

L É G K Ö R

52. évfolyam

2007. 1. szám



Meteorológiai Világnap, 2007

(cikk a 2. oldalon)



A felvételen balról-jobbra: Dunkel Zoltán, Pál Istvánné, Hidvégi György, Ináncsi László, Juhász Imréné, Kenderesy Kálmán, Dióssy László, Láng István, Miklósi Csaba, Kövér Béláné, Horányi András

LÉGKÖR

52. évfolyam
1. szám

Felelős szerkesztő:
Dr. Ambrózy Pál
a szerkesztőbizottság
elnöke

Szerkesztő bizottság:
Dr. Bartholy Judit
Bihari Zita
Bóna Márta
Dr. Gyuró György
Dr. Haszpra László
Dr. Hunkár Márta
Ihász István
Németh Péter
Dr. Putsay Mária
Szudár Béla
Tóth Róbert

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Dunkel Zoltán
az OMSZ elnöke

Készült:
Az **FHM Kft.**
nyomdájában
800 példányban

Felelős vezető:
Modla Lászlóné

Évi előfizetési díja 1365 Ft

Megrendelhető
az OMSZ Pénzügyi Osztályán
Budapest, Pf.: 38. 1525

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT ÉS A MAGYAR
METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

A címlapon: Jégkristályok
Horányi András felvétele

Sáhné Ágnes: Meteorológiai Világnap 2007	2
Haszpra László: A légköri szén-dioxid mérések negyed százada Magyarországon (1981–2006)	4
Homokiné Ujváry Katalin: Viharos nyár Budapesten	9
Dr. Koppány György: Az éghajlat-ingadozás valódi és álproblémái a XXI. században	14
Bartholy Judit, Pongrácz Rita, Pattantyús-Ábrahám Margit: A cirku- lációs viszonyok változásának elemzése az atlanti-európai térségben	18
Schlanger Vera: A 2006. év időjárása	25
Gyuró György: Újkeletű madárjóslatok	29
Balogh Miklós: A felszín-légkör kölcsönhatások számszerűsítése kombinált talajnedvesség-előrejelző modell segítségével	30
Polyánszky Zoltán, Molnár Ákos: Nem mezociklonális tornádók Magyarországon	35
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	40
Ambrózy Pál, Vig Péter: Az MMT. XXXI. Vándorgyűlése és az V. Erdő és Klima konferencia	41
KISLEXIKON	41
Schlanger Vera: 2006 telének időjárása	42
A 2006. év összefoglaló tartalomkjegyzéke	44

METEOROLÓGIAI VILÁGNAP 2007

A 2007. évi Meteorológiai Világnap a „Sarkvidéki meteorológia: globális hatások felmérése” címet viselte. 187 állam ünnepelte március 23-án ezt a napot, amikor a Világszervezetet létrehozó konvenció 1950-ben hatályba lépett, s a WMO egyike lett az ENSZ szakosított szervezeteinek.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke, **Dunkel Zoltán** köszöntőjében bemutatta a nemzetközi, hálózati *Meteoalarm* riasztó rendszert. A rendszer mai naptól lehetővé teszi a veszélyes időjárási helyzetek gyorsabb, pontosabb, egyértelműbb jelezhetőségét. Egyúttal gratulált mindazoknak a kitüntetetteknek, akik március 15-én, a Nemzeti Ünnepek alkalmából köztársasági ill. miniszteri kitüntetésben részesültek.

A környezetvédelmi és vízügyi minisztert képviselő **Dióssy László** szakállamtitkár ünnepi beszéde a *Michel Jarraud* WMO főtitkár világnapi üdvözlésében foglaltakat tükrözte, melyben a globális klímaváltozás kísérő jelenségei, a sarki területek változásainak jelentősége és az emberi tényezők szerepe dominált. Ebbe szőtte a meteorológiai tevékenységgel kapcsolatos személyes érzéseit és gondolatait, valamint érintette a Szolgálat aktualitásait.

A világnapi ünnepség keretében zajlott le a miniszteri kitüntetések átadása. **Schenzl Guidó Díjat Láng István** akadémikus, kutatóprofesszor kapott, „az éghajlatváltozás természet- és társadalomtudományi összefüggéseinek vizsgálatában, a tudományterületek közötti összhang megteremtésében végzett eredményes munkájáért.”

Láng István nevéhez több nagy akadémiai projekt kidolgozása és végrehajtása kötődik. Ezek közül a legjelentősebbek a „Magyarország ökopotenciálja” valamint a VAHAVA projekt, mellyel nem csak egy ajánlati rendszert dolgozott ki az éghajlatváltozás várható szélsőségeire, káaira, részbeni elhárítására, hanem megalapozta az első hazai klímátörvény megvalósítási lehetőségét is.

Pro Meteorologia Emlékérem birtokosa lett:

Horányi András „a numerikus modellfejlesztésben kifejtett szakmai tevékenységéért, a meteorológiai fejlesztő munkában elért, nemzetközi szinten is magas színvonalú eredményeiért”.

Kiemelkedő, nemzetközileg is elismert kutatásokat, valamint koordinációs munkát folytat a korlátos tartományú numerikus prognosztikai modellek fejlesztésében. Eredményesen vezeti azt a kutató csoportot, amelynek feladata, hogy elméletileg megalapozott, objektív választ adjon a globális felmelegedés folyamatának a Kárpát-medence térségét érintő jellemzőire vonatkozóan.

Ináncsi László nyugalmazott ezredes „az önálló katonai meteorológiai szolgálat létrehozásában, a katonai repülőterek automatizálásában, a honvédségi meteorológiai-infor-

matikai infrastruktúra kialakításában végzett tevékenységéért”.

Ináncsi László 1991-ben lett a Magyar Honvédség Katonai Meteorológiai Központ parancsnoka. 1997-től az MH Meteorológiai Hivatalának főigazgató helyettese, majd 2000-től az MH Meteorológiai Szolgálat szolgálatfőnök helyettese 2002-ben történt nyugdíjazásáig.

Kenderesy Kálmán „pénzügyi és számviteli osztályvezető lelkiismeretes és fáradhatatlan munkájáért, mellyel a Szolgálat pénzügyi- és számviteli tevékenységét hosszú évtizedek óta eredményesen kézben tartja és irányítja”.

Kenderesy Kálmán 1974. február 1-jétől áll az Országos Meteorológiai Szolgálat alkalmazásában. 1978-ban elvégezte a Pénzügyi és Számviteli Főiskolát. 1988-tól a Pénzügyi Osztályon dolgozott, majd 1990. február 1-jétől az Osztály vezetőjének, 1998. november 25-től pedig a kibővített Pénzügyi és Számviteli Osztály élére nevezték ki.

Munkájának köszönhetően ismét bebizonyosodott, hogy a többi tudományhoz hasonlóan a meteorológia sem működik megfelelő gazdasági segítség, támogatás nélkül.

Kövér Béláné „a Szolgálat meteorológiai adatbázisának létrehozásában, fejlesztésében, működtetésében évtizedeken át végzett fáradhatatlan, lelkiismeretes munkájáért”.

Kövér Béláné az ELTE TTK matematika tanár és meteorológus szakán 1970-ben szerzett diplomát. Ezt követően az OMSZ számítóközpontjában helyezkedett el, ahol 1980-tól csoportvezetői beosztásba került. 1984-től a KMI Éghajlati Főosztályán a Számítástechnikai Osztály vezetője, majd a Távközlési és Informatikai Főosztály keretében működő Adatbázis Módszertani Osztályt vezette.

Az OMSZ éghajlati adatbázisának kiépítésében, fejlesztésében elvülhetetlen érdemeket szerzett. Ugyanakkor vezető szerepet játszott – ill. jelenleg is játszik – a „Magyarország Éghajlati Atlasza” és a hosszú éghajlati adatsorok CD-s sorozatának összeállításában.

Miniszteri Elismerő Oklevelet kapott **Miklósi Csaba** éghajlati adatellenőr „a meteorológiai adatbázis ellenőrzésében kifejtett felelősségteljes, lelkiismeretes, alapos munkájáért, valamint fejlesztési tevékenységéért”.

Közel négy évtizedes tevékenységét megőrzi az OMSZ meteorológiai adatbázisa, annak számos hibaszűrő algoritmus és kollégáinak elismerése.

Ugyanilyen elismerést kapott **Simon József** nyugalmazott osztályvezető „a meteorológiai műszerek hitelesítésének ügyében végzett munkájáért, valamint a műszerek karbantartásának szervezéséért, irányításáért”.

Simon József 1956-ban szerzett oklevelet az ELTE Me-

teorológiai Szakán. Előbb a Sugárzási Osztályon helyezkedett el, majd áthelyezték a Műszer Osztályra, ahol nyugdíjazásáig vezető volt. A balatoni viharjelző rendszer műszaki hátterének kialakításában és telepítésében kiemelkedő szerepet játszott. Az OMFb támogatásával megindult automatizálási kísérletekben is aktívan vett részt, az OMSZ tengizi meteorológiai állomás felszerelése szinte kizárólag személyéhez kapcsolódott. Sajnos, súlyos betegsége miatt nem tudott részt venni az ünnepségen, egyelőre nem vehette át az őt illető oklevelet.

Az OMSZ önkéntes társadalmi észlelői közül a Szolgálat elnöke idén is díjazásban részesített négy vidéki kollégát.

A mérés helyszínénél szolgáló településről és az észlelők tevékenységéről **Tamáskovits Károly** kollégánk készített rövid összefoglalót.

A kitüntetettek:

Pál Istvánné – Perbál

A Zsámbéki-medence északkeleti oldalán a Pilis és a Budai-hegység ölelésében helyezkedik el Perbál. Az 1954 nyarán létesült csapadékmérő állomás vezetését 50 évvel ezelőtt, 1957. február 15-én vette át Pál Istvánné, Róza néni.

Juhász Imréné – Boldogkőváralja

A Zempléni-hegység nyugati peremén, Szerencstől 25 km-re fekszik Boldogkőváralja község. A csapadékmérő állomás 1950-ben létesült a helyi erdészet területén. 1958-ban az állomás vezetését Juhász Imréné vette át, aki az erdészet megszűnése után saját kertjében folytatta a méréseket és megfigyeléseket.

Hidvégi György – Murakeresztúr

A Zala-megyei kis község Nagykanizsától DNY-ra a Mura bal partján fekszik. Az 1934-ben létesült csapadékmérő állomás 1944-ig működött, majd hosszú szünet után 1959 május 1-én újjászerveződött. A megbízólevelet Hidvégi György kapta, aki vállalta a méréseket és megfigyeléseket. A hosszú évtizedek alatt a településen belül háromszor helyezték át az állomást, annak függvényében, hogy észlelőnk munkája hova kötötte.

Maros András – Beremend

Beremend a Nyárad-Harkányi-síkon fekszik, a Drávától 10 kilométerre északra, közel Magyarország legdélebbi pontjához. Beremenden 1962-ben létesült csapadékmérő állomás, melynek alapítója mai észlelőnk Maros András, aki az elmúlt 45 évben pontos és lelkiismeretes munkájával kivívta Szolgálatunk nagyfokú elismerését.

Minden kitüntetettnek megköszöntük munkáját és további eredményes tevékenységet és jó egészséget kívántunk nekik.

A kitüntetések átadása után hangzott el **Mika János** világnapi előadása, *Változó légkör – „sarkított” hatások* címmel. Az előadás összefoglalta a Világnap témájához kapcsolódó nemzetközi és hazai mérési eredményeket és tendenciákat, várható hatásokat és humán vonatkozásokat. Az előadó, mint neves, nemzetközileg ismert klímakutató, sokoldalú, színes bemutatót tartott az éghajlatváltozás globális és helyi tényezőiről.

A világnapi program záró programjaként a vendégek számára rendezett fogadáson vehettek részt a meghívottak.

Sáhó Ágnes

Kitüntetések

A Pro Renovanda Cultura Hungariae Alapítvány 2006. évi fődíját

Czelnai Rudolf akadémikus

nyerte el „a globális meteorológiai megfigyelő rendszer kiépítése” terén végzett munkájáért. A díjat és az ezzel járó oklevelet 2007. január 13-án **Glatz Ferenc** akadémikus, a kuratórium elnöke adta át.

A március 15-i Nemzeti Ünnepek alkalmából a Magyar Köztársaság elnöke „*Széchenyi-díjban*” részesítette

Major György akadémikust

„a hazai sugárzástan kutatások nemzetközi színvonalra emeléséért és a kutatói utánpótlás nevelés terén elért eredményeiért”.

A kitüntetést **Sólyom László** köztársasági elnök adta át.

Ugyanezen alkalomból a „Magyar Köztársaság arany érdemkeresztjéért” kapta

dr. Ambrózy Pál ny. igazgató

„az elméleti meteorológia és klimatológia területén több, mint öt évtizeden át végzett munkája elismeréseként”. A kitüntetést **Persányi Miklós** környezetvédelmi és vízügyi miniszter adta át. Ugyancsak ő adományozott *Miniszeri Elismerő Oklevelet*

Buda István OMSZ főosztályvezetőnek

„tíz éven át végzett színvonalas gazdasági vezetői munkájáért”.

A Polgári Védelem Napja alkalmából 2007. március 30-án **dr. Tatár Attila** tűzoltó altábornagy, főigazgató

„*Katasztrófavédelmi Emlékérmet*” adott át

dr. Horváth Ákosnak

„a katasztrófavédelem munkájának segítése érdekében hosszú időn át végzett kiemelkedő tevékenysége elismeréseként”.

A LÉGKÖRI SZÉN-DIOXID MÉRÉSEK NEGYED SZÁZADA MAGYARORSZÁGON (1981–2006)

Egy kis tudománytörténet

A 18. században az üveg egyre elterjedtebb használata ahhoz a felismeréshez vezetett, hogy az üveglablakokon keresztül benapozott, egyébként fűtetlen helyiségben, hűtőben magasabb lehet a levegő hőmérséklete, mint a szabadban. A meteorológiával kapcsolatos tevékenységről is ismert Horace Bénédict de Saussure* svájci fizikus, geológus 1767-ben egymásba zárt fekete aljú, üvegtetejű dobozokat tett ki a napsütésre, és a legbelsőben a víz forráspontját meghaladó hőmérsékletet mért. Saussure kísérletére is hivatkozott Jean Baptiste Fourier* francia matematikus, fizikus, amikor 1824-ben a Föld hőmérsékletével foglalkozva feltételezte, hogy a légkör „lassítja” a hő távozását a felszínről, így melegebben tartja a bolygót annál, mint amilyen légkör nélkül lenne. A légkör, mint az üvegtető Saussure dobozain... A „légköri üvegházhatás” kifejezést ezért Fourier-hez kötik, bár ő maga ezt még nem használta.

Fourier hipotézisét 1860-ban John Tyndall* angol fizikus támasztotta alá mérésekkel, aki megállapította, hogy a légkörben lévő vízgőz és szén-dioxid (CO_2) elnyeli a felszín infravörös tartományba eső kisugárzását. A légkör által elnyelt energia pedig melegebben tartja a bolygót, mint az a közvetlenül elnyelt napsugárzásból következne.

A vízgőz és a szén-dioxid légköri mennyisége tehát alapvetően befolyásolja a Föld éghajlatát. Pouillet* és Langley* méréseire alapozva Svante Arrhenius* svéd kémikus 1896-ban megjelent munkájában (*Arrhenius, 1896*) egyszerű számításokkal igazolta, hogy jégkorszakok kialakulásához vezethetett, ha a légkör szén-dioxid tartalma valamilyen okból lecsökkent. A szén-dioxid koncentráció növekedése pedig a bolygó felmelegedését okozhatja. Arrhenius konkrétan is felvetette: ha az emberiség által elégetett szénből származó szén-dioxid a légkörben marad, az éghajlatváltozáshoz vezethet.

A kor tüzeléstechnikai szintjén különösen erősen légszennyező (pl. korom), csak bányászattal hozzáférhető szén valamikor a 12–13. század táján jelent meg mint elterjedtebb tüzelőanyag, amikor a hozzáférhető tűzifa készletek már elégtelenné váltak (lásd pl. Makra, 2002). A 18. században az ipari forradalom kibontakozásával, a gőzgép és vele a gyáripár megjelenésével felhasználása gyors növekedésnek indult. A szén-dioxidot Joseph Black* skót orvos, kémikus fedezte fel az 1750-es évek elején, elsőként a sokáig egyneműnek („őselem”) tekintett levegő alkotóelemei közül. Miután légköri jelentősége a 19. század közepére nyilvánvalóvá vált, több helyen is próbálkoztak mennyiségének mérésével (lásd Callendar összefoglaló

munkáját (1958)). Arrhenius idejére azonban észrevehető változás nem volt kimutatható. Bár az 1930-as évekre már voltak jelei a légköri koncentráció kismértékű növekedésének (Callendar, 1938), a mérések pontatlansága, alacsony reprezentativitása miatt a kimutatott növekedés nem volt meggyőző.

Az 1957–1958-as Nemzetközi Geofizikai Év során azonban Charles David Keeling* amerikai kutató olyan nagypontosságú infravörös spektroszkópiai módszert kezdett alkalmazni a levegő szén-dioxid koncentrációjának mérésére, amely néhány év leforgása alatt egyértelműen bebizonyította, hogy a légköri szén-dioxid mennyiség minden kétséget kizáróan, folyamatosan és nem elhanyagolható ütemben nő (Haszpra, 2005). 1958-ban a légkör szén-dioxid tartalma már mintegy 15%-kal haladta meg az ipari forradalom előtti szintet, amelyet a jégbe fagyott levegő-zárványok elemzéséből ismerünk.

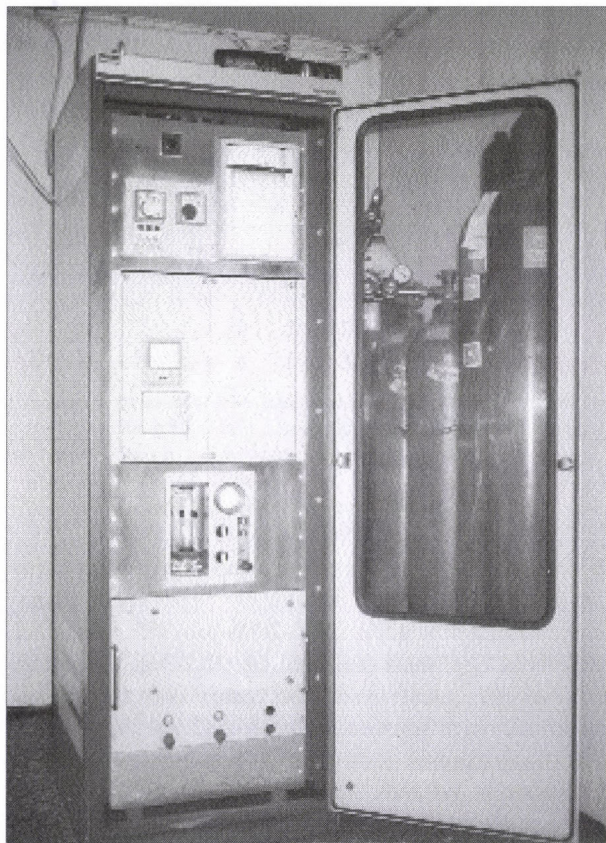
Az éghajlatváltozás veszélye miatt a Meteorológiai Világszervezet (WMO) kiemelt figyelmet szentelt a légköri szén-dioxid tartalom megfigyelésének. A szén-dioxid koncentráció mérését az 1960-as évek végén életre hívott globális háttérlevegőszennyezettség-mérő hálózat (Background Air Pollution Monitoring Network (BAPMoN), a mai Global Atmosphere Watch (GAW) hálózat elődje) alapállomásainak (baseline station) kötelező feladatává tette (WMO, 1974).

A bioszféra nappal a fotoszintézis révén nagymennyiségű szén-dioxidot von ki a légkörből, míg éjszaka nagyságrendileg hasonló mennyiséget bocsát ki. Az ennek következtében kialakuló erőteljes koncentrációingadozás megnehezíti a hosszútávú, tendenciaszerű változások kimutatását. Ezért a globális változások jellemzésére létrehozott mérőállomásokat a bioszféráról és az antropogén forrásoktól a lehető legtávolabbra, sarkvidéki területekre, távoli óceáni szigetekre, magas hegycsúcsokra telepítették.

Hazai szén-dioxid mérések a kezdetektől napjainkig

1978-tól 1992-ig dr. Mészáros Ernő vezetésével az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) adott otthont a WMO által elsősorban a fejlődő országok szakemberei számára szervezett, a háttérlevegőszennyezettség mérésével foglalkozó továbbképző tanfolyamoknak. A demonstrációs eszközöket ehhez a WMO biztosította. Így jutott az OMSZ egy Siemens ULTRAMAT 3 típusú, infravörös elnyelésen alapuló szén-dioxid analízátorhoz is (1. ábra), amely alkalmas volt a levegő szén-dioxid tartalmának folyamatos mérésére. A műszer 1981-ben az akkor elkészült K-pusztai (Kiskunság, 46°58'N, 19°33'E) mérőállomásra

A csillaggal megjelölt személyekről a cikk végén rövid ismertetés található.

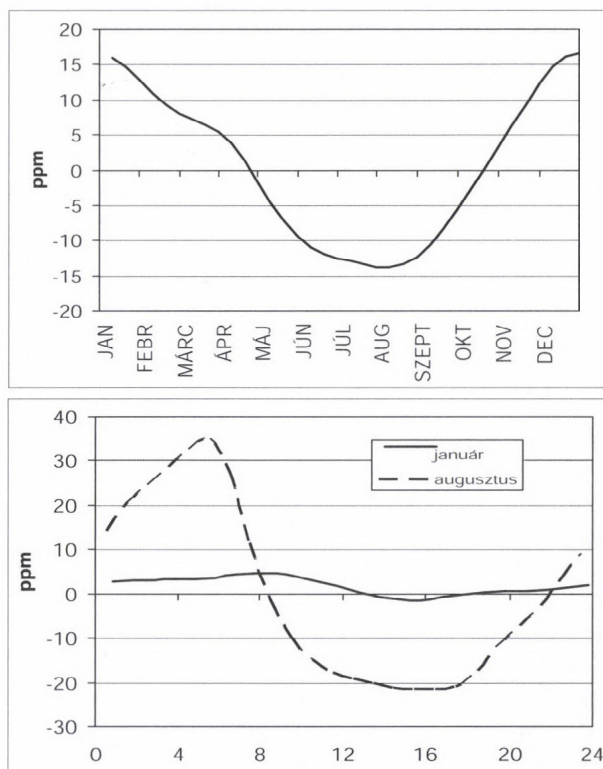


1. ábra A Siemens ULTRAMAT 3 CO₂ analizátor és kiegészítő berendezései a K-pusztai mérőállomáson

került, ahol az első tényleges légköri méréseket 25 évvel ezelőtt, 1981. június 5-én végezte.

A magyarországi mérőhely nem igazán felelt meg a kor CO₂ mérőhelyekkel szemben támasztott követelményeinek. Bár K-pusztai a közvetlen antropogén szennyezéstől mentes, de mégiscsak egy sűrűn lakott, erősen iparosított kontinens közepén, alacsony tengerszint feletti magasságban helyezkedik el. Ennél komolyabb probléma, hogy az állomást körülvevő vegetáció a légköri szén-dioxid koncentrációban erős napi és évszakos menetet gerjeszt (2. ábra). A K-pusztai mérési adatok ugyan a kezdetektől bekerültek a WMO adatbázisába, az állomás földrajzi elhelyezkedése miatt azonban csekély volt irántuk az érdeklődés.

Az 1980-as évek végén, az 1990-es évek elején fordulat következett be a légköri szén-dioxid mérési stratégiájában. Korábban egyértelműnek tűnt, hogy az emberi tevékenység során kibocsátott szén-dioxid légkörből hiányzó része a növekvő légköri parciális nyomás miatt beoldódik az óceánokba. Az egyre hosszabb CO₂ mérési adatsorokra és az egyre részletesebb globális cirkulációs modellekre alapozott ún. inverz matematikai modellek azonban jelentős nyelőt jeleztek az északi mérsékeltövi kontinentális területek felett is (Tans et al., 1989; 1990). Ez az eredmény számos kérdést vetett fel: Helyes-e a modellekből levont következtetés? Ha igen, mi, hol és milyen folyamatok révén vonja ki a szén-dioxidot a légkörből? Mitől függ ennek a



2. ábra A légköri szén-dioxid koncentráció átlagos évi menete az évi átlaghoz viszonyítva (fent) és a napi koncentrációmenet alakulása januárban, illetve augusztusban a napi átlaghoz képest (lent)

titokzatos, a korábbi globális szén-dioxid mérlegekből hiányzó – és ezért missing sink-nek elnevezett – nyelőnek a hozama, kapacitása? Ezekre a kérdésekre csak a kontinentális területekre, a potenciális nyelő, a bioszféra közelébe telepített mérőállomások adhattak választ. Megjelent az igény a bioszféra és a légkör közötti szén-dioxid csere közvetlen mérésére, mégpedig minél nagyobb területi reprezentativitással, amely csak magas mérőtornyokkal érhető el (Tans, 1991). Ez felértékelte az ilyen területen már működő kevés számú mérőállomás tevékenységét, meglévő adatsorát.

Az 1990-es évek OMSZ szakmapolitikájában a levegőszennyezettség mérések nem élveztek kiemelt figyelmet, így a lassan elöregedő, technikailag elavuló, a mérési követelményeknek egyre kevésbé megfelelő CO₂-analizátor felújítására, cseréjére nem kerülhetett sor. Az egyre gyakoribb leállások, műszaki hibák és a korszerűsítés vagy műszercsere esélytelensége miatt 1999 júniusában, 18 év után a légköri szén-dioxid mérések K-pusztán megszűntek.

Szerencsére, a meglévő mérési tapasztalatok jó ajánlólévének bizonyultak a nemzetközi együttműködések kialakításához, így a K-pusztai mérések lassú leépülésével párhuzamosan, amerikai támogatással 1993-ban megkezdődhetett egy új, a kor mérési követelményeinek megfelelő, magas mérőtornyos mérőhely kialakítása Magyarországon. Mivel K-pusztán semmi esély sem volt egy 100 m-nél magasabb, regionális skálájú felszín-légkör szén-dioxid

cseré mérésekre is alkalmas mérőtorony felállítására, ezért a mérések megindításához az Antenna Hungária Rt. hegyhátsági (Vas megye, 46°57'N, 16°39'E) adótoronyát műszereltük fel (Haszpra et al., 1996).

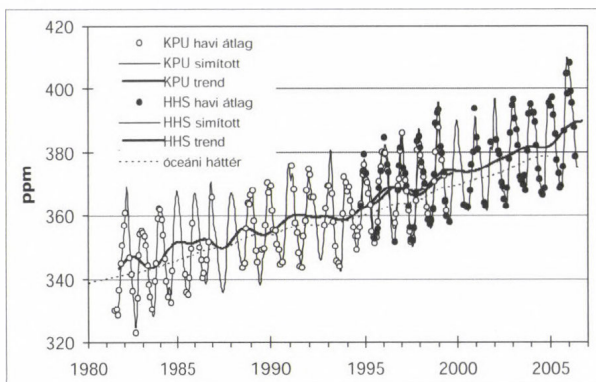
Az 1994–1999 között K-pusztán és Hegyhátsálon azonos magasságban (10 m) végzett párhuzamos mérések megmutatták, hogy a sekély éjszakai határrétegben a talaj és a vegetáció jellegének eltérése miatt jelentős koncentráció-különbség figyelhető meg a két állomás között. A nap-pali, koradélutáni órák mérési adatainak területi reprezentativitása azonban lényegesen nagyobb. A két állomás mérési adatai között az eltérés elhanyagolható, a korreláció erős. Az állítás általánosságban is igaz a kontinentális, alacsony tengerszint feletti magasságban működő állomásokra. Ezért például trendelemzésekre, területi eloszlás vizsgálatokra ezekről az állomásokról csak a koradélutáni órák mérési adatai alkalmasak (Haszpra, 1999).

A koradélutáni órák nagy területi reprezentativitású mérési adatainak köszönhetően a légköri szén-dioxid koncentráció trendjének vizsgálata szempontjából a hegyhátsági és a K-pusztai mérések összevonhatók, így ma már lényegében egy 25 éves adatsoron követhetjük nyomon a változásokat.

A folyamatos, nagy térségre reprezentatív légköri szén-dioxid koncentráció mérések mellett egy időben speciális, növényállományon belüli légköri szén-dioxid mérések is folytak az Országos Meteorológiai Szolgálatnál, amelyekkel a Léggör olvasói is megismerkedhettek (Dunkel, 1984).

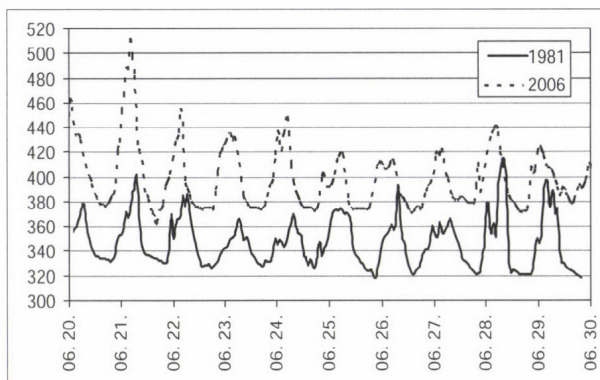
Mit mutatnak a hazai mérések?

A közvetlenül nem szennyezett légkör szén-dioxid tartalma Magyarországon a mérések 25 éve alatt, gyorsuló ütemmel, 46 ppm-mel, 343 ppm-ről 389 ppm-re nőtt (3. ábra). Figyelembe véve, hogy az ipari forradalom kibontakozásától a mérések kezdetéig tartó mintegy 200 év alatt a növekedés 60–65 ppm, és az ezt megelőző 10 ezer évben körülbelül 20 ppm lehetett, a mért növekedési ütem aggasztóan magas.



3. ábra A légköri szén-dioxid koncentráció alakulása a K-pusztai és a hegyhátsági mérések adatai alapján (KPU - K-pusztá, HHS - Hegyhátsá)

Érdekeskedé kedvéért a 4. ábrán feltüntetettük a szén-dioxid koncentráció időbeli menetét 1981 és 2006 júniusának egy

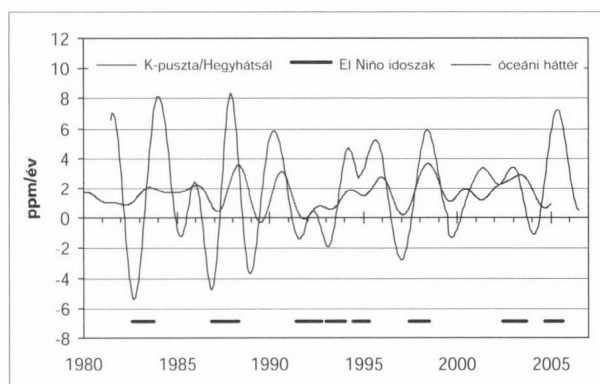


4. ábra A légköri szén-dioxid koncentráció alakulása 10 m magasságban 1981. június 20–30. (K-pusztá), illetve 2006. június 20–30. között (Hegyhátsá). Az éjszakai magas értékek alacsony területi reprezentativitásuk miatt nem igazán vethetők össze, a koradélutáni koncentráció adatok különbsége azonban jól mutatja a 25 év alatt lezajlott változást.

időszakára. Míg 1981-ben esetenként 320 ppm alatti térfogati keverési arányokat is mértünk (315 ppm körüli abszolút minimummal), addig 2005–2006-ban 355 ppm alatti értékek már egyáltalán nem fordultak elő. A legalacsonyabb koncentrációt mutató nyári, koradélutáni órák szén-dioxid koncentrációja jellemzően 365 ppm körül alakult.

A hazai mérések körülbelül 3–4 ppm-mel magasabb koncentrációt jeleznek, mint a földrajzi szélességünkre reprezentatív óceáni mérőállomások. Ez a többlet az európai antropogén források hatása.

A légköri szén-dioxid koncentráció növekedési üteme nem egyenletes, és lényegesen jobban ingadozik, mint az antropogén kibocsátás (5. ábra). A 90-es évek elejére a



5. ábra A légköri szén-dioxid koncentráció növekedési ütemének időbeli alakulása Magyarországon és a globális viszonyokat reprezentáló óceáni mérőállomásokon, valamint az El Niño időszakok. Az El Niño időszakok a koncentráció-növekedést általában gyorsítják. Az elmúlt 25 évben kivételes volt az 1991–1992-es időszak, amikor az El Niño hatását a Mt. Pinatubo kitörés globális hűtő hatása ellensúlyozta.

magyarországi mérési adatsor már elegendően hosszú volt ahhoz, hogy megmutathassuk, hogy itt a növekedési ütem ingadozása lényegesen nagyobb, mint az óceáni mérőállomásokon. Ez közvetlenül alátámasztotta a matematikai modellek eredményét, miszerint a kontinentális területek lényegesen nagyobb szerepet játszanak a globális

szénkörforgalomban, mint azt korábban gondolták. Az ingadozás a szárazföldi területekről indul ki, és csillapodva jut el az óceáni, sarkvidéki mérőállomásokig.

A Magyarországon mért növekedésiütem-ingadozás jó közelítéssel szinkronban van a más állomásokon mért ingadozással. E globális fluktuáció hátterében az El Niño/Déli Oszilláció jelensége áll. A Csendes-óceán déli szubtrópusi övezetében kialakuló pozitív tengervíz-hőmérsékleti anomália jól észlelhető éghajlati anomáliát okoz a közvetlenül érintett térségben (pl. hőhullámok, aszályok), ami csökkenti, esetleg negatívba fordítja a talaj-vegetáció rendszer nettó szén-dioxid felvételét. A gyakoribbá váló erdő- és bozottútzek nagymennyiségű szén-dioxidot juttatnak a légkörbe. Nem teljesen világos azonban még, hogy ez az éghajlati anomália milyen áttételeken keresztül befolyásolja az északi félgömb kontinentális területeinek bioszféráját, amelynek hatását a magyarországi mérések látványosan mutatják.

Míg a mérések első tíz évében az átlagos növekedési ütem 1,4 ppm volt évente, az utóbbi tíz évben már megközelítette a 1,9 ppm-et. Évszakonként vizsgálva a változást azt tapasztaljuk, hogy az utóbbi tíz év jelentős részében a nyári koncentrációk az évi átlagnál gyorsabban (kb. 2,2 ppm/év), míg a tavasziak lassabban (1,4 ppm/év) emelkednek. A talán csak átmeneti jelenség magyarázata, hogy az 1997–2003 közötti meleg és száraz nyarak nem kedveztek a növényzet szén-dioxid felvételének, míg a korábbi tavaszodás, a vegetációs időszak korábbi kezdete fékezte a tavaszi időszakokban a koncentráció növekedését.

Az éghajlat és az éghajlatot meghatározó üvegházhatást befolyásoló légköri szén-dioxid tartalom között láthatóan szoros kapcsolat van. Ezt a visszacsatolást, komplexitása miatt, ma még kevésbé ismerjük, ami a jövőre vonatkozó éghajlati előrejelzésekben komoly bizonytalanságot okoz. Ismereteink bővítéséhez nagy pontosságú, hosszú idejű, kontinentális viszonyok között végzett mérések szükségesek. E tekintetben a magyarországi mérések világviszonylatban is kiemelkedő helyen állnak.

A K-pusztai, illetve a hegyhátsági mérőállomás része a WMO GAW programjának. Mérési adataik mindenki számára hozzáférhetők a WMO adatbázisából (<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg.html>). A hegyhátsági állomás a kiotói vállalások miatt különösen fontos európai regionális szemléltetések (CarboEurope, CarboEurope-IP) egyik kiemelt mérőpontja, ahol a felszíni és magas mérőtornyos szén-dioxid koncentráció mérések mellett, különböző térszálajú felszín-légkör szén-dioxid csere mérések és a troposféra alsó rétegeit vizsgáló rendszeres repülőgépes mérések is folynak (Haszpra és Barcza, 2005).

Haszpra László

Irodalom:

- Arrhenius, S., 1896: On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science Series 5*, Vol. 41, 237-276.
- Callendar, G. S., 1938: The artificial production of carbon dioxide

and its influence on temperature. *Quarterly J. of Royal Meteorological Society* 64, 223-240.

Callendar, G. S., 1958: On the amount of carbon dioxide in the atmosphere. *Tellus* 10, 243-248.

Dunkel Z., 1984: Széndioxid mérések kukorica állományban. *Légkör* 29/2, 22-24.

Haszpra, L., 1999: On the representativeness of carbon dioxide measurements. *J. of Geophysical Research* 104D, 26953-26960.

Haszpra L., 2005: Emlékezés C. D. Keelingre, a szén-dioxid kutatás kiemelkedő személyiségére. *Légkör* 50/3, 18-19.

Haszpra L., Barcza Z. és Weidinger T., 1996: Mérőrendszer a bioszféra és a légkör közötti regionális skálájú szén-dioxid áramlás meghatározására. *Légkör* 41/2, 10-13.

Haszpra L. és Barcza Z., 2005: Légköri szén-dioxid mérések Magyarországon. *Magyar Tudomány* 50/1, 104-112.

Makra L., 2002: Szemelvények a környezetszennyezés történetéből, különös tekintettel a levegő szennyezésére - I. rész. *Légkör* 47/1, 19-25.

Tans, P. P., 1991: An observational strategy for assessing the role of terrestrial ecosystems in the global carbon cycle: scaling down to regional levels. In: *Scaling Processes Between Leaf and Landscape Levels* (eds.: Ehleringen, J. and Field, C.). Academic Press, New York, 71-105.

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

Tans, P. P., Fung, I. Y., and Takahashi, T., 1990: Observational constraints on the global atmospheric CO₂ budget. *Science* 247, 1431-1438.

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

TUDOMÁNYTÖRTÉNETI KISLEXIKON

Arrhenius, Svante August (1859–1927): svéd fizikus, kémikus, a modern fizikai kémia egyik megalapozója. Az elektrolitos disszociáció elméletének kidolgozásáért 1903-ban Nobel-díjat kapott. A kémián kívül a fizika számos ága iránt is érdeklődött. A tudománytörténet egyebek között számon tartja a légköri szén-dioxid szint és a Föld éghajlatával kapcsolatos számításait, a sarki fénnyel kapcsolatos kutatásait és azt az elképzelését, hogy a fénynyomás élő spórákat sodorhat keresztül a világűrön, így hozva létre az életet a fiatalabb bolygókon (pánsperma elmélet).

Black, Joseph (1728–1799): skót származású orvos, kémikus. 1750–1752 között precíz gravimetriai mérésekkel magnézium karbonáttal végzett kísérletei so-

rán felfedezte a szén-dioxidot. 1756-ban találkozott James Watt-tal, a modern gőzgép megalkotójával, és ettől kezdve figyelme a halmazállapot-változásokkal kapcsolatos hőjelenségek vizsgálata felé fordult, ami elvezette a latens hő fogalmához. Miközben jelentős mértékben hozzájárult a modern termodinamika alapjainak lerakásához és egyetemi előadásai Európaszerte híresek voltak sok diákot vonzva a glasgow-i, majd az edinborough-i egyetemre, kiváló orvosként is számon tartották kortársai.

de Saussure, Horace Bénédicte (1740–1799): francia származású svájci fizikus, geológus. 14 évesen már a Genfi Egyetem hallgatója volt, ahol filozófia és természettudományi professzori címet szerzett (1762). 1774–1775 között az egyetem rektori posztját is betöltötte. 1767-ben végezte első kísérleteit üvegfedelű hőcsapdáival. Szenvedélyes hegymászó, az Alpok kutatója. Számos ásvány felfedezése fűződik nevéhez. Neki tulajdonítják a geológiának, mint szakterület-elnevezésnek a bevezetését is. Díjat alapított a Mont Blanc (4807 m) első megmászója számára. Egy évvel az első sikeres mászás után, 1787. augusztus 3-án maga is Európa legmagasabb pontjára lépett. Nevéhez fűződik az első elektrométer (1766) és az első hajszál-higrométer megalkotása (1783). Számos kutatást végzett a párolgás és az elektromosság témakörében.

Fourier, Jean Baptiste Joseph (1768–1830): francia matematikus, fizikus. Foglalkozott a hő terjedésének elméletével. Vizsgálta a bolygók energia-egyensúlyát. Véleménye szerint a bolygók számos forrásból kapnak energiát, amelyet a hőmérsékletfüggő „sötét sugárzással” veszítenek el. A kisugárzás pontos hőmérsékletfüggését csak mintegy ötven évvel később Joseph Stefan osztrák fizikus mérte ki (lásd Stefan-Boltzmann törvény). Fourier fontos eredményeket ért el a trigonometrikus sorok elméletében (Fourier sorok).

Keeling, Charles David (1928–2005): amerikai kémikus. A Kaliforniai Műszaki Egyetemen (California Institute of Technology) fejlesztette ki a légkör szén-dioxid tartalmának mérésére alkalmas, infravörös sugárzáselnyelésen alapuló, mindmáig használatos nagy pontosságú módszerét. Roger Revelle, a Nemzetközi Geofizikai Év egyik kezdeményezője, a Scripps kutatóintézet igazgatója meghívására 1957-től a Scripps Intézetben dolgozott, és az ekkor kapott támogatással megindította folyamatos légköri CO₂ méréseit a hawaii Mauna Loa Observatóriumban és az Amerikai Egyesült Államok déli sarki kutatóállomásán. 1961-re bebizonyította a légköri szén-dioxid szint folyamatos növekedését. Ezen adatok alapján hozta nyilvánosságra 1963-ban az amerikai Országos

Tudományos Alap (National Science Foundation) az üvegházhatás erősödésére vonatkozó első figyelmeztetést. Munkásságáért számos tudományos elismerésben részesült (lásd Haszpra L., 2005: Emlékezés C. D. Keelingre, a szén-dioxid kutatás kiemelkedő személyiségére. *Légkör* 50/3, 18–19.).

Langley, Samuel Pierpont (1834–1906): amerikai csillagász, fizikus. 1867–1887 között a Western University of Pennsylvania professzora, később a washingtoni Smithsonian Institution titkára volt. 1878-ban kifejlesztette az elektromágneses sugárzás intenzitásának mérésére szolgáló, elsősorban a csillagászatban használatos bolométert. Vizsgálta a Nap sugárzási spektrumát, a légkör visszasugárzását és méréseket végzett a napállandóra vonatkozóan. Nevét a repüléstörténet is számon tartja. Magyarázatot adott arra, hogyan képesek a madarak egyetlen szárnycsapás nélkül tartósan a levegőben maradni, siklani. Aerodinamikai ismeretei alapján ő építette az első olyan levegőnél nehezebb repülő szerkezetet, amely huzamosabban a levegőben volt képes maradni. Pilótanélküli repülőgépe 1886-ban már több mint 1 km-t repült. Az ember vezette repülőgép kifejlesztésében azonban a Wright fivérek végül megelőzték.

Pouillet, Claude-Servais-Mathias (1790–1868): francia fizikus. Saját tervezésű galvanométereivel 1834-ben igazolta Ohm törvényét, és jelentősen segítette Georg Simon Ohm további munkáját. Pyrrhometerével 1837–1838-ban (függetlenül John Frederick William Herschel angol csillagász ugyanebben az időben végzett méréseitől) elvégezte a Nap hősugárzására vonatkozó első mennyiségi méréseket, megbecsülte a Nap felszíni hőmérsékletét. A légköri elnyelésre vonatkozó bizonytalan adatok miatt azonban a kapott értékek mai szemmel nézve meglehetősen pontatlanok voltak.

Tydale, John (1820–1893): ír származású angol fizikus, matematikus, geológus. A gázok sugárzási tulajdonságait tanulmányozva meghatározta számos légköri nyomanyag (vízgőz, szén-dioxid, ózon, oxigén, nitrogén, hidrogén, néhány szénhidrogén, stb.) elnyelési színeképét. Tisztázta, hogy a „tökéletesen színtelen és láthatatlan gázok és gőzök” hőelnyelő tulajdonsága között jelentős eltérések vannak. Megállapította, hogy a vízgőz meghatározó szerepet játszik a Föld felszíni hőmérsékletének kialakításában. Felvetette, hogy a légkör vízgőz és szén-dioxid tartalmának változása éghajlatváltozást eredményezhet. A felszín kisugárzása kapcsán magyarázatot adott a harmatképződésre, és London kapcsán foglalkozott azzal a jelenséggel, amit ma városi hősziget néven ismerünk.

VIHAROS NYÁR BUDAPESTEN

Minden nyárnak megvan a sajátossága: 1992 és 2003 igen meleg volt, a 2005-ös évet egy-egy felhőszakadás (Mád, Mátrakeresztes), illetve az augusztusi sok csapadék tette emlékezetessé. Budapest ritkábban szerepelt a „feketekrónikákban”; 2004 júniusában (június 3-án és 9-én) volt két emlékezetes vihar Budapest térségében, de a 2006-os nyár már több időjárási eseménnyel is szolgált.

Június utolsó harmadában, június 22-én és 23-án Budapest-Pestszentlőrincen mindkét nap 50 mm-t meghaladó csapadék hullott, a 48 órás mennyiség elérte a 123 mm-t. Július 24-én Budán mértek 34,2 mm-t, ekkor órákra megbénult a Déli-pályaudvar forgalma, az intenzív záport jégeső is kísérte. Augusztus elsején délután újabb felhőszakadás zúdult a városra, Lőrincen 81,6 mm hullott, de a Belvárosban is közel 50 mm esett. Bár a legerősebb széllelkések sebessége a budapesti mérőállomásokon „csupán” 50-80 km/ó között változott, a vihar mégis jelentős pusztítást okozott a Városliget faállományában. Az augusztus 20-i esti tűzijátékra „időzített” vihar pedig sokáig emlékezetes marad az előrejelzők számára, nem csak az időjárás extrém volta miatt...

Az elmúlt 50 év viharai Budapesten

Egy-egy szélsőséges időjárási esemény után mindig felmerül a kérdés, vajon régebben előfordult-e már hasonló? Az Országos Meteorológiai Szolgálat INDA (Interactive Network Database Access) adatbázisának felhasználásával megállapítható, hogy az elmúlt közel 50 év nyarain előfordult mind 30 m/s-t meghaladó széllelkés, mind 50 mm-nél több 24 órás csapadék-mennyiség, már nem is egyszer.

Széllelkések szélsőségei:

Budapest-Pestszentlőrincen 1954 és 2006 között, Budapest-Belterületen (Kítaibel P. u.) pedig 1961 és 2006 között a nyári hónapokban a viharos széllelkések esetszáma a következő volt:

1. táblázat

	Budapest-Pestszentlőrinc			Budapest-Belterület		
	VI.	VII.	VIII.	VI.	VII.	VIII.
20 m/s-t (72 km/ó) meghaladó széllelkések száma	25	30	23	22	26	22
25 m/s-t (90 km/ó) meghaladó széllelkések száma	7	7	8	1	6	7
30 m/s-t (108 km/ó) meghaladó széllelkések száma	2	1	2	0	0	2

Széllelkések szélsőségei Budapest-Pestszentlőrinc és Budapest-Belterület állomásokon

A két budapesti állomáson tehát 7 esetben fordult elő, hogy a széllelkések sebessége meghaladta a 30 m/s-t; ezek időpontjai:

- Pestszentlőrincen: 1955. június 10., 1957. június 22., 1961. július 13., 1965. augusztus 2., 1988. augusztus 3.
- Budapest-Belterületen: 1980. augusztus 8. és 2006. augusztus 20.

Mind a hét felsorolt esetben a viharos szél hidegfront előtt kialakult instabilitási vonal átvonulásakor lépett fel.

Csapadék-mennyiségek szélsőségei:

Budapest-Pestszentlőrincen 1954 és 2006 között, Budapest-Belterületen pedig 1951 és 2006 között a nyári hónapokban nagy csapadékos esetek száma a következő volt:

2. táblázat

Június-Július-Augusztus	Budapest-Pestszentlőrinc	Budapest-Belterület
Napi csapadékösszeg > 50 mm	10	7
48 órás csapadékösszeg 100 mm körüli	4	1

Csapadék-mennyiségek szélsőséges értékei Budapest-Pestszentlőrinc és Budapest-Belterület állomásokon

Budapest-Pestszentlőrincen 100 mm körüli csapadék-mennyiség hullott két egymást követő napon 1958. június 11-12-én: 95 mm, 1995. július 14-15-én: 103,3 mm, 2005. augusztus 3-4-én: 100,2 mm, 2006. június 22-23-án: 123 mm.

Budapest-Belterületen 1999. július 21-22-én a kétnapos csapadékösszeg elérte a 90 mm-t.

A 17 nagycsapadékos nap, illetve a közel 100 mm-s 48 órás csapadékmennyiségek döntően két jellegzetes időjárási helyzetben alakultak ki;

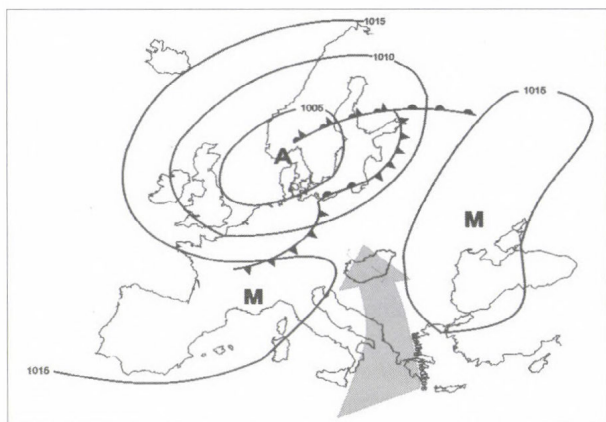
1. a medence fölé helyeződő, vagy itt képződő, lassan mozgó sekély ciklon okozta az erős csapadékhullást,
2. tipikusan nyári időjárási helyzetben („bárikus mo-csár”), térségünk feletti meleg, nedves, labilis légá-lapotú levegőben képződő zivatarok eredményezték a jelentős mennyiségeket.

2006 nyarának viharos időjárási helyzetei Budapesten

Június 22-23.

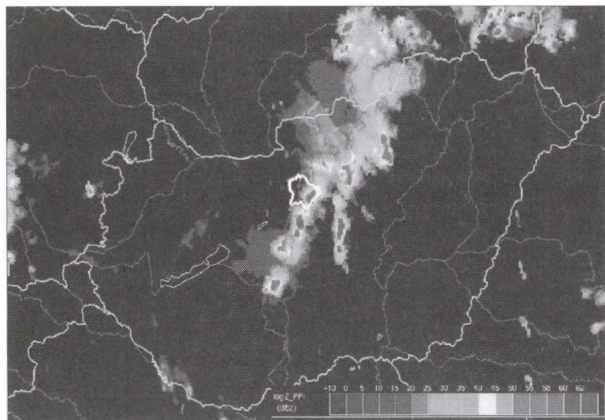
Június utolsó harmadában meleg nyári idő volt hazánkban. Június 22-én a Kárpát-medencétől északkeletre anti-ciklon helyezkedett el és magasnyomás nyúlt be a kontinens nyugati partvidékére is. Az Északi-tenger feletti középponttal ugyanakkor ciklon

örvénylett, amelynek hidegfrontja június 22-én 00 UTC-kor már elérte a Germán-alföldet (1. ábra). Június 22-én a



1. ábra A jellegzetes nyomási kép és a nedves, meleg szállítószalag 2006. június 22. 00. UTC-kor

talajközeli erőteljes felmelegedés labilis légállapotot eredményezett, és ez a légállapot a meleg levegő magas kihullható vízmennyiségével (június 22-én Budapesten a kihullható vízmennyiség értéke 12 UTC-kor 37 mm volt) már a front előtt kedvező feltételeket teremtett záporok, zivatarok kialakulásához. A talajközeli áramlási mezőben a kelet-európai anticiklon hátoldalának délkeleti, és az azori orr* előoldalának északnyugati áramlása konfluencia zónát eredményezett a Kárpát-medence térségében. Ez a situáció a Duna vonala mentén tartós konvergenciát hozott létre, amelyhez kapcsolódó feláramlás felszabadította a légkör potenciális instabilitását. Már a késő délelőtti órákban Szlovákia keleti felén egy mezoléptékű konvektív komplexum összetevőjeként nagyobb kiterjedésű, magasba nyúló felhőtömb jelent meg, amelyben több zivatargóc alakult ki. Budapesttől északkeletre is volt egy erős konvektív objektum, amelyből közel a Pásztó-Sárbogárd vonalban intenzív zivatarovonal jött létre. (Kialakulását a PPI radarképen a reflektivitási tényező ($\log Z$) eloszlása is bizonyítja (2. ábra)). Ez az instabilitási vonal kb. két órán keresztül alig változtatta helyzetét és intenzitását, Pestszentlőrincen keresztül húzódtott, és legtovább Budapest délkeleti része felett volt aktív. Budapest-Pestszentlőrincen június 22-én 17 és 19 óra között 67 mm hullott, a Belvárosban viszont egész nap nem volt csapadék.

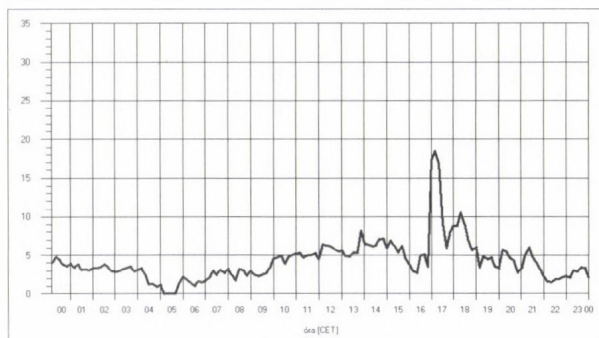
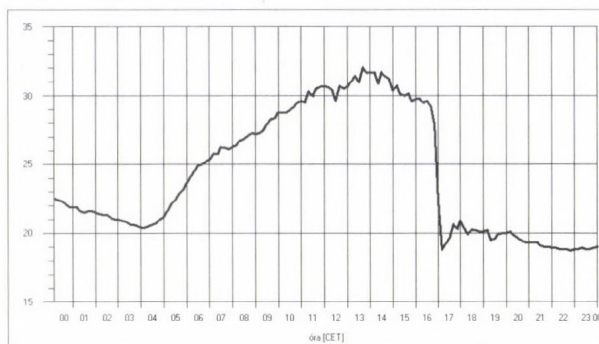


2. ábra 2006. június 22. 15. 45. UTC-s PPI radarképen a reflektivitási tényező ($\log Z$) eloszlása

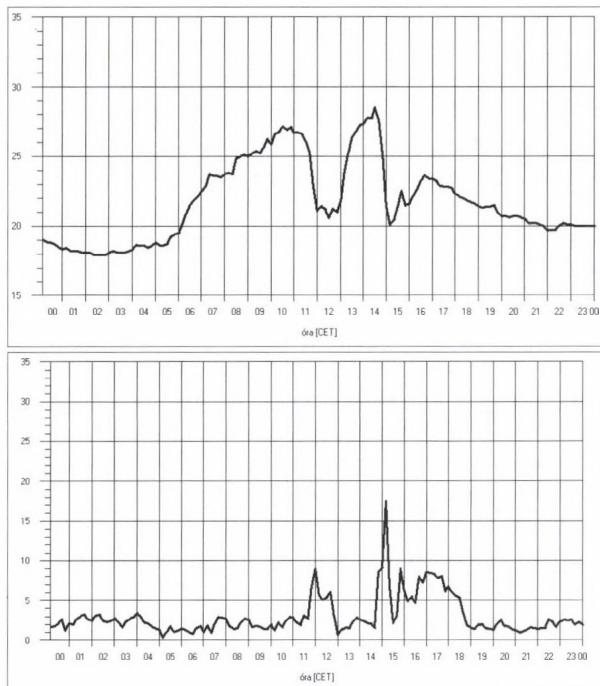
A rendelkezésre álló numerikus előrejelzések a szlovák területre és a Duna vonala mentén erős instabilitással számoltak, de a csapadék-előrejelzésekben a budapesti jelentős mennyiségű csapadék nem szerepelt. Az ECMWF modell főként a medence északi részére adott kiterjedtebb csapadékmezőt. Az ALADIN előrejelzés a Duna vonala mentén a szélmezőben kifejezett konvergenciát, és ebben egy csapadékszalagot jelzett előre. A folyamat és a csapadék helye az ALADIN modellben egészen jó volt, a mennyiségben azonban jelentős eltérés mutatkozott.

A déli részén legyengült hidegfront június 23-án vonult át az ország felett. A numerikus modellek egyre nagyobb területen északnyugatra forduló széllel, eleinte keleten még erősebb labilitással, majd fokozatos stabilizálódással, de még a front mentén kiterjedtebb csapadékmezővel számoltak. A valóságban 23-án is főként az ország északkeleti harmadán volt több zivatar, de a csapadék mennyisége valamivel kevesebb volt, mint az előző nap. A radaron a déli órákban jelent meg Pestszentlőrincen egy intenzív góc, majd két óra elteltével egy újabb, amelyekből összesen 56 mm hullott.

Az OMSZ által kiadott előrejelzések mindegyikében szerepelt a heves zivatar lehetősége; felhőszakadás, jégeső, viharos szél. A veszélyjelző-rendszer előrejelzője június 22-én heves zivatart főként északkeleten és az északi határvonal mentén várt. Északkeleten valóban sok volt a zivatar, valamint a Duna mentén meglévő konvergencia mentén alakult ki a Budapesten is áthaladó zivatarovonal. Az utólagos elemzés alapján az ALADIN modell előrejelzésében találhatunk erre utalást, de a pestszentlőrinci heves csapadéktevékenység előrejelzése csak a radar képek folyamatos



3. ábra A hőmérséklet és a maximális szélhőkés időbeli alakulása Budapest-Pestszentlőrincen 2006. június 22-én



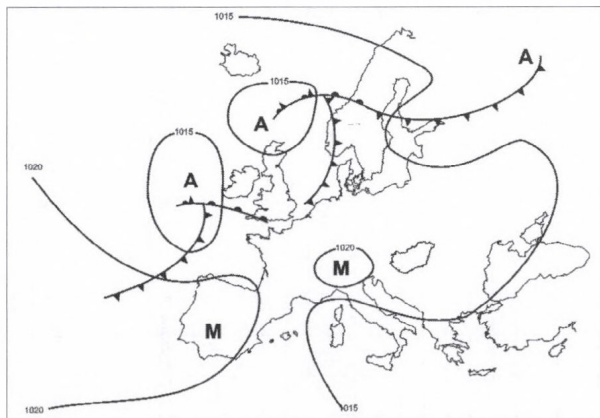
3.b ábra A hőmérséklet és a maximális szélőkés időbeli alakulása Budapest-Pestszentlőrincen 2006. június 23-án

elemzésével az esemény bekövetkezése előtt legfeljebb egy órával lett volna lehetséges.

Június 23-án a hidegfront átvonulása miatt a veszélyjelzésben is többfelé szerepelt a zápor, zivatar, helykiemelés nélkül. A hőmérséklet és a maximális szélőkés alakulását az adott két napon a 3.a., b. ábra mutatja. A maximális szélőkés időbeli változásán az instabilitási vonalra jellemző zivataros szélroham képét láthatjuk.

Július 24.

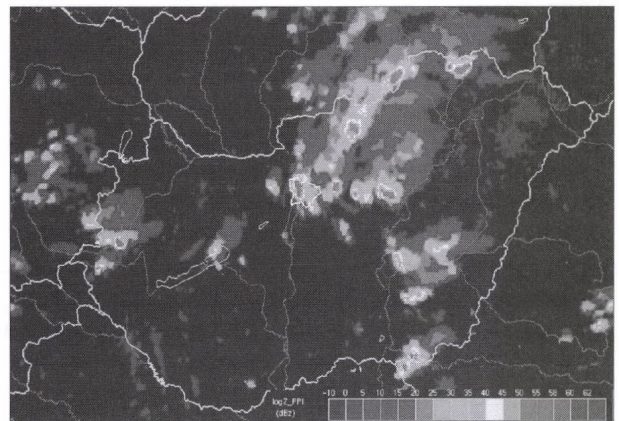
Ezen a napon a talajközeli ártalmatlannak tűnő, izobártalan nyomási mezőben (4. ábra), meleg, nedves le-



4. ábra A jellegzetes nyomási kép és a nedves, meleg szállítószalag 2006. július 24. 00. UTC-kor

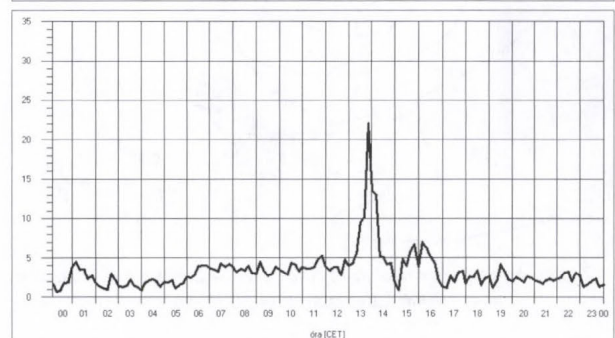
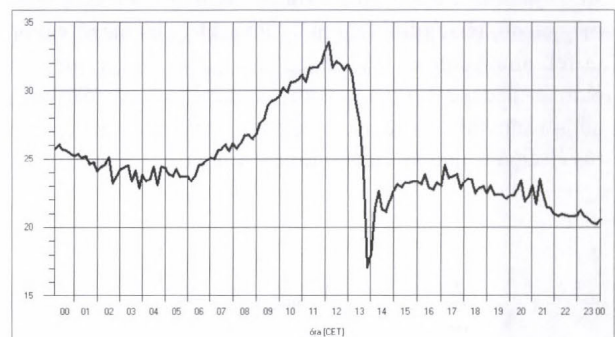
vegőben alakultak ki többnyire helyi záporok, zivatarok. A napi középhőmérséklet többfelé meghaladta a 25 fokot, sőt a nagyvárosokban helyenként a 27 fokot is elérte. A kihull-

ható vízmennyiség értéke az alsó 5 km-s rétegben 30 mm körül, illetve 30 mm fölött volt. Az időjárás alakulása ezekben a napokban határozott napi menetet mutatott, a napos délelőttöket erős gomolyfelhő-képződés követte, és helyi záporok, zivatarok képződtek. A július 24-i zivatarok kialakulását az 500 hPa-on zajló gyenge hidegadvекció is segítette. A déli órákban északkeleten, az Északi-középhegység térségében jelentek meg először zivatarok, majd helyi időben 14 óra körül Budapest belvárosa felett is feltűnt a radaron néhány zivatar cellából összetevődő délnyugat-északkeleti tengelyű zivatar vonal részeként egy egyre intenzívebbé váló jel (5. ábra). Az itt megerősödő cella kb.



5. ábra 2006. július 24. 12. 30. UTC-s PPI radarképen a reflektivitási tényező (log Z) eloszlása

75 percig nem mozdult, és aktív maradt. A zivatart heves, 20 m/s-t meghaladó szélőkés kísérte, és percekig jég is esett. A hőmérséklet és a szélőkés időbeli menete szépen



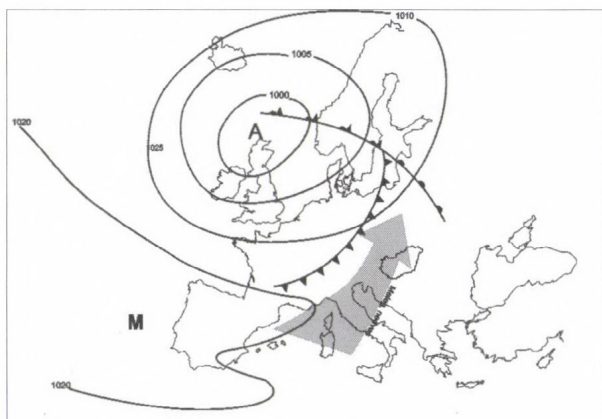
6. ábra A hőmérséklet és a maximális szélőkés időbeli alakulása Budapest belvárosában (Kítaibel P. u.) 2006. július 24-én

mutatja a zivatart kísérő közel 16 fokos hőmérsékletcsökkenést, és a helyi zivatarokra jellemző szimmetrikus görbét (6. ábra).

