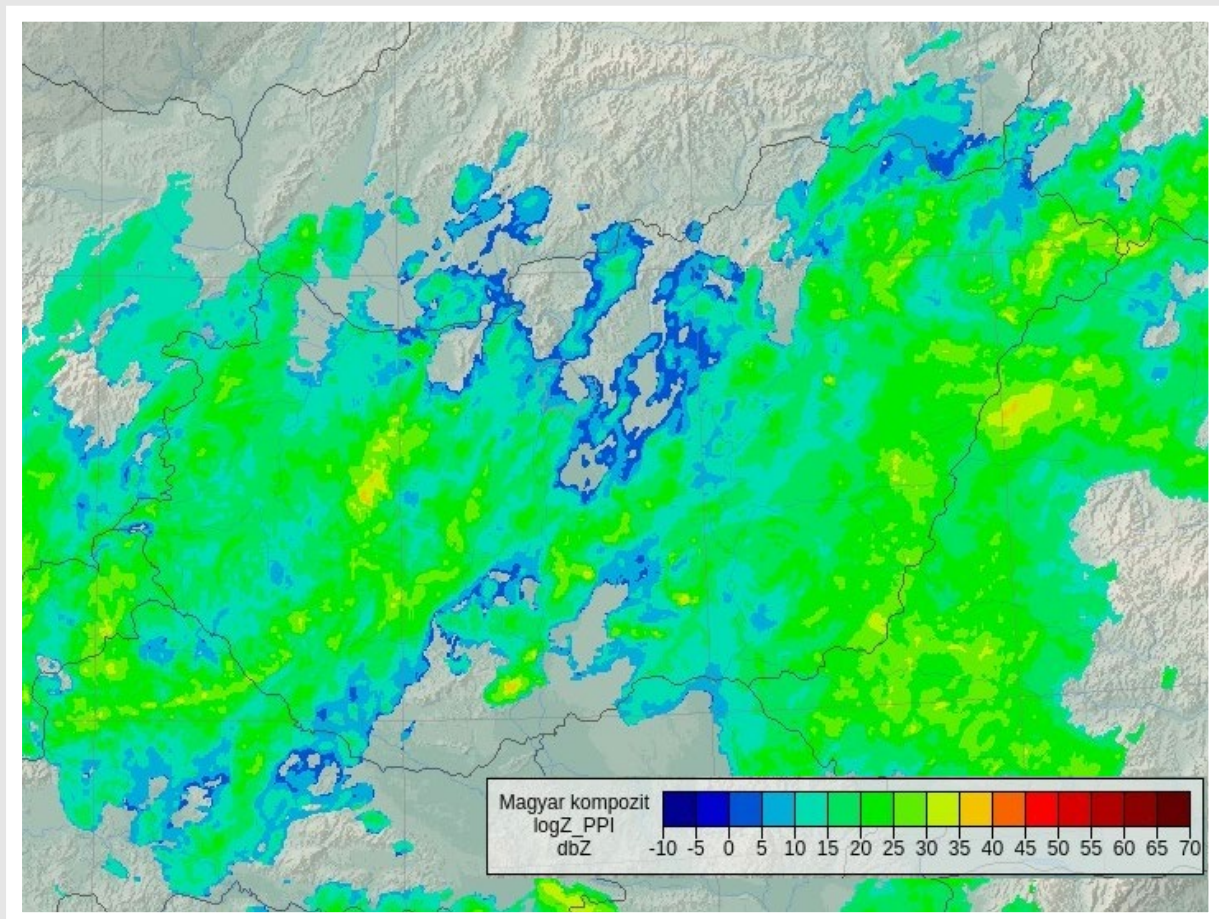


L É G K Ö R

64. évfolyam

2019. 4. szám



ELHUNYT BARÁT JÓZSEF



Barát József (Hejőcsaba, 1934. október 30. – Budapest, 2019. október 15.) meteorológus. 1957-ben végzett az ELTE-n, mint okleveles meteorológus. 1957. szeptember 30-ától az Országos Meteorológiai Intézet (OMI, később OMSZ) munkatársa. Szakmai érdeklődésének megfelelően kezdetben a Műszer Osztályon meteorológiai műszerkalibrálással és hitelesítéssel foglalkozott. Osztályvezető (1964), főosztályvezető (1965), igazgatóhelyettes (1968). Elnökhelyettesként (1971) a Szolgálat pénzügyi és gazdasági irányítását végzi. Az OMSZ elnöke 1981. február 1. és 1990. november 30. között. Elnöksége idején kezdődött meg az OMSZ számítástechnikai fejlesztése, felépült az OMSZ új számításközpontja a pestszentlőrinci Tatabánya téren. A Magyar Meteorológiai Társaságban kezdeményezte a szoros együttműködést a Szlovák Meteorológiai Társasággal. A XI. Szovjet Déli-sarki Expedíció keretében 1965. december és 1967. március között magaslégköri kutatást végzett az Antarktiszon. Rendszeresen részt vett az ELTE meteorológus hallgatók mérés technikai oktatásában. 1988-ban a Magyar

Földrajzi Társaság tiszteleti tagjává választotta. Az OMSZ és a HM közötti jó kapcsolat kialakítására való tekintettel a vezérkar főnöke tartalékos alezredesnek nevezte ki. A Magyar ENSZ Társaság Intéző Bizottságának tagja (1984), a Magyar Könnyűbúvár Szövetség elnöke (1986). Kitüntetések: Kiváló dolgozó (1962, 1970), Udarnyik Kommunizticseszkovo Truda (Kommunista Munka Élmunkása – 1967), Munkaérdemrend ezüst fokozat (1968), arany fokozat (1985), MMT Steiner Lajos Emlékérem (1978), Haza Szolgálatért Éremrend (1980), MTESZ Díj (1988), MMT Tiszteleti tag (1992), Schenzl Guido díj (2008). Irod: *Titkos, E., Hirling, Gy., Barát, J., Rockenbauer, P., Szabados, T. és Vissy, K.* Magyarok az Antarktiszon. Budapest 1976, pp. 408

BÚCSÚBESZÉD ÉDESAPÁM TEMETÉSÉN

Barát Imola

baratimola@gmail.com

Édesapám, Barát József Flórián, Miskolcon, Hejőcsabán született, 1934. október 30-án.

Édesanyja korán nehéz sorsra jutott, árva lett. Édesapja Diósgyőrben nehéz fizikai munkával kereste kenyerét, olvasztár volt. A szülők, nehéz helyzetük ellenére, boldog, kiegyensúlyozott, kifejezetten szeretetteljes gyermekkort biztosítottak három gyermeküknek, apukámnak (Józsefnek), és két húgának, Marikának és Jolikának. A családot nyugodt higgadtsággal irányító, istenhívő nagymamámért haláláig rajongott édesapám, példaképének tekintette, tisztelte, szerette, felnézett rá. A testvéreket sikerült nagyon összetartóvá formálni, rendszeresen összejártak, hosszabb időre is, az utolsó pillanatig teljes odaadással segítették egymást.

Apukám általános iskola negyedik osztályáig Hejőcsabára járt, majd a Miskolci Katolikus Fiúgimnáziumba, amit 1948-ban államosítottak, így a Mikszáth Kálmán, későbbi Földes Ferenc Gimnáziumban végzett.

Édesanyámmal, Cseh Idával, hosszú az ismeretség. Még közös szülőhelyükön, gyerekkorukban ismerkedtek meg, az akkor még szokásos tánciskolában indult a romantikus kapcsolat, majd a budapesti egyetemi évek után, 1958-ban házasodtak össze. 1964-ben született Mónika, 1965-ben Imola. Most, 2019. augusztus 19-én volt 61 éve, hogy kitartottak ki egymás mellett jóban-rosszban.

Édesapám villamosmérnök szeretett volna lenni. A jelentkezési lapjára második helyen írta be a meteorológiát. Meglepett, mikor egyenesen oda hívták be. 1957-ben végzett. Később nem bánta meg, mert élete nagy kalandja volt a Déli-sarkon töltött másfél év. Nyolc éve dolgozott a meteorológiai szolgálatnál, mikor lehetősége nyílt Dr. Dési Frigyes igazgató támogatásával, harmadik magyarként, részt venni a Szovjet Antarktisi Expedícióban 1965 decemberétől 1967 májusáig. Szerette a kihívásokat, és akkoriban még sokkal kevésbé volt komfortos az élet egy ilyen kutatóállomáson. Szerettük nézegetni a pingvines, hajós, rádiószondás lufis fényképeit, hallgatni a történeteit a szellőzőnyíláson befújó hóról, az ottani életről. Tanult szakmáján belül megmaradt eredeti érdeklődése mellett, egész életében a gépek, műszerek megszállottja volt. A Déli-sarkon is hobbiból épített például egy rádiót, amivel magyar szót is hallhatott.

Hazajövele után igazgatóhelyettesként, elnökhelyettesként, majd nyugdíjazásáig elnökként dolgozott. A meteorológia egy életre szóló kötődés maradt, visszajárt előadásokra, szeretettel lelkesedett a fiatalok teljesítményéért. Hálás volt azoknak a barátoknak, akik utolsó pillanatig érdeklődtek felőle.

Édesapám egy lelkesedős, melegszívű ember volt. Nagyon jó apukánk volt, mindig mellettünk állt, számíthattunk rá, büszke volt ránk. Nagyon szeretett tervezni, szerelni. Sose hittük volna, hogy 70 éves korában még nekiáll, és felépít egy nagyszerű családi házat, az autókat sose engedte szerelőhöz vinni, mert először majd ő megpróbálja... év elején még azért került bajba, mert fiatalosan felugrott egy teherautóra bűtört pakolni, de rosszul kapaszkodott és leesett. Akkor nem gondoltuk, hogy egy gyorsan fejlődő, megállíthatatlan betegség miatt a születésnapján már nem lesz velünk. Még száz évre szóló ötlete volt, hogy mit fog csinálni. Búcsúzunk tőle.

Felelős szerkesztő:

Dunkel Zoltán

a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:

Barcza Zoltán Budapest

Bartholy Judit Budapest

Bíróné Kircsi Andrea Budapest

Bihari Zita Budapest

Gál Tamás Szeged

Haszpra László Budapest

Hunkár Márta Keszthely

Kolláth Kornél Budapest

Lakatos Mónika Budapest

Molnár Ágnes Veszprém

Péliné Németh Csilla Budapest

Sarkadi Noémi Pécs

Sáhó Ágnes Göd

Somfalvi-Tóth Katalin Kaposvár

Szépszó Gabriella Budapest

Szintai Balázs Budapest

Tóth Róbert főszerkesztő-helyettes

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:

Országos radar kompozit, 2019.05.05. (00:50 UTC)	133
Elhunyt Barát József	134
Barát Imola: Búcsúbeszéd édesapám temetésén	134
Mészáros Ernő: Búcsúztató Barát József temetésén, 2019. október 29-én	136
Radics Kornélia: Elnöki búcsúztatás Barát József ravatalánál	137

TANULMÁNYOK

Füzi Tamás és Ladányi Márta: A szárazság és hőség gyakorisága Mosonmagyaróváron 1961–2018 között	138
---	-----

KRÓNIKA

Dombai Ferenc: A radarmeteorológia első 50 éve Magyarországon	140
Steib Roland, Hadvári Marianna, Horváth Gyula és Radics Kornélia: Radarmeteorológia – Múlt, Jelen, Jövő	151
Szépszó Gabriella: Magyarország 25 éve az ECMWF társult tagja	153
Tóth Zoltán és Fekete Dénes: 50 éves a légköri teljes ózontartalom operatív mérése Magyarországon	155
Bíróné Kircsi Andrea és Tar Károly: Dr. Justyák János emlékére, születésének 90. évében	161
Bíróné Kircsi Andrea: A felmelegedés klímacsíkokon	163
Zsikla Ágota és Szilágyi Eszter: A 2019. évi Balatoni és Velencei-tavi viharjelzési szezonról	164
Krivánné Horváth Ágnes: Földtudományos Forгатag – 2019	170
Szentes Olivér: 2019 őszének időjárása	172
Dombai Ferenc: Kislexikon	174
Szerzőink figyelmébe	174
A 64. évfolyam (2019) szerzői	175

LIST OF CONTENTS

COVER PAGE:

Hungarian radar composite, 2019.05.05. (00:50 UTC)	133
József Barát passed away	134
Imola Barát: Farewell speech at my father's funeral	134
Ernő Mészáros: Farewell at József Barát's funeral, 29 October 2019	136
Kornélia Radics: Presidential farewell at József Barát's catafalque	137

STUDIES

Tamás Füzi and Márta Ladányi: Frequency of Drought and Heat in Mosonmagyaróvár between 1961–2018	138
---	-----

CHRONICLE

Ferenc Dombai: First 50 Years of Radar Meteorology in Hungary	140
Roland Steib, Marianna Hadvári, Gyula Horváth and Kornélia Radics: Radar Meteorology – Past, Present, Future	151
Gabriella Szépszó: Hungary is an Associate Member of the ECMWF for 25 years	153
Zoltán Tóth and Dénes Fekete: 50 Years of the Operational Atmospheric Total Ozone Observation in Hungary	155
Andrea Bíróné Kircsi and Károly Tar: In Memory of Dr. János Justyák, in the 90th Year of his Birth	161
Andrea Bíróné Kircsi: Global Warming on Climate Stripes	163
Ágota Zsikla and Eszter Szilágyi: Storm Warning Season at Lake Balaton and Velence in 2019	164
Ágnes Krivánné Horváth: Earth Science 'Whirl' – 2019	170
Olivér Szentes: Weather of Autumn of 2019	172
Ferenc Dombai: Pocket Encyclopedia	174
Instructions to authors of LÉGKÖR	174
Authors of Volume 64th (2019)	175

BÚCSÚBESZÉD BARÁT JÓZSEF TEMETÉSÉN, 2019. OKTÓBER 29-ÉN

Mészáros Ernő

meszaroserno35@gmail.com

Kedves Jóska! Drága Barátom!

Most, amikor itt állok ravatalod előtt és az évfolyamtársak, a kollégák és a barátok nevében örökre búcsúzom Tőled, mint az őszi forgószelemben a megfáradt levelek, emlékek ezrei kavarnak bennem, emlékek, amelyeket hosszú ismeretségünk, meghitt barátságunk két emberöltőnyi ideje alatt együtt éltünk át, amelyek egyszerre ivódtak a lelkünkbe. Így felmerül bennem 1953. augusztus 31-e, amikor, mint frissen fölvetett meteorológus hallgatók, először találkoztunk az Eötvös Lóránd Tudományegyetem Múzeum körüli egyik épületében, hogy megkezdjük szakmai életünket. Szegényes öltözékünkkel megtépett hadsereghez hasonlítottunk, de fiatalok voltunk, szemünkben egy szebb jövő reménye tükröződött, úgy éreztük, valami nagyszerű vár ránk, előttünk állt az élet.

Hatvanhat évvel ezelőtt az ország nyomorúságos állapotban volt. Szegények voltunk. Ez alól csupán egyetlen fontos kivétel volt, sportolóink, így futballistáink eredménylistája. Bennünket is a sport szeretete hozott össze. Nemcsak együtt izgultuk át az évszázad mérkőzését, hanem később együtt kergettük a labdát a *Meteorológia* kispályás focicsapatában, talán nem is olyan eredménytelenül. A meccseken nézők is megjelentek. Egyszer elhozta a menyasszonyodat, Idukát is, aki aztán egész életedben feleséged, segítőtársad, támaszod volt. Büszke vagyok rá, hogy Ő is barátságával tisztelt meg. Halálad alkalmával mélységes együttérzésemről biztosítom.

Mikor az akkori Országos Meteorológiai Intézethez kerültünk, az volt az elképzelésem kedves Jóska, hogy majd együtt dolgozunk. Tudtam, hogy szükségem van valakire, aki nemcsak megbízható barát, hanem képes átsegíteni azokon a szinte megoldhatatlan műszaki nehézségeken, amelyekkel kezdeti kutatásaink során szembe találtuk magunkat. Sajnos az elképzelés nem valósult meg. Akkor még nem tudtuk, nem tudhattuk, hogy a segítséged a munkánkhoz egyszer majd sokkal magasabb szinten érkezik. Mikor az akkor már Meteorológiai Szolgálat elnöke lettél, a mi intézetünk, a Légkörfizikai Intézet is a fennhatóságod alá került. Tevékenységünknek ez új, meghatározó lendületet adott. Anélkül, hogy ebben valaha is megállapodtunk volna, rám bíztad a szakmai vezetéset, Te pedig biztosítottad a hozzá szükséges feltételeket. Így munkánk, a levegőkémia hazai és nemzetközi sikerében benne van vezetői hozzáállásod elismerése is. Azt akartad, hogy a Szolgálat anyagilag megalapozottan működjék, én azt, hogy kutatásainkat, szakmai tevékenységünket a lehető legmagasabb szinten végezhessük. Kettőnk elképzelése nagyszerűen kiegészítette, erősítette egymást, ami tovább fokozta kölcsönös megbecsülésünket, barátságunkat. Olyan vezető, olyan ember voltál, aki nemcsak az eszével, hanem a szívével is dolgozik, aki munkatársait azzal ösztönzi, hogy elhinti közöttük az emberiséget, a becsületességet, olyan szellemet terjesztve, amely az együttműködés, a közös munka alapvető feltétele. Ravatalod előtt fejet hajtva, még egyszer megköszönöm neked mindnyájunk nevében mindazt, amit értünk tétted.

Kapcsolatunk hivatali kötelekeink felbomlása után sem szakadt meg. Feleséged, Iduka asszony társaságában többször meglátogattál bennünket. Beszélgetéseink során nemcsak szakmai múltunkról emlékeztünk, nemcsak azt idéztük fel, hogy a csillogó szemű, nincstelen diákokból hogyan váltunk megfontolt, tehetős öregurakká. Megemlékeztünk mindazokról a hatalmas változásokról is, amelyeken kicsiny országunk a nagyhatalmak keltette történelmi viharok során keresztülment. Túlzás nélkül állapítottuk meg, hogy életünk tele volt érdekes eseményekkel. Változatos életünk volt. Aztán az utóbbi években személyesen már csak ritkán találkoztunk. Kapcsolatunk így telefonbeszélgetésekre korlátozódott. Meghatottan gondolok vissza utolsó beszélgetésünkre, amikor Te, a mindig erőt sugárzó ember, fáradtan elbúcsúztál tőlem. Köszönöm, hogy akkor is gondoltál rám, amikor már tudtad, hogy eltávozol közülünk.

Drága Jóska! Halálad, a halál, felveti azt a gondolatot, hogy mi ad értelmet az életünknek. A többféle lehetséges válasz közül szerintem kiemelkedik az a vélekedés, mely szerint életünket az emberi kapcsolatok teszik széppé, teljessé. Fiatalabb korában az ember hajlamos rá, hogy a szerelmet tartsa a legcsodálatosabb emberi kapcsolatnak. Aztán szép lassan rájön arra, hogy a barátság sokkal több, mint a szerelem, mivel nem vakítják el a testi vágyak. Sőt szerelemből is az az igazi, amely szép lassan szeretetté, barátsággá nemesedik. Arisztotelész mondja, hogy „A barátság egy lélek, amely két testben lakozik.”

És természetesen felmerül az élet legnagyobb kérdése, amely a *Homo sapiens*-t világra eszmélése óta foglalkoztatja: miért szűnik meg az élet, mi történik velünk halálunk után, van-e élet földi létünk befejezése után. A tudomány legnagyobb eredménye annak kimutatása, hogy a földi anyag kicsiny egységekből, atomokból áll. Az atomok csillagokban keletkeznek az Univerzum meghatározott törvényei alapján. Gondoljuk csak el, olyan atomokból állunk, amelyek évmilliárdokkal ezelőtt távoli csillagokban keletkeztek. Ez minden teremtésmítosznál csodálatosabb. A csillagokhoz létrejött atomok az élő szervezetekben, így testünkben bonyolult molekulákká, majd sejtekké rendeződnek, amelyek bámulatra méltó kölcsönhatásban biztosítják szervezetünk működését. Ha ez az összehangoltság megszűnik, akkor megszűnik az élet. A történet azonban ezzel nem ér véget. Testünk elbomlása után atomjaink más anyagok, más élőlények, virágok, állatok, emberek testébe épülnek be, és ez a körforgás mindaddig folytatódik, amíg a Naprendszer, és vele a Föld létezik. Testünk megszűnik, de atomjaink tovább élnek. Atomokból vagyunk, és azokká válunk. Mint képletesen az Írás mondja „Emlékezz ember, porból lettél és porrá leszel.”

És természetesen, kedves Jóska, génjeid is tovább élnek utódaidban, leányaidban, unokáidban, akik szomorú, megtört szívvel búcsúznak most földi porhüvelyedtől, de emlékedet egész életükben őrizni fogják. Családod is bizonyítja, hogy nem éltél hiába.

Az irodalom a halál kérdésében sokkal árnyaltabban foglal állást, mint napjaink tudománya. Talán azért, mert nemcsak a testtel, hanem a lélekkel is foglalkozik. Az alapprobléma azonban lényegében állandó maradt a történelem folyamán. Nagy íróink alapvetően egy kérdést jártak körül. Létezik-e élet a halál után? Mint ahogy ezt már védőbeszédében az ókori *Szókratész* megfogalmazta: A halál „... vagy abból áll, hogy a megholt semmivé lesz és egyáltalán semmit sem érez már, vagy pedig... abból, hogy a lélek itteni helyét egy másik hellyel váltja fel és máshová költözik.” Más szavakkal: vagy a semmibe zuhan, vagy olyan helyre távozik, ahol akár régi, már elhunyt ismerősökkel is találkozhat. Mivel a kérdés megválaszolhatatlan, vagy kétezer évvel a görög filozófus után *Shakespeare* Hamletje monológjában ugyanazt a kérdést feszegeti. Így kimondja, hogy „Meghalni – elszunnyadni - semmi több”. De aztán rémülten feleszmél. Ha elalszunk, akkor netán álmodunk is:

„Mert hogy mi álmok jönnek a halálban,
Ha majd leráztuk mind e földi bajt,
Ez visszadöbrent.”
mondja.

A nyugat-európai irodalom másik nagysága, *Johann Wolfgang Goethe* már egyértelműen fogalmaz. A halál pillanatában „a lélek elhagyja az irányító központi erőt, de csak azért, hogy újabb kapcsolatokat létesítsen, hiszen természeténél fogva halhatatlan.”

Kedves Barátom! Drága Jóska! Te tudod, tudtad, hogy én a tudomány embere vagyok. Mégis képzeljük el, hogy van túlvilági élet. Akkor rövidesen találkozunk, mivel – *Kosztolányi* szavaival élve – „az élet aranytrombitáján” én is „a búcsúzó dalát fuvom.” Akkor, remélem, újra megbeszéljük a régi életünket és megfiatalodva együtt kergetjük a labdát az égi mezőkön. Addig is áldjon meg az ég, vigyázz magadra! Viszontlátásra!

ELNÖKI BÚCSÚZTATÁS BARÁT JÓZSEF RAVATALÁNÁL

Radics Kornélia

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1525 Budapest Pf. 38., radics.k@met.hu

Tisztelt Gyászoló Család, Rokonok, Barátok, Pályatársak!

Megrendülten állunk Barát József ravatalánál. A halál mindig fájdalmas, mert azt az embert veszi el tőlünk, aki igazán fontos számunkra, akihez kötődünk, akit szeretünk. Azt az embert viszi magával, aki a szó minden értelmében része az életünknek...

Barát Józseffel, a meteorológiai szolgálat elnökével, a családjára mindig végtelenül büszke férjjel, édesapával, nagypapával többet nem találkozhatunk, nem fog visszamosolyogni ránk. De emléke és szelleme ma is ugyanúgy:

- tanít minket, mint korábban az egyetemen,
- utat mutat, ahogy a meteorológiai szolgálat elnökeként tette,
- és inspirációt ad az a karrier, amit véghezvitt.

Tisztelt Gyászoló! Barát József érzékeny lelkű, az emberi kapcsolatokat minden elé helyező, segítőkész, lelkes és derűs ember volt. A műszaki dolgok iránti szeretete nem csupán az antarktiszi expedíció, a főosztályvezetői, de az elnöki évei alatt is megmutatkozott. Szeretett meteorológus lenni, szerette az intézményt. Hivatali beosztásától függetlenül jó kapcsolatot ápolt munkatársaival, s talán nem volt olyan dolgozója a Szolgálatnak, aki nem tisztelte erényeit, vezetői tevékenységéért, jó humoráért.

Tisztelt Elnök Úr! Pár héttel ezelőtt – a nyugdíjastalálkozó alkalmából – megragadtad az alkalmat, hogy elbúcsúzz tőlünk. „*Örizzenek meg emlékezetükben!*” – kérted. Ez volt az utolsó üzeneted a fájdalmas küzdelem közben.

Hálás vagyok, hogy az elmúlt években néhány rövid beszélgetés számomra is jutott. Megtanulhattam Tőled, hogy: Egy elnök tetteit más-más módon ítélik meg. Mindenki egy kicsit önmaga szemszögéből értékeli, mond véleményt vagy mérlegel. Azt értékeli, ami a saját életében hozott pozitív változást, s elveti, ami hátrányára történt. Évekig, évtizedekig él az emlék, de egy idő után nyilván senki nem gondol rá, ki álmodott a Tatabánya téri számítóközpont létrehozásáról, a radarhálózat automatizálásáról vagy Siófokon a távszelmérőről. Az utókor itt áll a ravatalod körül, s úgy gondolom, helyesen ítél. Örök érvényűt alkottál. A nyomok, amiket a magyar meteorológia történetében és a Szolgálat életében hagyta, valóban maradandók.

Tisztelt Gyászoló! A budapesti Városligetben van egy sírkő, melynek a teljes felirata ennyi: *Fuit*, azaz volt. Aki elmegy mellette, meghökken: se neve, se rangja, se életkora? Hát ki ő? Hát nem mindegy? Aki ismerte, szerette, aki gyászolja, vagy az emlékéit őrzi, úgyis tudja, ki volt. Volt. Egy közülünk, aki szeretett, dolgozott, élt. S valakikben nyomot hagyott, akik tudták, örökre tudják, ki volt. Nem a sírfelirat ad rangot, nevet, tesz maradandó emlékezetűvé, hanem azok a tettek, kapcsolatok, érzelmi szálak, amik életünk során jellemeznek. Most olyan ember távozott közülünk, aki nyomot hagyott a világban. Ezerféle dolog őrzi gondolatait, keze érintését, s örökre emlékezteti a túlélőt: élt. Számunkra ez a végső tanulság, a követendő példa.

Drága Elnök Úr! Köszönöm, köszönjük, hogy köztünk voltál és ismerhettünk Téged! Legyen nyugalom és béke körülöttem! Isten veled!

A SZÁRAZSÁG ÉS HŐSÉG GYAKORISÁGA MOSONMAGYARÓVÁRON 1961–2018 KÖZÖTT

FREQUENCY OF DROUGHT AND HEAT IN MOSONMAGYARÓVÁR BETWEEN 1961–2018

Füzi Tamás, Ladányi Márta

Szent István Egyetem, Biometria és Agrárinformatika Tanszék, Budapest, Villányi út 29–43, G épület 1118, *ta-mas.fuzi.06@gmail.com*

Összefoglalás. A Mosoni-síkra vonatkozóan az 1961–2018 közötti időszámban téli és nyári hőmérsékleti, valamint csapadékindikátorok vizsgálatával a nyári hónapokban a 25°C feletti hőmérsékletű napok számának szignifikáns növekedését, a csapadéktelen időszakok hosszabbodását, valamint az egyszerre lehullott csapadékmennyiség enyhe növekedését mutatuk ki. A nyugalmi időszakban az alacsonyabb hőmérsékletű napok megszűnni, a fagypont alatti hőmérsékletek enyhülni látszanak.

Abstract. In Mosoni plane (North-west part of Hungary), for the 1961–2018 period a significant increase in the number of days above 25°C during the summer months, extension of rainless periods and a slight increase in the amount of precipitation falling at once time we revealed examining winter and summer temperatures and precipitation indicators. During the dormant period, the days with lower temperatures disappear; the temperatures below freezing appear to ease.

Bevezetés, irodalmi áttekintés és a munka célja. A klímaváltozás várható kedvezőtlen hatásai, mint például az elhúzódó aszályos időszakok, a hőhullámok gyakorisága növekedni fog, ám ez a folyamat térben és időben is különböző mértékű lehet (Király, 2017). Éppen ezért regionális, akár lokális szinten is szükséges vizsgálni az egyes meteorológiai elemek alakulását. Az elmúlt éghajlati ciklusok során bekövetkezett változások áttekintése azért fontos, mert a múltbeli tendenciák egyértelműen jelzik egyes időjárási elemek olykor aggodalomra okot adó markáns megváltozásait.

A klimatikus rendszer megváltozása leginkább az agrártermelés sikerességére lehet hatással, mivel a mezőgazdaság a leginkább kiszolgáltatott gazdasági ágazat az időjárás viszontagságainak (Szűcs, 2017). Ebből adódóan vizsgálunk olyan hőmérsékleti-, és csapadékindikátorokat, melyek esetleges megváltozásai a termelés számára kihívásokat jelenthetnek, vagy akár kritikus állapotokat is előidézhetnek. Munkánk célja bemutatni egyes időjárási elemek gyakoriságának megváltozását, a változás irányát és mértékét.

A vizsgált anyagok és az alkalmazott módszerek. Kutatómunkánkat a Mosoni-síkra, Mosonmagyaróvárra vonatkozóan végeztük az 1961–2018 közötti időtávon, így megközelítőleg két éghajlati ciklus időjárási adatait tudtuk feldolgozni, majd összevetni az 1961–1990 közötti referencia-, valamint az 1991–2018 időszak között. Adataink az Országos Meteorológiai Szolgálat adattárából származnak. Munkánk során a hőmérsékleti indikátorok elemzésénél gyakoriságvizsgálatot, majd pedig Z-próbát alkalmaztunk. A napi bontású hosszú idősoros adatok feldolgozásánál lineáris trendvizsgálatot végeztük.

Hőmérsékleti indikátorok vizsgálata a nyári (június, július és augusztus) hónapokban:

– $T_{\max} > 35^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} 30\text{--}35^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} > 25\text{--}30^{\circ}\text{C}$,

– $T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű napok gyakorisága.

Hőmérsékleti indikátorok vizsgálata a téli (december, január, február) hónapokban:

– $T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$,

– $T_{\min} -5\text{--}0^{\circ}\text{C}$, $T_{\min} -15\text{--}-5^{\circ}\text{C}$, $T_{\min} < -15^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű napok gyakorisága.

Csapadékindikátorok vizsgálata (április–szeptember):

– A három leghosszabb csapadéktelen időszak hossza (napok száma).

– A három leghosszabb csapadéktelen időszak előtt, illetve után lehullott csapadék mennyisége (mm), hossza (napok száma), valamint átlaga (mm).

Kísérleti eredmények és kiértékelésük. A hőmérsékleti indikátorok elemzéséből kapott eredményeink összesítését az 1. táblázatban mutatjuk be. Itt szerepelnek a kijelölt indikátorok, a vizsgált hónapok megnevezései, a Z-próba által kapott Z-érték, a változás iránya, mindkét időintervallumra vonatkozó változás évtizedre vetített mértéke.

A 1. táblázatban feltüntetett eredményeinkből kivehető, hogy a magas hőmérsékletű napok száma minden esetben növekvő irányú változást mutatott. A vizsgált indikátorok között a $T_{\max} > 35^{\circ}\text{C}$ értékű napok száma gyarapodott a legnagyobb mértékben. Augusztus hónapban ezen napok száma a közelmúltbeli éghajlati ciklusra (1991–2018) több mint 20-szorosára emelkedett a referencia időszakhoz (1961–2018) képest.