A július 24. 00 UTC-s modell-futtatások elsősorban a középső országrészre, a Duna-Tisza-közeire, valamint a nyugati határ mentén jeleztek előre csapadékot és erőteljesebb instabilitást. Nyilván a fenti előrejelzés figyelembevételével az aznapi veszélyjelzésben az előrejelző kollega a nyugati és a középső országrészt látta a legveszélyesebb területnek. Az országos előrejelzésben azonban a többfelé zápor, zivatar szerepelt, helyenként felhőszakadással, jégesővel, hiszen az adott időjárási helyzetben 36–48 órára előre konkrétabb helymegadásnak nemigen volt realitása. A radarmérések nyomon követése teremtette meg ez esetben is a pontosabb veszélyjelzés lehetőségét, a budapesti felhőszakadás kialakulása előtt az időelőny azonban csupán kb. félóra volt, mert a város felett képződött a vihar. Természetesen helyi zivatarok pontos hely és csapadékmennyiségének előrejelzése nem várható el még a nagy felbontású modellektől sem. Meg kell azonban említeni, hogy a július 23. 12 UTC-s ALADIN modell július 24-re az időjárási eseményeket a főváros térségére egészen jól közelítette, jobban, mint a július 24. 00 UTC-s futtatás. A korábbi futtatás 24. 12 UTC-re erősítette Budapest körzetében a csapadéktevékenységet, és ezzel egyidejűleg erős instabilitással számolt, de a 30 mm-t meghaladó csapadékmennyiség nem szerepelt az ALADIN előrejelzésben.

Augusztus 1.

Július végén átalakulás kezdődött Közép-Európa időjárásában. A július utolsó harmadát jellemző gyenge áramlású, izobártalan nyomási mezőt Északnyugat-Európa felett megjelenő, térségünk felé mélyülő ciklonális mező váltotta fel, amelyben az első hidegfront július 30-án érte el a Kárpát-medencét. Ez a hidegfront már kissé mérsékelte az addigi kánikulai meleget, de jelentős átalakulást az augusztus elsején a medencét elért hidegfront hozott (7. ábra). Ez-



7. ábra A jellegzetes nyomási kép és a nedves, meleg szállítószalag 2006. augusztus 1. 00. UTC-kor

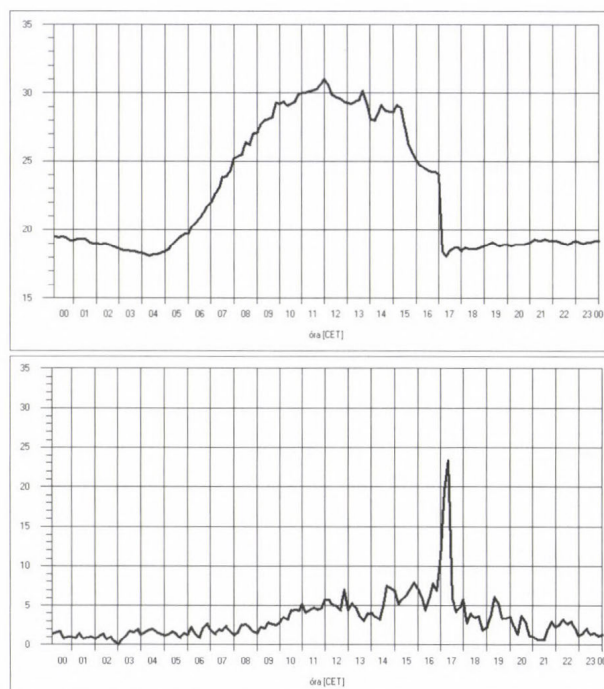
után már tartós kánikula nem volt, csupán augusztus 16. és 20. között emelkedett 30 fok fölé a hőmérséklet, mérsékel-

ten meleg, igen változékony idő jellemezte az augusztusi nyarat.

A numerikus előrejelzési modellek, mind az ALADIN, mind az ECMWF, a hidegfrontot a délutáni, esti órákban vonultatta át az ország felett. A front mentén erősebb instabilitást, délkelet felé helyeződő csapadékszalagot, és a front mögött megerősödő északnyugati szelet jeleztek előre, de kiugróan magas csapadék-mennyiség, vagy extrém szélsőesség nem szerepelt a modellek előrejelzéseiben. A csapadéktevékenység Budapest feletti erősödésével – elmentében a júniusi, vagy júliusi esetekkel – nem számoltak.

Az OMSZ hivatalos prognózisa is többfelé záport, zivatart, megerősödő, időnként viharossá fokozódó északnyugati szelet jelzett. A veszélyjelző-rendszer szinoptikusa helyenként hevesebb – felhőszakadással, jégesővel, viharos széllel járó – zivatart várt többek között az erős instabilitás miatt. A sokévi tapasztalat alapján is elképzelhető volt, hogy egy meleg periódust lezáró hidegfront erősebb viharokat is okozhat.

A front átvonulását valóban többfelé kísérte zápor, zivatar, a legintenzívebb csapadékgóc Budapest térségében volt. Az ország északnyugati harmadán már délelőtt erősen megnövekedett a felhőzet, és bár fülledt idő volt, a csúcs-hőmérséklet már csak 24, 26 fok között változott. Az alsóbb rétegben beszivárgó hidegebb levegő, a borult ég, már az erősebb konvektív aktivitás ellen dolgozott, így az ország ezen vidékein a frontbetörés nem járt látványos eseményekkel. A középső országrészben azonban valóban „frontbetörés” zajlott. A 7–9 órás napsütés hatására még a hőmérséklet elérte a 29–33 fokot, és a délutáni órákra Pest, Fejér megye térségében igen magasra nyúló felhőtömb ala-

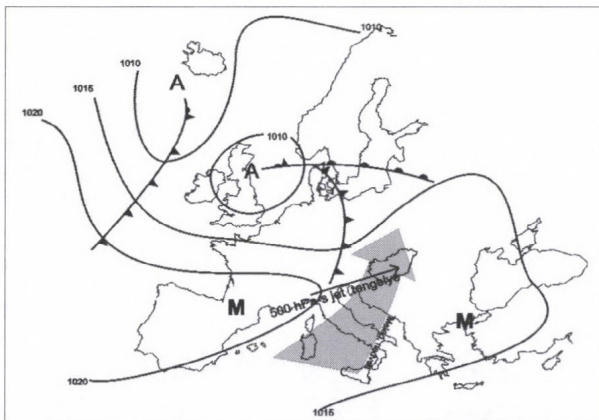


8. ábra A hőmérséklet és a maximális szélsebesség időbeli alakulása Újpesten 2006. augusztus 1-jén

kult ki; a felhőtető hőmérséklete helyenként $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál is alacsonyabb volt. Ez a front előtti önálló rendszer okozhatta a városligeti károkat, átvonulásának jellemzőit a legközelebbi budapesti állomás, Újpest regisztrátumán láthatjuk (8.ábra). Itt a csapadék mennyisége egy óra alatt 58 mm volt. A radar mérések tanúsága szerint a déli és a keleti országrészben késő délután, este további csapadékrendszerek vonultak kelet felé, amelyek léte és mozgása a hidegfront-hoz köthető.

Augusztus 20.

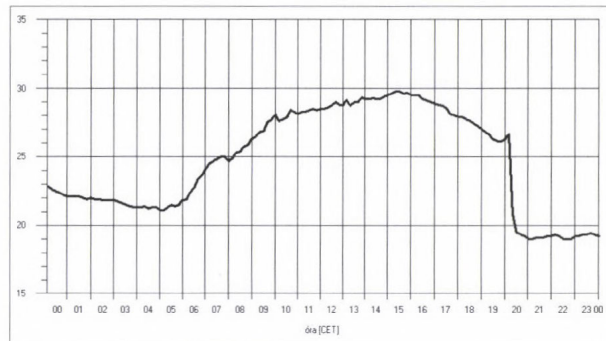
Augusztus 16. és 20. között ismét meleg nyári idő volt hazánkban. Délnyugati áramlással egy nyugat-európai ciklon előoldalán meleg, többnyire száraz levegő érkezett a Kárpát-medence térségébe. A ciklon egyre inkább Közép-Európa felé mélyült, hidegfrontja 20-án reggel elérte az Alpokat (9. ábra). A front előtt meleg, keskeny sávban



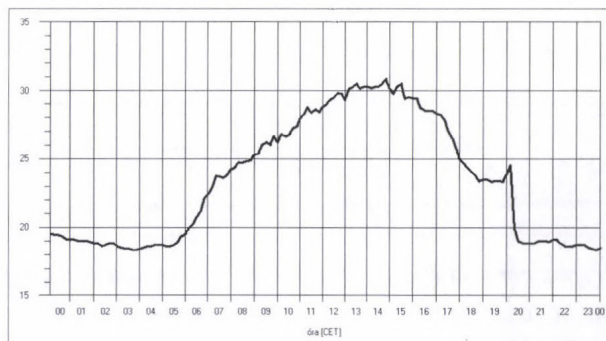
9. ábra Jellegzetes nyomási kép és a nedves, meleg szállítószalag 2006. augusztus 20. 00. UTC-kor

nedves levegő húzódtott. Az 500 hPa-os szinten a meleg-szektor fölé áramló hidegebb levegő labilizálta a front előtti légréteget, és a labilizálódást erősítette az erős szélnyírás; 500 és 300 hPa-on is magassági jet húzódtott. Bár augusztus 20-án a reggeli, délelőtti órákban a front elé fújó északias szél átmenetileg stabilabb légállapotot eredményezett, de délutánra az északi szél gyengült, és az erőteljes nyomás-süllyedés, a magas harmatpont, a magassági jet intenzív zivatarzóna kialakulását valószínűsítette. 17 UTC-kor már az országhatáron belül volt zivatar, és az egymás utáni radar méréseken jól nyomon követhető a front előtti rendezett zivatarzóna kialakulása, és kelet felé vonulása. 18 UTC-s radarképen már látható, hogy az instabilitási vonal legerőteljesebb szakasza közelít a főváros felé, a 19 UTC-s radarkép pedig azt az állapotot mutatja, amikor az instabilitási vonal elérte Budapestet. A zivatarzóna kelet felé vonult, de a szélmérések tanúsága szerint a rendszer Budapest térségében volt a legfejlettebb állapotában. Ugyanakkor a budapesti regisztrátumok jól mutatják, hogy a városon belül a széllökések erősségében jelentős eltérés mutatkozott (10.a., b. ábra).

A numerikus előrejelzések, mint markáns, a kánikulai



10.a ábra A hőmérséklet és a maximális széllökés időbeli alakulása 2006. augusztus 20-án Lágymányos állomáson



10.b ábra A hőmérséklet és a maximális széllökés időbeli alakulása 2006. augusztus 20-án Újpest állomáson

melegnek véget vető hidegfrontot már napokkal előbb jelezték. Meglepően jól közelítették azt az időpontot, amikor a front az országba belépett és a középső országrészen áthaladt. Minden előrejelzésben szerepelt a szél északnyugatra fordulása, és viharossá válása. Az ALADIN modell augusztus 20-i 00 UTC-s futtatásában a Bakony térségére jeleztek előre 80–85 km/ó-s széllökést, de Budapest környé-

kére már csak 55 km/ó-t. Erősebb szellőkést a modell 12 UTC-s futtatása adott (ez az előrejelzés az esemény előtt két-három órával vált csupán ismertté), a Bakonyban 85-100 km/ó-t, Budapestre 80 km/ó-t, de még ez az érték is csak közelítette a ténylegest.

Az OMSZ hivatalos előrejelzése, veszélyjelzése számolt intenzív zivatarral, amelyet helyenként 100 km/ó-t meghaladó szellőkés, esetleg jégeső kísérhet. A várható szélerősödés ideje is – késő délután, este – megfelelően lett előrejelvezve. Természetesen a legerősebb szellőkés pontos helyét és mértékét nem lehetett előre megadni.

Az augusztus 20-i időjárási események részletesebb mezoanilizisét Horváth Ákos: A 2006. augusztus 20-i budapesti vihar időjárási háttere c. cikkében (Légkör, 2006/4) olvashattuk, és ebben a cikkben az említett 18., illetve 19. UTC-s radarképeket is láthattuk.

Összefoglalás

A nyári budapesti eseményeket változatos időjárási helyzetek okozták. Lokális zivatar (júl. 24.), vagy éppen speciális légköri képződmény (MCC: mezoléptékű konvektív komplexum, június 22.) eredményeiként valósultak meg, illetve csak „szokványos” hidegfront, vagy az előtte kialakuló instabilitási vonal okozta a látványos időjárást. Mind a négy esetben a makroszinoptikus helyzet magában hor-

dozta az extrém zivatar kialakulásának a lehetőségét, ahogy erre mind a 36 órás, mind a veszélyjelzések előrejelzései utaltak is. A numerikus előrejelzések június 22-én és július 24-én a csapadékrendszerek Budapest feletti erősödésével számoltak, valamint augusztus 20-i viharos szellőkést is előrejelezték. Ezek a numerikus előrejelzések azonban nem tartalmazták, de jellegüknél fogva nem is tartalmazhatták az extrém jelenségeket. Több órával előre ugyanis nem lehet megítélni, hogy egy vihar 100 vagy 130 km/ó szélsősebességgel, vagy 30, illetve 60 mm-s csapadékkal jár-e, és azt sem lehet megmondani, hogy egy zivatarcella kifutószele, illetve a zivatart esetlegesen kísérő jégeső sávja (mindkét jelenség általában csak kisebb területet érint) pontosan hol vonul végig! Augusztus 20-án, pl. Budapest térségében is jelentősebb különbség volt a szellőkések sebessége között; 21 óra 14, illetve 15 perckor a Belvárosban 116 km/ó, Lágymányoson 123 km/ó, Pestszentlőrincen 82 km/ó, Újpesten pedig csupán 50 km/ó volt a maximális szellőkés sebessége (10. ábra).

A bemutatott esetekben az egymás utáni radar mérésekkel, műhold felvételekkel a kialakuló viharok mozgása, fejlődése, erőssége jól nyomon követhető volt, de ezek az információk csupán fél-másfél órával az események előtt váltak ismertté, tehát az előrejelzések időelőnye általában minimális volt.

Homokiné Ujváry Katalin

Az éghajlat-ingadozás valódi és álproblémái a XXI. században

„Ha mindentől félnénk,
amitől csak lehet,
nem volna semmi értelme,
hogy éljünk.”

Seneca

Talán 5-6 éves gyerekek voltunk, amikor társaimmal arról beszéltünk, hogy valamikor régen az emberek még nem ismerték a villanyt, a vonatot, a gőzgépet, a mozit, a kerékpárt, a rádiót, az újságokat stb. Vajon milyen lehetett akkor a mindennapi élet, milyen volt a világ? Bár a képzeletünknek semmi sem szabott határt, nem tudtunk közös nevezőre jutni a régi korok elképzelésében. Végül megegyeztünk, hogy **mielőtt megszülettünk, nem is volt világ.** Ezzel végérvényesen lezártunk minden további bizonytalan találgatást.

Ez a gyermekkori történet gyakran megismétlődik kissé más formában a

felőttök világában is. Napjainkban sok kérdés kerül az érdeklődés előterébe, de olyan formában, hogy ez kizárólag a technikai civilizáció fejlődésének, az ipari forradalomnak köszönhető új jelenség. Kétségtelen, hogy gyakran nehéz szétválasztani az ember okozta változásokat a természetes változásoktól, de éppen ezért óvatosabban kellene emlegetni az antropogén környezet- vagy éghajlatváltozásokat a különböző fórumokon. Mivel ma már mindenki az embert okolja a természetben tapasztalható változásokért, szükségesnek látom, hogy ezzel a közkezdeltté vált egyszerűsítéssel szemben néhány dolgra felhívjam a figyelmet.

A legtöbbet emlegetett téma az éghajlatváltozás, pontosabban a globális fölmelegedés. Ennek lehetősége és az emberi tevékenységgel való kapcsolata kétségtelenül először tu-

dományos körökben került szóba, hiszen a tudomány képviselői felelősséget éreznek az élet minőségét rontó veszélyekért. Ezért hívták össze Stockholmban a Környezeti Világkonferenciát, ezért született meg az ENSZ Környezeti Programja (UNEP), majd a WMO és UNEP közreműködésével a Kormányközi Keretegyezmény az Éghajlatváltozásról (IPCC). Az UNESCO a 3. évezred küszöbén ezért indította el annak a tudományos kiadványnak szerkesztését, amelynek címe „Az életfenntartó rendszerek enciklopédiája” (angol rövidítése: EOLSS). Ennek összeállítására 16 tudománykör mintegy 5000 szakemberét kérték fel a világ minden részéből, és megszületett az az internetes enciklopédia, amely mintegy 200, egyenként kb. 1200 oldalas kötetet tenne ki nyomtatásban. Előzetes tájékoztatás céljából

először két vaskos kötet jelent meg „Törékeny világunk” címmel (*Our Fragile World I.–II.*), ezt újabb három kötet követte „A Fenntartható Fejlődés Tudománya” (*Knowledge for Sustainable Development I.–III.*). Az enciklopédia tartalmát az interneten havonta frissítik új ismeretekkel. A tudomány képviselői tehát éberrel figyelnek a természetben végbemenő változásokra.

Ezt a körülményt használják ki sokan, hogy szenzációs veszélyekről, közeli katasztrófákról beszéljenek, írjanak. A közvélemény pedig vagy hisz, vagy nem hisz ezeknek a riadalmaknak. Emlékezzünk: 1910-ben a csillagászok kiszámították, hogy a Föld május 19-én áthalad a Halley üstökös csóváján. Ekkor a világ majd minden részén elterjedt a hír, hogy mérges gáz van az üstökös csóvájában, ami megöli az embert, és óriási rettegés lett úrrá a „művelt” országokban, ahol újságok számoltak be a félelem különböző megnyilvánulásairól. Május 19-én a Föld valóban áthaladt az üstökös csóváján, de semmilyen mérgező gáz nem került a légkörbe.

1962. elején elterjedt a hír a napilapokban, hogy február 5-én vége lesz a világnak. Mivel nem igen írták meg az indokolást, arra kezdtem gyanakodni, hogy a bolygók valamilyen együttállásáról lehet szó. És valóban a Csillagászati Évkönyvben megtaláltam a hír „magyarázatát”: 1962. február elején a Jupiter és a Szaturnusz 15 foknyi látószögön belül egy vonalba kerültek az égen, míg az Uránusz az égnek csaknem pontosan az átellenes oldalán volt látható. A három óriásbolygó: a Jupiter, Szaturnusz és Uránusz kereken 180 évenként kerül csaknem egy síkba a naprendszeren belül (Koppány, 1993/a).

Sorolni lehetne a hasonló, pánikeltő híreket, de enélkül is tapasztaljuk, hogy a társadalom jelentős része szenzációra éhes, és ez jól fizető üzlet bizonyos köröknek. Akik mindig fogékonyak a szenzációs újdonságokra, azoknak figyelmébe ajánlanék néhány kérdést a „fenyegető” globális melegezéssel kapcsolatban.

Első kérdésem: mikor volt a Föld történetében olyan korszak, amikor évszázadokig vagy évezredekig semmilyen változás nem volt az éghajlat alakulásában?

Itt emlékeztetni szeretném az érdeklődőket, hogy a napóleoni háborúk idején, illetve a XIX. század első felében voltak a legforróbb nyarak Közép-Európában a műszeres mérések bevezetése óta. A X–XII. században az Észak-Atlanti óceán környezetében szokatlanul enyhe éghajlat uralkodott, a normannok biztonságosan hajóztak át az óceánon, Grönland északnyugati részén, a 76–77 ° N szélességen virágozott az ún. „Thule-kultúra”, Dél-Angliában szőlészettel, borászattal foglalkoztak. Ezt a „középkori optimumot” váltotta fel a XV. században kezdődő „kisjégkorszak”, amely a klimatológusok szerint a XIX. században ért véget (Koppány, 1981).

Ha pedig távolabbra tekintünk vissza a múltba, olyan jelenségekkel találkozunk, mint a mai Szahara helyén lévő legelő fokozatos kiszáradása, elsivatagosodása kb. 4000 évvel ezelőtt. Észak-Amerika szubpoláris részén a nyarak évszázados fölmelegedése Kr.e. 2500 körül, majd hidegre fordulása Kr.e. 2000 körül és újabb melegeedés Kr.e. 1300 körül (Koppány, 2001).

Ha hosszabb műszeres mérés sorozatokat vizsgálunk a klimatológiában, csaknem biztos, hogy találunk olyan szakaszokat, amikor emelkedő vagy süllyedő tendenciák mutatkoznak. Ezek akár statisztikailag szignifikánsak is lehetnek, mégsem jeleznek egyértelmű éghajlatváltozást. Hiszen ha egy másik szakaszt választunk ki, akkor ott ellenkező előjelű változást találunk, tehát önkényesen választhatunk ki olyan szakaszt, amely előzetes föltételezésünket igazolni látszik.

Az éghajlat megváltozásának egy másik formája, amikor a sokévi átlag lényegében változatlan marad, de a változékonyság, az adatok szórása változik meg, továbbá előfordul hirtelen szintváltás meredek trenddel

(Pfister, 1988). Mindkettőre találunk példát Budapest 150 éves csapadék sorozatában. Mivel a hőmérséklet mellett a csapadék a másik, az élővilág számára fontos éghajlati elem, ezért erről is illik szót ejteni. Az 1841–1890 közötti 50 év során mindkét irányban szélsőséges kienyegéseket találunk, szélsőségesen száraz és nagyon nedves évek váltották egymást, az alsó és felső decilis* egyaránt 6-szor fordult elő, a relatív szórás pedig 21 % volt. (Az ezt követő két 50 éves sorozatban 17 illetve 18%). A következő, 1891–1940 közötti 50 év volt a legnedvesebb fél évszázad, a felső decilis 6-szor, az alsó decilis 2-szer fordult elő, és az 50 éves átlag is ekkor volt a legmagasabb, 639 mm évi összeggel. A legnedvesebb évtized 1931–1940 között volt 680 mm-es átlagos évi összeggel. Az 1941–1990 közötti 50 év bizonyult a legszárazabbnak, az alsó decilis ekkor 7, a felső decilis 3 alkalommal fordult elő, míg az átlagos évi összeg 574 mm volt (Koppány, 1993/b). Ezért nem meglepő, ha a talajvízszint igen feltűnő süllyedése is követte a XX. század utolsó évtizedeiben az évi csapadék csökkenését (Rakonczi, 2006), illetve a katasztrófálisnak nevezett belvízhelyzet 1940–1942-ben (Pálfai, 2004.) éppen a legnedvesebb évtized után következett be. (1940 után hirtelen szintesítés, meredek trenddel!)

Ide kívánczik az a megjegyzés, hogy a Tisza szabályozását és az árterületek lecsapolását követő években országszerte elterjedt a hír, miszerint a Kárpát-medence el fog sivatagosodni az emberi beavatkozás következtében. Réthly Antal is a maga tekintélyével kénytelen volt szembeszállni ezzel a nézettel a Meteorológiai Társaságban tartott előadásában. De rácáfolt a híre maga a természet is, hiszen az 1891–1940 közötti időszak volt a legnedvesebb, mint fentebb említettük.

Második kérdésem: ha a XXI. sz. végére ígért 2–4 fokos melegeedés „katasztrófális” következményekkel fog járni, milyen következményekkel

járna 2–4 fokal lehűlés? Más szóval, miért a melegedéstől félünk, miért nem egy esetleges lehűléstől? Elméletileg ugyanis bármi előfordulhat, nevezetesen a napsugárzás fluktuációja, a légkör áteresztőképességének csökkenése, a felhőzet albedójának növekedése az antropogén eredetű kondenzációs magok számbeli arányának növekedése miatt (Mészáros, 1996), a termohalin tengeráramlások megváltozása stb. Éppen a XX. század 40-es éveiben történt egy egészen váratlan fordulat a globális hőmérséklet tendenciájában, ezen belül főleg az arktikus térségben és Európa északi részén (Péczeley, 1981; Koppány, 2001). A Barbarossa haditerv azért született, és azért szánta rá magát a német hadvezetés 1941-ben a Szovjetunió elleni támadásra, mert példátlan fölmelegedés volt folyamatban, főként az északi-sarki térségben. Ezt egy előre nem látható erős lehűlés váltotta fel az 1940-es évek elején. Elég két-három szokatlannul hideg tél, hogy beláthatatlan károkat okozzon.

A látható (makroszkopikus) élővilág megjelenése, illetve a szárazföldi élet elterjedése óta, az utolsó 570 millió évben, az átmeneti lehűléseket és az utolsó pár millió évet leszámítva, a Föld középhőmérséklete átlagosan 4–5 fokkal melegebb volt a mai értéknél, sőt voltak időszakok, amikor szinte az egész Földön szubtrópusi éghajlat uralkodott (Budyko et al., 1987; Koppány, 1996). Ez a korszak az úgynevezett *fanerozoikum*, amelyre jellemző, hogy a légkör szén-dioxid tartalma átlagosan 4–5-ször volt nagyobb a jelenleginél, sőt voltak időszakok, amikor a légköri szén-dioxid a mai érték 15–20-szorosára növekedett (Climate Change 2001. The Scientific Basis, IPCC, WG I. p.201.). Erről az „apróságról” miért nem esik több szó?

Érdekes, hogy mennyire figyelmen kívül maradnak tények, mint például az, hogy a biomasza sűrűsége és a biodiverzitás a meleg éghajlaton a legnagyobb, a hűvösebb éghajlat felé pedig egyre kisebb. (Természetesen a

biomasza sűrűsége függ a csapadékviszonyoktól is). A nálunk is termelt haszonnövények, mint a kukorica vagy a gyümölcsök túlnyomó többsége igényli a meleget, a hideget viszont nem tűri. Miért ártana tehát ezeknek pár fokal melegedés, ha a csapadékviszonyok megfelelőek lesznek számukra? A fűszereink nagy részét és sok déli gyümölcsöt is a meleg éghajlatról importáljuk, ezért sokkal több kárt okozna pár fokal lehűlés, mint a melegedés. Figyelmen kívül hagyott tény az is, hogy a világ legsűrűbben lakott 52 országából 47 a meleg vagy forró éghajlaton található, hasonlóképpen a világ 100 legnépesebb városa közül 93 szintén a trópusokon vagy szubtrópusokon van (Koppány, 2005/a). Ugyancsak elfelejtett tény, hogy a jelentős ókori kultúrák szinte kivétel nélkül a 40. szélesség és az Egyenlítő között alakultak ki (Koppány, 2006), továbbá a növénytermesztésre, valamint a letelepedett életmódra az ember 10 ezer éve tért át, éppen akkor, amikor az éghajlatunk jelentősen melegebbre fordult, és megszűntek a gyors és erőteljes hőmérsékletingadozások (Czelnai, 1999).

Amikor az Arktisz melegedéséről, a jég olvadásáról és a jegesmedvék életterének visszaszorulásáról esik szó, nem történik említés arról, hogy csupán a tengerjég olvad, a sokkal nagyobb víztömeget tartalmazó grönlandi jég alig, hiszen a tengerjég szélen a hőmérséklet az olvadáspont közelében van, a jégplatókon mélyen fagyponnalatt. Az Antarktiszon, ahol az évi középhőmérséklet sok helyen –30, –50 fok alatt van, a néhány fokal melegedés azt eredményezi, hogy több hó esik, emiatt az Antarktisz víznyelő és nem vízkibocsátó, tehát inkább kissé csökkenti a tengerszintet, bár a tenger termikus tágulása jelenleg dominál a tengerszint emelkedésében (Climate Change 2001. The Scientific Basis, IPCC, WG I. p.666.; Koppány, 2004).

Harmadik kérdésem: Mi indokolja a bevezetőben említett nemzetközi szervezetek létrejöttét, illetve érdek-

lődését az emberi tevékenység várható következményei iránt? (Koppány, 2005/b).

Mindenekelőtt el kell fogadnunk, hogy akár emberi beavatkozás miatt, akár anélkül, a természetben mindig várhatóak változások. Igaz, hogy a mértéktelen vadászat, illetve az élettér elfoglalása miatt eltűntek állatfajok (európai bölény, télen kóborló farkas hordák stb.), és a biológusok szerint napjainkban is emberi beavatkozás miatt sok állatfaj kipusztulása várható, de földtörténeti távlatokban ez sem egyedülálló jelenség. A korábban említett fanerozoikumban öt nagy biológiai katasztrófát ismerünk (Budyko et al., 1988). Előfordult, hogy a létező állatfajok több mint 80%-a kipusztult, de a megmaradt fajok alkalmazkodó képessége nem csak fennmaradásukat tette lehetővé, hanem a megváltozott körülményekhez jobban igazodó alfajokkal hozzájárultak a biodiverzitás növekedéséhez, amely aztán meghaladta a katasztrófa előtűt.

A modernkor fő problémája nem a változások ténye, hanem a társadalom sebezhetősége. A korábbi századokban a társadalmat ért veszteségek életek pusztulását jelentette. Ilyenek voltak például a saskajárások, amelyek éhínséget vagy éhhalált okoztak. A járványok közül a legtöbb áldozatot a malária és a fekete himlő követelt, mivel ezek nem egy korlátozott időszakban pusztítottak, hanem szinte állandóan jelen voltak. Ezzel ellentétben a pestis néhány év alatt képes volt egy kontinens lakóit megtizedelni, mint például az 1347–1353. évi pestisjárvány, amelynek Európa akkori lakosságának harmada áldozatul esett. (Történelmi Világtalasz, 1998). A technikai civilizáció egyre több és nagyobb gazdasági értéket halmoz fel, a természeti csapások tehát főleg gazdasági értékeket pusztítanak el.

Jól illusztrálják ezt azok az adatok, amelyeket az IPCC 3. helyzetértékelő jelentése (TAR) tesz közzé. Ennek alapján az időjárás-okozta világméretű károk (az 1999-es dollár értékkel számolva) az 1950 és 1999 közötti

1. táblázat

1950–59	1960–69	1970–79	1980–89	1990–99
38.9	50.8	74.5	118.4	399

Az időjárási károk értéke világméretben az 1999-es USA dollár értékében kifejezve
(milliárd US dollár)

2. táblázat

1959	1963	1979	1989	2000
24 800	71 300	839 130	1 732 400	2 364 700

A személygépkocsik száma Magyarországon 1959-től 2000-ig

alakulását évtizedenként az 1. táblázat foglalja össze.

Ezek a számok azt jelzik, hogy fél évszázad alatt az időjárási károk több mint tízszeresre nőttek. Bár a kárese-tek száma is mintegy ötszörösére nőtt, mégsem gondolhatjuk, hogy a trópusi ciklonok, tornádók, aszályok, árvizek gyakorisága vagy intenzitása növekedett meg hasonló mértékben. Sokkal valószínűbb, sőt, csaknem bizonyos, hogy a meglévő értékek növekedtek rohamosan. Hazánkban például a személygépkocsik száma 2. táblázat szerint alakult a Magyar Statisztikai Zsebkönyvek szerint.

Negyven év alatt tehát csupán a személygépkocsik száma csaknem százszorosára nőtt hazánkban, a minőség javulásából eredő értéknövekedést csak sejteni tudjuk. Hasonló eredményeket kapnánk, ha az infrastruktúra bővülését tekintenénk át. A technika fejlődésének következtében a lakóházak, irodák, középületek néhány évtized alatt egyre több új és költséges berendezéssel gazdagodtak. Emiatt ugyanaz az orkán, tornádó, pusztító áradás sokkal kisebb értékű kárt okozott például nádkunyhókból vagy jurtákból, esetleg vályogházakból álló településen, mint egy modern városban. Nem véletlen, hogy Skandináviában és a nyugati világban sokkal nagyobb gondot fordítanak a természeti károk elleni védekezésre, mint mondjuk Mongóliában, Kazahsztánban vagy a legtöbb észak-afrikai országban. Minél több a féltenivaló, annál fontosabbá válik a védekezés.

Egy valamivel korábbi indok a globális klímakutatás állandó tökéletesítésére a világ népességének gyors nö-

vekedése. A XX. század óta a Föld lakóinak száma kb. 45 évenként kétszereződött, ami egyre súlyosbodó gondokat okoz az élelmiszertermelésben és elosztásban. Az egy főre jutó élelmiszertermelés vészesen kezdett csökkenni az 1960-as évek előtt (*Fritz Baade, 1965.*). Ennek felismerése nyomán először 1963-ban, Washingtonban hívták össze az Élelmezési Világkonferenciát, majd 1974-ben, Rómában. Ekkor vetődött fel először egy esetleges klímaváltozás súlyos következménye. Ehhez hozzájárult az 1960-as években a Sahel övezetben néhány évig tartó aszály-sorozat, amely embert és állatot egyaránt sújtott. Az egyre növekvő élelmezési gondok és a halmozódó gazdasági értékek megóvása indokolja a tudósok törekvéseit, hogy éberrel figyeljék a természetben végbemenő változásokat, és felkészítsék a társadalom vezetőit, a döntéshozókat, hogy megfelelő időben, a nagy tehetetlenségű éghajlati rendszerre kellően ható, megfelelő intézkedéseket tudjanak hozni.

Dr. Koppány György

Irodalom

- Baade, Fritz:* Versenyfutás a 2000. évig. (Harmadik átdolgozott kiadás) Közgazdasági és Jogi Kiadó, 1965.
- Budyko M.I., Ronov A.B. and Yanshin A.L.:* History of the Earth's atmosphere. Springer Verlag, Berlin, 1987
- Budyko M.I., Golitsyn G.S. and Izrael Y. A.:* Global atmospheric catastrophes. Springer Verlag, Berlin, 1988.
- Climate Change 2001. The Scientific Basis. IPCC W.G. I.* Cambridge University Press.
- Czelnai R.:* A világóceán. Modern fizikai oceanográfia. Vince Kiadó, 1999.

Knowledge for Sustainable Development. Tom. I–III. EOLSS, UNESCO Publishers U.K. 2002.

Koppány Gy.: Az éghajlat-ingadozások kutatásának eszközei, együttműködés különböző tudományágakkal. MTA X. Osztályának Tudományos Közleményei 14., No. 2–4. 193–207.o. 1981.

Koppány Gy.: Lakható marad-e a Föld? A légkör és az élővilág. Akadémiai Kiadó, 1993/a.

Koppány Gy.: Various types of changes in climatic series of Budapest and Szeged, comparison with remote climatic stations. Acta Climatologica. Tom. 27. pp.17–25. Szeged, 1993/b

Koppány Gy.: Bevezetés a paleoklimatológiába. JATEPress., Egyetemi jegyzet. 1996.

Koppány Gy.: Climate changes and their influence on the human history. Encyclopedia of Life Support Systems. www.eolss.net.2001.

Koppány Gy.: A Föld-légkör rendszer sebezhetősége. Természet Világa. II. Különszám, 54–56.o. 2004.

Koppány Gy.: Ha tényleg bekövetkezne a globális melegedés. Légkör, 50. 3.sz. 23–25.o. 2005/a

Koppány Gy.: A globális felmelegedésről egy kissé más szemmel. AGRO-21' 38. sz. 82–88. o. 2005/b

Koppány Gy.: Az ókori civilizációk kialakulásának földrajzi elhelyezkedése. Táj, környezet és társadalom. Szeged, 2006. 403–411.o.

Mészáros E.: Melegítjük vagy hűtjük a légkört? Természet Világa, 127. 3.sz. 12–15.o.1996.

Our Fragile World. Tom. I–II. EOLSS, UNESCO Publishers, U.K. 2001.

Pálfai I.: Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai Tanulmányok. Szeged, 2004.

Péczely Gy.: A hőmérséklet szekuláris változása az Északi félgömb poláris területén, összefüggés az általános cirkulációval. MTA X. Osztályának Közleményei, 14/2–4., 231–237.o. 1981.

Pfister Chr.: Klimageschichte der Schweiz 1525–1860. Verlag Paul Haupt. Bern und Stuttgart, 1988.

Rakonczai J.: Klímaváltozás – aridifikáció – változó tájak. Táj, környezet és társadalom. Szeged, 2006. 593–601.o.

Történelmi Világtalasz. Cartographia Kft. Budapest, 1998.

A cirkulációs viszonyok változásának elemzése az atlanti-európai térségben

Összefoglalás

Kutatásainkhoz az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ (ECMWF) 1°-os horizontális felbontású reanalízis adatbázisából (ERA-40) nyomási anomália-mezők segítségével beazonosítottuk az atlanti-európai térségben átvonuló ciklonok középpontjait, majd végigkövettük a térségben kialakult mérsékeltövi ciklonok pályáját (6 órás időlépcsővel). 1957 és 2002 között évszakonként értékeltük a ciklonok tartam-gyakoriságait, valamint a ciklonaktivitási indexeket.

1. Bevezetés

A trópusok és a sarkvidékek közötti hő- és nedvességtanszport nagy hányadért a mérsékeltövi ciklonok felelősek. Ezért a ciklonok gyakoriságában és intenzitásában bekövetkező bármely módosulás jelentős mértékű regionális változást okozhat a közepes földrajzi szélességeken. Többféle megközelítést alkalmazhatunk a ciklon-gyakoriságok változásának detektálására. Egyike a leggyakrabban használt módszereknek a makrocirkulációs típusok gyakoriságváltozásának vizsgálata. Egy másik közelítés, amikor a beazonosított mérsékeltövi ciklonok gyakoriságát és pályájának paramétereit elemezzük. Elsőként, még szubjektív vizsgálati módszerekkel van Bebbber (1891) és Klein (1957) végeztek ciklonpálya elemzést. Az utóbbi évtizedekben a számítógépek segítségével már lehetővé vált a ciklonok objektív módon történő vizsgálata is (pl.: Lambert, 1988; Hodges, 1994). Zhang et al. (2004) a ciklonok aktivitását elemezte a sarkvidék körzetére, 1948 és 2002 között, melyhez légnyomás-mezők 2,5°-os rácspontri értékeit használta. Cikkünkben elsőként az európai makrocirkulációs helyzetek gyakoriság-változásait elemezzük a XX. századra vonatkozóan. Majd az Atlanti-Európai régió ciklonpályáinak, s a

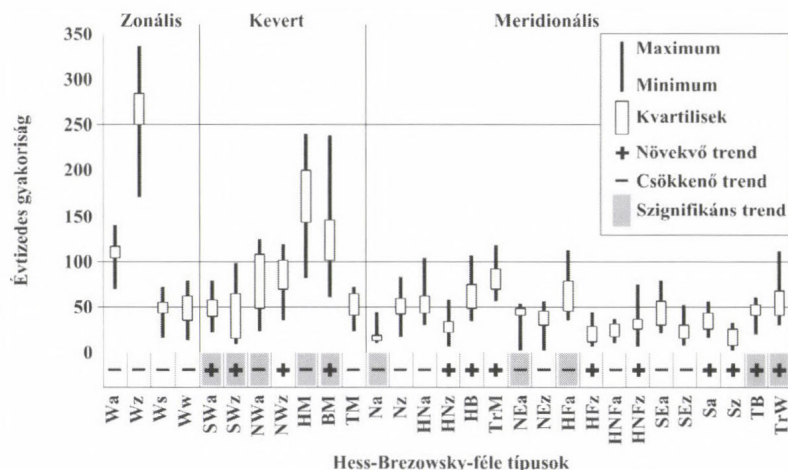
ciklonok intenzitásának változásait vizsgáljuk az Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF) ERA-40 adatbázisa alapján.

2. A makrocirkulációs típusok gyakoriságváltozása a XX. században

A nagytérségű cirkuláció elemzéséhez a Hess-Brezowsky-féle (1977) makrocirkulációs típusok rendszerét használtuk fel. A napi felbontású Hess-Brezowsky kódokat a Német Meteorológiai Szolgálat „Die Grosswetterlagen Europas” című kiadványa közli az 1881–2000 időszakra. A 29 Hess-Brezowsky-féle makroszinoptikus helyzet cirkulációs jelleg szerint három csoportba sorolható: zonális, kevert és meridionális (1. táblázat).

A Hess-Brezowsky-féle makrocirkulációs típusok évtizedes gyakoriságainak trendelemzése során meghatároztuk a vizsgált 120 évre vonatkozó trendegyütthatókat, s megvizsgáltuk azok szignifikanciáját. Az 1. ábrán Box-Whisker diagramokon ábrázoltuk a gyakoriságváltozások statisztikai tulajdonságait, a dobozok a felső és alsó kvartilist jelölik ki, a vo-

nalak pedig az egy évtized alatti maximális és minimális előfordulási értéket. A nagy különbség az adott makrocirkulációs típus jelentős változékonyságát emeli ki, s a kvartilisek közötti nagyobb eltérés utal a gyakoriság jelentős megváltozására. A legkisebb négyzetek módszerével meghatározott lineáris trendek előjele a vízszintes tengelynél látható, s külön bejelöltük szürke színezéssel a 0,95-ös szinten szignifikáns trendegyütthatókat. Vizsgálataink azt mutatják, hogy számos makrocirkulációs típus gyakorisága jelentős mértékben megváltozott. A XX. század során szignifikáns pozitív trendet figyelhetünk meg az Anticiklonális délnyugati helyzet (SWa), a Ciklonális délnyugati helyzet (SWz), a Zonális magasnyomású „híd” Közép-Európa felett (BM), a Ciklonális helyzet, a ciklon centruma a Brit-szigetek felett (TB) és a Teknő Nyugat-Európa felett (TrW) típusok esetén, míg szignifikáns negatív trendet detektáltunk az Anticiklonális északnyugati helyzet (NWa), az Anticiklon Közép-Európa felett (HM), az Anticiklonális északi helyzet (Na), az Anticiklonális északkeleti helyzet (NEa) és a Közép-Európa felé kiter-



1. ábra. A Hess-Brezowsky-féle makrocirkulációs típusok évtizedes gyakoriságeloszlása, 1881–2000.

Cirkulációs jelleg	Áramlási főirány	Makroszinoptikus helyzet neve (betűjele)
Zonális	Nyugat (W)	Anticiklonális nyugati helyzet (Wa)
		Ciklonális nyugati helyzet (Wz)
		Déli nyugati helyzet (Ws)
		Szögleteszerű nyugati helyzet (Ww)
Kevert	Délnyugat (SW)	Anticiklonális délnyugati helyzet (SWa)
		Ciklonális délnyugati helyzet (SWz)
	Északnyugat (NW)	Anticiklonális északnyugati helyzet (Nwa)
		Ciklonális északnyugati helyzet (NWz)
	Közép-Európa feletti magasnyomás	Anticiklon Közép-Európa felett (HM)
		Zonális magasnyomású „híd” Közép-Európa felett (BM)
Meridi-onális	Észak (N)	Alacsony nyomású centrum Közép-Európa felett (TM)
		Anticiklonális északi helyzet (Na)
		Ciklonális északi helyzet (Nz)
		Közép-Európa felé kiterjeszkedő Északi-tenger középpontú anticiklon (HNa)
		Anticiklon, középpontjával az Északi-tenger felett (HNz)
		Középpontjával a Brit-szigetek feletti anticiklon (HB)
	Északkelet (NE)	Teknő Közép-Európa felett (TRM)
		Anticiklonális északkeleti helyzet (NEa)
	Kelet (E)	Ciklonális északkeleti helyzet (NEz)
		Közép-Európa felé kiterjeszkedő, Fenno-Skandináv középpontú anticiklon (HFa)
		Anticiklon Fenno-Skandinávia, ciklon Közép-Európa felett (HFz)
		Közép-Európa felé kiterjeszkedő anticiklon, középpontjával az Északi-tenger és Fenno-Skandinávia felett (HNFa)
		Anticiklon az Északi-tengeren ill. Fenno-Skandinávia felett és ciklon Közép-Európa térségében (HNFz)
		Anticiklon az Északi-tengeren ill. Fenno-Skandinávia felett és ciklon Közép-Európa térségében (HNFz)
	Délkelet (SE)	Anticiklonális délkeleti helyzet (SEa)
		Ciklonális délkeleti helyzet (SEz)
	Dél (S)	Anticiklonális déli helyzet (Sa)
		Ciklonális déli helyzet (Sz)
		Ciklonális helyzet, a ciklon centruma a Brit-szigetek felett (TB)
		Teknő Nyugat-Európa felett (TRW)

1. táblázat. Hess-Brezowsky-féle makrocirkulációs típusok

jeszkedő, Fenno-Skandináv közép-pontú anticiklon (HFa) típusok gyakoriságváltozásaiban.

3. Európai ciklonpályák azonosítása és elemzése

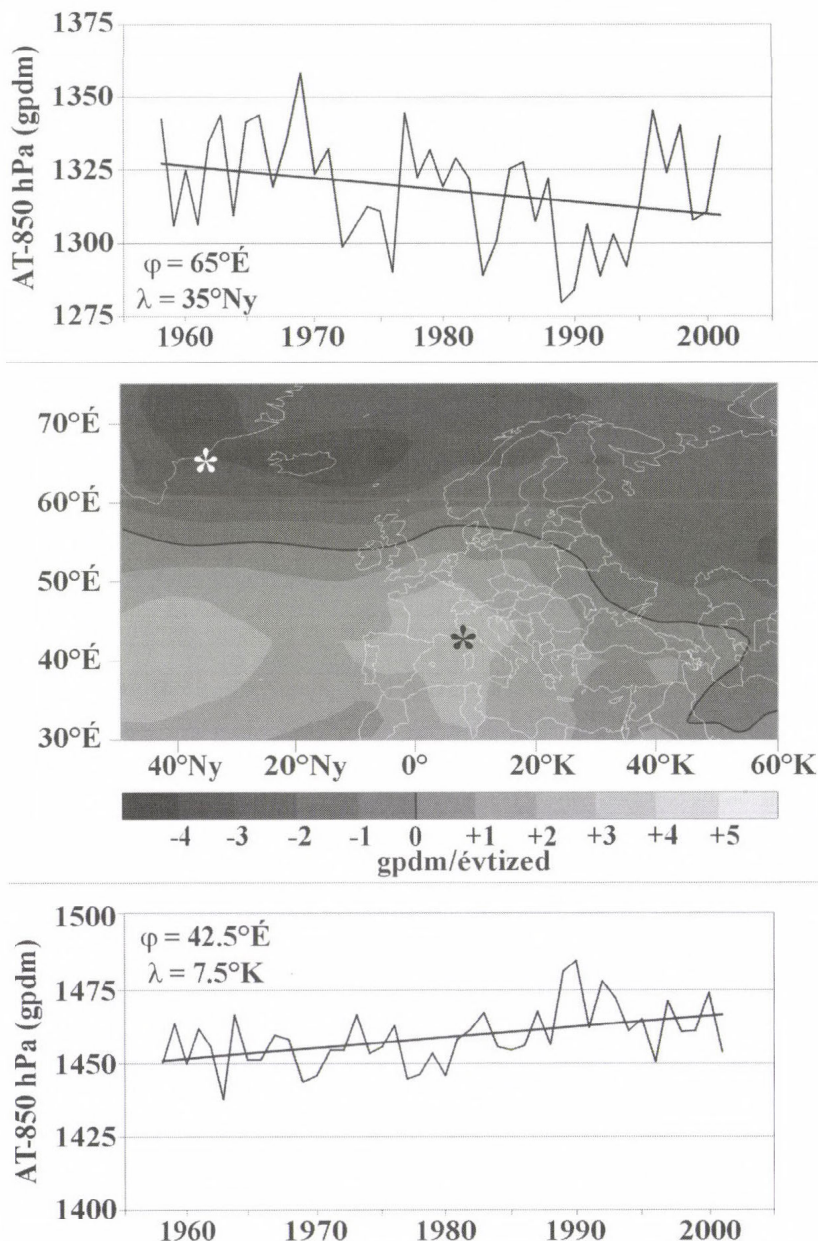
Az északi féltekén a mérsékeltövi ciklonok és frontrendszerük alapvető szerepet játszanak a helyi időjárás kialakításában. Ezért első lépésben részletes trendelemzést végeztünk a négy fő magassági szintre (AT-500, AT-700, AT-850, AT-1000). Az éves átlagos magassági értékekre illesztett lineáris trendegyütthatók mezői közül itt a 2. ábrán az AT-850 szintre vonatkozó eredményeinket mutatjuk be. A különböző geopotenciálszinteket reprezentáló térképeken hasonló zonális jellegű térbeli szerkezetet figyelhetünk meg (Pongrácz *et al.*,

2006). Negatív trendegyütthatók jellemzik az északi területeket, melyek maximuma Grönland/Izland térségére esik. A délebbi területek legnagyobb pozitív tendenciája viszont két helyhez köthető: az egyik a Földközi-tenger térségében, míg a másik az Atlanti-óceán fölött, az Azori szigetek környékén található. A térképen fehér illetve fekete csillaggal jelöltük meg a maximális trendegyüttható-értékkel jellemezhető északi és déli régiók egy-egy rácspontját, amelyre vonatkozóan a 2. ábra bemutatja az éves átlagos geopotenciális magassági értékek idősorait és az ezekre illesztett lineáris trendet. A térkép fölött látható a kiválasztott északi rácspont (65°É, 35°Ny) trendelemzése, míg alatta a déli rácsponté (42,5°É, 7,5°K). Jól látható, hogy az északi rácspont esetén jóval nagyobb évek közötti válto-

zékonytságot figyelhetünk meg, mint a déli rácspontnál. A két bemutatott rácspontban 0,95-ös szinten szignifikáns lineáris trendet detektáltunk (a szignifikancia vizsgálatot a statisztikai t-próbával végeztük).

3.1. Adatok

Vizsgálataink során az Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF) ERA-40 reanalízis adatbázisát használtuk fel (<http://www.ecmwf.int/research/era>). Az adatbázist földfelszíni és műholdas mérések alapján állították össze, s az 1957. szeptember 1-től 2002. augusztus 31-ig terjedő időszakot öleli fel (Kallberg *et al.*, 2004). Az ERA-40 adatbázis számos meteorológiai paramétert tartalmaz 6 órás időbeli felbontásban, 60 vertikális szinttel rendelkezik a felszíntől mintegy 65



2. ábra. Az AT850 geopotenciális trendelemzése. A grafikonon a két kiválasztott rácspont (fent: 65°E 35°Ny , illetve lent: $42,5^\circ\text{E}$ $7,5^\circ\text{K}$) éves átlagos magassági értékeinek lineáris trendjét mutatja. Az illesztett lineáris trendek 0,95-ös szinten szignifikánsak a t -próba alapján.

km-es magasságig, és $1,125^\circ$ -os horizontális rácshálózatot fed le (Gibson *et al.*, 1997). E vizsgálatban az Országos Meteorológiai Szolgálat (Ihász István főtanácsos) közreműködésével rendelkezésünkre bocsátott $1^\circ \times 1^\circ$ -os horizontális felbontású tengerszinti légnyomásértékek mezőseit használtuk fel. A hemiszférikus mezőkből leválasztottuk az általunk vizsgált atlanti-európai térség ($30^\circ - 75^\circ\text{E}$ és $45^\circ\text{Ny} - 40^\circ\text{K}$ által közrezárt

terület) adatait, mely összesen $46 \times 86 = 3956$ rácspontot tartalmaz.

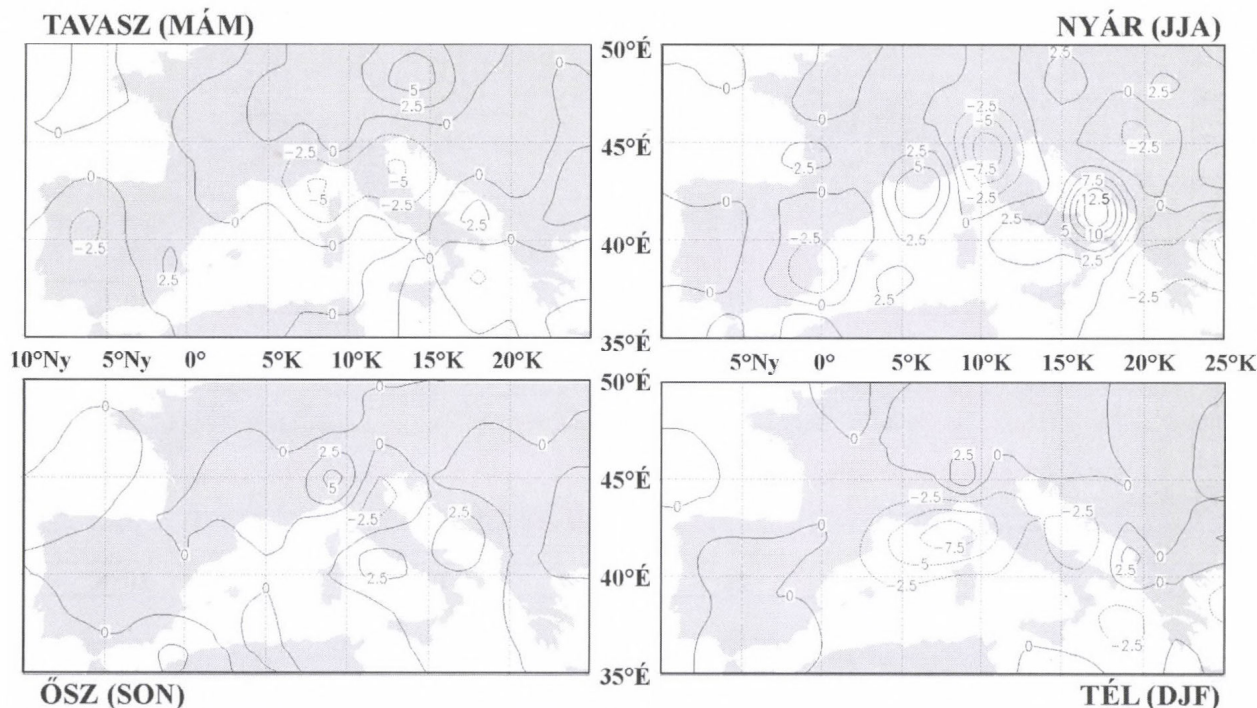
3.2. Eredmények

A globális reanalízis adatbázis segítségével lehetőség nyílik a mérsékelt-övi ciklon-középpontok objektív módon történő azonosítására és a ciklonok pályájának ugyancsak objektív követésére. Ilyen objektív algoritmust dolgozott ki például Serreze (1995) és Serreze *et al.* (1997), akik a

tengerszinti légnyomás gradiens értékeit használták fel arra, hogy az északi sarkvidék körüli ciklonokat tanulmányozzák 1973–1992 közötti tavaszi és téli időszakokban.

Vizsgálatainkban mi is a tengerszintre átszámított légnyomási mezősorokat vettük alapul (ám jóval hosszabb időszakot elemeztünk 1957 és 2002 között az ERA-40 adatbázisból), s Serreze *et al.* (1997) alapján határoztuk meg a mérsékelt-övi ciklonok középpontját. Előzetes elemzéseink (Pongrácz *et al.*, 2006) alapján szükségesnek tűnt, hogy a teljes atlanti-európai térségben átvonuló ciklonok vizsgálatát kettébontsuk a mediterrán régióra, valamint az attól északra fekvő térségekre (ez utóbbit hívjuk a továbbiakban északnyugati régiónak).

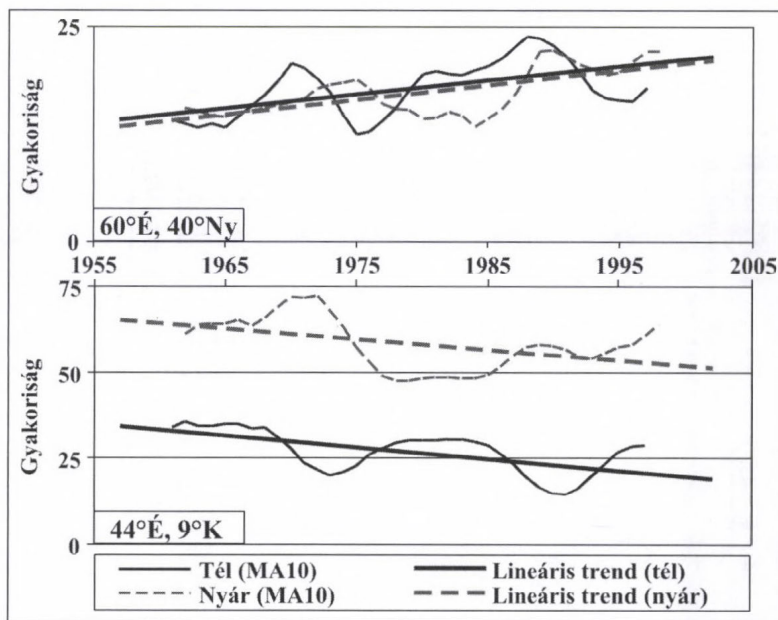
A mediterrán régió ciklonközéppontjainak meghatározásához az alábbi kritériumrendszert alkalmaztuk: (1) a tengerszinti légnyomás kisebb, mint 1013,5 hPa; (2) lokális nyomási minimum található a közvetlen szomszédos nyolc rácsponthoz viszonyítva. Tapasztalatainkat felhasználva szigorúbb kritériumokat alkalmaztunk az északnyugati régió ciklonközéppontjainak meghatározásához: (1) a tengerszinti légnyomás kisebb, mint 995 hPa; (2) lokális nyomási minimum található a szomszédos 24 rácsponthoz viszonyítva (ahol centrális elhelyezkedésben két-két szomszédot tekintünk minden irányban). A számítógépes algoritmus szerint hatóránként megőriztük az így definiált potenciális ciklonközéppontok földrajzi szélességét és hosszúságát, a tengerszintre átszámított légnyomását, valamint a nyomási gradiens legkisebb értékét. Ezután rekonstruáltuk a feltételezett ciklonpályákat ezekből a tárolt lehetséges ciklon-középpontokból. Két azonosított ciklonközéppontot akkor tekintettünk ugyanahhoz a ciklonpályához tartozónak, ha teljesült az alábbi két feltétel: (1) a két pont földrajzi távolsága kisebb, mint 450 km a mediterrán régióban, illetve 650 km az északnyugati régióban; (2) a tengerszintre át-



3. ábra. A ciklongyakoriság évszakos trendjei a mediterrán térségben, 1957–2002.

számított légnyomásuk különbsége abszolút értékben rendre kisebb, mint 6 hPa, illetve 8 hPa. A ciklonpályák tárolásakor a következő információkat rögzítettük: (i) a cikloncentrum első detektálásának időpontja; (ii) az utolsó detektálásig eltelt időlépcsők száma; (iii) a ciklon teljes élettartama alatt detektált legkisebb légnyomás-gradiens értéke; (iv) a ciklon-középpontok földrajzi koordinátái minden egyes időlépcsőben; (v) a cikloncentrum tengerszintre átszámított légnyomása ugyancsak minden időlépcsőben.

A teljes 1957–2002 időszakra meghatároztuk a ciklogenezis-gyakoriság földrajzi eloszlását. Elemzéseink (Pongrácz *et al.*, 2006) alapján két maximum-hely jelenik meg a vizsgált terület északnyugati részén, Grönland/Izland térségében, illetve a Földközi-tenger fölött a Délnyugat-Európa és a Tirrén/Ligur-tenger vidékén. Ezen centrumokhoz tartoznak a 2. ábrán is bemutatott legnagyobb abszolút értékű trendegyütthatók is, melyeket mind a négy magassági szinten (AT-1000 hPa, AT-850 hPa, AT-700 hPa, AT-500 hPa) detektáltunk.

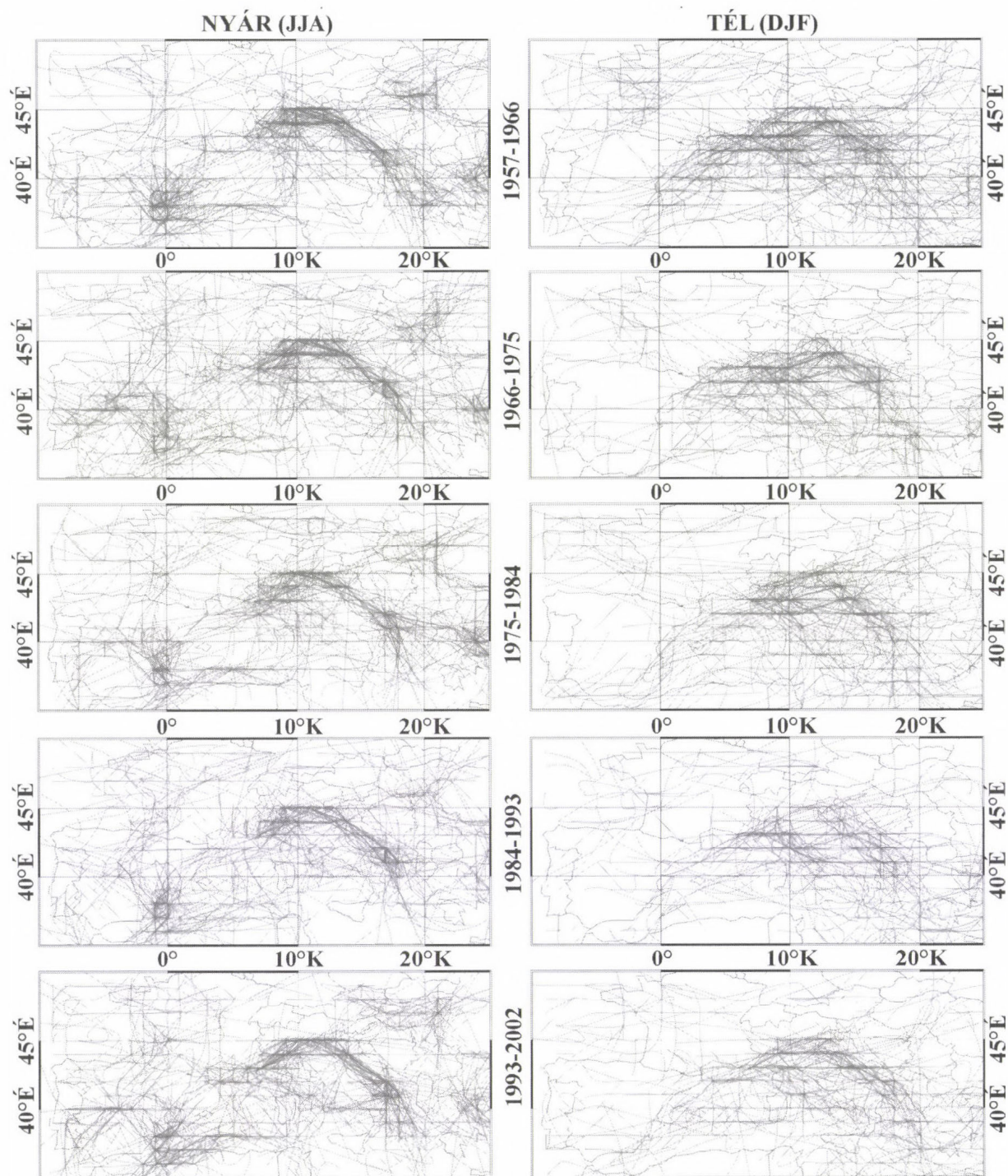


4. ábra. A ciklongyakoriság évszakos trendjei két kiválasztott rácspont 2°-os környezetében télen és nyáron, 1957–2002.

A ciklongyakoriság trendegyütthatóinak évszakos földrajzi eloszlását mutatjuk be a mediterrán régióra a 3. ábrán az 1957–2002 időszakra. A térségben erős csökkenő tendencia figyelhető meg tavasszal és télen. Ezzel párhuzamosan ősszel és még inkább nyáron a cikloncentrumok át-

helyeződését detektálhatjuk a térségben. Nyáron a Tirrén/Ligur-tenger vidékén a ciklonok délnyugati irányba tolódtak el, valamint az Adriai-tenger déli részén a ciklonok gyakorisága markánsan megnövekedett.

A mediterrán és az északnyugati térségből is kiválasztottunk egy-egy

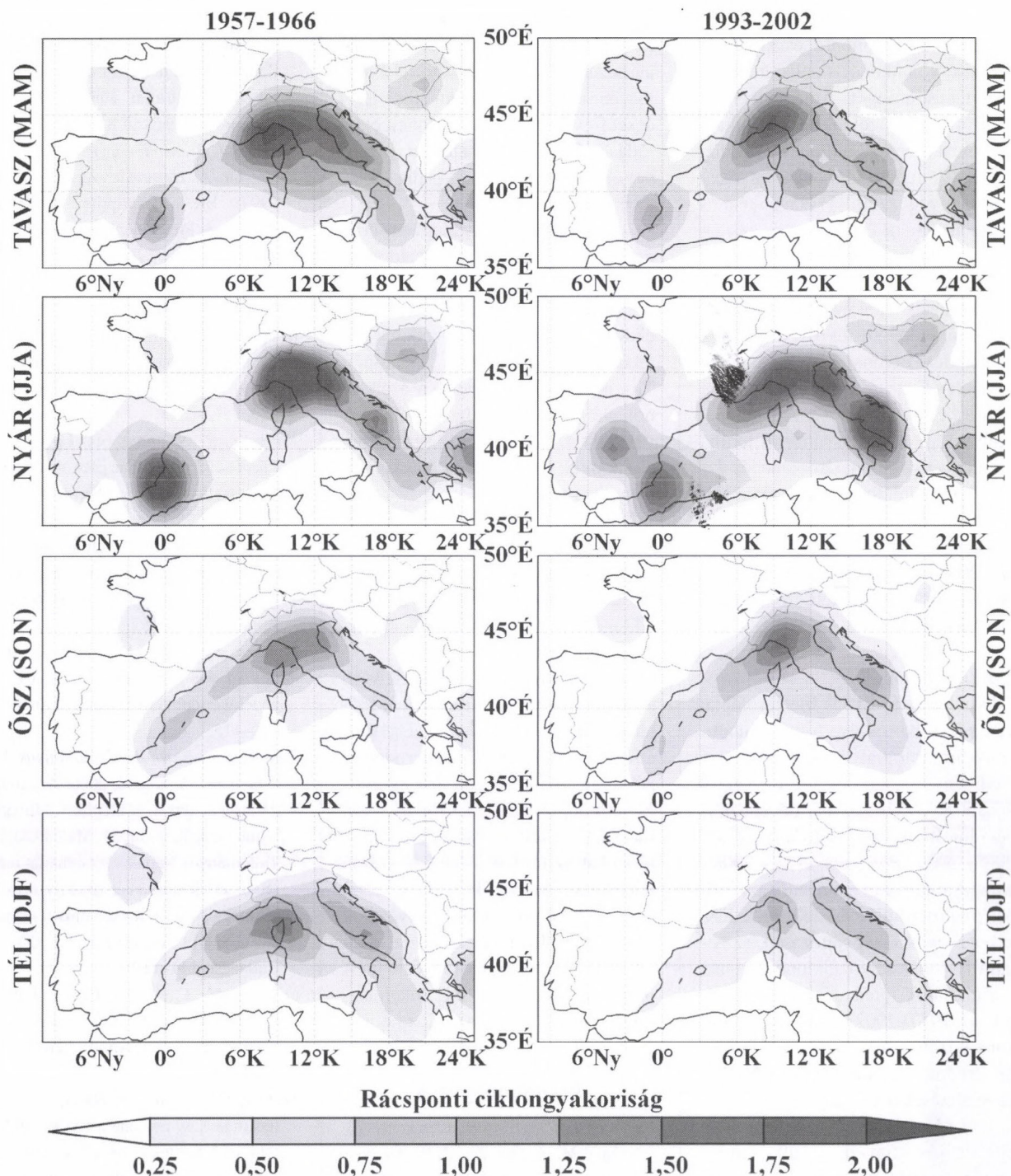


5. ábra. Ciklontrajektóriák a mediterrán térségben nyáron és télen.

rácspontot, s ezek évszakos ciklongyakorisági értékeit, illetve azok lineáris trendjeit mutatjuk be a 4. ábrán. Az északnyugati régióból a 60°E, 40°Ny rácspont téli és nyári növekvő tendenciáit emeljük ki. A tavaszi és az őszi hónapokban a teljes 1957–2002 közötti időszakban nem

mutatható ki szignifikáns változás. A mediterrán térség 44°E, 9°K rácspontja jól reprezentálja a 3. ábrán már említett ciklongyakoriságok földrajzi eltolódását. Télen és nyáron jelentősen csökkenő, míg ősszel növekvő tendenciát detektálhatunk az 1957–2002 időszakra.

A ciklonpályák beazonosítása a teljes 1957–2002 időszakra megtörtént. Majd elvégeztük a ciklonpályákban detektálható évszakos eltolódások vizsgálatát. Az 5. ábrán a nyári és téli ciklonpályák eltolódását illusztráljuk öt részidőszak segítségével. Mind nyáron, mind télen felismerhető, hogy



6. ábra. A ciklonátvonulások évszakos változásai a mediterrán térségben 1957–1966 és 1993–2002 között.

a vizsgálati időszak elején még az Adriai-tenger fölött húzódó ciklonpályák szétválnak egy kevésbé gyakori déli és egy gyakoribb északi ágra. Ez a folyamat a nyári hónapokban intenzívebben megfigyelhető.

A 6. ábrán a ciklonátvonulások rácsonti gyakoriságváltozásait kö-

vethetjük nyomon a mediterrán régióban az 1957–1966 és az 1993–2002 időszakban. A teljes időszak során a ciklonátvonulások száma növekedett nyáron és ősszel, míg kis mértékben csökkent télen és tavasszal.

A mérsékeltövi ciklonok intenzitásának komplex jellemzésére egy má-

sik paramétert használtunk fel. Az ún. Ciklon Aktivitási Indexet (CAI) Zhang et al. (2004) definiálta, az alábbiak szerint. (1) Minden földrajzi szélességre meghatározzuk a 45 éves tengerszinti nyomásértékek napi zonális átlagát. (2) Vesszük a ciklonközéppont tengerszinti nyomási

értékének és az (1) lépésben meghatározott, adott időpontra és adott szélességre vonatkozó zonális átlag abszolút különbségét. Amennyiben az adott rácpont felett nem található ciklon, akkor azt nullának vesszük. (3) Ezt minden időpontra és rácpontra elvégezzük. (4) Havonként és rácpontonként összegezzük az (1)–(3) lépésben számított értékeket, s így kapjuk meg a végső CAI értékeket. Előzetes várakozásainknak megfelelően a CAI jól tükrözi a ciklonok fő vonulási útvonalt. A legnagyobb CAI értékek télen jelennek meg (Pongrácz *et al.*, 2006). A legmagasabb ciklon aktivitási indexű terület minden évszakban Grönland és Izland között található, ennél jóval alacsonyabb értékek jellemzik a Genovai-centrum környékét (Bartholy *et al.*, 2006). A CAI trendek részletes elemzéséről egy következő cikkben számolunk be.

4. Következtetések

Cikkünkben az ELTE Meteorológiai Tanszékén három éve folyó szinoptikus-klimatológiai vizsgálatok első eredményeit mutattuk be, melyekről más publikációkban már bővebben is beszámoltunk (pl.: Bartholy *et al.*, 2005, 2006; Pongrácz *et al.*, 2006). Kutatásaink során elemeztük az európai makrocirkulációs helyzetek XX. századi gyakoriságváltozásait, az Atlanti-Európai régió ciklonpályáinak, s a ciklonok intenzitásának változásait az 1957–2002 közötti időszakra vonatkozóan. A bemutatott vizsgálatok eredményei alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le.

1. A Hess-Brezowsky-féle makrocirkulációs típusok közül számos esetén észleltünk szignifikánsan növekvő, illetve csökkenő gyakorisági trendet az utóbbi 120 évben.

2. A teljes atlanti-európai térségben átvonuló ciklonok vizsgálatát a cikloncentrumok eltérő mélysége és intenzitása miatt kettébontottuk a mediterrán régióra, valamint az attól északra fekvő északnyugati régióra.

3. A vizsgált 45 éves időszakban Grönland/Izland térségében erőtelje-

sen megnövekedett a ciklonok gyakorisága tavasszal és télen. Ezzel párhuzamosan nyáron és ősszel a cikloncentrumok kis mértékű áthelyeződését figyeltük meg. A ciklonok eltolódása Grönland esetén a sziget belseje felé, Izlandnál pedig keletre történt.

4. A mediterrán térségben erős csökkenő tendencia figyelhető meg tavasszal és télen. Ezzel párhuzamosan ősszel és még inkább nyáron a cikloncentrumok áthelyeződését detektálhatjuk a térségben. Nyáron a Tirrén/Ligur-tenger vidékén a ciklonok délnyugati irányba tolódtak el, valamint az Adriai-tenger déli részén a ciklonok gyakorisága markánsan megnövekedett.

5. Az 1957–2002 időszakban a ciklonaktivitás (CAI értékek alapján) télen erősebb volt, mint nyáron. A vizsgált térségben a legintenzívebb ciklogenezis Grönland és Izland környékére tehető.

Köszönetnyilvánítás. Az ERA-40 adatbázist az Európai Középtávú Időjárás-előrejelző Központ (ECMWF) állította össze és bocsátotta rendelkezésünkre. A letöltéshez az Országos Meteorológiai Szolgálat főtanácsosa, Ihász István volt segítségünkre. Kutatásainkat az OTKA T-049824 számú pályázata, az NKFP-3A/0082/2004 és az NKFP-6/079/2005 pályázatok támogatták. További segítséget nyújtott az EU VI. keretprogram CECILIA projektje és az MTA TKI Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz című, 2006/TKI/246 számú programja.

Irodalomjegyzék

- Bartholy, J., Pongrácz, R., Pattantyús-Ábrahám, M., Pátkai, Zs., 2005: Analysis of the European cyclone tracks, the corresponding frontal activity, and changes in MCP frequency distribution. EMS Annual Meeting/ECAM 2005 – Abstracts, Vol. 2. European Meteorological Society. EMS05-A-00297.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Pattantyús-Ábrahám, M., 2006: European cyclone track analysis based on ECMWF ERA-40 datasets. Int. J. Climatology 26, 1517–1527.

van Beber, W. J., 1891: Die Zugstrassen der barometrischen Minima nach den Bahnenkarten der Deutschen Seewarte für den Zeitraum von 1870–1890. Meteorol. Zeitschrift 8, 361–366.

Gibson, J. K., Kallberg, P., Uppala, S., Nomura, A., Hernandez, A., Serrano, A., 1997: ERA description. ECMWF Reanalysis Project Report Series 1, 77p.

Hess, P., Brezowsky, H., 1977: Katalog der Grosswetterlagen. Berichte Deutscher Wetterdienst Offenbach. 113 Bd 15.

Hodges, K. I., 1994: A general method for tracking analysis and its application to meteorological data. Mon. Wea. Rev. 122, 2573–2586.

Kallberg, P., Simmons, A., Uppala, S., Fuentes, M., 2004: The ERA-40 archive. ERA-40 Project Report Series No. 17.

Klein, W., 1957: Principal tracks and mean frequencies of cyclones and anticyclones in the Northern hemisphere. Research Paper No. 40. U.S. Weather Bureau, Washington.

Lambert, S. J., 1988: A cyclone climatology of the Canadian Climate Centre general circulation model. J. Climate 1, 109–115.

Pongrácz R., Bartholy J., Pattantyús-Ábrahám M., Pátkai Zs., 2006: Az Atlanti-Európai térség szinoptikus-klimatológiai vizsgálata. In: 31. Meteorológiai Tudományos Napok – Az éghajlat regionális módosulásának objektív becslését megalapozó klímadinamikai kutatások (Szerk: Weidinger T.) OMSz, Budapest. 144–159.

Serreze, M. C., 1995: Climatological aspects of cyclone development and decay in the Arctic. Atmosphere-Ocean 33, 1–23.

Serreze, M. C., Carse, F., Barry, R., 1997: Icelandic low cyclone activity: Climatological features, linkages with the NAO, and relationships with recent changes in the Northern Hemisphere circulation. J. Climate 10, 453–464.

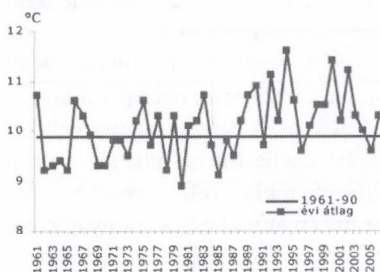
Zhang, X., Walsh, J. E., Zhang, J., Bhatt, U. S., Ikeda, M., 2004: Climatology and interannual variability of arctic cyclone activity: 1948–2002. J. Climate 17, 2300–2317.

**Bartholy Judit, Pongrácz Rita,
Pattantyús-Ábrahám Margit**

A 2006. év időjárása

A 2006. év országos átlagban 0,6 fokkal melegebb, és valamivel csapadékszegényebb volt a sokévi átlagnál – az év során azonban mind a hőmérséklet mind pedig a csapadék havi értékei jelentős változékonyságot mutattak.

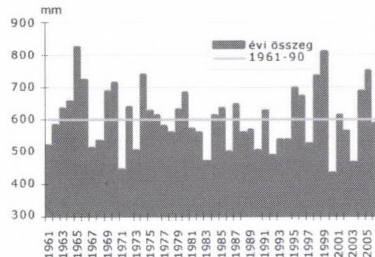
Az év folyamán minden évszak szolgáltatott szélsőségekkel. Az év eleji nagy csapadékhózzam miatt februárban belvíz, tavasszal pedig az árvíz okozott komoly károkat (ld. Homokiné Ujváry Katalin: *Tavaszi ár a Dunán és a Tiszán* (Légkör 51. 2. 2-5 old.)) – az árvízi védekezést nehezítette, hogy a tavasz jóval csapadékosabb volt az átlagnál. Júniusban és júliusban egymást követték a hőségriadók, miközben hirtelen lehulló, nagymennyiségű, lokális csapadékok okoztak sártengert, például Budapesten, több alkalommal a nyár folyamán (részletesebb elemzések ld. Horváth Ákos: *Pusztító zivatarláncok* (Légkör 51. 3., 16-19. old.) és Homokiné Ujváry Katalin: *Viharos nyár Budapesten* (Légkör 52.1. szám, 9-14. oldal)). Az augusztus 20-i orkán erejű (120 km/órát meghaladó) szélben öten vesztették életüket, az anyagi kár milliárdos volt (ld. Horváth Ákos: *A 2006. augusztus 20-i budapesti vihar időjárási háttere* (Légkör 51. 4., 24-26. old.)). A 2006-os őszhöz hasonlóan meleg és egyben száraz ősze a mérések kezdete óta nem volt példa Magyarországon, de átlag feletti napi középhőmérsékletek és jóval átlag alatti havi csapadékösszeg jellemezték az év utolsó hónapját is.



1. ábra Az országos évi középhőmérsékletek és a sokévi (1961-90) átlag

2006-ban az országos évi középhőmérséklet 10,3 °C volt, ami 0,6°C-kal meghaladta az 1961-90-es 30 éves átlagot (1. ábra).

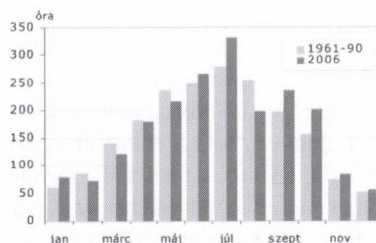
Az elmúlt évben országos átlagban 584 mm csapadék hullott, ami mintegy 5%-kal maradt el a sokévi átlagtól (2. ábra).



2. ábra Az átlagos évi csapadékösszegek és a sokévi (1961-90) átlag

Napfénytartam

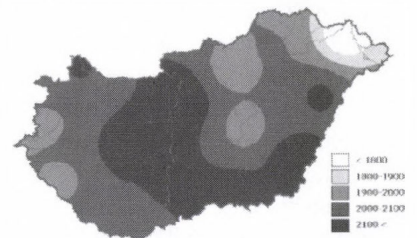
2006-ban az átlag 104%-ában, 2041 órán át sütött a nap hazánkban. A napsütéses órák számának havi értékeit mutatja be a 3. ábra. Február, március, április, május valamint augusztus kivételével átlag feletti mennyiségű napsütésben volt részünk az év során. A sokévi menet maximuma júliusban van, és 2006-ban is ez volt a legnaposabb hónap. A sokévi átlagértéktől az átlagnál hűvösebb és jóval csapadékosabb augusztus napfénymentessége maradt el legnagyobb mértékben.



3. ábra A napsütéses órák havi összegei 2006-ban és 1961-90 között

Hazánk területén a napfénytartam éves összege átlagosan 1750 és 2050 óra között alakul. 2006-ban ez 1690 és 2180 óra közé esett az ország területén; az átlagosan 2041 óra 4%-kal haladja meg az 1961-90-es átlagértéket. Általában a Dél-Alföldön és Ba-

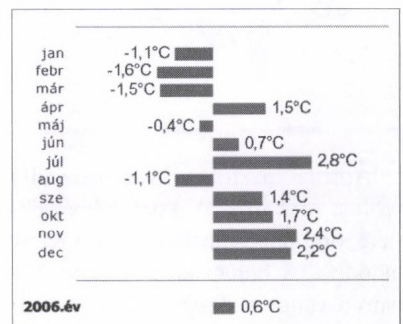
nyában éri el a maximumát a napfénytartam, míg minimuma az Alpoknál és az ország északkeleti részén van. A napsütéses órák számának 2006. évi eloszlását mutatja a 4. ábra. A legnaposabb területek ezúttal az ország középső és délkeleti vidékein voltak, míg a legalacsonyabb értékeket az északkeleti határ mentén mérték.



4. ábra A napsütéses órák száma 2006-ban

Hőmérséklet

Az egyes hónapok területileg átlagolt anomáliái az 5. ábrán láthatók.



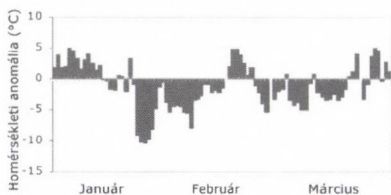
5. ábra Az országos havi középhőmérsékletek eltérése a sokévi átlagtól a 2006. évben

A 2006. év a szokottnál enyhébb idővel vette kezdetét, január közepéig valamivel átlag felett alakultak a napi középhőmérsékletek. Jelentősebb lehűlés csak a hónap harmadik harmadában következett be, amikor két nap alatt 11 fokot zuhant a napi középhőmérséklet. A hó végi határozott negatív anomáliának köszönhetően január középhőmérséklete országos átlagban a normálnál 1,1 fokkal hidegebbnek, -3,2°C-nak adódott.

Február is az átlagnál hidegebb volt, középhőmérséklete országos átlagban -1,2°C-nak adódott, ami több

mint másfél fokkal elmarad a sokévi átlagértéktől. Egy egyhetes időszakot kivéve átlag alatt alakultak a napi középhőmérsékletek, azon a 16-ával kezdődő pár napon azonban kellemes, tavaszi, az átlagnál olykor 6–7 fokkal melegebb volt az idő, a délnyugati országrészben egészen 16–18 fokok maximumhőmérsékletekkel.

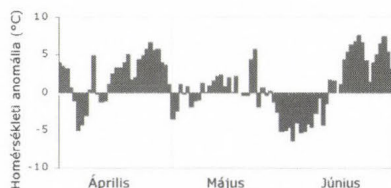
Március az év első két hónapjához hasonlóan több mint 1 fokkal hidegebb volt a sokévi átlagnál, a hónap középhőmérséklete országos átlagban 3,6 °C-nak adódott. A negatív anomália túlnyomórészt a március első felében uralkodó, az átlagosnál 3–5 fokkal hidegebb időszaknak volt köszönhető: március 20-ig a napi középhőmérséklet mindössze két napon haladta meg a normálértéket. A hónap végén aztán beköszöntött a tavasz, 27-én az északnyugati országrészben a 25 °C-ot is meghaladta a legnagyobb nappali felmelegedés.



Április másfél fokkal melegebb volt a szokásosnál, középhőmérséklete országos átlagban 11,9 foknak adódott. A hónap első felében még sűrűn váltogatták egymást a normálnál melegebb és hidegebb időszakok, 14-étől kezdve aztán egészen a hónap végéig kellemes, késő tavaszi, az átlagnál esetenként 5–7 fokkal melegebb időben volt részünk.

Májusban elkerültek minket az elmúlt években már megszokottá vált kora nyári nagy melegek. A napi középhőmérsékletek a hónap folyamán átlag körül ingadoztak. Országos átlagban május középhőmérséklete a sokévi átlagtól mindegy fél fokkal maradt el. A hónap leghidegebb napja 1-je volt, amikor a legnagyobb nappali felmelegedés az ország nagy részén nem haladta meg a 12–15 fokot. Május legmelegebb napján (23-án) ezzel szemben országsszerte 26–32°C-os maximumhőmérsékletet regisztráltak.

Június időjárására kettősség volt jellemző: a hónap első felében az átlagnál 5–6 fokkal hidegebb, 14-étől kezdve azonban a megszokottnál esetenként 6–8 fokkal is melegebb volt az idő. Június legvégén nagy viharokkal érkezett a lehűlés, összességében azonban június középhőmérséklete az átlagnál 0,7 fokkal magasabb volt, 19°C-nak adódott. A hónap végi kánikula miatt 22-étől kezdve közel egy hétig hőségriadó volt életben az ország területén, de nappali csúcshőmérsékleti rekord nem született. 26-án éjszaka megdőlt a július 26-ra vonatkozó éjszakai melegrekord: Budapesten 23,1 °C-os éjszakai minimumhőmérsékletet regisztráltak (a korábbi rekord 21,5°C volt).

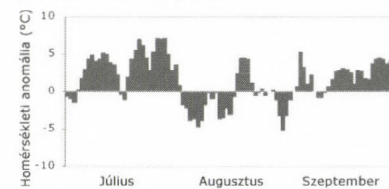


Július közel 3 fokkal melegebb volt a sokévi átlagnál, ez országosan 22,8°C-nak adódott. A napi középhőmérséklet a hónapnak mindössze 4 napján maradt el a normáltól, a hónap túlnyomó részében a szokásos napi középértéket 4-8 fokkal meghaladó hőmérsékleteket regisztráltak. A hónap során a kánikula miatt többször rendeltek el hőségriadót, mégis mindössze egy melegrekord született: Budapesten július 22-én 36,9 Celsius fokot mértek, és ezzel megdőlt az 1998. július 22-én mért 36 fokok akkori rekord.

Augusztus középhőmérséklete több mint egy fokkal elmaradt a sokévi átlagértéktől, az anomália ugyanakkor nem volt egyenletes országon belül. Az északkeleti országrészben a hónap csak 0,3-1 fokkal, a délnyugati régióban viszont helyenként 1,6 fokkal is hűvösebb volt az ilyenkor megszokottnál. Augusztus nagy részében átlag alatt alakultak a napi középhőmérséklet értékek, több napig tartó meleg időszakra csak a 20-át megelőző héten volt példa. 20-án este aztán komoly viharral ér-

kezett meg a lehűlés, Budapesten a 120 km/órát meghaladó (orkán erejű) szellőkeések következtében 5 ember vesztette életét.

Szeptember időjárása kellemesen alakult, a hónap középhőmérséklete országos átlagban 1,4 fokkal volt magasabb az ilyenkor szokásosnál, 17,1°C-nak adódott. Mindössze 5 nap középhőmérséklete maradt el a sokéves átlagértéktől. Viszonylag sok volt a nyári nap (legtöbb (15–20) az ország délkeleti vidékein, legkevesebb (0–4) a hegyvidéki területeken), sőt a hónap során még hőségnapot is regisztráltak, a déli és délnyugati régióban, 1 alkalommal.

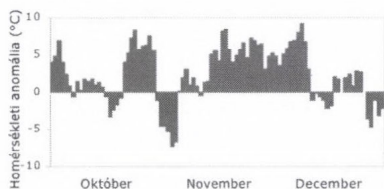


Október időjárása is kellemesen alakult, a hónap országos átlagban közel 2 fokkal melegebb volt, mint a sokévi átlag. A havi középhőmérsékletek országon belüli eloszlása ezzel együtt nem volt egyenletes: a pozitív anomália a nyugati országrészben helyenként a 3 fokot is meghaladta, míg a keleti régió egyes vidékein a másfél fokot sem érte el. A hónap első hetében valamint utolsó dekádjában nem voltak ritkák az átlagot 6–10 fokkal meghaladó napi középhőmérsékletek sem.

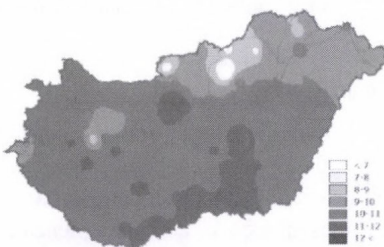
November az őszi másik két hónapjához hasonlóan melegebb volt az ilyenkor szokásosnál, országos átlagban mindegy 2,4 fokkal. Országon belül ezzel együtt voltak eltérések: míg a déli és keleti országrészekben helyenként csak 1,5–2 fokok volt az anomália, addig az ország nyugati csücskében az átlagtól való eltérés esetenként meghaladta a 3 fokot is.

Az év utolsó hónapja is melegebb volt a szokásosnál, országos átlagban 2,2 fokkal. A déli országrész volt kevésbé enyhe (itt az átlagnál csupán 1,5–2,5 fokkal volt melegebb a december), míg az északi és nyugati területeken helyenként a 3 fokot is meghaladta a havi középhőmérséklet sokévi átlagtól vett eltérése. Ez a po-

zitiv anomália nagyrészt a hónap első dekádjában tapasztalható, átlagnál 4–9 fokkal melegebb időszaknak volt köszönhető, amikor is 3 napon is melegrekord született. December 6-án Mázán 19,1°C-kal, 8-án Homokszentgyörgyön 18,5°C-kal, míg 9-én Agárdon 18,2°C-kal dőltek meg a korábbi rekordok.



2006-ban az országos évi középhőmérséklet 10,3 °C volt, ami 0,6 °C-kal meghaladta az 1961–90-es 30 éves átlagot. Az országon belül 6,2°C és 12,2°C között alakultak az évi középhőmérséklet értékek (6. ábra).



6. ábra A 2006. évi középhőmérséklet (°C)

A hőmérsékleti küszöbnapok száma tavaly nagyjából a sokévi átlagnak megfelelően alakult: a meleg küszöbnapok száma némileg meghaladta a normálértékeket, a hideg küszöbnapok száma pedig valamivel elmaradt azoktól.

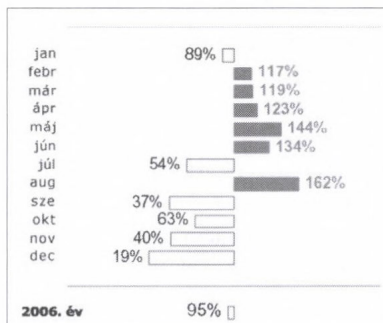
2006-ban országos átlagban 29 nap volt téli, 1 nappal több mint a szokásos, és 11 nap zord, ami a szokásosnak megfelelő érték. Nulla fok alatti hőmérséklet 95 napon fordult elő – a 30 éves átlagérték 97 nap.

2006-ban átlagosan 71 nyári nap volt, ami 2 nappal több, mint a szokásos. A hőségnapok száma 29 volt, ami 13 nappal haladja meg az átlagos 16-ot. Tavaly átlag 1 forró napunk volt, ami megfelel az 1961–1990-es időszak átlagának.

Csapadék

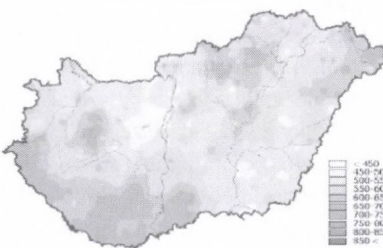
Az elmúlt évben országos átlagban 584 mm csapadék hullott, ami mintegy 5%-kal maradt el a sokévi átlag-

tól. Az év 6-6 hónapjában fordultak elő átlag alatti illetve feletti csapadékmennyiségek, a legjelentősebb anomáliákat augusztusban és decemberben regisztrálták (7. ábra).



7. ábra Havi csapadékösszegek 2006-ban az 1961–1990-es normál százalékában

Az éves csapadékmennyiség országos belüli eloszlása nagyjából a sokévi átlagnak megfelelően alakult, azaz a különbséggel, hogy az ország legcsapadékszegényebb vidékei 2006-ban a Velencei tó és környéke és a délkeleti országrész voltak, amelyek az év során az átlagnál kevesebb csapadékmennyiségben részesültek. A legcsapadékosabb országrészek a dél-dunántúli valamint a hegyvidéki területek voltak. Az év során a legkevesebb csapadék (402 mm) Bódvarákó térségében hullott, a legnagyobb csapadékösszeget pedig (887 mm) Budapest-Rákócscsaban regisztrálták (8. ábra).



8. ábra A 2006. évi csapadékösszeg (mm)

Január csapadékhozama valamivel átlag alatt alakult, a csapadékhullás területi eloszlása azonban nem volt egyenletes. Míg a nyugati, északnyugati országrész a normál közel kétszeresének megfelelő csapadékmennyiségben részesült, az ország keleti felében a sokévi átlagnak csupán 60–80%-a hullott. A hónap során esőzésre és ónos esőre is volt példa,

de a jellemző csapadék a hó volt. A hónap eleji, átlagot jóval meghaladó mennyiségű eső és havazás miatt összesen közel 400 kilométeren rendelkeztek el árvízvédelmi készültséget az országban, és több mint 70 ezer hektáron alakult ki súlyos belvízhelyzet. A hónap második felében az átlagnál kevesebb csapadék hullott, de az erős, helyenként viharos szél miatt többfelé voltak hóviharak, hófúvások, amelyek következtében sok út járhatatlanná és több falu megközelíthetetlené vált.

Február országos átlagban a szokásosnál közel 20%-kal csapadékosabb volt, a csapadékhözam területek közötti eloszlásában azonban nagyok voltak a különbségek. Míg a nyugati országrészben az átlagnak csupán 60–80%-a, addig az ország keleti régióiban a szokásos mennyiség 2–3-szorosa hullott. Február mindegyik napján előfordult csapadékhullás az ország területén: a hónap közepi-végi enyhébb időszakot kivéve február jellemző csapadéka a hó volt, de ónos esőt is többször regisztráltak. A hónap egészében komoly károkat okozott a belvíz, február végére több mint százötvenezer hektár mezőgazdasági terület került víz alá.

Március is csapadékosabb volt az átlagnál, országos átlagban mintegy 20%-kal. A csapadékhözam területi eloszlásában azonban markáns különbségek mutatkoztak: míg az ország középső és nyugati vidékein a normálnak 70–120%-a hullott le, az északkeleti országrész csapadékhözama egyes területeken az átlag kétszeresét is elérte. A hónap első felének jellemző csapadéka még a hó volt, az országos havazások, orkán erejű széllel párosulva komoly fennakadásokat okoztak.

Április az árvizek jegyében telt, először a Duna, majd a Tisza és a Körösök mentén kellett elrendelni a legmagasabb, rendkívüli fokozatú árvízvédekezési készültséget. A védekezést nehezítette, hogy április országos átlagban a szokásosnál több mint 20%-kal csapadékosabb volt, bár a csapadék időbeli és térbeli eloszlása

nem volt egyenletes. A havi csapadékmennyiség közel fele a hónap utolsó hetében hullott, és míg az ország nagy részén átlag feletti volt a csapadékhozam, addig az északi-középső régióban a szokásos mennyiségnek csupán 40–80%-a hullott.

Május is jóval (több mint 40%-kal) csapadékosabb volt a sokévi átlagnál, a csapadékhozam országon belüli megoszlása ezzel együtt megint nem volt egyenletes. A Dunántúl középső területein valamint a nyugati határszélen átlag körül (valamivel alatta) alakult a havi csapadékösszeg, míg az Északi-középhegység területén illetve a délnyugati országhatár mentén helyenként az ilyenkor szokásos összeg kétszeresét is meghaladta. Az évszaknak megfelelően a havi csapadékmennyiség döntő többsége zivatarfejenységből származott, csendes, áztató eső május folyamán csak egy-két napon fordult elő.

Június szintén csapadékosabb volt a sokévi átlagnál, több mint 30%-kal. Amíg azonban az ország középső részén a szokásos csapadékmennyiség 150–230%-a hullott le, az északkeleti valamint északnyugati vidékeken helyenként a normálértéket sem érte el a csapadékhozam. A hónap eleji nagy esőzések, valamint a május végi nagy csapadékok június első felében komoly áradásokat okoztak országszerte, a hónap végén pedig hirtelen lezúduló, nagy mennyiségű csapadékot szállító lokális esőzések változtattak sártengerré egész városrészeket Budapesten. Június 22-én Miskolcon tornádót észleltek, a június végi viharos időjárás következtében pedig több patak kilépett a medréből, a szél fákat tépett ki, tetőket rongált meg.

Július, megszakítva az év eleje óta tartó tendenciát, csapadékszegény volt: az ilyenkor szokásosnak csak a fele hullott le a hónap folyamán. Az ország nyugati felében volt nagyobb a szárazság, ott a havi csapadékmennyiség helyenként mindössze 30%-a volt a sokévi átlagnak, míg a legcsapadékosabbnak a keleti országrész bizonyult, ahol a normál 70%-a is lehullott. A hőséget néhol jégeső és he-

ves vihar váltotta. Július 22-én egy ember meghalt és három megsebesült, amikor a viharos szél leszakított egy világító transzparenst. Júliusban többször fordult elő jégzápor is, de hirtelen lezúduló nagy csapadékok is komoly károkat okoztak. Július 24-én egy heves záport követően 70 tonna iszapot kellett a budai utakról eltávolítani.

Augusztus csapadékhozama több mint másfélszerese volt a sokévi átlagnak, jórészt nagy csapadékot adó lokális zivataroknak köszönhetően. Ennek megfelelően a csapadékhozam átlagtól való eltérése igen változatosan alakult az országon belül: egyes területeken a normálérték kevesebb, mint 150%-a, máshol közel 300%-a hullott le a hónap folyamán. A hónap legnagyobb napi csapadékhozamát augusztus 1-jén regisztrálták, amikor Budapesten és vonzáskörzetében egy nap alatt 70–90 mm csapadék hullott (az augusztus havi átlagos csapadékhozam 76 mm).

Szeptember csapadékszegény volt 2006-ban, az ilyenkor szokásos csapadékmennyiségnek országos átlagban csupán a 37%-a hullott le a hónap folyamán. A havi összeg az ország egy-két pontján ugyan meghaladta az átlagot, jellemzően azonban csak 20–60%-a volt a szeptemberben szokásos csapadékmennyiségnek.

Október szárazabb volt a megszokottnál, csapadékhozama alig több mint fele volt az ilyenkor szokásosnak. A havi csapadékösszeg országon belüli eloszlása határozott észak-északnyugat, dél-délkelet irányú eloszlást mutatott. Az ország északi-északnyugati vidékein a csapadékhozam a normál 30–50 százaléka körül mozgott, délen-délkeleten ellenben az átlagos havi csapadékösszeg 80–90 %-a volt a sokévi átlagnak, sőt egyes területeken meghaladta az átlagot. Október viharos időjárással búcsúzott, a 60–100 km/órás széllökések fákat csavartak ki, egy ember életét veszítette.

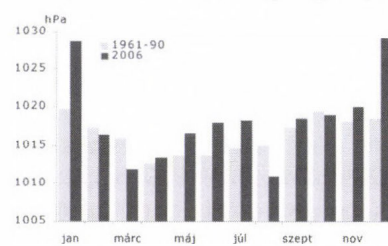
November szintén szárazabb volt a szokásosnál: országos átlagban a no-

vemberi csapadékhozam csak mintegy 40%-a volt a sokévi átlagnak. Legszárazabbnak az ország középső és északi területei bizonyultak, ahol az átlagos csapadékösszegnek csupán 20–30%-a érkezett meg, míg a délkeleti régióban helyenként a normál 70%-ának megfelelő csapadék is lehullott. A november jellemző csapadéka az eső volt, de országszerte 1–2 napon havazást is regisztráltak.

December jóval csapadékszegényebb volt a sokévi átlagnál, országosan a havi csapadékösszegnek csak mintegy 19 százaléka hullott le a hónap során. Legszárazabb az ország középső régiója volt, míg legtöbb csapadék a délkeleti országrészben hullott. A hónap jellemző csapadéka az eső volt, de – főleg az ország keleti felében – 3–4 napon havazást is regisztráltak, igaz, a lehullott hó 1–2 napnál tovább sehol sem maradt meg.

Légnyomás

A légnyomás átlagos értéke a nagytérségi időjárási képződmények gyakoriságát jellemzi. A tengerszinti légnyomás átlagos- és 2006. évi menetét mutatja be a 9. ábra oszlopdiagramja.

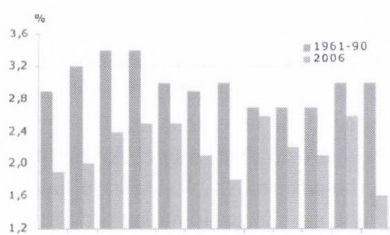


9. ábra A tengerszinti légnyomás havi átlagai Budapest-Pestszentlőrincen

Az átlagos évi menetben kettős hullám látható. A főmaximum januárban van, a másodmaximum októberben. Ezeket a hónapokat jellemzi az anticiklonok gyakori előfordulása. A minimumok áprilisban, illetve novemberben jelentkeznek, amikor nagyobb a ciklonyakoriság. A 2006. évi átlagokat reprezentáló oszlopok azt mutatják, hogy a szokatlanul hangsúlyos főmaximumok decemberben valamint januárban voltak. 2006-ban 2 minimum fordult elő a légnyomás havi átlagában, márciusban, majd augusztusban.

Szél

Az átlagos szélsébség alapján házánkat mérsékelt szél területnek minősíthetjük. A szélsébség évi átlagai 2–4 m/s között változnak. Jellegzetes a szélsébség évi járása (10. ábra), legszelebség időszakunk a tavasz első fele (március, április hónapok), míg a legkisebb szélsébségek általában ősz elején tapasztalhatók.



10. ábra A szélsébség havi átlagai Budapest-Pestszentlőrincen

A 10. ábra alapján elmondhatjuk, hogy a szokásosnál sokkal kevésbé volt széles a 2006. év időjárása Budapest-Pestszentlőrincen, és az évi menet sem a sokévi átlagnak megfelelően alakult. A tavaszi maximum áprilisra tolódott, de értéke így

is elmaradt a sokévi átlagtól, a nyári másodmaximum augusztusban következett be. Az ősz végén általában tapasztalható nagyobb szélsébségek 2006-ban novemberben jelentkeztek.

Összeállította: **Schlanger Vera**

Az Országos Meteorológiai Szolgálat mérései szerint a 2006-os év szélsőségei, a mérés helye és ideje:

- A legmagasabb mért hőmérséklet: 36,9 °C, Budapest, július 22.
- A legalacsonyabb mért hőmérséklet: -25,1 °C, Milota, január 24.
- A legnagyobb évi csapadékösszeg: 887 mm, Budapest-Rákoscsaba
- A legkisebb évi csapadékösszeg: 402 mm, Bódvarákó
- A legnagyobb 24 órás csapadékösszeg: 107 mm, Nógrádszakál, június 27.
- A legvastagabb hótakaró: 92 cm, Kékestető, március 14.
- A legnagyobb évi napfényösszeg: 2178 óra, Békéscsaba
- A legkisebb évi napfényösszeg: 1692 óra, Kisvárd

OLVASTUK

Újkeletű madárjölátok

A madárjölát az ókor egyik legismertebb jövendölési módszere volt. Napjainkban megfordult a helyzet: nem a madarak röptét használja az ember a jövendő eseményeinek megsejtéséhez, hanem a madarak röptének előrejelzése alapján igyekszünk elkerülni sajnálatos eseményeket: légibaleseteket. Holland kutatók azt vizsgálták az elmúlt években, hogyan függenek egyes madárfajok repülési szokásai az időjárási feltételektől. Mivel az ornitológusok csak a költöző madarak szokásait vizsgálták eddig, a meteorológusok speciális radarmérések segítségével állítottak össze adatbázist több mint egy tucat madárfaj reptének szokásos irányáról és magasságáról. A fajok azonosítására kétféle módszert dolgoztak ki: vagy a radar mellé felszerelt, a radarsugárral párhuzamosan pásztázó nagyfelbontású videokamerán azonosították a madár alakját, vagy a szárnycsapások gyakorisága alapján végzeték el a meghatározást, a madarak reptére vonatkozó ornitológiai leírások alkalmazásával. A kísérletsorozat végén sikerült megállapítani, hogy az egerészölyv, a sarlós fecske és a dankasirály emelkedik a legnagyobb magasságokba. A madarak repülési szokásai leginkább a léghőmérséklettől, a relatív nedvességtől, a hirtelenségtől és a planetáris határréteg magasságától függenek. Egyes becslések szerint a közforgalmú és katonai repülőgépeken évente több milliárd dolláros anyagi kárt okoznak a madarak, és sajnos tragikus következménye

is lehet annak, ha repülőgép madárral ütközik, és a tetem bekerül a hajtóműbe. A most lezárt kísérletsorozat eredményei alapján az időjárási helyzet függvényében előrejelzéseket lehet készíteni a madarak repülési szokásairól, és ezzel a remények szerint csökkenteni lehet az ütközés kockázatát.

A téma fontosságát az is jelzi, hogy a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO) szakmai közreműködésével 9 pontból álló ajánlás készült arról, hogyan lehet csökkenteni repülőterek körzetében a madárral történő ütközés kockázatát. Az ajánlások kitérnek például a személyzet szakszerű felkészítésére, és arra is, hogyan kell a növényzetet gondozni a repülőtéren és annak körzetében.

<http://www.int-birdstrike.com>

Bulletin of the American Meteorological Society, 2006. január

Gyuró György

HELYESBÍTÉS

A Légekör 2006.4. számának 34. oldalán a 6. ábra felső és alsó fele felcserélődött. Ugyanezen az oldalon a labilitási indexek C betűi elől lemaradtak a ° jelek. A hibákért az olvasók és a szerző elnézését kérjük. (A szerk.)

A felszín-légkör kölcsönhatások számszerűsítése kombinált talajnedvesség-előrejelző modell segítségével

Modellezés és oktatás

Napjainkban a korszerű időjárás-előrejelzés elképzelhetetlen a numerikus vagy más néven számszerű előrejelzési modellek eredményei nélkül. Ezek a modellek a légkör későbbi állapotait számszerű formában, egzakt módon adják meg hidrodinamikai és termodinamikai összefüggések matematikai absztrakciói alapján. Az előrejelzések pontossága erősen függ a fizikai folyamatok leírásának pontosságától, azaz az alkalmazott matematikai absztrakcióktól, vagy más néven a parametrizációktól. A modellezés haszna nemcsak a rendszer későbbi állapotainak előrejelezhetőségében rejlik, de a folyamatok mélyebb megértéséhez is hozzájárul.

Az ELTE TTK meteorológus szakán, az agrometeorológia tárgy gyakorlati feladataként két felszín-légkör modell megalkotása is szerepel. Az első feladat egy determinisztikus, diagnosztikai felszín-légkör modell létrehozása, amely a Penman-Monteith koncepcióra* épül és alkalmas a talaj-növény-légkör rendszer energia- és anyagáramainak számszerűsítésére, illetve a rétegződést jellemző stabilitási paraméter – a Monin-Obukhov-féle karakterisztikus úthossz* – megadására, állandó talajnedvesség értékek mellett. A második feladat egy talajnedvesség előrejelző modell megalkotása, amely a Richards egyenleten alapul, és az energia- és anyagáramok alapján prognosztizálja a talajnedvességet, neutrális rétegződés esetén. A továbbiakban ezt nevezzük egyszerű talajnedvesség modellnek. Kézenfekvőnek tűnt a két modell összekapcsolása, és az így kapott kombinált talaj-növény-légkör modell vizsgálata. A vizsgálatokat az egyszerű és a kombinált modell eredményeinek összehasonlításával, különböző parametrizációk és talajszerkezetek alkalmazása mellett végeztem el. Mivel a munka során nemcsak a konkrét feladatok egyszerű megoldására koncentráltam, ezért a fizikai tartalom értelmezése mellett a modellezés szépségeinek, illetve buktatóinak részletes megismerésére is alkalmam nyílt.

Kezdeti és határfeltételek megadása és a Monin-Obukhov-féle úthossz

A fenti modellekkel folytatott kísérletek során mind a hőáramok, mind a talajnedvesség kiszámításához kezdeti és határfeltételekre van szükségünk. A futtatás indításakor meg kell adni a talajnedvesség kezdeti értékét különböző nedvességi karakterisztikáknak megfelelően, illetve a felszínre vonatkoztatott határfeltételeket különböző felszíntípusok esetén. A felszíni határfeltételeket jelen esetben a talajra és növényzetre vonatkozó állandó karakterisztikák

képezték. Ezeket a vizsgálandó talajtextúrának megfelelően definiálhatjuk, így gyakorlatilag minden előforduló talajféleséget modellezni tudunk. A modellnek szüksége van – minden időlépcsőben – a légköri határfeltételekre is, melyek a braunschweigi szinoptikus állomáson mért 1992-es adatsorból származtak.

A légköri és a felszíni határfeltételek megadása még nem elegendő a Monin-Obukhov-féle karakterisztikus úthossz (a továbbiakban L_{mon}) és az általa jellemzett légköri rétegződés egyértelmű meghatározásához, mivel kiszámításához szükség van a turbulens hőáramok értékeire, amelyek L_{mon} függvényei, így az energiaáramokat számszerűsítő egyenletrendszer megoldása hagyományosan nem állítható elő. A probléma kezelésére iterációs eljárást kell alkalmaznunk, azaz neutrális rétegződés mellett számítani kell L_{mon} értékét, azt behelyettesítve az egyenletrendszerbe kiszámítani a hő-áramokat, majd az azokból számított újabb L_{mon} értéket visszahelyettesítve addig ismételni az eljárást a megfelelő rétegződés figyelembevételével, amíg nem teljesül a klasszikus konvergencia kritérium.

$$\forall \varepsilon > 0 \quad \exists N \in \mathbb{N} : |a_n - \alpha| < \varepsilon \quad \forall n \geq N$$

Jelen esetben a fenti összefüggés az

$\forall \varepsilon > 0 \quad \exists N \in \mathbb{N} : |L_{mon,n} - L_{mon}| < \varepsilon \quad \forall n \geq N$ alakot ölti, ahol $L_{mon,n}$ az n -edik iterációs lépés eredményeként kapott Monin-Obukhov-féle hossz, L_{mon} pedig a sorozat határértéke, azaz a meghatározandó Monin-Obukhov hossz. Az ε tetszőlegesen kicsi számot mi határozzuk meg, befolyásolva ezzel az iteráció pontosságát (a bemutatásra kerülő modell $\varepsilon = 10^{-4}$ -nel számol). A tapasztalataim szerint a konvergencia erősen függ a légköri állapothatározók értékétől, vagyis eltérő számú iterációs lépést kell alkalmaznunk különböző időjárási helyzetek esetén. Az is előfordulhat, hogy az eljárás nem konvergens, tehát divergens illetve ennek egy speciális esete, azaz oszcilláló. Ezekben az esetekben alkalmazhatunk iteráció stabilizálást, így elérhetjük, hogy az iteráció konvergens legyen. Ebben a modellben az egyszerű, ún. alulrelaxálást (Szatmáry, 2005) alkalmaztam. Lényege, hogy ha egy előre meghatározott indexig (a modellben $n = 30$) nem teljesül a konvergencia kritérium, akkor a következő iterációs lépésbe az $L_{mon,n}$ helyébe a két előző lépésben kapott eredmény számtani közepét helyettesítjük, azaz

$$L_{mon,n+1} = \frac{L_{mon,n} + L_{mon,n-1}}{2}.$$

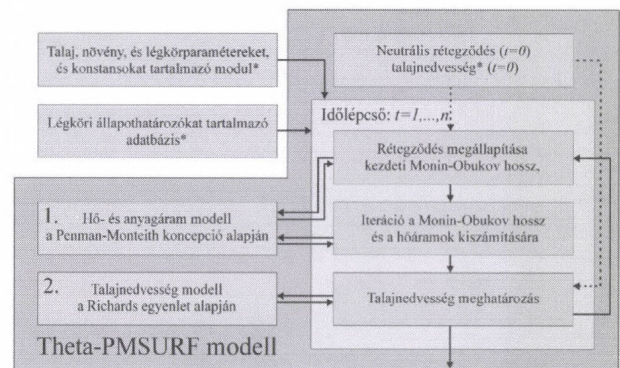
Az iteráció eljárás stabilizálása az alulrelaxálás módszerével általában már 2-3 további lépés után konvergenciához vezet, azonban az eredményt óvatosan kell kezelni.

Megvizsgálva az egyszerű és a stabilizált iterációval kapott végleges L_{mon} értékek eltérését csupasz, illetve növényzettel borított talaj esetén, a következőket tapasztaljuk. Az eltérések kicsik, leggyakrabban 10^{-5} és 10^{-4} közé esnek, azaz összemérhetők az iteráció pontosságával. Az iterációs eljárás kezdeti feltételekre való érzékenysége nem befolyásolja nagymértékben modellünk működését, hiszen a Monin-Obukhov karakterisztikus úthosszat modellünkben elsősorban a légköri stabilitás jellemzésére használjuk, azaz a rétegződés neutrális, stabilis, illetve instabilis jellegére következtetünk nagyságából. A vizsgálatok során nem fordult elő olyan eset, amikor az iteráció stabilitása befolyásolta volna a helyes rétegződés megállapítását, azaz az approximáció során egyik esetben sem változott a rétegződési kategória. Hogy miért ennyire fontos a rétegződés jellegének figyelembe vétele a kombinált felszín-légkör modellben, azt a következőkből meg tudhatjuk.

A Theta-PMSURF felszín-légkör modell

Ahogy az a bevezetőből is kiderült, a kombinált (Theta-PMSURF) modell egy talaj-növény-légkör rendszer energia- és anyagáramait számszerűsítő, és egy talajnedvesség előrejelző modell összekapcsolásával született meg. Mivel a Légkör című folyóirat hasábjain számos írás jelent meg mindkét modellel kapcsolatban, ezért nem részletezném azokat, csak főbb jellemzőiket, és az általam végzett módosításokat említeném. Az első modell a Penman-Monteith koncepcióra épül, és alkalmas a talaj-növény-légkör rendszer energia- és anyagáramainak számszerűsítésére, és a rétegződést jellemző stabilitási paraméter – a Monin-Obukhov-féle karakterisztikus úthossz – megadására, állandó talajnedvesség értékek, különböző talajparaméterek, csupasz, illetve növényzettel borított felszínek mellett (Czúcz és Ács, 1999; Ács és Drucza, 2003; Hágel és Ács, 2003). Ennek a modellnek az a hátránya, hogy a talajnedvesség állandó értéként van definiálva, pedig az – mint látni fogjuk – nem tekinthető konstansnak. A második egy talajnedvesség előrejelző modell, amely a Richards egyenleten alapul, és a csupasz talaj energia- és anyagáramai alapján prognosztizálja a talajnedvességet, neutrális rétegződés esetén. A második modell esetében többféle parametризációt alkalmazhatunk a felszíni ellenállás, illetve a talajrétegek közötti vízvezető-képességek átlagának kiszámítására (Ács és Lőke, 2001; Ács és társai, 2005). A felszíni ellenállás számítására Sun (1982), illetve Dolman (1993) empirikus formuláit használhatjuk, míg a talajrétegek közötti vízvezető-képesség átlagait képezhetjük súlyozott számtani, illetve mértani átlagolással. Ennek a második modellnek az egyik hiányossága, hogy neutrálisnak tekinti a rétegződést, így a légköri paraméterek által leírt (valóshoz legközelebb álló), és a modell által feltételezett rétegződés nem konzisztens. A másik hiányosság az, hogy a Sun és a Dolman parametризáció egyaránt a

csupasz talajra vonatkozik, így a növényzettel borított talaj vizsgálatára nincs lehetőség. A fenti hiányosságok pótlása, és a két modell előnyeinek ötvözése motiválta a kombinált modell megszerkesztését, melynek sematikus működését az 1. ábrán látható blokk-vázlat szemlélteti.



1. ábra A kombinált modell sematikus működési vázlata

Futtatások

A futtatásokat különböző esetekre végeztem el, eltérő parametризációkkal, különböző talajtextúrák mellett, csupasz talaj esetén, egy adott kezdeti nedvességtérték ($0,18 \text{ m}^3/\text{m}^3$) mellett. A felszíni ellenállást Sun (1982) és Dolman (1993) összefüggései alapján, a talajvízáramok átlagait mértani és súlyozott számtani átlagolással parametризáltam. Sun empirikus formulájában a felszíni ellenállás

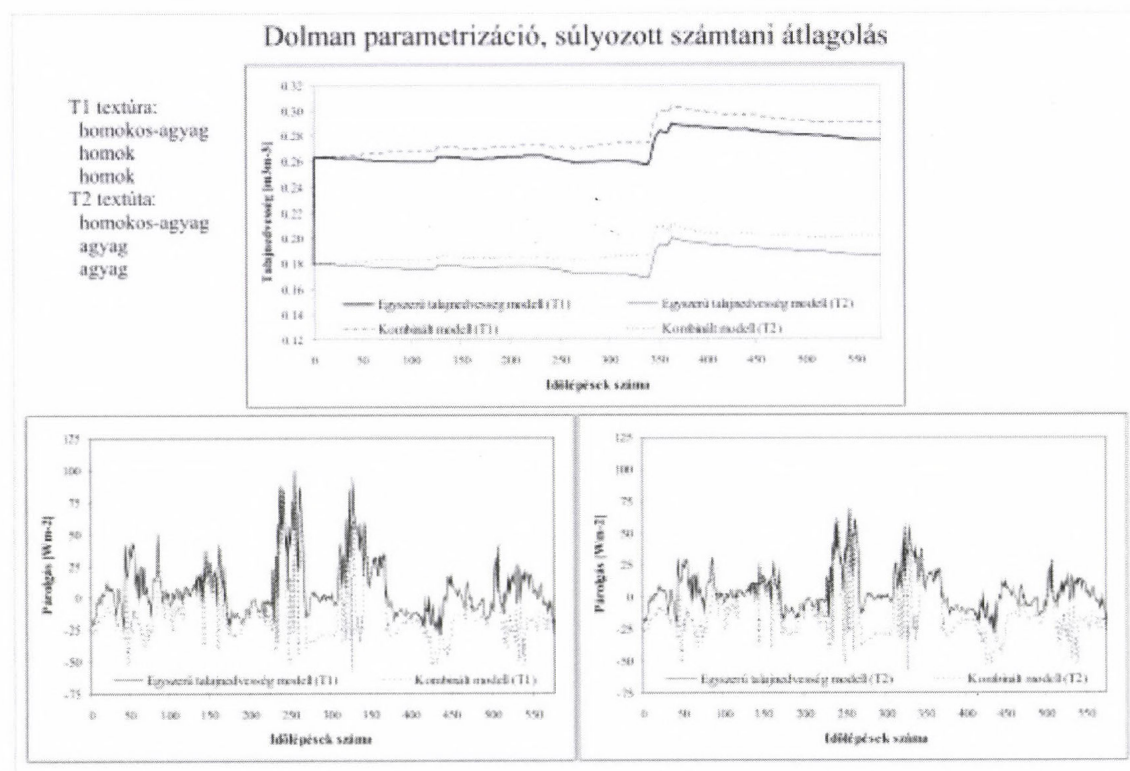
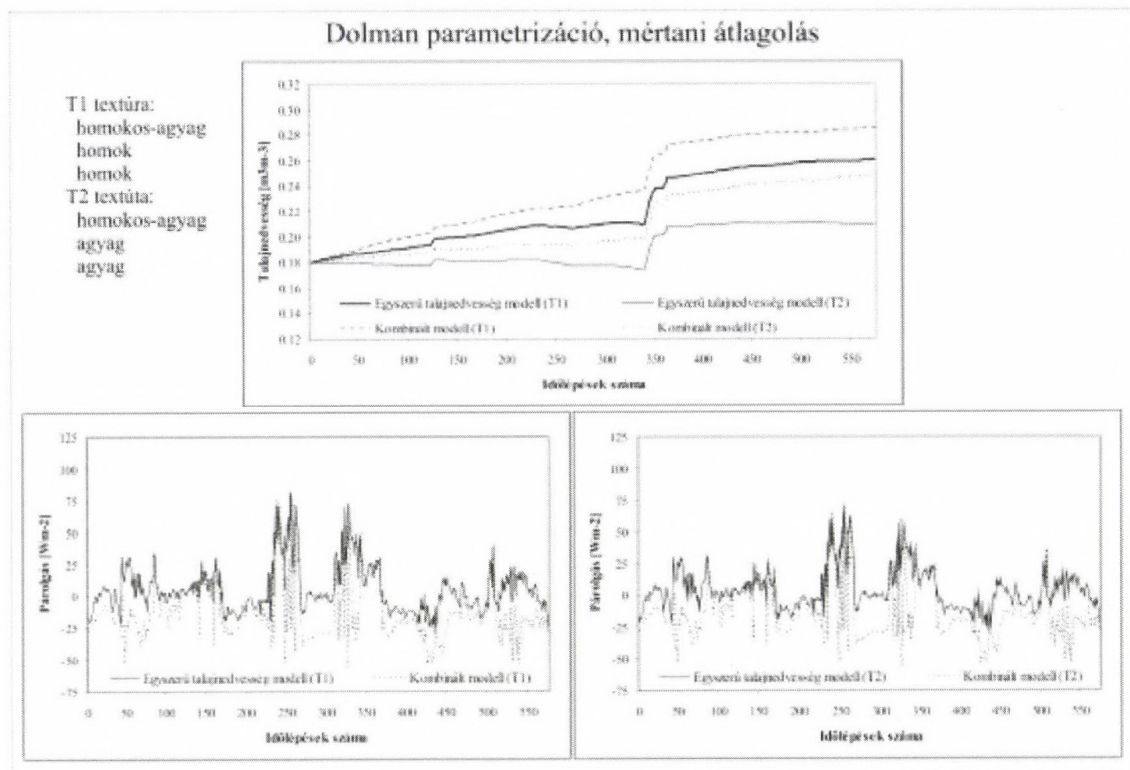
$$r_b = c_1 + c_2 \cdot \frac{\theta_{s1}}{\theta_1}$$
 alakban, míg Dolman összefüggésében az $r_b = c_2 \cdot \theta_1$ alakban írható. A képletekben c_1, c_2, c_3 konstansok, míg θ_{s1} és θ_1 a felszíni talajréteg telítési, illetve valódi talajnedvessége.

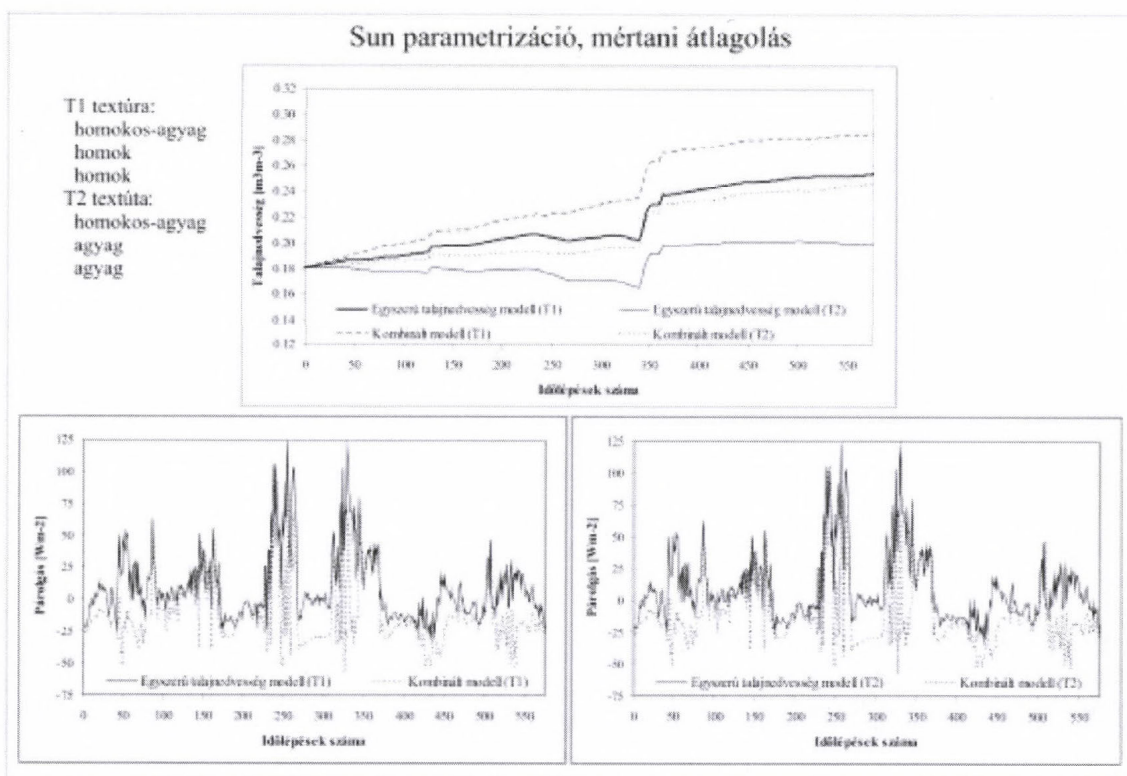
Ezeket a T1: Homokos-agyag, homok, homok, és a T2: Homokos-agyag, agyag, agyag textúra kombinációkra vonatkozóan vizsgáltam. Az így kapott eredményeket az egyszerű talajnedvesség modellel kapott értékekhez hasonlítottam.

Az összehasonlításból kiderül, hogy a kombinált modell és az egyszerű modell között a talajnedvesség-tartalom értékeiben csekély, a párolgási értékekben viszont jelentősebb különbségek vannak (2-5. ábra). A következőkben nézzük meg részletesen a két modell különbségeit, az alkalmazott parametризációk és a különböző textúrák függvényében.