Ezen eredményeink, melyek a múltra vonatkoznak, illeszkednek Hoyk (2015) jövőre utaló megállapításaihoz, miszerint a Magyarországon alkalmazott regionális klímamodellek (ALADIN-Climatemodell, REMO-modell, PRECIS-modell RegCMmodell) a hőmérséklet jövőbeli, 2050-ig tartó alakulását szignifikáns növeke-

1. táblázat: A minimum és maximum hőmérsékletű napokgyakoriságának változása az 1961–1990 és az 1991–2018 közötti időintervallumokban (Mosonmagyaróvár)

T _{max}	Hónap	Z	Évtizeden- kénti változás (nap) (1961–1990)	Évtizeden- kénti változás (nap) (1991–2018)	T _{min}	Hónap	Z	Évtizeden- kénti változás (nap) (1961–1990)	Évtizeden- kénti változás (nap) (1991–2018)
>35 °C	június–július	4,105***	+1	9	> 20°C	július	4,70***	+2	12
	augusztus	5,98***	+1	14		augusztus	3,23**	+2	8
30–35 °C	június	6,16***	+18	45	-5–0 °C	január	0,42ns	127	130
	július	6,71***	+50	91		február	1,50ns	114	125
	augusztus	4,88***	+42	69		december	1,48ns	140	129
25–30 °C	június	2,44*	+102	119	-15– -5 °C	január	3,42***	-107	84
	július	0,12ns	+128	127		február	0,31ns	60	58
	augusztus	2,04*	+121	135		december	0,99ns	64	58
< 0 °C	január	2,96**	-114	93	< -15°C	január	3,09**	-12	5
	február	1,61ns	-47	39		február	1,95ns	6	3
	december	2,23*	-94	66		december	1,30ns	2	4

ns: nem szignifikáns (p>0,05); szignifikáns *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001 szinten

déssel jellemzik. Így Magyarország egész területén a szélsőségesen magas (hőhullámok, forró napok) hőmérsékleti értékek gyakorisága lesz jellemző. Ezzel szemben az alacsony hőmérsékletű napok száma csökkenő tendenciát mutat, azzal a különbséggel, hogy gyakoriságuk változása a vizsgált két éghajlati ciklus (1961–1990; 1991–2016) között kevésbé szignifikáns. Ugyanakkor itt is tapasztaltunk szembevető átrendeződéseket, mely indikátorok a referencia időszakhoz (1961–1990) képest a közelmúltbeli éghajlati ciklusra (1991–2018) több mint felére lecsökkentek.

A csapadékindikátorok esetében lineáris trendvizsgálattal megállapítottuk, hogy a leghosszabb csapadékmentes időszakot megelőző, valamint követő csapadékos időszak hossza, az ilyenkor lehullott csapadék mennyisége és átlaga egyaránt növekvő tendenciát mutat, bár a változás nem szignifikáns (p>0,05).

A csapadékadatok vizsgálatánál azt tapasztaltuk, hogy az elmúlt közel 60 év során a három leghosszabb egybefüggő csapadékmentes napok száma a vizsgált április–szeptemberi éven belüli időszakban növekvő tendenciát mutatott, ugyanakkor egyetlen esetben sem fedeztünk fel szignifikáns változást (p>0,05).

Ezen megállapításaink Dunkel et al., (2018) tanulmányában leírtakkal megegyeznek: a száraz időszak hossza, vagyis azon napok száma, amikor a napi csapadékmenyiség nem éri el az 1 mm-t, Magyarországon növekszik.

Következtetések. Az elmúlt közel 6 évtizedet átölelő vizsgálataink eredményei alapján a magasabb hőmérsékletű napok számának gyarapodása, valamint az egybefüggő csapadékmentes napok hosszának növekedése a nyári hónapokban a növények vízigényére és az öntözési módok átformálására, az öntözés fontosságára hívja fel a figyelmet (Tamás, 2016). A csapadék- és hőmérséklet-adatok együttes kiértékelése Mika és Farkas (2017) megállapításaihoz illeszkednek, mely szerint a hőmérséklet emelkedése, valamint a szélsőségesen meleg nappalok és éjszakák (hőhullámok) számának gyarapodása a ho-

zam csökkenéséhez, a termésmínőség romlásához vezet. Az intenzívebb esőzés és az elhúzódoó szárazság pedig talajromlást, terményveszteséget okozhat. Az alacsony hőmérsékletű napok számának csökkenése, és az ebből fakadó téli hónapokban kialakuló enyhület a kártevők, gyomnövények és paraziták elszaporodásához vezethet (Rezi, 2016).

Köszönetnyilvánítás. Köszönjük az Innovációs és Technológiai Minisztériumnak az ÚNKP-19-3-I kódszámú ösztöndíj odaítélését. Köszönöm az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársainak, kiváltképp dr. Bozó László professzor úrnak a meteorológiai adatok munkánkhoz való biztosítását.

Irodalom

- Dunkel, Z., Bozó, L. és Geresdi, I. 2018. Az éghajlatváltozás hatására fellépő környezeti változások és természeti veszélyek. *Földrajzi Közlemények*, 142(4), 261–271.
- Hoyk, E. 2015. A magyarországi klímamodellek. Hosszú távú területi folyamatok és trendek Magyarországon, 91. *openarchive.rkk.hu:8080/jspui/bitstream/11155/1107/1/hoyk_magyarorszag_2015.pdf* (Letölte: 2019. november 21.)
- Király, G. 2017. Éghajlatváltozás és alkalmazkodás a mezőgazdaságban. In: Magyarok a Kárpát-medencében 2. Szeged, Magyarország, 2016.11. 17. (369–379). *Egyesület Közép-Európa Kutatására*.
- Mika, J., Farkas, A. 2017. A hazai vízkészletek, természetes növények és a mezőgazdaság érzékenysége az időjárás szélsőségeire és a klímaváltozásra. *Tájékológiai Lapok* 15(2), 85–90.
- Rezi, E. 2016. Felelős döntések éghajlatunk védelméért. *Studia Doctorum Theologiae Protestantis* 7(1), 119–132.
- Szűcs, D. 2017. Magyarország mezőgazdaságának történelmi áttekintése. *Tanulmánykötet-Vállalkozásfejlesztés a XXI. században* 7, 580–601.
- Tamás, A. 2016. The effect of rising concentration of atmospheric carbone dioxide on crop production. *Acta Agraria Debreceniensis* 67, 81–84.

A RADARMETEOROLÓGIA ELSŐ 50 ÉVE MAGYARORSZÁGON FIRST 50 YEARS OF RADAR METEOROLOGY IN HUNGARY

Dombai Ferenc

dombai.f@gmail.com

Összefoglalás. Magyarországon az első dokumentált meteorológiai radar-megfigyeléseket 1969 nyarán végezték Budapest nemzetközi repülőterén, Ferihegyen, ami a hazai radarmeteorológia megszületését jelentette. Az elmúlt 50 év alkalmat ad e szakterület hazai fejlődésének áttekintésére, amelynek során mára nélkülözhetetlenné váltak e mérések a mindennapi élet számára és az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) Doppler duál-polarizációs radarjainak mérései integrálódtak a több száz radarból álló európai meteorológiai radarhálózatba az EUMETNET OPERA keretein belül. Az áttekintés során a szerző, teljességre törekedve, a Szolgálatnál történeken kívül (radarhálózat, jégeső-elhárítás) foglalkozott a meteorológiai radarok hadseregen belüli alkalmazásaival, valamint az IDŐKÉP hajóradarokból álló radarhálózatával is.

Abstract. In Hungary the first documented meteorological radar observations were made in the summer of 1969 at Budapest's international airport, Ferihegy, which meant the birth of the „domestic” radar meteorology. The past 50 years provides an occasion to prepare an overview on the domestic development of this field. It became obvious that these measurements are indispensable for the everyday life and the measurements of Doppler dual-polarization radars of the Hungarian Met Service was integrated into the European weather radar network consisting of hundreds of radars within the EUMETNET OPERA framework. In this overview the author aiming for completeness beyond that were happened at the Met Service (radar network, hail prevention) tackles the meteorological radars applied by the army and the IDŐKÉP radar network built up from modified ship born radars.

Előszó. Néhány évvel ezelőtt a radarmeteorológia témakörében egy előadásra készültem a MMT 2014. évi vándorgyűlésére, amelynek témája a meteorológia tudományos és gyakorlati jellegű kihívásai volt. Az anyaggyűjtés során döbbsentem rá, hogy lassan 50 éve folynak rendszeres időjárási radarmegfigyelések Magyarországon az a céllal, hogy mind pontosabban és megbízhatóbban szolgálják ki a legkülönbözőbb felhasználói igényeket a legszeszélyesebb meteorológiai elem, a csapadék térbeli és időbeli eloszlásával kapcsolatban. A fél évszázad közel két emberöltő! Ma már a harmadik generáció dolgozik azon, hogy válaszokat adjon a radarmeteorológiával kapcsolatos tudományos és gyakorlati jellegű kihívásokra. A radarmeteorológia célterülete a kezdetektől változatlan: a légkör csapadék folyamatainak megismerése, ugyanakkor egy interdiszciplináris, alkalmazott tudományterület, amely rendkívül érzékeny a mikrohullámú technológia és a számítástechnika fejlődésére, ezért folyamatosan változó kihívásokkal szembesülnek e szakterület művelői. A kihívásokkal kapcsolatos feladatokat sohasem lehet befejezni, de úgy gondolom, érdemes lenne megállni és körülnézni, hol vagyunk, honnan jöttünk és hová tartunk, és nemcsak megállni kell, hanem ünnepelni is, hiszen a kudarcok mellett sok dicsőséget is hozott ez a fél évszázad. Honnan is az 50 év? Lehetne vitatni mely kezdeti eseményhez kapcsoljuk a hazai radarmeteorológia megszületését Úgy gondolom, ez leginkább az 1969-es év lehet, ami az első publikált hazai meteorológiai radarmegfigyelések éve Magyarországon (*Kapovits, 1971*).

Tudom a könyvtárunk polcain kutakodva található olyan dokumentumok, amelyekből megismerhető lehetne az elmúlt félévszázad hazai radarmeteorológia története, de úgy gondoltam, érdemes egy LÉGKÖR cikkben is ki egészíteni a vándorgyűlésen az elmúlt 50 évről elmon-

dottakat. Bár szándékom volt, de a korlátozott terjedelem miatt nem tudok teljes képet adni az elmúlt 50 évről, és valószínűleg nem is lesz kiegyensúlyozott az írásom, mivel az 50-ből „csak” 42 évben voltam személyesen is érintett. Friss fizika-meteorológus diplomásként 1977-ben csatlakoztam a KMI¹ Radarmeteorológiai csoportjához, amelynek feladata az OMSZ időjárási radarhálózatának létrehozása volt. Azóta a radarmeteorológiában dolgozom. A cikk megírásakor a személyesen átéltek mellett támaszkodtam az 1995-ben készült „Fejezetek a Magyar Meteorológia történetéből” c. OMSZ kiadványra, valamint a LÉGKÖRben 2004-ben *Kapovits Albert* „Radarmeteorológia meghonosítása Magyarországon” és *Dombai Ferenc* „Adalékok a radarmeteorológia hazai történetéhez” cikkekben leírtakra.

Előzmények. A korai időkben, a 60-as években még a fejlett ipari országokban sem rendelkezett minden meteorológiai szolgálat operatíván használt időjárási radarokkal. Csak a nagyon forgalmas, gyakori és heves zivatarok fellépésével terhelt repülőterek engedhették meg maguknak ilyen költséges megfigyelő eszköz rendszerbeállítását. A 60-as években az OMI (Országos Meteorológiai Intézet), „Szolgálatunk” akkori vezetője, Dési Frigyes, az enyhülő nemzetközi légkör kedvező lehetőségeit kihasználva, az ENSZ Fejlesztési Segélyalapja támogatásának keretében 12 fiatal meteorológust küldött ösztöndíjas tanulmányútra a meteorológia korszerű tudományágai és eredményei tanulmányozására.

E fiatalok egyike *Kapovits Albert* a radarmeteorológia témakörében 1967 elején fél évre Kanadába, a montreali McGill Egyetem fizikai tanszékén működő Stormy Weather Grouphoz, majd azt követően fél évre Szovjet-

¹ Központi Meteorológiai Intézet, az OMSZ egyik szervezete 1970 és 1993 között

unióba a Leningrádi Geofizikai Főobszervatóriumba mehett ösztöndíjas tanulmányútra. Az előzmények közé kell sorolnunk azt a Szovjetunióbeli 1968-as tanulmányutat is, amelyre a hazai jégeső-elhárítás előkészítése kapcsán került sor. *Csaplak Andor* a Honvédség és *Wirth Endre* az OMI részéről vett részt rajta. Ezen utak tapasztalataira támaszkodva készültek azok a középtávú tervek az OMI-ban és a Honvédségnél, de az OVH-ban (Országos Vízügyi Hivatal) is, amelyek az időjárási radarmegfigyelések hazai bevezetését tűzték ki célul.

A BWR-X12 korszak – az első publikált radarmegfigyelések 1969. Az OMI vezetői 1967-ben a szomszédos országok meteorológiai szolgálatainak gyakorlatát kö-



1. ábra: BWR X-12 radar Ferihegyen 1969 (A radarechó és a toronykép montázsza az 1976-os OMSZ füzetből, MTI fotó)

vetve az LRI-vel (Légiforgalmi és Repülőtéri Igazgatóság) együttműködve úgy döntöttek, hogy egy kispotenciálú időjárási radart fognak telepíteni Budapesten. A radarberendezést Budapest Ferihegy Nemzetközi Repülőtéren helyezték üzembe 1969-ben (1. ábra).

Ez volt a BWR-X12, NDK gyártmányú, 3 cm-es hullámhosszon működő hajófedélzeti radarból kialakított időjárási radar. Műszaki kiszolgálását a MALEV radarműszerészei látták el, a megfigyeléseket maguk az ügyeleti szolgálatot teljesítő meteorológusok, vagy a munkájukat segítő technikusok végezték. A vezérlőpult és az

indikátorernyő a meteorológiai eligazítóknál volt elhelyezve, így a meteorológusok és a tájékoztatásra váró pilóták közvetlenül a radar képernyőjén láthatták a kialakult zivatargócokat, követhették mozgásukat és fejlődésüket. Annak ellenére, hogy a BWR-X12 kispotenciálú időjárási radar volt, azaz csak a néhány mm/h intenzitású csapadékot lehetett vele felderíteni, arra alkalmas volt, hogy a felhasználók megszokják és igényeljék a rendszeres meteorológiai radaradatokat. Az első dokumentált radarmérések 1969 nyarán történtek a BWR-X12 radarral (2. ábra).

Már a kezdetekben cél volt a radarmegfigyelések rendszeressé tétele és az adatok sokirányú felhasználása. Ennek érdekében részletes megfigyelési útmutatót készítettek, és a telexen történő adattovábbításhoz a nemzetközi gyakorlatban akkoriban elterjedt ún. RADOB kód helyettesítésére a megfigyelt echók térbeli eloszlását is láttató speciális kódolási eljárást dolgozott ki *Kapovits Albert* és *Völker József*. A mérések adatainak értékelésével több munkatársunk és hidrológus kollégánk is esettanulmányokban és tudományos dolgozatokban foglalkozott (*Bodolainé Jakus Emma, Kapovits Albert, Bartha Péter, Hirling György*). A BWR-X12 radar üzemeltetését 1979-ben állították le, amikor megérkezett az első MRL-5 radar.

Meteorológiai lokátorok a Honvédségnél. A meteorológiai radarok hazai katonai alkalmazása 1971-ben kezdődött, amikor is a pápai katonai repülőtéren telepítésre került a szovjet gyártmányú MRL-1 típusú két hullámsávú 0,86 és a 3 cm-es hullámhosszon működő meteorológiai lokátor (3. ábra). A második és harmadik MRL-1 radar felállítására Taszár és Kecskemét katonai repülőtereken került sor. E repülőtereken közel 100 db katonai repülőgépet kellett kiszolgálni akkoriban a helyi katonai meteorológiai szolgálatoknak. Az MRL-1 rövidebb hullámhosszán a repülőtér közelében kiválóan lehetett észlelni a kialakuló konvektív felhőzetet, sőt sok esetben még a határreteg hullámosodását is, ami a gomolyképződést megelőző állapot.

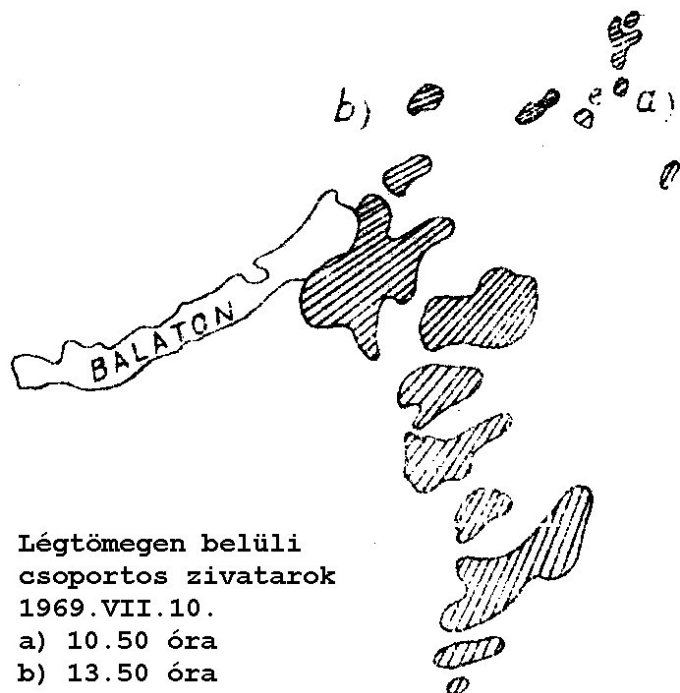
Az MRL-1 lokátorok kihelyezett indikátor- és vezérlőegységei a repülőtéri meteorológiai szolgálatoknál voltak elhelyezve, ami lehetőséget adott a képernyőről való közvetlen tájékozódásra a meteorológiai szolgálatok számára. A katonai radarokkal nem végeztek rendszeres méréseket, mérésre utasítást a repülésvezető adhatott az időjárási helyzet és a repülési feladatok függvényében. A nagyon szemléletes elsődleges képpel megelégedve a mérésekről nem archiváltak adatokat, bár lehetőség volt fényképfelvételek készítésére is a képernyőről (4. ábra). A lokátor műszaki személyzete egy tiszt és egy tiszthelyettes volt.

A kiöregedő MRL-1-eket 1989-ben a két hullámsávú MRL-5 meteorológiai lokátor váltotta fel mindhárom repülőtéren. Az MRL-5 lokátor szintén kihelyezett vezérlő- és indikátoregységgel került telepítésre. A jégeső-elhárítási célokra kifejlesztett 3,26 és 10,6 cm-es hullámhosszon működő MRL-5 lokátor kezelő szervei, a beépí-

tett izo-echó berendezése és nagy képernyője nagyban megkönnyítette a méréseket.

Az MRL-5-ök honvédségnél történő rendszerbe állításával kialakult az a kedvező helyzet, hogy az országon belül a polgári és a katonai szolgálatnál azonos típusú radar volt használatban. Ebben az időszakban 9 db MRL-5 radar működött az országunkban, 3 db az OMSZ hálózatában, 3 db a katonai meteorológiai szolgálatoknál és 3 db

tésével lehetővé tették az országos radar kompozitok készítését és eljuttatását a különböző felhasználóinkhoz, felkeltették a katonai meteorológiai szolgálatok vezetőinek figyelmét. Ennek eredményeként 2003-tól az általunk kifejlesztett 4 processzoros WRP-Q radarvezérlő számítógépre alapozva számítógépesítették a katonai meteorológiai radarokat is, és ezt követően elérhetővé váltak a digitális radarképek a helyi szolgálatoknál és a központi katonai meteorológiai szolgálatnál is. Ez lett a DMRI –



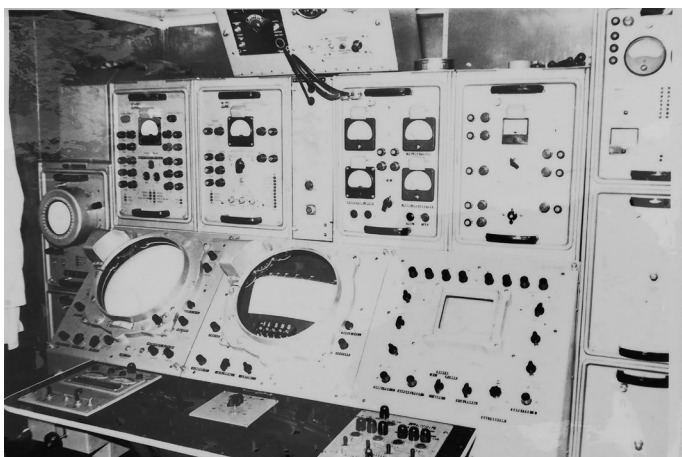
Légtömegben belüli csoportos zivatarok
1969.VII.10.

a) 10.50 óra
b) 13.50 óra



2. ábra: Az első dokumentált meteorológiai mérések, 1969-ből a BWR-X12 radarral (Kapovits, 1971)

3. ábra: MRL-1 radar a Tenkesen



4. ábra: MRL-1 indikátor pultja a Tenkesen



5. ábra: MRL-5 indikátor pultja Hármashégyen

a Bács illetve a Baranya megyei jégeső-elhárító szervezeteknél (5. ábra). Sajnos ezt a kedvező helyzetet nem tudtuk kihasználni és nem alakult ki komolyabban vehető radarmeteorológiai együttműködés sem tudományos, sem technikai illetve módszertani területeken az egyes intézmények között.

Az OMSZ radarhálózata automatizálásában elért sikerek, melyek 1995-re a szinkronizált digitális mérések beveze-

Digitális Meteorológia Radar Információs rendszer (6. ábra). Sajnos a központi elérhetőség néhány év után megszűnt, aminek fő oka a szervezeti tagoltság volt, ami miatt nehézkesé vált a szinkronizált mérések fenntartása és a rendszer informatikai támogatása.

Napjainkra időszerűvé vált a közel 30 éves MRL-5 radarok kiváltása a MH-nál. Erre lehetőség 2019-ben adódott, amikor NATO támogatási keret terhére egy magyaror-

szági cégen keresztül 2 db mobil változatú Doppler duál-polarizációs radar beszerzésére került sor Pápa és Kécskemét repülőterekre. A SELEX gyártmányú METEOR 60DX mini radarokat 2019 első felében telepítették a korábbi MRL-5 radarok egyidejű lebontásával. Jelenleg e radarok próbaüzeme zajlik (7. ábra).

A szolnoki helikopter bázison továbbra is a digitalizált MRL-5 radar üzemel. Bár a METEOR 60DX-nek 40 évnyi technológia előnye van az MRL-5 radarokkal szemben, meg kell említenünk, hogy az intenzív csapadékokban erősen gyengülő 3,26 cm-es hullámhosszon működik, az MRL-5-höz képest sokkal kisebb adóteljesítménnyel és antennanyereséggel. Ez azt eredményezheti, hogy egyes helyzetekben nem lehet mélyebben belátni a zivatar cellákba vagy azok mögé a nagy jelvesztés miatt (11. ábra).

Meteorológiai radarok a jégeső-elhárításnál. Több éves tudományos vizsgálatok, külföldi tanulmányutak tapasztalataira támaszkodva, hosszas megbeszéléseket és tárgyalásokat követően 1971-ben kormányzati szinten eldőlt, hogy Magyarországon is rakétás jégeső-elhárítási rendszer kiépítésére kerül sor Pécs, Siklós, Mohács térségében a Szovjetunióban kidolgozott módszer adaptálásával. Az OMSZ akkori felügyeleti szerve az OMFB (Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság) elnöke bejelentette, hogy 1973-tól az OMSZ rendelkezésére fog állni a beruházáshoz szükséges pénz. A rakétás jégeső-elhárító rendszer működési költségeit a kormányhatározat szerint az akkori Állami Biztosító fogja fedezni.

A rakétás rendszer magja egy tűzvezető radarállomás, ahonnan a beavatkozásvezető kiadja a rakétaindító állomásokra az indítási parancsokat a kilövési koordinátákkal és időpontokkal. Az alkalmazott technológia meghatározó része a konvektív cellák fejlődésének és mozgásának radarral való követése a védett terület felett, a szükséges beavatkozás helyének és időpontjának meghatározása, majd később a beavatkozás eredményességének megállapítása érdekében.

A jégeső-elhárító rendszer kiépítése 1974-ben kezdődött. *Wirth Endre* tudományos és *Polgár Endre* szervező munkája révén 1976-ra felállt, és megkezdte próbaüzemét BRJE (Baranya megyei Rakétás Jégeső-Elhárító rendszer) elnevezéssel. Kezdetben a jégeső-elhárításnál is a két hullámsávú MRL-1 radart alkalmazták (3. ábra), mivel a két hullámsáv lehetővé tette a jégesőhöz vezető konvektív folyamatok kezdetektől való nyomon követését (4. ábra). Az MRL-1 radart a Villányi-hegység Tenkes csúcsára telepítették.

Később, 1984-re kiépítésre került a BÁC SRJE, Bács-Kiskun megyei Rakétás Jégeső-Elhárító rendszer Dusnok központtal. Ekkor került sor az MRL-1 radarok leváltására is 3 db, kifejezetten jégeső-elhárítási célokra kifejlesztett két hullámsávú 3,26 és 10,6 cm, MRL-5 radar beszerzésével (5. ábra). A két hullámhosszon azonos időben és nyalábszélességgel kibocsátott impulzusok kombinálásával lehetőség volt a jégeső zónák kimutatására. A radar hosszabb, nem gyengülő hullámhosszán már vizsgálni lehetett a jégeső folyamatok belső szerkezetét is.

Az MRL-5 radarok érkezésekor a BRJE Tenkes-hegyi vezetési pontját Hármashegyre helyezték.

Sajnos feltételezhetően személyi és szervezeti okok miatt nem alakult ki kellő mélységű szakmai együttműködés az időközben létrejött időjárás radarhálózat és a jégeső-elhárítás között, így sok területen párhuzamosan zajlottak műszaki és módszertani fejlesztések. Nem volt megfelelő a koordináció a radarmérések automatizálásában sem. A jégeső-elhárításnál a HP1000 folyamatirányító számítógépre alapozva végeztek fejlesztéseket a 80-as évek végén, ami a rakétás rendszer későbbi felszámolásával leállt.

Az Állami Biztosító átalakulása miatt 1990-től megszűntette a működési támogatást, így 1990-ben az OMSZ a rakétás jégeső-elhárító rendszereit kényszerűen felszámolta, személyzetüket elbocsátotta. A korábban itt dolgozók egy csoportja, *Berecky Károly*, *Fejes István* vezetésével megszervezte a NEFELA egyesület, amely az OMSZ-ról leváltan önálló és önfenntartó szervezetként működik, és egy másik, a föld felszínéről történő magvasítás, az ún. talajgenerátoros módszer alkalmazásával végez jégeső-elhárítási tevékenységet. Az OMSZ az egyesülés tagjaként átadta a jéghárításban használt eszközeit, így a NEFELA a Hármashegyren rendelkezik egy automatizált MRL-5 radarral, de azt csak időszakosan üzemeltetik. 2018-ben a NAK (Nemzeti Agrárgazdasági Kamara) által országosan kiépített talajgenerátoros jégkár- enyhítő hálózat új beavatkozás irányítási rendszere miatt 2019-től feleslegessé vált az MRL-5 radar üzemeltetése. Helyére a hírek szerint az OMSZ időjárás radarhálózatának bővítéseként az 5. radarállomást fogják telepíteni.

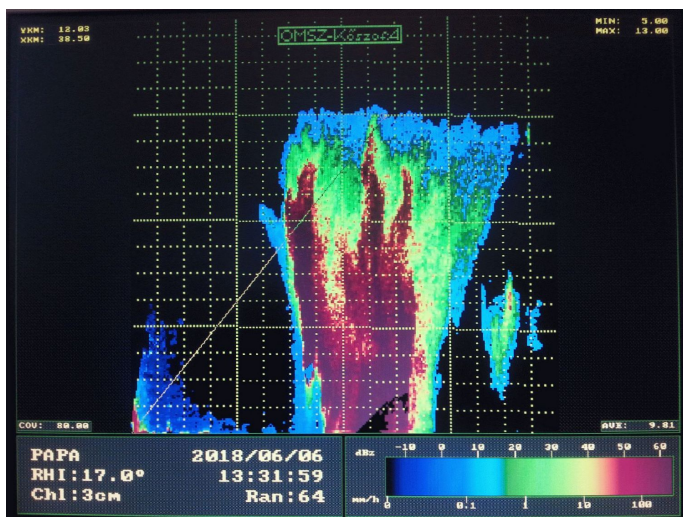
Az Országos Időjárás Radarhálózat létrehozása. Az éghajlatváltozás nyomán követhetőségére a WMO és az ICSU által közösen megvalósított GARP program eredményeire támaszkodva *Czelnai Rudolf* elnök vezetésével 1976-ra elkészült az időközben Országos Meteorológiai Szolgálatá alakult OMI rövid és középtávú 15 éves fejlesztési terve. Ez a terv a Szolgálat ugrásszerű fejlesztését célozta meg korszerű és jövőbe mutató technikai színvonalon, azt remélve, hogy a megvalósításához szükséges anyagi források majd e terv alapján megszereshetők lesznek. A fejlesztési tervben az OVH már korábban kidolgozott koncepcióját követve megfogalmazódott egy három alapállomásból álló, többcélú időjárás radarhálózat (időjárás előrejelzés, viharjelzés és riasztás, repülés-meteorológiai biztosítás, vízgazdálkodás) szükségessége. Terveztük a radarmegfigyeléseket automatizálását is azért, hogy a felhasználók teljes mértékben kihasználhassák majd a radarhálózat méréseit.

A Szolgálat nem volt olyan pénzügyi helyzetben, hogy egymaga hozza létre a hálózatot, ezért partnereket kellett keresni. Az OMSZ-on belül 1977-ben Radar Bizottságot hoztak létre, előbb *Barát József*, később *Antal Emánuel* elnökhelyettesek vezetésével, hogy felmérje a leendő radarhálózat szolgáltatásaira vonatkozó konkrét felhasználói igényeket, elkészítse a hálózat műszaki terveit, meghatározza költségeit és személyi feltételeit, majd irányítsa a beruházást a partnerekkel együttműködve. A konkrét

munkákat az OMSZ KMI (Központi Meteorológiai Intézet) Megfigyelési Főosztály vezetőjéhez, *Kapovits Alberthez* rendeltén működő és néhány főből álló Radarmeteorológiai Csoport végezte.