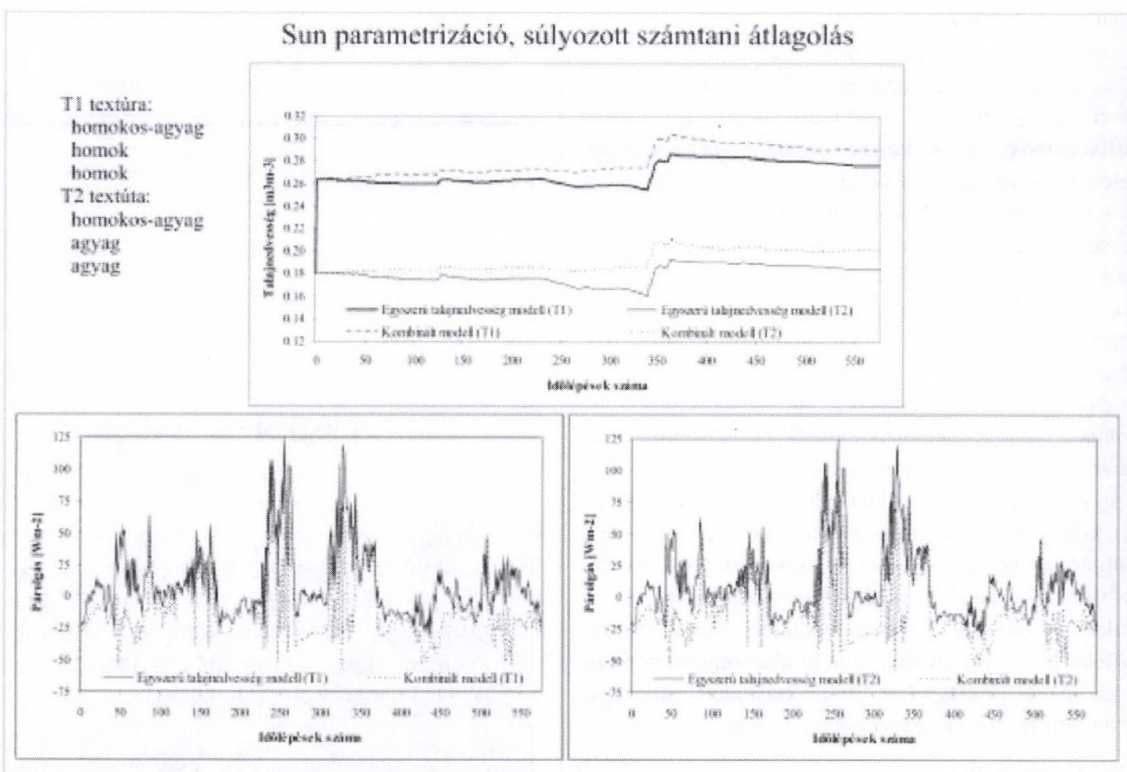
Az egyszerű és a kombinált modell eredményei

A kombinált modell a talajnedvességet minden esetben kisebbre becsüli, mint az egyszerű modell, tehát azonos textúrákat vizsgálva kisebb értékeket tapasztalunk. Minden esetben szembetűnő a modellek csapadékkal szembeni érzékenysége, melyet a 350. időlépcső környékén láthatunk az ábrákon. A különböző textúrák (T1, T2)





4. ábra Sun parametizációval számított talajnedvesség és párolgás értékek mértani átlagolással, különböző textúrák esetén



5. ábra Sun parametizációval számított talajnedvesség és párolgás értékek súlyozott számtani átlagolással, különböző textúrák esetén

hatása különösen a súlyozott számtani átlagolásnál érvényesül, hiszen itt látunk nagyobb eltéréseket (2. és 5. ábra). Az eltérés már az első időlépcsőben ugrásszerűen megnő, pedig csapadék ebben az időszakban nem hullott. Ezért sejthető, hogy a számtani átlagolás alkalmazása nem várt hibákat eredményez a talajnedvesség előrejelzésben. A mértani átlagolással kapott eredmények nem szenvednek ugrást az első időlépcsőben és a különböző textúrák, illetve modellek alkalmazása csak lassan növekvő, realisabb eltérést okoz. A Dolman (2. és 3. ábra), illetve Sun (4. és 5. ábra) parametrizációkkal kapott különböző eredmények esetén a különbség nem számottevő, csak a T2 textúrára alkalmazott egyszerű talajnedvesség modell eredményeinél szembetűnő.

Az egyszerű és a kombinált modell által számított párolgási értékek vizsgálata már nagyobb eltéréseket mutat. A kombinált modell szisztematikusan kisebb párolgási értékeket számít, mint az egyszerű modell. Az éjjeli időszakokban tapasztalható negatív párolgás, azaz a harmatképződés mértéke is nagyobb a kombinált modell esetében és ez megmagyarázhatja a vizsgálatok során tapasztalt nagyobb talajnedvesség értékeket is. A helyi viszonyoknak leginkább megfelelő parametrizáció kiválasztása az elvégzett kísérletek alapján még nem lehetséges, mivel nem állnak rendelkezésre mért talajnedvesség és párolgás adatsorok a verifikációhoz.

Összegzés és kitekintés

Az itt bemutatott kombinált modell alkalmas a talajnedvesség-tartalom, a rétegződés, és a Monin-Obukhov-féle karakterisztikus úthossz meghatározására, a légköri állapothatározók, és a kezdeti ($t=0$) talajnedvesség ismeretében. A verifikációs vizsgálatokhoz további kísérletekre lenne szükség, a légköri határfeltételeket, és a talajnedvesség értékeit is tartalmazó adatbázisokkal. A modell könnyen adaptálható a hő- és nedvességáramok, illetve a talajnedvesség-tartalom rácpont vagy rácsfelszín értékeinek számítására. Ebben az esetben lényegesen több kezdeti feltétel megadására lenne szükség (1. ábrán * -gal jelölt blokkokat érintő változtatások), de ezeket akár egy numerikus időjárás előrejelző modell analíziséből, vagy előrejelzéséből is származtathatnánk.

Összegzésképpen elmondható, hogy a talaj-növény-légkör kölcsönhatások leírásának bonyolult feladata megoldható, és pontossága csak a parametrizált folyamatok számától, a kezdeti feltételek pontosságától, és a numerikus módszerek kiforrottságától függ. Ennek bizonyítéka lehet ez a modell, amely alacsony numerikus költségek mellett, megfelelő módosításokkal akár egy légkör modell részeként is megállná a helyét.

Köszönetnyilvánítás

A kombinált modell fejlesztését, és ezt a tanulmányt az Agrometeorológia tárgy gyakorlatainak keretében

kezdtém. A munka szétfeszítette a követelményrendszer által meghatározott korlátokat, ezért a befejezéséhez nélkülözhetetlen volt a mentori vezetés. A biztatásért, és a gondos szakmai irányításért köszönettel tartozom Ács Ferencnek.

Balogh Miklós

Irodalomjegyzék

- Ács, F., 2004: A talaj-növény-légkör rendszer modellezése a meteorológiában: A növényi párolgás és a talaj kapcsolata, 7-68, ELTE
- Ács, F., Drucza, M., 2003: A rétegződés hatása a szárazföldi felszíni turbulens áramok intenzitására. *Légkör*, Vol. XLVIII, No. 2, 9-16.
- Ács, F., Geresdi, I., Horváth, Á., 2005: Numerikus vizsgálatok a talaj szerepéről a meteorológiában. *Légkör*, Vol. 50, No. 3, 27-32.
- Ács, F., Lőke, Zs., 2001: Biofizikai modellezés az agrometeorológiában. *Légkör*, Vol. XLVI, No. 3, 2-7.
- Czúcz, B., Ács F., 1999: A labilis rétegződés parametrizálása a PMSURF növénytakaró modellben: konvergencia vizsgálat empirikus módszerekkel. *Légkör*, Vol. XLIV, No. 2, 2-6.
- Dolman, A.J., 1993: A multiple-source land surface energy balance model for use in general circulation models. *Agric. Forest Meteorol.*, 65, 21-45.
- Hágel, E., Ács, F., 2003: A számítógépek alkalmazása az agrometeorológia oktatásban., *Légkör*, Vol. XLVIII, No. 1, 35-37.
- Sun, S.F., 1982: Moisture and heat transport in a soil layer forced by atmospheric conditions. M.S. Thesis, Dept. Of Civil Engineering, University of Connecticut, 72 pp,
- Szatmáry, Z., 2005: Mérések kiértékelése, BME.

Új könyv • Új könyv • Új könyv

A közelmúltban jelent meg dr. Horváth Ákos szerkesztésében és az OMSZ kiadásában

A légköri konvekció

című kiadvány.

A benne szereplő hat – hazai szerzők által írt – tanulmány a légköri konvekcióra vonatkozó legfontosabb ismereteken túl elsősorban a hazánkban előforduló konvektív jelenségek (szupercellák, multicellás zivatarok, stb.) részletes elemzésével foglalkozik.

A kiadvány korlátozott példányszámban az OMSZ könyvtárában megtalálható.

Nem mezociklonális tornádók Magyarországon

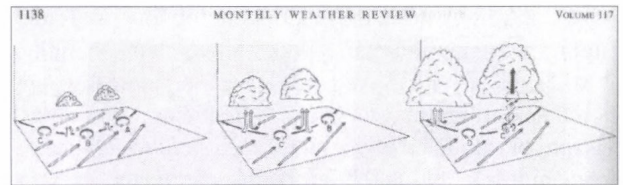
Bevezetés

A szupercella potenciálisan a legveszélyesebb zivatarfajta. Az ilyen zivatarok az esetek jelentős részében 90 km/ó feletti széllekeket, 2 centiméteres jégméretet meghaladó jégesőt, felhőszakadást okozhatnak, és tornádót is hordozhatnak. Szupercella az erőteljes feláramlások és a szélnyírás kölcsönhatásaként alakul ki, melynek következtében függőleges tengely mentén forgó zivatarfelhő jön létre. A szupercellás zivatar legfőbb jellemzője az örvénylő mezociklon, ill. a hozzá kapcsolódó frontális jellegű struktúra. A mezociklon okklúziós frontjának végén megjelenhet a tornádó. 80–100 magyarországi szupercellás eset vizsgálata után elmondható, hogy a középszintű (kb. 3–6 km) mezociklon kialakulásához legalább 15 m/sec 0–6 km-es szélnyírás szükséges, elegendően nagy labilitási feltételek mellett. A tornádókat kialakító környezeti viszonyok között – a mezociklon megléte mellett – a jelentős, legalább 10–12 m/s 0–1 km-es szélnyírás és az alacsony emelési kondenzációs szint a kiemelendő. Mindez jól egyezik a külföldi (jórészt amerikai) szakirodalomban, esettanulmányokban, feldolgozásokban szereplő értékekkel.

Tornádók azonban nemcsak mezociklonhoz kapcsolódhatnak, attól függetlenül, az előbbiektől jelentősen eltérő környezeti feltételek mellett is kialakulhatnak. Cikkünkben 3 (bizonyítottan) tornádós és 3 felhőtőlcséres esetet tárgyalunk, melyek egyike sem mezociklonális eredetű. Mindegyik alkalomról fényképes dokumentáció és eseménybeszámoló áll rendelkezésre. A megfigyelések, fotók és a videók nagy része a metnet.hu meteorológiai internetes oldal vizuális észlelőhálózatának tagjaitól származik.

Nem mezociklonális tornádó környezete, jellemzői

Kialakulásukhoz lassan mozgó, vagy tartósan egy helyben álló talajközeli konvergencia szükséges, amely fölött a tömegmegmaradás törvénye miatt feláramlások alakulnak ki. A horizontális szélnyírás következtében a konvergenciavonal mentén vertikális tengelyű örvények jöhetnek létre. Erőteljes feláramlással párosulva az ilyen örvény függőlegesen megnyúlik, az örvény sugara csökken, és az impulzusmomentum megmaradása értelmében tornádó erejű forgás fejlődhet ki. Fontos hangsúlyozni, hogy az örvény a talajról terjed felfelé, és a tornádót nem előzi meg magasabb szinteken mezociklon létrejötte. A tölcserfelhő viszont a mezociklonális tornádókhoz hasonlóan először a felhő alapja közelében jelenik meg, mivel az örvényben a csökkenő nyomás először ezen a szinten okozza a vízgőz kondenzálódását (1. ábra).

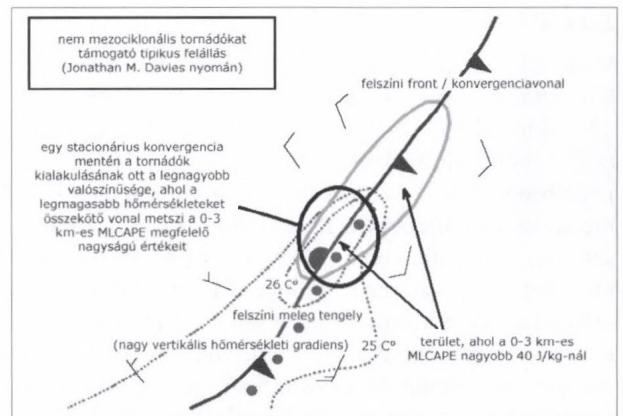


1. ábra. Nem mezociklonális tornádó életciklusa. Ott, ahol a nagy alacsony szintű labilitás okozta erős feláramlás egybeesik a markáns konvergencia által kialakított vertikális tengelyű örvénységgel, tornádó is kialakulhat (forrás: Wakimoto and Wilson, 1989)

Ahhoz, hogy tornádóról beszélhessünk, nem szükséges, hogy a kondenzációs tölcser elérje a talajt, elég, ha a sebesen örvénylő légoszlop látható nyomot hagy a felszínen felkavarodó törmelék formájában. Ezután a károsítás nagysága alapján következtetünk a tornádóban kialakult szélességre és jellemezzük a Fujita-skála vagy a TORRO-skála szerint.

A nem mezociklonális tornádókról elmondható, hogy általában gyengébbek mezociklonális társaiknál, de extrém labilitás esetében akár az F3-as kategóriát is elérhetik. A 2005. július 17-i tyukodi tornádó pl. F2-es erősségű volt. További jellemzőként említhető, hogy az ilyen helyzetek stacionárius jellege miatt a kialakuló tornádó tartósabban pusztíthat egy adott területen. Bár szupercellák között is előfordulhat olyan, amelyik szinte egy helyben áll (pl. 2005. július 1-én Dombóvárnál és Kalocsánál), azonban a szélvektorok ehhez szükséges vertikális elrendeződése elég ritkán valósul meg. A mezociklonális tornádók gyakran jelentősebb sebességgel haladnak, együtt a mozgó szupercellával.

Nem mezociklonális tornádók konceptuális modellje



2. ábra. Stacionárius konvergencia mentén a tornádók kialakulásának ott a legnagyobb a valószínűsége, ahol a legmagasabb hőmérsékleteket összekötő vonal metszi a 0–3 km-es CAPE megfelelő nagyságú értékeit (forrás: Jonathan Davies, 2003)

A 2. ábrán látható összetevők közül alapvető a tartós, markáns konvergenciavonal jelenléte, ill. az alsó 3 km labilis légrétegződése. A labilitást többféleképpen is megközelíthetjük. A legegyszerűbb esetben vizsgálhatjuk pl. a 2 m-es hőmérsékletet, megpróbálhatjuk felderíteni annak maximumát. Tovább lépve elemezhetjük a 2 m-es és az 1, 2, vagy 3 km-es légrétegek közti hőmérsékleti gradienst. Ez már többet elárul a labilitási viszonyokról, de a nedvességről még nem tartalmaz információt. A leginkább árulkodó paraméter ezért a CAPE, melyet a termodinamikai diagramon ábrázolva a talajról indított légréz termodinamikai útja és a környezet hőmérséklet profilja által bezárt terület alapján kapunk meg. Mivel a légréz útját a harmatpontja is befolyásolja, a CAPE teljesebb képet nyújt a labilitásról. Végül soron a nem mezociklonális tornádók szempontjából kritikus légréteg az alacsonyabb szinteken helyezkedik el, mivel a konvergencia örvényei is itt találhatók, így a 0–3 km-es CAPE (a CAPE alsó 3 km-es szakasza) jelenti a leginkább használható mutatót. Nem mellékesen a kicsi vagy nem kimutatható CIN (tiltási energia) is hozzájárul, hogy ne fogja vissza záróréteg a konvekciót, és így módon jelentős felhajtóerővel rendelkező, akadálytalanul fejlődő erős feláramlás jöjjön létre.

A kialakult konvektív felhőzetnek és a radaron megfigyelt csapadéknak egyfelől indikátor szerepe van: kelően nedves környezetben közvetve az erős feláramlásra engednek következtetni, másfelől viszont a csapadék keltette kiáramló hideg levegő kifutószél frontja az eredeti konvergenciavonalat metszve növelheti a feláramlás erősségét, valamint fokozhatja az örvényességet, kiemelten alkalmassá téve az adott területet nem mezociklonális tornádók keletkezésére.

A következő fejezetben hat olyan felhőtölcséres vagy tornádós esetet mutatunk be, ahol bizonyíthatóan nincsenek meg a feltételek mezociklon kialakulásához és a tornádók attól függetlenül mégis kialakultak.

Esetek

Mind a hat esetről a beszámolók mellett fényképes dokumentáció is készült, amelyek egyértelműen bizonyítják a tölcsefelhő vagy tornádó jelenlétét. A fényképeknek a felhőzeti struktúra feltérképezése miatt is nagy jelentősége volt. A vizsgálathoz az európai szinoptikus, mezo- és cq-térképeken, ill. radarméréseken túl rádiószondás felszállásokat, GFS és ECMWF modell mezőket is figyelembe vettünk. Mivel modell temp előrejelzés nem állt rendelkezésünkre, ezért a bekövetkezett esemény helyére és idejére vonatkozóan az eseményre reprezentatívnak tekinthető mért rádiószondás felszállást a főzobárszintek előrejelzett modell eredményeivel módosítottuk úgy, hogy figyelembe vettük az eseményhez legközelebbi óránkénti 2 méteres hőmérséklet és harmatpont méréseket.

2006. augusztus 7.

Beszámoló (forrás: metnet.hu)

Helyi idő szerint nem sokkal 13 óra után tornádót figyeltek meg a Velencei-tó környékén

„ (...) arra lettem figyelmes, mintha füst lenne, csak éppen a felhő felől képződött. Eleinte széles rendezetlen volt, és pillanat alatt elkezdett forogni. Majd egészen leért a földig, de ekkor már elkeskenyedett. Ekkor hirtelen eltűnt az alja, majd K-i irányba próbált törni ferdén a föld felé. Ekkor hirtelen feloszlott, és még egyszer volt egy gyenge próbálkozás. Aztán hipp-hopp mintha ott se lett volna, minden eltűnt, semmi örvénylés. Az egész max. 5 másodpercig tartott (...) meglepő volt, hogy dörgést csak a tornádó után fél óra múltán hallottam és nem is sokat (...) ”



Meteorológiai jellemzők

Középpontjával (Moszka-Minszk között félúton) a Kelet-európai síkság nyugati része felett elhelyezkedő öregedő ciklon visszahajló okklúziós frontja Lengyelországon, Magyarországon át egészen az Adria északi részéig húzódott. A mezo-térképeket és az óránkénti cq-térképeket áttekintve az okklúziós front könnyen analízálható nyomási teknője már az esemény előtt 2–3 órával, ill. azt követően is közel ugyanott volt, tehát kb. Vác-Székesfehérvár-Nagykanizsa vonalában. A légkör nagy magasságig meglehetősen nedves volt, az országtól északra minden szinten zárt izohipszákkal rendelkező alacsonynyomású terület volt megfigyelhető a magassági térképeken. A 20 °C-os hőmérsékletű és 15 °C-os harmatpontú légréz termodinamikai útját követve viszonylag labilis légállapot adódott. A teljes CAPE kb. 350–400 J/kg-ig emelkedett, a legnagyobb hőmérsékleti gradiens pedig 0–1 km-en volt (0.8 fok °C/100m). A szélnyírás a modell analízisek alapján ugyan nyugat felé növekedett, de Székesfehérvár környékén még csak kb. 7 m/s 0–1 km-es és 10 m/s-os 0–6 km-es szélnyírás lehetett. A fényképeken szupercellára utaló struktúra nem látszik, csak záport

adó gomolyok láthatók, hosszan a konvergencia vonalát követve, viszonylag vékony sávban elnyúlva. Ezen szélnyírási értékek a labilitási mutatókkal összevetve még hazai tapasztalatok alapján sem elegendőek szupercella kialakulásához, összességében nincsenek meg a feltételek mezociklonális tornádóhoz.

Az okklúziós front mentén 11:00-tól 11:30-ig a radarképeken a Velencei-tó déli partján egy kis méretű 25–30 dBz-s jel tűnik fel, mutatva a legerősebb cella helyét a konvergencia mentén, majd két órával később pontosan ugyanott 13:00 és 14:15 között szintén megjelent az előbbinél már erősebb 30–35 dBz-s cella, amely 13:15-kor volt a legnagyobb intenzitású. A tubát, tornádót ekkortájt figyelték meg ezen a helyen. A helyzet érdekessége, hogy az alacsonyabb szintek feltételei az említett két órán belül gyakorlatilag változatlanok voltak, 850 és 700 hPa-os szinten kis mértékű melegedvekció ment végbe a délelőtti órákban a Dunántúlon. Az okklúzió mentén a reggeli órákban Siófoktól délre egy erősebb cella megjelent, de ezt leszámítva csak itt alakultak ki záporok.

2006. július 3.

Beszámoló (forrás: metnet.hu)

Tubákat figyeltek meg Szolnoktól D-re, Mezőtúrtól NY-ra

„(...) 3 db felhőtölcsérünk volt tőlünk kb. 12–15 km-re. (...) Az első elég kicsi volt, kb. 3–4 percig tartott, nem is voltam biztos benne, hogy egyáltalán felhőtölcsér-e. A második 15–20 percig tekergett, úgy 2/3-ig nyúlt le a felhőből (a felhőalap 1000–1100 m körül lehetett, úgyhogy a ferdesége miatt kb. 6–700 m hosszú volt, mindenhol ugyanolyan vastagságú), a harmadik viszonylag gyorsan vékonyodó 5 perces szépség volt (...) az erős Cu2, Cb3 felhő alján.”

14:49-kor az OMSZ központjába speci távirat érkezett: Szolnokon felhőtölcsért látnak.



Meteorológiai jellemzők

Anticiklon déli peremén több napon keresztül Európa térképén is jól analizálható módon határozott konver-

genciavonal húzódott Törökországtól kezdve Görögországon, Albánián és Magyarországon át. A magassági térképeken a szélnyíráss 0–6 km-en és 0–1 km-en teljesen hiányzik, a talajról induló légréteg labilitási értékei Szolnok környékén a legnagyobbak az országban. Már az eseményt megelőzően is itt volt mérhető a környék legmagasabb 2 méteres hőmérséklete és harmatpontja, továbbá a konvergenciavonal több órára visszamenőleg egy helyben állva Szolnok közelében húzódott. Hasonlóan magas harmatpontok fordultak elő Szolnoktól dél-nyugatra más állomásokon is, a konvergenciától észak-keletre éles harmatpont csökkenés figyelhető meg. A mintegy 2.5–5 m/s-os szél a vonal két oldalán egymással szembe fúj az esemény órájában. 0–2 km-en a hőmérsékleti gradiens 0.95 fok/100m, a CAPE főként az alsó 2–2.5 km-en nagy, a teljes CAPE 300–400 J/kg körüli.

A reggeli óráktól kb. Békéscsaba-Szolnok-Eger vonalon elhelyezkedő konvergencián 14:00-kor egy 35 dBz-s zápor jelenik meg, amely 13:45-kor Szolnoktól délre 35–40 dBz-vel a legerősebb. Ezen a napon a konvergencián Magyarországon máshol nem jelenik meg konvektív csapadék. Ez is jelzi, hogy az ország többi részéhez képest itt volt a legnagyobb labilitás.

2006. június 3.

Beszámoló

17:40 körül tubákat lehetett megfigyelni Hevestől dél-nyugatra

„Du. 17 óra után Hevestől nyugatra ÉNY-DK irányú vonal mentén sorban alakultak ki zivatarok, melyek É-D irányba vonultak. 17:40-kor DNY irányban egy fejlődő zivatarfelhő alatt, kb. 10 km távolságra (Kb. Jászapáti térségében) kialakult egy vékony, enyhén dőlt, viszonylag hosszú felhőtölcsér, amely a felhőalaptól kb. 1/3 részben közelítette meg a talajt. A tölcser kb. 4–5 perc után eltűnt, kb. 5 perccel később a helyén két rövidebb tölcser jelent meg egymás mellett. Ezek kb. 3–4 perc után megszűntek, majd a felhőből látszó csapadéksáv eltakarta a felhőalapot, ill. a horizontot. A szomszédos cellák alján is megfigyelhető volt határozott örvénylő mozgás: az alacsony szintű, kb. azonos magasságú felhők a cella NY-i oldalán D-i irányba, míg K-i oldalán alig mozogtak a talajhoz képest.”

Meteorológiai jellemzők

Ez az eset a 2006. augusztus 7-éhez esethez hasonló, az okklúziós pont azonban pár 100 km-rel délebbre volt. A ciklon visszahajló okklúziós frontját kb. a Békéscsaba-Szécsény vonalban lehetett analizálni a nap nagy részében, a szélfordulás a délutáni óráktól lett egyre számottevőbb. 17 órakor a vonal két oldalán egymással szembe fújó szelet mértek szinte mindegyik állomáson, a szélsébség átlagosan 2.5 m/s volt az összeáramlás mindkét

felén. A felszállást a poroszloi adatokkal indítva a teljes CAPE 300–400 J/kg-nak adódik, ahol egyébként már az eseményt megelőző órákban a hőmérséklet és a harmatpont a legmagasabb volt a konvergencia mentén ill. országosan is. Az alsó 1–1.5 km-en volt a legnagyobb a labilitás, 0–1000 m között 1.2–1.3 °C/100m hőmérsékleti gradiens jelentkezett.

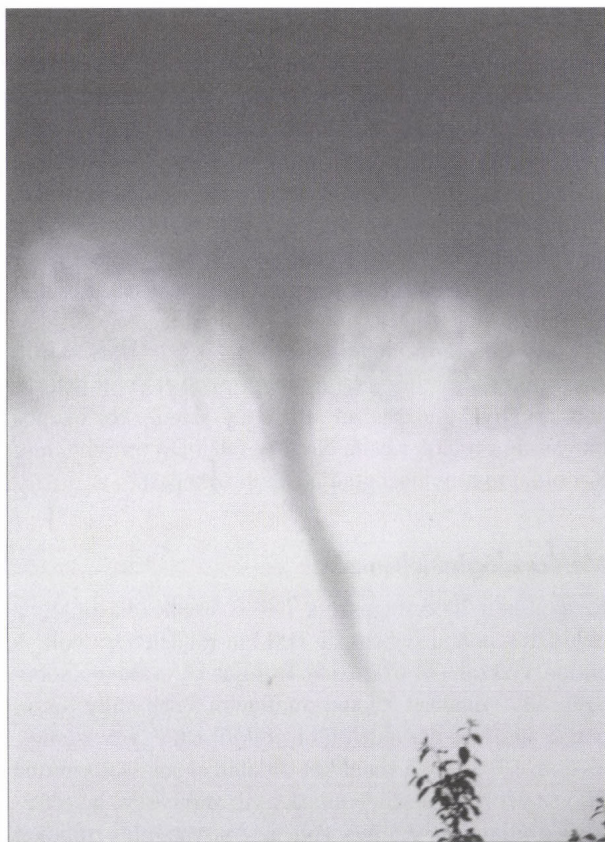
Heves környékén 45–50 dBz-s zivatarok is kialakultak a konvergenciazónában. A radarkép alapján az egyes zivatarcellák rövid életűek, inkább az egycellás, gyenge multicellás jelleg a meghatározó. A 0–6 km-es szélnyírás 10–12 m/s, 0–1 km-en 7 m/s alatti, a radar alapján egyértelműen kizárható a szupercella megjelenése, ill. ezek az értékek egyébként sem elegendőek mezociklon kialakulásához.

2006. május 11.

Beszámoló

Tornádó pusztított Medgyesegyháza, Nagybánhegyes környékén

A híradások szerint a legnagyobb kár Nagybánhegyesen egy temetőben történt, a kár 1–2 millió forint. A sírkertben sírok törtek össze, és két 60–70 centiméter átmérőjű, 10 méter magas, védett egészséges fenyőfát csavart ki a szél, a házaknál is keletkeztek károk. A híradások máshonnan nem jelentettek pusztítást. A MetNet észlelői egymástól függetlenül több képet küldtek magáról a tölcseről.



Meteorológiai háttér

A korábbi esetekhez hasonlóan a Fekete-tenger nyugati partja fölötti okklúziós ponttal elhelyezkedő ciklon okklúziós frontja Románia déli részén át egészen az ország délkeleti részéig húzódott. A konvergencia kb. Debrecen-Békéscsaba-Szeged vonalában helyezkedett el tartósan, melynek két oldalán a déli órától a késő esti órákig 180 fokos széliránykülönbség volt megfigyelhető. A teljes CAPE 300 J/kg körüli, az alsó 2 km-en a legnagyobb hőmérsékleti gradiens 0.95 °C/100m. A konvergencia vonalával átfedésben az ország legmelegebb és legnedvesebb levegőjű területe helyezkedett el itt. 0–6 km-en 10 m/s, 0–1 km-en pedig jelentéktelen volt a szélnyírás.

Radaron 15:45-kor Nagybánhegyes környékén kipatant egy 50–55 dBz-s cella, amely 16 óra után gyengült, majd utána a 2 km-es felbontású radarképen alig látható 40–45 dBz közötti, igen kis méretű radarchó jelent meg Nagybánhegyes fölött, amely 17 óra után gyengült és eltűnt.

2005. június 10.

Beszámoló (forrás: metnet.hu)

Ugyanazon konvergenciavonal mentén egymástól függetlenül 3 óras eltéréssel F0-s tornádót figyeltek meg Mezőtúrról és Kunszentmártonról

„(...) délután 4 körül, ÉÉNY-ra kb. 20 km-es távolságban láttam egy felhőtölcsért. A tölcser vége a felhőalapról a földfelszín felé 1/4 mélységig nyúlt le és kb. 5 percig tartott. A tölcser folytatásaként halványan, nem összefüggően, egészen a felszín közeléig látszott egy csík. (...) Miután visszahúzódott a tölcser, megereszkedett a zápor (...)”

Meteorológiai háttér

Okklúziós pontjával Ukrajna északkeleti részén elhelyezkedő ciklon okklúziós frontja Lengyelország déli részén, ill. Szlovákián át Magyarország délkeleti részéig húzódott. A vonal mentén, az eseményt megelőzően két órával a szolnoki állomás környékén volt a legmagasabb hőmérséklet és harmatpont. A konvergenciavonal gyakorlatilag egész nap egy helyben helyezkedett el. A teljes CAPE 100–150 J/kg körüli volt, nagyobb része az alsó 1 km-en helyezkedett el. A 0–3 km-en belüli legnagyobb hőmérsékleti gradiens 0–1 km-en fordult elő: 0.95 °C/100m. 0–6 km-en a szélnyírás 10 m/s-os, 0–1 km-en pedig minimális értékekű.

Radaron 25–30 dBz-s záporok jelentek meg Mezőtúrtól ÉÉNY-ra. Erősebb cellát nem lehet kiemelni 2 km-es radarfelbontás mellett, Kunszentmártonnál a megfigyelés időpontja környékén azonban megjelent egy erősebb 35 dBz-s cella. A helyzet kiemelt érdekessége, hogy Mezőtúrtól 20 km-re ÉÉNY-ra 16 óra után pár perccel, míg Kunszentmártonban 19:10-kor figyelték

meg és fényképezték le a tornádót. A két település egymástól kb. 35–40 km-re fekszik, és mintegy 3 óra időbeli eltérés van az események között. Egyértelmű, hogy teljesen különböző tornádókról van szó.

2005. július 17.

Beszámoló

E napon Tyukodon egy F2-es nem mezociklonális tornádó pusztított, látványosan demonstrálva, hogy nemcsak szupercellák és mezociklonális tornádók képesek jelentős károkozásra. Egy kb. 90 mázsás terményszárító felemelkedve 5–6 métert sodródott, a fákat, palákat, cserepeket pedig nem a szokványos módon fújta a szél, hanem felfelé szívódtak. A félelmetes hanggal és homokszíni fürgeteggel érkező tornádó a felszín közelében legszélesebb állapotában kb. 30 méter lehetett, és a 200 méter körüli hosszúságú pusztítási zóna környezetében nagyjából 100 méteres távolságban dobálta szét a törmelékét.

Meteorológiai háttér

Skandinávia déli része feletti középponttal egy ciklon hidegfrontja húzódott Észtország, Ukrajna nyugati részén, Magyarországon át északkelet-délnyugati irányba. Ez a gyenge hidegfront csak lassan helyeződött át a nap folyamán. A helyzet érdekessége, hogy az ország nagy részén közel 100 J/kg nagyságú CIN volt az 1500 és 2500 méteres légrétegek között, így az ország jelentős részén nem is alakult ki zivatar (tapasztalat szerint általában a néhány km-es magasságban előforduló 100–125 J/kg fölötti CIN esetén kicsi az esély a mély konvekcióra). Kivételt csak a Balaton nyugati részén áthaladt szupercella jelentett, amely 15 m/s 0–6 km-es szélnyírásban fejlődött ki, és a konvergencia mentén képes volt áttörni az inverziót. A szupercella igen nagy pusztítást, helyenként 5–6 cm átmérőjű jégesőt is okozott, 25–30 épületnél a teljes tetőszerkezetet ki kell cserélni. Az ország keleti, északkeleti részén azonban a 0–6 km-es szélnyírás nemigen haladta meg 10 m/s-ot, a CAPE értékek pedig kb. 300–400 J/kg között alakultak, jóval alatta maradtak a balatoni szupercellára jellemző értékeknek. A CAPE vertikális elrendeződése azonban az alsó 0–3 km-es részen mutatta a labilitás jelentős részét. A tornádó 18 óra körül alakult ki, ekkortájt a radaron multicellás zivatarokat láthattunk, az 1 km-es térbeli felbontású napkori radarmérés alapján Tyukod környékén egy 45–50 dBz-s cella helyezkedett el.

Összefoglalás

A részletes esetelemzésekből kiderül, hogy a kialakult tubák vagy tornádók nem mezociklonhoz kapcsolódtak. A lényegi különbség tehát abban áll, hogy a tornádót megelőzi-e közép magas szinten mezociklon kialakulása

(amelyhez megfelelő labilitás és elegendően nagy szélnyírás szükséges).

A nem mezociklonális tornádók minden esetben konvergencia zónához kapcsolódtak, amelyek több országon át húzódtak, és bármilyen kivágatú térképen könnyen analízálhatók voltak nagy kiterjedésük és erősségük folytán. Ezen konvergenciavonalak stacionáriusak voltak, az összes esetben már több órával azelőtt abban a térségben húzódtak, ahol később a tubák vagy tornádók kialakultak (sokszor napokig tartózkodtak egy-egy országrész fölött). A nem mezociklonális mikroskálájú tornádók, a nagy skálájú folyamatoknak köszönhetően momentumukat. 6-ból 4 esetben ezen konvergenciavonalak visszahajló okklúziós frontok voltak, noha a helyzetek kiválasztása teljesen esetleges volt. Ez nem lehet véletlen, hiszen az ilyen visszahajló okklúziós frontokra mind a lassú mozgás, mind az erős konvergencia gyakran jellemző lehet. Feltételezhető, hogy egy ukrán ciklon visszahajló okklúziós frontja „jó táptalaja lehet” ezen jelenségek kialakulásának, mivel a visszapörgő okklúziót megelőzve a ciklon hidegfrontjának átvonulása az erős besugárzásos időszakban biztosíthatja az alacsony szintű labilitást, a visszahajló okklúzió pedig a tartós konvergenciát.

A másik feltétel, ami szintén minden esetben teljesült, a főként alacsonyabb szinteken (alsó néhány km-en) jelentkező viszonylag nagy labilitás. Az alsó 3 km-en belül a legnagyobb hőmérsékleti gradiens ezekben az esetekben főként az alsó 1–2 km-es légrétegekben fordult elő, és 0,8, 0,95, 1,3 °C/100m-es értékek adódtak. Az év melegebb szakaszában ezen értékek nem ritkák (a száraz adiabatikus hőmérsékleti gradiens 0,97 fok/100m). A nem mezociklonális tornádók környezeti feltételei közül tehát a tartós erős konvergencia mellett az alacsony szintű labilitás nem számít extrémnek, sokkal inkább viszonylag gyakran előforduló értéknek egy nagy besugárzásos nyári napon. Ezek alapján feltételezhető, hogy ezen tornádók sokkal gyakoribbak, mint a mezociklonális tornádók, hiszen az őket kiváltó feltételek sokkal gyengébbek és számuk is kisebb. Fontos felhívni a figyelmet a 2005. június 10-i esetre, amikor a konvergenciavonalon 2 tornádót is megfigyeltek egymástól függetlenül, ill. több tuba is előfordult. Ezt és a többi megfigyelést alapul véve feltételezhetjük, hogy a Kárpát-medencében a nem mezociklonális tornádók révén jóval több tornádó, akár az eddig becsült tornádók többszöröse is elfordulhat egy-egy évben. Egy 50–100 km-es összeáramlási vonal mentén pl. ahol elég nagyok az alacsony szintű labilitás értékek, egyszerre több helyen, több tornádó is kialakulhat. A tyukodi eset, illetve a külföldi esettanulmányok is bizonyítják, hogy ezen tornádók is képesek főként itt térségünkben a szupercellás tornádókhöz hasonló pusztítást végezni. Ezért a szupercellás zivatarokhoz hasonlóan, kiemelt fontosságú Magyarországon is az imént ismertetett típusok vizsgálatával és előrejelzésével foglalkozni.

Mint láttuk, volt olyan eset, amikor egyáltalán nem

volt szélnyírás a légkörben, és a labilitás a zivatar keletkezéséhez sem volt elég, mégis kialakult tuba. Ebből kitétni, hogy ezen tornádók kialakulásához nincs szükség vertikális szélnyírásra, és labilitásnak is csak az alsó néhány kilométeres szinten elég jelen lennie. Emiatt azok a szokásos paraméterek (szélnyírás, zivatarhoz képesti helikálitás, emelési kondenzációs szint magassága, stb), amelyek a szupercellák, mezociklonok előrejelzésével kapcsolatosak, szinte semmit sem mondanak a nem mezociklonális tornádók valószínűségéről. Ez azonban nem jelenti azt, hogy olyan helyzetekben ne jöhetnének létre nem mezociklonális tornádók, amikor a feltételek szupercellákra, mezociklonális tornádók kifejlődésére szintén alkalmasak.

A nem mezociklonális tornádók kialakulása és erőssége szempontjából fontos lehet a csapadék keltette kiáramlás konvergenciát és örvényességet fokozó szerepe. E folyamatok hatásmechanizmusát a későbbiekben még tanulmányozni kell.

A magyarországi tornádóvadászatokhoz is hasznos

támpontot nyújthatnak ezen vizsgálatok. Egy tartósan fennálló, pl. szinoptikus skálájú konvergencia vonal helyét a numerikus előrejelző modellek általában jól előre tudják jelezni. Ha ezt összevetjük az előrejelzett labilitás értékekkel, kijelölhető a konvergenciának az a szakasza, ahol nagyobb eséllyel alakulhatnak ki tornádók. A tornádóvadászok ezen a szakaszon például a maximum hőmérséklet idején, vagy záporok, zivatarok környezetében vélhetően könnyebben figyelhetnek majd meg tölcserfelhőt. Ezen megfigyelések birtokában, továbbbi, még részletesebb vizsgálatokra van lehetőség.

Irodalom

Davies, J. M., J. M. Caruso, 2005: Tornadoes in Nonmesocyclone Environments with Pre-existing Vertical Vorticity along Convergence Boundaries. *Electronic Journal of Operational Meteorology*

Honlapunk: www.szupercella.hu

Polyánszky Zoltán és Molnár Ákos

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Rovatvezető: Maller Aranka

Rendezvényeink 2007. január 1.–március 31. között

Választmányi ülés:

Március 8.

Napirend:

1. Jegyzőkönyv hitelesítő felkérése
2. Beszámoló az Erdő-klíma konferenciáról (Vig Péter)
3. Az előző ülés óta egyéb történetek
4. Kiténtetési bizottságok beszámolója és javaslatairól történő szavazás
5. A közgyűlés előkészítése (Gyuró György)
6. Szakosztályok, területi csoportok
7. Első fél éves programok
8. Tagfelvétel

Felvett tagok: Balázs Roland, Bartók Ádám, Bács Attila, Czető János, Hadházi Pál, Kozma Réka, König Éva, Lagzi István László, Morvai Krisztián, Nánai Katalin Zsuzsanna, Szinyei Dalma

Előadó ülések, rendezvények:

Február 15

Simon, André (Szlovák Hidrometeorológiai Intézet):

Orografikus hullámok és lejtőviharok. A 2004. novemberi tátrai vihar meteorológiai háttere

Horváth Ákos (OMSZ Siófoki Viharjelző Observatórium), Geresdi István (Pécsi Tudományegyetem Környezetföldrajzi és Meteorológiai Tanszék) és Németh Péter (OMSZ Távérzékelési Osztály):

Az augusztus 20-ai vihar meteorológiai elemzése

Március 19.

Dunkel Zoltán:

Az Országos Meteorológiai Szolgálat tevékenysége, legfontosabb feladatai a társadalmi és tudományos elvárások tükrében.

A Debreceni Csoport rendezvénye és tisztújító összejövedele.

A területi csoport új elnöke: *Szegedi Sándor* a DE Meteorológiai Tanszék egyetemi adjunktusa, titkára: *Jákfalvi Mihály* az OMSZ debreceni állomásának vezetője.

Március 23.

Meteorológiai Világnap az Országos Meteorológiai Szolgálattal közös rendezvény.

- Megnyitó : Dunkel Zoltán, az OMSZ elnöke
- Ünnepi üdvözlő: Dióssy László, a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium szakállamtitkára
- Schenzl Guidó Díj, Pro Meteorologia Emlékplakettek, miniszteri elismerések és oklevelek átadása
- Kiváló társadalmi észlelők köszöntése
- Az OMSZ Tudományos Tanács szakirodalmi nivódjának átadása
- Mika János: *Változó légkör – „sarkított” hatások*
- Állófogadás a kiténtetettek tiszteletére

(A Világnapról bővebb információt olvashatnak ebben a számban.)

AZ MMT XXXI. VÁNDORGYŰLÉSE ÉS AZ V. ERDŐ ÉS KLÍMA KONFERENCIA

Szokatlan időben és a hagyományoktól eltérően szokatlan összekapcsolással zajlott le a Magyar Meteorológiai Társaság XXXI. Vándorgyűlése és az V. Erdő és Klíma konferencia. Az időpont a megszokott nyári dátum helyett 2006. október 25–27, a helyszín a Magyar Tudományos Akadémia mátrafüredi üdülője volt. A kései időpontot az indokolta, hogy ekkorra zárult le egy több éves NKFP (Széchenyi) projekt (*Éghajlati bizonytalanság és az erdő-takaró fenyegetettség: hatás-előrejelzés és felkészülés*), melynek eredményei itt kerültek bemutatásra. A kettős konferencia sok résztvevőt is vonzott, a közel 80 fős létszám kétharmada erdész, egyharmada meteorológus volt.

A XXXI. Vándorgyűlés tematikáját a szervezőbizottság úgy állította össze, hogy közel álljon az azon résztvevő erdészek érdeklődési köréhez. Így az első napon főleg éghajlati, éghajlatváltozási, alkalmazott éghajlati témájú előadások (összesen 11) hangzottak el zömmel meteorológusok részéről.

A második nap koradélelőttjén tanulmányi kirándulás zajlott le, amely már mindkét rendezvény részét képezte. A Mátrában széleskörű erdészeti ökológiai kutatásokat végez az Erdészeti Tudományos

Intézet. *Manninger Miklós és Sitkei Judit* vezetésével nagyon tanulságos bemutatót kaphattak a résztvevők kutatási módszereikből, eredményeikből.

Hivatalosan ezt követően nyílt meg az V. Erdő és Klíma konferencia. Úgy tűnik, hogy az erdők és az atmoszféra kölcsönhatása egyre több érdekeséget rejt magában. A háromévenként ezzel a témával foglalkozó konferenciák sorozata nem szakadt meg, inkább növekvő érdeklődésnek örvendezhettek a szervezők. A program is színesebb volt a korábbiakénál. A másfél nap alatt itt elhangzott 30 előadás (és a két konferenciára készült 7 poszter) igen változatos, sokszínű programot nyújtott a résztvevőknek.

Az előadások főleg az erdők energia- és vízháztartását elemezték, hiszen ezen a téren tapasztalhatóak a legfontosabb változások az erdő-légkör kölcsönhatásban. Jelentősen bővült azonban az erdőket érő környezeti terhelésekről alkotott képünk is, mint ahogy a faállományok növekedésének meteorológiai befolyásoltságával kapcsolatban is több érdekes eredményt ismerhetünk meg.

A klímaváltozás erdeinkre gyakorolt, eddig megismert hatásait elemző beszámolóik igen meggyőzően bizo-

nyították, hogy egyre sürgetőbb feladataink vannak a klímavédelem terén. Az erdő klímaváltozást fékező szerepét ugyanis általában elismerjük, de a jövőben várhatóan felgyorsuló klimatikus változások nagy valószínűséggel a faállományaink adaptációs képességeit nagyon próbára teszik. Ez pedig olyan mértékű egészségi állapotromláshoz vezethet, amelynek kivédésére nem is biztos, hogy lesz módunk.

Mint ahogy az erdő és klíma konferenciákon már megszokott, az interdiszciplinaritás jellemezte rendezvényünket. Jelen voltak itt az erdészeti, meteorológiai, ökológiai, botanikai, zoológiai, genetika képviselői, de még muzeológus is szerepelt az előadók között.

Örvendően volt látni a résztvevők között a sok új és fiatal arcot. Bizakodhatunk tehát, hogy van jövője ennek a rendezvénysorozatnak. Talán az előző négy kötetünk színvonalát dicséri, hogy a kiadványunk iránt már a megjelenése előtt mutatkozott igény. Azok az új, jelentős tudományos eredmények, amelyekről az előadások beszámoltak, reményeink szerint meg fognak felelni a határozottan élénk várakozásoknak.

Ambrózy Pál – Vig Péter

KISLEXIKON

[Cikkeinkben csillag jelzi azokat a kifejezéseket, amelyeket a kislexikonban szerepelnek]

alsó és felső decilis

Koppány Gy.: Az éghajlat-ingadozás valódi és álproblémái...

Egy adatsorozatban az a szám, amelynél az adatok tizede kisebb, ill. nagyobb.

„bárkus mocsár”

Homokiné Ujváry K.: Viharos nyár Budapesten

Olyan időjárási helyzet a Kárpát-medence térségében, amelyet sem ciklonális, sem anticiklonális hatások nem befolyásolnak. Igen kicsi a légnyomáskülönbség a medence egyes területei között, viszont gyakran kedvező a helyzet heves zivatarok kialakulásához.

azori orr

Homokiné Ujváry K.: Viharos nyár Budapesten

Az Azori-szigetek fölött gyakran megfigyelhető anticiklon áthelye-

ződése Közép-Európa fölél. Nevét az izobárok jellegzetes görbületéről kapta.

Penman–Monteith-konceptió

Balogh M.: A felszín-légkör kölcsönhatások

A földfelszínről származó nedvességszállítás (a párolgás vagy a latens hőtranszport mértékének) meghatározására szolgáló mikrometeorológiai módszer, amely során a szállítást befolyásoló tényez?ket ún. „aerodinamikai ellenállásokkal” helyettesítjük.

Monyin–Obuhov-féle (angolosan: Monin–Obukhov) karakterisztikus úthossz

Balogh M.: A felszín-légkör kölcsönhatások...

Olyan hosszúság jellegű paraméter a légkör és a földfelszín közötti határretegben, amely megadja a dinamikai és a termikus paraméterek közötti arányosságot. Értéke stabil légrétegződés esetén pozitív, labilis rétegződés esetén negatív, semleges rétegződéskor pedig nulla.

Összeállította: Gyuró György

2006/2007 TELÉNEK IDŐJÁRÁSA

December melegebb volt a megszokottnál, országos átlagban 2,2 fokkal. A déli országrész volt kevésbé enyhe (itt a normálnál csupán 1,5–2,5 fokkal volt melegebb a december), míg az északi és nyugati területeken helyenként a 3 fokot is meghaladta a havi középhőmérséklet sokévi átlagtól vett eltérése. Ez a pozitív anomália nagyrészt a hónap első dekádjában tapasztalható, átlagnál 4–9 fokkal melegebb időszaknak volt köszönhető, amikor is 3 napon is melegrekord született. December 6-án Mázán 19,1°C-kal, 8-án Homokszentgyörgyön 18,5°C-kal, míg 9-én Agárdon 18,2°C-kal dőltek meg a korábbi rekordok.

Fagyos nap a hónap 15–20 napján fordult elő az ország területén, téli napot nyugaton 1–3, keleten 4–8 alkalommal regisztráltak. Zord nap csak elszórtan, és mindössze 1–2 napon fordult elő az ország területén.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 19,1 °C Máza (Baranya megye) december 6.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -13,5 °C Zabar (Nógrád megye) december 27.

December jóval csapadékszegényebb volt a sokévi átlagnál, országosan a havi csapadékösszegnek csak mintegy 19 százaléka hullott le a hónap során. Legszárazabb az ország középső régiója volt, míg legtöbb csapadék a délkeleti országrészben hullott. A hónap jellemző csapadéka az eső volt, de – főleg az ország keleti felében – 3–4 napon havazást is regisztráltak. A lehullott hó azonban 1–2 napnál tovább sehol sem maradt meg. Csapadékhullás országsszerte 2–7 napon fordult elő, 10 mm-t meghaladó napi csapadékhozamot pedig mindössze 4 ponton regisztráltak az országban.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 36 mm Bakonya (Baranya megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 0,3 mm Ludas (Heves megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 14 mm Komlósd (Somogy megye) december 17.

2007. januárja jóval melegebb volt a sokévi átlagnál. A hónapot országos átlagban jellemző 6,2°C-os pozitív anomália példa nélkül álló – ilyen enyhe januárt a magyarországi mérések kezdete óta még nem regisztráltak. Január nagy részében a napi középhőmérsékletek 8–14 fokkal meghaladták a 30 éves átlagot, átlag alá csak a hónap 3 napján csökkent a középhőmérséklet.

Január 5 napján született országos, 4 napján pedig csak budapesti (nappali illetve éjszakai) melegrekord. A hónap legmelegebb napján, 13-án például országosan és Budapesten is megdőlt a százéves melegrekord, Budapesten 15,3 fokot, Sopron-Fertőrákoson 17,8 fokot mértek – ezt megelőzően 1920-ban volt a legmelegebb 13-án (Budapesten 15 fok, Sopron-Fertőrákoson 16,2 fok).

Országsszerte 6–16 nap volt fagyos, téli napot 0–2 alkalommal, a hegyvidéki területeken pedig 6–8 napon regisztráltak. Januárban mindössze egy nap volt zord.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 17,8 °C Sopron (Győr-Moson-Sopron megye) január 13.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -12,0 °C Iklódbördőce (Zala megye) január 27.

Január csapadékhözama átlag körül alakult, a csapadékhullás területi eloszlása azonban nem volt egyenletes. Míg a nyugati és északi országrészek néhol a normál másfélszeresének megfelelő csapadékmennyiségben részesültek, az ország középső és keleti felében a sokévi átlagnak csupán 60–80%-a hullott. A hónap jellemző csapadéka az eső volt. Havazás, hószállingózás csak január 2–4 napján fordult elő, és a lehullott hó szinte mindenhol azonnal el is olvadt.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 69 mm Milota (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 12 mm Jászapáti (Jász-Nagykun-Szolnok megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 33 mm Sopron (Győr-Moson-Sopron megye) január 19.

Február, folytatva a fél éve tartó tendenciát, melegebb volt, mint a sokévi átlag, országosan mintegy 3,9°C-kal. A hónap során, országos átlagban csak 1 nap napi középhőmérséklete maradt átlag alatt, február nagy részében az átlagot 1–6 fokkal meghaladó napi középhőmérsékleteket mértek.

A hónap során országsszerte 5–15 nap, a magashegységekben helyenként 23 nap is fagyos volt, téli nap viszont csak a magasabb területeken fordult elő, legfeljebb 9 alkalommal.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 16,0 °C Baja (Bács-Kiskun megye) február 22.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -8,8 °C Zabar (Nógrád megye) február 4.

Február, megszakítva a fél éve tartó, szokásosnál szárazabb hónapok sorát, 43%-kal csapadékosabb volt, mint a sokévi átlag. Amíg azonban az ország középső és keleti vidékei helyenként a normál 200–250%-ának megfelelő csapadékhozamban részesültek, addig a legcsapadékszegényebb vidékeken, a déli országrészben és a magashegységekben, helyenként a szokásos csapadékmennyiségnek mindössze a fele hullott le.

A hónap jellemző csapadéka az eső volt. Havazást országsszerte csak 1–4 napon regisztráltak, de a lehullott hó a magasabb hegységek kivételével (ahol egyes helyeken februárnak 18 napja volt havas) mindenhol azonnal elolvadt.

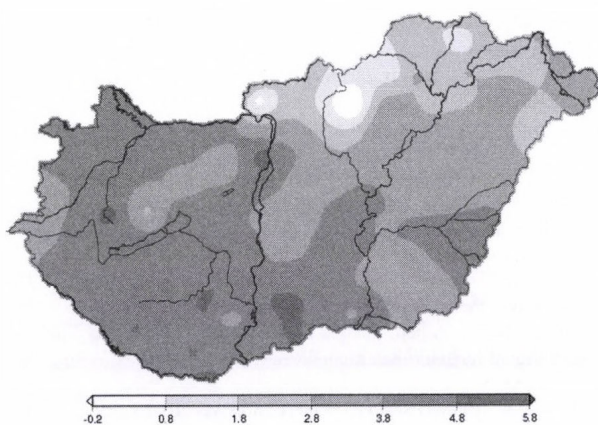
A hónap legnagyobb csapadékösszege: 73 mm Milota (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 24 mm Kelebia (Bács-Kiskun megye)

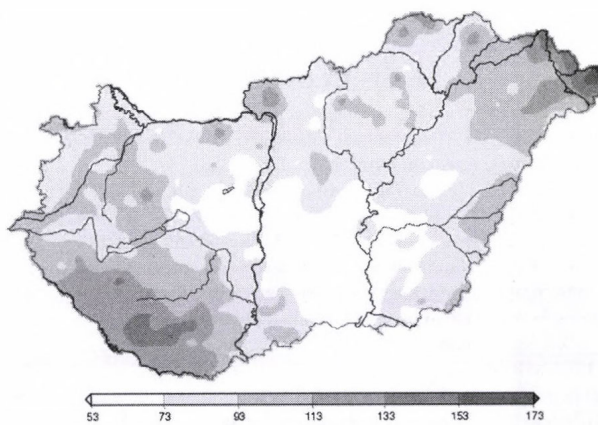
24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 38 mm Homokszentgyörgy (Somogy megye) február 12.

2006/2007. tél

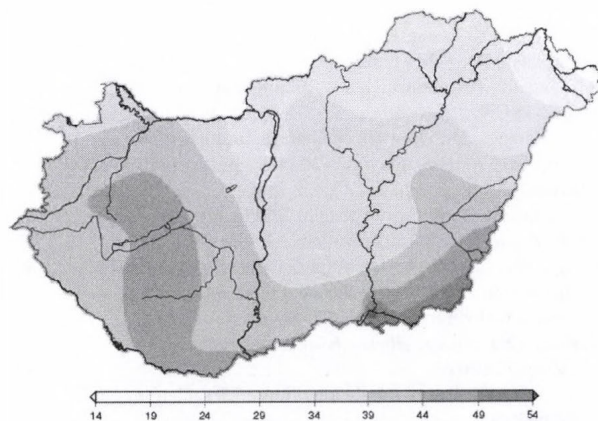
állomások	napsütés (óra)		hőmérséklet (°C)						csapadék (mm)			szél
	évsz.össz.	eltérés	évsz.közép	eltérés	absz.max.	napja	absz.min	napja	évsz. össz	átlag%-ában	1mm-<napok sz.	
Szombathely	254	51	3,6	4,1	16,8	2007.01.13	-7,8	2007.01.27	81	95	11	99
Nagykanizsa	231	29	4,0	4,1	17,6	2006.12.06	-8,3	2007.01.27	116	90	20	6
Győr	284	91	4,6	4,4	17,4	2006.12.08	-8,4	2007.01.27	85	83	20	12
Siófok	260	61	4,5	4,3	17,5	2006.12.09	-5,7	2006.12.28	79	68	19	17
Pécs	273	54	4,8	4,6	16,9	2006.12.08	-6,9	2006.12.29	107	93	17	11
Budapest	224	38	4,2	4,2	15,6	2007.01.11	-7,1	2006.12.27	77	75	17	12
Miskolc	201	55	2,9	4,5	13,7	2007.01.13	-7,1	2006.12.27	79	87	21	10
Kékestető	206	-54	-0,2	3,5	8,2	2006.12.08	-10,8	2007.01.27	117	73	21	34
Szolnok	160	-35	4,4	4,8	15,8	2007.01.10	-6,8	2006.12.31	72	74	17	-
Szeged	258	59	3,9	4,0	15,7	2007.01.10	-9,1	2006.12.28	66	71	13	10
Nyíregyháza	-	-	3,0	3,9	15,2	2006.12.09	-7,0	2006.12.31	88	79	22	14
Debrecen	202	21	3,2	4,1	16,8	2006.12.09	-10,5	2006.12.31	79	71	19	5
Békéscsaba	243	48	3,9	4,4	15,7	2006.12.09	-8,2	2006.12.31	80	69	18	8



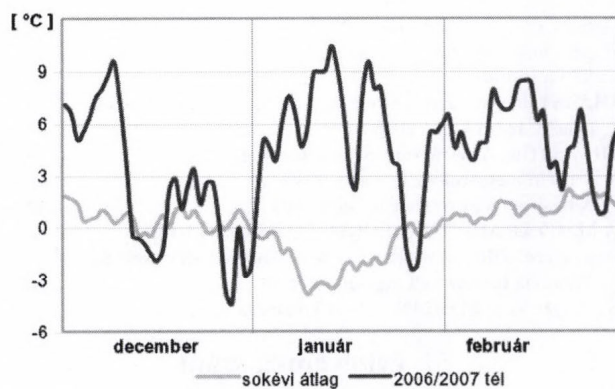
1.ábra: A tél középhőmérséklete °C-ban



2.ábra: A tél csapadékösszege mm-ben



3.ábra: A tél globálisugárzás összege MJ/cm²-ben



4.ábra: A tél napi középhőmérsékleteinek eltérése az átlagtól °C-ban

A 2006. év összefoglaló tartalomjegyzéke

51. évfolyam Különszám

Dunkel Zoltán: Bevezető.....	1
Mészáros Ernő: Az újkor tudományos forradalma: A meteorológia születése.....	2
KISLEXIKON	7
Götz Gusztáv: A klímadinamika megszületése és kezdeti évei – történeti visszapillantás.....	8
Czelnai Rudolf: Megemlékezés a Meteorológiai Világszervezet (első) Éghajlati Világkonferenciájáról.....	16
Major György: A Milankovics-Bacsák elmélet és az éghajlatváltozások.....	20
Bihari Zita, Lakatos Mónika, Mika János, Szalai Sándor, Szentimrey Tamás: Hazánk éghajlatának néhány jellemzője az 1956–2005 időszakban, kitekintéssel a globális tendenciákra	24
KISLEXIKON	28
Juhász Ágota, Mészáros Róbert, Szinyei Dalma Fatima, Lagzi István, Horváth László: Az ózontérhelés becslése modell- számítások alapján	29
Ambrózy Pál: Az 50 éves Léggör (a jelenlegi) szerkesztő szemével	32
Kajtárné Lovas Katalin: Az Országos Meteorológiai Szolgálat publikációs tevékenysége és kiadványai	33
Dunkel Zoltán: Ami az újtjelentéseimből kimaradt!	36

51. évfolyam 1. szám

Sáho Ágnes: Meteorológiai Világnap, 2006	2
Dunkel Zoltán: A Meteorológiai Világszervezet (WMO) Főtitkára Budapest (2006. március 5-7.)	3
OLVASTUK: Új típusú Vaisala-nyomásmérők a Titán légkörében.....	5
Gyüre Balázs, Jánosi Imre, Szabó K. Gábor, Tél Tamás: Környezeti áramlások: Szemlények a Kármán Laboratórium kísérleteiből	6
Dombai Ferenc: Adalékok a radarmeteorológia hazai történetéhez: automatizált radarmegfigyelések Magyarországon	13
Kocsis Tímea, Anda Angéla: Keszthely léghőmérséklete a XX. században.....	21
KISLEXIKON	25
Schlanger Vera: A 2005. év időjárása	26
OLVASTUK: „Twister”, „Holnapután” és társai – az időjárás katasztrófafilmek szociológiája	30
Dr. Simon Antal (1932–2006)	31
Kassai Béla (1942–2006)	32
Metzger Béla (1933–2006)	33
OLVASTUK: Az ESA Miniszteri Tanácsának ülése Berlinben	33
Tóth Róbert: Környezetvédelmi Konferencia Szenegálban.....	34
Gyuró György: Elhunyt James Holton.....	38
Unger János: Együttműködés megállapodás az OMSZ és az SZTE között	39
OLVASTUK: Médiameteorológus – az egyik leghálátlanabb feladat az USA-ban 2005-ben	39
OLVASTUK: A szivárvány Schrödinger-egyenlete.....	40
Darwin meteorológiai megfigyelései.....	40
A hó és a tél művészetének olimpiája.....	40
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI.....	41
Ács Ferenc: Michael Hantel átvette az Magyar Meteorológiai Társaság tiszteletbeli tagsági oklevelét.....	42
Schlanger Vera: 2005/2006 telének időjárása	43

51. évfolyam 2. szám

Homokiné Ujváry Katalin: Tavaszí ár a Dunán és a Tiszán.....	2
KISLEXIKON	5
Gyüre Balázs, Jánosi Imre, Szabó K. Gábor és Tél Tamás: Környezeti áramlások és szemlények a Kármán Laboratórium kísérleteiből: Kísérletek forgatott folyadékkal	6

Dunkel Zoltán: Dr. Starosolszky Ödön (1931–2006)	10
Vincze Csilla, Lagzi István és Mészáros Róbert: Húsz éve törént a csernobili katasztrófa: baleseti kibocsátás modellezése.....	11
Makra László, Bécsi Rita, Sümehy Zoltán, Mika János, Motika Gábor és Szentpéteri Mária: Időjárás típusok légszennyezettség centrikus objektív osztályozása Szegedre	15
Kalmár Györgyné: Néhány szó a tavaszról	26
Mersich Iván: A szélenergia hasznosításának környezeti hatása	28
KISLEXIKON	33
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	34
OLVASTUK: Gyorsul a grönlandi jég olvadása	38
Schlanger Vera: 2006 tavaszának időjárása	39

51. évfolyam 3. szám

Unger János, Gál Tamás, Kovács Péter: A városi felszín és hősziget kapcsolata Szegeden	2
Gyuró György: Faludy György recski emlékei Tóth Gézáról	9
Szinyei Dalma, Vincze Csilla: Talajnedvesség-becslő modell tesztelése és alkalmazása magyarországi adatsorokon	10
Kitüntetés	12
Dr. Koppány György: Az előrejelzés fogalmáról és az előrejelezhetőségről.....	13
Szalai Sándor: Az Európai Meteorológiai Társaság 8. közgyűlése Ljubljánban	15
Horváth Ákos: Pusztító zivatarláncok	16
KISLEXIKON	19
Seres András, Ács Ferenc: A szinoptikus helyzetek és a felszín közeli légkör stabilitási viszonyainak párhuzamos elemzése	20
Balogh Miklós: Repülőgépes mérések felhasználása az ALADIN számszerű időjárás-előrejelzési modellben	24
Hegyfok Kabos hamvai a Nemzeti Sírkertben	26
Bartók Blanka, Csákberényi - Nagy Gergely: A napenergia hasznosítás meteorológiai adottságai Debrecen térségében	27
Dr. Domonkos Péter: Zivatarfelhők szokatlan fényjelenségei	32
Hidy Dóra, Barcza Zoltán, Haszpra László, Galina Churkina: Gyepek szén-dioxid forgalmának modellezése	33
KISLEXIKON	36
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	37
HUNGEO 2006	37
Az Országos Meteorológiai Szolgálat Közleménye	38
Schlanger Vera: 2006 nyarának időjárása	39

51. évfolyam 4. szám

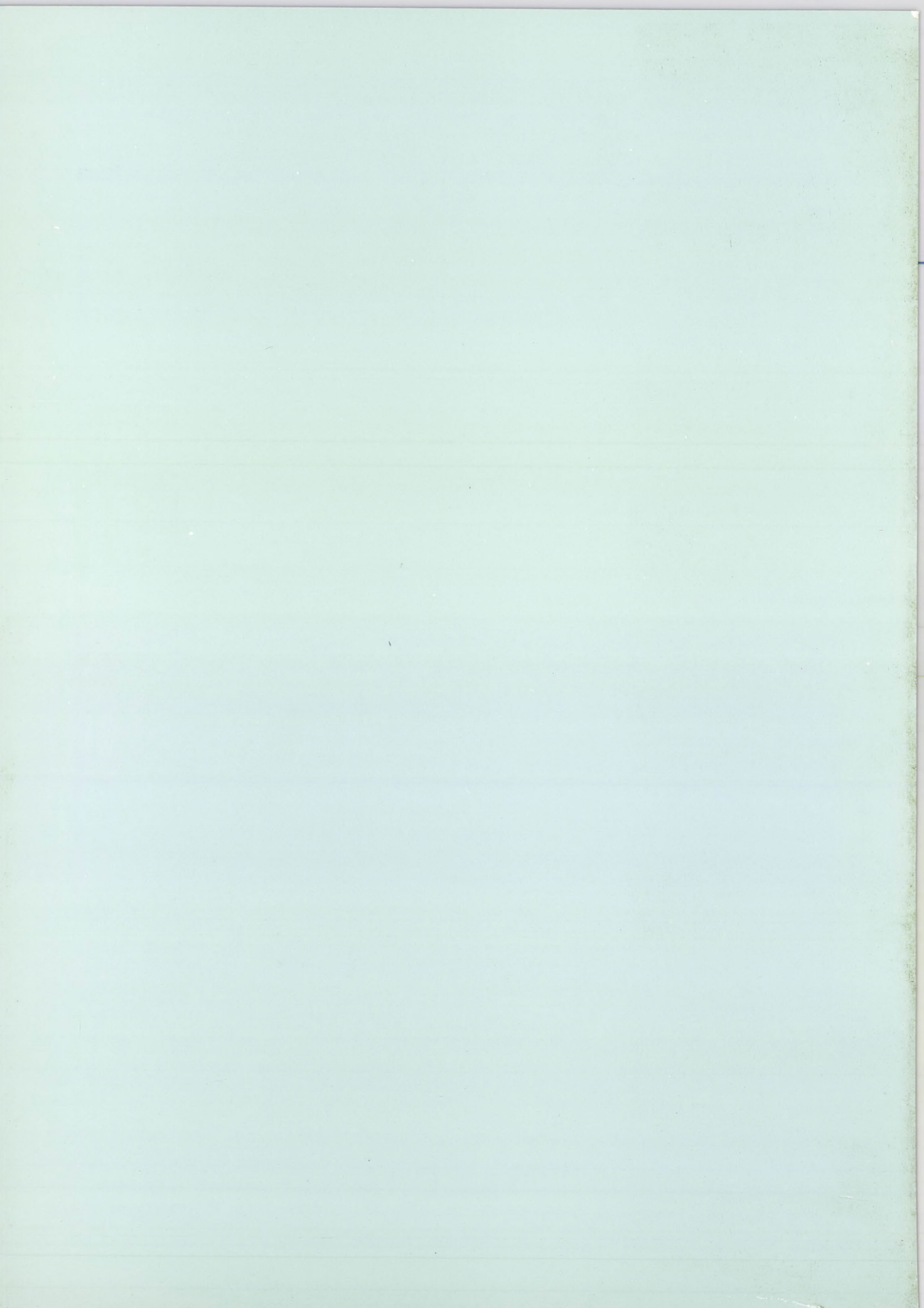
Ambrózy Pál és Mezösi Miklós: Interjú Dr. Böjti Bélával	2
Unger János, Gál Tamás, Geiger János: A városi felszín és a hősziget kapcsolata Szegeden 2. rész	8
Götz Gusztáv: Turbulencia, káosz, pillangóhatás	15
KISLEXIKON	22
Radics Kornélia: Dr. Hille Alfréd életútja, munkássága	23
Horváth Ákos: A 2006. augusztus 20-i budapesti vihar időjárás háttérre	24
Bonta Imre, Homokiné Ujváry Katalin: 2005 nagy csapadékos helyzetei a valószínűségi előrejelzések tükrében	27
Fövényi Attila: Egy szokatlan időjárás jelenség Budapesten	32
Bartha Imre, H. Zsikla Ágota: 2006. évi balatoni és velencei-tavi vihar-előrejelzésről és viharjelzésről	35
Emlékezés Bártfai Erzsébetre, Kőrösi Györgyre és Zorn Józsefre	39
Gyuró György: Felméry László köszöntése 75. születésnapja alkalmából	41
Kitüntetések	41
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	42
Gyuró György: Aranyoklevelek átadása az ELTE-n	42
Schlanger Vera: 2006 őszenének időjárása	43

SPRUNG, ADOLF

(Kleinow, 1848. június 5. – Potsdam, 1909. január 16.)



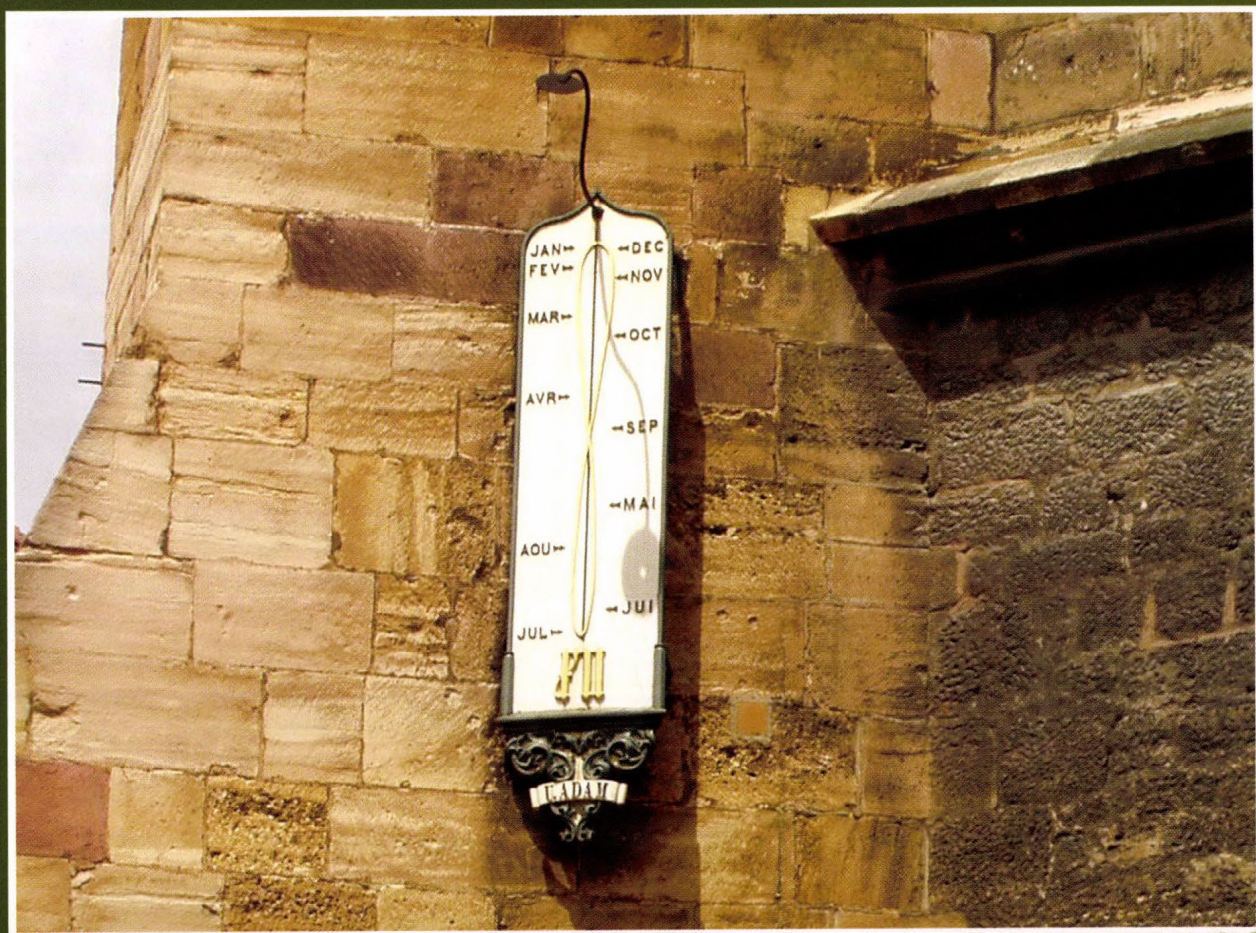
Neves német meteorológus volt. A *Perleberg* (Potsdam kerület) melletti Kleinowban született, *Leipzig*ben tanult fizikát és kémiát 1872-től 1876-ig, ekkor doktori vizsgát is tett. Ezután fordult a meteorológia felé. *Gustav Wiedeman* fizikokémia professzora ajánlásával Hamburgba ment, ahol a *Deutsche Seewarte* alkalmazta gyakornoknak, később tisztviselő lett. Itt került szoros kapcsolatba *Köppennel* és *Neumayer* felszólítására ekkor írta új szellemű, részben saját vizsgálatok alapján a „*Lehrbuch der Meteorologie*” (1885) című kiváló könyvét. 1886. április 1-ével *Bezold* az átszervezésben lévő porosz meteorológiai intézetbe hívta meg. Itt főleg műszerek kezelésében és szerkesztésében nyilvánult meg különleges tehetsége. Itt szerkeztette meg a *Sprung-féle súlybarográfot*. Ennek egy példányát Ógyalla számára *Klassohn János*, Konkoly-Thege Miklós kiváló műszaki főtisztje építette meg, amely mind a mai napig jól működik. Sprung 1892-ben vette át az akkor elkészült potsdami obszervatórium vezetését. 1895-től 1903-ig felhőméréssel és fotogrammetriával foglalkozott. A *Meteorologische Zeitschriften* 1908. áprilisban megjelent utolsó cikke is a javított súlybarográf elvi megoldásával foglalkozott.



L É G K Ö R

52. évfolyam

2007. 2. szám



LÉGKÖR

52. évfolyam
2. szám

Felelős szerkesztő:
Dr. Ambrózy Pál
a szerkesztőbizottság
elnöke

Szerkesztő bizottság:
Dr. Bartholy Judit
Bihari Zita
Bóna Márta
Dr. Gyuró György
Dr. Haszpra László
Dr. Hunkár Márta
Ihász István
Németh Péter
Dr. Putsay Mária
Szudár Béla
Tóth Róbert

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Dunkel Zoltán
az OMSZ elnöke

Készült:
Az **FHM Kft.**
nyomdájában
800 példányban

Felelős vezető:
Modla Lászlóné

Évi előfizetési díja 1365 Ft

Megrendelhető
az OMSZ Pénzügyi Osztályán
Budapest, Pf.: 38. 1525

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT ÉS A MAGYAR
METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

A címlapon: Hónapmutató napóra
(Colmar, Kelet-Franciaország)
Szili Kristóf felvétele

Bartholy Judit, Pongrácz Rita, Pattantyús-Ábrahám Margit:

Ciklonpályák elemzése a Földközi-tenger térségében 2

Kolláth Kornél: **Meteoalarm. Veszélyjelzés Európa térségére** 5

Seres András Tamás, Fodor Zoltán és Horváth Ákos: **Januári vihar**

Európában 6

Kravinszkaja Gabriella: **A Kyrill viharciklon hatása és lecsengése a**

Balatonon 9

KISLEXIKON 11

Kereszturi Ákos: **Éghajlat változás a Marson I. rész** 12

Seres András Tamás, Szalai Tamás: **A 2007. január 27-i dunántúli**

hóvihar 18

Dunkel Zoltán: **Dr. Kéri Menyhért 1914–2007** 20

Varga Balázs: **A Balaton és a Keszthelyi-öböl vízháztartásának**

hidrometeorológiai vonatkozásai 21

Wantuch Ferenc: **Egy év repülésmeteorológiai külszolgálat**

Máltán 27

Ambrózy Pál: **Új csapadék világcsúcs** 29

Bem Judit, Kocsis Tímea, Anda Angéla és Soós Gábor: **Keszthelyi
meteorológiai adatok alapján végzett homogenitás és extrémítás
vizsgálatok** 30

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI 34

**Közhasznúsági jelentés a Magyar Meteorológiai Társaság 2006-os
tevékenységéről** 34

dr. Dobi Ildikó: **Elhunyt Obasi professzor,**

a WMO egykori elnöke 37

Marczell György síremlékének avatása 38

Schlanger Vera: **2006 telének időjárása** 39

CIKLONPÁLYÁK ELEMZÉSE A FÖLDKÖZI-TENGER TÉRSÉGÉBEN

Összefoglalás

Kutatásainkhoz az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ (ECMWF) 1°-os horizontális felbontású ERA-40 reanalízis* adatbázisát használtuk fel. A nyomási-mezők alapján beazonosítottuk a mediterrán térség ciklon-középpontjait, majd 6 órás időlépcsővel végigkövettük a ciklonok pályáját. Az 1957–2002 időszakra elemeztük a ciklonok fő keletkezési helyeit, gyakoriságait, a ciklonaktivitási indexeket, valamint az évszakos változási tendenciákat.

1. Bevezetés

Az atlanti-európai térségben két jelentős ciklogenezis centrum található: az egyik az Észak-Atlanti régióban (Grönland/Izland), a másik a Földközi-tenger vidékén. A Kárpát-medence időjárását mindkét térségből érkező ciklonok befolyásolják. A Légkör idei 1. számában megjelent cikkünk (Bartholy et al., 2007) eredményei alapján állíthatjuk, hogy jelentősen eltérnek egymástól a két régióban keletkező ciklonok tulajdonságai, valamint a Kárpát-medence időjárása szempontjából jelentős változások indultak el a mediterrán térségben. Ezért e cikkben elsődlegesen a mediterrán ciklonok elemzését tűztük ki célul.

A mérsékelt övi ciklonok vizsgálatának két lehetséges módja az euleri, illetve a langrange-i közelítés. Előbbi esetén a legerősebb baroklin hullámaktivitás* mentén definiálhatjuk a ciklon útvonalakat, például az 500 hPa-os geopotenciálszint felhasználásával (Blackmon, 1976; Hoskins és Valdes, 1990). A másik eljárás során a ciklonok életciklusát követjük végig a genesztől a feloszlásig (pl.: Blender et al., 1997; Bartholy et al., 2006). Az itt bemutatott kutatásban mi ezt a langrange-i közelítést alkalmaztuk. A vizsgálatok során használt ECMWF ERA-40

reanalízis adatbázist, valamint a ciklonpálya azonosításának módszertanát már részletesen bemutattuk e folyóiratban megjelent előző írásunkban (Bartholy et al., 2007), így ezt itt nem ismételjük meg. E cikkben a korábban (Pongrácz et al., 2006) vizsgált 2,5°-os felbontású adatbázis helyett a lényegesen finomabb felbontású, 1°-os rácshálózatot használjuk. E tanulmányban a mediterrán ciklonok keletkezését, gyakoriságát és aktivitását, valamint a ciklonpályák változását, eltolódását vizsgáljuk az 1957–2002 időszakra vonatkozóan.

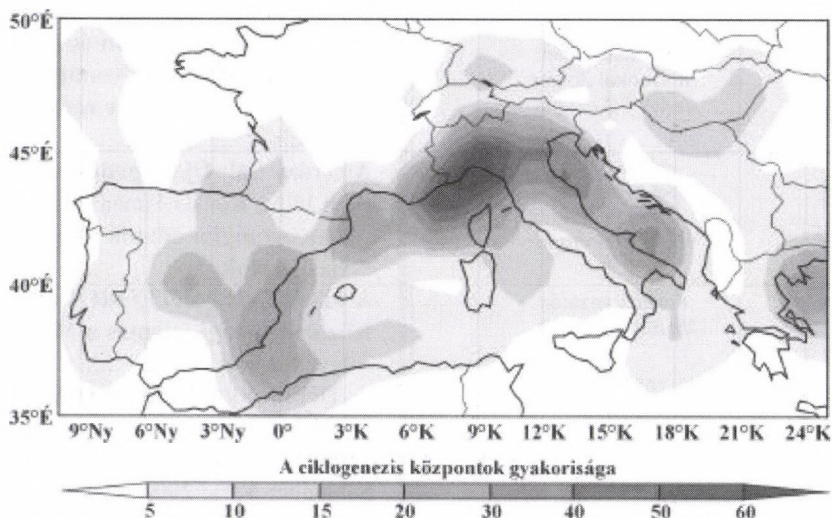
2. A mediterrán ciklonok gyakoriságának és pályáinak elemzése

Mindenegyed rácspontra meghatároztuk a ciklogenezisek számát a teljes 45 éves időszakban. Az 1. ábra a ciklogenezis középpontok gyakorisági értékeit mutatja be térképes formában. A legnagyobb gyakorisági értékek a Genovai-öböl térségében figyelhetők meg. Két másik ciklon keletkezési központot is azonosíthatunk: (1) az Adriai-tenger déli részén, (2) az Ibériai-félsziget keleti partvidékén. Dél-Európa partmenti

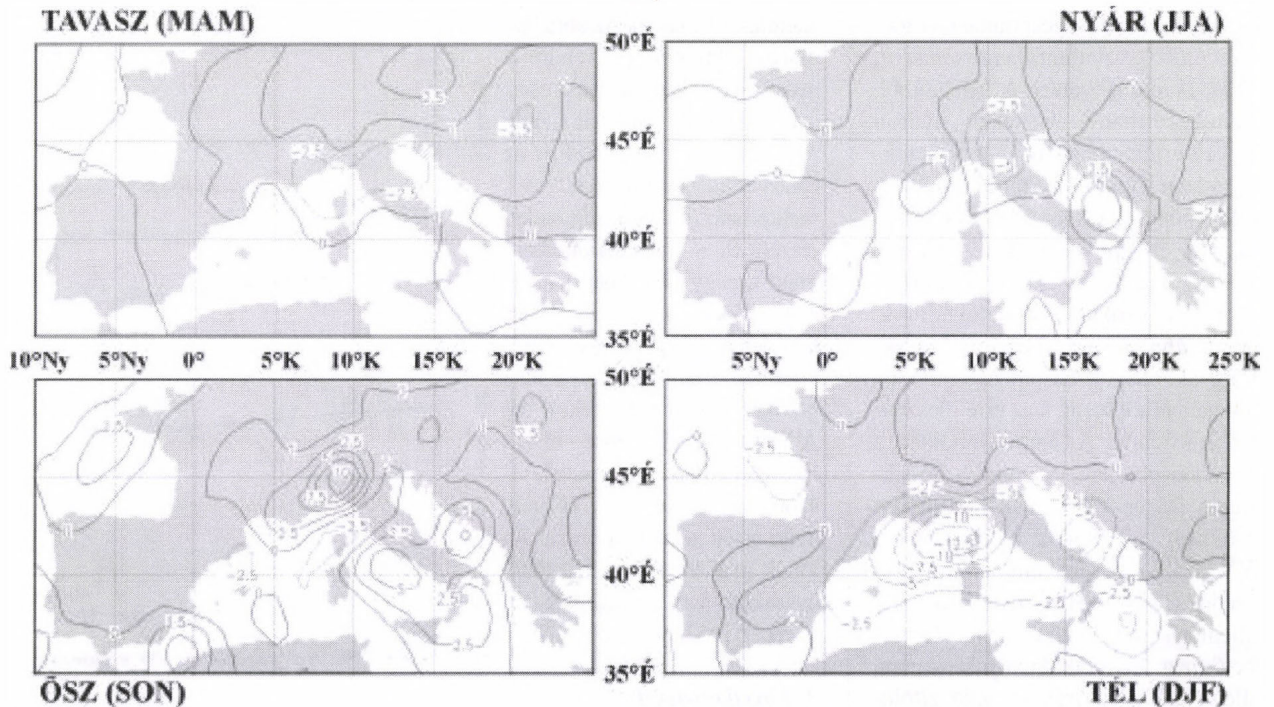
térségében a gyakori ciklon keletkezési régiók egy jól látható, ún. mediterrán-öv mentén helyezkednek el, melyet a későbbiek során még részletesen elemzünk.

A mérsékeltövi ciklonok intenzitásának komplex jellemzésére az ún. Ciklon Aktivitási Indexet (CAI) alkalmaztuk, melyet Zhang et al. (2004) vezetett be. Definíciója szerint: (1) Meghatározzuk a 45 éves tengerszinti nyomásértékek napi zonális átlagát minden földrajzi szélességre. (2) Vesszük a ciklonközéppont tengerszinti nyomási értékének és az (1) lépésben meghatározott, adott időpontra és adott szélességre vonatkozó zonális átlag abszolút különbségét. Amennyiben az adott rácspont felett nem található ciklon, akkor azt nullának vesszük. (3) Ezt minden időpontra és rácspontra elvégezzük. (4) Havonként és rácspontonként összegezzük az (1)–(3) lépésben számított értékeket, s így kapjuk meg a végső CAI értékeket.

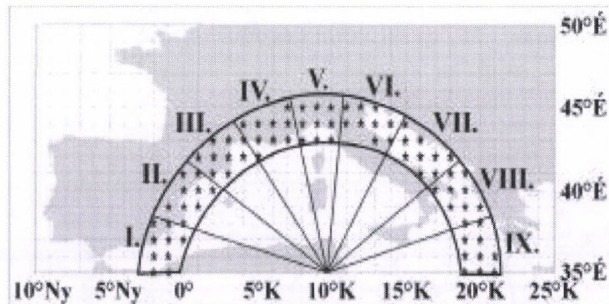
Vizsgálataink során meghatároztuk a mediterrán térség évszakos CAI mezőit, majd ezek alapján a teljes 45 éves időszakra vonatkozó évszakos trendegyütthatókat, melyeket a 2. ábrán mutatunk be (hPa/évtized



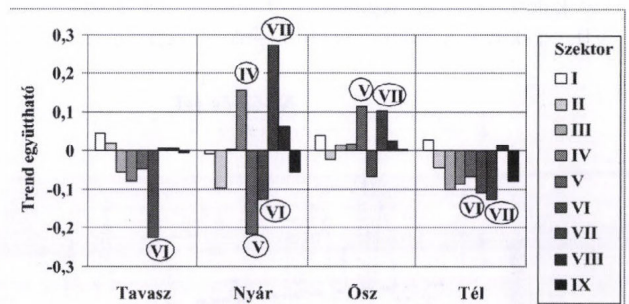
1. ábra. A ciklogenezis központok gyakoriságai a mediterrán térségben, 1957–2002.



2. ábra. A Ciklon Aktivitási Index (CAI) évszakos trendelemzése a mediterrán térségre hPa/évtized egységben kifejezve, 1957–2002.



3. ábra. A mediterrán öv kilenc szektora, melynek minden szektor 9 rácpontot tartalmaz.



4. ábra. Az évszakos ciklongyakorisági trendegyütthatók a mediterrán-öv kilenc szektorában, 1957–2002.

egységben). A térképekről leolvasható, hogy a ciklonok intenzitása a tavaszi és a nyári időszakban minimálisan, míg ősszel és télen jelentősen megváltozott a vizsgált időszak alatt. Télen a teljes Földközi-tenger térségében negatív CAI trendegyütthatók jelennek meg, melynek központja a Ligur-tenger vidéke. Ősszel viszont a ciklon aktivitás nagymértékben megnövekedett a Genovai-öböl környékén, valamint kisebb mértékben az Adriai-tenger déli részén, a Tirrén-tenger térségében, és az Ibériai-félszigettől délre a Gibraltári-szoros közelében.

Az előző két ábrán jól kirajzolódik egy körív, melynek mentén mind a

ciklogenezisek, mind a ciklonpályák gyakorisága nagyobb. Ez a mediterrán öv (3. ábra) lefedi a következő térségeket: az Alborán-medencét Európa és Afrika között (I. szektor), a Baleár-szigetek térségét és az Ibériai-félsziget északi partjait (II. szektor), a Lion (Oroszlán)-öböl vidékét (III. szektor), Provence-ot és a francia Cote d'Azur partvidékét (IV. szektor), a Genovai-öböl és a Pó-síkság nyugati részét (V. szektor), a Pó-síkság keleti részét és a Velencei-öböl (VI. szektor), az Adriai-tenger középső részét (VII. szektor), az Adriai-tenger déli részét, a Tarantói-öböl és az Otrantói-szorost (VIII. szektor), valamint a Jón-tengert (IX. szektor).

A jobb összehasonlíthatóság érdekében minden egyes szektorhoz kilenc rácpontot rendeltünk, melyek pontos földrajzi helyzetét a 3. ábra mutatja.

Az évszakos ciklongyakoriságok idősorai alapján lineáris trendet illesztettünk a teljes 45 éves időszakra, s meghatároztuk a lineáris trendegyütthatókat mind a kilenc szektorra (4. ábra). A legerősebb tendenciákat a IV., V., VI. és VII. szektorban észleltük, melyek értékei meghaladják a 0,1 ciklon/dekád küszöbértéket. Általában a teljes mediterrán-övben csökkent a ciklongyakoriság tavasszal és télen, míg ősszel a legtöbb szektorban növekvő trendet detektáltunk. A téli ciklonok gyakoriságának

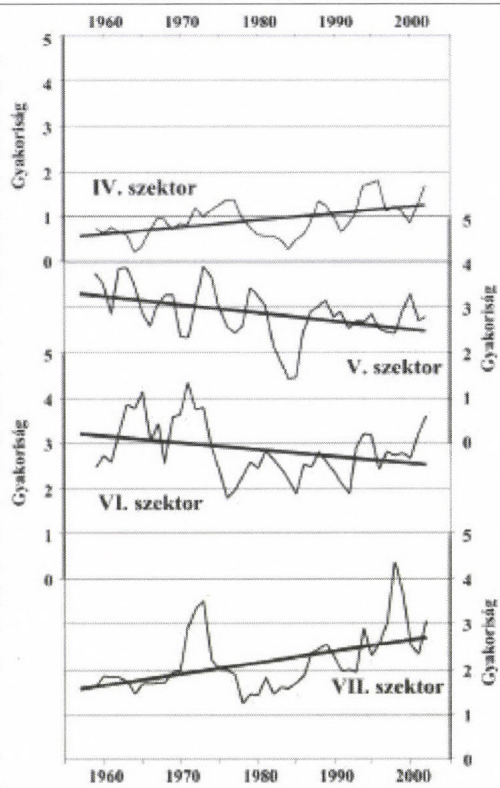
csökkenése jó egyezést mutat Geng és Sugi (2003), valamint Bengtsson et al. (2006) eredményeivel. A legnagyobb trendegyüttható értékeket nyáron figyelhetjük meg, bár ezek szektoronként jelentősen eltérnek egymástól. Például a IV. és VII. szektorban nagyon megnövekedett a ciklonok száma, míg az V. és VI. szektorban erőteljes csökkenést detektáltunk. Az 5. ábra jeleníti meg a nyári ciklongyakoriságok három éves mozgó átlagainak idősorait, s az erre illesztett lineáris trendet. A Genovai-öbölben, a Velencei-öbölben, valamint a Pó-síkságon (V. és VI. szektor) jelentősen csökkent a ciklonok gyakorisága a XX. század végére, míg a két szomszédos (IV. és VII.) szektorban ezzel ellentétes, növekedő tendencia figyelhető meg. Ez a ciklonpályák nyugati, illetve délkeleti irányba való eltolódását valószínűsíti.

Mind a négy évszakra bemutatjuk a két kulcsfontosságú régióban (VI. és VII. szektor) a ciklongyakoriságok

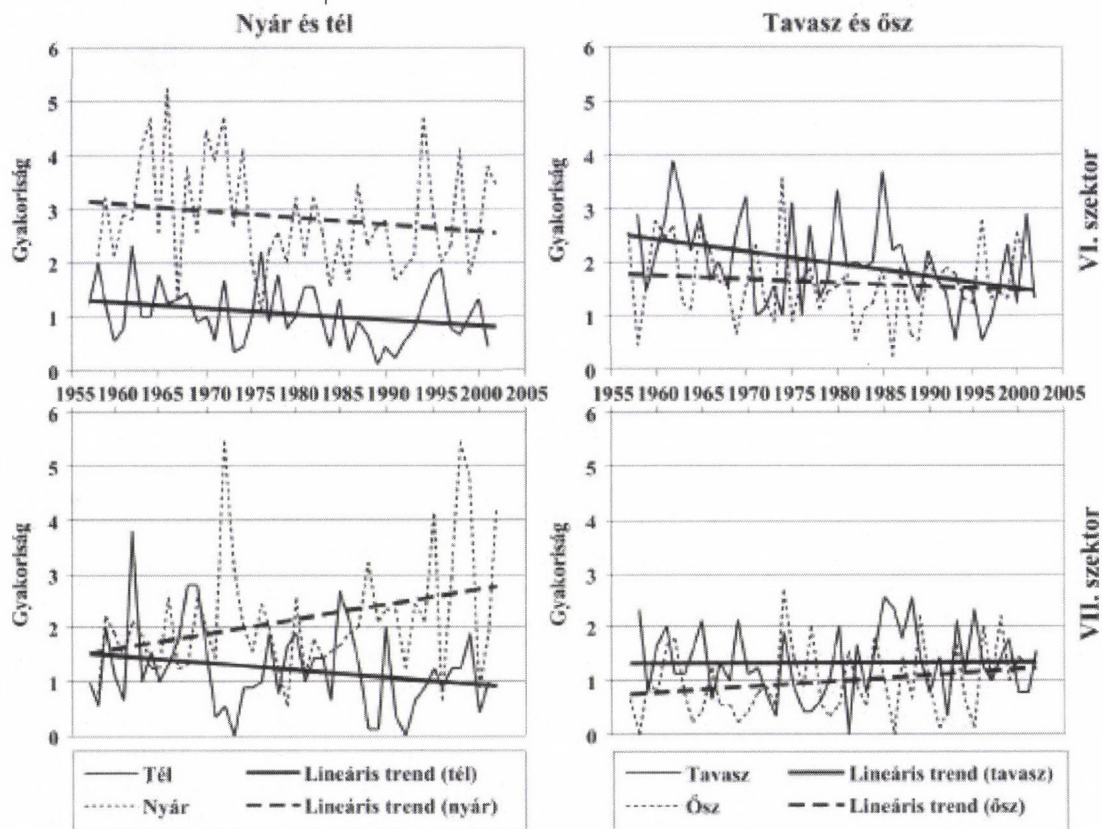
alakulását (6. ábra). Az ábra bal, illetve jobb oszlopa rendre a nyár és a tél, illetve a tavasz és az őszi gyakorisági idősorait jeleníti meg, továbbá bemutatja az illesztett lineáris trendeket. A VI. szektorban (a Pó-síkság keleti részén és a Velencei-öbölben) mind a négy évszakban határozott csökkenő tendencia figyelhető meg, mely a felső grafikonokon látható. Az alsó grafikonokon a VII. szektor (az Adriai-tenger középső része) idősoraira illesztett trendek viszont nem ilyen egységesek: nyáron nőtt, télen csökkent a ciklonok gyakorisága, míg a többi évszakban nem volt jelentős változás az 1957–2002 időszakban.

3. Következtetések

Az Atlanti-Európai régió ciklonpályáinak vizsgálatát e cikkben leszűkítettük a mediterrán térség ciklongyakoriságainak,



5. ábra. A nyári ciklongyakoriságok alakulása a IV., V., VI. és VII. szektorban, 1957–2002.



6. ábra. Évszakos ciklongyakoriságok alakulása a VI. (a Pó-síkság keleti része és a Velencei-öböl) és a VII. (az Adriai-tenger középső része) szektorban, 1957–2002.

ciklon-intenzitásának elemzésére. Kutatásainkat az ECMWF ERA-40 1°-os rácsfelbontású reanalízis adatbázisának tengerszintre átszámított lég-nyomás mezőjén alapján végeztük. Vizsgálataink eredményeit az alábbiakban foglaljuk össze.

1. A legnagyobb ciklogenezis gyakorisági értékek a Genovai-öböl térségében figyelhetők meg. Két másik ciklon keletkezési központot is azonosíthatunk: az Adriai-tenger déli részén, valamint az Ibériai-félsziget keleti partvidékén.

2. A ciklonok intenzitása a tavaszi és a nyári időszakban minimálisan, míg ősszel és télen jelentősen megváltozott az 1957–2002 időszakban. Télen a teljes Földközi-tenger térségében negatív CAI trendegyütthatókat detektáltunk, melynek központja a Ligur-tenger vidéke. Ősszel viszont a ciklon aktivitás nagymértékben megnövekedett a Genovai-öböl környékén, valamint kisebb mértékben az Adriai-tenger déli részén, a Tirrén-tenger térségében, és az Ibériai-félszigettől délre a Gibraltári-szoros közelében.

3. Általában a teljes mediterrán-öbön csökkent a ciklongyakoriság tavasszal és télen, míg ősszel növekvő trendet detektáltunk.

4. Nyáron a Genovai-öbölben, a Velencei-öbölben, valamint a Pó-síkságon jelentősen csökkent a ciklonok

gyakorisága a XX. század végére, míg Provence és a francia Cote d'Azur partvidéken, továbbá az Adriai-tenger középső részén ezzel ellentétes, növekedő tendenciát figyeltünk meg. Ez a ciklonpályák nyugati, illetve délkeleti irányba való eltolódását valószínűsíti.

Köszönetnyilvánítás. Az ERA-40 adatbázist az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ (ECMWF) állította össze és bocsátotta rendelkezésünkre. A letöltéshez az Országos Meteorológiai Szolgálat főtanácsosa, Ihász István volt segítségünkre. Kutatásainkat az OTKA T-049824 számú pályázata, az NKFP-3A/0082/2004 és az NKFP-6/079/2005 pályázatok támogatták. További segítséget nyújtott az EU VI. keretprogram CECILIA projektje (GOCE-037005) és az MTA TKI Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz című, 2006/TKI/246 számú programja.

**Bartholy Judit, Pongrácz Rita,
Pattantyús-Ábrahám Margit**

Irodalomjegyzék

- Bartholy, J., Pongrácz, R., Pattantyús-Ábrahám, M., 2006: European cyclone track analysis based on ECMWF ERA-40 datasets. *Int. J. Climatology* 26, 1517-1527.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Pattantyús-Ábrahám, M., 2007: A cirkulációs viszonyok változásának elemzése az atlanti-európai térségben. *Légkör* 52/1, 18-24.

Bengtsson, L., Hodges, K.I., Roeckner, E., 2006: Storm track and climate change. *J. Climate* 19, 3518-3543.

Blackmon, M.L., 1976: A climatological spectral study of the 500 mb geopotential height of the Northern Hemisphere. *J. Atmos. Sci.* 33, 1607-1623.

Blender, R., Fraedrich, K., Lunkeit, F., 1997: Identification of cyclone-regimes in the North-Atlantic. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 123, 727-741.

Geng, Q., Sugi, M., 2003: Possible change of extratropical cyclone activity due to enhanced greenhouse gases and sulfate aerosols - Study with a high-resolution AGCM. *J. Climate* 16, 2262-2274.

Hoskins, B.J., Valdes, P.J., 1990: On the existence of storm tracks. *J. Atmos. Sci.* 47, 1854-1864.

Pongrácz R., Bartholy J., Pattantyús-Ábrahám M., Pátkai Zs., 2006: Az Atlanti-Európai térség szinoptikus-klimatológiai vizsgálata. In: 31. Meteorológiai Tudományos Napok - Az éghajlat regionális módosulásának objektív becslését megalapozó klímadinamikai kutatások (Szerk: Weidinger T.) OMSz, Budapest. 144-159.

Zhang, X., Walsh, J.E., Zhang, J., Bhatt, U.S., Ikeda, M., 2004: Climatology and interannual variability of arctic cyclone activity: 1948-2002. *J. Climate* 17, 2300-2317.

Meteoalarm. Veszélyjelzés Európa térségére

2007 március 21-én kezdte meg operatív működését az EUMETNET új, a tagországok hivatalos veszélyjelzési információit egységesen összefogó portálja a www.meteoalarm.eu. A projekt elsősorban a nagyközönség országhatárokon átfutó konzisztens tájékoztatását tűzte ki célul, emellett kritikus időjárási helyzetekben az előrejelzők összehangoltabb munkáját is segíti. Az oldal jelekkel és színekkel ellátott térképére pillantva azonnal látható, hogy az egyes országokban, térségekben milyen típusú és milyen veszélyességi fokozatú időjárási jelenség előfordulása várható. A veszélyjezések az aktuális napra (ma) és a következő napra (holnap) vonatkoznak. A portálon az Országos Meteorológiai Szolgálat által kiadott figyelmeztetések is megjelennek. Ezen figyelmeztetések előzik meg a csak néhány órával a veszélyes jelenség előtt kiadott riasztásokat. A hazánkra vonatkozó riasztásokat az előzetes figyelmeztetésekkel együtt a www.met.hu/hunalarm oldalon követhetjük nyomon.

Kolláth Kornél

JANUÁRI VIHAR EURÓPÁBAN

Bevezetés

2007. január közepén heves szélviharok söpörtek végig Európán. A vihar végigpusztította Angliát, majd a Benelux államokon keresztül Németországra, Csehországra illetve Lengyelországra tört, és nagy szelet okozott a Baltikumban is. A szélvihar erejére jellemző, hogy a széllelkések erőssége többfelé elérte a 120 km/h sebességet, sőt néhány helyen még a 150 km/h-t is meghaladta (1. táblázat). A vihar Európa-szerte emberáldozatokat követelt, legkevesebb 44 halottat. Az anyagi veszteségek is óriásiak voltak, az épületek mellett a legtöbb kár a villamoshálózatokat érte, a szél által letépett vezetékek illetve kidőlt fák miatt. Több országban megbénult a közlekedés.

Helyszín	H	V _{max}
Wendelstein	1835 m	202 km/h
Brocken	1142 m	155 km/h
Hohenpeissenberg	986 m	144 km/h
Chieming	553 m	137 km/h
Fürstenzell	480 m	137 km/h
Zugspitze	2962 m	137 km/h
Feldberg/Schwarzwald	1493 m	133 km/h
Weinbiet/Pfalz	557 m	126 km/h
Chemnitz	420 m	122 km/h

1. táblázat: helyi idő szerint 18 és 19 óra között észlelt viharos, illetve orkán erejű széllelkések Németországban
(forrás: <http://www.wetteronline.de>). H = tengerszintfeletti magasság, V_{max} = a legerősebb széllelkés értéke.

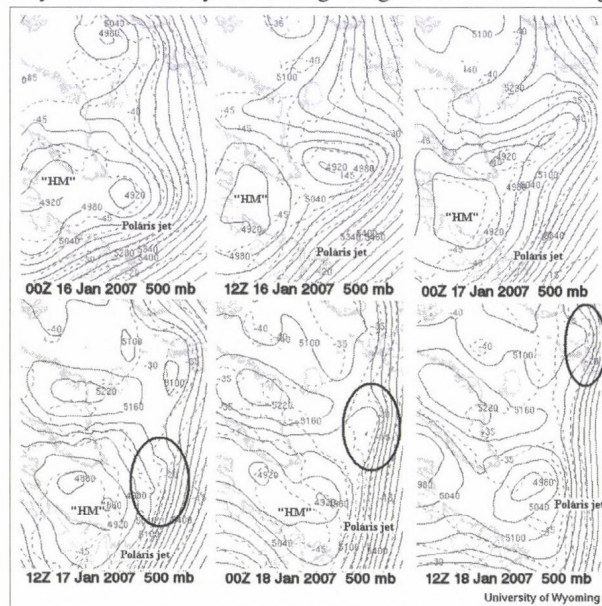
Európában, annak is elsősorban a nyugati felén, az utóbbi években többször is előfordultak téli nagy viharok: hasonló erejű szélvész pusztított 1999. decemberében, illetve 2004-ben, november közepén. Az ilyen típusú viharok az atlanti térségben alakulnak ki, és Európa partjainál vagy a kontinens fölött mélyülnek ki, legfőbb sajátosságuk a szokatlanul gyors fejlődés, áthelyeződés. Központjukban rendkívül alacsony légnyomási értékek fordulnak elő, ezért gyakran viharciklonoknak is nevezik őket. A különösen heves rendszereket személynevekkel illetik. Ez a ciklon a *Kyrrill* nevet kapta. Írásunkban röviden ismertetjük a viharciklon kialakulását, fejlődését és az általa okozott eseményeket.

A meteorológiai előzmények

A viharciklon kialakulását megelőző két-három hétben az észak-atlanti térséget erős ciklon aktivitás jellemezte, míg Európa déli részei felett a szokottnál erősebb anticiklonális volt megfigyelhető. Január első felében a sarkvidéken (Grönland és Kanada északi részénél) nagy mennyiségű hideg levegő halmozódott fel. Eközben az európai és az

észak-amerikai kontinens jelentős része felett, valamint Kelet-Szibériában a megszokottnál több fokkal enyhébb időjárás uralkodott. Az 500 hPa-os légnyomási szinten ún. "hideg mag" volt megfigyelhető, mely a sarkvidéki hideg ciklonokhoz kötődött. Az ilyen "hideg magok" jellemzője, hogy bennük minden magassági szinten rendkívül hideg levegő található. Az 500 hPa-os szintet rendszerint 490 gpm alatti geopotenciál* értékek jellemzik, illetve -40 °C-nál is alacsonyabb a szint hőmérséklete. A 850 hPa-os légnyomási szinten pedig nem ritka a 30 °C-nál alacsonyabb hőmérséklet sem. Ilyen "hideg mag" indult el Grönlandon át dél felé, útja során egyre mélyebb és erősebb ciklonokat hozott létre az észak-atlanti térségben. Ezzel egy időben 2–3 nap alatt egész Kanadát sarkvidéki eredetű, nagyon hideg levegő árasztotta el. A sarkvidéki hidegbetöréssel egy időben meleg léghullámok indultak meg Észak-Amerika felett az alacsonyabb szélességektől. Ezen légtömegek ütköző zónája január 14. és január 16. között az amerikai kontinens keleti partvidéke lett, melyhez párosult a sarkvidékről elinduló, Grönlandon áthaladó "hideg mag" is. Ezek a szinoptikus körülmények rendkívül erős poláris futóáramlás (jet-stream) kialakulásának lehetőségét teremtették meg.

A Labrador-tenger fölé érkezett "hideg mag" és az egyre erősödő poláris futóáramlás ciklogenezis központot alakított ki az óceán felett a Labrador-félszigettől keletre. A folyamatosan mélyülő "hideg mag" és az erős meleg

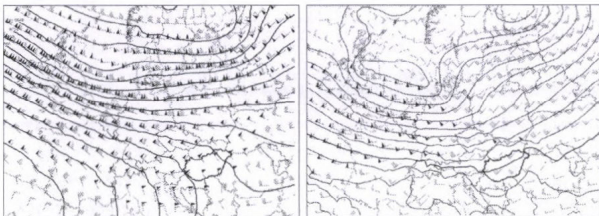


1. ábra: Az 500 hPa-os nyomási szint magassága (folytonos vonallal jelölve, 60 gpm-es felbontásban) és hőmérsékleti viszonyai (szaggatott vonallal jelölve, 5 fokos sűrűséggel) 12 órás bontásban 2007. január 16-a és 18-a között az észak-atlanti térség felett a wyomingi egyetem analízise alapján. "HM" = "hideg mag". Az ellipszisszel jelölt terület a ciklogenezis helyét mutatja.

advekcio hatására január 17-én kora délutánra rendkívül nagy hőmérsékleti és légnyomási különbség keletkezett. A kontrasztot jól jellemzi, hogy az 500 hPa-os légnyomási szinten, egy körülbelül 1000 km-es horizontális terjedelmű sávon belül hozzávetőlegesen 60 gpm-es geopotenciál és 30–35°C-os hőmérséklet különbség alakult ki. Az izohipszák és izotermák egymással párhuzamosan futottak. A legnagyobb kontrasztú zónától keletre, a sugáráram előoldalán háborgás alakult ki a magasabb szinteken, a felszínen ezt gyors ciklonkiépülés követte, majd a ciklon viharciklonná erősödött (1. ábra). A ciklon gyors kifejlődésének kedvezhetett az is, hogy ez idő alatt a Golf-áramlat és az Észak-atlanti áramlat felszíni vízhőmérséklete az átlagosnál magasabb volt. A ciklon Európa partjainál is többlet energiára tehetett szert, ugyanis a kontinens partjai közelében a tengerek felszíni vízhőmérséklete az átlagosnál 1–1,5 °C-kal melegebb volt.

A viharciklon

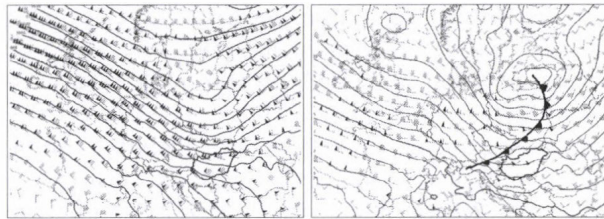
A ciklogenezis és a jet-stream erősségét január 18-án már jól jelezték a 300 hPa-os szinten az atlanti partoknál előforduló igen nagy szélsébségek (2a. ábra). A legnagyobb szélsébségek a Brit-szigetek felett voltak, itt 80–90 m/s-os értékek is előfordultak. A középső troposzférában, az 500 hPa-os szinten ugyancsak megjelentek az igen erős szelek. A Brit-szigetek közelében látható ciklon jól látszott a tengerszinti légnyomás és a 925 hPa-os szint szélmezéjében is (2b. ábra). A ciklon kelet felé mozogva, fokoza-



2a. ábra: A 300 hPa-os légnyomási szint magassága (80 m-es sűrűséggel jelezve) és szélviszonyai 2007. január 18-án 12 UTC-kor az ECMWF analízise alapján.

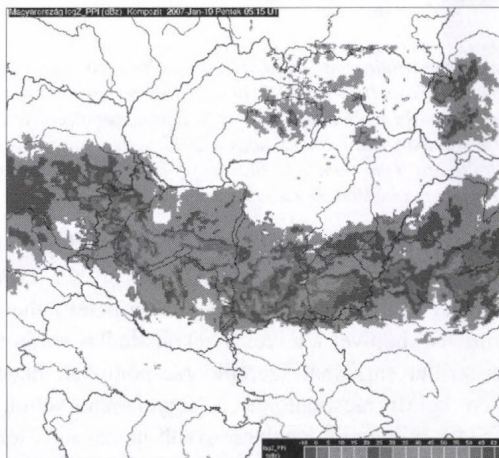
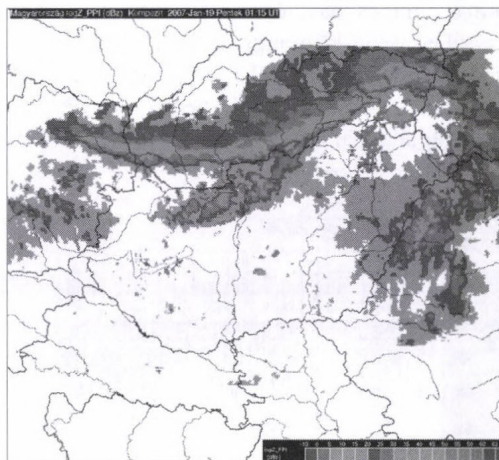
2b. ábra: A tengerszintre számított légnyomás (5 hPa-os felbontásban) és a 925 hPa-os légnyomási szint szélmezője 2007. január 18-án 12 UTC-kor az ECMWF analízise alapján.

tosan mélyült és január 19-én 00 UTC-kor a 300 hPa-on Németország fölött az analízis alapján 90 m/s-os (!) erősségű volt a jet-stream (3a. ábra). Az 500 hPa-on is rendkívül erős volt az áramlás, 60 m/s szélerősséggel. A talajszinten a ciklon centruma már a Baltikum fölé sodródott 964 hPa-os maggal, hidegfrontja pedig Közép-Európa felett volt (3b. ábra). A viharciklon hidegfrontja végigpórt Nyugat- majd Közép-Európán. A front áthelyeződését igen heves zivatartevékenység kísérte, Németország felett a frontvonalon zivatarvonal épült ki, mely Csehországot, majd Lengyelországot érte el. Útja során viharos erősségű széllökéseket, helyenként heves csapadékot okozott, sőt, Németországból tornádót is jelen-



3.a-b. ábra: Ugyanaz, mint a 2. a-b. ábra, de 2007. január 19-én 00 UTC-kor. Az ábrára a hidegfrontot is berajzoltuk.

tettek. Nem sokkal éjjel után Bécsben hirtelen hőmérséklet-növekedést észleltek, amelynek során 20°C-ig melegedett a levegő. Ennek oka feltehetőleg az volt, hogy a front közeledtével a délnyugati, nyugati irányú légmozgás egyre jobban megerősödött és a hegyeken átbukva meleg fónsziént jelentkezett. A front és vele együtt a zivatarvonal elérve a Tátrát, erejét vesztette, és mire a hazai időjárási radarok látókörébe ért, a csapadékmezője is vékonyodott (4a. ábra). Később, amikor már Magyarországot is elérte, átmenetileg újra megerősödött a rendszer, de már csak néhol, elsősorban az ország középső és északkeleti részein okozott zivatarokat. A front a hajnali, reggeli órák folyamán fokozatosan áthaladt hazánkon, felhőzete többnyire záporos csapadékot adott (4b. ábra). Hazánkban a legnagyobb



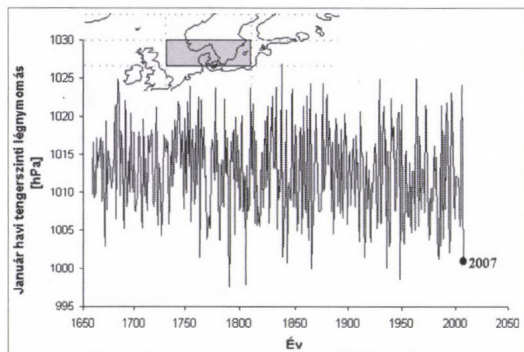
4. ábra: országos, kompozit radarképek 2007. január 19-én a) 01:15 UTC-kor, b) 05:15 UTC-kor. Az ábrák alján található skálán az intenzitás értékeket láthatjuk dBz-ben megadva.

szélsébséget még a front megérkezése előtt, tehát előoldali helyzetben regisztrálták Siófokon, ahol 108 km/h-s széllekkést mértek. Magyarországon a vihar rendkívülisége abban állt, hogy az előoldali szél az éjszakai órákban képes volt közel 30 m/s-os lökéseket okozni, illetve példátlanul erősek voltak a magassági áramlások. A délnyugati szél számottevő víztömeget sodort át a Balaton keleti medencéjébe, átmenetileg megnövelve annak vízszintjét. (Ld. erről a ...oldalon kezdődő cikket; - a szerk.)

A viharciklon északkelet felé mozogva január 20-án éjjel már Oroszország nyugati vidékei fölött, 21-én éjjel pedig már a sarkkör közelében, Északkelet-Európában tartózkodott. Ekkor már folyamatosan töltődött, azaz középpontjában emelkedett a légnyomás, így fokozatosan veszített az erejéből. Ennek ellenére, főleg az időszak elején, további károkat okozott Kelet-Európa több országában is.

Klimatológiai háttér

A viharciklonokat rendszerint több mély ciklon is megelőzi, illetve követi Európa északi, északnyugati partjainál. A Kyrill esetében is így történt. Ezért azokban a hónapokban, amelyekben viharciklon jelentkezik, a tengerszinti légnyomás átlagos havi értéke alacsony lesz. Tekintve, hogy a viharciklon központja az Északi-tenger és Dánia térségében vonult át és korábban is gyengébb, de mély ciklonok érintették a területet, elkészítettük az 5. ábrán szürke kitöltésű téglalappal jelölt terület január havi átlagos

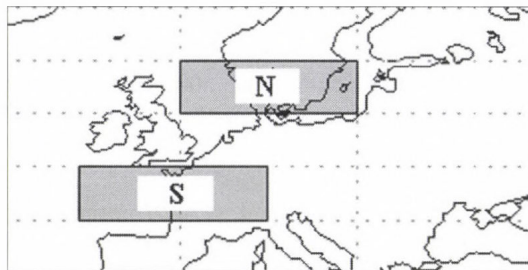


5. ábra: január hónapra vonatkozó átlagos havi tengerszinti légnyomás alakulása 1659-től 2007-ig az Északi-tenger térsége felett.

A diagrammról leolvasható értékek az ábrán szürkével jelezett területre vonatkoznak. Látható, hogy a 2007-es év januárjában előfordult átlagos légnyomás a legalacsonyabb értékek közé tartozik. (Kalnay et al., 1996 és Luterbacher et al., 2002 nyomán.)

tengerszinti légnyomás rekonstrukcióját, légnyomási reanalízis adatok segítségével (Kalnay et al., 1996 és Luterbacher et al., 2002). Ugyanezt a területet láthatjuk a 6. ábrán "N" betűvel jelölve. A rekonstrukálás során nemcsak a terület sarkainál szereplő rácspontokat, hanem a területen belüli rácspontokat is figyelembe vettük. Az utóbbi 349 év hetedik legalacsonyabb január havi tengerszinti légnyomása volt 2007. januárjában.

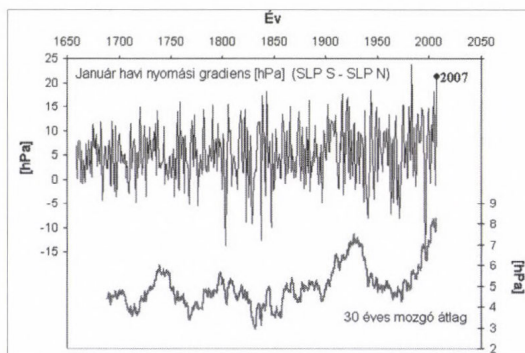
Amíg Európa északnyugati partjainál a szokásosnál alacsonyabb légnyomás értékek jelentkeztek, addig 1000



6. ábra: a január havi tengerszinti légnyomás rekonstrukcióhoz felhasznált "N" és "S" betűkkel, szürke színezéssel jelzett területek.

A rekonstrukálás során nem csak a terület sarkainál szereplő rácspontokat, hanem a területen belüli rácspontokat is figyelembe vettük 5x5 fokos horizontális rácsválságot alkalmazva.

kilométerrel délre, Franciaország délnyugati területei felett, az anticiklonok hatására az átlagosnál magasabb légnyomási értékek mutatkoztak. Elkészítettük a 6. ábrán "S"-sel jelölt, szürkével sátozott terület január havi átlagos tengerszinti légnyomás rekonstrukcióját a korábban említett reanalízis adatok segítségével. Megvizsgáltuk hogyan változott 1659-től napjainkig a két kitüntetett, "S"-sel és "N"-nel jelölt terület közötti nyomási gradiens (7. ábra). Az eljárás során a két területre számolt január havi átlagos tengerszinti légnyomás értékek különbségét vettük



7. ábra: a 6. ábrán "S" és "N" betűvel jelzett területekre vonatkozó január havi átlagos tengerszinti légnyomás értékek különbségének időbeli alakulása és 30 éves mozgó átlaga.

(SLP S – SLP N). A vihar és a hónap rendkívüliségét jól mutatja, hogy 1983 után 2007-ben volt a legnagyobb a két terület közti légnyomás-különbség. Az utóbbi 30 év nyomási gradiens átlaga a legmagasabb 1659 óta, hasonlóan erős zonalitás legutóbb a XX. század elején alakult ki.

Befejezés

Írásunkban a 2007. januárjában Európában pusztító Kyrill nevű viharciklon keletkezését, fejlődését és az általa okozott eseményeket ismertettük. A vihar kialakulásában fontos szerepet játszott a sarkvidékről elinduló "hideg mag", mely a közepes szélességekre lejutva, a délről érkező meleg légtömegekkel együtt rendkívül erős sugáraram és ciklongenezis kifejlődésének teremtett kedvező feltételeket. A viharciklon Európa északi részén orkán erejű széllekkésekkel járt, sőt még tornádót is okozott. A viharciklon

elvonulása után Európa felett makroszinoptikus váltás következett: az addigi erős nyugatias áramlást felváltotta az északi, északnyugati áramlás. A klimatológiai elemzésből kiderült, hogy a hasonlóan mély ciklonokkal és erős zonalitással jellemzett szinoptikus helyzet, amely Európa északnyugati partjait jellemezte 2007. januárjában, rendkívül ritkán fordul elő.

Elmondható, hogy a számítógépes előrejelzéseknek köszönhetően Európa felkészülhetett a viharra. A hatóságok a lehetőségekhez képest mindent megtettek a várható természeti csapás kivédésére, az óvintézkedések nélkül valószínűleg sokkal több emberéletet követelt volna a vihar.

Köszönetnyilvánítás: Köszönet az NCEP reanalízis adatokért a NOAA-CIRES-nek (Climate Diagnostics Center, Boulder, Colorado állam, USA, elérhetőség: <http://www.cdc.noaa.gov/>). Továbbá köszönet illeti Luterbacher et al.-t a rekonstruált légnyomási mezőkért.

Seres András Tamás, Fodor Zoltán és Horváth Ákos

Felhasznált irodalom

- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R., Joseph, D., 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bulletin of the American Meteorological Society, 77, 437-471.
- Luterbacher, J., Xoplaki, E., Rickli, R., Gyalistras, D., Schmutz, C., Wanner, H., 2002: Reconstruction of Sea Level Pressure fields over the eastern North Atlantic and Europe back to 1500. *Climate Dynamics*, 18, 545-561. A rekonstruált mezők elérhetősége: <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/pubs/luterbacher2002/luterbacher2002.html>.

A Kyrill viharciklon hatása és lecsengése a Balatonon

A Balaton mellett élő ember megszokta már, hogy a nyár folyamán esetenként heves szélviharok söpörnek végig a tavon, télen azonban ritkán fordul elő vihar. E szokatlan jelenség az idei télen észlelhető volt nálunk is, melynek nem meteorológiai, hanem hidrológiai alakulásáról szeretnék rövid tájékoztatást adni.

Az idei év januárjában vihar pusztított Angliától a Baltikumig. Elérte szűkebb környezetünket, a Balatont is, ám a meteorológusok szerint már csak a viharzóna széle érintette a tavat és környékét. Ez is elégnék bizonyult azonban ahhoz, hogy a Balaton víztömegének kilendülése bekövetkezzen és a visszarendeződő kilengésekkel együtt több, mint 36 órán keresztül tartson. A közérthetőség végett röviden tekintsük át a tó vízmozgásainak ide vonatkozó értelmezését.

Legnagyobb állóvizünk, a Balaton csak nevében állóvíz. Mozgását a természet ereje irányítja, amelynek egyik integrált eleme a meteorológiai tényezők változása. Ez a mozgás, különböző szempontok szerint jellemezhető, azonban, ha a meteorológiai elemek közül dominánsan a szél hatását keressük, akkor három csoportot különböztethetünk meg (Muskalaj, 1966), melyek a következők:

- a felszín helyileg és időben erősen változó, periodikus jellegű mozgása (hullámzás),
- a teljes víztükrör vízszintes helyzetéből történő kimozdulás (periodikus kitérése – a vízlengés, tartós kitérése – a kilendülés),
- a felszín változásaival kapcsolatos mozgások (áramlások).

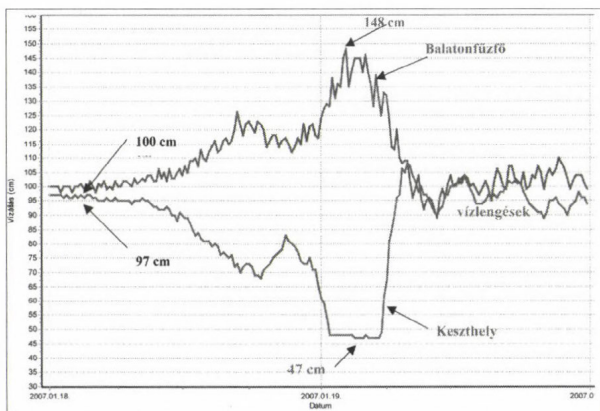
A fenti csoportosításból jelen esetben a dinamikus egyensúlyra törekvő, nem ismétlődő kilendülés a szá-

munkra érdekes, melynek hossz- és keresztirányú változata ismert. Miután a kilendülések alkalmával a teljes víztömeg kimozdulásáról van szó, a hossz- és keresztirányú kilendülések együtt jelentkeznek. Hidrometriai* jellemzőinek köszönhetően (kis vízmélység, nagy hossz, öblözetek tagoltsága, stb.) a tó hosszirányú kilendülése nagymértékű.

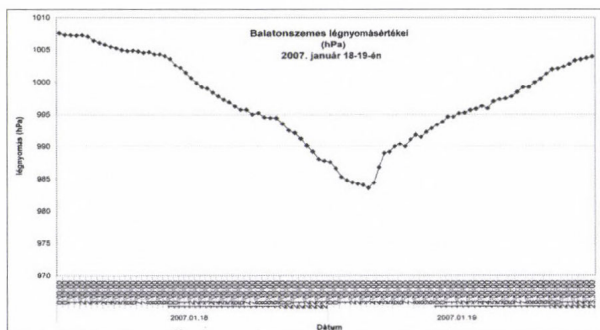
A kilendülések, és a kiváltó meteorológiai elemek nyomon követésére a partmenti automata vízszintregisztráló, és meteorológiai állomások alkalmasak. A Balatoni Integrációs és Fejlesztési Ügynökség Kht. (BIFÜ) az Európai Unió LIFE programja keretében kialakította a Balatoni Információs (monitoring) Rendszert (BIR), mely az internetre kivetítve (<http://lc.webeye.hu>) folyamatosan szolgáltatja fenti információkat. Jelen cikk összeállításakor a Közép-dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság, valamint az OMSZ két szélmérő állomásának (Szigliget, Balatonalmádi) adatait vettük figyelembe, de természetesen a kiértékelés teljessé tételéhez szükséges az OMSZ által üzemeltetett és érintett állomások teljes adatainak közös elemzése. Jelen cikk csupán első lépése lehet egy jövőbeni közös munkának, melyben mindkét szervezet leteheti névjegyét a balatoni kilendülések előrejelzésének kidolgozása területén. Ennek jelentősége az esetleges kármegelőzésben, vagy mentésben számszerűsíthető, mely a rövidejű partmenti elöntéseket és a hajópark védelmét érinti.