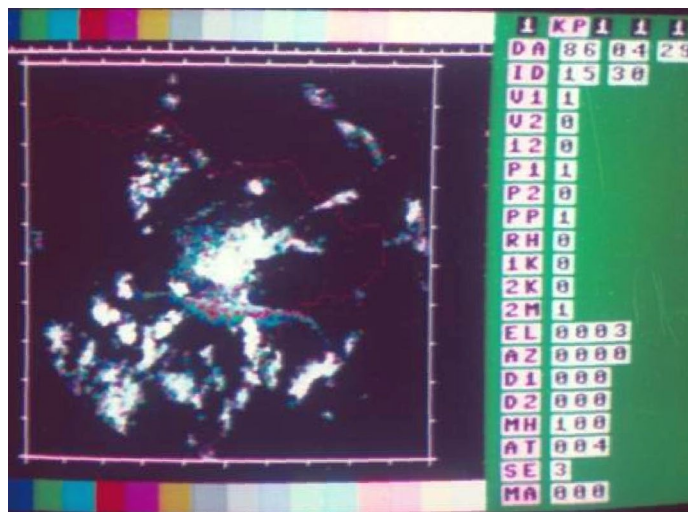
E csoport munkájába 1977 végén kapcsolódtam be az ELTE fizika-meteorológia szakán frissen végzett diplomával. A radarmeteorológia gyakorlatával a GARP FGGE programjában szervezett 3 hónapos Indiai-óceáni

idejűleg is működőképes MRL-5 meteorológiai radarja került beszerzésre. Egy-egy radarállomás létesítésének költsége akkori árakon 33 millió Ft volt, személyzete 12–14 emberből állt, hiszen folyamatos szolgálatot adva manuális megfigyeléseket kellett végezni, és szükség volt folyamatos műszaki felügyeletre is az MRL-5 radar mellett. Az MRL-5 radar üzemeltetésének elsajátítására a Kaukázus mellett működő Magashegyi Geofizikai Observatóriumban 2 hónapos tanulmányúton vettünk részt



6. ábra: Pápai digitális MRL-5 radarral készült RHI radarkép 12 km-es Cb tetővel 2018.06.06 13:31 UTC

7. ábra: A Pápara telepített Doppler duál-plarizációs SELEX METEOR 60DX mobil mini radar



8. ábra: MRL-5 radarállomás Farkasfa

9. ábra: Első digitális radarmérések Commodore 64-gyel Napkoron 1986.04.29 15:30 UTC

expedíció ismerkedtem meg, ahol a kutatóhajónkon meteorológiai radarméréseket is végeztek az 1979-es téli monszun idején. Hosszas előkészítő munka után 1979-ben az OMSZ együttműködési megállapodást kötött az OVH-val és az LRI-vel a három állomásból álló országos radarhálózat kiépítésére. A megállapodás a hagyományos, manuális mérések bevezetésére vonatkozott, a megfigyelések automatizálását csak jelzésszerűen foglalták meg. A partnerekkel egyeztetve az időjárási radarállomások helyét Szentgotthárd-Farkasfán, Budapest-Ferihegyen és Nyíregyháza-Napkoron jelölték ki. Az állomásokra, a szovjet rádiólokátor-ipar akkoriban legkorszerűbb terméke, a két hullámhosszon (3 és 10 cm) egy-

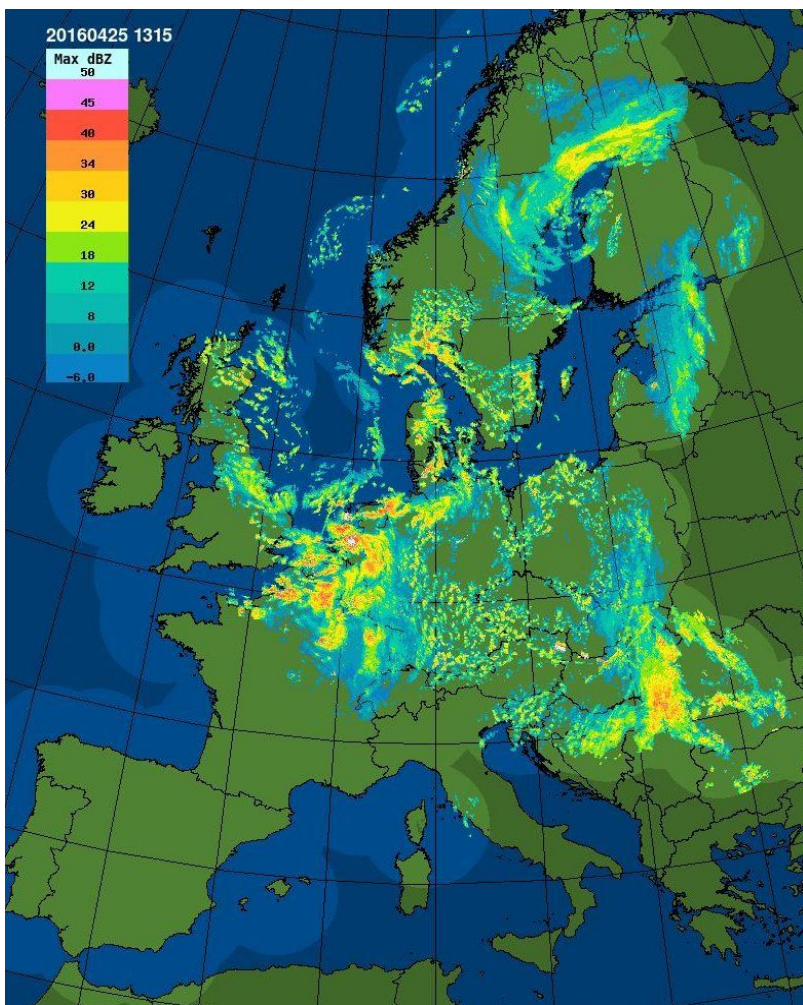
Völker Józseffel, a csoportunk vezetőjével együtt 1979-ben.

Budapest-Ferihegy Radarállomás. Az első, mobil MRL-5 radarállomást a megállapodásnak megfelelően 1980-ban az LRI telepítette a Ferihegyi repülőtérre, mivel a BWR-X12 radart már korábban üzemben kívül helyezték és leszerelték. Működtetéséhez a műszaki kiszolgálást az LRI Irányítástechnikai Főosztálya adta, míg az OMSZ biztosította a folyamatos munkához szükséges kezelő személyzetet. A radarállomás munkájának megszervezését és vezetését *Zsótér Ferenc* végezte a Radarmeteorológiai Csoport munkatársainak szakmai segítség-

A munkálatokat 1980-tól megbízott vezetőként irányítottam, majd a vezetői teendőket 1985-ben *Tóth Ferenc*nek adtam át. A 90-es évek elején a nyíregyházi szinoptikus állomás kiköltözött Napkorra és radarmegfigyeléseket közösen végző állomásként *Gyüre László* vezetésével 2003-ig működött, amikor a napkori állomás épületét lebontották és felépítették a DWSR 2001C Doppler duál-polarizációs radarállomást.

A manuális megfigyelések gyakorlata. A hálózat számára kidolgozásra került egy egységes megfigyelési-mérési eljárás. Ebben a telexen történő adattovábbítás követelményeit vették figyelembe, de tekintettel voltak arra is, hogy a küldendő radartáviratok könnyen értel-

majd később a KEI²-ben *Boncz József* kidolgozták a hálózat telexen továbbított adatainak mikroszámítógépes egyesítését. A viharjelzési időnyben ún. RADAR SPECI adatközlést is alkalmaztak az URH hálózaton keresztül. A ferihegyi radarállomáson a repülésirányítás számára félóránként külön méréseket is végeztek. Hazánkban a 89-ben lezajlott politikai-gazdasági rendszerváltást követően a Szolgálat és szervezeti gyökeresen átalakultak, és a pénzügyi problémák miatt komoly mértékű létszámleépítésre is sor került. Ezek miatt a 90-es évek elején rövid időre megkérdőjeleződött az időjárási radarhálózat szükségessége is. Köszönhetően azonban az alapvetően vízügyi támogatással kifejlesztett automatizálási rendszerünk sikerének, a radarhálózatunknak sikerült túlélnie ezt az időszakot.



14. ábra: EUMETNET OPERA európai radar kompozit kép
2016.04.25. 13:35 UTC

mezhetők legyenek. Az időjárási radarméréseket rendszeresen, óránként kellett végezni. Manuális mérések esetén az operátor elkészítette a radar indikátorának képernyőjén látható, radartávirat kódolásának megfelelő echóintenzitások kontúrrajzait és elvégzett néhány magasság mérést is. Ezután átmásolta azokat egy munkatérképre, és a kódolási utasítás szerint összeállította a telex táviratot és annak lyukszalagját. A mérés befejezése után sorra felhívta a felhasználókat, és elküldte számukra a táviratokat. Ez a közlési mód volt az, amelyre támaszkodva először 1986-ban a VITUKI-ban *Bartha Péter*,

Automatizált megfigyelések az MRL-5 radarokkal. A meteorológiai célokról visszaverődő elektromágneses impulzusok hordozta információ a manuálisan végzett mérések-megfigyelések során a durva átlagolások és a mérés időigényessége miatt jelentős mértékben torzul és előregszik a valós-idejű, részletes megbízható mérések csak a vett jelek számítógépes feldolgozásával végezhetőek. Már a radarhálózat tervezési időszakában, 1980-ban, készült egy rendszerterv a radarhálózat automatizálására, amelynek követelményrendszerét magam dolgoztam ki.

A megfigyelések automatizálására az első kísérlet 1984/1986-ban egy C-64-gyel vezérelt Z80-alapú displayprocesszor kifejlesztésével, a napkori beruházási maradvány felhasználásával történt. A napkori radarállomáson üzembe helyezett berendezés volt Magyarországon az első működő számítógépes időjárási radarrendszer, és meggyőzően demonstrálta azt a hatalmas minőségi különbséget, amely fennállt a digitális rendszerben és a manuálisan mért radaradatok között. Terveztük a C-64 számítógép kiváltását az időközben elérhetővé vált IBM PC/AT számítógéppel, de a rendelkezésre álló keretben a KEI vezetése más célokra használta fel. Az LRI szerette volna, ha a berendezés Ferihegyre kerül, de sajnos ezt nem támogatta a KEI akkori vezetése. Ez a berendezés Farkasfára került (9. ábra), ahol felhagytak működtetésével.

A digitalizált radarmérések demonstrációi a helyi vízügyi szakemberek figyelmét is felkeltették, és egy, a FETIVI-ZIG által OMFB-hez benyújtott pályázati támogatással 1990/1991-ben újabb fejlesztésre került sor Napkoron. A WRP32C megjelölésű berendezést (10. ábra) hárman fejlesztettük, *Bezzegh Péter*, *Suhai György* és *Dombai Ferenc*. Bár korábban nem ismertük egymást, de sikerült az egyes részfeladatokat oly módon szétválasztanunk,

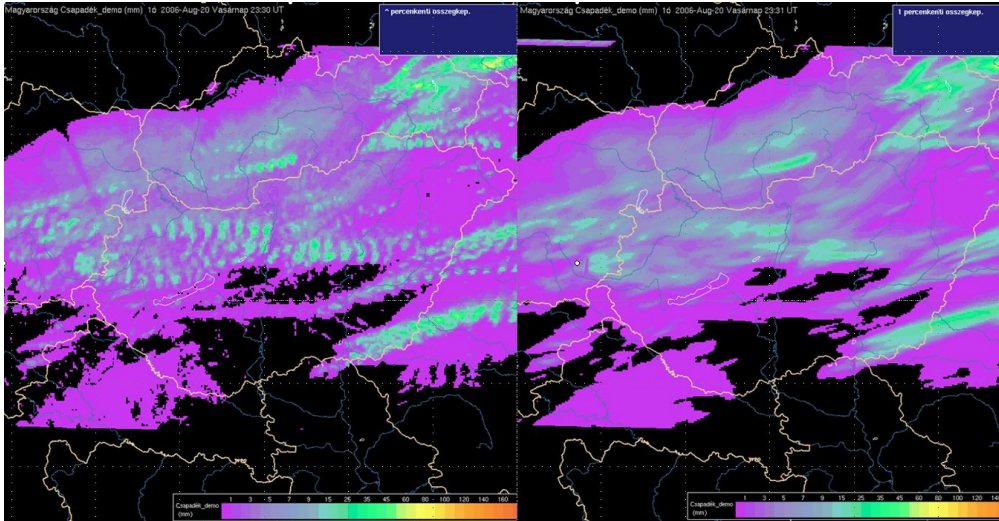
² Központi Előrejelző Intézet, az OMSZ egyik szervezete 1970 és 1993 között

hogy 1990 karácsonyán az egyes modulokat összerakva azonnal működni kezdett a rendszerünk!

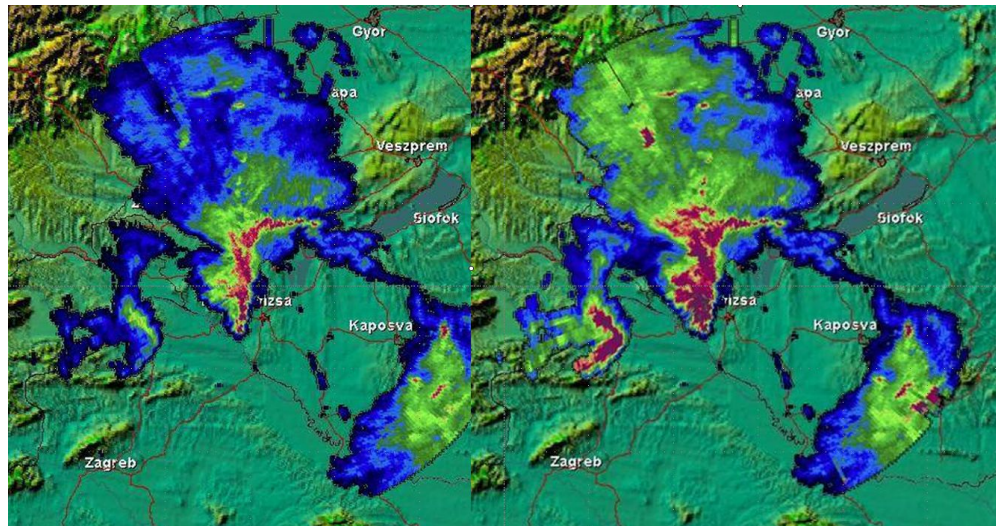
A WRP32C egy PC/AT számítógépből, ebben elhelyezett video digitalizálóból és ezzel önálló adatbusszal összekapcsolt nagyteljesítményű lebegő-pontos (!) jelfeldolgozó processzorból (25 MFLOP) álló rendszer volt. Alkalmas volt programozott időben történő PPI és RHI mérések végrehajtására 32/64/128/256 km-es mérés határig 0,25/0,5/1,0/2,0 km-es térbeli felbontással és 0,5 dBZ

kezdődött az automatikus digitális radar adatszolgáltatás a FETIVIZIG részére.

A rendszerünket radarmeteorológiai konferenciákon is bemutattuk: Ljubljánban (1991) és Hannoverben (1992). Ekkoriban a mi rendszerünk volt a legkompaktabb, teljes egészében lebegőpontos számításokkal dolgozó automatizálási rendszer. Ennek ismeretében kértek fel minket a CzHMU (Prága-Libus 1992) valamint a Cseh Hadsereg (Tabor és Brno 1993) MRL-5 radarjainak automatizálására is. Az ide került változatok egy második digitalizálóval és jelfeldolgozó processzorral az MRL-5 radar mindkét csatornáján egyidejűleg tudtak méréseket végezni. A rendszerünk egy később kifejlesztett négyprocesszoros változata a WRPQ, már 3D méréseket is tudott végezni egyidejűleg az MRL-5 mindkét csatornáján, amely Argentínába is eljutott 1998-ban.



15. ábra: Az advektív interpolációs módszer simító hatása a 24 órás radarcsapadék összegzésben 2006.08.20-án



16 ábra: A C sávú radar mérések során fellépő gyengülés duál-polarizációs adatokkal való korrekciójának eredménye

pontosságú 256 x 256 mátrixú adatelemekkel, megjelenítésre, valamint a mért adatok modemen történő továbbítására. A pályázat részeként a FETIVIZIG-nél kifejlesztették a FETIRA szoftvert (Illés Lajos és Matavovszky György), amely alkalmas volt a modemen érkező digitális radarképek megjelenítésére, valamint az egyes vízgyűjtő területekre radaros csapadékösszegek származtatására, a földi csapadékmérések adatainak figyelembevételével. A két együttműködő rendszerrel 1991-ben meg-

ek képesek voltak meteorológiai műholdképek, hőmérsékleti mező országos radar kompozit képekkel egy vetületen történő megjelenítésére is (12. ábra).

Ez a komplex rendszer biztosította, hogy a méréseket követően, mintegy 5 perc alatt a nagyfelbontású digitális radarképek eljussanak a különböző felhasználóinkhoz. Erre a rendszerre támaszkodva és a leszerelt dusnoki és ferihegyi MRL-5 radarokat felhasználva a Gilice téren újraindítottuk a radarhálózat budapesti állomását, így a



17 ábra: A DWSR 2500C SIDPOL radar antennája

KTM³ akkori minisztere, *Baja Ferenc* 1995-ben felavathatta az OMSZ automatizált országos időjárás radarhálózatát.

Az automatizálás sikerének köszönhetően a 90-es évek közepétől a folyamatos, 15 percenkénti mérésekből származó digitális radarképek nyilvános telefonvonalakon, modemek és számítógépek alkalmazásával jutottak el a felhasználókhoz. A felhasználók között a Szolgálat előrejelzőin kívül több vízügyi igazgatóság és közúti igazgatóság is megtalálható volt. A számítógépes eszközökkel mért és feldolgozott radaradatok lehetőséget adtak arra, hogy a kornak megfelelő színvonalon bekapcsolódhassunk a radarmeteorológia területén nemzetközi együttműködéssel zajló közös fejlesztési és kutatási programokba. Ennek példái az EU COST 73 – meteorológiai radarhálózatok, a COST 75 fejlett meteorológiai radarok programjai, – amelyekben MC tagként és a COST Meteorológiai Technikai Bizottsága tagjaként vettem részt, – valamint az osztrák szolgálat, a ZAMG szervezésében 1995-ben indult CERAD – közép-európai radaradatsere, majd pedig az 1999-ben a EUMETNET által szervezett OPERA 1-2-3 európai meteorológiai radarhálózat fejlesztési programjai (14. ábra). Az OPERA programok alapozták meg a 2013-tól operatívan működő, a nyers radarmérési adatok ma már 232 radarállomás cseréjére támaszkodó ODYSSEY adatközpontok működését, amelyek előállítják a 15 percenként megújuló 2,5 km felbontású európai radar kompozitokat (felszíni radarcsapadék intenzitás, maximális reflektivitás és 1 órás csapadékösszeg).

Az OPERA ma már az EUMETNET egyik operatív megfigyelési programjaként működik; a készült kompozitok a www.eumetnet.eu/activities/observations-programme/current-activities/opera-radar-animation linken elérhetők mindenki számára. Az OPERA előkészítő prog-



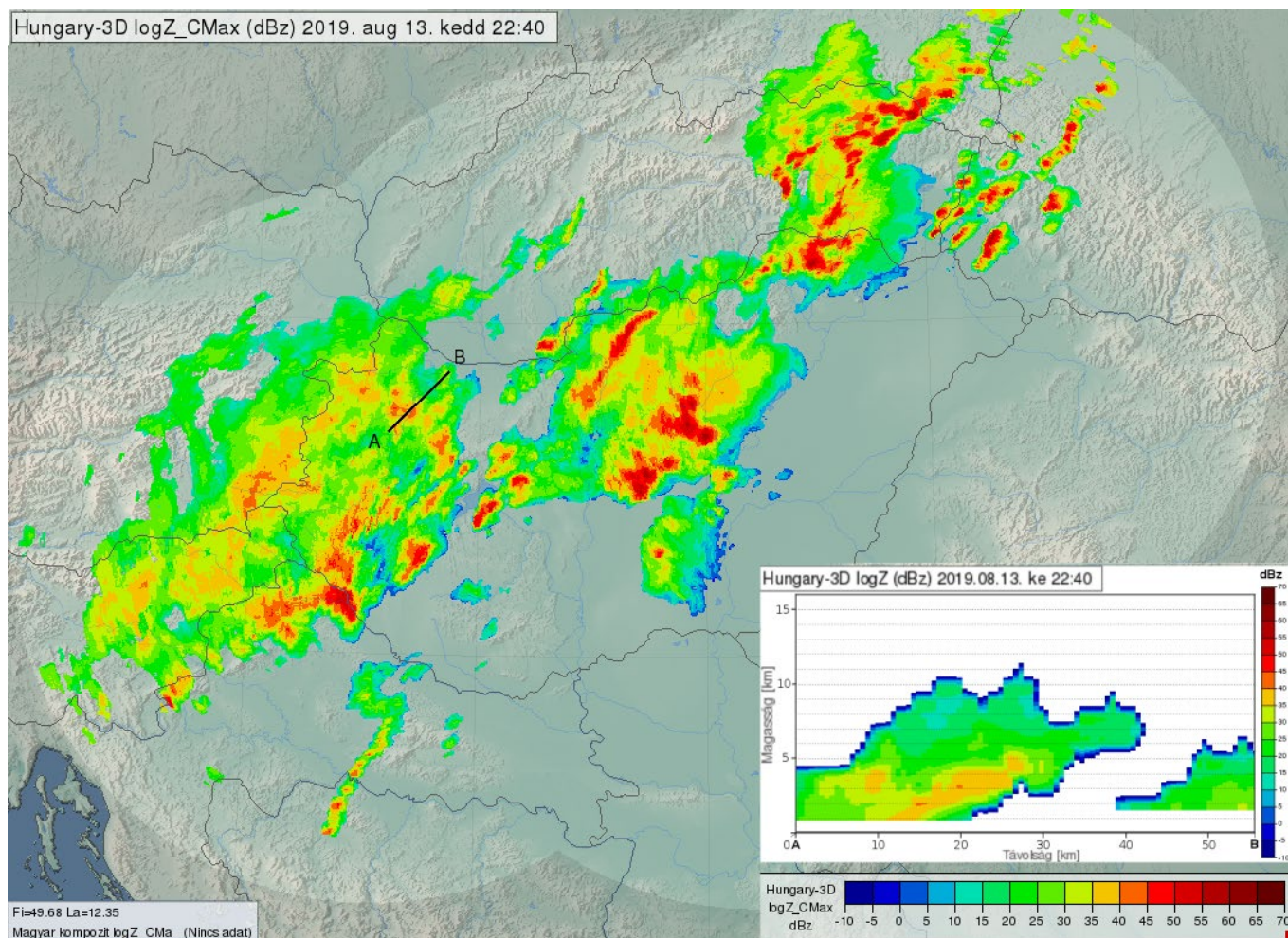
18. ábra: A negyedik radarállomás DWSR 2500C SIDPOL radarjának műszaki átvétele Enterpriseban, USA

ramjaiban *Nagy Józseffel* vettem részt, az operatív munkát felügyelő testületben, ahol később *Sebők István*, ma pedig *Steib Roland* képviseli az OMSZ-ot. Az automatizált MRL-5 radarok a radarhálózatunk 2000-ben megkezdődött korszerűsítésével, az EEC gyártmányú Doppler duál-polarizációs radarok bevezetésével, fokozatosan leállításra kerültek: Budapest 2000-ben, Napkor 2003-ben Farkasfa 20045-ben.

Doppler duál-polarizációs radarhálózat. Az OMSZ, túlélve a 90-es évek kezdetének viszontagságait, a radarhálózat automatizálásán kívül a későbbi tevékenységét alapvetően meghatározó fejlesztéseket tudott megvalósítani. Megindult a digitális meteorológiai műholdadások vétele, megkezdődött az állomáshálózat automatizálása. Új adat- és számító- valamint előrejelzési központot alakítottak ki, operatívvá váltak a numerikus előrejelzési programok futtatásai, megindult a meteorológiai munkáállomás, a HAWK fejlesztése, létrehoztuk a zivatarok teljes elektromos aktivitását is nyomon követni tudó két-sávú (LF/VHF) SAFIR villám-lokalizációs hálózatot. Ebben az időszakban az elnöki kabinet tagjaként, műszaki vezetőként koordináltam a műszaki fejlesztéseket. Az egyik kabinetülésen határoztuk el, hogy fokozatosan korszerű, felügyelet nélkül is működőképes, Doppler elvű digitális radarra fogjuk cserélni radarhálózatunk elavuló analóg MRL-5 radarjait. Az OMSZ anyagi forrásai lehetővé tették, hogy ez 1999-től Budapesten megvalósulhasson.

Nemzetközi tenderfelhívást követően az OMSZ az amerikai EEC cég DWSR2001C Doppler duál-polarizációs radarját vásárolta meg és telepítette a Gilice téren. A radarmeteorológiai osztály új munkatársai *Nagy József* vezetésével végezték el a radar telepítését és adatainak az OMSZ adatfeldolgozó rendszerébe való illesztését a HAWK-on való megjelenítéshez és a még működő MRL-5 radar adatait is tartalmazó kompozit radarképek

³ Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, 1994–1998



19. ábra: Az OMSZ országos oszlopmaximum kompozit reflektivitás radarképe és az A és B pontok közötti szakasz vertikális metszete, 2019.08.13. 22:40

előállítását. Ezekre a feladatokra több új munkatársat kellett felvenni. Ekkor került a Szolgálatunkhoz a friss diplomás *Sebők István* és *Horváth Gyula*, valamint *Balogh Tibor* és *Kulik Menyhért*. Az EEC radar burstok formájában, 1 fokos azimuth irányonként 2048 db adat elem szolgáltatva a Doppler duál-polarizációs mérési adatokat (a horizontális és vertikális reflektivitás, ZH, ZV, a differenciális reflektivitás, ZDR és radiális sebesség V), ami miatt nagyságrendekkel megnőtt a mérésenként feldolgozandó adatmennyiség, néhány száz kbyte-ról több tíz Mbyte-ra. A DWSR2001C 5,6 cm-es hullámhosszon működő kapcsolt, impulzusonként váltakozó polarizációs sugárzással működő digitális Doppler jelfeldolgozó processzorral felszerelt radar. A meteorológusok számára a legfontosabb erénye a talajcélaktól mentes radaradatok biztosítása volt.

Az OMSZ-nak a vízügygel való jó kapcsolata lehetővé tette, hogy támogatásukkal 2003-ban Napkoron is megtörténjen a MRL-5 radar cseréje új Doppler duál-polarizációs radarra. Az új radar egy újonnan épített tornyon került elhelyezésre a régi obszervatóriumi épület egyidejű lebontásával. Ezt követően saját beruházásként 2004-ben Pogányváron is üzembe helyeztünk egy új Doppler duál-polarizációs radart. Az új EEC DWSR 2001C radarok a differenciális reflektivitás ZDR mellett további duál-polarizációs paramétereket is tudtak szol-

gáltatni: a differenciális terjedési fázisszög, FIDP és a specifikus fázisszög változás, KDP (13. ábra). Farkasfa 2004-től szinoptikus állomásként működött.

Az új radarok telepítésével 2004-ben az OMSZ radarhálózata Európában egyedülálló módon teljesen Doppler duál-polarizációs radarhálózattá vált. E polarizációs radarok operatív gyakorlatban való felhasználási lehetőségeinek feltárására úttörő fejlesztési munkákat kellett indítani, mivel más országokban még csak kísérletek folytak a duál-polarizációs adatok felhasználására.

Ilyen fejlesztési munka volt az RLAN zavarok kiszűrése, a radar csapadékösszegek 1 perces lépcsőjű advektív interpolációs módszerű előállítása (15. ábra) és a földi csapadékmérésekkel történő korrekciója, a 3D-s radar kompozitok előállítása és az intenzív csapadékokban a C sávú mérések során is fellépő gyengülés korrekciója (16. ábra) a duál-polarizációs adatok felhasználásával. E fejlesztési munkák *Németh Péter* vezetésével folytak.

Doppler duál-polarizációs radarhálózat bővítése és korszerűsítése. Magyarország 2004-ben tagja lett az EU-nak, amellyel jelentős anyagi források nyíltak meg hazai infrastrukturális fejlesztések számára. A komplex fejlesztési tervek összeállításakor kezdeményezésemre a KEOP program pályázati kiírásába bekerült egy negyedik időjárásiradar telepítésének támogatása is a délkelet-

magyarországi térségben. A koncepcióm alapján, amelynek része volt cseppspektrum mérők beszerzése is, a radaros csapadékmérések javítására készült KEOP-6.3.0/1F-2008-0035 pályázatunk támogatást kapott és 2014-ben a Szentes melletti Lapistón telepítésre került hálózatunk negyedik radarállomása.

Ez a radar az EEC legújabb DWSR 2001C SDP típusú Doppler duál-polarizációs radarja volt (17., 18. ábra), amely az adóimpulzusok megosztásával és polarizációs síkonkénti önálló digitális vevőkkel történő jelfeldolgozással impulzusonként duál-polarizációs mérési adatokat tud szolgáltatni. Ez a „szimultán” rendszer a legelterjedtebb az operatíván használt duál-polarizációs radaroknál, ilyen rendszerű duál-polarizációs radarokká építették át az USA 160 db 10,6 cm hullámhosszú NEXRAD Doppler radarhálózatát is 2012–2014 között. Az új radar teljessé tette a mérhető duál-polarizációs adatok körét, mert az eddigiek mellett lehetővé vált a lineáris depolarizációs arány, LDR és a kereszt korrelációs együttható, ROHV mérése is, de jelentősen javult a mért polarizációs adatok megbízhatósága és pontossága is. Ez tovább növelte a mérésenként feldolgozandó adatok mennyiségét (19. ábra).

A negyedik radar beszerzésével egy időben az OMSZ megkezdte a korábban beszerzett DWSR radarjainak korszerűsítését is, melynek során azok átépítésre kerültek SDP rendszerűvé, valamint új digitális vevőket kaptak a budapesti, napkori és pogányvári radarok is. A negyedik radar telepítésének és a korábbiak korszerűsítésének munkálatait Horváth Gyula irányította főosztályvezetőként. A radarhálózatunk korszerűsítésével kapcsolatos munkákról az OMSZ honlapján lehet bővebben tájékozódni www.met.hu/omsz/palyazatok_projektek/keop-radar/sajtoanyagok/.

Az IDŐKÉP radarhálózata. A hazai meteorológiai radarmegfigyelések számbavételénél beszélnünk kell az IDŐKÉP radarhálózatáról is, hiszen e hálózat megfigyelései több-kevesebb rendszerességgel a széles nyilvánosság számára is hozzáférhetőek. A magán-meteorológiai cég kezdetben egy amatőr meteorológusokból álló csoport volt, amely több állami intézménnyel, közöttük az OMSZ-szal is együttműködve a különféle meteorológiai és környezeti, köztük amatőr meteorológiai mérési adatok WEB-en történő megosztásával kezdte tevékenységét 2004-ben, amellyel informatikai díjat is nyert. Ezt követően 2006-ban lendületes webes fejlesztésekbe és közösség-szervezésbe kezdett. Az OMSZ radaradataira támaszkodva 2009-ben kifejlesztettek egy radarkép predikciós módszert és bővíteni szeretnék volna az együttműködést. Az OMSZ üzleti célokat feltételezve, mint potenciális versenytárstól megtagadta a további együttműködést. Ezt követően saját radarhálózat kialakítását kezdte meg 2010-ben. Hálózata a széles körben és rendkívül kedvező áron (5–10 ezer EUR) elérhető hajófedélzeti, nyílt interfészű, flexibilis KODEN gyártmányú 3 cm-es hullámhosszon működő RADAR PC-re épül. Saját szoftverek fejlesztésével alkalmassá vált meteorológiai célok

megjelenítésére és több radar méréseinek hálózatba szervezésére. A hálózatban való működtetéssel kiküszöbölhető az erős csapadékokban való gyengülés a 3 cm sávon. A KODEN radar ún. rúdantennával rendelkezik, amely horizontálisan keskeny, 1–2 fokos, de vertikálisan széles, 22–23 fokos késnyalábót sugároz, ami lehetővé teszi bármely magasságban megjelenő zivatargócok egyidejű észlelését és CMAX-szerű képek készítését.

A vertikálisan széles nyalábban sugárzott impulzusok kitöltöttsége minden esetben ismeretlen, így a radaregylet nem alkalmazható, azaz méréseik nem kalibrálhatók. Az IDŐKÉP radarhálózat, csupán kvalitatív képet tud adni a zivatargócok fejlődéséről, mozgásáról. A késnyaláb lehetővé teszi, hogy rendkívül gyorsan, az antenna minden egyes fordulata után, képet kapjunk a zivatargócok elhelyezkedéséről. Az IDŐKÉP radarhálózata 12 radarból áll, teljesen lefedve az országot. A hálózat kompozit képei 1 perces időbeli felbontású 10 perces hurokfilmen alkalmanként elérhetőek az IDŐKÉP honlapján. Az IDŐKÉP egy üzleti vállalkozás, amelynek üzleti modellje a honlapjukon közzétett hirdetési bevételeken alapul. Az IDŐKÉP a cseh METEOPRESS-szel együttműködve regionális radarhálózat kiépítésén is dolgozik, továbbá meghirdette a 3D mérési módszert parabola antennás radar kialakításával.