A tó hosszirányú kilendülését két szélső állomásának – Keszthely – Balatonfűzfő, (1. ábra), keresztirányú kilendülését, két szemközti állomásának – Balatonszemes és

Balatonakali, (4. ábra)-, valamint, Balatonfűzfő – Siófok (5. ábra) egyidejű, vízállás töréspont adatsorával jellemeztük, a vízszinteket a 103,41 mBf.-i magasságra vonatkoztatjuk. A maximális szellőkések alakulását Szigliget – Balatonalmádi (3. ábra) vonalában, valamint a légnyomás változás alakulását Balatonszemes (2. ábra) hidrometeorológiai állomás adataira alapján szemléltetjük. A keszthelyi automata vízszintérzékelő bekötő csatornája 47 cm (103.88 mBf.) magasságra lett sok éve telepítve, így az annál alacsonyabb vízszinteket a szenzor nem érzékeli. A januári kilendülés hatására jelenleg folyamatban van a bekötőcsatorna süllyesztése.



1. ábra A Balaton kilendülése 2007. január 18–19-én Balatonfűzfő – Keszthely

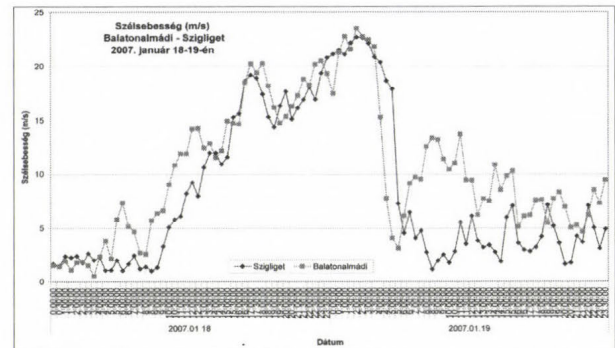


2. ábra A légnyomáértékek változása a tó kilendülésének ideje alatt

Az 1. ábra szemlélteti, hogy 18-án már a reggeli órákban, a légnyomás csökkenés (2. ábra) és az előoldali szél (3. ábra) hatására elkezdődött a tó kilendülése. Keszthely térségéből a 100 cm körüli vízfelszín, nyugalmi helyzetéből az egyirányú áramlás hatására kimozdult, és az éjszakai órákra mérhetően 50 cm-t csökkent (47 cm-ig). A folyamatos DNy-i szél a vizet a Fűzfői öbölbe sodorta, ahol a vízszint elérte a 148 cm-t. A mérhető vízszintkülönbség 101 cm volt.

A légnyomás Balatonszemesen 985 hPa alá csökkent és a maximális kilendülés ideje alatt ott is maradt. Az előoldali szelek az éjszakai órákban is 20 m/s közeli, és feletti lökéseket okoztak, majd a front a hajnali órákon áthaladt a Balaton fölött. Fentiek eredményeként, a tó hossz tengelyében lévő két állomás között 1 m vízszin-

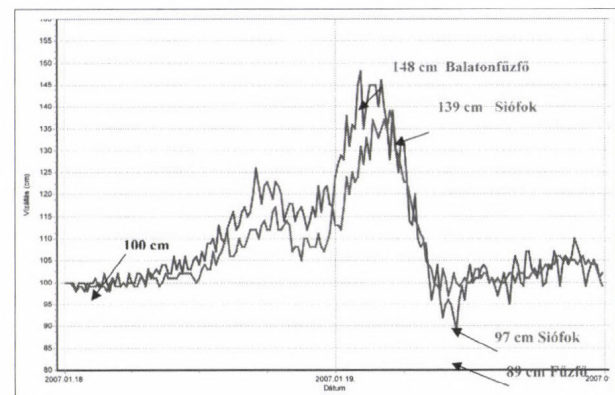
tkülönbség állt elő tartósan, 19-én éjjel 2 és 5 óra között. A méteres vízszintkülönbség megközelítőleg 20 óra alatt alakult ki és a teljes visszarendeződés kisebb nagyobb vízlengések után (1. ábra) csak január 20.-a dél körül történt meg. A lengéseket a víztömeg visszaáramlása, és az Almádinál továbbra is észlelhető nagyobb szellőkések generálták. Közben a légnyomás is fokozatosan visszatért az 1000 hPa közelébe.



3. ábra. Szellőkések Szigliget – Balatonalmádi térségében a viharciklon átvonulása idején

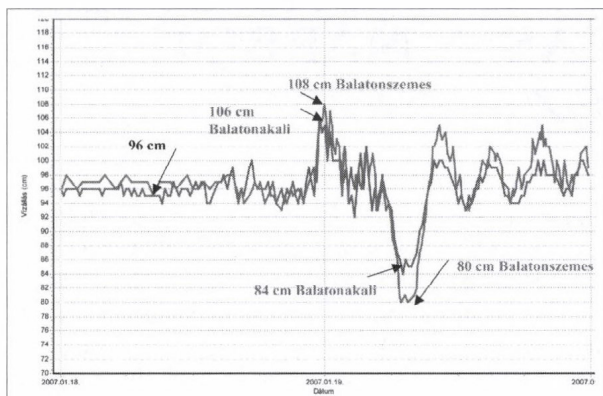
Az eddig észlelt és elemzett hosszirányú kilendülések közül az 1962. május 14-i esetén Keszthelynél 45 cm apadás, Alsóörsnél 52 cm emelkedés, összességében 97 cm-es vízszintkülönbség állt elő 9 óra alatt, 1961. július 13-án Keszthely és Balatonaliga között pedig 94 cm vízszintkülönbséget regisztráltak (Muszkalay, 1979). A Balaton dinamikus mozgásait figyelemmel kísérve megállapíthatjuk, hogy a Kyrill viharciklon okozta hosszirányú kilendülés, mértékét, idejét és tartamát tekintve is rendkívül jelentősnek számít.

A továbbiakban Balatonfűzfő és Siófok adataival a legnagyobb medence vízmozgását, majd Balatonszemes és Balatonakali együttes vízállás adatainak összevetésével a tó keresztirányú kilendüléseit vizsgáltuk.



4. ábra A Balaton kilendülése 2007. január 18–19-én Balatonfűzfő – Siófok

A 4. ábrán a Siófoki öböl kilendülését követhetjük nyomon. A 228 km² felületű, legnagyobb medence D-i és ÉK-i partján elhelyezkedő állomásokon (Siófok és Balatonfűzfő) a regisztrált vízszintek, analóg vízjárást mutatnak. Siófok értékei 8–12 cm-rel elmaradva, kissé tompítva de időben és tendenciában azonos



5. ábra A Balaton kilendülése 2007. január 18-19-én Balatonakali – Balatonszemes

módon az öböl teljes víztömegének kilendülését jelzik. Vízszintemelkedés (áradási) oldalon 39 cm, vízszinteszkkenési (apadási) ágon 42 cm vízszintkülönbség állt elő, míg Fűzfőn ugyanez az érték 48 cm és 59 cm volt. Az áradás itt is megközelítőleg 20 óra alatt következett be, míg az apadás gyorsabban, 9 óra alatt zajlott le. A kilendülést követő vízlengések Siófokon alig, Fűzfőn jóval erőteljesebben érződtek.

Balatonszemes és Balatonakali szemben fekvő állomások, a kilendülés ideje alatt azonban vízjárásuk analóg módon változott, mely kétsomos kilendülést, vagy szuperponálódott vízmozgást jelez. Az előoldali szél egyik állomás esetében sem okozott jelentős vízszintváltozást, az éjszakai front átvonulása idején 10-12 cm áradási vízszint-növekedést tapasztaltunk úgy, hogy a maximumokat 1.5 órával a hosszirányú kilendülés maximuma (Keszthely

esetében minimuma) előtt jelezték a szenzorok. Apadási oldalon 28 cm vízszinteszkkenést észleltünk Balatonszemesen, mely 7 óra alatt jelentkezett.

A kilendülés utáni visszarendeződés igazán szép lengéseket generált (5. ábra) Balatonszemes és Balatonakali állomásokon. A lengések 10-12 cm kezdeti amplitúdóval 3-3,5 órájú visszatérési idővel harmonikusan csengtek le január 20-ára, a reggeli órákra.

Fentieket összefoglalva elmondhatjuk, hogy a Kyrill viharciklon erőteljes hosszirányú kilendülést okozott a Balatonon, mely a téli időszakban rendkívülinek számít. A kilendülés kiterjedt a tó teljes felületére és jelentős víztömeget mozgatott meg a tó teljes hosszában. A partvédművel ellátott 180-160 cm-es koronamagasságok védelmet nyújtottak a Kyrill hatásai ellen, azonban a partvédművel nem rendelkező, vagy lédós partszakaszok esetében a mögöttes területek rövid idejű elöntésével számolni, illetve védelméről gondoskodni kell. A hajópark és a parti ingatlanok védelme szempontjából előrejelzési és riasztási rendszer kidolgozását javasoljuk.

**Kravinszkaja Gabriella hidrológus,
Balatoni Vízügyi Kirendeltség**

Irodalom

- Muszkalay L., 1966: A Balaton hossz- és keresztirányú kilendülésének mértéke, Hidrológiai Közlöny 1966.11. szám, Budapest
Muszkalay L., 1979.: A Balaton vízének mozgásai, A Balaton kutatási eredményeinek összefoglalása, VMGT 1979. 112.sz., Budapest

KISLEXIKON

[Cikkeinkben csillag jelzi azokat a kifejezéseket, amelyeket a kislexikonban szerepelnek]

ECMWF ERA-40 reanalízis

Bartholy J. és társai: Ciklonpályák elemzése...

Az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központban (ECMWF) 2000 és 2003 között előállított adatbázis az 1957 és 2001 között végzett meteorológiai és hidrológiai megfigyelések alapján. Az adatok hatóránkénti időlép-csöben állnak rendelkezésre. A térbeli felbontás átlagosan 125 km horizontálisan, és hatvan vertikális szintre terjed ki a földfelszín és a 65 km-es magasság között.

baroklin hullámaktivitás

Bartholy J. és társai: Ciklonpályák elemzése...

Az a folyamat, amely során a közepes földrajzi szélességek nyugatias áramlása a nagy horizontális hőmérséklet-különbségek – és az ehhez kapcsolódó vertikális szélnyírás – miatt észak-dél irányú hullámmásba kezd, ami ciklonok keletkezéséhez vezet.

gpm (geopotenciális méter) – gpdm (geopotenciális dekaméter)

Seres A. T. és társai: Januári vihar Európában

A földi gravitáció által a légkörben keltett erőter nagyságának, az ún. standard geopotenciálnak a mértékegysége.

hidrometria

Kravinszkaja G.: A Kyrill viharciklon hatása...

Folyók és tavak vízállásának, vízsebességének, vízhozamának

és a hordalékhozamának mérése, valamint a talajvízszint megfigyelése.

hármaspont

Kereszturi Á.: Éghajlatváltozás a Marson

Az a nyomás és hőmérséklet, amelyen egy adott anyag mindhárom halmazállapota jelen van, más szóval: egyensúlyban van.

terminátor

Kereszturi Á.: Éghajlatváltozás a Marson

Egy égitest világos és sötét, azaz nappali és éjszakai oldalát határoló vonal.

tómm

Varga B.: A Balaton és a Keszthelyi öböl...

A hidrológiában használatos mértékegység, annak jelölésére szolgál (szemben a mm-rel), hogy az így megadott értékek számítottak és vízfelületre vannak vonatkoztatva.

Összeállította: Gyuró György

* * *

ÉGHAJLATVÁLTOZÁS A MARSON

I. RÉSZ

A 80-as évek derekán a *Légkör* hasábjain cikksorozat jelent meg Rákóczi Ferenc professzor tollából a bolygók légköréről. Már akkorra is sok ismeret gyűlt össze űrszondás mérések segítségével, főleg a Vénuszról és a Marsról. Az azóta eltelt két évtized mérései birtokában már az időbeli változásokról is képet lehet alkotni, legalábbis a Mars esetében. Ezzel foglalkozik Kereszturi Ákos két részben megjelenő cikke. (A szerk.)

Bevezetés

Mai ismereteink alapján a meteorológia és az éghajlat-tan sok fogalmát kisebb-nagyobb változtatásokkal a Marsra is alkalmazhatjuk, amely érdekes új terepe lehet a kutatásoknak (1. ábra). A vörös bolygónál az éghajlat és változásainak ismerete két okból kiemelten fontos. Egyrészt a felszíni viszonyok elképzelhetővé teszik, hogy egykor ott is kialakult, esetleg máig fennmaradt az

élet, amit erősen befolyásolhat a klíma. Emellett az éghajlat ismerete az ún. klimatikus planetomorfológiának (az egyes égitesteken az éghajlat és a felszínformák kapcsolatának) kutatásában nyújt segítséget. A Mars-on a klíma változása jelentős felszíni átalakulásokat eredményez, mivel a felszíni viszonyok a két fontos illó anyag (H_2O és CO_2) esetében is azok hármaspont-jainak* közelében vannak. Ezért csekély éghajlati változás is komoly felszíni módosulásokkal járhat.

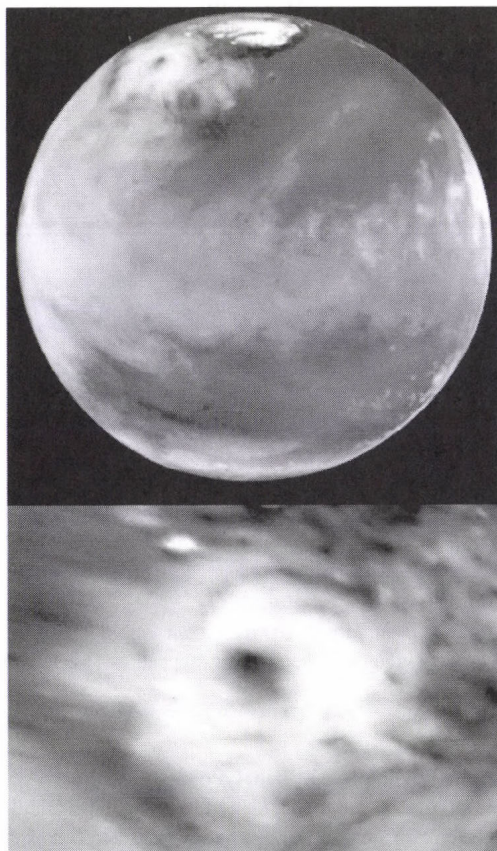
Mind a Föld, mind a Mars esetében az éghajlatváltozásoknál a nagy kérdés, hogy mekkora időintervallumra végezzük el vizsgálatunkat, keresve a határt a fluktuációk, ingadozások és a hosszabb skálájú éghajlatváltozások között (Bartholy, 1999). A Marsnál a korlátozott megfigyelési információk alapján viszonylag rövid időszakra, néhány évtizedre tudunk csak átlagolni, tehát hajlamosak vagyunk rövid időskálákat használni. Elméletileg a Mars éghajlata instabilabb a Földénél, ezért talán indokolt is a rövid időskálájú megközelítés. Az alábbi cikkben a hagyományos, földi éghajlattani témakörök és alapfogalmak szerint összegezzük ismereteinket a Marsról, bár néhol a vörös bolygó adottságaihoz alkalmazkodva egyes részeket elhanyagolunk, másokat a földinél részletesebben tárgyalunk. A ma általánosan elfogadott magyarázatokból és elgondolásokból merítünk – noha ezek a gyorsan növekvő ismeretanyag függvényében változhatnak a közeljövőben.

Az éghajlatot kialakító tényezők a Marson

A Mars légköri folyamatainak megértéséhez szükséges általános háttérismerteket az alábbiakban összegezzük, numerikusan pedig a mellékelt táblázatban sorolunk fel néhány fontos paramétert. A **pályaelemek** szempontjából kiemelt jelentőségű, hogy a Mars kb. másfélszer messzebb van a Naptól, mint a Föld, ezért a napállandó értéke (593 W/m^2) átlagosan kb. 43%-a a földinek. A földinél sokkal nagyobb a pálya excentricitása, a bolygó elnyúlt útvonalán a minimális és a maximális besugárzás között egy marsi évben az átlagértékhez viszonyítva kb. 40%-os az eltérés. Ezért naptávolban a felszíni átlaghőmérséklet 20–30 fokkal alacsonyabb, mint napközben. A forgástengelynek a pályasíkhhoz viszonyított ferdesége a földi értékhez közeli, tehát évszakok váltakoznak a Marson, amelyek a pálya elnyúlt alakja miatt aszimmetrikus jellegűek a két féltéken (1. később).

A légkör összetétele alapvetően eltér a mai földitől, elsősorban szén-dioxidból áll, emellett kisebb arányban előfordul, de fontos összetevő még a nitrogén és az argon.

A felszíni **átlaghőmérséklet** -53°C , a maximum



1. ábra. Egy ciklonális jellegű légörvény az északi féltéken, a helyi nyár idején (fent) és közel függőleges rálátású helyzetre torzított, kinagyított képe (lent). A kb. 1600 km átmérőjű képződményt vízjégfelhők alkotják. A képet 410 nm-en, a kék fény hullámhosszán készítette a Hubble-űrtéleszkóp 1997.05.27-én WFPC-2 kamerájával (Jim Bell (Cornell), Steve Lee, Mike Wolff (SSI), NASA)).

Jellemző	Mars	Föld
Átlagos naptávolság (millió km)	228	150
Keringési idő (földi nap)	687	365,25
Excentricitás	0,0934	0,0167
Forgástengely ferdesége (fok)	25,19	23,45
Tengelyforgási idő (földi óra)	24,62	23,93
Légköri összetétel:	95% CO ₂ 2,7% N ₂ 1,6% Ar 0,13 O ₂ 0,07 CO 0,03% H ₂ O	78% N ₂ 21% O ₂ 1,9% Ar 0,035% CO ₂ 0,4-4% H ₂ O 0,0018% Ne
Légkör tömege (kg)	2,17x10 ¹⁶	4,99x10 ¹⁸
Átlagos légköri molekulatömeg (g/mol)	43,4	29
Átlagos hangsebesség (m/s)	229	321
Átlagos felszíni hőmérséklet (°C)	-53	+15
Maximális felszíni hőmérséklet (°C)	+20	+60
Minimális felszíni hőmérséklet (°C)	-140	-90
Átlagos felszíni légnyomás (hPa)	6,1	1013,25
Átlagos albedo	0,25	0,37
A víz átlagos forráspontja a magasság 0 méteres kezdőszintjén (°C)	+2	100
Napállandó a bolygó átlagos naptávolságában (W/m ²)	593	1365

1. táblázat A Mars és a Föld éghajlat szempontjából fontos paramétereinek összehasonlítása

nyáron, alacsony földrajzi szélességen, dél körül +20 °C, míg a sarkvidéki hideg éjszakákon a minimum -140 °C is lehet. A légkör tömege közel százada a földinek, amely a nálunk jellemzőnél háromszor gyengébb gravitációs térben szerény, 6,7 hPa körüli felszíni légnyomást eredményez. Utóbbi értéke évszakos változást mutat (l. később).

A magassági viszonyok érezhető hatással vannak a légköri jelenségekre. A bolygó legmélyebb és legmagasabb pontja között 29 km a különbség. Az áramlásokat befolyásolja, hogy az északi félteke nagy része olyan síkság, amely az egyenetlen felszínű déli felföldeknél 3-5 km-el mélyebben fekszik. Fontosak továbbá a nagy becsapódásos medencék, amelyekben a hideg levegő tartósan meg tud ülni, közülük legnagyobb a 2100 km átmérőjű, 9 km mély Hellas-medence. A pólussapkák domborzati hatása is számottevő, ahol a nagyobb északi sapka közel 1,2 km-rel magasodik a környezete fölé, és róla könnyen "lefolyik" a nehéz hideg levegő. A legmagasabb hegyek a Tharsis-hátság emelkednek, amelyek 24–25 km-rel emelkednek a környezetük fölé (Hargitai és Nemerényi, 2007).

A klímát erősen befolyásolják azok a pufferek, amelyekben a légköri gázok tárolódhatnak. Legnagyobb puffer a krioszféra (a felszín alatti réteg, amelyben a kőzettörmelékbe belefagytak az illók), ennek H₂O-tartalma globális vízborítás egyenértékben 50–200 m körüli. (Globális egyenértéken azt a vastagságot értjük,

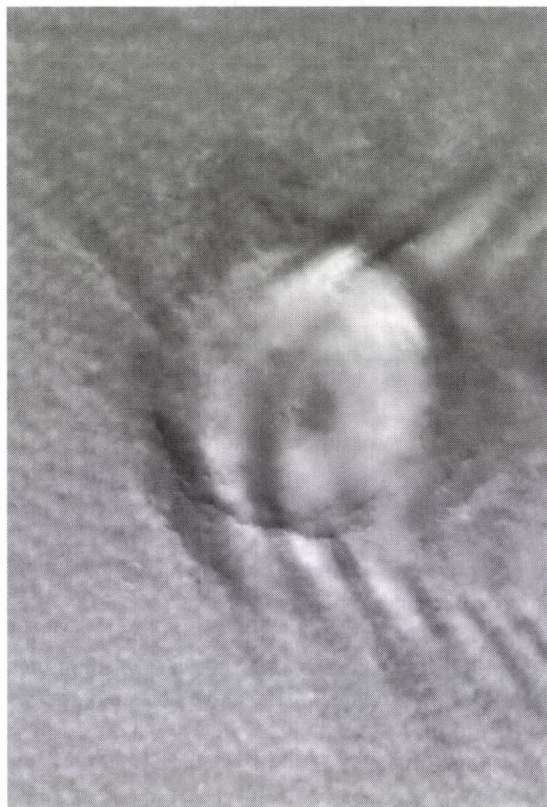
amelyet a felszínen a vízréteg képezne, ha teljes mennyisége folyékony formában, egyszerre, egyenletesen csapódnak ki egy tökéletes gömb alakú Marson.) A krioszférában emellett sok CO₂ is lehet, lényegesen több mint amennyi most a légkörben található.

Valamivel kevesebb illót tárolnak a sarki réteges üledékek a két pólussapka körül, itt szintén a légkörinél több CO₂ lehet megkötve, az itt tárolt H₂O mennyisége pedig 10–15 m globális vastagsággal lehet egyenértékű. Az állandó pólussapkában lévő H₂O a két féltekén együtt néhány méteres globális vízborítást adna. Vízpárából nagyon kevés, közel annyi van az egész légkörben, mint nálunk a sztratoszférában. Az északi pólussapka fagyott vízjege mobilisabb a délinél, a légköri vízgőztartalom ezért az északi nyár idején a legmagasabb, de ekkor is globálisan csak maximum 100 mikrométerrel lehet egyenértékű.

Az albedo legélénkebben a felszíni por és fagytakaró jellegétől függ, az átlagos értéke 0,25 körüli. Legfényesebbek az állandó pólussapkák és az évszakos fagytakaróval borított vidékek. Utóbbi évszakos változást mutat, akárcsak a széllal szállított finom felszíni por eloszlása – mindezek az albedo módosítása révén erősen befolyásolják a meteorológiai viszonyokat.

A Marson alapvetően háromféle felhő van: H₂O-, CO₂- és porfelhő, bár némi keveredés is lehet ezek anyaga között. (Jelenleg a ködöket is a felhők közé sorolják, a kettő megkülönböztetésének egyelőre nincs biztos

alapja.) A marsi H_2O -felhők vízjégből állnak, reggel és este gyakoriak, és sokszor hullámszerű a megjelenésük (2. ábra). 5 és 60 km-es magasság között jellemzőek, délután főleg a nagyobb vulkánok felett mutatkoznak, a Tharsis-vulkánok például egész évben erősen felhősek. Hasonlóan tartós néhány mélyedésben a felhő- avagy ködborítás: a Hellas-medence felhőtakarója a déli télen erős, majd tavasszal gyengül, és a melegedéssel párhuzamosan eltűnik. A Valles Marineris mély árokrendszerében az északi nyáron jellemzők a felhők. Eddig egy alkalommal sikerült a felszínről, az Opportunity rover fotósorozatán egy konvektív felhőnek a fejlődését nyomon követni.



2. ábra. A 104 km átmérőjű Mie-kráter felett mutatkozó orografikus felhő (MGS, MSSS, NASA, JPL)

További jellegzetes felhőalakzat a trópusi felhőv a d.sz. 10 és é.sz. 30 foka között, az afélium időszakában (Clancy *et al.*, 1996), az északi tavasz és nyár alatt. Ez a Hadley-cella felszálló ága lehet, amikor az északi évszakos pólussapka szublimál. Hasonló felhőv a déli nyár idején nincsen (Hale *et al.*, 2005). Az éjszakai oldalon főleg naptávolban jellemzők az alacsony szintű felhők, amelyek sűrűbbek nappali társaiknál, és a napfelkelte után gyakran szétoszlanak, illetve magasabbra emelkednek.

A CO_2 -felhők képződéséhez nagy magasságban van elég hideg. A felsőlégkörben 90–100 km környékén lehetnek ilyen ritkás felhők fagyott szén-dioxid kristá-

lyokból. Ezek kondenzációs magvaiként a magasba feljutott, kb. 100 mikrométeres porszemek szolgálhatnak. Az alacsony szintű szén-dioxid felhők vagy ködök a téli pólussapka felett főleg éjszaka jelentkeznek, és nem emelkednek 15 km-nél magasabban a felszín fölé.

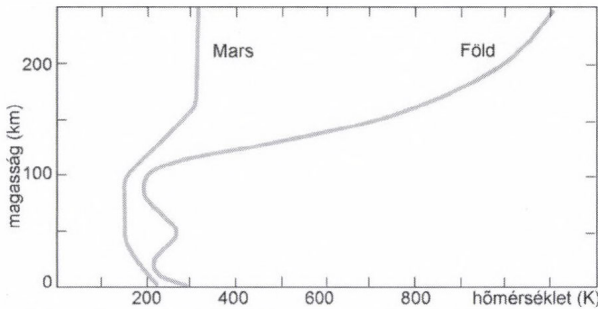
A Marson a csapadék főleg a felszíni albedó módosítása útján játszik szerepet az éghajlat alakításában. A kicsapódó H_2O világos fagytakarót formáz a téli féltekén, majd a tél előrehaladtával, a hőmérséklet további csökkenésével a CO_2 is elkezd kicsapódni. A szén-dioxid kifagyása révén alakulnak ki a nagyságrendileg 100 km átmérőjű téli sarkvidéki hideg foltok az évszakos pólussapka területén, főleg a déli féltekén. A színeképek alapján finomszemcsés CO_2 csapadék lehet az ilyen hideg foltokban.

Kevésbé erős külső tényező az árapály, amely esetében a Földnél elkülönítünk gravitációs eredetű, és főleg 80–100 km között a termoszférában érzékelhető besugárzásos eredetű napi széljárást. A Marsnál ezek mértéke nem ismert pontosan, de a kis légköri sűrűség miatt feltételezhető, hogy jobban érezhető a következményei, mint a Földnél – azonban nagytömegű hold hiányában a gravitációs eredetű komponens gyengébb lehet. Szintén külső, de alárendelt tényező a kozmikus por. Bár a Mars közelebb van a törmelékekkel teli kisbolygóövhöz, egyelőre nincs kimutatható alapja, hogy a két égitest között jelentős eltérést lenne a világűrbeli behulló por mennyiségében.

A légköri folyamatok **változékonyságát** illetően fontos, hogy a felszíni anyagok és a légkör hőkapacitása is lényegesen kisebb a földinél, emellett alacsonyabb a felszíni gázsűrűség. A ma jellemző ritka légkör és száraz felszín élénken reagál a változásokra. Míg a Föld éghajlatának stabilizálásában kulcsszerepet játszik a világtenger nagy hőkapacitása, a mechanikai tehetetlensége, és a keskeny áramlások hőszállítása, a Marsnál nincs hasonló. A bolygó életének nagy részében nem volt kiterjedt felszíni vízborítása (Kereszturi, 2006). Amikor viszont a feltételezett ősi északi óceán létezett, az erősen befolyásolhatta a klímát.

Általános légkörzés

A bolygó általános légkörzésében hasonlít a Földre, az eltérő felszíni hőmérsékletű és nyomású területek felett nagyléptéken vizsgálva **Hadley-cellák** vannak, amelyek alacsony szélességen keleties passzáti szeleket okoznak a felszínen. A cellák felszálló ága a termikus egyenlítővel együtt vándorol. A Marson télen feltehetőleg a polárfőnt térségében ciklonális és anticiklonális légörvények figyelhetők meg (de nyáron eddig nem sikerült azonosítani ilyeneket), emellett jellemzők a topografikusan generált állóhullámok. A légkör függőleges hőmérsékleteloszlása a 3. ábrán látható.



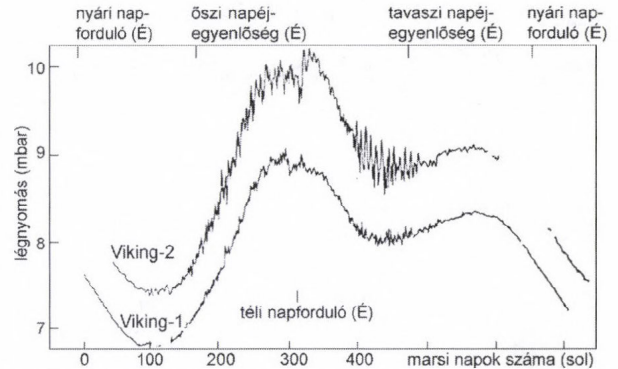
3. ábra. A hőmérséklet függőleges változása a Marson és a Földön, nappali időszakban

A marsi légkörnek a földinél kisebb a **hőkapacitása** és a **hőtehetetlensége**, emiatt nagyobb a mobilitása. Utóbbit tovább fokozza, hogy a felszín szintén kisebb hőtehetetlenségű a földinél, mivel nincsenek rajta óceánok, emellett hővezető képessége is kicsi. A földi körülményekhez viszonyítva a termikus egyenlítő helyzete erősebb kitéréseket mutat a Marson. A ritka légkör élénken reagál a hatásokra, a földinél rövidebb az igazodási ideje, az az időtartam, amíg egy új éghajlati állapot stabilizálódhat. Tehát "gyenge az atmoszféra áramlási rendszerének memóriája", rövid idő alatt is erős változások történhetnek.

Szintén a kisebb hőkapacitással és a mobilis légkörrel kapcsolatosak a **lejtőszelek**, amelyek erősebbek lehetnek, mint a Földön. Az eddig készült megfigyelések és modellek alapján a Marson a nappal felfelé, az éjjel lefelé fújó lejtőszelek sebessége néhol a 100 km/h-t is elérheti. Ezeknek fontos szerepe lehet a pólussapkánál, amelyek tereplépcsőt alkotó pereméről könnyen "lefolyik" a hideg levegő.

Részben a kis hőtehetetlenséggel összefüggésben jelentkeznek erős **szelek a terminátornál**, amelyek a hidegebb és sűrűbb gázt tartalmazó éjszakai féltekéről fújnak a melegebb és ritkább nappali oldal felé. A földinél ritkább légkörnek gyengébb üvegházhatása és kisebb tömege miatt a területi hőmérséklet különbségek, és az adott helyen mérhető hőingás nagyobb a földinél. A légkör mennyisége is évszakos periódussal változik: közelítőleg max. 25%-a (!) kicsapódik a téli félteke pólussapkájára. Ettől erős évszakos légnyomásingadozás (4. ábra) és hozzá kapcsolódó gázáramlás jelentkezik, amely a nyáritól a téli félteke felé tart. Mivel a déli félteke tele hidegebb, ekkor több széndioxid fagy ki, és ezért a déli tél idején alacsonyabb a légnyomás, mint az északi tél alatt.

A fenti extremitások miatt a Hadley-cirkuláció erős évszakos változásokat mutat. Jelenleg úgy fest, hogy napfordulókor egyetlen Hadley-cella létezik kb. 40 fokos szélességek között, és egy lényegesen kisebb, cella jellegű szerkezet talán a téli pólus felett. Az északi és a déli napfordulókor mutatózkodó Hadley-cella sem egyforma. A déli nyár idején megfigyelhető lényegesen erősebb, részben az erősebb besugárzás miatt, részben



4. ábra. Nyomásgörbe a Viking-1 és 2 felszíni megfigyelései alapján egy marsi év alatt

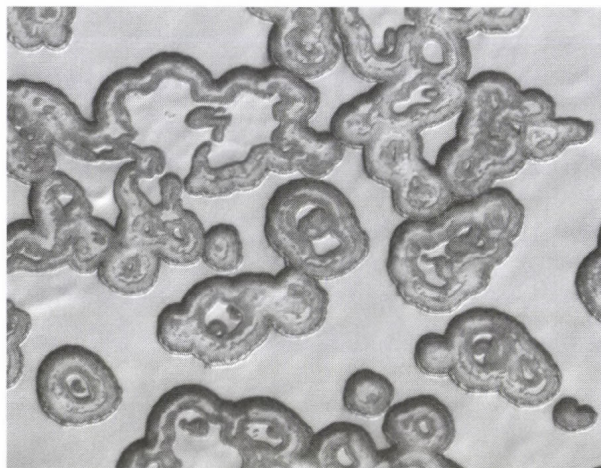
mert ekkor gyakrabban van porvihar, amely fokozza a cirkulációt. Napéjgyenlőség környékén két Hadley-cella van, és gyengébb a Hadley-cirkuláció, mint az egyetlen cella idején. Ciklon-anticiklon rendszereket télen, a közepes szélességeken lehet megfigyelni, ezek nyárra teljesen eltűnnek.

Légköri körfolyamatok

A Marson a légköri körfolyamatok közül legfontosabb a CO_2 -, a H_2O - és a porciklus. A CO_2 -ciklus élénkségének oka, hogy a szilárd/gáznemű halmazállapot határa a mai, változékonny légköri viszonyok közelében van. Ezért ősszel és télen a légkör egy része kicsapódik az adott félteke sarkvidékére, évszakos pólussapkát alkotva, tavasszal pedig visszaszublimál a légkörbe (Titus et al., 2001). Ezzel a légnyomást, az áramlásokat, valamint a látens hő elnyelésével (szublimációkor), és kibocsátásával (kondenzációkor) a légköri hőmérsékletet befolyásolja. A ciklus lépéseinek intenzitása erősen függ a kifagyott CO_2 albedójától, szemcseméretétől.

A **H_2O -ciklusban** lényegesen kevesebb H_2O vesz részt, mint a Földön, a légkörben egyszerre 1–2 km^3 H_2O lehet. Az évszakosan mobilis, tehát a légkörben hol növekvő, hol meg csökkenő H_2O -mennyiség főleg az állandó pólussapkából származik. A légköri koncentráció éves ingadozása nagy, a maximális koncentráció közel egy nagyságrenddel haladja meg a minimálisat. A maximális érték naptávolban jelentkezik, mivel akkor van nyár az északi féltekén, ahol nagyobb a pólussapka és mobilisabb a vízjég tartalma. A déli nyáron kisebb a légköri vízgőzkoncentráció, főleg mert a déli sapka nagy részét állandó szén-dioxid fedőréteg borítja, maga alá rejtve a vízjeget (5. ábra). Emellett a déli sapka világosabb is, és ezért az erősebb besugárzás ellenére sem melegszik fel annyira, mint északi párja.

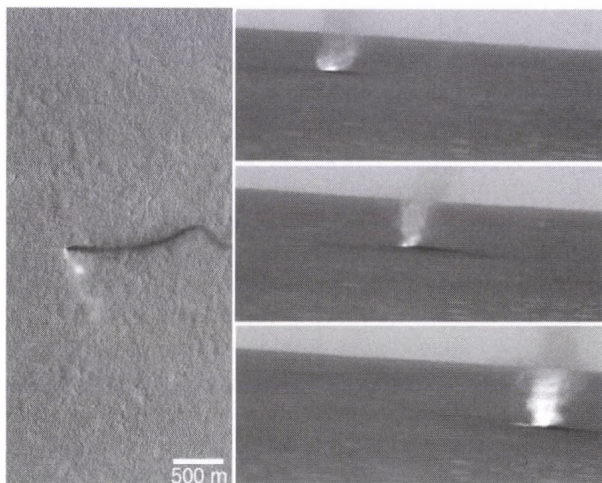
Az északi nyár idején a H_2O a déli féltekén növekvő évszakos sapkára fagy ki. Onnan a déli nyár idején szublimál vissza a légkörbe, és rakódik le északon. Utóbbi időszakban intenzívebb az áramlás (Richardson, Wilson, 2000), és a modellek alapján a mai éghajlaton



5. ábra. A déli pólussapka 2 km átmérőjű részlete a helyi nyár idején. A mélyedések alján a vízjég sapka anyaga látható, amely a vízszintesen évente kb. 3 méternyit hátráló szén-dioxid jég alól bukkan elő (MGS, MSSS, NASA, JPL).

egy kiterjedt déli, szabad felszínű vízjég sapka gyorsan az északi sarki vidékre vándorolna (Houben *et al.*, 1997). Az évszakos melegedéssel párhuzamosan nem csak az adott félteke pólussapkája felett nő a légköri vízgőztartalom, hanem az egyenlítőn vidékén is, ez a regolitban lévő H_2O -forrásra utal.

A légköri **porciklus** jelentőségét a földi H_2O -hoz hasonlíthatjuk. Az aeroszolkok a Földhöz hasonlóan segítik a légköri nukleációt, és sugárzáselnyelőként szolgálnak, melegítve az atmoszférát, csökkentve a függőleges hőmérsékleti gradienst. Leglátványosabb megjelenési formáik a különböző méretű porviharok. A legkisebb ilyen képződmények: a tölcser alakú porördögök (6. ábra), amelyek a nyári félévben, főleg a helyi 14–15 óra körül mutatkoznak. Nagy porviharok napközeli környékén jellemzők, a legnagyobbak 1–2 hónappal napközelpont



6. ábra. Egy porördög képe (balra) marskörüli pályáról, ahol a fehér szín a napsütötte por alkotta oszlopot, a jobbra húzódó sötét sáv pedig annak árnyékát mutatja 2001. április 10-én. Jobbra egy másik porördög képei láthatók, amelyet a Spirit rover 2005. március 10-én déltájban fotózott le a felszínen (MGS, MSSS, NASA, JPL).

után. Globális porviharok csak ekkor vannak, de nem feltétlenül minden marsi évben.

Egy globális porvihar egyharmad marsi éven keresztül is tarthat. Általában déli közepes szélességű területekről indulnak ki, a helyi nyár derekán. Először főleg K–Ny-i irányban növekszenek, globálissá viszonylag gyorsan, feltehetőleg egy kritikus határ átlépése után válnak. A vihar legerősebb tomboláskor a por 60 km-es magasságig is feljut. Egy globális porvihar után néhány héttel vagy hónappal tisztul le a légkör nagyjából a korábbi szintre.

A porviharok számos következménnyel járnak: Globális és regionális porviharok a légkör 40–50 km alatti régióját 1–2 nap alatt 5–30 fokkal melegíthetik. Nagy porviharok alatt a légkör közel izotermikus lehet akár 50 km-ig. A légköri por felerősíti a Hadley-cirkulációt, és egy porvihar a légkör felfűtésével meg is könnyíti a következő porvihar kitörését. Bár a porelvándorlás és -lerakódás csak mikrométeres réteget érint, mégis erősen befolyásolja az albedót és ezzel a felszín melegedését. A porviharok révén globálisan évente mikrométeres nagyságrendű portakaró anyaga változtat helyet. Ebből több rakódhat le északon, mert a szemcsékre ott a viharok idején CO_2 csapódhat ki, hiszen ekkor van helyi tél. A marsi porviharok feltehetőleg azért nőhetnek sokkal nagyobbra a földiekénél, mert a bolygót borító globális sivatag kiterjedt porforrásként szolgál, emellett a ritka marsi légkör élénken reagál a változásokra.

Évszakos jelenségek

A marsi évszakok fő kialakító oka a tengelyferdeség, de emellett a jelenségben a földinél erősebben beleszól az elnyúlt pálya miatt változó naptávolság is. Ettől a déli nyár rövidebb és melegebb, a déli tél hosszabb és hidegebb, mint északi megfelelőik. Alapvető különbségek mutatkoznak még a légköri H_2O -tartalomban, a porviharok eloszlásában, és a szelek jellemzőiben is a két félteke évszakai között.

Az évszakokat a két féltekén párhuzamosan, az **északi nyártól** kiindulva mutatjuk be. Amikor nyár van az északi féltekén, a Mars naptávolságban jár, ahol lassabb a pályamenti keringési sebessége. A nagyobb távolság miatt ekkor gyengébb a besugárzás, mint napközelpont (a déli nyár idején), és a lassabb keringés miatt tovább is tart az északi nyár, mint déli párja. Ekkor tehát északon hosszú és enyhe nyár jellemző, a d.sz. 10 és az é.sz. 30 foka között húzódó trópusi felhőövvel. Az északi pólussapka ekkor éri el minimális kiterjedését, a légköri vízgőztartalom pedig a róla szublimáló H_2O miatt a maximális koncentrációját. Ugyanekkor a déli pólussapka növekszik, ahol sarki köd és rendkívüli hideg jellemző.

Ahogy a bolygó pályáján továbbhaladva közelít a

Naphoz, csökken az északi és nő a déli féltekére jutó besugárzás, a termikus egyenlítő dél felé tolódik. A csökkenő naptávolság révén gyorsan melegszik az idő, ezért a déli, kiterjedt évszakos pólussapka sebesen zsugorodik. A sapka elszublimáló anyaga nyomán a sötétebb felszín a napsugaraktól gyorsan melegszik. A sapka határa mellett ezért jelentős hőmérséklet különbségek alakulnak ki – ezzel kapcsolatban pedig erős szelek és helyi porviharok támadnak. Egyes marsi években a legnagyobb porviharok globális méretűvé növekszenek. A **déli nyár** napközében következik be, ahol a Mars gyorsabban kering, ezért itt a nyár viszonylag rövid és meleg. Ugyanakkor az északi pólussapka halmozódik, amelyre a kifagyó H₂O-val együtt sok por is lerakódik.

Visszacsatolási mechanizmusok

A **jég – albedó – hőmérséklet** hurok keretében összetett kölcsönhatások zajlanak, amelyeknek csak néhány vonatkozását vázoljuk. Ha valamilyen okból a felszínen a vízjég borítás terjedni kezd, csökkentheti a légkörbe kerülő por mennyiségét, amely nem rakódik a fagyra, és így nem csökkenti annak albedóját. Ez a felszín albedójának növekedése és a hőmérséklet esése, valamint a légkörzés gyengülése felé hat. Ugyanakkor, ha valahol kiterjedt fagyborítás keletkezik, a légkörzés hosszú idő alatt a szublimáció révén elszállíthatja onnan a vízjeget. Erre a jelen éghajlati viszonyok közepette alacsony szélességről magasabb szélesség felé kerül sor. Ettől alacsony szélességen csökken az albedó, jobban felmelegszik a felszín, és több por kerülhet az atmoszférába, elősegítve annak is a melegedését. Ha pedig a pólussapkára rakódó por miatt, az a lecsökkenő albedótól a sapka elszublimál, akkor sapka nélküli meleg időszak is beköszönhet. A melegebb klímán erősödik a H₂O-cirkuláció, amittől kiterjedhet a vízjég, főleg ha ezt a pályaelemváltozások miatt csökkenő besugárzás is támogatja. Ekkor ismét a légkör nagyobb része kifagyhat, "légkörösszeomlás" következhet be.

Mindezek a tengelyferdeség változásaival kapcsolódhatnak össze, amely külső éghajlati kényszerként hat. A változások során lezajló jelenségeket erősen befolyásolhatja a rendszerben lévő CO₂ mennyisége. A bolygó gyenge gravitációs tere, a mágneses tér hiányában a légkört erodáló napszél, és a fokozatosan gyengülő vulkáni aktivitás miatt a légkör tömege és üveg-házhatása a bolygó fejlődés során, hosszú időskálán csökken. A modellek szerint amikor a csökkenő hőmérséklet nyomán a jégsapka egyszer kialakul, erős visszacsatolás révén gyorsan növekedhet, míg végül a légkör jelentős részben "összeomlik", és létrejön a mai, ritka atmoszférájú állapot (Haberle et al., 1994.).

A **felhőzet – hőmérséklet** hurok szintén fontos tényező lehet, de jellemzői alig ismertek. Ennek oka, hogy a felhőzet az albedó növelésével csökkenti a fel-

színre jutó sugárzást és így hűlést okoz – ugyanakkor vissza is veri a (marsi) teresztrikus sugárzás egy részét, és ezzel melegedést okoz. A jelenséget még összetettebbé teszi, hogy a felhők ezen jellemzői erősen függenek az őket alkotó aeroszolok szemcseméretétől.

Kereszturi Ákos
geológus

Hivatkozások

- Bartholy, J., 1999: Az éghajlat, mint rendszer, globális klímaváltozások. (fejezet a Humánökológia: A természetvédelem, a környezetvédelem és az embervédelem tudományos alapjai című könyvben. Szerk.: Nánási Irén.) Medicina Kiadó, 177-203.
- Clancy, R.T., Grossman, A. W., Wolff, M. J., James, P. B., Rudy, D. J., Billawala, Y. N., Sandor, B. J., Lee, S. W., Muhleman, D. O. 1996: Water vapor saturation at low altitudes around Mars aphelion: A key to Mars climate? Icarus, 122, 36-62.
- Haberle, R.M., Tzler, D., McKay, C. P., Davis, W. L. 1994: A model for the evolution of CO₂ on Mars, Icarus, 109, 102-120.
- Hale, A. S., Tamppari, L. K., Christensen, P. R., Smith, M. D., Bass, D., Qu, Z., Pearl, J. C. 2005: Water Ice Clouds in the Martian Atmosphere: A View from MGS TES, 36th Lunar and Planetary Science Conference #1083.
- Hargitai H. és Nemerényi Zs. 2007: A Mars térképe. in: Földgömb, 2007/1. Healing Média Kft., Budapest.
- Houben, H., Haberle R. M., Young, R. E., Zent A. P. 1997: Evolution of the Martian water cycle, Adv. Space Res., 19, 1233-1236.
- Kereszturi A. 2006: Fejezetek a Mars fejlődéstörténetéből, Magyar Tudomány, 946. 946-954.
- Richardson, M. I., Wilson, R. J. 2000: Control of the Martian water cycle by the northern polar ice cap, 2nd Mars Polar Science Conference #4093.
- Titus T., Kieffer, H. H., Mullins, K. F., Christensen, P. R. 2001: TES remapping data: Slab ice and snow flurries in the Martian north polar night. Journal of Geophysical Research, 106, 23181-23196.

* * *

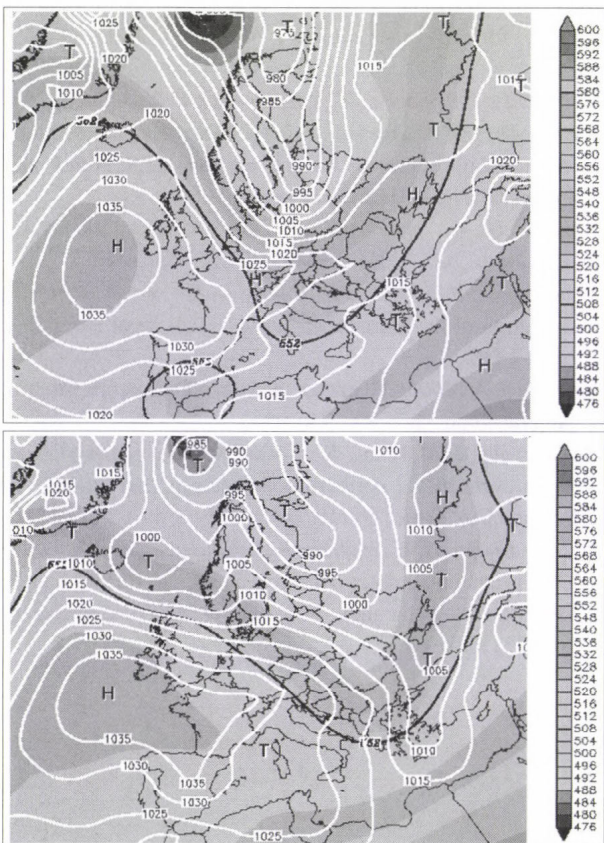
A 2007. január 27-i dunántúli hóvihár

Bevezetés

2007. január 27-én hóvihár tombolt a Dunántúl északi és középső részén. Az eseményeket egy hidegfront mögötti, ún. posztfrontális konvergencia-vonalon kiépülő konvektív rendszer okozta. Írásunkban rövid, szinoptikus szemléletű áttekintést kívánunk nyújtani az események lefolyásáról, részletesen elemezve a kiváltó okokat.

A szinoptikus helyzet és a hidegfront átvonulása

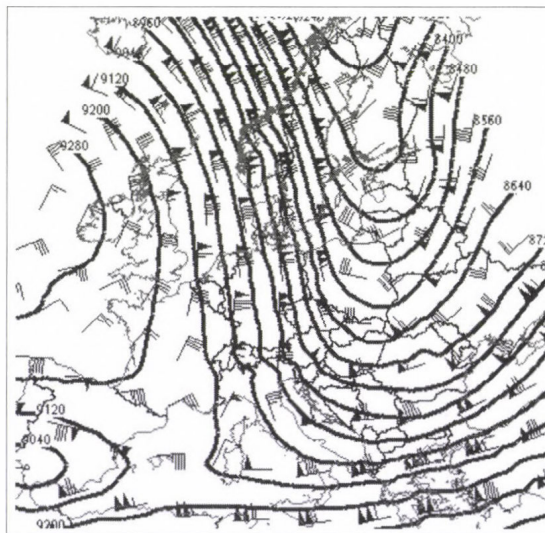
2007. január 27-ére a Skandináv-félsziget felett egy több középpontú ciklonrendszer épült ki, miközben Nyugat-Európa felett egy anticiklon helyezkedett el. A ciklonrendszer hidegfrontja végigvonult Európa középső és keleti részein. A front helyét jól kirajzolják a sűrűn elhelyezkedő ciklonális görbületek (1a. ábra). A hidegfront mögött,



1. ábra: Talajszintű légnyomási viszonyok (fehér vonalakkal jelölve 5 hPa-os bontásban), illetve az 500 hPa-os szint magassága (szürke árnyalatokkal jelezve gpm-ben kifejezve, a skála jobb oldalon látható; a fekete vonal az 552 gpm-t mutatja) a) 2007. január 27-én 00 UTC-kor, b) 2007. január 28-án 00 UTC-kor az NCEP reanalízise alapján. (Forrás: www.wetterzentrale.de)

a rendszer hátoldalán észak felől sarkvidéki eredetű levegő árasztotta el Európa keleti és középső tájait. A hideg-advekción (hideg-beáramlás) különösen markáns volt a

magasabb szintű légrétegekben. A front a reggeli órákban érte el hazánkat, majd délutánra elhagyta a Kárpát-medencét. Másnapra már a nyugati anticiklon keleti pereme helyeződött hazánk fölé. A front áthaladása közben fokozatosan vesztett sebességéből, gyengült. A műholdképek tanulsága szerint a Dunántúl felett, a frontvonalon hullám keletkezett. Az analízis térképeken és a műhold felvételeken jól látszott, hogy a behullámlás a Balkán-térség felett tovább erősödött (1b. ábra). A front átvonulását erős magassági áramlás jelezte, hazánk 12 UTC-re a sugáráram (jet-stream) előoldalán helyezkedett el (2. ábra).

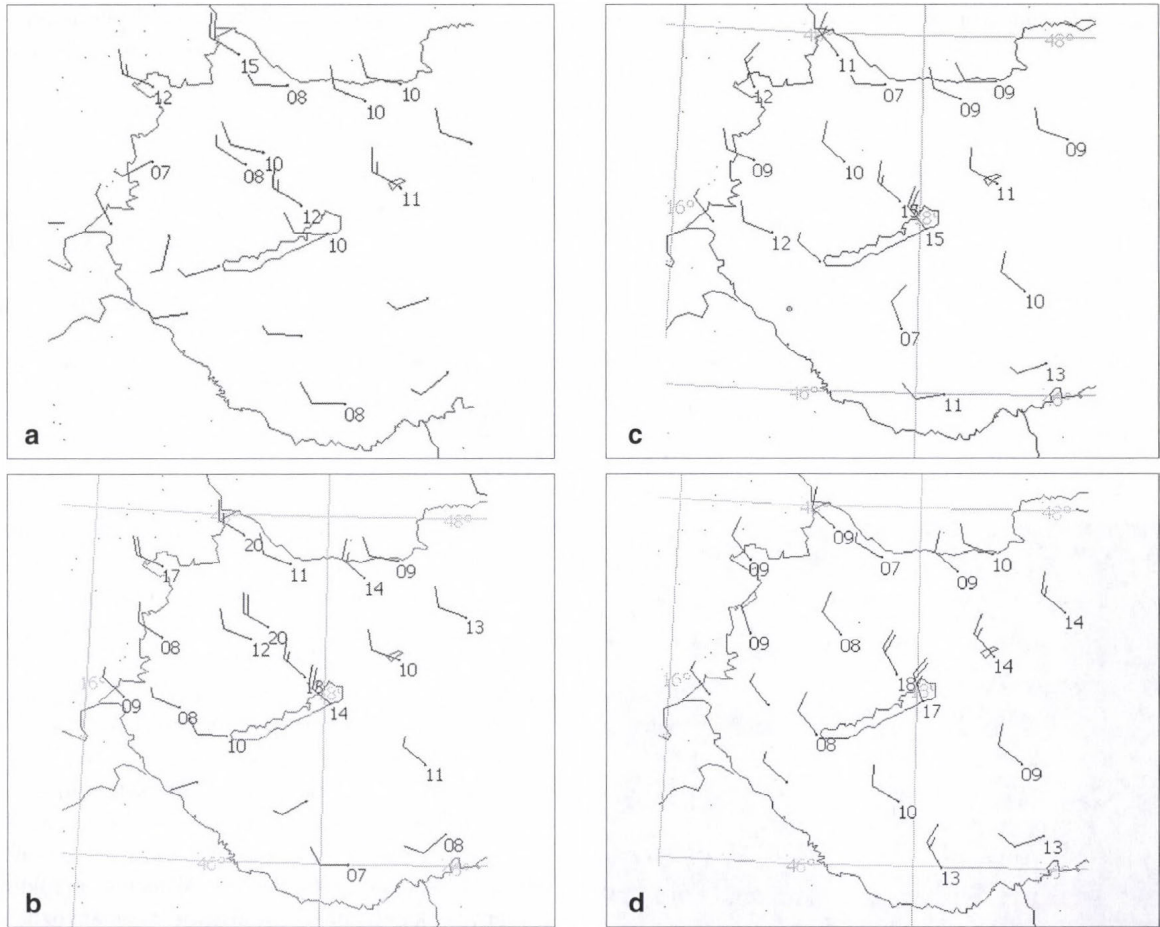


2. ábra: A 300 hPa-s légnyomási szint áramlási és nyomási viszonyai 2007. január 27-én 12 UTC-kor az ECMWF reanalízise alapján. A nagy szélességek kirajzolják a sugáráram helyét. Jól látszik, hogy a jet-stream áramvonalai Bécs és Pozsony vidékén széttartanak, azaz ott divergens az áramlás.

Az ábra a Magyar Honvédségnél használatos HAWK-2 megjelenítő-rendszerrel készült.

A hidegfront átvonulását követő események

A hidegfront felhőzetéből csak kis mennyiségű csapadékot észleltek. A délután 1 óráig lehullott csapadékmennyiség nyom és 2 mm közötti volt. A front előtt az élénk délnyugati szelet helyenként erős széllekedések kísérték. A hidegfront áthaladása során a nyugati és középső országrész északi tájain a légmozgás már északnyugatira fordult és többfelé erős széllekedéseket észleltek (3a. ábra). A front mögött a déli, kora délutáni órákra konvektív cellák épültek ki a Kelet-Alpokban, a bécsi-pozsonyi térségben és a Kárpát-medence keleti, északkeleti területei felett. Ezeken a területeken hamar megjelentek a záporos csapadékot adó tornyos gomolyfelhők. A konvekció elsődleges kiváltó oka a magassági hideg advekción labilizáló hatása volt. Ezen kívül, elsősorban a nyugati térségben, az orográfia okozta



3. ábra: A magyarországi, dunántúli szinoptikus hálózattal észlelt szélsébségek (a mérést megelőző 10 percben mért átlagos szél zászólóval jelölve; míg az állomások mellé írt számok a mérést megelőző egy órában észlelt legnagyobb széllelkést mutatják) 2007. január 27-én a) 12 UTC-kor b) 15 UTC-kor, c) 18 UTC-kor és d) 21 UTC-kor.

Az ábrák a Magyar Honvédségnél használatos, SYNOP-VIEWER nevű megjelenítő-rendszerrel készültek.

összeáramlás is fontos szerepet játszott. Az összeáramlás gyengén kirajzolódik a 3a. ábrán a Kisalföldön. A konvektív feltételek a pozsonyi rendszer esetében voltak a legkedvezőbbek, mivel ez a térség a sugáráram (jet-stream) előoldalán helyezkedett el (2. ábra). Ráadásul a jet-stream szétáramlott, amely tovább erősítette a sugáráram keltette szívó hatást. Ezért a pozsonyi rendszerben egy-egy cella zivatarfelhővé fejlődött. Ezt hamar jelezte a villámlokalizációs rendszer is. A pozsonyi konvergencia-zóna idővel délkelet-dél felé mozgott, miközben csapadékmezője fokozatosan terebélyesedett. A csapadék ekkor már zömmel hózápor formájában hullott. A magasabb légrétegekben gyorsan beáramló hideg levegő a konvektív cellák lekeverő hatása miatt a talajra zúdult. Emiatt a talajszinten is viharos erejű széllelkések alakultak ki. Kora délután Mosonmagyaróvárról zivatart, erős hózáport és 20 m/s-os széllelkést észleltek. Később Győrből is heves hózáport és hasonló nagyságú széllelkést jelentettek. A rendszer fokozatosan délkelet felé helyeződve elérte a Bakony térségét is. Pápán helyi idő szerint fél négy és négy között először 20 m/s-os, majd 26 m/s-os nagyságú széllelkést észleltek. A 3b. ábrán csak a 20 m/s-os lökés látható, mivel

a 26 m/s-os érték már az órás, szinoptikus észlelési kulcs elküldése után volt. Eközben a pozitív léghőmérsékleti értékek mellett fokozatosan erősödő intenzitású hózápor hullott, ami a viharos szél hatására hóvihart eredményezett. Az ítéletidő miatt a látástávolság rövid idő alatt 100 méter körüli értékre romlott, illetve a hőmérséklet is néhány fokkal fagypontra alá zuhant. A hóvihart tartós áramkimaradást is okozott a pápai repülőtérén. Csak este 9 órára állt el a csapadék, ekkorra már néhány cm-es vastagságú hóréteg alakult ki.

A rendszer a délutáni órákban tovább vonult dél, délkelet felé. Útja során többfelé okozott még hózáport, havazást és szélvihart (3c. ábra). Siófokon 22 m/s-os nagyságú széllelkést észleltek. A késő délutáni órákban a Kelet-Alpok feletti rendszer is megerősödött és fokozatosan dél-délkelet felé helyeződött. Ez a konvektív góc azonban nem okozott már olyan heves eseményeket, mint a pozsonyi. Ennek ellenére a nyugati, délnyugati országrészben többfelé volt hózápor, helyenként erős széllelkések is előfordultak. Az esti órákban a Dunántúl középső részein, a pozsonyi rendszer miatt, előfordultak még viharos széllelkések (3d. ábra) majd az éjszakai óráktól a rendszerek fokozatosan vesztet-

tek erejükből, hajnalra pedig csapadékmezejük is elhagyta az országot. A hózáporok, havazások hatására a Dunántúlon több helyen alakult ki néhány cm-es vastagságú hótakaró.

Befejezés

2007. január 27-én egy hidegfront vonult át hazánk felett. A front mögött, a Kárpát-medence keleti és nyugati részein konvektív cellák, rendszerek jöttek létre. Ezek közül a

bécsi-pozsonyi térségben alakult ki a leghevesebb rendszer, melynek áthelyeződését a Dunántúlon viharos erejű szelek, heves hózáporok, hóviharok, illetve helyenként zivatarok kísérték. A numerikus modelleknek és a szinoptikus felügyeletnek köszönhetően az előrejelzések időben figyelmeztettek a közelgő veszélyre.

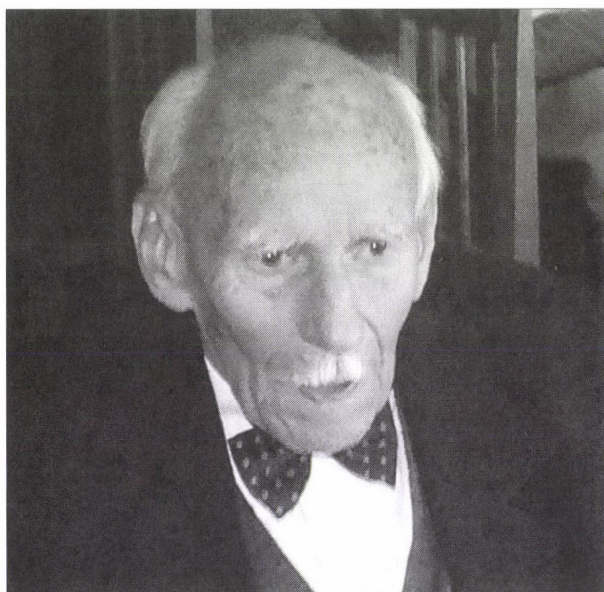
Seres András Tamás met. doktorandusz

MH Geoinformációs Szolgálat

Szalai Tamás met. asszisztens

MH Pápai Repülőtér

Dr. Kéri Menyhért 1914–2007



Búcsúzni jöttünk. A búcsú, az elválás mindig szomorú, de felemelő is, ha olyan kollégától búcsúzunk, aki becsülettel teljesítette kötelességét, s tér meg Teremtőjéhez. „Ezért örvend a szívem és ujjong a nyelvem, sőt testem is reménységben pihen.” (Zsolt 16, 9).

Kedves Menyus bácsi! Búcsúzom Tőled az Országos Meteorológiai Szolgálat nevében, mint nyugalmazott osztályvezetőjétől, főosztályvezető-helyettesétől, a Magyar Meteorológiai Társaság nevében, mint volt titkárától, főtitkárától, társelnökétől, tiszteletbeli tagjától, kollégánktól és barátunktól.

Visszagondolva ismeretségünkre meglepetéssel kellett megállapítanom, hogy nyugdíjba vonulásod nem sokkal az előtt történt, hogy én beléptem a Meteorológiai Szolgálatba. Ez a megválás a szolgálattól csak a jogviszony megváltozását jelentette számodra, nem elszakadást a szakmától. Nagyon sokáig naponta bejártál az intézetbe, vettél részt a Társaság rendezvényein. Sokáig nem volt nyilvánvaló számomra, hogy már nyugdíjas vagy!

Dr. Kéri Menyhért egy csodálatosan hosszú életen át

hűséggel szolgálta választott szakmáját, a meteorológiát. „Légy hű mindhalálig, és neked adom az élet koronáját.” (Jel 2, 10). Természettan-rajz-földrajz szakos tanári diplomát szerzett 1938-ban. Tanárként kezdte pályafutását, de 1941-ben már éghajlati témából írt doktori értekezést. 1941-ben lépett be az Országos Meteorológiai és Földmágneselességi Intézetbe, Szolgálatunk jogelődjéhez. Szakmai érdeklődése elsősorban az éghajlatkutatáshoz kötötte.

Különböző osztályok vezetésével bízták meg, állt a csapadék-hálózati, az éghajlati és a biometeorológiai osztály élén. 1961-től a Marczell György Obszervatórium helyettes vezetője. 1962-ben az Akadémia a földrajztudományok kandidátusa minősítést adományozta neki. 1964-től az intézet könyvtárát vezette, 1968-tól tudományos tanácsadó, majd a Szolgálat alá alakult intézetben a szakigazgatási osztályt vezette egészen 1976-os nyugdíjazásáig. Munkásságát több kitüntetéssel ismerték el. Közvetlen modorával és szaktudásával mindenkor kivívta munkatársai megbecsülését. Elismert szaktekintély volt a rokon szakmákban is.

Nem volt szerencsém ismerni aktív dolgozóként, de nyugdíjasként sokszor találkoztam vele, s mindig volt egy-két baráti tanácsa, biztató megjegyzése, amivel akarva, akaratlanul segített abban, hogy a napi gondokon, valós vagy vélt problémákon túltegyem magam. Egy sokat átélt, sokat tapasztalt, nehéz harcokat megvívott nagy generáció utolsó képviselője távozott most közülünk, s szomorú szívvel búcsúzunk Tőle. „Mindennek megvan a maga órája és az ég alatt minden dolog elmúlik a maga idejében.” (Préd 3, 1).

Menyus bácsi köszönjük Néked a munkát, amit az intézetért, a Társaságért, s így értünk is végeztél, köszönjük a töretlen jó kedved, optimizmusod!

Isten legyen Veled!

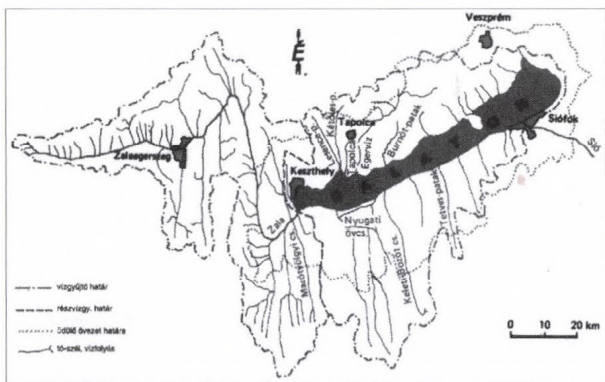
Dunkel Zoltán

(A 2007. május 4-én elhunyt Kéri Menyhért temetésére május 29-én került sor a Farkasréti temetőben.)

A Balaton és a Keszthelyi-öböl vízháztartásának hidrometeorológiai vonatkozásai

Bevezetés

A Balaton Közép-Európa legnagyobb tava, területe 589 km², a tavat körülvevő nádas kiterjedése 2005-ben 1209 ha volt (Szeglet, 2006). A Keszthelyi-öböl területe 45 km². A tó jelenlegi hosszúsága 76,5 km, átlagos szélessége 7,5 km. Mélysége 75 cm-es síófoki vízállásnál 3,36 m. A Balaton fő táplálója a Zala folyó, mely Fenékpusztánál éri el a tavat, ezen kívül még 30 állandó és 20 időszakos vízfolyás szállít vizet a Balatonba. A teljes vízgyűjtőterület nagysága 5775,5 km² (1. ábra.). A tó felesleges vízkészletét a Sió csatornán vezetik le.



1. ábra A Balaton vízgyűjtője

Keszthely a tó nyugati medencéjének észak-nyugati partszakaszán terül el. A város, mely méréseink helyszíne a Balaton és a Keszthelyi-hegység által határolt szegletben található. A hegység árnyékoló hatása a város és az öböl éghajlati adottságaiban is megmutatkozik mind a párolgás, mind a csapadék alakulásában.

A Balaton-kutatás jelentősége

A tó közel 600 km²-nyi területével messze elmarad a kelet-európai, afrikai, ázsiai tavak méretétől, és a tófelszín Magyarország területének is alig több mint fél százaléká, mégis a Balaton európai hírnevű természeti kincsünk, országunk egyik legvonzóbb, egyben talán legszebb tája is. Eötvös Károly az Utazás a Balaton körül című munkájában elsőként jósolta meg a tó későbbi sorsát: „A Balaton ábránd költészet, hagyomány, édes-dús mesék gyűjteménye, különös magyar emberek ősi fészke, büszkeség a múltból és a ragyogó reménység jövője.”

Az eredetileg lefolyástalan tó vízmennyiségét a mesterséges vízleeresztés kivételével meteorológiai és geomorfológiai viszonyok határozzák meg. A történelmi adatok tanúsága szerint a tó vízszintje természetes körülmények között erősen ingadozott. Varga (2003) által bemutatott adatok alapján a mai átlagos vízszintnél 4–6 m-rel mag-

sabb vízszint is előfordult, de aszályos években a vízszint a jelenlegi szabályozási szintnél akár a 2 m-rel is alacsonyabb volt. A XVIII. századtól kezdve az emberi beavatkozás hol a természetesnél magasabb, hol alacsonyabb vízszint kialakítását célozta. 1863-ban üzembe helyezték Siófokon az első zsilipet, biztosítva ezzel a kívánatosnál nagyobb mennyiségű víz elvezetését. A Balaton vízjárására a szabályozást követően kisebb mértékben ugyan, de jellemző maradt az ingadozás.

A tó vízkészletének természetes változékonyságát döntő mértékben a vízgyűjtőre hulló csapadék által közvetlenül, vagy közvetve a tóba jutó vízmennyiség, illetve az időjárás függvényében eltérő mértékű párolgás határozza meg. A Balaton vízmennyiségét fogyasztó párolgás számos hidrológiai és meteorológiai folyamat meghatározó eleme, a tó környezetében a 2000–2004 között bekövetkezett vízszint-problémák egyik lehetséges előidézője. A tetemes mennyiségű hőlekötéssel és jelentékeny vízgőzkibocsátással járó párolgás közvetlenül befolyásolja a parti sávban a meteorológiai elemek alakulását, ezáltal a parti üdülő-övezet mikroklímáját. A párolgás pontos ismerete segítséget nyújthat gyakorlati kérdések megválaszolásához is, pl. hogyan hat a párolgás a tó vízszintjének ingadozására, mennyi idő alatt cserélődik ki a tó teljes vízkészlete, stb. (Antal, 1963).

A Balaton párolgása

A Balaton párolgásának becslésére a múltban számos módszer dolgozott ki, a párolgással kapcsolatban sokféle adatot közöltek. A 20. század elején, a Balaton párolgására vonatkozó megfigyelések kezdetén a Balaton évi párolgására Lóczy 1500 mm-es értéket közölt egyetemi előadásában (Béll és Takács, 1974), míg azok, akik Wild-evaporiméterrel mért adatokkal is kiegészítették számításait, a párolgás évi összegét 1500–1700 mm-re becsülték. Kemenessy (1930) ennél is magasabbnak, közel 2500 mm-re tette a tó vízvesztését. Hasonlóan nagy vízvesztést becsült Havaldá (1930) parti párolgásmérő állomások és úszó párolgásmérők adatait is tekintetbe véve, és megállapította, hogy a tó átlagos párolgása 2000 mm körüli. Néhány évtized múlva Szesztay (1962) az 1921–1958 közötti időszakra átlagosan évi 870 mm-es párolgást határozott meg, melyet vízháztartási módszerrel közelített. Az utóbbi szerző 1962-ben a Dalton-képlet Meyer-féle változatával a korábbihoz nagyon közeli, 893 mm-es párolgást kapott.

Antal (1963) a Penman-féle energiaháztartási módszer hazai viszonyokra módosított változatával – 1901–1950 közötti időszakra – 904 mm-es évi átlagos párolgást számított. Béll és Takács (1974) utólagos megállapítása szerint

az Antal-formulával számított havi összegek évi menete megegyezett a Meyer-képlettel meghatározott párolgás évi változásával.

1971-ben az Országos Vízügyi Hivatal megbízására elkezdődött a Balaton sugárzás-, hő-, és vízháztartási rendszerének részletesebb feltárása. A méréseket ekkor már különböző típusú párolgásmérő kádakkal és úszó párolgásmérőkkel végezték. Ezen mérések alapján módosították a korábban a párolgás számítására alkalmazott Meyer-formulát. Az idézett összefüggésen nyugvó formulával kapott párolgás sokévi átlagos összege 860 mm (Antal – Baranyi – Kozmáné, 1977).

Célkitűzések

Kutatásaink célkitűzésekként arra a kérdésre kerestünk választ, hogy a tó vízmérlegét befolyásoló meteorológiai tényezők közül az elmúlt évtizedekben változott-e a Balaton térségében csapadék mennyisége, időbeli eloszlása, valamint hogyan alakult a tó felszínéről eltávozó víz mennyisége, a párolgás.

A megfigyelést a Balaton teljes felszínre vonatkozó hosszabb párolgási idősor figyelembe vétele mellett kiegészítettük a keszhelyi meteorológiai adatok alapján, a Keszthelyi-öböl párolgás viszonyainak rövidebb idősor alapján történő elemzésével (1992–2004), melyben nagyobb hangsúlyt helyeztünk a különböző párolgás-számítási módszerek összehasonlító vizsgálatára.

Megfigyeléseink a tófelszín és a légköri folyamatok kapcsolatának kutatására irányultak, ezért nem szerepelt a célok között a tó teljes vízmérlegének elkészítése. Az általunk vizsgált természetes vízkészlet-változás figyelmen kívül hagyja a leeresztett víz mennyiségét és csak a tófelszínre hulló csapadék, a hozzáfolyás és a párolgás alakulását vizsgálja. A Balaton esetében a lefolyó vízmennyiség mesterségesen szabályozott, ezért ha az éghajlati elemeknek a tó vízgazdálkodásában betöltött szerepét vizsgáljuk pontosabb eredményekhez juthatunk az általunk is alkalmazott módszer segítségével.

A kutatásaink anyaga, módszerei

Adatbázis

A hosszabb távú, 1921-től 2004-ig terjedő, a Balaton teljes felszínére vonatkozó párolgási, csapadék és hozzáfolyás idősort a Közép-Dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság Balatoni Kirendeltsége, valamint a VITUKI Kht. bocsátotta rendelkezésünkre. Ez az adatsor tartalmazza a Balaton teljes felszínéről elpárolgott víz mennyiségét,

a tófelszínre számított csapadék-, valamint hozzáfolyás adatokat havi bontásban. A tófelszínre hulló csapadék számításának alapja a poligon-módszer, melyhez jelenleg 12 csapadékmérő állomás adatait használják, a tó párolgását a síófoki és a keszhelyi meteorológiai állomás adatai alapján számítják (1. táblázat) (Fejér - Kravinszkaja, 2004).

Állomásszám	Állomás	Súlyszám	Tórész
1.	Keszthely	0,33	Keszthelyi-medence
2.	Fenekpuszta	0,29	
3.	Balatonyörök	0,28	
4.	Balatonkeresztúr	0,10	
4.	Balatonkeresztúr	0,17	Szigligeti-medence
3.	Balatonyörök	0,5	
5.	Balatonboglár	0,33	
5.	Balatonboglár	0,40	Szemesi-medence
6.	Balatonszemes	0,21	
7.	Balatonakali	0,19	
8.	Tihany	0,20	
8.	Tihany	0,18	Siófoki-medence
9.	Siófok	0,17	
10.	Balatonszabadi	0,20	
11.	Balatonkenese	0,20	
12.	Alsóórs	0,25	

1. táblázat: A négy törész és a hozzájuk tartozó csapadékmérő állomások a súlyszámokkal

A különböző párolgás-számítási formulák teszteléséhez a szükséges meteorológiai adatokat a Pannon Egyetem Georgikon Karának Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszéke által működtetett, az Országos Meteorológiai Szolgálat által fenntartott, korábban MILOS 500-as, 2001 óta QLC-50-típusú automaták rögzítették.

A párolgás-számítás során felhasználtuk a napi középhőmérséklet, a relatív légnedvességből származtatott telítési valamint tényleges gőznyomás adatokat, napi átlagos szélsőértékeket.

A telítési párányomás kiszámítására az (1) képletet használtuk, ahol t_k a napi középhőmérséklet, e a természetes logaritmus alapja (Goudrian, 1977).

$$E = 6,1078 * e^{\frac{17,269 * t_k}{t_k + 237}} \quad (\text{hPa}) \quad (1)$$

A tényleges párányomást a (2) összefüggés alapján kaptuk meg, ahol U a relatív légnedvesség %-ban és E a telítési párányomás értéke.

$$e = (U E) / 100 \quad (\text{hPa}) \quad (2)$$

Párolgás-számítási módszerek, formulák

A Balaton párolgásának vizsgálatára irányuló kutatások kezdetén a tó párolgását a Meyer formulával számították 1921-től egészen 1974-ig.

$$P = 11(E - e)(1 + 0,2v) \quad (3)$$

ahol

E – a levegő telítési párányomása a havi közepes vízhőmérsékletre számolva (Hgmm)

e – a levegő tényleges párányomásának havi átlaga (Hgmm)

v – a havi közepes szélsősebesség (m/s)

Az OMSZ és a VITUKI 1958–1963 között végzett, majd 1971–1974 között folytatott és lezárt közös kutatása eredményeként a Balaton párolgásának meghatározására új formulát határoztak meg, amelynek alakja a következő:

$$P = n(E - e)(0,33 + 0,1v) \quad (4)$$

ahol

E – a levegő telítési párányomása a havi közepes vízhőmérsékletre számolva (Hgmm)

e – a levegő tényleges párányomásának havi átlaga (Hgmm)

v – a havi közepes szélsősebesség (m/s)

n – a hónap napjainak száma

Ez utóbbi összefüggést a párolgás számítására 1975–1985 között használták.

A VITUKI és az OMSZ-KMI a korábban használt párolgászámítási formulát felülvizsgálta és az alapösszefüggést meghagyva, a benne szereplő konstansokat változtatták meg. Az új (3) összefüggést 1986-tól egészen napjainkig változatlan formában alkalmazzák a tó párolgásának számítására. (VITUKI jelentés, 1986)

$$P_b = a(E - e)(0,59 + 0,013v) \quad (5)$$

ahol

E: a napi középhőmérsékletre tartozó telítési párányomás (hPa)

e: a napi átlagos párányomás (hPa)

v: szélsősebesség napi átlaga (m/s)

a: konstans, értékei: márc: 0,7; áprilisban: 0,8; októberben: 1,3; novemberben: 1,4

-dec; jan; febr; máj; júni; júli; auguszt; szept hónapokban: 1

A Keszthelyi-öböl párolgásának számításához felhasználtuk az Antal formulát:

$$PET = 0,9(E - e)^{0,7} (1 + \alpha T)^{4,8} \quad (6)$$

ahol

E: a napi középhőmérsékletre tartozó telítési párányomás (hPa)

e: a napi átlagos párányomás (hPa)

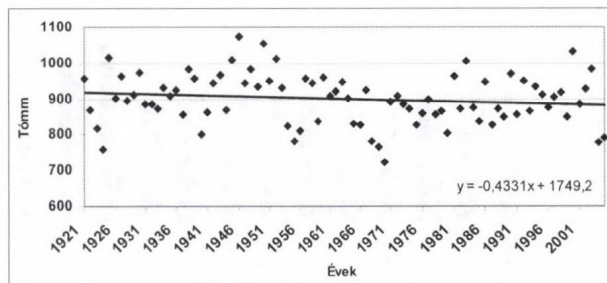
α : a levegő hőtágulási együtthatója ($1/273K^{-1}$)

T: a napi középhőmérséklet ($^{\circ}C$).

Eredmények

A párolgás alakulása a Balaton teljes felszínén 1921–2004 között

A Balaton felszínéről elpárolgó vízmennyiség éves összegeit a 2. ábra szemlélteti. Elemzéseinket a kapott grafikonokra fektetett, lineáris regressziós egyenesek ill. az azokat leíró egyenletek alapján végeztük.



2. ábra A Balaton éves párolgása 1921–2004 között

Az adott időszakban a tófelszín párolgása átlagosan 899 tómm* volt. Az idősor statisztikai elemzése során az éves párolgás maximális értéke 1946-ban 1073 tómm volt. 1000 tómm feletti éves párolgást a vizsgált időszakban mindössze 7 alkalommal rögzítettek, míg a tó párolgása még kevesebbszer, összesen 5 évben alakult 800 tómm alatt. A legkisebb éves párolgás 1970-ben, 723 tómm volt.

A párolgási sor mediánja 903 tómm. Az alsó kvartilis értéke 858 tómm, a felső kvartilis ugyanakkor 947 tómm volt, vagyis a jövőben is várhatóan 25% annak a valószínűsége, hogy a tó éves párolgása 858 tómm alatt ill. 947 tómm felett legyen.

Az idősor vizsgálata során csökkenő tendenciával talákoztunk, ennek egy évre vonatkoztatott mértéke 0,43 tómm-nek adódott. Az egész évet figyelembe véve a változás statisztikai vizsgálataink alapján nem volt szignifikáns, azonban az egyes hónapok adatsorainak elemzése során jelentős változásokat tapasztaltunk.

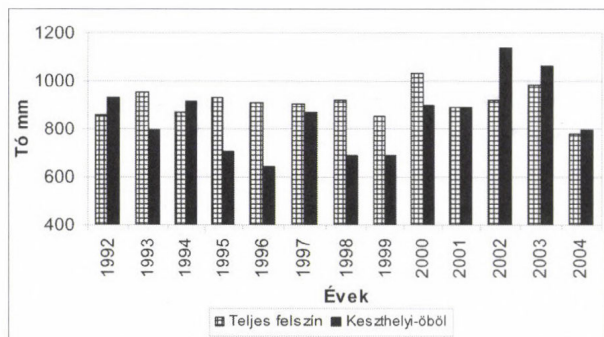
A Balaton párolgása jelentősen csökkent az intenzív párolgású időszakban. Április és szeptember között május kivételével minden hónapban szignifikáns volt a vízvesztés csökkenése. A tó párolgása az ősz második felében, valamint a téli hónapokban szignifikánsan növekedett. A téli hónapok vízvesztése azonban messze elmaradt a nyári párolgás-értékektől, így az évi vízforgalom szempontjából kevésbé jelentős.

A tó párolgás-számításának módszertana a mérések kezdete óta többször is változott, ezért az általunk elemzett adatsor nem tekinthető homogénnek, így messzemenő következtetések levonására nem vállalkoztunk.

A párolgás alakulása a Keszthelyi-öbölben 1992–2004

A Keszthelyi-öböl párolgását az 1992–2004-es időszakra számoltuk, mely időszak alatt a tó jelentős vízszintváltozásokat mutatott. A Keszthelyi-öböl 1992–2004 közötti evaporációját az ugyanerre az időszakra vonatkozó teljes tófelszínre meghatározott párolgással együtt ábrázoltam (3. ábra). Mindkét vízvesztés számítás azonos módon, a Balaton-formula (5) alkalmazásával történt.

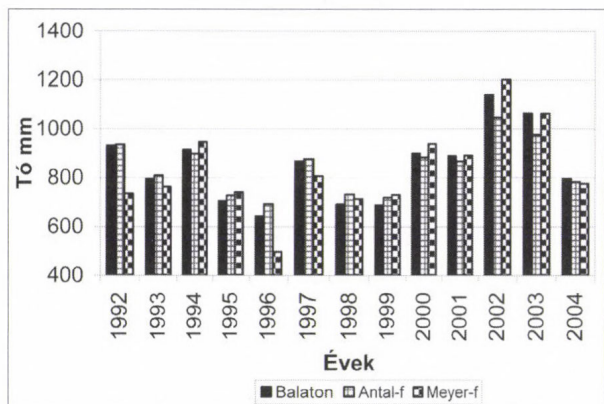
A teljes tófelszínre vonatkozó 1992–2004 évek közti evaporáció átlaga 907 tómm volt, amely statisztikai vizsgálat alapján a hosszú idősoros párolgásátlaggal 5%-os szignifikancia szint mellett egyezőnek tekinthető. Ugyanezen időszakban a Keszthelyi-öbölből elpárolgott



3. ábra A Balaton teljes felszín és a Keszthelyi-öböl párolgása 1992–2004 között

vízmennyiség területi átlaga 848 tómm, ami évi átlagban 59 tómm-rel kevesebb párolgási veszteséget jelentett. Az öbölnek a teljes tófelszín evaporációjához képest jelentősen kevesebb vízvesztése azonban a vizsgált 13 évből csak nyolc esetben realizálódott, akkor viszont jelentősen kevesebb volt. 5 évben magasabb volt a Keszthelyi-öböl párolgása, mint a teljes tófelszín vízvesztése. Ennek a változatosságnak, és az átlagosan 60 tómm-rel alacsonyabb vízvesztésének oka valószínűleg a Keszthelyi-öböl földrajzi fekvéséből fakadó sajátos mikro- ill. mezoklíma alakulásával hozható kapcsolatba. Az északon elhelyezkedő Keszthelyi hegység szél-árnyékolása biztosan nem marad hatástalan az öböl párolgásában.

A Keszthelyi-öböl párolgásának számítása során az Antal-, a Balaton-, valamint a Meyer-formulát is alkalmaztuk (4. ábra). Az Antal-formulával számolt éves párolgás átlaga az adott időszakban 842 tómm volt, ami a Balaton-formula alkalmazása során kapott párolgási értékekkel egyezően tekinthető. A Keszthelyi-öböl párolgásának számítása során a korábbi eredmények figyelembevételével kielégítő eredményeket kaptam a Meyer-formula segítségével is. A vizsgált időszakban a párolgás éves átlaga 831 tómm volt.



4. ábra A Keszthelyi-öbölre vonatkozó párolgás-értékek összehasonlítása 1992–2004 között

A Balaton-, és az Antal-formula alkalmazása során kapott eredményekről elmondható, hogy a köztük lévő különbségek nem jelentősek, az átlagos eltérésük 1% alatt maradt. A Balaton-formulával számolt értékek magas potenciális párolgású években, mint 2002–2003, jelentő-

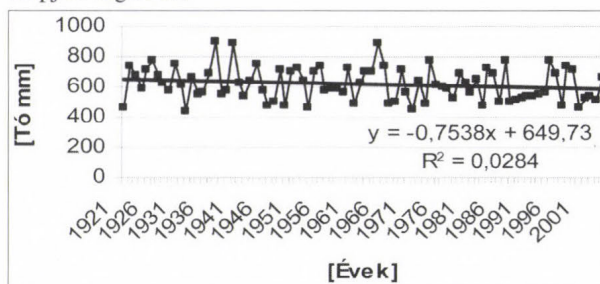
sen felülmúlták az Antal-formulával számolt értékeket, míg alacsony párolgású időszakban az értékük alacsonyabb volt. Ez az eltérés egyrészt azzal magyarázható, hogy 2002-ben és 2003-ban a Balaton térségében a korábbiakhoz képest jelentősen nőtt a nagy nyári viharok száma, másrészt, hogy a Balaton párolgás empirikus formulája figyelembe veszi a szelet, mint a párolgás intenzitását meghatározó tényezőt, az Antal-formulánál ez az egyenletben nem szerepel. Ez utóbbi feltevést támasztja alá, hogy a Meyer-formulával számolt párolgásértékek is a Balaton-formula értékeihez állnak közelebb.

A Meyer-formulát az előbb említett képletekkel összehasonlítva elmondható, hogy a segítségével számolt éves párolgások jöl követték a korábban kapott eredményeket, az évi átlagos eltérés ebben az esetben is 1% alatt maradt. Egyes években azonban e formula segítségével számolt párolgás eltérései a másik két formulához viszonyítva jelentősek voltak, 1996-ban például az Antal-formula segítségével kapott értéknél közel 30%-kal, a Balaton-formula eredményeinél 24%-kal volt kisebb a számolt éves párolgás.

Gyakorlati jelentősége az Antal-formula alkalmazhatóságának lehet, mivel a Meyer-képlettel való számításhoz hasonló bemenő paraméterek szükségesek, mint a jelenleg is használt Balaton formulához, az Antal-formulában viszont nem szerepel hatótényezőként a szél, így abban az esetben, ha nincs az adott területre, vagy időszakra vonatkozó széladatunk, az Antal-formulával megfelelően pontos párolgásértékek számíthatók.

A csapadék alakulása a Balaton teljes felszínén

A Balaton felszínére hulló csapadék közvetlen bevételi tagként szerepel a vízmérlegben, így alakulása alapvetően meghatározza a vízháztartási egyenlet bevételi oldalát. A csapadék alakulásának vizsgálatát is az 1921–2004 közötti időszakra vetítve vizsgáltuk. A tófelszínre hulló csapadék számítását az 1. táblázatban bemutatott súlyszámok alapján végeztük.



5. ábra A Balaton teljes felszínére hulló csapadék éves összegei 1921–2004 között

A tófelszínre hulló csapadék sokéves átlaga 618 tómm volt, de az 5. ábrán látszik, hogy az egyes értékek átlaguktól való eltérése jelentős volt, a 109 tómm-t is meghaladta. Az évek 25%-ában mértek 532 tómm-nél kevesebb éves csapadékot a tófelszínre vonatkozóan, és ugyancsak 25% azoknak az eseteknek a gyakorisága, mikor a csapadék meghaladta a 705 tómm-t. A trendvonalat leíró egyenes

egyenlete negatív előjelű. Megállapítható, hogy a trend egy évre jutó csökkenése 0,75 tómm, ami 84 év alatt: 63 tómm csökkenést jelentene, a trendvizsgálat szerint a csapadék viszonylatában. A csapadék csökkenése azonban statisztikai vizsgálatok alapján nem volt szignifikáns. Megvizsgáltuk az egyes hónapok csapadékosságának változásait is és azt tapasztaltuk, hogy június, július, november december, január hónapokban minimálisan, de növekedett a lehullott csapadék mennyisége a trend alapján. A csapadék növekedése azonban egyik hónapban sem volt szignifikáns. Az év többi hónapjában eltérő mértékben ugyan, de csökkenő volt a csapadék trendje. Márciusban, májusban és októberben értéke egy évre vonatkoztatva ugyan meghaladta a 0,15 tómm-t, a csapadék csökkenése egyedül májusban volt statisztikailag is igazolható.

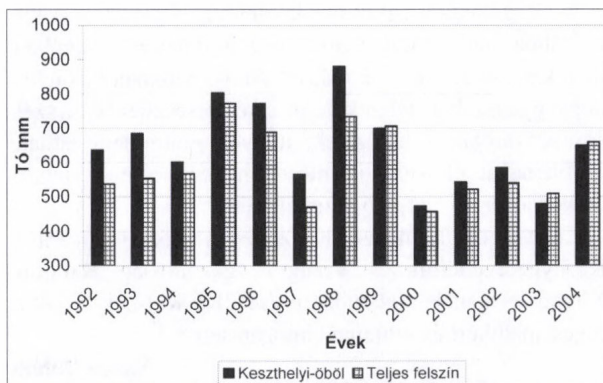
Csapadék	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Havi átlag	34	33	38	48	61	67	61	64	56	49	57	45
Havi maximum	88	99	160	115	135	145	144	170	142	150	174	115
Havi minimum	2	4	4	9	0	9	10	6	5	0	6	6

2. táblázat A Balaton felszínére hulló csapadék jellemző havi értékei (1921–2004) az 1. táblázatban felsorolt állomások mérései alapján

A csapadék alakulása a Keszthelyi-öbölben 1992–2004 között

Az adott időszakban, 1992 és 2004 között a Keszthelyi-öböl térségében működő 4 csapadékmérő állomás (Keszthely, Balatongyörök, Fenékpuszt, Balatonkeresztúr) által regisztrált éves csapadékadatokat vizsgáltuk és ezen adatokból számoltuk az öböl felszínre hulló csapadék mennyiségét. Az időszak csapadékátlagja Keszthelyen 617 mm, az öböl felszínén 644 tómm. A teljes tófelszín azonos időintervallumra vonatkoztatott adataival összehasonlítva látható, hogy jelentős eltérés nem mutatkozik a csapadék-átlagok tekintetében (6. ábra), de az egyes évek csapadékvizonyai eltérőek.

A Keszthelyi-öbölre hulló csapadék mennyisége néhány kivételtől eltekintve több mint a tó teljes felszínére számított érték. A Keszthelyi-öböl térsége csapadékosabb, mint a tó többi része. Ezen eltérés az öböl helyzetével magyarázható, ugyanis a Balaton négy nagy medencéje közül a



6. ábra A Balaton és a Keszthelyi-öböl csapadékvizonyainak összehasonlítása

legnyugatibb, ezért mind az atlanti, mind a mediterrán hatás jobban érvényesül ebben a térségben, és ez tükröződik a csapadék alakulásában is. 1998-ban hullott a legtöbb csapadék, mikor is az éves csapadékösszeg 881 tómm volt. A legkevesebb csapadék – mióta Keszthelyen rendszeresen meteorológiai méréseket folytatnak – 2000-ben hullott, mindössze 373 mm. Ekkor az öböl felszínén a csapadék mennyisége 474 tómm volt.

A hozzáfolyás alakulása a Balaton teljes felszínére vonatkoztatva 1921–2004 között

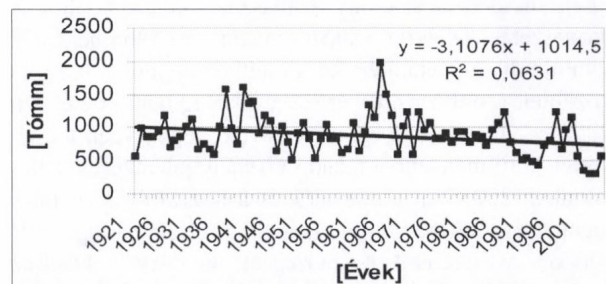
A vízmérleg bevételi oldalának alakításában a Balaton esetén jelentősebb szerepe van a vízgyűjtőről történő hozzáfolyásnak, mint a közvetlen csapadékbevételnek, köszönhetően annak, hogy a tó vízgyűjtőterülete közel tíz-

szereze a vízfelszínnek, és ez jelentős vízbázisul szolgál. A teljes tófelszínre számított éves hozzáfolyás a lehullott csapadék mennyiségének függvénye, azonban a sokéves átlag (880 tómm) alapján meg-

állapítható, hogy a tó hozzáfolyásból származó vízbevétele másfélszerese a közvetlenül a tófelszínre hulló csapadéknak. Az éves hozzáfolyás mennyiségének változásában statisztikailag is igazolható módosulások mutathatók ki. Ennek oka, hogy a lefolyást nem csupán meteorológiai viszonyok befolyásolják, hanem a Balatonba jutó víz mennyiségét hidrológiai, geomorfológiai stb. viszonyok is döntően alakítják. A Balatonba érkező víz éves mennyiségei a 7. ábrán láthatóak.

A hozzáfolyás alakulása is, a csapadékhoz hasonlóan, csökkenő tendenciát mutatott. A változás mértéke 3,11 tómm volt évente, ami szignifikáns változást jelentett. A hozzáfolyás hosszú idősoros átlaga 880 tómm. A tó hozzáfolyásból származó vízbevétele 1965-ben volt a legjelentősebb, ekkor 1974 tómm víz érkezett a tóba a vízgyűjtőről.

A legkevesebb hozzáfolyást 2002-ben és 2003-ban mérték, 293 tómm-t. Látható, hogy a változás mértékét tekintve a hozzáfolyás esetében jelentősebb, mint a csapadék vizsgálata során kapott érték, hiszen akkor az átlagostól számított eltérés csupán 30% volt, és mértékét tekintve is csak 185 tómm-rel jelentett kevesebb vízbevételt. A hozzá-



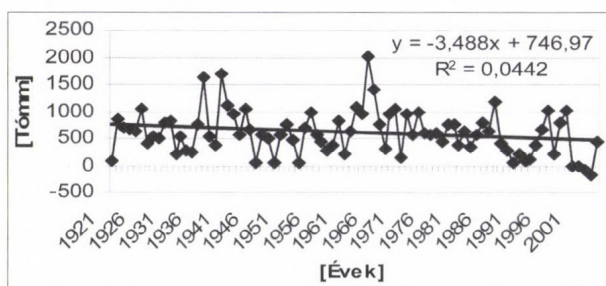
7. ábra A hozzáfolyás alakulása a tó felszínére vonatkoztatva 1921–2004 között

folyás esetében ez 67,3%-os hiányt jelentett, ami 587 tömmel kevesebb, mint a sokéves átlag, és ez már számottevő hatású az adott év vízgazdálkodására. Ebben az esetben is megvizsgáltuk az egyes hónapokban a vízgyűjtőről a tóba jutó víz mennyiségének alakulását és azt tapasztaltuk, hogy a hozzáfolyás trendje december és január kivételével minden hónapban csökken, februárban és júniusban szignifikánsan.

A Balaton természetes vízkészlet-változása 1921–2004 között

A természetes vízkészlet-változás a csapadék és hozzáfolyás adatok egyesített értékének, valamint a számolt párolgásnak a különbsége. Az így kapott eredményekből látszik, hogy a tó vízkészletével való gazdálkodás mennyire lehetett, lehet sikeres. Azokban az években ugyanis, ahol a hozzáfolyás majdnem teljes egészében képes fedezni a párolgás során létrejövő vízvesztéséget, ott a csapadék plusz bevételként jelentkezik. Ezzel a vízmennyiséggel lehet gazdálkodni, azt leereszteni, kiemelni úgy, hogy annak nem lesz maradandó hatása a tó vízforgalmi egyensúlyára.

Az 1921–2004 közötti időszakra vonatkozó évi természetes vízkészlet-változás a 8. ábrán látható. Az évek jelentős részében a csapadék és hozzáfolyás egyesített mennyisége fedezi a párolgás veszteségét. Az időszak átlaga: 598 tömm, ami sokéves csapadékatlaggal egyezőnek tekinthető.



8. ábra A Balaton természetes vízkészlet-változásának alakulása 1921–2004 között

A természetes vízkészlet-változás esetén tapasztalt csökkenés 5%-os szinten nem szignifikáns, de a 8. ábrán látható, hogy a tó természetes vízkészlete átlagosan 3,49 tömmel csökken évente. Az adatsorban szintén felfedezhetők érdekes információk, melyek kapcsolódnak az elmúlt időszak alacsony vízállásainak kialakulásához. A természetes vízkészlet-változás maximuma 1965-ben 2031 tömm volt. A mutató értéke a múltban ugyan többször is közelített a nullához, de egészen 2000-ig nem érte el azt. 2000 és 2003 között egymást követő négy évben természetes körülményekből fakadó vízhiány jelentkezett a Balatonnál. 2003-ban a csapadék és a hozzáfolyás együttes mennyisége 180 tömmel elmaradt a felszín párolgásából adódó vízvesztéstől. Az összegzett vízhiány ezekben az években (2000–2003) 307 tömm volt.

Következtetések

A Balaton vízháztartási mérlegének egyik fontos bevételi tagja a csapadék. Az adatsorok elemzése során egyértelművé vált számunkra, hogy a csapadék éves mennyiségének csökkenése hosszabb távon nem kimutatható. A vizsgálatok során azonban kiderült, hogy az utóbbi évek száraz periódusa nem egyedülálló a tó korábbi életét figyelembe véve. A vizsgált adatsor alapján a teljes tófelszínre és a Keszthelyi-öbölre számolt csapadékmennyiség közti különbség évi átlagban megközelítette a 60 mm-t.

A csapadékból adódó magasabb vízbevétel az alacsonyabb évi párolgással együtt a Keszthelyi-öböl vízháztartása a víz minősége szempontjából mindenképpen pozitív hatásúnak értékelendő.

A hozzáfolyás csökkenése statisztikai vizsgálatok eredményei alapján is kimutatható. A Balaton vízháztartásának változását jelentős mértékben a hozzáfolyás csökkenése okozta, és erre vezethető vissza a 2000–2004 közötti alacsony vízállású időszak is. A trend alapján a jövőben is jelentős vízbevétel csökkenéssel számolhatunk a hozzáfolyás módosulása miatt.

A párolgási sor esetében is minimálisan, de csökkenő tendenciával találkoztunk, ami statisztikailag nem volt kimutatható. A Keszthelyi-öböl párolgásának intenzitása a vizsgált időszak adatai alapján elmaradt a teljes felszín párolgásától, de ez a különbség nem minden évben realizálódott.

A csapadék mennyiségének alakulását figyelembe véve kijelenthetjük, hogy a lehulló csapadék a korábbiakban sem fedezte a tó párolgás következtében létrejövő vízvesztését, azonban a hozzáfolyással együtt a tó teljes vízbevétele az évek jelentős részben nagyobb, mint a párolgásból adódó vízvesztése.

A párolgászámítási formulák vizsgálata alapján kijelenthető, hogy a Balaton-formula érzékenyebb a környezeti tényezők változására, mint az Antal-formula, mivel magas potenciális párolgású időszakban akár jelentősen is magasabb párolgást számolhatunk vele, míg az érték alacsony potenciális párolgású időszakban kisebb. A számolt párolgásértékek eltérése minimális volt, ezért indokolt esetben az Antal-formula is alkalmazható a tó párolgásának számítására.

A vizsgálataink egyik alapkérdésére, hogy van-e a klímaváltozásnak kimutatható hatása a Balaton térségében, nem kaptam egyértelmű választ. Annyi azonban bizonyos, hogy gyakrabban jelentkeznek a tó térségében is a szélsőséges időjárási helyzetek, melyek előre nem látható problémákat okoznak jelentősen nehezítve a vízgazdálkodás tervezését a tó vízgyűjtőjén.

Köszönetnyilvánítás: Köszönet a Közép-Dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság Balatoni Kirendeltségének, valamint a VITUKI Kht-nek a szükséges adatokért és szakmai támogatásért.

Varga Balázs

Pannon Egyetem Met. és Vízgazd. Tanszék
Keszthely

Irodalomjegyzék:

- Antal E. (1963): A Balaton párolgása. Időjárás 67. évf. 290-297 pp.
- Antal E. - Baranyi S. - Kozmáné Tóth E. (1977): A Balaton hőháztartása és párolgása. Hidrológiai Közöny, 4. sz.
- Béll B. - Takács L. (1974): Balaton éghajlata. OMSZ hiv. kiadványa.
- Eötvös K. (1982): Utazás a Balaton körül. Magvető Könyvkiadó. Budapest.
- Fejér V. - Kravinszkaja G. (2004): A Balaton és a tórések havi vízháztartási jellemzőinek meghatározása. Balatoni Vízügyi Kirendeltség hiv. kiadv.
- Goudrian J. (1977): Crop micrometeorology: a simulation study. Simulation monographs, Pudoc, Wageningen.

- Havaldá E. (1930): A Balaton párolgása. Vízügyi Közlemények I. sz. 87. p.
- Kemenessy (1930): A Balaton párolgása. Vízügyi Közlemények I. sz. 87. p.
- Szeglet P. (2006): A balatoni nádasok tér- folyamat- és természetességi sajátosságai 2004-ben. Aktuális flóra- és vegetációkutatás a Kárpát-medencében VII. Konferencia. Debrecen
- Szesztay K. (1962): A Balaton vízháztartása In: A VITUKI „Tanulmányok és eredmények” sorozata 9. sz. 299. p.
- Varga Gy. (2003): 2000-2003 között tapasztalt szélsőségek a Balaton vízháztartásában. Környezetvédelem 2004.
- VITUKI (1986): A Balaton vízháztartási mérleg készítésének fejlesztése. Összefoglaló jelentés. A VITUKI Hivatalos Kiadványa.

EGY ÉV REPÜLÉSMETEOROLÓGIAI KÜLSZOLGÁLAT MÁLTÁN

A Máltai Meteorológiai Szolgálat 2005 végén közzétett állás híradására jelentkeztem, amelyben repülésmeteorológiai tanácsadót kerestek a Málta Luqa-i repülőtérré. Az OMSZ vezetőisége egy évre fizetés nélküli szabadságra engedett, így 2006. február 15-én álltam munkába. Málta Magyarországgal együtt vált az Európai Unió tagjává. Mivel a Brüsszeli adminisztrációnak sok szakfordítóra van szüksége, ezért néhány máltai meteorológus kolléga elhagyta a szolgálatot és szakfordítónak állt, így létszám hiány alakult ki. Máltán nincs meteorológusképzés, a jelenlegi szakemberek az Egyesült Királyságban végeztek tanfolyamot. Máltán két hivatalos nyelv van, az angol és a máltai, ez utóbbi igazi kuriózum, mivel az egyetlen olyan sémi nyelv, amelyet latin betűkkel írnak. A nyelv főnői eredetű, arabos hangzású, nagyon sok angol, olasz és francia eredetű kifejezéssel.

Málta a Napóleoni háborúkat követően angol gyarmattá vált. Az angol kultúra és nyelv az elmúlt évszázadokban alapvetően befolyásolta a helyi viszonyokat. A függetlenség kivívásáig, a sziget stratégiai fekvésénél fogva vezető szerepet játszott a brit katonai politikában. A sziget repülőterei és kikötői a második világháború során is fontos szerephez jutottak. Churchill elsüllyeszthetetlen

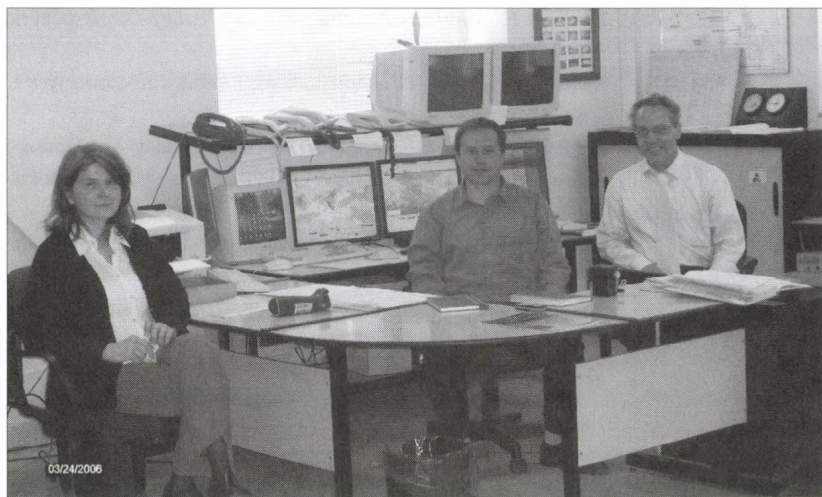
csatahajóként aposztrofálta a szigetet. A háború után a sziget hősi helytállásáért megkapta a György keresztet, ami az ország piros és fehér színű zászlajára is rákerült. Mindez azt jelenti, hogy a repülésmeteorológiának nagy hagyományai vannak a szigetországban. Az előrejelzéseket a gyarmati hadsereg kivonulásáig angol meteorológusok látták el, csak ezt követően dolgozhattak a máltaiak előrejelzőként. Érdekesség, hogy a gyarmatosítás megszűnte óta én voltam az első külföldi meteorológus, aki Máltán előrejelzést készített.

Málta két nagyobb (Málta és Gozó) és két kisebb szigetből (Comino és Cominotto) áll. Az ország hozzávetőlegesen 44 km hosszú és 12 km széles, azaz kb. Budapest területével,

egyezik meg. A fő szigeten található a Luqa-i polgári repülőtér, valamint a jobbára használaton kívüli régi angol katonai repülőtér. Gozón helikopter leszállóhely üzemel. A szigetek között folyamatos hajóközlekedés van. A hagyományos repülésmeteorológiai előrejelzéseken (TAF, SIGMET) túl, a repülőtér üzemeltető egységeit is riasztani kellett különféle veszélyes időjárási jelenségek bekövetkezése előtt, például a hangárok és a kifutópályák között kialakuló felszíni turbulencia előtt is figyelmeztetnünk kellett. Az elmondottakon túl tengeri előrejelzéseket is kell készítenie az ügyeletes meteorológusnak. Ez egy számomra teljesen új szakterület volt, amellyel korábban még nem találkoztam. Meg kellett tanulnom a tengeri meteorológia angol szakkifejezéseit, tengeri hullám, irány és magasság előrejelzéseket kellett kiadnom, és meg kellett ismernem a különböző tengeri hullám fajtákat. Volt néhány olyan nagyon fontos speciális jelenség is, amely idehaza nem fordul elő, és amelyre figyelmeztető előrejelzést kellett kiadni. Tartósan viharos északkeleti szél esetén, a szél által hajtott magas hullámok Málta fő kikötőjénél átléphetik a szárazföld és a tenger határát, benyomulhatnak a sziget szárazföldi részére, elöntve a kikötői létesítményeket, nagy anyagi károkat okoz-



A máltai repülőtér egyik épülete, ahol a meteorológiai szolgálat is működik



Munkatársai körében (középen a szerző)

va és emberéleteket is veszélyeztetve. Mivel a szigetország elég kopár, nincsen állandó folyója, így egy másik veszélyes jelenség a rövid idő alatt lezúduló nagy mennyiségű csapadék, ami egyes településeket gyorsan eláraszthat. A legveszélyeztetettebb ilyen település Birkirkara, ahol az utcákon külön erre a célra felszerelt szirénás riasztó rendszert üzemeltet a polgári védelmi hatóság a meteorológiai előrejelzésekre alapozva.

A továbbiakban ejtsünk néhány szót a magáról a Máltai Meteorológia Szolgálatról. A teljes szolgálat 6 fő meteorológusból és kb. 10 fő észlelőből áll. A szolgálat néhány évvel ezelőtt az állami alkalmazásból átkerült a repülőtér alkalmazásába (MIA – Malta International Airport) avval a megkötéssel, hogy az állami körbe tartozó feladatokat továbbra is térítésmentesen kell végeznie. Az előrejelzések folyamatos frissítéssel kerülnek ki az internetre, máltai és angol nyelven. Esetemben az angol nyelvű előrejelzést a hozzám beosztott technikus fordította le máltai nyelvre. A telefonos érdeklődőket angolul tájékoztattam. Az emelt díjas telefonos meteorológiai tájékoztatástól eltekintve üzleti tevékenységet nem folytatunk. A szolgálat időbeosztása megegyezik a magyar beosztással. A Máltai TV-ben és a rádióban a bemondók, műsorvezetők ismertetik a szolgálat előrejelzéseit. Meteorológus csak különleges alkalmakkor szerepel a

televízióban. Ilyen eset lehet valamely időjárási katasztrófa, vagy valamely ünnepnap. A karácsonyi ünnepek előtt az a megtiszteltetés ért, hogy a Máltai televízióban külföldi meteorológusként én ismertethettem az ünnepi hét időjárását.

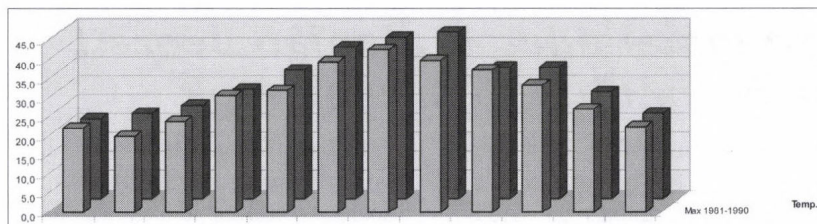
Folyamatos vizuális észlelés csak a Luqa-i repülőtérén van, ugyanakkor kiterjedt automata mérőhálózat működik a szigeteken. Az automata hálózat által mért legfrissebb adatok az interneten is bárki által szabadon megtekinthetők. Naponta egyszer tengeri hullám és hőmérsékleti észlelést továbbítanak az ipari kikötőből. Nem messze a repülőtértől egy időjárási radar készít 10 percenként méréseket. A különféle műhold képeket Németországból műholdvevőn keresztül lehetett elérni. A friss SYNOP észleléseket és az előrejelzési modell adatait interneten kaptuk meg. A megjelenítés ausztrál fejlesztésű szoftverrel UNIX operációs rendszeren futó munkaállomásokon történik. Valamennyi helyben mért információ térítésmentesen került ki a repülőtér honlapjára. Az előrejelzésekhez zömében az UKMO az ECMWF és a Washingtoni modell adatait használtuk.

Kint tartózkodásom alatt a repülőtérén ISO kvalifikációs eljárást vezettek be. A minőségellenőrzéshez és minőségbiztosításhoz a repülés-meteorológiai előrejelzések bevételének kiértékelése is szükséges, ez

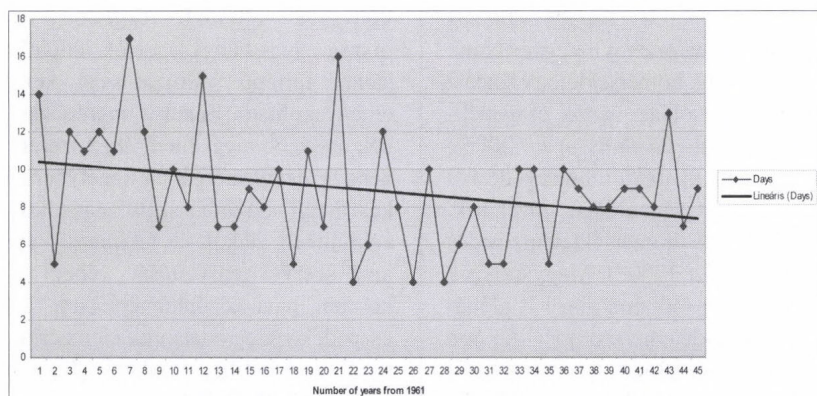
azonban nem állt rendelkezésre Máltán. Mivel az OMSZ-nál a szóban forgó TAF kiértékelő programot én készítettem, ajánlásomra a MIA megvásárolta az OMSZ-tól a szóban forgó programot, amelyet a helyi viaszonyokra történt átalakítás után azóta is operatíván futtatnak.

A máltai időjárást a mediterrán éghajlat és a tenger együttesen alakítja. Számos olyan jelenség megfigyelhető, ami nálunk szokatlanul számít. Mivel a szárazföld területe kicsi, ezért az alacsony szintű felhőzet (Stratus) előrejelzése nehéz feladat. Ezek a felhők kedvező időjárási helyzetben folyamatosan képződnek a vízfelület felett, majd jelennek meg a sziget területén. Ebből az is következik, hogy nem figyelhető meg a felhőzet alapjának az a markáns emelkedése a délelőtti órákban, ami nálunk, a kontinentális térségben általános. Sok érdekesség figyelhető meg a zivatarok kapcsán is. Gyakran előfordult, hogy amikor vonalba rendeződött lassan mozgó zivatarlanc közelített a szigethez, akkor azok a cellák, amelyek a szigetet érték volna el, hirtelen a sziget előtt összeomlottak, majd amikor a zivatarlanc áthalad a szigeten utána, újra képződtek. A folyamat valószínűleg avval magyarázható, hogy a lassan közelítő cella beáramló levegőjét elszívja a sziget felett kialakuló konvekció. Ha azonban a zivatarlanc gyorsan mozog, azaz jelentős a dinamikája és hamar a sziget fölé tud kerülni, akkor a sziget felett kialakuló feláramlás fel tudja erősíteni a szigetet elérő cellát, és így hatalmas zivatar kerekedik a sziget felett. Röviden összefoglalva azt tapasztaltam, hogy a Földközi-tenger hatalmas nedvesség forrásként funkcionál, és nagy hőtároló képességénél fogva jelentősen befolyásolja a Máltai-szigetek meteorológiai viszonyait. A Mediterrán-tenger mérsékli a szárazföld szélsőségeit: a maximum hőmérsékleteket csökkenti, a minimum hőmérsékleteket megemeli.

A máltai egyetemen nincs meteorológiai, csak oceanológiai tanszék, itt futtatnak naponta kétszer mezo-



1. ábra A különböző hónapokban megfigyelt havi abszolút hőmérsékleti maximumok. Világos oszlop 1981–1990, sötét oszlop 1991–2000 között megfigyelt értékek.)



2. ábra A ködös napok évi számának alakulása 1961-től 2005-ig Máltán (a vastag vonal a trend)

léptékű meteorológiai előrejelzési modellt a tengeri modellek mellett. A Máltai Egyetem e tanszéke csatlakozott a RISKMED elnevezésű nemzetközi projekthez. Ebben az együttműködésben csak a mediterrán térség országai vesznek részt. Az a cél, hogy egy közös időjárási veszélyjelző rendszert alakítsanak ki a Földközi-tenger medencéjében. Mivel Máltán ez időben rajtam kívül nem volt más egyetemi végzettséggel rendelkező meteorológus szakember, ezért a tanszék felkért, hogy vegyek részt ebben a közös munkában, aminek nagy

örömmel tettem eleget. Első lépésben kiértékeltem a rendelkezésre álló hosszú mérési adatsorokat. Korábban nem volt ilyen munka, azaz ez volt az első klíma jellegű feldolgozás Máltán. Szeretném megjegyezni, hogy az adatsorokból a hazainál talán jobban látszik az elmúlt évtizedek határozott melegedő tendenciája (1. ábra). A hőmérséklet emelkedésével párhuzamosan csökkent a ködös napok száma (2. ábra), ugyanakkor több zivatar és jégeső fordult elő. A klíma adatok, valamint a rendelkezésre álló meteorológiai infor-

mációk alapján meghatároztuk a szélsőséges időjárási elemek veszélyességi kategóriáit, és konkrét javaslatot dolgoztunk ki a veszélyjelző rendszer megvalósítására. Nem csak Máltára, hanem a környező, tőle nagy távolságra lévő különböző tengeri területekre, összesen kilenc ilyen területre is megadtuk a szélsőséges meteorológiai elemekre vonatkozó különböző riasztási fokozatokhoz tartozó küszöbszámokat. A tervek szerint ezekre a területekre figyelemztetést kell a jövőben kiadni. A munka során számos nehézség is felmerült, ugyanis ezeknek a tengeri területeknek nem kellőképpen ismert az éghajlata, a megfigyelő állomások is hiányoznak, így csak a távérzékelési eszközökre, és a numerikus időjárási modell előrejelzésére tudunk támaszkodni.

Málta méretéhez képest igen gazdag műemlékekben és kulturális hagyományokban, amelyek a mélyen vallásos katolicizmusban gyökereznek. Málta az egyetlen európai ország, ahol nincs válás, nincsenek hajléktalanok és koldusok, és a bűnözés is rendkívül alacsony szinten van. A társadalmi összefogásnak és szolidaritásnak olyan megnyilvánulásaival találkoztam, ami Európa nagy részén sajnos ismeretlen. Úgy érzem, hogy a kint töltött egy év szakmai és egyéb szempontból is nagyon hasznos volt.

Wantuch Ferenc

ÚJ CSAPADÉK VILÁGCSÚCS

Madagaszkártól keletre az Indiai-óceánban található a Franciaországhoz tartozó Réunion-sziget, amely eddig is híres volt csapadékreordjairól.

A Gamede nevet viselő trópusi ciklon ez év február 24. és 28. között tartósan a sziget közelében vesztegelt. Ez idő alatt a legnagyobb 24 órás csapadék 1625 mm volt a Commerson kráter közelében. Ez ugyan a hivatalos világ-rekord (1825 mm) alatt volt, ám a négy napos összeg (4869 mm) már alaposan meghaladta a korábbi csúcsot (3551 mm). Tíz nap alatt összesen 5512 mm esett le e helyen. Összehasonlításképpen, nálunk, pl. Kecskeméten tíz év alatt jön össze ennyi csapadék.

Weather, 2007. május

Ambrózy Pál

Keszthelyi meteorológiai adatok alapján végzett homogenitás és extrémítás vizsgálatok

Összefoglalás

A vizsgálat célkitűzése a klímaváltozás kapcsán napjainkban sokat idézett időjárási szélsőségek elmúlt 30 évbeli (1976–2005) változásainak keszthelyi időjárási adatsor alapján történő áttekintése volt. Ehhez néhány hőmérsékleti- és csapadék extrém indexet elemeztünk a WMO ajánlásának rendkívül széles listájából, melyek felhasználását és értékelését korábban *Bartholy és Pongrácz* (2005) Magyarország több állomására már áttekintett. A közelmúlt évtizedeiben Keszthelyen szignifikáns növekedés a hőségnapok és fagyos napok számában volt tapasztalható. A vizsgált nedvesség ellátottságot tartalmazó indexek közül a legalább 0,1 mm csapadékú napok számának csökkenése volt statisztikailag igazolható.

A vizsgálat időtartama alatt a keszthelyi meteorológiai állomást egyszer áthelyezték, ezért az extrém-indexek számítása előtt megvizsgáltuk, hogy a két mérőhelyen mért adatsorok eltérnek-e egymástól, vagy statisztikailag azonosnak tekinthetők-e. Párhuzamos mérés a két mérőhelyen csak a tenyészidőszak során (április 1.–október 31.) volt 1973–1994 között. Az összehasonlítás statisztikai elemzése alapján megállapítható, hogy a 22 évből 18 év esetében az adatsorok azonosnak tekinthetők. A négy évjáratból egy esetben adathiány akadályozta az értékelést.

Irodalmi áttekintés

A globális klímaváltozás hazai szcenáriói szinte kivétel nélkül felmelegedést prognosztizálnak Magyarország területére. *Bartholy és Schlanger* (2004) modelleredményei alapján 2050-re 0,8–2,8°C-os, 2100-ra 1,3–5,2°C-os a várható hőmérséklet emelkedés mértéke hazánkban. Az *Európai Környezetvédelmi Ügynök-*

ség 2004-ben kiadott 2. jelentése Európában 2100-ra 2,0–6,3°C felmelegedést prognosztizál. Addig, amíg a várható felmelegedésről egyetértés körvonalazódik a téma kutatói között, a csapadékváltozás esetében ez nem ennyire egyértelmű. Mérsékelt hőmérsékletemelkedést sokan kapcsolnak össze csapadékcsökkenéssel (*Bartholy et al.* 2005), de nagyobb mértékű felmelegedésnél a bizonytalanság erősen növekszik. 0,5 K globális hőmérsékletemelkedés esetére *Mika* (2002) Magyarország tekintetében –40 mm, míg 1 K globális hőmérsékletemelkedésnél –66 mm csapadékcsökkenést prognosztizál. 4 K melegedésnél a csapadékváltozást pozitívnak prognosztizálja, mértékét +40–400 mm-ben adja meg. A csapadék mennyiségének előrejelzési bizonytalansága mellett nem fér kétség a szélsőséges időjárási események bekövetkeztére vonatkozó becsléseknél. Ez azért lényeges, mert a globális felmelegedés következtében a szélsőséges éghajlati események regionális skálán bekövetkező gyakorisági vagy intenzitásbeli változásai lényeges szerepet játszanak az éghajlat ökológiai és társadalmi rendszerekre gyakorolt hatásaiban (*Bartholy és Pongrácz* 2005). A szerzők a szélsőséges éghajlati eseményeket jellemző legfontosabb extrémindexeket Magyarország több állomására az 1990-es évek végén nemzetközi összefogással alakult WMO CCI/CLIVAR munkacsoport ajánlásai alapján definiálták. Eredményeik alapján a Kárpát-medencére a XX. sz. második felében egyértelműen a melegedés a jellemző, s a csapadék extrém értékek gyakorisága szintén egyértelműen növekszik. Ezzel szemben a teljes lehullott csapadék mennyisége csökkenő tendenciát mutat (*Bartholy és Pongrácz* 2005).

Már a nagyobb léptékű éghajlati besorolást nyújtó Trewartha-féle éghajlati osztályozás szerint is hazánk

éghajlatára (kontinentális éghajlat hosszabb meleg évszakkal) a hőmérséklet szeszélyes időbeli alakulása, az egyes évszakok, hónapok időjárásának nagy területi és időbeli változékonysága jellemző. Emellett az ország egyes tájegységeinek időjárásában fellépő változatosság sem elhanyagolható. Ennek a sokrétűségnek mélyebb megismeréséhez szeretnénk adalékot szolgáltatni, melyben a keszthelyi időjárási szélsőségek közelmúltbeli alakulását tekintettük át, ami szerves folytatását képezi a korábbi, havi középhőmérsékleti- és csapadékösszeg adatsorok elemzéseit tartalmazó publikációinknak (*Kocsis és Anda* 2005, 2006).

Az elemzéshez felhasznált meteorológiai adatok, helyszínek

Vizsgálatainkban két keszthelyi meteorológiai állomáson 1976–2005 között mért napi maximum- és minimumhőmérsékleteket és napi csapadékösszegeket használtuk. A megfigyelések időbeni eloszlása a két állomásnál az alábbiak szerint alakult.

1966–1995 között az Országos Meteorológiai Szolgálat legrésztelesebb időjárás megfigyeléseket lehetővé tevő Obszervatóriuma végezte a meteorológiai megfigyeléseket a városban, akkor perifériálisnak számító, alacsony beépítettségű területen. Az OMSZ döntése alapján ez az állomás 1995-ben megszűnt, és funkcióinak egy részét a jelenlegi Pannon Egyetem Tanyakeresztén elhelyezkedő Agrometeorológiai Kutatóállomása vette át.

Az Obszervatórium megszűnése után közel egy évig manuális megfigyelés folyt Tanyakeresztén, míg az Obszervatóriumban még működött az automatizált mérés.

Majd a Kutatóállomáson automatizált mérések kezdődtek 1996-tól a MILOS-500-as automata klímaálló-

más telepítésével. Ezt az automatát 2001-ben felváltotta a QLC–50 típusú automata mérőállomás. Keszthelyen, a tenyészidőszak során az akkori Agrártudományi Egyetem területére telepített, speciális megfigyeléseket is lehetővé tevő klímaállomás az 1970-es évek elején kezdte tevékenységét. A kezdetben 2–3 fő észlelővel működő állomás személyi állománya az 1990-es évek végére egyre csökkent, s szerepét átvette a korábban említett, sugárázmérővel is felszerelt automata állomás.

A két eltérő mérőhelyként szolgáló meteorológiai állomás egymástól vett távolsága légvonalban mindössze 1,4 km (*Balaton Ortofotók* 2003 című kiadvány légifelvétele alapján mérve) (1. kép).



1. kép. A két mérőhely a Balaton Ortofotók (2003) c. kiadvány légifelvételén. A közöttük lévő távolság légvonalban 1,4 km.

Az állomások tengerszint feletti magassága szinte megegyező, az Observatóriumé 114 m, a Tanyakereszté 116 m. Az állomások Balatontól mért távolságában sincs jelentős eltérés, légvonalban az observatórium kb. 260 m-re, a tanyakereszt állomás kb. 500 m-re helyezkedik el a vízparttól. A két állomás fekvésének hasonlósága felvetette a két helyen mért léghőmérsékleti adatok homogenitásának napi bontású vizsgálatát. Áthidalhatatlan problémát jelentett az Agrometeorológiai Kutatóállomás április 1.-jétől október 31.-ig történő üzemeltetése, mely a téli hónapokban mért adatok

közti kapcsolatok elemzését nem tette lehetővé.

Korábban a havi adatokra vonatkozó homogenitás vizsgálatot (MASH) az OMSZ keretében Szalai és Szentimrey (2001) elvégezte, de a napi adatokra az elemzés nem tért ki, s a rendelkezésre álló módszerek is meglehetősen hiányosak. A tenyészidőszakra vonatkozó adatokból (ápr. 1.–okt. 31. közötti időszak) a két állomás napi középhőmérsékleteit hasonlítottuk össze, s a közöttük lévő kapcsolatot statisztikailag is elemeztük.

Az eredeti adatsorban, az 1973–1994 időszakra vonatkozóan a napi középhőmérsékletek számítása a két mérőhely mérési programjából adódóan eltérő volt. Az összehasonlíthatóság érdekében (azonos műszer és eljárás) mindkét helyen a napi középhőmérsékletet az azonos eljárással és azonos típusú hőmérővel detektált maximum- és minimum-hőmérséklet alapján határoztuk meg $[(T_{\max} + T_{\min})/2]$. Az azonos hőmérő és számítási módszer alkalmazása lehetővé tette a két állomás adatainak összehasonlítását, és annak vizsgálatát, hogy okozott-e törést az adatsorban az állomás mintegy 1,4 km-es áthelyezése, vagy a két mérőhelyen mért léghőmérséklet adatok azonos adatsor részeinek tekinthetők-e.