Zárszó. Bár igyekeztem a hazai radarmeteorológia 50 éves történetéről minél teljesebb áttekintést adni megértem, ha cikkem olvasásakor hiányérzete támad az olvasóimnak. Nagyon sok esemény, törekvés, a történetben fontos szerepet játszó személy, helyszín nem került említésre pl. ilyen a radarmeteorológia oktatása, kutatások, szakdolgozatok, stb. Kimaradásuk pótolható, ha később mások is megfogalmazzák azt, amivel szeretnének hozzájárulni az általam elmondottakhoz. Várom, de gondolom a szerkesztőbizottság is várja, hogy mielőbb teljesebbé váljon a radarmeteorológia hazai története akár újabb cikkek, de akár egy kiadható könyv formájában is.

Irodalom

- Csaplak, A., 1995: Katonai meteorológia Magyarországon. *Fejezetek a magyar meteorológia történetéből*, OMSZ, 337–402
- Czelnai, R., 1995: Az Országos Meteorológiai Szolgálat 125 éve. OMSZ
- Dombai, F., 1995: Radarmeteorológia. *Fejezetek a magyar meteorológia történetéből* OMSZ, 123–130.
- Dombai, F., 2006: Adalékok a radarmeteorológia hazai történetéhez, avagy automatizált radarmegfigyelések Magyarországon. *Léggör* 51(1), 13–20.
- Kapovits, A., 2004: Radarmeteorológia meghonosítása Magyarországon. *Léggör* 49(3), 18–22.
- Kapovits, A., 1971: Időjárás radar megfigyelések Magyarországon. *Léggör* 16(3), 50–58.
- Simon, A., 1995: Jégeső-elhárítás. *Fejezetek a magyar meteorológia történetéből*, OMSZ, 315–335.
- Horváth, Gy. és Nagy, J., 2004: A duál-polarimetrikus mérések alapelve, a paraméterek meteorológiai alkalmazása. *Meteorológiai Tudományos Napok XXX*. OMSZ, 135–146.

RADARMETEOROLÓGIA – MÚLT, JELEN, JÖVŐ

RADAR METEOROLOGY – PAST, PRESENT, FUTURE

Steib Roland, Hadvári Marianna, Horváth Gyula, Radics Kornélia

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1525 Budapest Pf. 38.

steib.r@met.hu, hadvari.m@met.hu, horvath.gy@met.hu, radics.k@met.hu

Összefoglalás. Magyarországon a radarmeteorológia első 50 éve szorosan összefonódik az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) nevével. A tudományág megalapozása, fejlesztése, a szükséges infrastruktúra megteremtése, fenntartása és megújítása az OMSZ irányításával történt meg. Az OMSZ radarmeteorológusainak köszönhetően a magyarországi radarmeteorológia európai színvonalon működött az elmúlt évtizedekben.

Abstract. In Hungary, the first 50 years of radar meteorology are closely interconnected to the ambitions of Hungarian Meteorological Service. OMSZ played a crucial role in the foundation and advancement of the discipline, as well as in the establishment, maintenance and renewal of the required infrastructure in Hungary. Owing to dedicated radar meteorologists at OMSZ, Hungarian radar meteorology managed to operate conforming to European levels throughout the past few decades.

A radaradatok hasznosítására, a közúti közlekedés biztosításában történő felhasználására már az OMSZ radarhálózatának 1980-as évekbeli telepítését követően jelentkezett igény, amikor is az OMSZ Napkoron, Budapesten és Farkasfán működtetett két hullámsávon (S és X) is mérni tudó, orosz gyártmányú, analóg, MRL-5 típusú radarokat. A radarok az 1990-es évek elején automatizálásra kerültek, melynek hatására a felhasználói igények tovább növekedtek, hiszen lehetővé vált a digitális radarképek eljuttatása a közúti igazgatóságokhoz. Az automatizált radarok időjárásiról helyzet függvényében, a 256, 128, 64 és 32 km sugarú körzetükből 15 percenként szolgáltatott új információt. A kisebb hatósugárban készült mérések a csapadékeloszlás finomabb szerkezetét mutatták.

Az egyes radarok méréseiből az OMSZ munkatársainak köszönhetően készült el napjaink egyik legfontosabb radarmeteorológiai produktuma, az országos kompozit radarkép is.

A radareszközök modernizálására a 2000-es évektől kezdődően nyílt lehetőség, amikor az OMSZ EEC gyártmányú 5 cm-es hullámhosszon működő Doppler, duálpolarizációs DWSR radarok telepítésébe kezdett. Az első ilyen radar Budapesten került beüzemelésre (2000-ben), a második Napkoron kezdte meg működését (2003-ban), míg a harmadik eszköz a Balaton szomszédságában, Pogányváron épült és vált (2004-ben) operatívává.

Ezt követően, a 2010-es évek a korszerűsítés jegyében teltek. 2013-ban az OMSZ önerőből megújította a budapesti radar vevőegységét és jelfeldolgozását. A felújított radar így már a szimultán duálpolarizációs technikát alkalmazza, ami azt jelenti, hogy a horizontális és vertikális polarizációjú impulzusok nem váltva (egymás után), hanem egyszerre (45 fokos polarizációs síkban) kerülnek kibocsájtásra. Bár a technológia hátránya, hogy az egyes polarizációs síkokban csak a maximális teljesítmény fele

kerül kibocsájtásra, jelentős előnye viszont, hogy a vevő (analóg-digitális jelátalakítás) a radarszobából átkerült az antennára (RF box). Így a vevőág tápvonalának hosszában jelentkező csökkenés mértékével arányosan csökken a vevőágbeli jelvesztés mértéke is. Az új duálpolarizációs technika alkalmazásával javult a radar által származtatott produktumok minősége anélkül, hogy a minimális detektálható jelszint csökkent volna.

2014-ben egy új, a negyedik radarállomás felavatására került sor Szentesen, amely az "Új Magyarország Fejlesztési Terv" részét képező Környezet és Energia Operatív Programnak (KEOP) köszönhetően valósulhatott meg. A szentesi radar helyszíni szerelési munkálataiban aktívan részt vettek az OMSZ szakemberei (1. ábra) is. Még ebben az évben elindult a kölcsönös radaradatcsere (hdf5 formátum) a horvát és a szlovák meteorológiai szolgálatokkal, így 2015-ben elkészült az ún. Kárpát-medence kompozit radarproduktum. Jelenleg négy magyar, két horvát (Bilogora, Eszék) és négy szlovák (Maly Javornik, Kojsovska Hola, Spani Laz, Kubinska Hola) radarméréseinek felhasználásával készül a kompozit radarkép. A produktum megalkotását – sok más tényező mellett alapvetően – az vezérelte, hogy a következő években tovább folytatódott az OMSZ radar-megújítási programja. A felújítás miatti több hónapos radarkiesések időszakában jó szolgálatot tett a produktum.

2015-ben a budapestihez hasonlóan a pogányvári, 2016-ban pedig a napkori radar újulhatott meg az OMSZ sikeres gazdálkodásának és az Agrárminisztérium támogatásának köszönhetően. A pogányvári radar mechanikai felújítását teljes egészében az OMSZ szakemberei végezték. Az Agrárminisztérium valamivel kevesebb támogatást tudott biztosítani a napkori radar esetében, így a radar megújítása ebben az esetben csak úgy valósulhatott meg, hogy az OMSZ a teljes feladatot – a mechanikai és elektromos felújítási munkálatokat is – magára vállalta

(2. ábra). Az eltelt szűk három év tapasztalataiból levonható az a következtetés, hogy a legstabilabban működő radarunk a napkori és a pogányvári. Az említett időszakban mindkettő 99%-nál nagyobb rendelkezésre állással működött.

A napkori radar felújítása után már homogénnek tekinthető az OMSZ radarhálózata, ugyanis mind a négy radar jelfeldolgozása megegyezik. Lehetővé vált tehát az utófeldolgozás során használt szűrők egységesítése. Az alkalmazott zajszűrők nagymértékben támaszkodnak a duál-polarizációs radartermékekre. Fontos azonban megjegyezni, hogy bár a legtöbb radarvezérlő szoftver tartalmaz zajszűrő eljárásokat, ezek nem biztos, hogy hatékonyan alkalmazhatók a rendkívül heterogén zajforrások miatt. Vannak olyan radarok (főként tengerpartok közelében), ahol a vízfelszín hullámzása a legnagyobb zajforrás (sea clutter), míg más területeken a szélerőművek forgó rotorjai vagy éppen a vezeték nélküli adatátviteli eszközök (RLAN) által okozott interferencia jelenti a legnagyobb problémát. Az OMSZ ezért azt az utat választotta, hogy saját fejlesztésű eljárásokat használ a

kb. 1 km-es felbontású reflektivitásadatokat tartalmaz NetCDF fájlformátumban, mely a HAWK rendszer segítségével jeleníthető meg.

2018 nyarán bővült az OMSZ honlapján szereplő radartermékek száma is. A korábban megjelenített radarkép az ún. oszlopmaximum (CMAX) volt, ahol a számított felszíni csapadékintenzitás egyik tulajdonsága, hogy olyan célok is megjelennek a radarképen, amelyek a talajfelszín nem éri el. Ez egyrészt előny, hiszen például egy zivatarcellát már akkor is detektálni lehet, amikor fejlődő stádiumban van, s a kihulló csapadék még nem éri el a talajt, másrészt viszont hátrány, mert ezzel a felszínre ténylegesen leérkező csapadékot túlbecsljük. Az új, ún. PseudoCAPPI kompozit radarkép legfőbb előnye, hogy a radarmérésekből a felszín közelében lévő csapadékot pontosabban lehet vele becsülni. 2018 nyaratól ez az új típusú radarkép szerepel alapbeállításként a honlapon, de természetesen a régi típusú radarkép továbbra is elérhető.

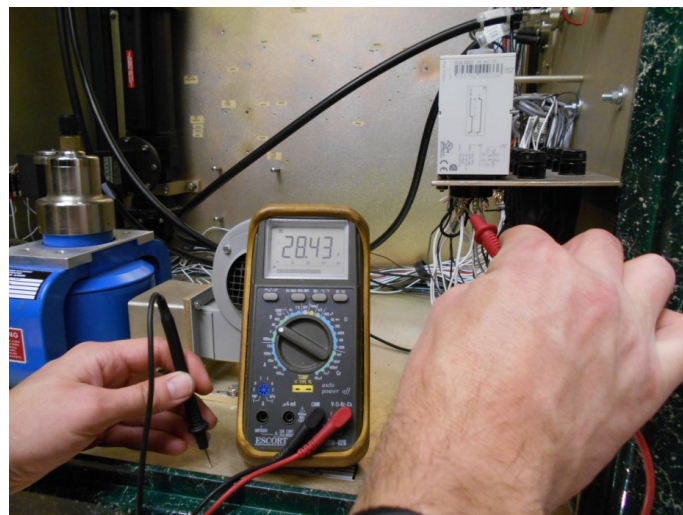
A radarmeteorológia 51. évében az Országos Meteoroló-



1. ábra: A szentesi radar telepítése (2014. június). Az OMSZ szakemberei a radarszekerényt a lépcsőházon keresztül a 9. emeleten található radarszobába szállítják.

nem csapadékhoz köthető radarechók szűrésére. Az első saját fejlesztésű szűrési eljárás a 2000-es években készült el. Az eljárások fejlesztése, optimalizálása azonban jelenleg is tart. Az algoritmusok megalkotása során nagy kihívást jelent, hogy a hatékony zajszűrés mellett a csapadékhoz köthető radarechók minél nagyobb mértékben megmaradjanak.

Az elmúlt évek egyik fontos feladata a 3D radartermék kifejlesztése volt. A termék háromdimenziós,



2. ábra: A napkori radar felújítása (2016. december). Feszültségmérés az OMSZ szakemberei által beszerelt új tápegységen.

giai Szolgálat felismerve a radarmérések fontosságát, az országos jégkarmérséklő rendszer kiszolgálásának érdekében – központi költségvetési forrásból – tovább bővíti a radarhálózatát. 2020-ban a Pécs melletti Hármashegyen kerül telepítésre a hálózat ötödik eleme. A radarhálózat bővítésével elmondhatóvá válik, hogy az OMSZ „radarhálózat-sűrűsége” 0,54 radar/10 000 km²-re növekszik, ami kis mértékben meghaladja a német radarhálózat sűrűségét (0,5 radar/10 000 km²), viszont még jóval a szlovák érték (0,82 radar/10 000 km²) alatt marad.

MAGYARORSZÁG 25 ÉVE AZ ECMWF TÁRSULT TAGJA HUNGARY IS AN ASSOCIATE MEMBER OF ECMWF FOR 25 YEARS

Szépszó Gabriella

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

Összefoglalás: Magyarország 1994-ben csatlakozott társult tagként az Középtávú Időjárás Előrejelzések Európai Központjához, az ECMWF-hez. Írásunkban röviden ismertetjük az együttműködés formáit és az elért eredményeket.

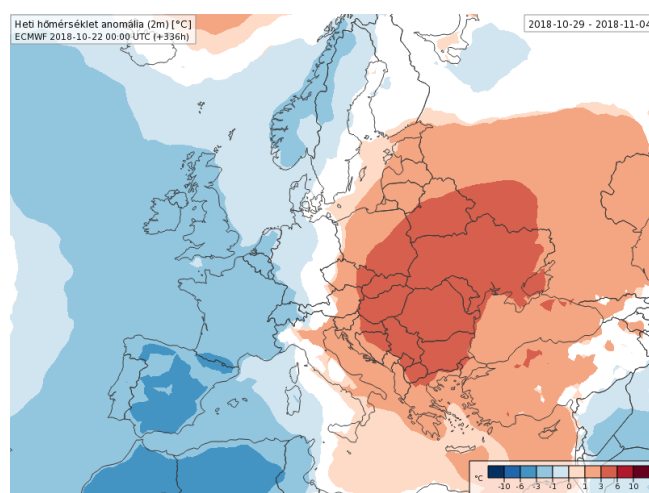
Abstract: Hungary signed the co-operation agreement with European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) in 1994. In this short paper the main elements and results of the co-operation are shortly summarized.

A nagy-britanniai, *readingi* székhelyű Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ 1975-ben 18 európai ország összefogásaként jött létre. Az előrejelző központ alapvető célja jó minőségű, középtávú (2–10 napos időtartamú) számszerű időjárás előrejelzések készítése. 1994-ben Magyarország a kelet-közép európai országok közül elsőként csatlakozott az ECMWF-hez (*Kaba, 1994, Ihász, 2000*).

Havi és évszakos előrejelzések. A kapcsolt légkör-óceán modellek alkalmazásával lehetséges az előrejelzési időtartam kiterjesztése. A Központ évszakos előrejelzési programját 1995-ben indította el. Az első operatív szezonális előrejelzés 1998. júniusban készült el. Napjainkban az ensemble alapú havi és évszakos előrejelzések 36 km-es felbontáson készülnek (*2. ábra*).



1. ábra: Az ECMWF teljes és társult tagjai 2019-ben



2. ábra: Heti hőmérséklet anomália előrejelzés, készült: 2018. október 22., érvényes: 2018. október 29. – 2018. november 4.

Az OMSZ 1995 óta a középtávú előrejelzéseit döntően az ECMWF modell-előrejelzésekre alapozottan készíti, s ezzel kapcsolatos fejlesztői tevékenységet is folytat. Előrejelzői és modellezői részt vesznek az ECMWF továbbképzési programjain, s 2004-től az ECMWF-ben folyó kutató és fejlesztő munkába is több munkatársa bekapcsolódott (*Horányi András, Kertész Sándor, Radnóti Gábor, Szépszó Gabriella, Zsótér Ervin*).

Az ECMWF operatív előrejelzései

Nagyfelbontású előrejelzések. Naponta kétszer, a 00 és 12 UTC-s kezdeti meteorológiai mezőkből kiindulva 10 napos előrejelzéseket futtatnak, míg 06 és 18 UTC-kor 90 óráig terjedő előrejelzések készülnek. A modell a felszín és a 0,1 hPa-os nyomási felület között 136 réteget tartalmaz, horizontális térbeli felbontása 9 km.

Ensemble előrejelzések. A légkör kaotikus viselkedése, a kiindulási megfigyelési adatok hiányos volta, valamint a numerikus modell hibái miatt az előrejelzési időtartam növekedésével a hibák növekednek. Ennek figyelembevételével készül 1992 óta az *ensemble*, valószínűségi előrejelzés. Napjainkban az ensemble előrejelzés 51 különböző kezdeti állapotból kiindulóan áll elő, és figyelembe veszik a fizikai folyamatok leírásában lévő bizonytalanságokat is. Az előrejelzéseket 18 km-es felbontással, 90 modellszinten futtatják 7–15 napos időtávra.

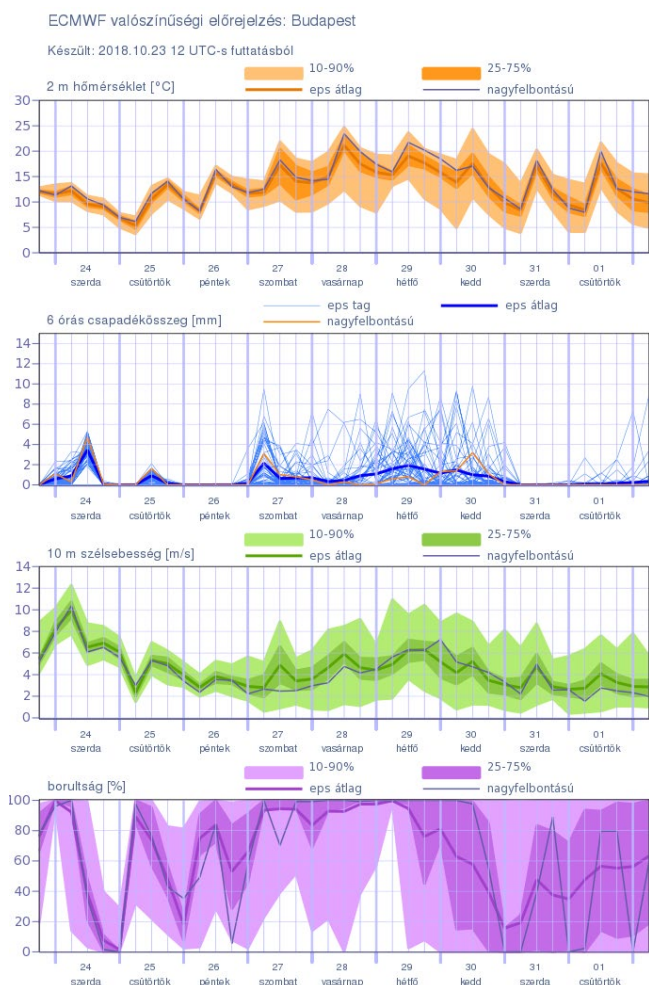
Reanalízisek. A légkör aktuális állapotának megadása az aktuális mérési információk és egy néhányórás modell-előrejelzés felhasználásával összetett matematikai (*adat-asszimilációs*) módszerekkel történik. Napjainkban a kezdeti feltétel, azaz az analízis előállításánál a megfigyelések sokkal pontosabban kerülnek felhasználásra, mint néhány évtizeddel korábban. A több évtizedes hosszúságú megfigyelési adatsorokat egy egységes adatszimulációs módszer és előrejelző modellváltozat alkalmazásával újra-analizálva, egy homogén és konzisztens re-analízis adatbázist kapunk, ami alkalmas például az éghajlat hosszútávú változékonyságának elemzésére.

ECMWF előrejelzésekre alapozott OMSZ kutatások és fejlesztések

Három csoportba sorolhatók:

- (1) Az ECMWF előrejelzések használata kiindulási és határfeltételként beágyazott időjárás előrejelző modellek illetve terjedési modellek számára;
- (2) Az ECMWF reanalízisek használata klimatológiai és klímamodellezési célokra;
- (3) Az ECMWF modell előrejelzésekre alapuló, operatív előrejelzést segítő fejlesztések.

Meghajtó modellként való alkalmazás. A globális előrejelzést részletesebb térbeli felbontású, kisebb területre koncentráltó modellekkel finomítják 1–2 napos időtávra.



3. ábra: A hőmérséklet, 6 órás csapadékösszeg, 10 m-es szélesebesség és borultság 10 napos ensemble fáklya diagramja Budapestre, készült: 2018. október 23. 12 UTC

A tartományon kívüli területekről a globális modelltől származó oldalsó határfeltételek szolgálnak információval. Az OMSZ első korlátos tartományú modellje a Svéd Hidrometeorológiai Szolgálattól adaptált modell volt, melyhez a határfeltételeket 1995-től az ECMWF előrejelzései biztosították. A svéd modellt 1998-ban az ALADIN modellt váltotta fel, melynek fejlesztésében a Szolgálat 1991 óta vesz részt a francia kezdeményezésű ALADIN nemzetközi együttműködés keretében. Napjainkban az OMSZ-ban mind az ALADIN és a nem-hidrosztatikus AROME modellekkel készülő előrejelzésekhez, mind az ezeken alapuló regionális ensemble előrejelzésekhez az ECMWF biztosítja a határfeltételeket.

A francia és a magyar meteorológiai szolgálat együttműködésének eredményeként 1997-ben az OMSZ-ban adaptálták a MEDIA diszperziós modellt, amely nukleáris balesetek esetén a légköri radioaktivitás előrejelzésére szolgált. A 2000-es évek elején installálták a légpályák számítására alkalmas FLEXTRA trajektória modellt és a pontforrásból származó szennyező anyagok terjedését leíró FLEXPART diszperziós modellt. A modellek számára az ECMWF előrejelzés adta a meteorológiai „hátteret”.

Reanalíziseken alapuló vizsgálatok. A regionális klíma-modellek validációja olyan kísérletekkel történik, melyekhez a határfeltételeket re-analízisek szolgáltatják. Az OMSZ-ban alkalmazott REMO és ALADIN-Climate regi-

onális klíma-modellekkel az ERA40 és az ERA-Interim re-analízisek felhasználásával történtek ilyen vizsgálatok.

A re-analízisek a szélérőművek várható teljesítményének becslésében is használatosak. Az erőmű rotorjának átlagos (felszín feletti 75-100 méteres) magasságában nincsenek kiterjedt mérések, így az OMSZ a re-analízisek lokális modellekkel történő leskálázásával állít elő részletes klimatológiai információt a telepítéshez.

A re-analízisek alkalmazhatók olyan, a térségünkben jellemző időjárási jelenségek vizsgálatára is, melyek előrejelzése kihívást jelent a meteorológus számára. Az ECMWF CERA-20C és ERA5 reanalíziseinek felhasználásával például az atlanti-európai térségbeli viharciklonok intenzitásának és gyakoriságának változását tanulmányozták a 20. század közepétől napjainkig. Az ERA-Interim re-analízisek segítségével pedig a középtroposzférában előforduló, télen hózáporok, nyáron zivatarok kialakulásában is szerepet játszó hidegcseppek előrejelezhetőségének statisztikai elemzését végezték el.

Az operatív előrejelzést segítő fejlesztések. Az ECMWF előrejelzések célzottabb előrejelzői használatát segítik az az előrejelzések megjelenítésére, verifikációjára, utófeldolgozására vonatkozó fejlesztések.

Előrejelzések megjelenítése. Az ensemble meteogramok és fáklya diagramok (3. ábra) a nagyközönség rendelkezésére állnak az OMSZ honlapon. A Szolgálat előrejelző szakembereinek munkáját segíti a vertikális metszet, a döntően nyáron jellemző heves konvektív események kialakulására figyelmeztető diagram vagy a téli csapadékfajtákat is megjelenítő előrejelzés.

Előrejelzések verifikációja. A modellek bevalásának rendszeres értékelése, verifikációja nélkülözhetetlen a modellfejlesztők és az operatív előrejelzők számára. Az ECMWF kezdeményezésére azonos szempontrendszer alapján a tagállamok évente készítenek verifikációs beszámolókat.

Kárpát-medence középpontú clusterezés. A teljes 51-tagú ensemble rendszer tanulmányozása jelentős időt vesz igénybe. Az időjárási helyzet bizonytalanságától és összetettségétől függően az előrejelzések általában 2-6 ún. *clusterbe* csoportosíthatók. A csoportokat jellemző átlag vagy reprezentatív tag tanulmányozásával képet kapunk az előrejelzés bizonytalanságának okairól.

Ensemble kalibráció. Az ECMWF-ben hetente kétszer frissülő *reforecast* előrejelzésekre épülő eloszlásfüggvény kalibrációt alkalmaznak, mely az előrejelzések hibáinak részbeni kezelésére szolgál. A módszer eredményesen alkalmazható heves árvizeket okozó csapadékos időjárási helyzetekben.

A sikeres együttműködésben fontos szerepe volt a Szolgálat kapcsolattartóinak, elsősorban *Ihász Istvánnak* és *Tölgyesi Lászlónak*.

Irodalom

Ihász I., 2000: Magyarország 5 éve az Európai Középtávú Előrejelző Központ társult tagja, *Léggör* 45(1), 16–18.

Ihász I., 2019: Magyarország 25 éve az ECMWF társult tagja. OMSZ honlap: www.met.hu

Kaba, M., 1995: Csatlakozásunk a Középtávú Időjárás Előrejelzések Európai Központjához. *Léggör* 40(4), 34.

50 ÉVES A LÉ GK Ö RI TELJES ÓZONTARTALOM OPERATÍV MÉRÉSE MAGYARORSZÁGON

50 YEARS OF THE OPERATIONAL ATMOSPHERIC TOTAL OZONE OBSERVATION IN HUNGARY

Tóth Zoltán¹, Fekete Dénes²

¹Stratolab Kutató, Fejlesztő és Innovációs Kft., 1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29–33., zoltan.toth@stratolab.hu

²Országos Meteorológiai Szolgálat, 1675 Budapest, Pf. 39, fekete.d@met.hu

Összefoglalás. 50 évvel ezelőtt kezdődött meg a légkör teljes ózontartalmának operatív mérése az Országos Meteorológiai Szolgálat Marczell György Főobszervatóriumában. Ez akkor még csak egy további fizikai mennyiség mérését jelentette, de mára óriási jelentőségű lett a jól ismert okok miatt. Az ózommérés történetében a következő előrelépést a Brewer spektrofotométer beszerzése és installálása jelentette 1998-ban. A mérések történetéről, eredményeiről, és az ezzel kapcsolatos vizsgálatokról számolunk be jelen írásban.

Abstract. Routine operational observation of atmospheric total ozone content was started in the Marczell György Main Observatory of the Hungarian Meteorological Service since 50 years ago. In those years, it was only the measurement of an additional physical quantity, but by now, it has become being of immense importance for the well-known reasons. The next step in the history of ozone measurement was the purchase and installation of a Brewer spectrophotometer in 1998. The history and results of these measurements and several studies concerning it are shown in this paper.

Bevezető. Bár 1969 a civilizációnk történetében azért mérföldkő, mert abban az évben tette ember először a lábát egy másik égitestre, az akkori Országos Meteorológiai Intézet (ma OMSZ) szempontjából egészen más okból mérföldkő: ekkor szerezte be és installálta az első nagyprecizitású teljes ózontartalom-mérő eszközt, a Dobson spektrofotométert. Abban az időben persze a „légköri ózon” kifejezésnek messze nem volt olyan kicsengése, mint ma, amikor már a lakosság számottevő része ismeri, vagy legalábbis tudja, hogy van a légkörünkben ózon, és ha többet nem is, annyit tud róla, hogy valami probléma van vele, vagy van valami jelentősége. Mivel akkor még szakmai berkekben se volt ismert az ózoncsökkenés ténye, ez a Szolgálat mérési tevékenységében is csak egy további – bár fontos – fizikai mennyiség bekerülését jelentette az operatív mérések sorába. Azzal inkább kitűnt, hogy ez a második legnagyobb értékű beruházás volt az időjárási radar után. Érdekes, hogy a múlt század 30-as éveiben azért kezdték a teljes ózontartalmat mérni, hogy az ózon változásainak ismerete segítsen jobban megismerni a sztratoszférában lejárló folyamatokat. Ez később aztán megfordult: ma már a sztratoszféra kémiai-dinamikai folyamatainak pontosabb megértése leginkább azért fontos, hogy többet megtudjunk az ózontartalom hosszú távú viselkedéséről és koncentrációjának változása esetleg előrejelezhető legyen klimatikus skálán.

Az ózommérések kezdete és a mérés elve. A légoszlop teljes ózontartalmának pontos mérése akkor vált lehetővé, amikor a fizikusok képesek voltak nagyfelbontású szinképek előállítására, valamint kvázi-monokromatikus sugárzás-intenzitás precíz mérésére. Az előbbi már a XIX. század második felében sikerült elsősorban Kirchhoff munkásságának köszönhetően, utóbbi pedig akkor vált lehetségessé, amikor Einstein 1921-ben atomfizikailag kvantitatíve megmagyarázta a fotoelektromos effektust, amiért fizikai Nobel-díjat kapott, és lehetővé vált a precíz fotondetekálás.

A légoszlop teljes ózontartalmának kvantitatív spektrofotometrius meghatározásának elméletét *Gordon Miller Bourne Dobson* (1889–1976), angol fizikus dolgozta ki,

és a módszert gyakorlatban is ő alkalmazta először: megtervezte és megépítette az ehhez szükséges mérőberendezést. Dobson Cambridge-ben végezte fizikusi tanulmányait, és miután végzett, az oxfordi egyetemre került meteorológiát kutatni és oktatni. 1927-ben tagjai közé választotta a Royal Society. Érdekes, hogy Dobson volt a Brit Királyi Meteorológiai Szolgálat elnöke is, 1947 és 1949 között.

Több „elsőség” is fűződik a nevéhez. 1913-ban ő végezte az első pilotballonos felsőlégköri méréseket, amelyekkel kimutatta, hogy a sztratoszférában a magasság függvényében változik a szél, amit korábban állandónak hittek. 1922-ben felfedezte, hogy a hőmérséklet növekszik a magassággal a sztratoszférában az 50 km körüli magasságig. Ezt ő az ózon sugárzás-abszorpciójának tulajdonította, ami később bizonyítást nyert, és ma már jól ismert tény. Szintén ő volt az első, aki először végzett sztratoszférikus vízgőzmennyiség méréseket.

A 20-as években kezdett az ózommérő spektrofotométer megtervezésébe, és az évtized vége felé kezdte meg működését az első prototípus. Dobson 1931-ben publikálta írását a spektrofotométerről (*Dobson*, 1931). Ez a műszer – a róla elnevezett Dobson spektrofotométer – lett a legnagyobb precizitású ózommérő eszköz. Megkezdődött a sorozatgyártása, és a következő évtizedekben gyorsan növekedett az ezt használó mérőhelyek száma a világban. A 110-es számú 1969 nyarán Budapesten, az Országos Meteorológiai Szolgálat Marczell György Főobszervatóriumában kezdte meg a működését.

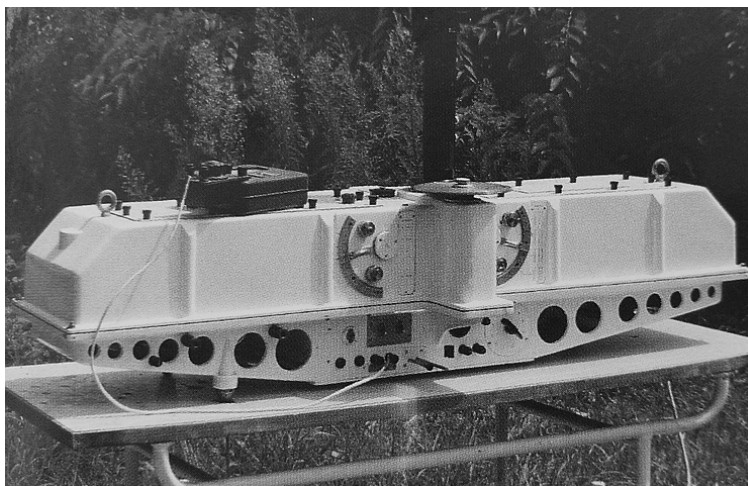
Az ózommennyiség spektrofotometrius meghatározásának elve az ún. relatív intenzitások módszerén alapul. Az elsőre megoldhatatlannak tűnő feladatot Dobson azon felismerése tette megoldhatóvá, mely szerint az aeroszol optikai mélység viszonylag lassan változik a hullámhosszal az UV-B tartományon az ózonabszorpció optikai mélységének változásához képest. Ha kiválasztunk két hullámhosszt, és azokon megmérjük a leérkező sugárzási fluxust, akkor a csillagászati geometria, a légkör tetejére érkező fluxus, az ózon abszorpciókoefficiens, és a Rayleigh-szórás optikai mélysége ismeretében pontosan meghatározható lenne a légoszlopban lévő teljes ózontar-

talom, ha ismernénk az aeroszol optikai mélységet. Annak ismerete nélkül azonban bármely hullámhosszra felírt egyenletben két ismeretlenünk van. Azonban Dobson felismerte, hogy ha a két hullámhosszt egymáshoz megfelelően közel választjuk meg, annyira, hogy az aeroszol optikai mélység a két hullámhosszon már egyenlőnek tekinthető legyen, viszont az ózonabszorpció még megfelelő mértékben különbözzön, akkor az aeroszol optikai mélység kiesik, így egy hullámhossz-párt használva a feladat megoldható. Így történik az ózon számítása a mai modern Brewer spektrofotométereknél is, csak hat hullámhossz mérésével a nagyobb megbízhatóság biztosítása céljából (Dobson, 1957, *Brewer MKIII Spectrophotometer Operators' Manual*, 1992). A Dobson spektrofotométernél ez összehasonlító módszerrel valósul meg. A spektrofotométeren lévő speciális karokkal be kell állítani, hogy a műszer először azt a hullámhosszt válassza ki, amelyen erősen abszorbeál az ózon, az ehhez tartozó értéket fel kell jegyezni, majd ki kell választani a másik hullámhosszt, amelyen gyakorlatilag nem (vagy legalábbis alig) abszorbeál az ózon. A két különböző fluxus áramot indukál az érzékelő fotocellán. A nagyobb intenzitású hullámhosszt két speciális optikai ék segítségével addig kell gyengíteni, míg ugyanakkora áramerősséget kapunk mindkét hullámhosszra. Azon a hullámhosszon tehát, ahol az ózon nem abszorbeál, olyan mértékben csökkentettük az érzékelőre eső fluxust az ékek használatával, amilyen mértékben az ózon csökkentette a másik hullámhosszon. Ha az optikai ékek precízen vannak kalibrálva, akkor a helyzetük megváltozása pontos összefüggésben áll a beeső fluxusok arányával, és ebből következően az ózon mennyiségével. Fényforrásként lehet használni a napkorong térszögéből érkező direkt sugárzást, a holdkorongról érkező sugárzást, illetve, ha a direkt sugárforrást felhő fedi, a zenit irányából érkező szórt sugárzást.

Az ózommennyiség számítását gyári kalibrációs táblázatok használatával kellett elvégezni, ami elég hosszadalmas feladat volt, de egyszerűsíteni lehetett a munkát, ha a felhasználó írt egy számítógépes programot a leolvasásokra úgy, hogy a szükséges kalibrációs táblázatokat is számítógépre vitte.

Dobson spektrofotométeres ózommérés a Marcell György Főobszervatóriumban (1969–2000). A WMO Aerológiai Bizottsága 1957-ben megtartott párizsi ülésén hívta fel a figyelmet az ózommérések fontosságára, és egy világméretű ózommérő hálózat létrehozására (Borbély, 1966), amelynek alapműszereként magától értetődő módon a Dobson spektrofotométert jelölték meg. Mivel a szocialista tábor országai számára a Dobson ára nagyon

magas volt, G. P. Guscsin szovjet mérnök vezetésével a szentpétervári (akkor: leningrádi) egyetemen 1958 és 1961 között kifejlesztettek egy jóval olcsóbb szűrős spektrofotométert az ózon mérésére, amelyből az első a 60-as évek elején kezdték meg működésüket. Az Országos Meteorológiai Szolgálat 1966-ban kapott egy Guscsin spektrofotométert a Szovjetuniótól (Borbély, 1966), amelyből akkor már jelentős számú működött a Szovjetunió területén, így a magyarországi ózommérések már 1966-tól datálhatóak. Az eszköz pontossága és megbízhatósága azonban, szűrős műszer lévén, nem vetekedhetett a Dobson spektrofotométerével, így a Szolgálat terveiben egy Dobson műszer mielőbbi beszerzése szerepelt, amely azonban nagyságrendekkel drágább volt. A Dobson spektrofotométerek száma a 40-es és 50-es években már növekedett, és a WMO 1957-es felhívásának hatására a növekedés üteme felgyorsult. A 60-as évek közepén már közel száz Dobson műszer működött a világ különböző mérőhelyein. Végül a körülmények szerencsésen alakultak, és az OMSZ már három év múlva, 1969 késő tavaszán meg tudta venni a Dobson spektrofotométert (1. ábra). A mérőeszköz, bár spektrofotométer, azaz sugázmérő műszer volt, először nem a sugárzási osztályra, hanem a levegőkémiai vizsgálatokat végző



1. ábra: Dobson spektrofotométer

osztályra került, és ott kezdték meg vele a méréseket nyár elején. A WMO-nak ekkorra már működő minőségbiztosítási rendszere volt a világhálózat számára: 5 évenként összehasonlításokat (tulajdonképpen kalibrációkat) rendezett a Dobson spektrofotométerek számára, amelyeket a svájci Arosában tartottak. A Dobson 110 1975-től vett részt ezeken a kalibrációkon.

A magyarországi ózommérések kezdetekor a globális ózonszökkenés még csak sejtett jelenség volt, mert nem telt el elég hosszú idő a tendenciózusnak tűnő csökkenés körülbelüli kezdete (a 60-as évek legeleje) óta. A Dobsonnal limitált volt az egy nap alatt gyűjthető adatok száma, hiszen kézzel kellett vezérelni a mérési folyamat minden lépését, aztán a leolvasásokból kiszámítani az ózontartalmat. Ezáltal egy mérés kb. 15 percig tartott (a számítás nélkül). A cél az volt, hogy amennyire lehet, azonos napzenittávolságoknál történjenek a mérések minden napon, és lehetőleg minimum 7–8 mérés történjen egy nap alatt a nyári időszakban – télen nyilván egy kicsit kevesebbet lehetett teljesíteni a rövidebb napok miatt.

A Dobsonnal minden hónapban havi rutinteszteket kellett végezni: külső standard sugárforrással az érzékelő ellenőrzése érdekében és standard higanyforrással a hullámhossz kiválasztás pontosságának ellenőrzése céljából. A mérésfajtákból sokáig csak a direkt méréseket használták, ami azonban korlátozta a létrejött mérési adat menny-

nyiségét, hiszen olyan időszakban nem lehetett mérni, amikor felhő takarta a napkorongot. 1992-ben egy teljes évig tartó kísérlet során kapott adatsorból kidolgozott parametrizációval és a szükséges, gyárilag meghatározott ún. zenit polinomok segítségével, kifejlesztettük azt a módszert, amivel a zenitsugárzásból is lehetett ózont meghatározni, így jelentősen növelni tudtuk a napi mérések számát.

Az első két évtizedben csak havi gyakorisággal kellett küldeni a napi átlagértékeket egy megadott táviratformatumban a Kanadában, Toronto közelében lévő *Downsview*-ban működtetett WODC-be (World Ozone Data Center), amelyből a 90-es években WOUDC (World Ozone and Ultraviolet Data Center) lett. Aztán a globális ózonszökkenés felismerése, és az ózonlyuk felfedezése után létrejött a GAW keretében működő GOOS (Global Ozone Observing System – „globális ózonzfigyelő rendszer”) a 90-es évek elején, amelynek két központja van: a már említett WOUDC, és a görögországi Thesszalonikiben található Arisztotelész Egyetem Légekfizikai Laboratóriuma. A GOOS-ben résztvevő ózonzmérő állomások minden nap végén elküldik az adott napi ózonzátlagot, és másnap egy ózonzeloszlás térképet kapnak az északi féltekére.

A tevékenységek egyre szélesedő köre és a Szolgáltatnál a 90-es évek elején történt drasztikus létszámcsökkentés, valamint a modern adatgyűjtéssel működő egyéb mérésekkel járó munka mellett egyre nagyobb terhet jelentettek a kézzel végzett, hosszadalmas Dobson-mérések, és ez kezdett a munkák hatékonyságának a rovására menni. A 80-as évek első felében jelent meg a modern optoelektronikus módon működő ózonzmérő berendezés, a Brewer spektrofotométer, és a 80-as évek vége felé jelentősen elkezdett növekedni a számuk a nemzetközi hálózatban. Ez az eszköz ráadásul nagyfelbontású ultraibolya spektrumokat is tudott rögzíteni, és a légoszlop kén-dioxid tartalmát is mérte ugyanazon az elven és gyakorlati megvalósítással, ahogy az ózont. A volt szocialista országok közül Csehország, majd Lengyelország is beszerzett Brewer spektrofotométert a 90-es évek első felében. Végül az OMSZ pályázati pénzből tudta megtenni ezt a nagy beruházást 1998-ban. Ekkor új időszámítás kezdődött a hazai ózonzmérések történetében.

A Brewer spektrofotométer. Ennek az eszköznek az elméleti alapjait Alan West Brewer (1915–2007), kanadai fizikus dolgozta ki, amelyről az első publikációt 1973-ban jelentette meg (*Brewer, 1973*). Brewer a múlt század 40-es éveiben az oxfordi egyetemen Dobsonnal dolgozott, ekkor kifejlesztették ki a nevük után „Dobson-Brewer cirkuláció”-nak nevezett légköri cirkulációs modellt, amellyel meg tudták magyarázni a sztratoszféra dinamikájának és az ózonz sztratoszférikus kémiaiájának a segítségével azt az elsőre paradoxonnak tűnő jelenséget, hogy az ózonz abban a tartományban (trópus) van jelen a legkisebb mennyiségben, ahol a legtöbb keletkezik belőle, hiszen ott érkezik a legnagyobb mennyiségben az ózonz gyártó UV-C sugárzás. Dobson 1950-ben nyugdíjba ment, Brewer pedig 1962-ben a University of Toronto-ra távozott. A 60-as évek második felében kezdett fog-

lalkozni egy, a Dobsont helyettesítő, a modern szilárdtestfizikán alapuló optoelektronikát, és modern számítástechnikát alkalmazó programvezérlésnek köszönhetően automatikusan működő ózonzmérő műszer kifejlesztésén. A legapróbb részletekig kidolgozott, „papíron már működő” berendezés fejlesztését kollégájával, David Wardle fizikussal kezdték meg a 70-es évek közepén. Brewer 1977-ben nyugdíjba ment, Wardle pedig a projekttel együtt az Environment Canada intézményhez került, és két ottani fizikus kollégájával, James Kerr-rel, és a University of Toronto-n is dolgozó Tom McElroy-jal folytatták a prototípus és a vezérlő program kifejlesztését, majd irányították a gyártás munkálatait. A Brewer spektrofotométer első prototípusa a 70-es és 80-as évek fordulójára készült el. A gyártó egy Saskatoon-ban működő cég, a SCI-TEC Instruments volt. Az első sorozatgyártott példányok 1981-ban készültek. Ezeket MKII-vel jelölték, mivel az MKI elnevezést csak a prototípus kapta.

A Brewer spektrofotométer monokromátorként motorral mozgatott holografikus diffrakciós ráccsal működő spektrofotométer, komplex precíziós előoptikával, így az ózonztartalom általa nagy pontossággal meghatározható. Az UV spektrumot a 286,5 nm és 363 nm hullámhosszok közötti tartományban állítja elő, 0,5 nm spektrális felbontással. Az érzékelő egy precíz, közel 2000 V-on működő fotoelektronsokszorozó. Jelenleg is a legpontosabb ózonz és UV-mérő eszköz a világon, és ezért referenciaként szolgál mindenféle UV-ben működő spektrométer számára. Ezt a pozícióját meg is őrzi mindaddig, amíg a ma már egyre megbízhatóbb diódasoros, vagy más szóval diódatömbös (diode-array) spektrométerek le nem taszítják a trónról – de erre még feltehetőleg kell várni néhány évtizedet.

A Brewer önellenőrző, azaz egy sor (több, mint húsz) rutintesztet végez, némelyeket alapértelmezésben, némelyeket pedig a működtető szakember írja be a mérési programba. A mechanika és az optoelektronika legapróbb részleteit is operatív tesztelni lehet (és célszerű), például a fotoelektronsokszorozó *dead time*-ját, vagy a napkövető teljes 360° alatti lépésszámát. Bármely szegmens, alkatrész ellenőrizhető (és ezért ellenőrizni is kell), aminek közvetlen hatása van a kimenő jelre.

Beépített standard sugárforrással és higanyforrással az érzékelő és a hullámhossz-kiválasztás is naponta többször ellenőrzésre kerül, de rendelkezésre állnak a gyári külső standard sugárforrások, amelyekkel havonta egyszer végzünk kalibrációt. A standard lámpa a detektort, azaz a mért jelet teszteli, a higanyforrás pedig a hullámhossz kiválasztás pontosságát. A teszt során azt lehet vizsgálni, hogy az elméleti atomfizikai számítással előállított adott higany emissziós vonal alakját milyen pontossággal hozza a műszer. Ha a gyárilag meghatározott különbségnél jobban eltér, akkor valami probléma állt elő, amit orvosolni kell.

A vezérlőprogram *gwbasic*-ben van írva, a mai napig abban történnek a fejlesztések, a felhasználó által is bármikor módosítható. Működéséről részletesen: *Brewer operator's Manual* (1992), *Tóth* (2017).

1986-ban kezdtek gyártani az MKIV verziót, amely az ózon és az UV spektrumok mellett a kén-dioxid helyett a nitrogén-dioxidot tudja mérni. 1990-ben kiterjesztették az érzékenységi tartományát, és onnan kezdve gyártott Brewer MKIV mindkettőt mér. A következő nagy lépés 1992-ben jött el, amikor elkezdtek gyártani az MKIII típust. Ez már dupla monokromátorral rendelkezik, így még jobb zajszűrése van, amelynek köszönhetően tovább csökkent az amúgy is rendkívül alacsony mérési bizonytalanság.

2004-ben nagy változás történt a Brewer gyártásában. A Kipp&Zonen megvette a Sci-Tec-et, és a Brewer gyártása átköltözött a hollandiai Delft-be, a Kipp&Zonen gyártó üzemébe.

Brewer spektrofotométeres ózommérés a Marczell György Főobszervatóriumban (1998–). Az OMSZ



2. ábra: Brewer spektrofotométer

1998 nyár elején installálta a 152. sorozatszámú Brewer MKIII spektrofotométert (2. ábra). A kezdeti problémák feltárása és megoldása után az operatív mérések 1998 őszen indultak.

Mivel teljesen automatikus eszköz, a mérési programját úgy célszerű összeállítani, hogy mindenből minél többet mérjen, azaz folytonosan ki legyen használva. Minden mérési sorozat előtt szükség van egy Hg lámpa tesztre, így sok Hg teszt fut egy nap alatt. Ezért a Hg lámpa a Brewer messze leggyakrabban cserélendő alkatrésze, általában 1,5–2 évenként cserélni kell.

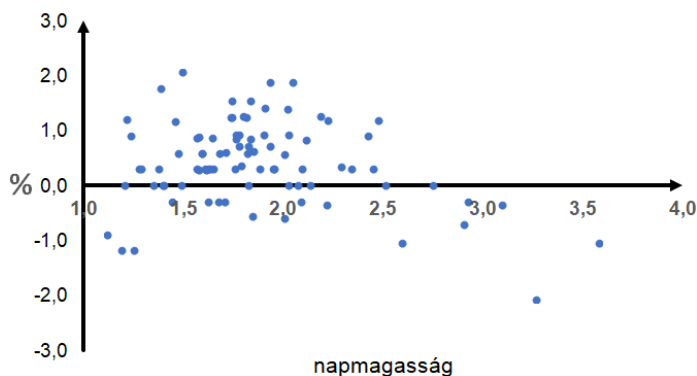
Az ózomméréseket adott nap-zenittávolságoknál célszerű végezteni. A direkt és zenit méréseket is figyelembe véve 50–60 ózommérés történik a nyári időszakban, a téli-ben értelemszerűen valamivel kevesebb.

Az első időkben még párhuzamosan működtettük a Dobson-t és a Brewer-t, hogy lássuk, mekkora az eltérés a két műszer adatai között. Nem kell magyarázni, mennyire

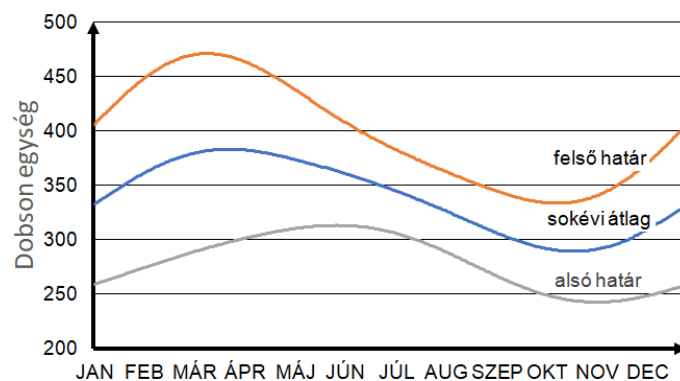
fontos ez minden ilyen esetben, és milyen kiemelten fontos egy ilyen fizikai mennyiség esetén, mint az ózonkoncentráció, amelynek trendje az egyik legnagyobb kérdés légkörünk hosszú távú viselkedésének megismerésében és megértésében. A párhuzamos mérések 1998 ősze és 2000 tavasza között, kb. másfél évig zajlottak. Az egyezés igen jó volt, ahogy azt a 3. ábrán is láthatjuk.

A Dobson így „nyugdíjba vonult”, és ma is ott pihen a Marczell György Főobszervatórium sugárzási raktárában. Volt több alkalommal érdeklődés más országok részéről, hogy az OMSZ kölcsönadja, de ezek végül a kezdeti lelkesedés után nem realizálódtak.

A Brewer kalibrációja a nemzetközi utazó etalon



3. ábra: A Brewer és Dobson spektrofotométerekkel mért adatok eltérése a napmagasság függvényében



4. ábra: Az ózon karakterisztikus éves menete és a természetes változékonyság alsó és felső határa

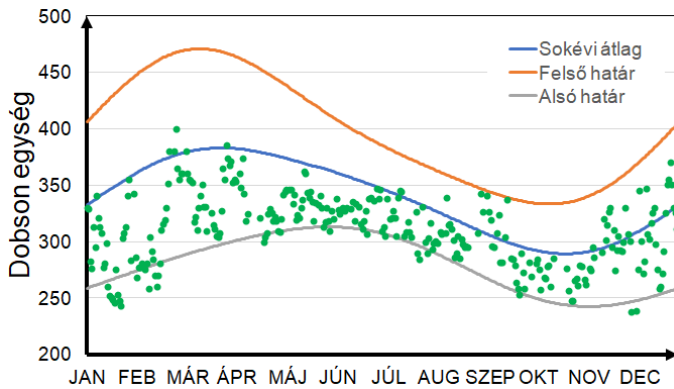
Brewerhez (Brewer 17) két évente történik, a kalibrálást a korábban a SCI-TEC-nél és a University of Toronto-n dolgozó szakemberek által működtetett IOS (International Ozone Service) elnevezésű cég végzi. A nemzetközi etalon csoportot három Brewer spektrofotométer alkotja (Brewer Triád), ezekhez kalibrálják az utazó etalont, amellyel aztán a világ különböző helyein működő Brewereket kalibrálják.

A közép-európai országok Brewert működtető intézményei összefogtak, és felváltva rendezték a kalibrációt. Ez négy országot jelent: hazánk mellett Csehország, Szlovákia és Lengyelország. Az elsőt, amelyen részt vettünk, 2001-ben éppen mi rendeztük a Marczell György Főobszervatóriumban.

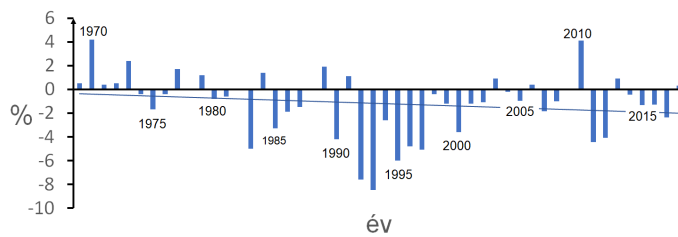
Az ózon állapota, változásai hazánk felett a mérési eredmények alapján. Ennek az írásnak nem lehet célja a szakasz címében szereplő téma részletes bemutatása, de

néhány fontos tényt mindenképpen meg kell említeni az okok és a légkörfizikai kapcsolódások, magyarázatok részletezése nélkül.

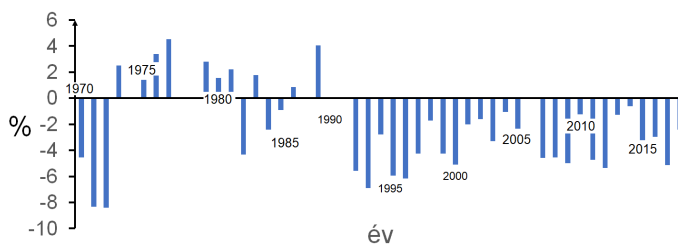
A teljes ózontartalom sokévi átlaga Budapesten 338 DU (Dobson Unit – Dobson Egység). Az ózonnak karakterisztikus éves menete van, ahogy az a mérsékelt övben mindenütt jellemző. A 4. ábrán a simított éves menetet láthatjuk, és vele együtt feltűntettük a természetes változékonyság alsó és felső határát (\pm kétszeres szórás) is. Azt tapasztaltuk, hogy olyan években, amikor nagy ózonhiány volt, a napi átlagok jelentős része a természetes változékonyság sávjának alsó határán mozgott, de vi-



5. ábra: Az 1993-as év napi ózontartalmait



6. ábra: A teljes ózontartalom spektrofotométeres mérésekből számított éves átlagainak százalékos eltérése a sokéves átlagtól Budapest fölött az 1969–2018 időszakra



7. ábra: A nyári időszak átlagainak eltérése a sokévi nyári átlagtól 1970 és 2018 között

szonylag kevés napon volt alatta. Ez azt jelenti, hogy azokban az időszakokban nem volt jellemző az extrém ózonhiány, de szinte az egész év folyamán jelentősen átlag alatti volt az ózontartalom. Erre jó példa az 1993-as év (5. ábra).

A 6. ábrán a teljes ózontartalom éves átlagainak a sokévi átlagtól való százalékos eltéréseit tüntettük fel Budapest felett az OMSZ mérései alapján 1969 és 2018 között. Jól érzékelhető a csökkenő trend a 90-es évek közepéig, és onnan kezdve a csökkenés megtorpanása, majd valamiféle regeneráció megindulása. A trendet egy kicsit torzítja a fülöp-szigeteki Pinatubo vulkán 1991-es kitörése, amelynek következtében olyan mennyiségű vulkáni

anyag került az alsó sztratoszférába, amely már kimutatható ózonsökkenést okozott. Ez az 1992-es és 1993-as évben hozzájárul az eleve jelenlévő „háttérsökkenéshez”. A trendről nehéz egyértelmű megállapításokat tenni az utóbbi évtizedre vonatkozóan, de egy évtized nem is elegendő ez esetben megbízható következtetések levonására. A légkör rendkívül komplex fizikai rendszer, és a sok benne zajló folyamat, mechanizmus, és visszacsatolások stb. révén egy adott kiragadott fizikai mennyiség értékét, annak változását rengeteg tényező befolyásolja. Ezt jól mutatja a mi budapesti adatsorunk néhány részletének a szemügyre vétele. A 90-es évek közepéig tartó csökkenés az illesztett trendvonal feltűntetése nélkül is szembevetődő, még a nem gyakorlott szemnek is. Nézzük most meg az ózon 80-as évtized alatti viselkedését. Jól láthatjuk, hogy abban az évtizedben egyértelműen növekedés volt tapasztalható. Akkor most ez azt jelenti, hogy

1. táblázat: A nyári időszak havi átlagainak eltérése a sokévi átlagtól az utóbbi 20 évben

év	május	június	július	augusztus	átlag
1999	-4,3	-6,5	-3,3	-2,8	-4,2
2000	-6,3	-7,9	-0,9	-5,3	-5,1
2001	-4,1	-1,1	0,6	-3,4	-2,0
2002	-6,3	-2,8	-1,2	3,8	-1,6
2003	-5,7	-5,9	-0,9	-0,6	-3,3
2004	1,1	-2,0	-2,7	-0,6	-1,1
2005	-6,0	-3,7	-0,3	0,6	-2,3
2006	-1,1	-0,8	-2,1	3,8	-0,1
2007	-5,3	-4,8	-5,7	-2,6	-4,6
2008	-1,4	-5,9	-4,4	-6,5	-4,6
2009	-6,8	-4,1	-5,5	-3,6	-5,0
2010	-1,3	-0,6	-0,6	-2,5	-1,3
2011	-2,0	-6,4	-4,0	-6,6	-4,8
2012	-4,6	-7,3	-5,1	-4,4	-5,4
2013	-4,5	-0,2	1,2	-1,6	-1,3
2014	-1,3	-1,6	-0,3	0,8	-0,6
2015	-2,7	-2,0	-5,1	-3,1	-3,2
2016	0,8	-5,1	-3,6	-4,1	-3,0
2017	-4,1	-6,5	-3,9	-6,0	-5,1
2018	-4,8	-2,2	0,0	-2,4	-2,4

hazánkban a világ más részeivel ellentétben nem is volt ózonsökkenés? Nem, egyáltalán nem! Azt jelenti, hogy ha egy ilyen komplex fizikai rendszerben, mint a földi atmoszféra, kiválasztunk egy fizikai mennyiséget a sok közül, amire rengeteg egyéb, eleve sok minden mással kölcsönhatásban és visszacsatolásban lévő tényező hat, nem minden esetben, vagy nem minden rövidebb időszakra fogjuk a hosszú távra érvényes „fő effektust” látni. Azaz kicsit felületesen fogalmazva: a fő effektus sok esetben elveszik a sok tényező együttes hatása mellett, és csak elegendő hosszú időszak megválasztása esetén „válik láthatóvá”. Senki se kérdőjelezi meg azt, hogy a 80-as évtizedben hazánk felett ugyanúgy ózonsökkenés volt, mint globális méretekben, pedig az évtized nagyobb részében ellenkező tendenciát tapasztaltunk.

Feltűnő és már régóta tartó jelenség a nyári ózonhiány. A 90-es évek eleje óta, azaz két és fél évtizede (!) alig fordult elő, hogy a nyári hónapokban ne ózonhiány lett volna

na a jellemző. A nyári időszak (május–augusztus) átlagának a sokévi nyári átlagtól való eltéréseit mutatja a 7. ábra. Szembetűnő, hogy a 90-es évek elejétől minden egyes nyáron negatív volt a sokévi nyári átlagtól való eltérés! Annyiban “vígasztaló” talán a kép, hogy az eltérésekben egy nagyon enyhe növekedő tendenciát tapasztalunk, ami az ábrán is látható, de ez nagyon kismértékű. Az 1. táblázatban havi bontásban tüntettük fel az eltéréseket az utóbbi 20 évre. A négy hónapos nyári időszakokat figyelembe véve a 80 hónapból mindössze 9-ben (!) volt az átlagos eltérés pozitív, de ebből is 2 hónapot kivéve a pozitív eltérés jelentéktelenül kicsi. Az ok feltehetőleg a klíma megváltozásában keresendő. Az utóbbi évtizedekben gyakoribbá váltak a mediterrán beáramlások hazánk területére, főként nyaranként. Mivel normál esetben az ózon mennyisége az egyenlítőtől a pólusokig növekszik, a mediterrán légtömeg nagyobb eséllyel alacsonyabb ózontartalmú, mint a hazánk felett jellemző mennyiség. Ma még nem tudjuk megmondani, hogy ez az effektus, figyelembe véve az ózon folyamatainak az éghajlati rendszerrel való összetett kapcsolatát, mennyire fogja fékezni az ózon elkövetkező évtizedekben remélt növekedését (Tóth et al., 2019).

Ózon adataink a nemzetközi porondon. Az ebben a témában nemzetközi projekteken történt tevékenységünk ismertetésére itt most nincs lehetőség, de megemlítjük, hogy a hazai ózommérések jelentős szerepet játszottak több fontos nemzetközi vizsgálatban, kutatásban, és műholdas ózommérések verifikációjában. Továbbá pl. a COST 713 akcióban az európai UV előrejelzések továbbfejlesztési és harmonizációs munkái során az ózon előrejelzési módszerek összehasonlító munkálataiban is fontos szerepük volt, valamint az elsők között vettük észre adataink segítségével a TOVS műhold ózommérő spektrométerének egy meghibásodását a 90-es évek közepén (Borbás et al., 1997). Úttörőnek mondható az UV besugárzás ózontartalomtól való függésének elemzése mért ózon és UV sugárzási adatsoraink alapján (Németh et al., 1996). Részt vettünk abban a vizsgálatban is, amelynek során egy nagyobb létszámú nemzetközi kutatócsoporttal a 2011-es, Közép-Európa feletti közel másfél hónapig fennálló mini-ózonlyuk viselkedését vizsgáltuk és elemeztük (Petkov et al., 2014). Adataink a WOUDC adatbázisában hozzáférhetőek az egyes országos WOUDC kapcsolattartó szakemberei számára.

Az ózommérés jövője. Ahogy korábban említettük, ismerve a modern spektrofotometria fejlődését, a legújabb fejlesztéseket és a fejlődés tendenciáit, a Brewer spektrofotométer feltehetőleg még sokáig az elsődleges eszköz

lesz. Jelenleg kicsivel több, mint 230 Brewer működik szerte a világban, de a területi eloszlás sajnos nagyon nem homogén, mert ezek jelentős része Európában és Észak-Amerikában van, a többi kontinens részaránya nagyon kicsi, bár Ázsia kezd előretörni.

A spektrofotometriában a jövő egyértelműen a diódasort alkalmazó eszközöké, mivel lényegesen kisebb méretűek és tömegűek a robusztus Brewerekénél, és a napkövető kivételével gyakorlatilag nem tartalmaznak mozgó alkatrészt. Ezek pontossága és megbízhatósága azonban ma még nem éri el a hagyományos monokromátoros spektrofotométerekét, különösen a Brewerét.

Irodalom

- Borbás, É., Csiszár, I., Szenyán, I., Tóth, Z., Zsoldos, E., 1997: Operational use and evaluation of ITPP5 products at the Hungarian Meteorological Service. *Proc. IX. International TOVS Study Conference, Igls, Austria, 20–26 February*
- Borbély E., 1966: Ozonmérések megindulása Magyarországon. *Léggör* 11(4), 79–82.
- Brewer, A. W., 1973: A replacement for the Dobson spectrophotometer? *Purer and Appl. Geophys.* 106–108, 919.
- Brewer MKIII Spectrophotometer (Double Spectrophotometer), Operators' Manual. *SCI-TEC Instruments, Inc.*, 1992.
- Dobson, G. M. B., 1931: A photoelectric spectrophotometer for measuring the amount of atmospheric ozone. *P. Phys. Soc.*, 43, 324–339
- Dobson, G. M. B., 1957, Observers' Handbook for the Dobson Spectrophotometer. *Produced from the annals of the International Geophysical Year – Vols. V and XVI, by permission of the Pergamon Press Ltd.*
- Németh, P., Tóth, Z., Nagy, Z., 1996: Effect of weather conditions on UV-B radiation reaching the earth's surface. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 32, 177–181.
- Petkov, B., Vitale, V., Tomasi, C., Siani, A. M., Seckmeyer, G., Webb, A., Smedley, A., Lanconelli, C., Mazzola, M., Lupi, A., Busetto, M., Diémoz, H., Casale, G., Goutail, F., Köhler, U., Mendeva, B. T., Werner, R., Josefsson, W., Moore, D., Bartolomé, M. R., Moreta Gonzalez, J. R., Misaga, O., Dahlback, A., Tóth, Z., Varghese, S., De Backer, H., Stübi, R., Vaniček, K., 2014: Response of the ozone column over Europe to the 2011 Arctic ozone depletion event according to ground-based observations and assessment of the consequent variations in surface UV irradiance. *Atmospheric Environment, Volume 85*, 169–178.
- Tóth Z., 2017.: A Naptól érkező ultrabolya-sugárzás nagy pontosságú mérésének problémái. *Fizikai Szemle* 67(7–8), 232–239.
- Tóth Z., Páldy A., Antal Z. L., 2019: A földfelszínre érkező szoláris UV-besugárzás és a légköri ózon kapcsolata az éghajlati rendszerrel – fizikai háttér és társadalmi, egészségügyi vonatkozások. *Magyar Tudomány* 9, 1356–1375.

DR. JUSTYÁK JÁNOS EMLÉKÉRE, SZÜLETÉSÉNEK 90. ÉVÉBEN

IN MEMORY OF DR. JÁNOS JUSTYÁK, IN THE 90TH YEAR OF HIS BIRTHBíróné Kircsi Andrea¹, Tar Károly²¹Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., kircsi.a@met.hu,²Debreceni Egyetem, Meteorológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1., tarko47@gmail.com

Összefoglalás. Ezzel a kis írással emlékezünk meg a jeles egyetemi előadóról, a kiváló agrometeorológusról, a kitűnő kutatóról, az MTA doktoráról, az altruista kollégáról és barátáról, *Justyák János* professzor emeritusról, születésének 90. évében.

Abstract. With this short paper, we commemorate the distinguished university lecturer, the excellent agrometeorologist, the outstanding researcher, Doctor of Hungarian Academy of Sciences, the altruist colleague and friend, Professor Emeritus *János Justyák* on the 90th anniversary of his birth.

Justyák János (1929–2012) professzorra emlékezünk, az MTA doktorára, aki a Debreceni Egyetem jogelődjének, a Kossuth Lajos Tudományegyetem Meteorológiai Tanszékének oktató-kutató munkáját vezette 1968 és 1992 között. Földrajzos volt, de a nevét az idősebb meteorológusokon kívül az erdészek és borászok is ismerhetik. 2019-ben ünnepeltük születésének 90. évfordulóját, de sajnos 2012 óta már nincs közöttünk, hosszú betegség után életének 84. évében távozott. A Professzor Úr emléket tisztelettel és szeretettel őrzik tanítványai, egykori munkatársai és kollégái.

Justyák János 1929. február 14-én a kanadai Drumhellerben született. Szülei 1935-ben jöttek vissza szülőhazájukba, Magyarországra, s Nagylétára, mai nevén Léta-vertesre költöztek. Tanulmányait Debrecenben a Piarista és a Fazekas Gimnáziumban végezte, ahol 1949-ben érettségizett.

Debrecenben 1912. július 7-én alapították a Magyar Királyi Tudományegyetemet. A Földrajzi Intézet 1914-ben a Bölcsészettudományi Kar keretein belül jött létre *Milleker Rezső* vezetésével. *Berényi Dénes* (1900–1971), Justyák János és Szász Gábor mestere és elindítója a mesterüket meghaladó sikeres pályájukon 1926-ban végzett itt, majd 1927-ben doktorált. Tanársegédként 1928-ban telepítette az egyetemi meteorológiai állomást és 1929–1933 között szerkesztette az állomás időjárás-jelentéseit. *Berényi* 1933-ban szerzett magántanári jogosítványt és 1934 májusában önálló Meteorológiai Intézet jött létre Debrecenben. *Berényi* a meteorológiai méréseket, megfigyeléseket a második világháború idején is folytatta és a front átvonulása után 1944 decemberében a már békés területeken újra elindította azokat. 1945 februárja és májusa között az Ideiglenes Nemzeti Kormány az Országos Meteorológiai Intézet vezetésével is megbízta. Az egyetemi Meteorológiai Intézet *Berényi Dénes* vezetésével 1951-ben csatlakozott az 1949-ben létrejött Természettudományi Karhoz. *Berényi* 1952-ben lett egyetemi tanár és a Meteorológiai Tanszék vezetője.

Justyák János 1949-ben nyert felvételt a Kossuth Lajos Tudományegyetemre, ahol már harmadéves korában, mint jeles előmenetelű tanulót *Berényi Dénes* bevonta a Meteorológiai Tanszék munkájába. 1953-ban szerzett történelem-földrajz szakos középiskolai tanári oklevelet.

A Tanszéken maradt *Berényi* mellett munkatársként, az agrometeorológiai és mikroklimatológiai kutató-és oktatómunkát választva tevékenységi körének. 1955-ben *Szász Gábort* követően *Berényi Dénes* aspiránusa lett és különféle kertészeti növények mikroklímájával foglalkozott. 1957-ben kötött házasságot *Miklós Máriával*. 1958-ban a paradicsom állományklímájából írta egyetemi doktori értekezését. Egyetemi adjunktusi kinevezését ezt követően kapta meg. János nevű egyetlen fia 1960-ban született. Később a Tokaj-hegyaljai szőlők mikroklímája érdekelt, mely témából 1960-ban kandidátusi disszertációja készült. Vizsgálta a tökeművelés módok mikroklímára gyakorolt hatását, és a szőlőállomány sugárzás- és hőháztartását. Számos tereplklima mérése alapján kutatási módszereket dolgozott ki, vizsgálta barlangok és pincék mikroklímáját is. Az erdő klimatikus vizsgálata, mint számára kedves kutatási terület 1972-től a „Síkfőkút Projekt” produkciós biológiai kutatásba történő bekapcsolódásának volt köszönhető. Az 1972–79 között zajló interdiszciplináris bioszféra-kutatás *Jakucs Pál* vezetésével egy hazai klímazonális cseres-tölgyes erdő komplex vizsgálatára irányult. A sarjerdő, ahol a többszintű erdőklíma vizsgálatok *Justyák* vezetésével zajlottak, még ma is létezik. A terület a hosszú távú ökoszisztéma kutatások hálózatának része és a globális változások, így a klímaváltozás ökológiai következményeit követi nyomon. A Síkfőkút LTER (*Long-Term Ecological Research*) site ma már nemzetközi viszonylatban is jól ismert kutatóhely, tagja a hazai LTER és ezen keresztül a nemzetközi ILTER (*International Long-Term Ecological Re-*



Justyák János aktív agrometeorológusként a tarcali szőlőben

search) valamint az LTER-Europe hálózatnak is.

Justyák Jánost 1964-ben nevezték ki egyetemi docensnek, 1968-ban lett a Meteorológiai Tanszék vezetője Berényi nyugdíjba vonulását követően, 1978-tól egyetemi tanár. Oktató-nevelő munkája során számos egyetemi jegyzetet írt meteorológiai-klimatológiai témájú alapozó- és speciálkollégiumaihoz. Oktató munkájáért kétszer részesült *Miniszeri Dicséretben* és 1974-ben az *Oktatásügy Kiváló Dolgozója* kitüntetését is elnyerte. Számos tudományos szervezetnek volt tagja, vezetője. Részt vett az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottság munkájában, társelnöke volt a MTA DAB Meteorológiai Munkabizottságának. Hosszú éveken át tagja volt a Magyar Meteorológiai Társaság (MMT) választmányának, irányította az MMT Debreceni csoportjának munkáját melynek elismeréseként a Magyar Meteorológiai Társaság *Tiszteleti Tagjává* választotta 1997-ben. Az MMT 1972-ben és



A nyugdíjas Justyák János

1998-ban *Szakirodalmi Nívódíjat*, 1978-ban *Steiner Lajos Emlékéremet* adományozott számára tudományos társadalmi munkája elismeréseként, 1991-ben *Berényi Díj*-jal jutalmazta.

Justyák professzor tanszékvezetése idején a kijevei, a lublini és a brnoi egyetem megfelelő tanszékeivel volt szoros és hasznos tudományos együttműködés. 70. születésnapja alkalmából 1999-ben a Kossuth Lajos Tudományegyetem és a brnoi Masaryk Egyetem rektora *Egyetemi emlékéremmel* tüntette ki. 1999-ben a hazai meteorológusok számára legnagyobb elismerést jelentő *Schenzl Guido Díjat* vehette át az akkori környezetvédelmi minisztertől.

Akadémiai doktori értekezését, mely a Tokaj-hegylajai szőlőültetvények mezo- és mikroklimatikus jellemzőiről szólt, 1989-ben írta és 1990-ben védte meg.

1990 nyarán kórházba került, betegségéből ugyan felépült, azonban 1991-ben lemondott tanszékvezetői tisztségéről, 1992. január elsejétől nyugállományba vonult. 1996-ban kapta meg magas színvonalú oktató munkájáért, kiemelkedő tudományos teljesítményéért és hazai és nemzetközi szakmai tekintélye elismeréseként a *Professor Emeritus* címet. A kilencvenes években még sokat dolgozott, számos egyetemi jegyzettel bővítette a hazai éghajlattani szakirodalmat. Megírta az összes földrészi éghajlatát, írt egy klimatológia jegyzetet, illetve egy összefoglalót Magyarország éghajlatáról. Társszerző volt az 1997-ben megjelent, Szász Gábor–Tőkei László szerkesztette „Meteorológia mezőgazdáknek, kertészeknek, erdészeknek” című könyvnek. Szász Gáborral közösen írta 2001-ben „Az éghajlat, a növényzet és a talaj övezetes elrendeződése a Földön” jegyzetet, és 2003-ban Szegedi Sándorral és Tőkei Lászlóval közösen egy terepklima jegyzetet. Közel négy évtizeden keresztül földrajz szakos hallgatóknak az Általános meteorológia, a Föld éghajlata, valamint a Magyarország éghajlata c. tantárgyat tanította.

Derűs, közvetlen egyéniség volt. Tanítványai szerették, tisztelték. Egyik egykori tanítványa így emlékezett róla: „Justyák János óráin a ciklon borultsága után az anticiklon napfénye jött el.” Jó hangulatúak és a közösséget összekovácsolóak voltak a nyári földrajzos terepgyakorlatok. A Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kara 2006-ben *Gyémánt Katedra* kitüntetéssel jutalmazta sok évtizedes kiemelkedő oktató és kutató munkáját.

Aktív kapcsolata Debrecennel betegségei révén szakadt meg. Szerető családja hosszú éveken át ápolta erőt, fáradtságot nem kímélve. Hosszú betegeskedés után 83. évét betöltve Budapesten 2012. június 4-én kora hajnalban távozott örökre.

Megjelent publikációit 2004-ben, a 75. születésnapjára készített tiszteletkötetben gyűjtötték össze. Az agrometeorológiai, a különféle növények állományklímájáról szóló és az erdőklimatológiai munkái a legjelentősebbek. Az *Időjárás* és a *Légekör* régebbi számaiban is megtalálhatjuk írásait. Justyák Jánosnak sikeres életútja volt, az utódok mindig tisztelettel és szeretettel emlékeznek meg róla.

Irodalom

- Ambrózy, P., 2009: Justyák János Professzor 80 éves. *Légekör* 54(1), 38.
- Dunkel, Z., 2012: Prof. dr. Justyák János (1929–2012). *Légekör* 57, 134
- Tar, K. 1991: Dr Justyák János Professzor 60 éves. *Acta Geographica Debrecina* 1989–1990 Tomus XXIII–XXIX. Debrecen, 7–15.
- Tar, K. és Szilágyi, K. (szerk) 2004: Földtudományi Tanulmányok. Tiszteletkötet Dr Justyák János 75. születésnapjára. *Kossuth Egyetemi Kiadó*, Debrecen. pp. 254
- Tar, K., 1992: Nyugalomba vonult Justyák János professzor. *Légekör* 37(1-2), 48.

A FELMELEGEDÉS KLÍMACSÍKOKON GLOBAL WARMING ON CLIMATE STRIPES

Bíróné Kircsi Andrea

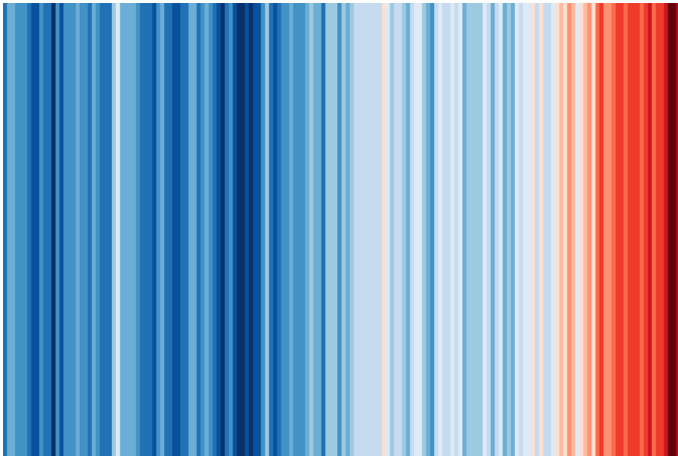
Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., kircsi.a@met.hu

A függőleges színes csíkból álló, végtelenül egyszerű, ún. vonalkód ábra 2018. május 22-én jelent meg [1] először nyilvánosan azzal a céllal, hogy felhívja a figyelmet az éghajlatváltozás egyik legnyilvánvalóbb folyamatára, a gyorsuló felmelegedésre. Az egymás mögött álló, 168 kék-fehér-piros árnyalatú színes csík 1850-től kezdődően egészen 2018-ig mutatja a földi évi átlaghőmérséklet eltérését az 1971–2000-es harmincéves időszak átlagához viszonyítva (1. ábra). Az ábra jobb oldalán egyre sokasodó piros-bordó csíkok az átlaghőmérséklet változásának irányára és gyorsuló ütemére utalnak.

A globális felmelegedés hagyományostól markánsan eltérő, a feliratok elhagyása miatt szélsőségesen minimalista ábrázolása Ed Hawkins, a Readingi Egyetem professzorának ötlete, aki nem először ábrázol éghajlati adatokat a nem megszokott formában. Az ő nevéhez fűződik például a 2016-os Rio de Janeiroban tartott nyári olimpia megnyitóján először bemutatott klímspirál [2], melynél a hagyományos vonaldiagram helyett egy kördiagramon rajzolta meg a földi havi középhőmérséklet hosszú idősorát a hőmérsékletemelkedés szemléltetéséhez. Az általa alkotott kreatív illusztrációk, mind a klímspirál, mind a

felmelegedés most zajlik, és tennünk kell valamit! Az ábra, melyet 2019 júniusában a nyári napfordulóra időzítve a #showyourstripes kampányban népszerűsítettek, gyorsan elterjedt. Egy amerikai start-up globális rácsponti adatbázisára alapozva egy honlapon [3] szabadon letölthetővé tette a globális mellett a Föld összes országának csíkos ábráját. Az ingyenes NOAA adatok mellett Európából a Met Office, a MeteoSwiss és a DWD adatbázisát is felhasználták. A médiameteorológusok több országban is felkarolták a kezdeményezést, mely a honlap számára a nyári uborkaszezonban rövid idő alatt hatalmas nézettséget hozott. Szeptemberben már az The Economist címlapján jelent meg és az őszi klímaztrájkokon is szerephez jutott. A kreatív felhasználás azóta is töretlen: ruhákra, villamosokra, naptárakra illesztik. Decemberben a madridi COP25 konferencia több pavilonja is csíkosává vált.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat 2019 szeptemberében az ENSZ New Yorkban tartott klímacsúcsra (Climate Action Summit 2019) időzítve a kezdeményezéshez úgy csatlakozott, hogy az 1901–2018 közötti 118 év ellenőrzött, homogenizált (MASH3.03) hazai állomási adatokból készített klímacsíkokat



1. ábra



2. ábra

klímacsíkok inkább művészi, mint tudományos igényűek már a színek megválasztása miatt is. A klímacsíkok esetében használt viszonyítási időszak is egyértelműen esztétikai okokból lett az 1971–2000-es normálperiódus, és a látvány miatt a szükséges feliratok is teljesen elmaradnak. Saját bevallása szerint a széles nagyközösség számára nem akart semmi zavaró elemet meghagyni. A végeredmény végül a múlt század közepén főként New Yorkban népszerűvé vált egyik absztrakt festészeti irányzat remekei között is megállná a helyét. A „színesmező” festészeti stílus képviselői (Barnett Newman és mások) egyszerű színes csíkokat festve alkottak maradandót. A művészi adatmegjelenítés (data visualization) napjaink abszolút trendje. S fontos tudni, hogy nem azonos az eszköztára a tudományos adatelemzéssel. Ma már számos forrásból mérhetően sok adat ömlik ránk és gyors, egyben látványos megjelenítésére rendkívül nagy szükség van. Az internet világában az ember aligha olvas sokat, mindent egy pillanat alatt akar megtudni. A tényalapú döntéshozatalhoz sokszor elég egy szép, látványos ábra, mert egy jó ábra tényleg sok információt képes szintetizálni. Az egyszerűnek tűnő klímacsíkok mögött is valójában igen sok adat és egy alaposan átgondolt módszertan lakozik, melybe talán csak kevesen gondolnak bele. Aki megteszi, mást is akar tudni, újabb és újabb kérdések vetődnek fel és azt vesszük észre, hogy a csíkok érzelmeket váltanak ki. Ez pedig inkább a művészet célja és nem a tudományé. A gyors fogyasztásra szánt klímacsíkok küldik az egyszerű üzenetet: a

24 hosszú adatsorral rendelkező településre és Magyarország egészére a hivatalos honlapján szabadon elérhetővé tette [4]. A bárki számára letölthető ábrák azt a cél szolgálják, hogy a hosszú éghajlati adatsorral rendelkező városaink mindegyikére és hazánk egészére megmutassuk a felmelegedés folyamatát, hogy mi is vegyük észre az éghajlatváltozás egyértelmű jelét.

A készített hazai vonalkód ábrák R nyelven írott programmal készültek az OMSZ Éghajlati Osztályán 2019 szeptemberében. Az ábrák Magyarország országos átlaga mellett Baja, Budapest belterület, Debrecen, Eger, Gödöllő, Jászberény, Kalocsa, Kaposvár, Kecskemét, Keszthely, Miskolc, Mosonmagyaróvár, Nagykanizsa, Nyíregyháza, Orosháza, Pécs, Siófok, Sopron, Szarvas, Szeged, Szombathely, Tata, Túrkeve és Zalaegerszeg állomásokra érhetőek el. Bízunk abban, hogy nálunk is egyre több településen és egyre többen fogják felhasználni kreatívan a helyi mérésekből készült hazai klímacsíkokat (2. ábra).

Irodalom

- [1] Hawkins, E., 2018: Warming stripes. Climate Lab Book www.climate-lab-book.ac.uk/2018/warming-stripes/
- [2] Hawkins, E., 2016: Spirals. Climate Lab Book. www.climate-lab-book.ac.uk/spirals/
- [3] showyourstripes.info
- [4] www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/klimacsikok/
- [5] www.ovcsat.hu/

A 2019. ÉVI BALATONI ÉS VELENCEI-TAVI VIHARJELZÉSI SZEZONRÓL STORM WARNING SEASON AT LAKE BALATON AND VELENCE IN 2019

Zsikla Ágota, Szilágyi Eszter

OMSZ Viharjelző Obszervatórium, 8600 Siófok, Vitorlás utca 17., zsikla.a@met.hu, szilagyi.e@met.hu

Összefoglalás. Az Országos Meteorológiai Szolgálat minden évben viharjelző szolgálatot lát el a Balatonon és a Velencei-tavon a vízen tartózkodók biztonsága érdekében. A viharjelzési szezon április 1-je és október 30-a között tart. Ez a jelentés a 85. viharjelzési szezonról számol be, a Siófoki Obszervatóriumból kiadott viharjelzéseket és a szezon időjárás eseményeit tekinti át.

Abstract. At Lake Balaton and Velence there is a storm warning service operated by Hungarian Meteorological Service. This was the 85th storm warning season. The storm warning service located in Siófok Observatory is responsible for the safety of people at both lakes. If strong or stormy wind expected, storm warnings are issued. Duration of the storm warning season is seven months: from 1st April until 30th October. This paper is about the eventful weather of the season.

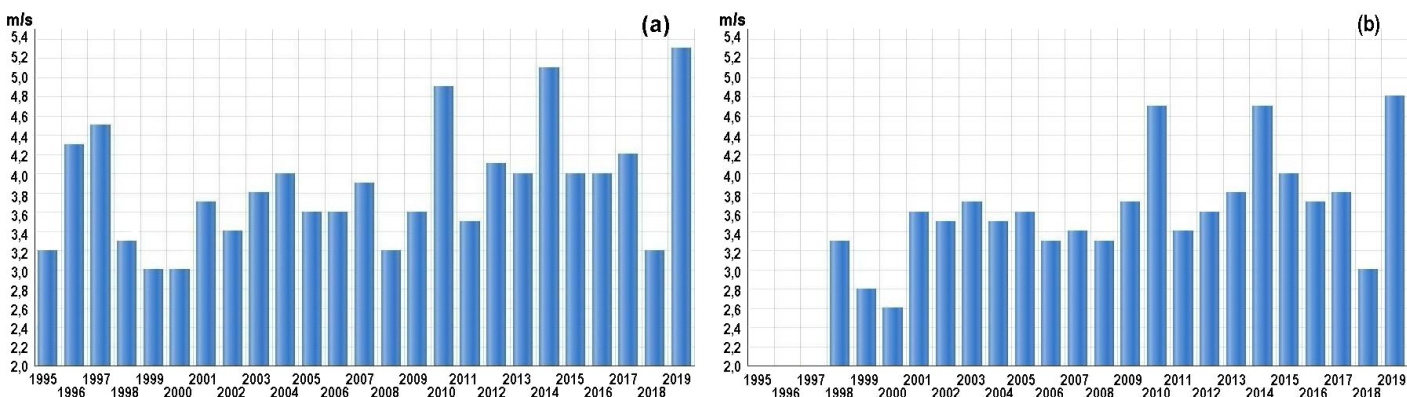
Bevezetés. Október végével lezárult a 85. viharjelzési szezon a Balatonnál és a Velencei-tónál, valamint a 8. teljes viharjelzési szezon a Tisza-tónál. A 85 éves évforduló kapcsán július 5-én az Országos Meteorológiai Szolgálat koszorúzással egybekötött megemlékezést tartott. A meghívottak megkoszorúzták az 1934. július 8-án megindult balatoni viharjelzés kezdeményezője, dr. Hille Alfréd repülő ezredes, meteorológus emléktábláját a Siófoki Viharjelző Obszervatórium falánál. Ezt követően a Szent Miklós hajó fedélzetén előadásokat hallhattak az azóta végbement változásokról, szakmai és infrastrukturális fejlesztésekről, a Balatonon lévő biztonságáért tevékenykedő partner szervezetek munkájáról, fejlesztéseikről. Az eseményről részletesebb összefoglalót a LÉGKÖR 64. évfolyam 2. számában olvashattunk.

A viharjelzési szezon időjárásáról. Az átlagosnál melegebb, a keleti medencében átlag körüli csapadékú, a nyugatiban kissé (7%) szárazabb, összességében átlagosan szeles (a 15 éves medence-átlagok szerint 3%-kal gyengébben szeles, a 21 éves idősorú automata főállomási adatsor alapján Fonyód átlagosan szeles, Siófok és Keszthely 4%-kal szelesebb) szezon áll mögöttünk.

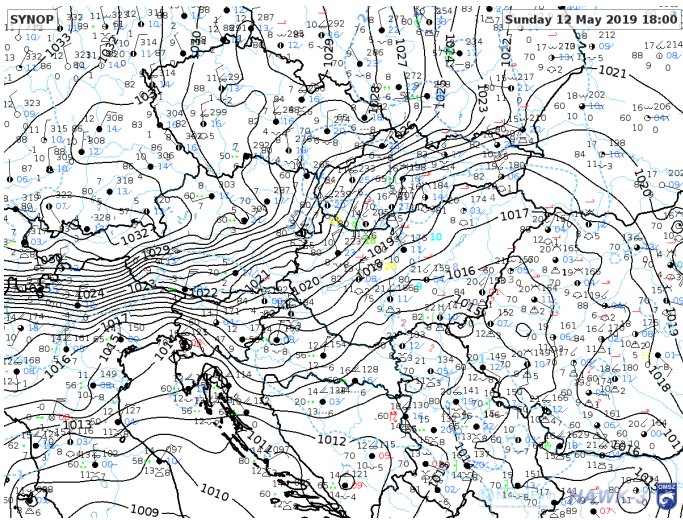
A szélviszonyokról: 2019-ben a tavasz volt a legszelebb évszak. Azonban ez nemcsak ennek az évnek a szélsősége, hanem Siófok esetében az automata szélmérések kezdete (1995) óta a mostani a legszelebb tavasz. Az egyes hónapok közül a május különösen kiemelkedik, amikor már mindhárom balatoni meteorológiai főállomás automata idősorában a 2019-es májusi átlagos szélesebesség szerepel az első helyen, megelőzve a 2010-es és 2014-es évet is. Az 1.a és 1.b ábrán a siófoki és fonyódi

szélesebességek május idősorát láthatjuk. A további hónapok a medenceátlagok szerint az átlagosnál gyengébben szelesek lettek, de Siófok térségében augusztustól legalábbis átlagosan szeles hónapok következtek. A 2019-es szezonban 5 erős vihar érte el a Balatont. Májusban 3, júliusban és augusztusban egy-egy napon érte el, vagy haladta meg a szélesebesség a 90 km/h-t. A legnagyobb szelet a május 12–13-i vihar okozta a Balatonnál, amit hamarosan bemutatunk.

A több extrém értékkel is rendelkező májusi időjárást érdemes kicsit részletesebben áttekinteni. Május elsején a Dunántúl egy, a Közép-Európából távozóban lévő perem-ciklon hátoldalához tartozott. Szeles idő volt a jellemző, a Balatonnál is viharos lökésekkel, melyek délután már mérséklődtek, majd éjjel utánra az erős lökések is megszűntek. A napi hőmérsékleti maximumok elsején 20 fok körül alakultak. Másnap, bár a frontok távol voltak, az Észak-Európa feletti centrumú hatalmas mély ciklon áramlási rendszerében élénk, néhol erős délnyugati széllel melegebb léghullámok érkeztek. Éjszaka átmeneti mérséklődés után folytatódott a melegebb levegő beáramlása, és 3-án hajnalban, reggel többfelé megerősödött a délnyugati szél. Napközben a szélerősödést már inkább a nyugat felől érkező záporos, zivataros csapadéktömbök okozták, ekkor helyenként a viharos fokokozatot is súrolva. Az időjárás meghatározója továbbra is az Európa északi részéből kiinduló mély ciklon (975 hPa) volt, melynek centruma kissé Finnország, a Fehér-tenger, ÉNy-Oroszország fölé helyeződött, és egyenesen a sarkvidék felől szállította a hideg léghullámokat a kontinens belseje fölé. Az említett ciklon hidegfrontja 4-én érte el hazánkat csapadékos, hűvös időt okozva. Itt hullámot ve-

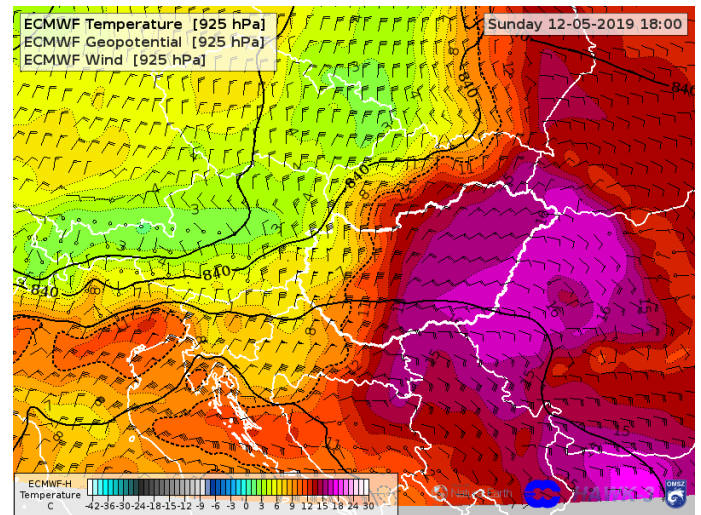


1. ábra: A május havi siófoki (a) és fonyódi (b) átlagos szélesebességek, az 1995–2019 közötti mérések alapján.



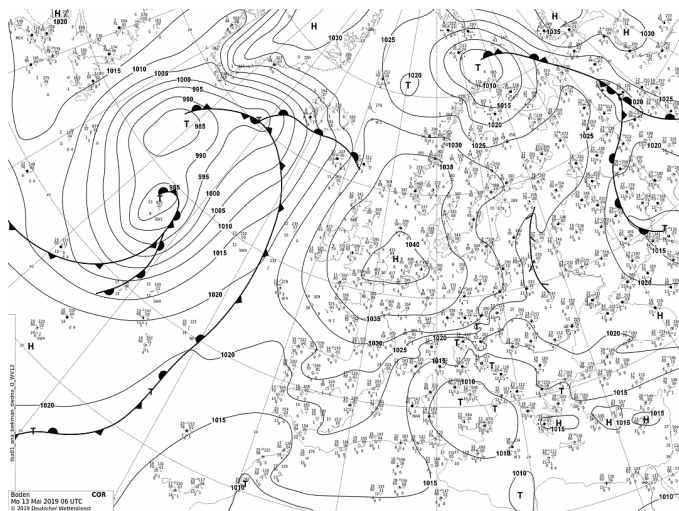
2.a ábra: Szinoptikus térkép az izobárokkal és a meteorológiai mérésekkel 2019. 05.12. 18 UTC-kor a balatoni erős viharos periódus kezdeti szakaszában (szinoptikus archívum).

tett, sőt kissé el is távolodott, és csak 5-én vonult át a Dunántúlon. Ekkor és a következő napokban a hideg levegő beáramlásával megerősödött és viharossá fokozódott a szél. A Balatonnál az „erős vihar” kategóriát 5-én érte el a szélesebbesség, ekkor Balatonöszödnél mért 90 km/h-t az automata. A viharos lökések csak 7-én délutánra szűntek meg mindenütt. Az időszak leghidegebb napja 6-a volt, amikor a csapadékos időben a csúcshőmérséklet mind-össze 9 fokig emelkedett. Ezt egy az előző naptól a medi-terrán térségben kialakult ciklonnak is köszönhetjük, mely csak lassan helyeződött át kelet felé. A ciklon végül távozott, és hetedikén éjszakára lecsendesedett az idő. 8-án napközben a Dunántúl időjárását már egyre inkább a Brit-szigetek fölé helyeződő centrumú ciklon határozta meg. A délire forduló áramlásban délután már helyenként erősebb lökések is kialakultak. Átmeneti mérséklődés után éjszaka és másnap is folytatódott az erős lökésekkel kísért szeles idő. Az időközben a Brit-szigetektől keletebbre helyeződő ciklon hullámzó frontrendszere 9-én okozott tartósabb csapadékot a Dunántúlon, majd annak elvonultával mérséklődő szelet. Így kilencedikén is csak 15 fokig tudott felmelegedni a levegő. 10-én az alsó légrétegekben már enyhe melegedés indult

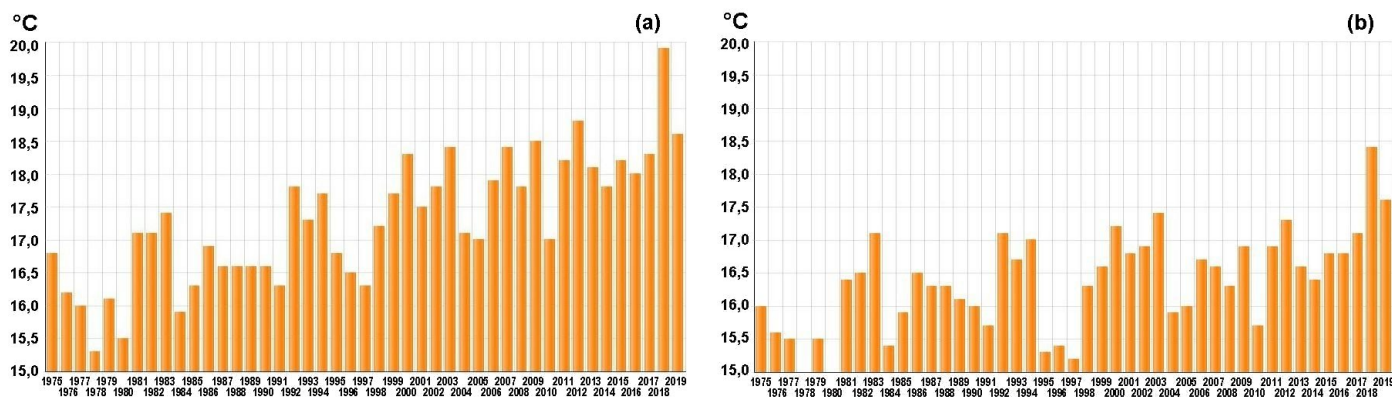


2.b ábra: 2019. 05.12. 18UTC Magyarország térségének hőmérsékleti és szélviszonyai a 925 hPa-os magassági szinten (szinoptikus archívum).

meg, míg a középtroposzférában még a hűlés volt folyamatban, így a labilizálódó légtömegben záporok, zivatarok alakultak ki, és okoztak átmeneti szélerősödést. Május 11-e a hónap első kétharmadának egyik (néhol első, másutt második) legmelegebb napja volt. A megélenkülő délnyugati széllel 22,5–24,0 °C-ra melegedett a hőmérséklet. Ekkor egy több-középpontú ciklon Németország feletti centrumának előoldalához tartoztunk. Mögötte, azaz Északnyugat-Európában Grönland, Izland felől érkező hideg légtömegek halmozódtak fel. A ciklon hidegfrontja már az éjfél órákra elérte hazánkat, így a hideg levegő első hulláma 12-én hajnalra megérkezett, majd átmeneti megtorpanás után délutántól vált határozottabbá a hideg levegő beáramlása. Tovább erősödött, és tartósan viharossá is vált a szél (2.a–b ábra). A mérőállomások közül először Balatonmáriafürdőnél (19 órára) érte el a szélesebbesség a 90 km/h-t, majd 1,5 óra múltán Balatonöszödnél. Másutt is tartósan fújt 75–80 km/h sebességű szél, a napi maximum végül 100, illetve 95 km/h lett az előbbi állomásokon mérve. Másnap folytatódott a viharos idő, melyet a következő hatások erősítettek: Az észak-nyugat felől érkező hideg levegő az Alpok térségéhez érve hozzájárult egy mediterrán ciklon kialakulásához, kimélyüléséhez (1010 hPa alá: pl. Róma). Ugyanakkor északnyugaton, a Brit-szigetek feletti centrummal a 3. ábrán is látható erős anticiklon épült fel (a 11-én 06 UTC-kor mért 1015 hPa-ról 1040-es centrummá erősödött 13. 00 UTC-re pl. London térségében). Ennek hatására különösen térségünkben, nagy nyomáskülönbségek álltak fenn több napig. 13-án a Balatonnál a szélmaximumok már többször, több helyen elérték a 90 km/h-t. A part-menti állomások közül a legnagyobb szél Balatonmárián lett 102,2 km/h-val. A mederben mérő automaták közül pedig az első a szigligeti öbölbeli mérőhely lett 108 km/h-val, melyet a kora esti, ill. esti órákban értek el. A viharos időjárást csapadék is kísérte, 13-án és 14-én is csapadékos idő volt esővel, záporral. Míg 13-án 12–13 fok körül alakultak a maximum hőmérsékletek, 14-én már csak 10 fok körül. 14–15-én az anticiklon kis-kis gyengült, és centruma lassan az Északi-tenger, majd a Skandináv-félsziget fölé került (1030 hPa). A ciklon pedig centrumával a Balkán-félsziget, illetve Románia fölé



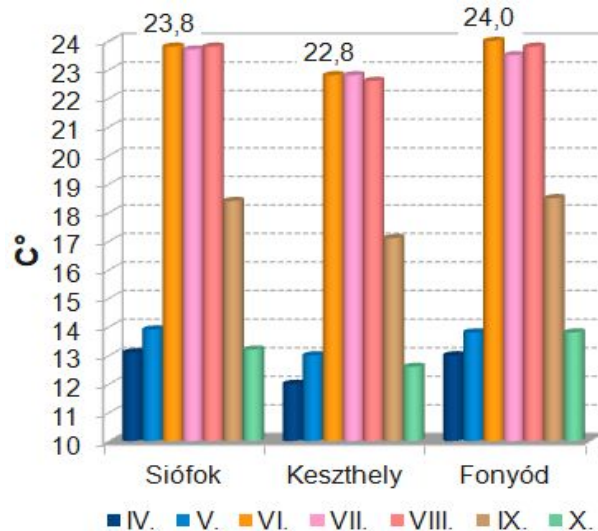
3. ábra: 2019.05.13. 06 UTC európai időjárási helyzetkép a ciklonok és anticiklonok helyzetével (Deutscher Wetterdienst)



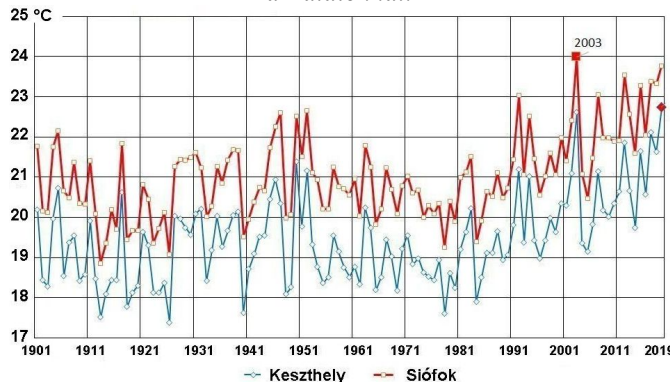
4. ábra: A 7 hónapos viharjelzési szezonra kiterjesztett átlaghőmérsékletek (a) Siófokon, (b) Keszthelyen 1975 és 2019 között (OMSZ- INDA adatbázis)

helyeződött. Ez a nagytérségű időjárási helyzet számunkra továbbra is kedvezett a szeles, csapadékos időjárásnak. 14-én még viharos (de már nem erősen viharos), 15-én már jellemzően csak erős széllel. Május leghidegebb napja 15-e lett 8–9 fokos csúcshőmérséklettel. 16-án nappalra a csapadék már megszűnt, erős szél sem fújt, de maradt a borult idő, és ekkor sem volt melegebb 11–12 foknál. 17-étől melegedés kezdődött, amely most eleinte kelet, délkelet felől érkezett, és a naposra fordult idő is jelentős szerepet játszott abban, hogy a következő napokban 20–22 fokos csúcshőmérsékletek születtek. Csapadék (intenzívebb záporok) csak 19-én volt, az is nagyjából reggelig hullott le. 20-ától egy ciklon közeledett nyugat felől, melynek előoldalán délutánra erős déli, délnyugati áramlás alakult ki. A rövid előoldal után 21-én már a ciklon hátoldalára kerültünk és ezúttal a hidegebb levegő is először délnyugat felől érkezett erős széllel. A szeles idő maradt a következő napokban is, melyet most a részben a Franciaország feletti centrumú anticiklon és a Lengyelország fölé került ciklon együttállása váltott ki. Ez ismét az Északi-tenger, és Dánia felől biztosította a hideg levegő utánpótlását, így 23-án csak 16–19 fokig emelkedett a hőmérséklet. 24-ére ezek az objektumok legyengültek, vagy eltávolodtak, így már gomolyfelhős napos idő lett csapadék nélkül, 21–23 fokos napi maximum hőmérséklet mellett. 25-én a szél is délnyugatra fordult, és tovább melegedhetett az idő. A hónapban először a léghőmérséklet elérte a 25 °C-t. A következő nap lett a hónap legmelegebb napja 25–27 °C-os csúcshőmérséklettel. 27-én már egy mediterrán ciklon okozott borongós, esős időt. 28-án pedig záporok, zivatarok tarkították az időjárást, ami miatt hűvösebb lett az idő. 29-én egy Skandináv-félsziget feletti centrumú ciklon érkező hidegfrontja a mediterrán ciklon hatására lelassult és hullámot vetett: a mediterrán ciklon csapadékos, az alsó szinteken beáramló hideg levegő szeles (időnként viharos) időjárást okozott, mely még harmincadikára is megmaradt. A hónap utolsó dekádjának leghidegebb napja lett ezzel május 30-a, mindössze 13–16 fokig melegedett a levegő.

„csak” a 19,5 fokot érte el, ami 2000 előtt nem fordult elő, azóta viszont ezzel az értékkel az eddigi 6–7. helyre került a tavalyi 20,9 C fokos rekord beállítás után. Keszthely esetében 2018 és 2003 után a legmelegebb 3. vagy 4. helyen állhat a 2019-es félév. A nyári félév tehát most is meleg volt. A hűvös májust ellensúlyozni tudta az átlagosnál melegebb és szárazabb ősz, így a hét hónap középhőmérsékletét tekintve már a balatoni állomások mérései az idősoruk 2–3. helyére kerültek (4.a, 4.b ábra). Hozzá kell tenni, hogy a nyári hónapok mindegyike több fokkal az átlag feletti, és egymással szinte teljesen megegyező középhőmérsékletekkel bírt (5. ábra). Mindhárom

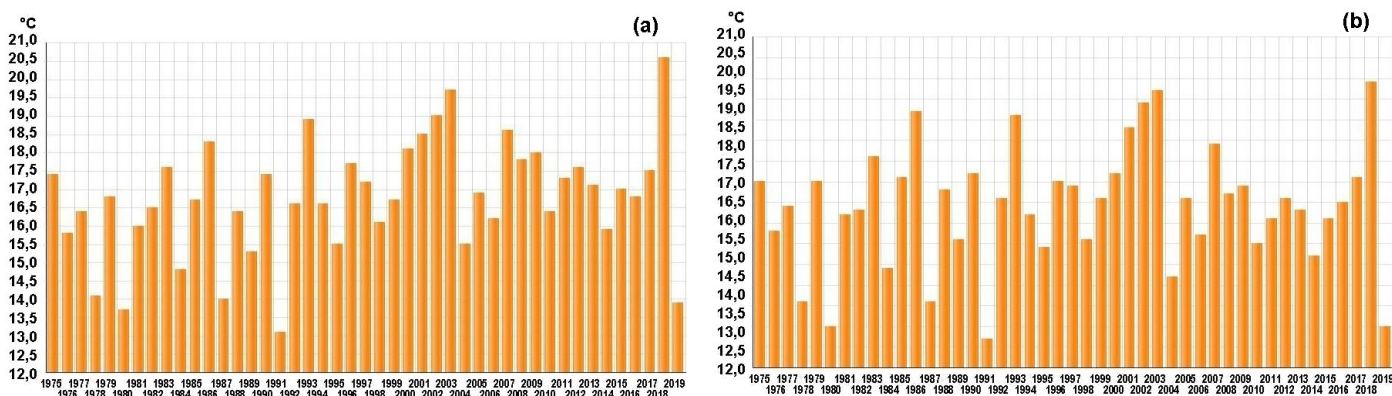


5. ábra: A 2019. évi viharjelzési szezon havi átlaghőmérsékletei a Balatonnál.



6. ábra: A nyár átlaghőmérsékletei a Balatonnál 1901–2019 között, ellenőrzött, pótolta, homogenizált adatok MASHv3.03 (OMSZ Éghajlati Osztály)

A szezon hőmérsékleti viszonyairól. A hűvös május ellenére 2019-ben az átlagosnál melegebb szezonban volt részünk. A 2018-as rekord meleg nyári félév után azonban 2019 léghőmérsékletei sem maradtak túl távol a rekordoktól. Ugyan a nyári félév átlaga Siófokon most



7. ábra: A május havi (a) siófoki, (b) keszthelyi átlaghőmérsékletek, az 1975-2019 közötti mérések alapján.

nyári hónapban volt 35 °C-t megközelítő, vagy kissé meghaladó napi maximum hőmérséklet. A nyár legmelegebb napja július elseje lett, amikor a Balatonnál és a Velencei-tónál is 35 fok körül, vagy azt meghaladóan alakultak a maximumok. Ekkor Fonyódnál 36,6 fokra emelkedett a léghőmérséklet.

Az Éghajlati Osztály számításai szerint a homogenizált hosszú éghajlati adatsorok alapján a 2019-es nyári keszthelyi átlaghőmérséklet (22,73 °C) új hőmérsékleti rekord lett, maga mögé utasítva ezzel a 2003-as évet. Siófokon 23,76 °C volt a nyár középhőmérséklete, ami itt a második legmelegebb nyárnak tekinthető 1901 óta (6. ábra). A május ugyanakkor kisebb negatív rekordot döntött: 1991 óta ez volt a leghidegebb május a Balatonnál (7.a-b ábra). Az átlagosnál több fokkal hűvösebb és felhős idő hatására a Balaton vizének hőmérséklete Siófoknál általában csak 9 és 15 fok között alakult. 25-e után került csak tartósabban 15 fok fölé (Összehasonlításképpen; 2018 májusában a siófoki automata vízhőmérő 1 nap kivételével minden nap már 20 fok feletti vízhőmérsékletet is mért). Június elsején a Balaton vizének hőmérséklete Siófoknál most csak 16 fokos volt. A meleg nyár azután megtette hatását: július 31-ére már 29,6 fokra melegedett a tó vize. Egyúttal ez volt a legmagasabb érték 2019-ben. A tó vízszintje 117 cm-rel indult április elsején. A csapadékos május hatására 127 cm-re emelkedett, majd június hatodikától lassan, fokozatosan csökkent. Október közepére már csak 100 cm volt az átlagvízszint.

A csapadékviszonyokról. A nyári félév csapadékoszege a Balaton térségében átlagosan 360–388 mm volt, ami a sokévi átlagtól jellemzően 10%-nál kevésbé tért el. A féléven belül ugyanakkor voltak szárazabb, és csapadékosabb hónapok. Így a május volt a Balaton egész területén a legcsapadékosabb hónap, amikor a sokévi átlagnak közel kétszerese hullott le a 18–20 csapadékos napon. Júliusban és júniusban is születtek még egy-két helyen 100 mm-t meghaladó havi csapadékösszegek. A legszárazabbra az október hónap lett, 25 mm körüli csapadékkal (8. ábra). A komolyabb esőzésekkel járó helyzetek a nyári félévben rendszerint zivatarokhoz köthetőek. Mivel júniusban a legerősebb a légköri konvekció, így ez tekinthető akár a zivatarok hónapjának is. Idén júniusban is találkozhattunk a Balatonnál nagy csapadékkal járó konvektív helyze-tekkel. Gyakran felhőszakadásnak lehettünk szemtanúi, kis területen egy-

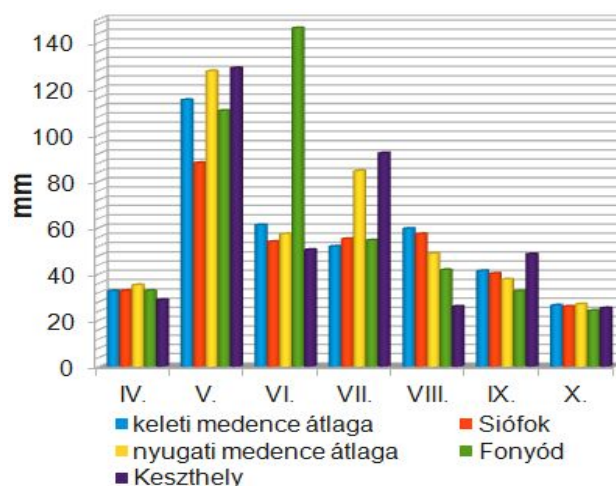
két óra leforgása alatt 40 mm-t is meghaladó záporosó zúdult le. Zivataros időjárási helyzetben nem meglepő, hogy akár néhány kilométeres távolságon belül is jelentős különbségek lehetnek a lehullott csapadék mennyiségét illetően. Erről tanúskodik június 19.* is, amikor Fonyódon özönvízszerű esőzés alakult ki. Ezen a napon Fonyód térségében vonal mentén szerveződtek a cellák, melyek időnként egyáltalán nem, vagy csak nagyon lassan helyeződtek át. A zivatarok fejlődését elősegítette a magas labilitás, a konvektív hasznosítható potenciális energia értéke 1800 J/kg körül mozgott. A délelőtti folyamán fejlődtek az első zivatarfelhők, melyek rövid idő alatt az egész Dunántúlt átszelő vonalba szerveződtek. A rendszer keletről és nyugatról egyaránt magához szívta a talaj közeli nedves levegőt, így szokatlanul hosszú életű volt. A fonyódi zivatar is mintegy másfél órán keresztül egyhelyben, a város térségében tartózkodott és folyamatosan, intenzív zápor kapcsolódott hozzá (9. ábra). Így közel egy óra leforgása alatt 70 mm-t regisztrált az automata. Összességében a zivatarvonal mentén fejlődő cellákból 90 mm gyült össze. Majd az esti órákban újabb csapadéktömbök érkeztek, melyek további 27,8 mm-rel járultak hozzá a napi csapadékösszeghez. Így összességében a 24 óra leforgása alatt rendkívüli mennyiségű eső, 117,8 mm hullott le. Ezzel új napi csapadékrekord született. Ezen a napon, Magyarországon még nem mértek ekkora csapadékot. A nap különlegessége, hogy a zivatarvonalról légvonalban alig 20 km-re fekvő automata mindössze 5 mm-t rögzített, a távolabbi körzetekben pedig egyáltalán nem esett. Az extrém csapadék mellett a június zivatarokhoz kötődően szélben is kiemelkedőt tartogatott. Tavainktól ugyan távol történt, de nagyságában említést érdemel június 27-e*, amikor a délutáni órákban az északkeleti országrészt heves zivatarok ostromolták. Egy szupercellás jegyket viselő cellához Sárospatak térségében orkán erejű, 126 km/h-t elérő kifutószél társult, komoly károkat okozva ezzel az infrastruktúrában, az áramszolgáltatásban és a közlekedésben. Az esemény bekövetkezése után egy hónappal július 27-én és 28-án* országszerte ismét pusztító zivatarok tűntek fel. Sokfelé orkán erejű szellőkés, jégeső kapcsolódott hozzájuk, néhol dió nagyságú jéggel és kiadós csapadékkal. A Tisza-tó

* A csillaggal jelölt napokról az Országos Meteorológiai Szolgálat www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok rovatában bővebb elemzést olvashatnak.

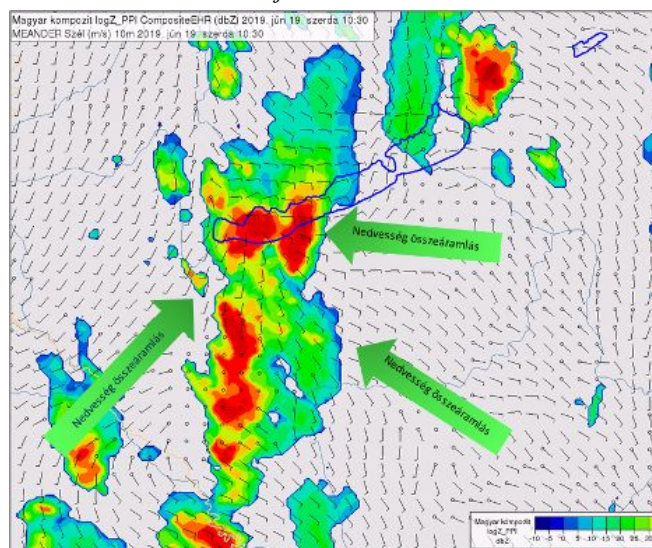
környékét sem kímélte az időjárás ezekben a napokban, Kunmadarason 144 km/h-s szelet regisztrált az OMSZ szélmérője, míg a Balatonnál szerveződő zivatarokhoz is viharos erejű kifutószél társult. A nyár második legerősebb vihara július 27-én egy kánikulai napot követően, a kora esti órákban, épp az Anna-bál idején érte el a Balatont. A tónál már napközben is tartós keleti szél fújt. A tartós áramlást az északkeleti és a délnyugati országrész között kiépülő nyomáskülönbség indukálta. Az északkeleten zajló zivatarkeletkezés révén mezoszkálájú magasnyomás épült ki, míg délnyugaton egy közeledő mediterrán ciklon hatására jóval alacsonyabb volt a légnyomás. Az északkeleti és a délnyugati országrész között kialakuló nyomáskülönbség kiegyenlítésére megerősödött a keleties szél. A hat órán át tartó tengelyirányú légmozgás a tó víztükrét „megbillentette”, Keszthely és Balatonfüzfő között 40 cm vízszint különbség alakult ki. A szeles napot tovább tetézte, hogy késő délutántól a nyugati országhatárnál szép számmal zivatarok tűntek fel, melyeket főként Zala megyében azután több helyen jég is kísért. A cellák a konvergencia hatására jó darabig nem nagyon változtatták helyüket, így itt egy-egy helyen 50–60 mm csapadék is hullott. Majd a zivataros magasnyomás felépülése után megerősödve, láncba szerveződve (10. ábra) szelték keresztül a Balatont az este folyamán, többfelé 80 km/h-t meghaladó szélökések kíséretében. A fonyódi mérőműszer regisztrálta ekkor a Balatonnál a legerősebb szélökést (90 km/h). Az átvonuló rendszer kiadós esőzéseket okozott, többfelé a környéken július 28. reggelig a 35–45 mm-t is elérte a lehulló csapadék mennyisége.

Júliusban a tó környezetében zajló események, versenyek miatt is sokszor izgalomban tartották előrejelzőinket a zivatarok. A július 12–14-i hétvége is a versenyek jegyében zajlott, egyidejűleg került megrendezésre a Red Bull műrepülő verseny és a Fehérszalag vitorlás verseny a keleti medencében. Július 12-én este északnyugat felől Szentkirályszabadját érte el egy szupercella (11. ábra), majd másnap a versenyeket egy lecsapó, látványos, konvektív csapadékos tömb hátráltatta, ami rövid ideig tartó, 50 km/h körüli szélökéseket és néhány villámot okozott a kora délutáni órákban.

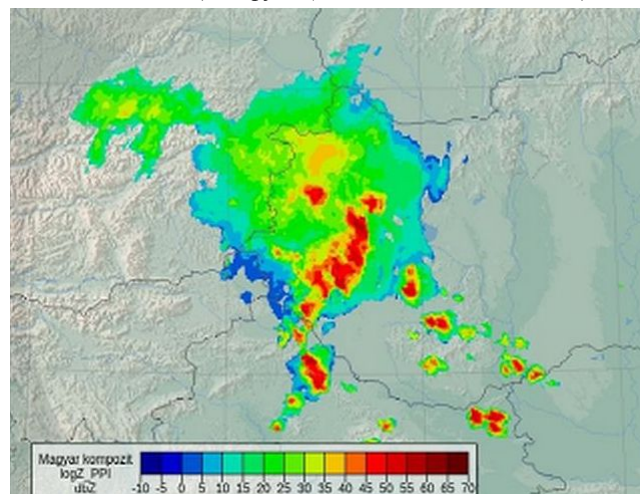
Augusztusban sem volt hiány zivatarokból, a szezon második legerősebb vihara augusztus 14-én csapott le a Balatonra, augusztus legforróbb napját (08.12.) követően két nappal. Augusztus 13-án a kánikulát egy hullámozó frontrendszer törte meg, amely mögött a feltámadó északnyugati irányú szél országsszerte kellemetlenül szelles időt okozott. A nyomási gradiens hatására tartósan élénk-erős alappal fújó szelet a Balatonnál késő délutánig gyakran viharos szélökések kísérték, majd valamelyest mérséklődött a légmozgás, estére alábbhagyott a viharos szél. Ekkor azonban nagy számban záporos, zivataros göcök tűntek fel a tó környezetében. A zivataros kifutószél az élénk-erős alapáramlásra rakódva augusztus 14-re virradó éjszaka is többfelé viharos fokozatot elérő szélökéseket produkált. Nem sokkal éjfél után Balatonörszöndön a szélesség (95 km/h) elérte az erősen viharos kategóriát. Pár nappal később látványos légzuhatagnak (12. ábra) is szemtanúi lehettünk a keleti medencében. Au-



8. ábra: A Balaton térségének havi csapadékösszegei a viharjelzési szezonban.



9. ábra: 2019. június 19. 10:30 UTC. Fonyód térségi zivatarvonal a kompozit radarkép és felszíni szélmező (MEAN-DEK analízis) alapján (Készítette: Horváth Ákos)



10. ábra: 2019.07.27. 18:05 UTC. Kompozit radarkép a Balatont elérő zivatarvonalról

gusztus 16-án délben egy okklúziós front vonult át a Balaton felett záporokkal, zivatarokkal. A front mögött a kora esti órákban további zivatarok jelentek meg a keleti medencében. Ekkor Balatonalmádi térségében is feltűnt egy tornyos gomolyfelhő, mely gyorsan fejlődött és nagyjából 40 perc is elég volt, hogy jéggel érkezzen a



11. ábra: 2019.07.12. Szupercella a keleti medencében.
(Szilágyi Eszter felvétele)



12. ábra: 2019.08.16. Légzuhatag Szabadifürdő felé
közeledve. (Szilágyi Eszter felvétele)

csapadék Balatonszabadiba. A cellához intenzív villámtevékenység, valamint légzuhatag (*microburst*) is társult, miközben a csapadéksávot egy szivárvány is megfestette. Siófok-Szabadifürdőn olyan jelentős mennyiségű eső hullott, hogy hirtelen nem is tudták elvezetni a csatornák. Ezzel szemben néhány kilométerrel odébb, a Viharjelző Observatóriumban csapadéknak nyoma sem volt és csupán a zivatar kifutószelét (40–50 km/h) lehetett érezni. Ez az eset is tankönyvbe illő példája lehet, hogy zivataros helyzetben kis távolságon belül jelentős különbségek mutatkoznak a csapadék mennyiségét illetően.

A viharjelzések és a vízbiztonság. A 2019-es vihar-jelzési szezonban – köszönhetően a nyári zivataros, majd az őszi csendesebb időjárásnak – a viharjelzéseket a sokévi átlagához képest jóval rövidebb ideig kellett fenntartani. A viharjelzéseket összesítve a hét hónapos viharjelzési szezon fennállása óta (2005) a legalacsonyabb értékek születtek mind a Balatonnál, mind a Velencei-tónál. Ez a szezonátlagnál jellemzően legalább 350 órával kevesebb fenntartást jelentett! A frontátvonulások és a tartósan szeles időszakok inkább a tavaszi hónapokat jellemezték. Nyáron a

zivataros időjárás miatt magas jelzésiadási szám keletkezett, ugyanakkor a viharjelzések fenntartási ideje jellemzően rövid volt. Különösen vonatkozik ez a másodfokú viharjelzésekre, ami mindössze 40 és 90 óra közötti/körüli tiltó időszakot jelentett júniustól kezdődően egy-egy hónapra (*I. táblázat*).

A 2019. évi viharjelzési szezonban a nyugati medencében 1817, a középső medencében 200 órával kevesebb: 1617, a keleti medencében 1647 óra volt a viharjelzések összesített fenntartási ideje. A Tisza-tónál szintén 2019-ben volt a legkevesebb a fenntartás: 932 óra. Itt az eddigi legalacsonyabb érték 1038 óra volt. Idén a legkevesebb ideig a Velencei-tónál volt érvényben másodfokú viharjelzés, mindössze 221 órát. A Tisza-tónál 239 órán át volt másodfokú, ami az összes idő 4,6%-át tette ki, míg a balatoni másodfokú viharjelzések is csak a teljes időszak 10–12% -át adták. A Balatoni Vízirendészeti Rendőrkapitányság munkatársai a viharjelzési szezonban 148 esetben 314 fő fürdőző, vagy hajózó személyt mentettek ki a vízből. 2019. április 1. és október 31. között 10 ember fulladt a Balatonba. Halálos kimenetelű vízi közlekedési baleset nem történt a Balatonon.

I. táblázat: A 2019. évi viharjelzési szezonban kiadott balatoni viharjelzések összesítése

2019. Balaton medencék	kiadott viharjelzések száma db.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	összesen: IV.–X. db.
Nyugati	I. fok db	31	18	30	33	20	20	12	164
	II. fok db	19	16	22	20	16	9	3	105
Középső	I. fok db	27	14	23	30	17	23	9	143
	II. fok db	18	17	16	13	15	10	3	92
Keleti	I. fok db	25	20	26	29	19	28	9	156
	II. fok db	13	16	18	19	19	10	3	98
2019. Balaton medencék	fenntartott órák száma	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	összesen: IV.–X. óra
Nyugati	I. fok óra	235	203	172	184	120	153	131	1198
	II. fok óra	122,5	208	51	47,5	88	60,5	41	619
Középső	I. fok óra	237	211	128	172	107	121,5	103,5	1081
	II. fok óra	74,5	187	47	39	84	60,5	45	537
Keleti	I. fok óra	238	221	134	192	118,5	121	106,5	1131
	II. fok óra	60	172	46	41	91	60	46	516

FÖLDTUDOMÁNYOS FORGATAG – 2019

EARTH SCIENCE 'WHIRL' – 2019

Krivánné Horváth Ágnes

Magyarhoni Földtani Társulat, 1015 Budapest, Csalogány u 12., mft@mft.t-online.hu

A Magyarhoni Földtani Társulat tizenegyedik Földtudományos forgatagát, a *Magyar Természettudományi Múzeumban*, november 9–10-én rendezte meg. A forgatag nemcsak a látogatók körében egyre népszerűbb, hanem évről évre több és több kiállító hoz bemutató anyagokat. Idén rekordot döntött a standok száma. Nemcsak mennyiségben, hanem változatosságát tekintve is igen gazdag kínálatot nyújthattunk a látogatóknak. Az érdeklődők betekintheztek a kőzetek, ásványok, ősmaradványok mikroszkopikus vilá-

Társaság, Magyar Természettudományi Múzeum, Ásvány- és Kőzettár, Őslénytani és Földtani Tár, Magyar Természettudományi Múzeum Bakonyi Múzeuma (Zirc), Mátra Múzeuma (Gyöngyös), Magyar Talajtani Társaság, Magyarhoni Földtani Társulat, MFT Mérnökgeológiai és Környezetföldtani Szakosztály, BME Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék, Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, MOL Nyrt, Országos Meteorológiai Szolgálat, Pásztói Múzeum, Utazó Planetárium Kft.



A Földtudományos Forгатag megnyitása: Leél-Őssy Szabolcs (Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat elnöke) a FÖCIK soros elnöke köszönti a megjelenteket, háttérben: Dunkel Zoltán (MMT), Medzihradsky Zsófia főigazgató-helyettes, Felkerné Kóthay Klára, Csorba Péter (Magyar Földrajzi Társaság elnöke) gába, megismerkedhettek a korszerű geofizikai és meteorológiai mérőeszközökkel, nemzeti parkjaink csodálatos földtudományi értékeivel, játékosan ismerkedhettek meg a mérnökgeológiával. A múzeumok lelkes pedagógusai különleges játékokkal, kísérletekkel, foglalkozásokkal nyűgözték le a gyerekeket és a felnőtteket egyaránt, sőt virtuális utazást is tehettünk a földtörténeti középkorba. Az *Utazó Planetárium* pedig izgalmas útkirándulásokra invitálta a látogatókat Naprendszerbeli égitestekre.

Kiállítóink voltak: ANZO-Perlit Kft., APOKROMÁT Kft., Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság, Bakony-Balaton Geopark, BIOCENTRUM Kft., Bükk Nemzeti Park Igazgatóság, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Csillagászati Intézet, Földrajztudományi Intézet, Geodéziai és Geofizikai Intézet, Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Agrárminisztérium, Nemzeti Parki és Tájvédelmi Főosztály, Duna Múzeum, ELTE Meteorológiai Tanszék, ELTE Természettudományi Múzeum, ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, ELUSCSEG (Eötvös Loránd University Student Chapter of the Society of Economic Geologists), Eszterházy Károly Egyetem, Földrajzi és Környezettudományi Intézet, Geo-Log Kft., Kemenes Vulkanpark, Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság, Kuny Domokos Múzeum, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Magyar Földmérési Térképészeti és Távérzékelési Társaság, Magyar Földrajzi Múzeum, Magyar Geofizikusok Egyesülete, Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat, Magyar Meteorológiai



A meteorológus kiállítók az első napon, a megnyitás előtt Szabó Dorottya (OMSZ) Dunkel Zoltán (MMT), Fejes Edina, Ludányi Erika (OMSZ), Balogh Adrienn Judit (ELTE Met Tsz.), Németh Ákos (OMSZ), Tompa Erzsébet örgy., Steierlein Ákos hdgy. (MH GEOSZ), Berényi Alexandra (ELTE Met Tsz.)

A szombat délelőtti megnyitón a forgatag látogatóit, résztvevőit és a sajtó képviselőit a kupolacsarnokban *Medzihradsky Zsófia* főigazgató-helyettes asszony köszöntötte. Ez után *Leél-Őssy Szabolcs* az MFT társelnöke beszélt a földtudományi ismeretek közoktatásban játszott igen halvány szerepéről és annak következményeként arról, hogy az emberek eltávolodtak a természettől. A természeti környezet és a földtudományok élményszerű megtapasztalását kívánja a forgatag közelebb hozni az emberekhez. *Felkerné Kóthay Klára* röviden beszélt a „Kezdedben a múlt” c. program keretében a 2020. évre megválasztott Év ásványáról a *turmalin*ról, valamint az Év ősmaradványáról a *Megalodon*ról. Ez után a kiállítócsarnokokban megkezdődött az igazi sürgés-forgás. Minden stand hozott valami érdekességet, különlegességet, volt interaktív játék, kvíz, mikroszkóp vagy egyéb műszer, térkép, poszter, színező, megtapogatni való ásvány, kőzet, ősmaradvány és sok-sok ajándék.

Szombaton délután tartottuk a *II. Geosütisitő verseny* eredményhirdetését. 4 kategóriában lehetett nevezni:

1. Kedvenc vulkáni jelenségem
2. Az év ásványa, a galenit
3. Az év ősmaradványa, a *Komlosaurus*
4. Travertino

Látványos, és izletes pályaművek születtek, amelyek a zsűrizés és eredményhirdetés után igazán nem voltak

hosszú életűek. Sajnos azonban a Travertino kategória senkinek nem mozgatta meg a fantáziáját, pedig az Egerszalóki mésztufa domb szinte úgy néz ki, mint egy tejszínhabbal jól nyakon öntött süti.... „Az év geocukrásza 2020” kitüntető címet, és a hozzá tartozó hatalmas vándorkupát a tavalyi nyertes vitte ismét el, *Galenit* c. pályaművel, amely egy egész bányarészletet mutatott be.

A *geosütin* kívül is akadt tartalmas program: szombaton és vasárnap a látogatók ismeretterjesztő előadásokat hallgathattak meg a Múzeum Semsey-termében.

Papp Gábor (MTM): Nemcsak kockákról, nemcsak „kockáknak”: a galenit, az év ásványa

Leél-Óssy Szabolcs (ELTE): Európa és Amerika határán – körutazás Izland szigetén

Mádai Ferenc (Miskolci Egyetem): RM@Schools – Nyersanyagok szerepének oktatása középiskolákban aktív tanulással



Érdeklődők a meteorológia „egyik” standjánál, Szabó Dorottya, Németh Ákos, Berényi Alexandra és Ludányi Erika

Albert Gáspár (ELTE): Térképek a földtudományokban

Kovács István János (CSFK): Tűz a vízből, avagy hogyan képződtek a hazai bazaltvulkánok?!

Prakfalvi Péter (Novohrad-Nógrád Geopark): Macskalyuki-e macskakő?

Vasárnap:

Főzy István (MTM): Az év ősmaradványa, a *Komlosaurus*

Magyar Balázs (Biocentrum Kft): Mit kapott a magyar tudomány Eötvös Loránttól

Hir János (Pásztói Múzeum): Miocén korú kisgerincesek nyomában

Prakfalvi Péter (MBFSZ): Felszínülledésből származó katasztrófák és földtudományi értékek Magyarországon

Dunkel Zoltán (MMT): 2020 az évfordulók éve a magyar meteorológiában, azaz mit szolgáltat a „meteorológia”?

Az Utazó Planetárium az idén is elhozta hatalmas kupoláját és új bemutatókkal örvendeztette meg a látogatókat:

Irány a Mars – NASA

A NAP – Életadó csillagunk története

A Maják csillagai

Csapdába ejtett csillagfény: A modern távcsövek világa

A LÁTÁS – Egy foton hosszú utazása világűrön és az elménken át

Ég veled Cassini – A Szaturnusz megismerése és a Cassini űrszonda története

Európa a Csillagok felé – Europe to the Stars (ESO)

Kozmikus eredetünk felfedezése

A Naprendszer felfedezése

Ismeretterjesztő filmeket mindkét napon vetítettünk:

Lépten-nyomon geológia

Korhadó múlt, porladó jövő? – A bükkábrányi ősciprusok

Dinoszaurusok és vadászaik

A kőbaltás ember 1. – Érdi medvevadászok

A kőbaltás ember 2. – Samu vacsorája

A kőbaltás ember 3. – Mamutvadászat Tatán

Budapest Inferno – A Molnár János-barlang titka

Inverse Everest

A dunavirág mentőakció

A rendezvényen Cserny Tibor fotózott, a fényképek az

alábbi címen érhetők el: photos.google.com/share/AF1QipMLd5ut-nbHZr9DSq9PmOywyWMSlyAgQ6h6E8wDUPUi3j_A_2Ecf_guwMviHWA?key=bk5mSWJTeXR4MlhIV2ZFTW00Nnd3UGYzdEREYUpB



Az MH GEOSZ standja, a „másik” meteorológiai kiállító hely Czender Csilla fhdgy. és Kovács Mónika Eszter hdgy.

A „meteorológia” ezúttal két kiállító helyet is kapott. Az egyik standnál az OMSZ, az ELTE Meteorológiai Tanszék és az MMT képviselte a szakmát, míg a másik standot az MH GEOSZ meteorológusai kapták meg.

A kétnapos rendezvény látogatottsága rekordot döntött, több mint 3200 jegyet adott el a múzeum, kb. 150 meghívott vendég jött el, a kiállító standokon pedig legalább 250 fő dolgozott. A rendezvény több országos és helyi írott sajtóban, illetve médiában kapott nyilvánosságot.

Végezetül két látogatói visszajelzés: „Kedves Péter bácsi! Köszönjük a meghívást, nagyon jól éreztük magunkat! Ábel el volt ragadtatva, nagyon hálás volt még este is. Zsolt.”

„Kedves Múzeum Szervezés! Szeretném megköszönni a mai csodaszuper napot! Kilenc éves kisfiammal voltunk, nyitáskor ott voltunk, de még négy órákor is nagyon nehéz volt hazautazni. A program nagyon sokoldalú, izgalmas, érdekes és pazarul interaktív volt. A planetárium is igazi kuriózum lett. Nagyon jó lenne sok ilyen tematikus program ebben a nívós múzeumban! Minket feltöltött a mai nap! Isten éltesse az összes tudóst, akik a hétvégét a gyerekek és az érdeklődők számára áldozták. Kívánunk jó egészséget mindenkinek és sikeres munkát! Alexandra és Andor”

Várunk mindenkit jövőre is!

2019 ŐSZÉNEK IDŐJÁRÁSA WEATHER OF AUTUMN 2019

Szentes Olivér

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

2019 őszenek mindhárom hónapja melegebb volt az átlagnál, a szeptember és október száraz, a november nagyon csapadékos hónap volt. Ez az ősz a legmelegebbnek adódott 1901 óta. A szeptember 1 °C-kal, az október közel 2 °C-kal, a november viszont 4 °C-kal volt melegebb a normálnál. A november a 3. legmelegebbnek adódott, de az október is a 9. legmelegebb hónap volt. A 2019-es ősz középhőmérséklete országos átlagban 12,7 °C volt, ami 2,4°C-kal meghaladja az 1981–2010-es átlagot, és 0,1 °C-kal magasabb az 1926-os ősz értékénél, ami eddig a legmelegebb ősz volt 1901 óta. Hazánk teljes területén az 1981–2010-es átlag feletti volt a 2019-es ősz középhőmérséklete. Az ország nagy részét 2 °C körüli anomália jellemezte, de elsősorban délkeleten és északkeleten nagyobb területen az eltérés meghaladta a 2,5 °C-ot. Csapadék tekintetében országosan a 2019-es ősz összességében átlagosnak mondható, de csak a csapadékos november miatt. A szeptemberi csapadék kevéssel elmaradt az 1981–2010-es átlagtól, majd az október a 28. legszárazabb lett 1901 óta. Novemberre viszont csapadékosra fordult az időjárás, és a 20. legcsapadékosabb november a 2019-es. Országos átlagban 2019 őszen 151,0 mm csapadék hullott, ami az 1981–2010-es átlag 103%-a. Hazánk legnagyobb részén a szokásos csapadékmennyiség 80–120%-a hullott le, ennél nagyobb pozitív anomália főleg az Északi-középhegységben fordult elő, kisebb az Alföld északkeleti tájain.

Szeptember. A közép országos átlagban 16,8 °C volt, 1,0 °C-kal az 1981–2010-es átlag felett. Ezzel az idei 1901 óta a 30. legmelegebb szeptember. Majdnem mindenütt az átlagnál melegebb volt. Az ország túlnyomó részén 15 °C felett alakult a havi közép, kisebb körzetekben (Szeged környéke és a főváros) még a 18 °C-ot is elérte (Budapest belterület: 18,7 °C). 15 °C-nál hűvösebb csak a hegyvidéki, illetve fagyzugos helyeken volt. A Kékesen lett a leghűvösebb a hónap (12,0 °C). A nyári napok ($t_{\max} \geq 25$ °C) száma országos átlagban 10-nek adódott, ami 2-vel több az 1981–2010-es átlagnál. Hőségnap ($t_{\max} \geq 30$ °C) országos átlagban 2 volt (1981–2010 átlag: 1). Az ország nagy részén fagymentesen alakult a szeptember, csak a fagyzugos helyeken fordult elő fagy.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

36,2 °C, Adony (Fejér megye), szeptember 1.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-2,4 °C, Zabar (Nógrád megye), szeptember 20.

A csapadék országosan 44,4 mm volt, ami a norma 81%-a. Ez az érték az 1901–2019-es időszokban a medián, vagyis 2019 szeptember a 60. legszárazabb és egyben 60. legcsapadékosabb szeptember 1901 óta. A legcsapadékosabb a Duna-Tisza közén (Kiskun-

halas: 113,0 mm) és az Alpokalján (Sopronhorpács: 99,0 mm) volt. A legszárazabb helyeken a szeptemberi csapadék mennyisége a 20 mm-t sem érte el (Milota: 11,2 mm). A leginkább északkeleten maradt el a hónap csapadékmennyisége a megszokottól, ahol a normál 30%-a sem hullott le. A legnagyobb, több mint 50%-os többlet a Duna-Tisza közén fordult elő. Országos átlagban 8 csapadékos nap volt, ami megfelel az 1981–2010-es átlagnak. A zivataros napok száma országosan 2 (1981–2010-es átlag: 1).

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

113,0 mm, Kiskunhalas (Bács-Kiskun megye)

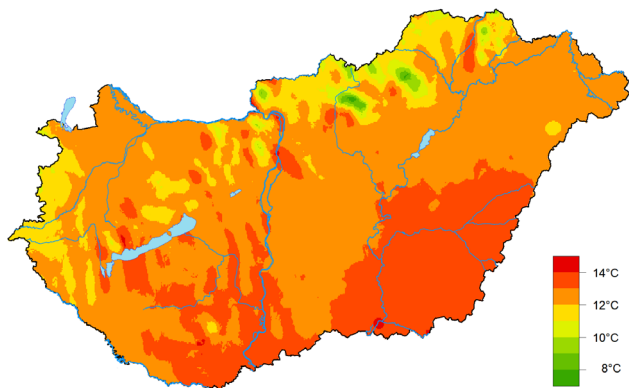
A hónap legkisebb csapadékösszege:

11,2 mm, Milota (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

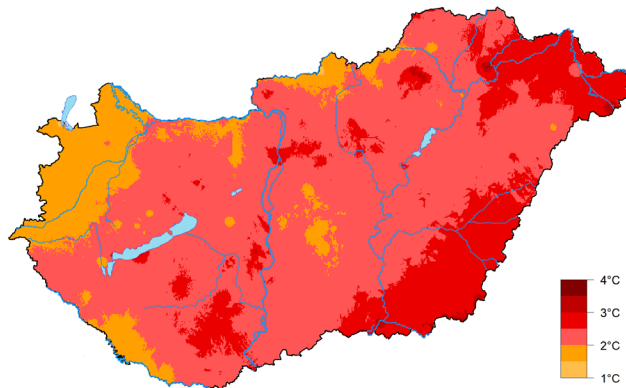
24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

63,0 mm, Öttevény (Győr-Moson-Sopron megye), szeptember 8.

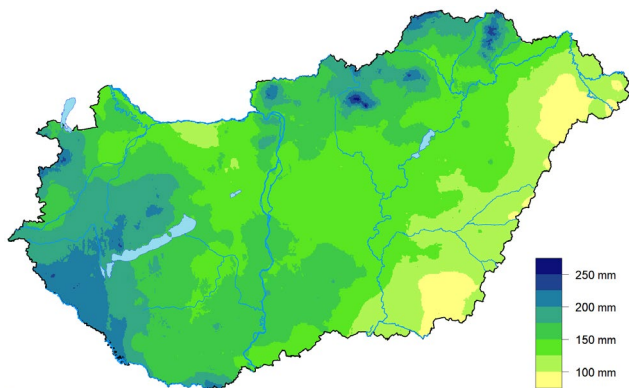
Október. A közép országos átlaga 12,4 °C volt. Kisebb körzetekben 14 °C feletti érték is előfordult (Pécs Egyetem 14,4 °C). Zabarón volt a hónap a leghűvösebb (8,8 °C). A havi közép 1,9 °C-kal haladta meg az 1981–2010-es átlagot. Ezzel ez az október a 9. legmelegebb 1901 óta. Az ország egész területén a szokásosnál melegebb volt, többnyire 1–2 °C-kal. Nyári napból ($t_{\max} \geq 25$ °C)



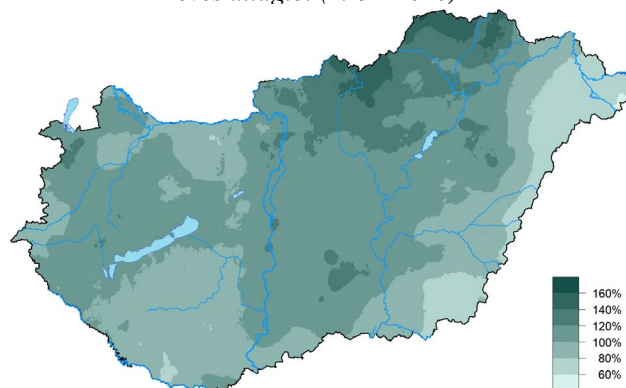
1. ábra: A 2019-es ősz középhőmérséklete (°C)



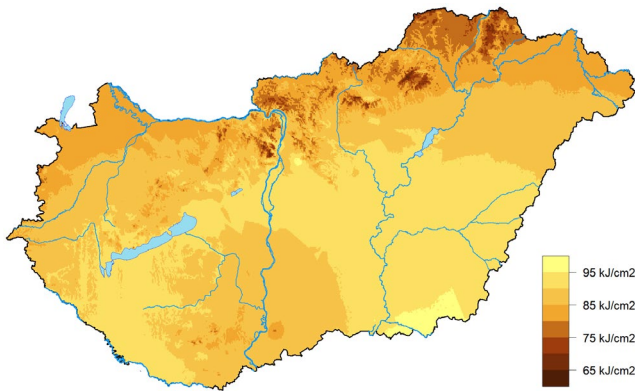
2. ábra: A 2019-es ősz középhőmérsékletének eltérése a sokéves átlagtól (1981–2010)



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



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



5. ábra: A 2019-es őszi globális sugárzás összege (kJ/cm²)

általában 1 fordul elő. Fagyos nap ($t_{\min} \leq 0^\circ\text{C}$) szintén 1 volt (országos átlag: 3). A Dunántúlon többfelé fagymentesen telt el, az Alföldön és északon általában két napon (8-án és 31-én) fagyott.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

29,2 °C, Körösszakál (Hajdú-Bihar megye), október 24.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-8,4 °C, Zabar (Nógrád megye), október 31.

Az októberi csapadék országos átlagban 22,9 mm volt, ami az 1981–2010-es átlag 54%-a. Ezzel 1901-től a 28. legszárazabb október lett. A hónap a szokásosnál sokkal szárazabban alakult. Az Alföldön és északon nagy területen 25 mm alatt maradt a havi összeg. Az Alpokalja volt a legcsapadékosabb. Nógrádban és a délkeleti, keleti határ mentén maradt el a csapadék a normáltól. Nógrádban még az átlag 20%-a sem hullott le. Az átlagot megközelítő csapadék az Alföld délnyugati területén, az Alpokalján és a Bükk, Cserehát, Zemplén térségében fordultak elő. Országosan 6 csapadékos nap volt októberben, ami 2 nappal elmaradt az 1981–2010-es átlagtól. Zivataros nap országos átlagban nem volt.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

57,1 mm, Szentpéterfa (Vas megye)

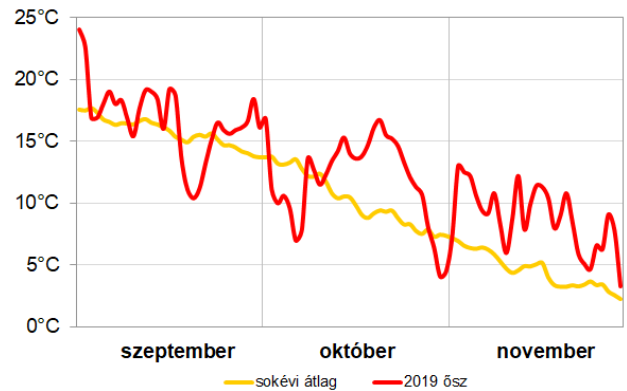
A hónap legkisebb csapadékösszege:

3,8 mm, Nógrádszakál (Nógrád megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

36,8 mm, Pinkamindszent (Vas megye), október 2.

November. A 2019-es november középhőmérséklete 8,7 °C volt, ezzel az 1926-os és 1963-as novemberek után a 3. legmelegebb november múlt el. A Dunántúlon 2–4, a Dunától keletre jellemzően 4–5 fokkal volt melegebb a november az 1981–2010-es átlagnál. A havi középhőmérséklet a délkeleti határ mentén a 10 °C-ot is meghaladta (pl. Lökösháza: 10,2 °C), de az Alföld déli felén 9-10 °C volt a meghatározó. A Dunántúlon



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

és az Északi-középhegység alacsonyabban fekvő területein jellemzően 7 és 9 °C közötti volt a hónap középhőmérséklete. 5 °C alatti érték csupán a legmagasabb hegycsúcsaink fordult elő (pl. Kékestető: 4,8 °C). Nagyon enyhe novemberről tanúszkodnak az éghajlati indexek is. Fagyos nappól ($t_{\min} \leq 0^\circ\text{C}$) mindösszesen 2 fordult elő országos átlagban (átlag: 11 nap). Téli nap ($t_{\max} \leq 0^\circ\text{C}$) nem volt (átlag: 1 nap).

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

23,3 °C, Karapanca (Bács-Kiskun megye), november 5.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-7,0 °C, Nyírlugos (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye), november 1.

2019 novemberének csapadékösszege országos átlagban 83,7 mm volt, ami az 1981–2010-es átlag 170%-a. A száraz október után egy csapadékos hónap következett. 1901 óta a 2019-es november a 20. legcsapadékosabb. A Dunántúl középső és délnyugati részén, valamint az Északi-középhegység térségében nagy területen 100 mm felett alakult a havi csapadék. A legkevesebb csapadék a délkeleti országrészben Csongrád és Békés megyékben hullott. Az ország nagy részén az éghajlati normál felett alakult a havi csapadék, kevéssel attól elmaradó értékek kisebb körzetekben a déli, délkeleti határ mentén voltak. Az átlag több mint kétszerese esett Zala megye és az Északi-középhegység jelentős részén. Országos átlagban 16 csapadékos nap volt novemberben, 6-tal több a normálnál. Szokatlanul enyhe volt az egész hónap, emiatt havas nap országos átlagban nem fordult elő (átlag: 3 nap).

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

167,9 mm, Kékestető (Heves megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

39,4 mm, Újkígyós (Békés megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

48,5 mm, Csököly (Somogy megye), november 5.

2019. őszi időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés, óra		Sugárzás, kJcm ⁻²	Hőmérséklet, °C						Csapadék, mm			Szél ($f_x \geq 15 \text{ ms}^{-1}$)
	évszak összes	eltérés		évszak összes	évszak közép	eltérés	max	napja	min	napja	évszak összes	átlag %- ában	
Szombathely	452	65	84	11,8	1,8	31,7	09.01.	-1,0	10.08.	160	104	26	2
Nagykanizsa	-	-	90	11,9	1,9	32,3	09.01.	-1,2	10.08.	214	105	26	3
Siófok	-	-	89	13,6	2,3	31,2	09.01.	0,7	11.01.	165	115	21	11
Pér	-	-	-	12,4	-	32,9	09.01.	-2,4	10.08.	148	108	21	7
Pécs	537	88	94	13,7	2,6	32,1	09.01.	-0,1	11.01.	156	92	21	4
Budapest	533	109	88	13,2	2,3	33,4	09.01.	0,2	10.08.	153	119	21	2
Miskolc	473	76	82	12,2	2,4	31,9	09.01.	-0,8	11.01.	172	135	23	1
Kékestető	488	67	86	8,7	2,5	25,1	09.01.	-4,6	11.30.	258	137	25	28
Szolnok	-	-	94	13,1	2,3	33,7	09.01.	-2,5	11.01.	126	104	20	2
Szeged	577	138	95	13,5	2,5	34,1	09.02.	-2,9	11.01.	104	87	19	1
Nyíregyháza	-	-	89	13,1	3,2	33,2	09.01.	-2,3	10.08.	104	81	21	3
Debrecen	571	144	90	13,2	2,8	33,3	09.02.	-2,2	11.01.	130	104	23	3
Békéscsaba	-	-	96	13,5	2,8	33,4	09.01.	-2,2	10.08.	113	90	19	2

KISLEXIKON POCKET ENCYCLOPAEDIA

Dombai Ferenc

Magyar Meteorológiai Társaság, 1525 Budapest, Pf. 38, dombai.f@gmail.com

Doppler duál-polarizációs radarnál külön-külön kerülnek feldolgozásra a függőleges és a vízszintes polarizációs síkban kisugárzott jelekből származó visszaverődések frekvencia, fázis és amplitúdó jellemzői, az ezekből képzett önálló illetve kombinált paraméterek. Ezekből lehet következtetni a meteorológiai célt alkotó részecskék méretére, alakjára, mozgására, és halmazállapotára. (Dombai Ferenc: *A radarmeteorológia első 50 éve Magyarországon*)

GARP <röv., ang.> *Global Atmospheric Research Program*, globális légköri kutatási program a WMO és az ICSU koordinációjával az 1970-es és 1980-as években zajlott nemzetközi kutatási program a légköri folyamatok részletes megismerésére és modellezésének megalapozására. A ~ több intenzív megfigyelési alprogramból állt: a GATE (1974) atlanti trópusi megfigyelések, a FGGE az első globális megfigyelési kísérlet (1978–79), az AMTEX légtömeg transzformálódási kísérlet, ALPEX. A különböző országok légkörkutató intézetei a ~ keretében koordinálták és koncentrálták erőfeszítéseiket. Az európai meteorológiai szolgálatok ekkorra időzítették az első METEOSAT műhold felbocsátását. Az OMSZ-nál Götz Gusztáv koordinálta a ~ kutatásokat. (Dombai Ferenc: *A radarmeteorológia első 50 éve Magyarországon*)

izo-echó berendezés a régi radaroknál az analóg videojel távolság elemenkénti integrálása, egy-egy beállított szint átlépésének jelzése. Az indikátor ernyőjén az ~ a meteorológiai cél kontúrozott, azonos intenzitású vonalas megjelenítést tette lehetővé, ami megkönnyítette a radartérképek átrajzolását az indikátor ernyőjéről. (Dombai Ferenc: *A radarmeteorológia első 50 éve Magyarországon*)

kispotenciálú időjárásradar közeli intenzív csapadék felderítésére alkalmas eszköz. A felderítő-képesség függ a kisugárzott impulzus-teljesítménytől, a fókuszáltságtól és a hullámhossztól. A felderítő-képesség a meteorológiai radaregyenlettel számítható. Meteorológiai célok esetében minél rövidebb a hullámhossz, annál érzékenyebb a radar, de a jel gyengülése is nagyobb, ami korlátozza a távolságot. A ~ adóteljesítménye és az antenna fókuszáltsága jelentősen kisebb az azonos hullámhosszú időjárásradarhoz képest. (Dombai Ferenc: *A radarmeteorológia első 50 éve Magyarországon*)

RKK <röv.> *Radar Kommunikációs Központ*, az MRL-5 automatizálási rendszerben az ~ telefonos vagy bérelt vonalú modemeken keresztül, előre meghatározható ütemezésekkel küldte vagy fogadta a digitális radarképeket a felhasználóknak. Az ~ helyi számítógépes hálózaton elérhetővé teszi az általa vett és tárolt radarképeket a felhasználók megjelenítő vagy feldolgozó számítógépeinek. Egy ~ több RNS-t is ki tudott szolgálni. (Dombai Ferenc: *A radarmeteorológia első 50 éve Magyarországon*)

RNS <röv., ang.> *Radar Network Station*, *radarhálózati állomás*, az MRL-5 automatizálási rendszerben az RKK-val azonos helyi számítógépes hálózatra kapcsolt ~ teszi lehetővé a digitális radar kép felhasználó specifikus (pl. hátterek) megjelenítését, értékelését, kezelését. (Dombai Ferenc: *A radarmeteorológia első 50 éve Magyarországon*)

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

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

A kéziratokat a szerkesztőbizottság lektoráltatja. A lektor nevét a szerzőkkel nem közöljük. Közlésre szánt anyagokat kizárólag elektronikus formában fogadunk el. Az anyagokat a legkor@met.hu címre kérjük beküldeni Word-fájlban. A beküldött szöveg ne tartalmazzon semmiféle speciális formázást. Amennyiben a közlésre szánt szöveghez ábra is tartozik, 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, akkor szívesen fogadunk PDF-fájlt is, de csak PDF-fájllal nem foglalkozunk.

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

A 64. ÉVFOLYAM (2019) SZERZŐI

AUTHORS OF VOLUME 64 (2019)

Barát Imola: Búcsúbeszéd édesapám temetésén	134	Mikes Márk Zoltán: A Nyírség és a Felső-Tisza Vidék éghajlati elemzése	105
Baráth Enikő: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Növényfenológiai Adatbázisai	4	Molnár Beáta, Tasnádi Péter és Weidinger Tamás: Meteorológia a fizika oktatásában Magyarországon és Szlovákiában	65
Bíróné Kíresi Andrea és Tar Károly: Dr. Justyák János emlékére, születésének 90. évében	162	Németh Ákos: A Magyar Meteorológiai Társaság hírei	25
Bíróné Kíresi Andrea: 2018/2019 telének időjárása	41	Puskás János, Tar Károly és Németh Csilla: Emlékezés Hegyfok Kabosra halálának centenáriumán	19
Bíróné Kíresi Andrea: 2019 nyarának időjárása	130	Rácz Lajos: Mezőgazdasági terméskatasztrófák időjárási profilja a kis jégkorszak idején a tradicionális kori Magyarországon (1500–1850)	48
Bíróné Kíresi Andrea: A 2018. év időjárása	37	Radics Kornélia: Elnöki búcsúztatás Barát József ravatalánál	137
Bíróné Kíresi Andrea: A felmelegedés klímacsikokon	164	Sáhó Ágnes: Elhunyt Zsótér Ferenc	46
Bozó László: Mészáros Ernő: A földi légkör története – Az atomoktól a különleges gázkeveréig. Könyvbemutató	84	Sáhó Ágnes: Varga Miklós 1933–2019	92
Dombai Ferenc: A radarmeteorológia első 50 éve Magyarországon	140	Simon Brigitta, Soós Gábor, Kucserka Tamás és Anda Angéla: A párolgásmérő „A” kád alkalmazása szabad vízfelszín evaporációjának meghatározására	52
Dombai Ferenc: Kislexikon	174	Simon Csilla Kis Anna és Pongrácz Rita: Milyen gyakoriak a fehér karácsonyok Magyarországon?	146
Fehér János (címlapkép): Hajnalhasadás (OMSZ fotópályázat 1. helyezett) 2019.	45	Steib Roland, Hadvári Marianna, Horváth Gyula és Radics Kornélia: Radarmeteorológia – Múlt, Jelen, Jövő	151
Fejes Edina: 85 éves a balatoni viharjelzés	76	Szentes Olivér: 2019 őszenek időjárása	173
Fejes Edina: Meteorológiai Világnap – 2019. március 23.	28	Szentes Olivér: 2019 tavaszának időjárása	86
Füzi Tamás és Ladányi Márta: A szárazság és hőség gyakorisága Mosonmagyaróváron 1961–2018 között	144	Szépszó Gabriella: Magyarország 25 éve az ECMWF társult tagja	153
Gillemot Katalin: Téli tudományos kalandok Izlandon	79	Szerkesztői üzenet: A 64. évfolyam (2019) szerzői	175
Hadnagy István és Tar Károly: Szélirányok energetikai paramétereinek területi eltérése Kárpátalján	115	Szerkesztői üzenet: Elhunyt Barát József	134
Hágen András: Paleoklíma és a Föld térfogatnövekedése	123	Szerkesztői üzenet: Elhunyt Szász Gábor	90
Horváth Ákos és Simon André: Szélsőséges időjárási helyzetek okozta súlyos zavarok az áramszolgáltatásban. I. rész: Téli vegyes halmazállapotú csapadékos helyzetek	58	Szerkesztői üzenet: Elhunyt Térey János 1970–2019	46
Juvancz Zoltán és Biczó Imre: A klímaváltozás okozza-e a tengeri mézszvázú élőlények kipusztulását?	15	Szerkesztői üzenet: Országos radar kompozit, 2019.05.05. (00:50 UTC)	133
Károssy Csaba: Péczy emléktábla a Szegedi Egyetemen	33	Szerkesztői üzenet: Prof. dr. dr. hc. Szász Gábor professzor publikációs listája	126
Kocsis Tímea: Történelmi arcképek: Soós Mihály	43	Torma Csaba Zsolt és Dezső Zsuzsanna: Európai példák inverziós helyzetre: 2015. december	100
Kolláth Kornél és Tóth Zoltán: Kislexikon	129	Tóth Róbert (címlapkép): Télutó	1
Kolláth Kornél, Szini Hajnalka és Tóth Zoltán: Füstréteg a sztratoszférában Brit Kolumbiából	109	Tóth Róbert: A főszerkesztő-helyettes előszava Gillemot Katalin cikkéhez	79
Krivánné Horváth Ágnes: Földtudományos Forгатag – 2019	171	Tóth Róbert: Mennyire vörös ma Fehéroroszország?	34
Lábó Eszter: A WMO 18. Kongresszusa – Milyen változásokat tapasztalhatunk a nemzetközi meteorológia világában?	71	Tóth Zoltán és Fekete Dénes: 50 éves a légköri ózontartalom operatív mérése Magyarországon	151
Mészáros Ernő: Búcsúbeszéd Barát József temetésén, 2019. október 29-én	136	Varga Zoltán: Mosonmagyaróvári hosszú agrometeorológiai kísérletsorozat tapasztalatai	93
		Zsikla Ágota és Szilágyi Eszter: A 2019. évi Balatoni és Velencei-tavi viharjelzési szezonról	165