A két állomás napi középhőmérsékleteinek évjáratonkénti összehasonlítását a STATA statisztikai programcsomag alkalmazásával végeztük. Ha az adatpárookra illesztett origón átmenő lineáris regressziós egyenes meredeksége szignifikánsan nem tér el 1-től, akkor a két adatsor azonosnak tekinthető, vagyis a program által meghatározott 95%-os konfidencia intervallumba beleesik az 1-es meredekség.

A csapadékadatok esetében a kutatók nem tartják szükségesnek a homogenizálást (Mika 2003), így a vizsgálatokhoz az eredeti, mért napi csapadékösszegeket használtuk. Itt szükséges megjegyezni, hogy az alkalmazott csapadékmérő a vizsgált időszakban a Hellmann rendszerű csapadékmérőről automata csapadékmérőre változott 1996-tól. Az automata bizonyos időjárási helyzetekben (nyári nagycsapadékok) többször kevesebb csapadékot mér, ezért többször a párhuzamos mérésre meghagyott Hellmann rendszerű csapadékmérő értéke alapján korrigáltuk eredményeinket.

A WMO CCI/CLIVAR munkacsoport index-ajánlásai alapján, melyek közül többet hazánkban először Bartholy és Pongrácz (2005) dolgozott fel, vizsgálatainkban az 1. táblázatban közöltek alkalmaztuk.

Sorszám	Jelölés (ECAD)	Az extrémindex definíciója	Egysége
1.	Rx1	Az év során mért legnagyobb 1 nap alatt lehullott csapadékmennyiség	mm
2.	RR10	Nagy csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 10\text{mm}$)	nap
3.	RR20	Extrém csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 20\text{mm}$)	nap
4.	Rx5	Az év során mért legnagyobb 5 nap alatt lehullott csapadékösszeg	mm
5.	RR5	Adott csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 5\text{mm}$)	nap
6.	RR1	Adott csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 1\text{mm}$)	nap
7.	RR0,1	Adott csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 0,1\text{mm}$)	nap
8.	ETR	Éves hőmérsékleti ingás (az év során mért $T_{\max} - T_{\min}$)	°C
9.	Tx30GE	Hőségnapok száma ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$)	nap
10.	Tx35GE	Forró napok száma ($T_{\max} \geq 35^\circ\text{C}$)	nap
11.	HWDI	Hőhullám hossza (legalább 5 egymást követő napon át $T_{\max} = T^{\text{max}} + 5^\circ\text{C}$, ahol T^{max} az 1971–2000-es normálidőszak átlagos $T_{\max}$ értéke)	nap
12.	FD	Fagyos napok száma ($T_{\min} < 0^\circ\text{C}$)	nap
13.	SU	Nyári napok száma ($T_{\max} > 25^\circ\text{C}$)	nap
14.	Tn20GT	Túl meleg éjszakák száma ($T_{\min} > 20^\circ\text{C}$)	nap
15.	Tx0LT	Téli napok száma ($T_{\max} < 0^\circ\text{C}$)	nap
16.	Tn-10LT	Zord napok száma ($T_{\min} < -10^\circ\text{C}$)	nap

1. táblázat. Alkalmazott extrémindexek (WMO CCI/CLIVAR munkacsoport ajánlásai alapján, Bartholy és Pongrácz, 2005 nyomán)

	95%-os konfidencia intervallum		R ²
1973	0,99	1,02	0,98
1974	0,99	1,03	0,97
1975	0,97	1,02	0,96
1976	0,99	1,03	0,97
1977	0,98	1,03	0,97
1978	0,95	1,01	0,96
1979	0,99	1,04	0,98
1980	0,97	1,01	0,98
1981	0,93	0,98	0,96
1982	0,97	1,01	0,98
1983	0,98	1,02	0,98
1984	0,81	0,94	0,76
1985	0,95	1,01	0,97
1986	0,96	1,01	0,97
1987	0,95	0,99	0,97
1988	0,96	1,01	0,96
1989	0,92	1,01	0,91
1990	0,95	1,00	0,97
1991	0,97	1,01	0,98
1992	0,99	1,03	0,98
1993	0,94	0,99	0,96
1994	0,98	1,02	0,98

2. táblázat. A STATA által számított origón átmenő lineáris regressziós egyenes meredekségére vonatkozó konfidencia intervallum alsó és felső határa és az R² értéke. A statisztikailag eltérő évjáratokat vastagon kiemeltük. Az adathiányos évet dőlt betűvel jelöltük.

Az extrémindexek értékeinek változását lineáris trend illesztésével határoztuk meg. Statisztikailag igazolt változásnak azt tekintettük, ha az 5%-os szignifikancia szinthez tartozó kritikus R² értéket (**1,1303**) a lineáris trendhez tartozó R² érték meghaladta. A számításokat MS Excel programmal végeztük, s a szignifikancia vizsgálatnál a lineáris korrelációs együtthatóra (r) vezettük vissza az R²-et.

Eredmények

A két eltérő mérőhely számított napi középhőmérsékletei az 1973–1994 közötti időszak (április 1-től október 31-ig) 22 évjáratából 18 esetben azonosak voltak, mert az adatsorokra illesztett origón átmenő lineáris regressziós egyenes meredeksége nem tért el szignifikánsan az 1-től. 4 év esetében találtunk statisztikailag igazolható eltérést, melyből egy évben az ok egyértelműen az adathiány volt. A maradék három évben az eltérés nem volt túlságosan magas, s a lineáris regressziós egyenes meredekségére vonatkozó konfidencia

intervallum felső határértéke nagyon közel esett az 1-hez. Az egyes évekre vonatkozó konfidencia intervallumokat és a konfidencia intervallum határai közé való esés szignifikanciáját jelölő R² értéket (mely 5%-on szignifikáns minden év esetében) a 2. táblázat összegzi.

A 22 év két mérőhelyen mért adatainak összevetése alapján megállapítható, hogy azok azonos adatsor részének tekinthetők, ezért a légkörmérséklet napi közepének homogenizálásától eltekintünk. A két állomás napi középhőmérséklet adatsorai összehasonlíthatók, az 1,4 km-es távolságra történt állomáshelyezés nem okozhatott jelentős inhomogenitást.

Az időjárás változékonyságát kifejező számos index közül statisztikailag igazolható változást mindössze három index esetében detektáltunk (3. táblázat). A közelmúlt mintegy három évtizedében a 0,1 mm-es csapadékot meghaladó napok számában (R_{nap} ≥ 0,1 mm), a hőségnapok számában (T_{max} ≥ 30°C) és a fagyos napok számában (T_{min} < 0°C) volt statisztikailag igazolható eltérés. A 3. táblázat az egyes extrém indexek mellett az adatsorokra illesztett lineáris trendegyenese meredekségét, és a szignifikanciára utaló R²- értékeket is tartalmazza. A szignifikáns eltérés jelenlétére csillaggal utaltunk.

Meglepetésként szolgált, hogy csak

Sorsz.	Jelölés	Trendegyenese meredeksége	R ²
1.	Rx1	0,07	0,001
2.	RR10	0,01	0,001
3.	RR20	0,07	0,102
4.	Rx5	0,48	0,037
5.	RR5	-0,1	0,019
6.	RR1	-0,02	0,001
7.	RR0,1	-2,12	0,521*
8.	ETR	0,16	0,124
9.	Tx30GE	0,55	0,187*
10.	Tx35GE	0,07	0,118
11.	HWDI	-0,01	0,001
12.	FD	0,7	0,166*
13.	SU	0,59	0,111
14.	Tn20GT	-0,01	0,006
15.	Tx0LT	0,14	0,018
16.	Tn-10LT	0,11	0,025

3. táblázat. Az egyes extrém indexek változási tendenciáinak együtthatói (* - 5%-os szinten szignifikáns változás)

a 0,1 mm napi csapadékot meghaladó csapadékmennyiségű napok számában mutatkozó csökkenés igazolható statisztikailag. Ennek értéke viszont igen jelentős, 21 nap 10 évenként. A sokak által citált magasabb napi csapadékhozamú esetek száma az adatsor értékelése alapján rendkívül alacsony R² értékekkel Keszthelyen az utóbbi három évtizedben változatlanok tekintendő.

A korábbi publikációban közzétett Keszthely 130 éves (1871–2000) csapadék adatsorában nem találunk egyértelmű bizonyítékokat a globális klímaváltozás részét képező, a közép-európai területeken várható csapadékcsökkenési tendenciák helyi megnyilvánulására (Kocsis és Anda 2005). A csapadék mennyisége mellett annak évi eloszlás-változása aggodalomra adhat okot főképpen a mezőgazdaságban tevékenykedők számára, hiszen Keszthely esetében tavaszi csapadékbevitel csökkenése mutatható ki (Bem és Kocsis 2006). Ha az utóbbi években tapasztalt - bár csak tendencia jellegű - átlag alatti éves csapadékmennyiség mellett a nyáron tapasztalható jelentősebb csapadékcsökkenés megmarad, a mezőgazdaságban feladatként jelentkezhet az aszályra való megfelelő felkészülés, hiszen a tenyészidőszak csapadékhiánya már önmagában is termés kiesést okozhat. Ha a szükségessé alacsonyabb csapadékmennyiség magasabb hőmérséklettel is párosul, még komolyabb károk érhetnek a termelőket, hiszen minőségben és mennyiségben egyaránt előnytelen hatással van az ilyen időjárás a növénytermesztésre.

Keszthelyen szignifikánsan növekedett a hőségnapok és a fagyos napok száma. Ebből egyértelműen következtethetünk az elmúlt évtizedek hőmérsékleti szélsőségeinek korábbiakat meghaladó változásaira. 10 éves időtartamra vonatkoztatva a hőségnapok számának gyarapodása 5 és fél nap, míg a fagyos napok számának növekedése 7 nap. Ezek az adatok azt is sugallhatják, hogy a két szélsőérték az évi hőmérsékleti átlag-

ban akár ki is egyenlítheti egymást, ezért a szélsőértékek tanulmányozására a korábbiaknál nagyobb figyelmet érdemes szentelni.

A csapadék mennyiségének és a hőmérséklet értékének, valamint azok szélsőségeinek ismerete közérdeklődésre tarthat számot Keszthelyen. A Balaton jelenléte szinte kizárólagos jövedelemforrást nyújt a városban idegenforgalmi szolgáltatásokból élők számára, akiknek egyáltalán nem mindegy az időjárás által szorosan behatárolt tóvízszint alakulása, s a közérzetet és nyaralási kedvet befolyásoló hőségnapok számának változása. Korábbi, 100 éves homogén adatsorra kiterjedő vizsgálataink alapján nyáron szignifikáns hőmérsékletemelkedés mutatható ki (Kocsis és Anda 2006), mely Keszthely esetében kedvező hatással lehet a balatoni turizmusra.

Itt jegyezzük meg, hogy az 1976–1990-es időszakban a forró napok száma mindössze 4 volt, ettől lényegesen eltér a 1991–2005-ös időszak, ahol összesen 21 forró nap volt. Jelenleg a nyári napok számának emelkedése a meghatározott szignifikancia szinten nem bizonyult statisztikailag igazolhatónak, de az R^2 nagyon közel áll a kritikus értékhez, s már csekély módosulás is átbillentheti a változást a statisztikailag igazolható kategóriába. Ha a szignifikancia szintjét 10%-ra emelnénk, (kritikus R^2 érték: 0,1005) az eredmény már szignifikáns volna. Ekkor, bár 10%-ra nőtt hibával, a nyári napok számának növekedése 90%-ban bebizonyosodna. Ez szintén nem jelent negatív hatást a tó-közel turizmusban.

A helyi lakosság saját tapasztalatából tudja, hogy a keszthelyi idegenforgalmi bevételek mértékét nagymértékben befolyásolja a nyár során tapasztalható időjárás. Ebből a szempontból kedvező tendencia a hőségnapok számának szaporodása, a nyári középhőmérséklet emelkedése. A mezőgazdasági termelők szempontja ezzel ellentétes, s a legtöbb termesztett növény számára kedvezőtlen a vegetációs periódus idején megszaporodó

hőségnapok száma. Következtetésünk a fentiek miatt kettős; míg a környéken a turizmusból élők számára a közelmúlt előnyös változást jelenthet, addig sajnos vesztesei is lehetnek az esetleges módosulásoknak.

Megállapítások

Vizsgálatunkban Keszthely közelmúltbeli időjárását az időjárási szélsőségek alakulása szempontjából tekintettük át. Ehhez néhány hőmérsékleti- és csapadék extrém indexet elemeztünk a WMO ajánlásának rendkívül széles listájából, melyek felhasználását és értékelését korábban Bartholy és Pongrácz (2005) Magyarország több állomására már áttekintett. Az adatsor két eltérő földrajzi helyzetű keszthelyi meteorológiai állomásról származott, ezért első lépésben az azonos módszerrel és hőmérővel mért napi középhőmérsékletek homogenitását tekintettük át. 1973–1994 között a tenyészidőszakokban mért, rendelkezésünkre álló párhuzamos adatso-rokat elemezve arra a következtetésre jutottunk, hogy a vizsgált 22 évből 18 esetben a két mérőhelyen mért adatok azonosnak tekinthetők, így a továbbiakban a két mérőhely adatait homogénnek, összekapcsolhatónak tekintettük.

Statisztikailag igazolható (5%-os szignifikancia szinten szignifikáns) változást mindössze három index esetében detektáltunk: a 0,1 mm-t meghaladó csapadékú napok számában ($R_{nap} \geq 0,1$ mm), a hőségnapok számában ($T_{max} \geq 30^\circ C$) és a fagyos napok számában ($T_{min} < 0^\circ C$). A nyári napok számának emelkedése a meghatározott szignifikancia szinten nem bizonyult statisztikailag igazolhatónak.

Igazolódni látszik az a feltevés, miszerint a szélsőséges időjárási jelenségek megszaporodása Keszthely esetében is igaz. Mindkét hőmérsékleti szélsőséget kifejező index esetében (hőségnapok és fagyos napok száma) változás jelentkezett, azonban a pozitív hőmérsékleti szélsőségnél a módosulás nagyobb.

A csapadék extrém indexek esetében összefoglalóan azt mondhatjuk, hogy Keszthelyen csökkenőben van a csapadékos napok száma. A hosszú idősoros elemzés az éves csapadék-összegben szignifikáns változást nem mutatott ki, tehát gyakorlatilag a statisztikailag még változatlan csapadékmennyiség az év során várhatóan kevesebb nap alatt fog lehullni, így az egy nap alatt lehullott csapadék az eddiginél nagyobb mennyiségű, illetve esetenként intenzívebb lehet.

**Bem Judit, Kocsis Tímea,
Anda Angéla, Soós Gábor
Pannon Egyetem, Meteor. és
Vízgazd. Tanszék, Keszthely**

Irodalom

- Balaton Ortofotoók /2003/ Pécs (Szerk: Székely László)
- Bartholy J. – Mika J. – Pongrácz R. – Schlanger V. /2005/: A globális felmelegedés éghajlati sajátosságai a Kárpát-medencében. In: Éghajlatváltozás a világban és Magyarországon, Alinea Kiadó – Védjegyet, Budapest: 131.
- Bartholy J. – Pongrácz R. /2005/: Néhány extrém éghajlati paraméter globális és Kárpát-medencére számított tendenciája a XX. században. AGRO-21 füzetek, 40.: 70-93.
- Bartholy J. – Schlanger V. /2004/: Az éghajlat regionális modellezése. Természet Világa 135. évf., II. különszám: 40-44.
- Bem J. – Kocsis T. /2006/: A keszthelyi csapadékmennyiségek változásai és extrémításai a XX. században. A környezeti ártalmak és a Légzőrendszer XVI. országos konferenciája, Hévíz
- Impacts of Europe's Changing Climate /2004/ EEA Report No. 2., Luxembourg
- Kocsis T. – Anda A. /2005/: Az éves csapadékmennyiség változásának tendenciái Keszthelyen, 130 év mérése alapján. Légkör 50. évf. 2.: 16-20.
- Kocsis T. – Anda A. /2006/: Keszthelyi léghőmérséklete a XX. században. Légkör 51. évf. 1.: 21-24.
- Mika J. /2002/: A globális klímaváltozásról: Egy meteorológus kutató szemszögéből. Fizikai Szemle 52.: 258-268.
- Mika J. /2003/: Regionális éghajlati forgatókönyvek: tények és kétségek In: AGRO-21 Füzetek 2003/32.: 11-24.
- Szalai S. – Szentimrey T. /2001/: Melegedett-e Magyarország éghajlata a XX. században? Berényi Dénes Jubileumi Ünnepe Előadásai, Debrecen: 203-214.

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Rovatvezető: Maller Aranka

Rendezvényeink 2007. április 1–június 30 között

Előadó ülések, rendezvények:

Április 19.

A Magyar Meteorológiai Társaság Közgyűlése

Program:

A Közgyűlés megnyitása, a határozatképesség megállapítása
Előadás:

Kern Anikó doktorandusz, hallgató ELTE Meteorológiai Tanszék és

Tímár Gábor tudományos munkatárs ELTE Űrkutató Csoport:

MODIS műholdas adatok vétele és feldolgozása az ELTE-n.

Az ismételt Közgyűlés megnyitása

2006. évi Közhasznúsági jelentés (A közhasznúsági jelentés megtekinthető a Társaság titkárságán, vagy kérésre megküldjük.)

➤ Főtitkári beszámoló

➤ Az Ellenőrző Bizottság jelentése

Vita

A 2006. évi társasági díjak átadása

A Közgyűlés bezárása

Május 17.

➤ **Horváth Gábor** (ELTE TTK, Biológiai Fizika Tanszék)
Poláros fény a légköroptikában

(a Róna Zsigmond Ifjúsági Kör rendezvénye)

Május 31.

Az MMT Nap- és Szélenergia Szakosztályának rendezvénye

Program:

➤ **Bíróné Kircsi Andrea** (DE Meteorológiai Tanszék)

A szélenergia hasznosítás klimatológiai vonatkozásai

➤ A szakosztály vezetőségének tisztújítása

Június 5.

„Az IPCC 2007. évi Negyedik Értékelő Jelentésének fő megállapításai” címmel tartott rendezvény.

A program:

Mika János: „Természettudományos alapok”

Szalai Sándor: „Hatások, alkalmazkodás, sérülékenység”

Kis-Kovács Gábor: „A klímaváltozás korlátozása”

Június 28.

Marcell György síremlékének avatása.

A 2007. évi TÁRSASÁGI DÍJAKKAL kitüntetettek névsora

STEINER LAJOS EMLÉKÉREM

H. Bóna Márta

SZAKIRODALMI NÍVÓDÍJ

Bozó László, Mészáros Ernő, Molnár

Ágnes: Levegőkörnyezet c. könyv

RÓNA ZSIGMOND ALAPÍTVÁNY 2006.

ÉVI KAMATAI

Hirsch Tamás

BERÉNYI DÉNES EMLÉKDÍJ

Dunay Sándor

Közhasznúsági jelentés a Magyar Meteorológiai Társaság 2006. évi tevékenységéről

Társaságunk a közhasznú szervezetekről szóló 1997. évi CLVI. törvény előírása szerint kérte a Fővárosi Bíróságtól nyilvántartásba vételét a közhasznú szervezetek közé. Az eljárás a Pk. 60. 443 ügyiratszámom befejeződött és Társaságunkat 1999. február 16.-án bejegyezték a közhasznú egyesületek közé.

Az MMT hatályos Alapszabálya értelmében az alábbi közhasznú tevékenységeket végzi:

- tudományos tevékenység, kutatás;
- nevelés, oktatás, képességfejlesztés, ismeretterjesztés;
- kulturális örökség megővése;
- környezetvédelem;
- euroatlanti integráció elősegítése.

A hatályos jogszabályok előírásai szerint a közhasznúsági jelentést az alábbiakban részletezzük:

1. Költségvetési támogatás felhasználása

Közvetlenül az állami költségvetésből támogatást nem kaptunk.

1.1 Egyéb támogatás

A NKÖM-től bértámogatásra 65e Ft-ot kaptunk.

1.2 Kapott közhasznú támogatások kimutatása:

Országos Meteorológiai Szolgálat jogi tagdíja 1.350e Ft, a Honvédelmi Minisztérium jogi tagdíja 300e Ft, egyéb jogi tagdíjak 90e Ft. NCA pályázat működésre 1000e Ft.

2. A vagyon felhasználásával kapcsolatos kimutatás:

Társaságunk mérleg szerinti vagyona 2005-ben 8.907e Ft volt. A 2006-os évet 662e Ft negatív eredménnyel zártuk, vagyunk 2006 év végére 8.245e Ft-ra csökkent, amit állampapírokban, bankszámlán, illetve készpénzben tartunk. Tárgyi eszközeink állománya nem változott, új beszerzésünk csak kisértékű tárgyi eszköz volt. Figyelembe véve az éves rendes értékcsökkenési leírást, a tárgyi eszközök nettó értéke 16e Ft.

3. Cél szerinti juttatások kimutatása:

2006 évben díjakra és könyvutalványokra költöttünk 212e Ft-ot.

4. Vezető tisztségviselőknek nyújtott juttatások:

Vezető tisztségviselőink nemcsak névlegesen, hanem ténylegesen társadalmi munkában látják el önként vállalt feladatukat, amelyért a beszámolási időszakban semmiféle juttatásban nem részesültek, még költségtérítésben sem.

5. Szakmai tevékenységünket a főtítkári beszámoló tartalmazza:

Társaságunk működésének 82. évét a tisztújítás, hagyományos rendezvényeink sorozatának folytatása és a kapcsolatok építése jellemezte.

Egyéni előadóülés a korábbi évekhez viszonyítva kevesebb volt, mindössze 7. Ezek között előadást tartott tiszteleti tagunk, *Dr. Michael Hantel*, a Bécsi Egyetem professzora, aki az előadóülésen vette át a tiszteleti tagságról szóló oklevelet. Az elmúlt évekhez hasonlóan, most is előadóülésen emlékeztünk meg Társaságunk alapításának napjáról. Ezúttal *Major György* tartott előadást a Nap és az éghajlat kapcsolatáról. Nagy sikere volt a Magyar Hidrológiai Társasággal közösen szervezett ankétnak, ahol 3 meteorológus és 3 hidrológus elemezte előadásában az előző év időjárási és vízrajzi szélsőségeit a Kárpát-medencében. Élénk érdeklődés kísérte márciusban *Michel Jarraud* WMO-főtítkári előadását, aki korábban megkezdett körútjának egyik állomásaként látogatta meg a magyar meteorológusokat. A Meteorológiai Világnapról, amelynek témája „A természeti katasztrófák megelőzése és hatásainak csökkentése”, ezúttal is az OMSZ-szel közös szervezésben emlékeztünk meg. A Világnaphoz kapcsolódó szakmai előadást *Horváth Ákos* tagtársunk tartotta.

Alapszabályunknak megfelelően a májusi közgyűlésen tisztújításra került sor. Korábbi elnökünk, *Ambrózy Pál* leköszönt posztjáról, és *Major György* akadémikus lett az utóda. Ambrózy Pál, aki 16 éven keresztül volt Társaságunk elnöke, ezután társelnökként tevékenykedik, és továbbra is fáradhatatlan főszerkesztője az OMSZ-szel közös folyóiratunknak, a *Légkörnek*. Gondolom, nem vagyok egyedül azzal a véleménynel, hogy elsősorban leköszönő elnökünk munkájának eredménye, hogy a politikai rendszerváltás, a társadalmi és gazdasági átalakulások éveiben sikerült fenntartani Társaságunk működését, megtalálni és felmutatni azokat az értékeket, amelyek összetartják közösségünket.

Ezúton is szeretném megköszönni Ambrózy Pál bátyámnak a Társaság érdekében végzett munkát.

A májusi közgyűlésen – szokás szerint – szakmai kitüntetéseinket is átadtuk: a Steiner Lajos-emlékérmeket, a Szakirodalmi Nívódíjat, a Berényi Dénes emléklapot és a Róna Zsigmond Alapítvány kamatait.

A soron következő, XXXI. Vándorgyűlés időpontja az őszi időszakra tolódott, mert így össze lehetett kapcsolni az V. Erdő és klíma konferencia megszervezésével. A kettős rendezvényen 71 társszerző 39 előadása hangzott el, és 7 poszter bemutatására került sor. Az élénk érdeklődés azt mutatja, hogy a konferenciasorozatot folytatni kell. A résztvevők számára kiderült, hogy egyre szorosabb az együttműködés a meteorológusok, klimatológusok, valamint az erdészek, ökológusok és erdőgazdálkodással foglalkozó szakemberek között. Az első hasonló konferencia megtartása óta sorra alakultak közös kutatási programok, és az előadásokon számtalan példát lehetett látni arra, hogyan merítenek egymás módszereiből a látszólag eltérő érdeklődésű kutatók.

Kapcsolatfelvétel történt a mintegy 40 tagot tömörítő és Sárközi Szilárd tagtársunk által szervezett Amatőr Meteorológusok Egyesületével. Az Egyesület elsősorban a Metnet internetes portál működtetésére alapozza tevékenységét.

Néhány szót az egyesületi életről általában. A tagtoborzó tevékenység tavaly is sikeres volt, így biztosítva látszik Társaságunk fennmaradása. A tagdíj összegének emelése növelte bevételeinket, bár a tagdíjfizetési fegyvelmen meg van mit javítani. Ugyanakkor igen fontos számunkra két jogi személyiségű tagunk, az OMSZ és a Magyar Honvédség Meteorológiai Szolgálatának anyagi és erkölcsi támogatása.

Az immár 50 éves *Légkör* című folyóiratot továbbra is ingyenes ellátmányként tudjuk eljuttatni tagtársainkhoz. Ebben nagy segítséget jelentenek intézményi összekötőink az OMSZ-nél és az ELTE-n. A jelenleg egyetlen magyar nyelvű szakmai folyóirat főszerkesztői munkájáért köszönetünket fejezzük ki *Ambrózy Pálnak*. Külön köszönet a jubileumi különszám és az 50 év bibliográfiáját megadó füzet szerkesztéséért. Ez utóbbiban *Mezősi Miklós* és *Wojnárovichné Bánki Zsuzsa* is hatalmas munkát végzett, köszönet mindkettőjüknek.

Külső kapcsolatainkról. A MTESZ továbbra is nehéz időköt él, bár már mutatkoznak biztató jelek a változásra. Továbbra is fenntartjuk tagságunkat az Európai Meteorológiai Társaságban. Az éves tagsági díj megfizetéséhez pályázaton nyertünk támogatást.

Ahogy arra az Ellenőző Bizottság jelentése is felhívja a figyelmet, Társaságunk gazdálkodása 2006-ban is negatív egyenleget mutatott, bár kevesebbet, mint az előző évben. Ismét hangsúlyoznunk kell, hogy a tartalékok felétele, a gazdasági csőd csak akkor kerülhető el, ha nagy létszámú, lehetőleg külföldiek bevonásával tartott rendezvény szervezésére nyílna lehetőség. Ezúton is kérem minden tagtársunk támogatását a lehetőségek felkutatásához.

Társaságunk működésével kapcsolatban szeretném kiemelni ügyvezetőnk, Pusztai Magdi értékes munkáját, amellyel rendezvényeinket gondozza, és gazdálkodásunk fölött őrökdi. Köszönöm az egész évi együttműködést.

A hatályos jogszabályok előírásai szerint Társaságunk közhasznú szervezetként működik. Ennek jegyében:

- tudományos tevékenységet folytattunk, szakmai rendezvényeket és előadóületeket szerveztünk;
- nevelési, oktatási, képességefejlesztési munkát végeztünk, előadóületeken hallgattuk meg fiatal tagtársainkat, és ifjúsági szakosztályunk önképzőkori ületeket szervezett;
- ismeretterjesztő tevékenységet végeztünk a Léghör című, egyetlen magyar nyelvű szakmai folyóirat szerkesztésében és terjesztésében való közreműködéssel;
- szolgáltuk kulturális örökségünk megóvását, áptoltuk elődeink emlékét, az aktuális évfordulók kapcsán megemlékeztünk híres magyar meteorológusok szakmai tevékenységéről, az országos szervezetek előtt kezdeményeztük nagyjaink emlékhelyeinek védetté nyilvánítását; Tudománytörténeti Bizottságunk tagjainak javaslatára tovább bővült az OMSZ Meteorológiai Múzeuma, Mezösi Miklós és Varga Miklós tagtársunk lelkiismeretesen gondozza a kiállítás anyagát;
- környezetvédelmi tevékenységünk keretében előadóületeket tartottunk, szakmai ankétokat és konferenciákat szerveztünk a meteorológia, éghajlat, hidrológia és vízgazdálkodás, ökológia, erdészet és erdőgazdálkodás területén;
- az euroatlanti integráció elősegítése keretében kapcsolatban állunk európai társegyesületeinkkel, akítvan közreműködünk az Európai Meteorológiai Társaság munkájában.

6. Számviteli beszámoló

A szervezet megnevezése: *Magyar Meteorológiai Társaság*

A szervezet címe: *1027 Budapest, Fő u 68.*

KETTŐS KÖNYVVITELT VEZETŐ EGYÉB SZERVEZETEK KÖZHASZNÚ EGYSZERŰSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK MÉRLEGE
2006. ÉV

A tétel megnevezése	Előző év	Tárgyév
1. A. Befektetett eszközök	136	16
1. I. IMMATERIÁLIS JAVAK	0	0
3. II. TÁRGYI ESZKÖZÖK	136	16
4. III. BEFEKTETETT PÉNZÜGYI ESZKÖZÖK	0	0
5. IV. BEFEKTETETT ESZKÖZÖK ÉRTÉKHESYSBÍTÉSE	0	0
6. B. Forgóeszközök	9.309	8.001
7. I. KÉSZLETEK	2	0
8. II. KÖVETELÉSEK	400	287
9. III. ÉRTÉKPAPÍROK	7.059	5.877
10. IV. PÉNZESZKÖZÖK	1.848	1.837
11. C. Aktív időbeli elhatárolások	282	526
12. ESZKÖZÖK (AKTÍVÁK) ÖSSZESEN	9.727	8.543
13. D. Saját tőke	6.689	6.027
14. I. INDULÓ TŐKE / JEGYZETT TŐKE	1.042	1.042
15. II. TŐKEVÁLTOZÁS / EREDMÉNY	7.524	5.647
16. III. LEKÖTÖTT TARTALÉK	0	0
17. IV. ÉRTÉKELÉSI TARTALÉK	0	0
18. V. TÁRGYÉVI EREDMÉNY ALAPTEVÉKENYSÉGBŐL (KÖZHASZNÚ TEVÉKENYSÉGBŐL)	-1.877	-662
19. VI. TÁRGYÉVI EREDMÉNY VÁLLALKOZÁSI TEVÉKENYSÉGBŐL	0	0
20. C. Céltartalék	0	0
21. F. Kötelezettségek	3.038	1.897
22. I. HOSSZÚ LEJÁRATÚ KÖTELEZETTSÉGEK	1.222	1.224
23. II. RÖVID LEJÁRATÚ KÖTELEZETTSÉGEK	1.816	673
24. G. Passzív időbeli elhatárolások	0	619
25. FORRÁSOK (PASSZÍVÁK) ÖSSZESEN	9.727	8.543

KETTŐS KÖNYVVITELT VEZETŐ EGYÉB SZERVEZETEK KÖZHASZNÚ EGYSZERŰSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK EREDMÉNYKIMUTATÁSA
2006. ÉV

adatok E-Ft-ban

A tétel megnevezése	Előző év	Tárgyév
1. A. Összes közhasznú tevékenység bevétele	4.290	6.548
2. 1. Közhasznú célra, működésre kapott támogatás	329	1.431
3. a) alapítótól	-	-
4. b) központi költségvetésből	-	-
5. c) helyi önkormányzattól	-	-
6. d) egyéb, ebből 1% 374	329	1.431
7. 2. Pályázati úton elnyert támogatás	700	400
8. 3. Közhasznú tevékenységből származó bevétel	559	2.408
9. 4. Tagdíjból származó bevétel (egyéni és jogi)	1.704	2.179
10. 5. Egyéb bevételek	998	130
11. B. Vállalkozási tevékenység bevétele	0	0
12. C. Összes bevétel	4.290	6.548
13. D. Közhasznú tevékenységek ráfordításai	6.167	7.210
14. 1. Anyagjellegű ráfordítások	85	92
15. 2. Személyi jellegű ráfordítások	3.637	3.145
16. 3. Értécsökkenési leírás	169	170
17. 4. Egyéb ráfordítások	2.197	3.733
18. 5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	79	70
19. 6. Rendkívüli ráfordítások	-	-
20. E. Vállalkozási tevékenység ráfordításai	0	0
21. 1. Anyagjellegű ráfordítások	-	-
22. 2. Személyi jellegű ráfordítások	-	-
23. 3. Értécsökkenési leírás	-	-
24. 4. Egyéb ráfordítások	-	-
25. 5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	-	-
26. 6. Rendkívüli ráfordítások	-	-
27. F. Összes ráfordítás	6.167	7.210
28. G. Adózás előtti eredmény	-1.877	-662
29. H. Adófizetési kötelezettség	0	0
30. I. Tárgyév vállalkozási eredmény	0	0
31. J. Tárgyév közhasznú eredmény	-1.877	-662

Tájékoztató adatok (E Ft-ban)

MEGNEVEZÉS	ÖSSZEG
A. Személyi jellegű ráfordítások	3.145
1. Bérköltség	1.865
ebből: – megbízási díjak	73
– tiszteletdíjak	0
2. Személyi jellegű egyéb kifizetések	564
3. Bérjárulékok	643
B. A szervezet által nyújtott támogatások	0
ebből: A korm.rend. 16.§(5) bekezdése szerint kötelezettségként elszámolt és továbbutalt, illetve átadott támogatás	0

7. Az Ellenőrző Bizottság jelentése

Az EB a vizsgált 2006 évről a szokásos évi ellenőrzést a már gazdaságilag lezárt adatok alapján vizsgálta az MMT Titkárságán.

A taglétszám 2006. dec. 31-én 407 fő volt. (24 új belépő, 20 törölve) Tagdíjat fizetett 2006 évre 297 fő, a többiek felszólítást kaptak. A tagdíj emelés hatása is hozzájárult, hogy az egyéni tagdíjából származó bevétel mintegy 40%-kal nőtt. Az előző évhez képest kb. 20%-kal nőtt a jogi tagdíj bevétel és 500e -ről 1.000e Ft-ra az NCA (Nemzeti Civil Alap) támogatás. Csökkent kb. 40%-kal a kamat és 60%-kal az egyéb közhasznú bevétel.

A működési kiadások a gondos gazdálkodás eredményeként is (anyagktg., posta, telefon, stb.) valamelyest mérséklődtek. A működési eredmény végül az előző évihez képest kb. 45 %-kal csökkent. Két hazai rendezvény tiszta nyereségével (357eFt) a tárgyévii összeredmény 662e veszteséggel zárult, ami az előző évinek mintegy harmada. Ez a korábbi évek tartalékaiból még fedezhető volt, de gondos gazdálkodás mellett is a vagyon felélését csak nagyobb külföldi részvételű rendezvény szervezésével

vagy egyéb bevételének növelésével lehet mérsékelni. (Részletes kimutatás mellékelve.)

Az MMT szakmai tevékenysége az előző évekhez hasonlóan alakult, megfelelt az Alapszabályban lefektetett elveknek. A központi rendezvényeket a főtitkári beszámoló értékelte, emellett aktívan működik továbbra is a Róna Zsigmond Kör.

Az EB a könyvelési bizonylatokat és a leltári nyilvántartást rendben levőnek találta.

Az alábbi táblázat bemutatja tételesen a 2006-os év gazdálkodását összehasonlítva a 2005. év adataival és a 2006. évi gazdasági tervvel, valamint tartalmazza a 2007. évi gazdálkodási tervet.

Bevételek:	2005 tény	2006 terv	2006 tény	2007 terv
Működés:				
Egyéni tagdíj	309	500	439	450
Jogi tagdíj	1.395	1.300	1.740	1.300
SZJA 1%	329	350	374	370
MTESZ támogatás	0	0	0	0
NCA támogatás működésre	500	500	1.000	1.000
NKOM bértámogatás	92	157	65	0
Mecenatura támogatás tagdíjra	200	0	0	100
Kamat	578	400	341	300
Egyéb KH bevétel	887	2.000	371	1.628
Működés összesen:	4.290	5.207	4.330	5.148
Rendezvény	0	750	2.218	2.300
Összes bevétel:	4.290	5.957	6.548	7.448

Kiadások:	2005 tény	2006 terv	2006 tény	2007 terv
Működés				
anyag ktg.	85	100	75	100
Posta,telefon	465	400	342	450
pénzügyi, számviteli szolg.	0	520	474	520
egyéb szolg.ktg.,internet	192	190	176	190
belf.kiküld.	0	20	0	0
lakásvásárlási támogatás	600	0	0	0
bér	1.865	1.920	1.865	2.009
bérfelrakatok	635	640	643	666
megbízási díj	165	0	0	0
megb.díj járuléka	28	0	0	0
könyvtulványok, díjak	198	200	212	200
utazási támogatás	0	0	0	0
repi	28	40	31	45
étk. ktg.tér.	46	72	72	120
BKV bérlet	64	75	71	88
ÉCS	169	100	170	40
MTESZ tagdíj m ²	800	750	731	750
bank ktg.	79	80	70	70
egyebek	273	150	217	200
EMS tagdíj	191	0	0	100
nem visszaig. ÁFA	306	0	200	0
Összes működési ktg.	6.167	5.257	5.349	5.548
Rendezvényi kiadások	0	700	1.861	1.900
Összes kiadás	6.167	5.957	7.210	7.448
Működési eredmény:	-1.877	-50	-1.019	-400
Rendezvényi eredmény:	0	50	+ 357	+400
Tárgyévi összeredmény:	-1.877	0	-662	0

8. Jelen közhasznúsági jelentést az MMT 2007. április 19-i Közgyűlése elfogadta.

A jelentést összeállította dr. Gyuró György főtitkár és Pusztainé Holzer Magdolna ügyvezető titkár.

Elhunyt Obasi professzor, a WMO egykori elnöke

2007 március 3-án Abuja-ban (Nigériában) elhunyt Prof. Godwin Olu Obasi, aki 1984. január 1. és 2003. december 31. között, húsz éven át a Meteorológiai Világszervezet (WMO) főtitkára volt.

Obasi professzor 1933. december 24-én Nigériában, Kogi tartományában, Ogoriban született. Matematikából és fizikából a montreali (Kanada, McGill Egyetemen) B.Sc. fokozatot szerzett 1959-ben; Msc. diplomáját 1960-ban szerezte meg, majd 1963-ban meteorológiából doktorált a massachusettsi Műegyetemen (USA-ban). Dolgozatával elnyerte a legjobb doktori tézisekért járó Carl Rossby díjat.

Képzését követően Obasi professzor a Nigériai Meteorológiai Szolgálatnál dolgozott. Négy évvel később a nairobi egyetemre ment, ahol a Meteorológiai Tanszék vezetője, majd a természettudományi kar dékánja lett. 1978-ban Genfbe költözött, a WMO titkárságán az Oktatási és Képzési Főosztály igazgatójaként dolgozott.

1983 májusában a WMO Kongresszusán választották a szervezet főtitkárává, a négy éves mandátumát 1984. január 1-jén kezdte meg. Egymást követően négy alkalommal választották újra (1987-ben, 1991-ben, 1995-ben és 1999-ben). Az ötödik időszak végén a 14-ik WMO Kongresszusa határozott nyugdíjazásáról.

Ez idő alatt Obasi professzor a környezeti problémák globális megoldásán tevékenykedett, különös figyelmet fordított a légkör, az ivóvíz és az óceánok problémakörére. Törekedett arra, hogy felkeltse a világ figyelmét a klímaváltozás kérdésére, továbbá szorgalmazta az 1990-ben Svájcban megrendezett Második Éghajlati Világkonferencia létrehozását. Fontos szerepet játszott az Egyesült Nemzetek Éghajlatváltozási és Elsivatagosodási Egyezményeinek, az IPCC, a WCRP és a GCOS, valamint a bécsi Ózon egyezmény és a montreali protokoll létrejöttében.

Magyarországon három alkalommal tett hivatalos látogatást. 1986. július 8–12 között a WMO Hidrológiai Bizottságának Budapesten tartott 25. éves jubileumi ülése alkalmából, majd 1996. március 11-én, amikor Csizsár Ivánnak személyesen nyújtotta át a WMO Fiatal Tudósok Kutatói Díját. Utolsó magyarországi látogatása alkalmából az 1999. június 24–29 között szervezett tudományos konferencián vett részt.

Obasi professzor tevékenysége áttörést hozott a saját szakterületén, a légköri dinamikában, beleértve a Nyugat-afrikai monszunkutatást és a globális légkörkutatókat. Munkásságát a világon számos meteorológiai és hidrológiai közösség, tudományos akadémia és egyetem elismerte.

dr. Dobi Ildikó

Marczell György síremlékének avatása

2007. június 28-án került sor a Farkasréti temetőben Marczell György (1871–1943) egykori igazgatónk új síremlékének avatására. Az alábbiakban közreadjuk az egész eljárásban kiemelkedő szerepet játszó Varga Miklós ott elhangzott megemlékezését. (A szerk.)

A Nemzeti Kegyeleti Bizottság javaslatára 2001-ben megjelent rendelet lehetőséget biztosított, hogy figyelmünket ráirányítsuk régi nagyjainkra. Az Országos Meteorológiai Szolgálat részéről Zách Alfréd és Simon Antal javaslatára a Szolgálat és a Meteorológiai Társaság támogatásával a Farkasréti temetőben Marczell György és Dési Frigyes sírhelyeinek védeltségét kérelmezték. A védeltségi kérelmet 2002 novemberében jóváhagyták. Mikor megkerestem Marczell György sírját, sajnos eléggé elhanyagolt állapotban találtam. Kértem Szolgálatunk elnökét, Dunkel Zoltánt, ha megkaptuk a sír védeltségét, akkor illő lenne egy síremléket állíttatni, mivel Marczell Györgynek élő hozzátartozóját nem sikerült találni. Kérelmem pozitív elbírálást kapott, és amint látjuk, méltó síremléket kapott.

Marczell György, aki hatodik igazgatója volt az Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézetnek, igen termékeny életutat tudhatott maga mögött. 1894-ben került az Intézetbe és Konkoly-Thege Miklós igazgató



gyorsan felismerte képességeit. Külföldi Obszervatóriumokba küldi tanulmányútra. 1900-ban az Ógyalla-i m.kir. Meteorológiai és Földmágnassági Obszervatórium vezetője, melyet Konkoly és Marczell tervei alapján építettek fel. Róna Zsigmond 1912-ben a Bajor Meteorológiai Intézetbe Schmauss professzorhoz küldi a magaslégköri mérések és kutatások módszereinek tanulmányozására. 1913 januárjában hazánkban is elindítja a rendszeres magaslégköri méréseket. Ezzel hosszú időre eljegyezte magát az aerológiai munkával. 1922-ben az Aerológiai Osztályt vezeti és tájékoztatja a légiközlekedést a szükséges meteorológiai adatokról. 1927-ben igazgató, 1932. június 28-án akadémiai és miniszteri javaslatra Horthy Miklós kormányzó kinevezi az Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézet igazgatójának, melyet 1934. április 30-ig, nyugdíjazásáig töltött be. 1938-ban visszatért az Ógyalla-i Obszervatóriumba, ahol felújította a földmágnassági méréseket. Műszereket javított és fiatalokat oktatott. 1942 végén visszatért Budapestre és rövid betegség után 1943. február 1-én meghalt.

A síremlékre vésett nevek mutatják, hogy ugyanebben a sírban helyezték örök nyugalomra 1993-ban Berkes Zoltánt és feleségét Marczell Györgyit, volt munkatársainkat. Berkes Zoltán a Pázmány Péter Tudományegyetem bölcsész karán matematika – fizika szakon végzett. 1934-ben lépett az Intézet kötelékébe és mint éghajlatkutató kezdte munkásságát. Az Éghajlati Osztály keretén belül már 1938-ban kezdett a távprognosztikával foglalkozni. 1945-ben javaslatot tett Távprognosztikai Osztály felállítására. Az akkori igazgató, Réthly Antal megbízta az osztály megszervezésével és a munkatársak kiválasztásával. Első munkatársai Kadocska Franciska és Dobosi Zoltán voltak. 1968-ban történt nyugdíjazásáig vezette és irányította az osztályt.

Kollégáink emlékét megőrizzük. Nyugodjanak békében!



2007. TAVASZÁNAK IDŐJÁRÁSA

Március sem törte meg a szeptember óta tartó tendenciát: országos átlagban mintegy 3 fokkal melegebb volt, mint az ilyenkor szokásos. Az ország nyugati felében volt kisebb (2–3-fokos) a pozitív anomália, az északkeleti országrészben helyenként 4 fokkal is melegebb volt a normálnál. Fagyos nap szórványosan még előfordult, legtöbb (20) fagyos napot az Északi-középhegységben regisztráltak.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 20.9 °C Körösszakál (Hajdú-Bihar megye) március 7.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -6.6 °C Zabar (Nógrád megye) március 5.

Március országos átlagban csapadékosabb volt a sokévi átlagnál, országon belül azonban jelentős volt a csapadékhozambeli eltérés. Míg az ország keleti felében a havi csapadékösszeg helyenként a normál 30%-át sem érte el, addig a nyugati országrész egyes régióiban a márciusban szokásos csapadékmennyiségnek akár két és félszerese is lehullott.

A hónap jellemző csapadéka az eső volt, de 6 napon még elszórtan havazást is regisztráltak az Alpoknál és az Északi-középhegységben.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 119 mm Bakonyszűcs (Veszprém megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 7 mm Csaroda (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 54 mm Gasztony (Vas megye) március 19.

Április, folytatva a szeptember óta átlagnál melegebb hónapok sorát, melegebb volt a sokévi átlagnál, országosan 2,2 fokkal. A pozitív anomália az ország déli, délkeleti régióiban volt kisebb (ott az átlagnál csak 1-2 fokkal volt magasabb a havi középhőmérséklet), a legnagyobb eltérést (az átlagnál közel 4 fokkal melegebb áprilisi középhőmérsékletet) a nyugati országrészben regisztráltak. A meleg, napos idő kedvezett a gyümölcsök fejlődésének, ezért okozott nagy kárt április végén (majd május elején) néhány fagyos éjszaka. Akkor a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei kertekben az alma- és a kajszitermés 70–90 százaléka károsodott. A hónap során országosan csak elvétve, 2–7 napon mértek fagypon alatti hőmérsékleteket, legtöbb (24) fagyos éjszakát az Északi-középhegységben regisztráltak.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 28.5 °C Tevel (Tolna megye) április 29.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -6.5 °C Zabar (Nógrád megye) április 5.

Április jóval szárazabb volt az átlagnál, az ország közel felén mindössze 0–1 mm csapadék hullott az egész hónap során. Országos átlagban a szokásos csapadékösszegnek csak mintegy 3%-a volt a csapadékhozam, de az ország legcsapadékosabb, délkeleti régiójában is csak 12%-a hullott le az áprilisban szokásos csapadékmennyiségnek. Az ország jelentős részén egyáltalán nem fordult elő csapadékhiány a hónap során, a legtöbb (5) csapadékos

napot a Maros-Körös közében és az Északi-középhegységben regisztráltak. Az április jellemző csapadéka az eső volt, az ország területén csak egy napon regisztráltak havazást.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 14 mm Pitvaros (Csongrád megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 0 mm Sopron (Győr-Moson-Sopron megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 12 mm Pitvaros (Csongrád megye) április 25.

Május, immár 8. hónapként a sorban, melegebb volt a sokévi átlagnál, országosan mintegy 2,0 fokkal. A pozitív anomália a délkeleti országrészben volt a legkisebb (ott a havi középhőmérséklet helyenként csak 1,1 fokkal volt magasabb a sokévi értéknél), az ország középső, és nyugati vidékein pedig a legnagyobb, egyes régiókban akár 2,7 fokos értékkel. Az átlagot meghaladó havi középhőmérséklet a hónap közepi és végi, a szokásosnál akár 6-7 fokkal melegebb időszakoknak volt köszönhető - május 22-én megdőlt a 22-ére vonatkozó évszázados melegrekord: Poroszlón 34,2 Celsius fokot mértek, ami a körösszakáli (1983-ban regisztrált) 34,1 fokos rekordot döntötte meg. Május elején azonban még az éjszakai fagyok okoztak komoly, több milliárd forintos károkat. Május 2-án a napi hidegrekord dőlt meg: Zabar éjszaka -6,4 fokig hűlt le a hőmérséklet (a korábbi rekordot, -3,5 fokot Szombathelyen regisztrálták, 1935-ben).

Fagyos napot májusban 0-4 alkalommal, nyári napot a hegyvidékek kivételével 12-17 alkalommal, hőségnapot pedig jellemzően a keleti országrészben, 6-10 alkalommal regisztráltak.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 34.7 °C Poroszló (Heves megye) május 22.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -6.5 °C Zabar (Nógrád megye) május 2.

Május havi csapadékösszege országos átlagban meghaladta a szokásos értéket, mintegy 23 százalékkal. Országon belül azonban nem volt egyenletes a csapadékhozam. A legalacsonyabb értékeket az északi-középső országrészben regisztrálták, ahol az átlagos csapadékmennyiségnek csak 60-70 százaléka hullott le, míg a legnagyobb, az átlag közel háromszorosának megfelelő csapadékhiány a déli országrészben volt.

A hónap jellemző csapadéka az eső volt, de a hónap során többfelé okozott károkat a heves viharokkal kísért jégeső.

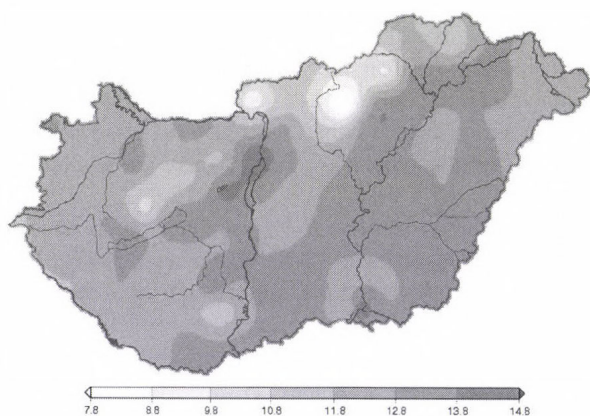
A hónap legnagyobb csapadékösszege: 163 mm Szeged (Csongrád megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 38 mm Füzesabony (Heves megye)

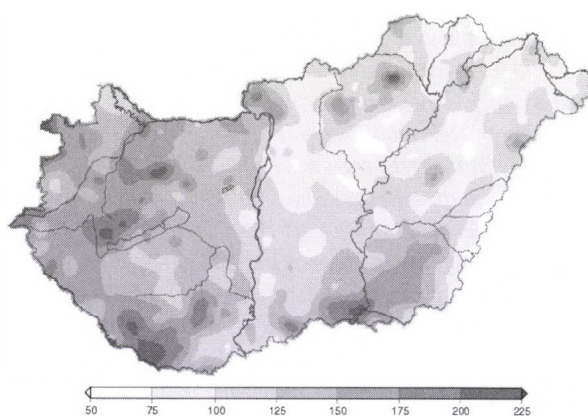
24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 78 mm Rád (Pest megye) május 22.

2007. tavasz

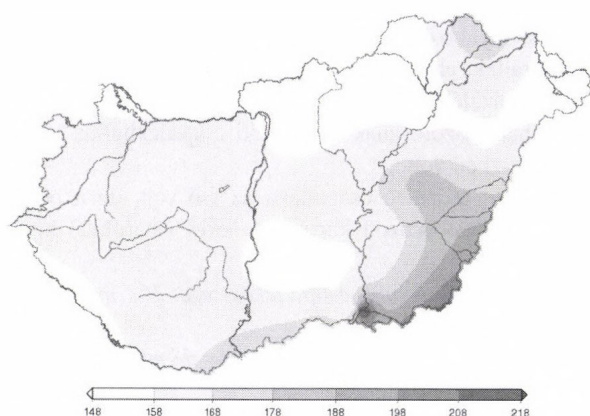
állomások	napsütés (óra)		hőmérséklet (°C)						csapadék (mm)			szél
	évsz.össz.	eltérés	évsz.közép	eltérés	absz.max.	napja	absz.min	napja	évsz.össz.	átlag%-ában	1mm<napok sz.	
Szombathely	701	162	12,3	2,9	30,7	2007.05.25	-2,4	2007.03.05	109	74	15	7
Nagykanizsa	–	–	11,9	1,8	30,7	2007.05.25	-4,9	2007.03.22	164	96	18	3
Győr	707	148	12,8	2,4	31,3	2007.05.25	-2,5	2007.03.05	178	146	18	4
Siófok	754	169	13,7	3,0	31,0	2007.05.26	-0,6	2007.03.05	134	101	16	13
Pécs	699	129	13,2	2,6	29,5	2007.05.14	-1,4	2007.03.22	143	92	16	8
Budapest	775	225	13,8	2,9	32,5	2007.05.22	-1,0	2007.03.05	79	66	14	6
Miskolc	697	168	12,9	2,9	31,7	2007.05.22	-1,1	2007.03.22	128	93	19	11
Kékestető	675	137	7,8	2,7	23,2	2007.05.22	-3,3	2007.04.05	148	70	17	22
Szolnok	695	120	13,8	3,0	33,1	2007.05.22	-0,7	2007.03.05	99	80	14	–
Szeged	752	196	12,6	1,6	29,6	2007.05.22	-2,2	2007.03.05	207	172	24	10
Nyíregyháza	–	–	13,0	2,5	32,7	2007.05.22	-0,5	2007.05.02	85	63	17	28
Debrecen	754	179	13,2	2,7	31,6	2007.05.22	-1,6	2007.03.22	88	65	15	12
Békéscsaba	768	204	13,3	2,5	31,5	2007.05.22	-1,7	2007.03.05	146	107	29	7



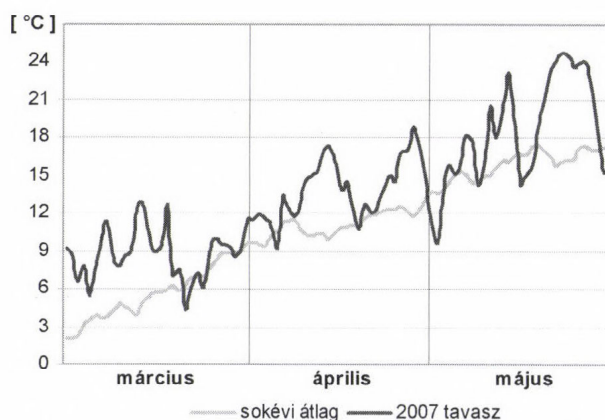
1.ábra: A tavasz középhőmérséklete °C-ban



2.ábra: A tavasz csapadékösszege mm-ben



3.ábra: A tavasz globálisugárzás összege MJ/cm²-ben



4.ábra: A tavasz napi középhőmérsékleteinek eltérése az átlagtól °C-ban

FRIESENHOF, GERGELY BÁRÓ

(Szentpétervár, 1840. január 19. – Ószéplak, 1913. július 17.)



A pjával, a bécsi származású követségi alkalmazottal 1846-ban került Szentpétervárról Magyarországra. 1859–1863 között a bécsi egyetemen jogot hallgatott, majd két évet Mosonmagyaróvárott a Gazdasági Akadémián töltött. Először katonai pályára lépett, majd apja halála után Nedanócon (Nyitra vm.) lett gazdasági bérlő. Meteorológiával 1872-ben kezdett foglalkozni, birtokán saját költségére meteorológiai állomást létesített. 1887-ben Ószéplakra költözött, ott állomását obszervatóriummá fejlesztette, és mint Nyitravölgyi agrármeteorológiai obszervatóriumot vezette haláláig.

A Földművelésügyi Minisztérium megbízásából 1880-ban Szentgyörgyi Weisz Józseffel közösen részt vett az országos ideiglenes időjelző (előrejelző) állomás tervezésében és létrehozásában, amelyet azután Weisz hét éven át egyedül vezetett. A Meteorológiai Intézet szakmai véleménye ez idő tájt az időjárás előrejelzését lehetetlennek tartotta.

Friesenhof közel negyven éves megfigyelési sorozatát a Meteorológiai Intézetre hagyományozta. Nagy súlyt fektetett az agrometeorológiai vizsgálatokra, különösen a talajhőmérséklet és sugárzás mérésekre. Később elméleti vizsgálatokat folytatott és párhuzamosan jelentős irodalmi tevékenységet fejtett ki. Dolgozatainak jelentős része a „Meteorologische Zeitschrift”-ben és „Az Időjárás”-ban jelent meg. Könyvtárát is az Intézetre hagyta.

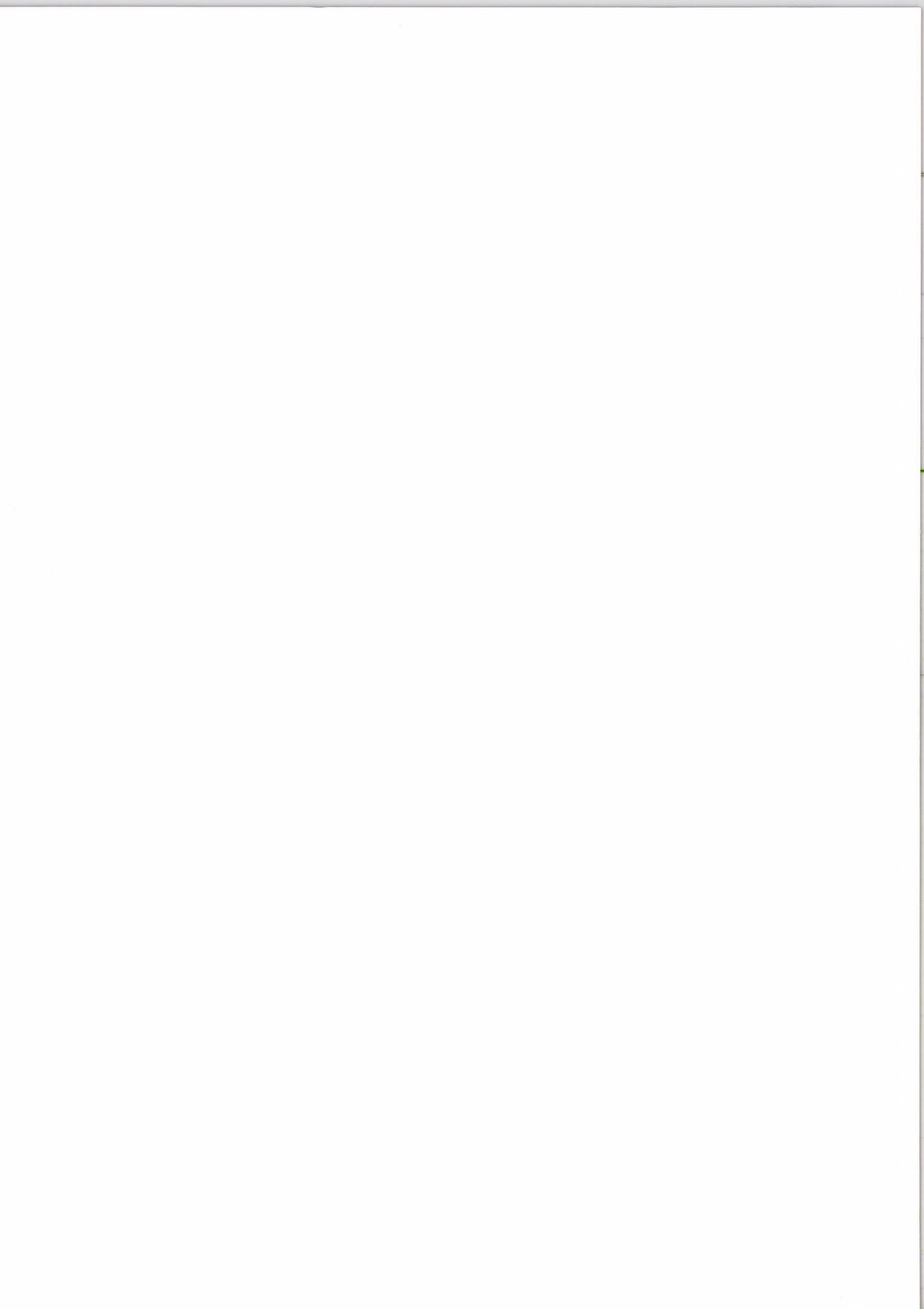


L É G K Ö R

52. évfolyam

2007. 3. szám





LÉGKÖR

52. évfolyam
2007. 3. szám

Felelős szerkesztő:
Dr. Ambrózy Pál
a szerkesztőbizottság
elnöke

Szerkesztő bizottság:
Dr. Bartholy Judit
Bihari Zita
Bóna Márta
Dr. Gyuró György
Dr. Haszpra László
Dr. Hunkár Márta
Ihász István
Németh Péter
Dr. Putsay Mária
Szudár Béla
Tóth Róbert

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Dunkel Zoltán
az OMSZ elnöke

Készült:
Az **FHM Kft.**
nyomdájában
800 példányban

Felelős vezető:
Modla Lászlóné

Évi előfizetési díja 1365 Ft

Megrendelhető
az OMSZ Pénzügyi Osztályán
Budapest, Pf.: 38. 1525

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT ÉS A MAGYAR
METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

A címlapon: *Villámok Budapest XVII. kerületében*
2007. augusztus 20-án az esti órákban
Bánvölgyi Szivia felvétele

Horváth Ákos, Simon André, Jozef Csaplár:

A 2007. június 25-i szupercellás zivatar elemzése	2
Kislexikon	5
Kereszturi Ákos: Éghajlat változás a Marson II. rész	6
A Meteorológiai Világszervezet állásfoglalása az éghajlat 2006. évi állapotáról	9
Buránszkiné Sallai Márta: 2007. augusztus 20-a a meteorológusok szemszögéből	10
Fövényi Attila: Statisztikai módszer a téli csapadék állapotának valószínűségi előrejelzésére	12
Seress András Tamás, Ács Ferenc: Hidegfront-átvonulásról másképpen	18
Szász Gábor, Ács Ferenc, Seress András Tamás, Horváth Ákos: A zivatarok statisztikai elemzése Debrecenben	22
Dr. Koppány György: Ami kimaradt az üvegházhatású gázok közül és valami, ami szintén az emberi tevékenység következménye	25
Fejes Edina, Fülöp Andrea: Frontérzékenységi teszt eredmények a Múzeumok Éjszakáján végzett felmérés alapján	28
Dr. Antal Emánuel: Dr. Posza István (1939–2007)	30
Nyitrai László: Olvasói levél	31
Putsay Mária: Műholdas munkaülés	32
Bartha Lajos: A Konkoly-szobor avatása Ógyallán	33
Németh Ákos: Nyári iskola az éghajlati atlaszok készítéséről	34
Kósa-Kiss Attila: Sejtelmes fényű felhő az éjszakában	35
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	37
Sallai Márta: EMS Közgyűlés	38
Az Országos Meteorológiai Szolgálat Közleménye	38
Schlanger Vera: 2007 nyarának időjárása	39

A 2007. JÚNIUS 25-I SZUPERCELLÁS ZIVATAR ELEMZÉSE

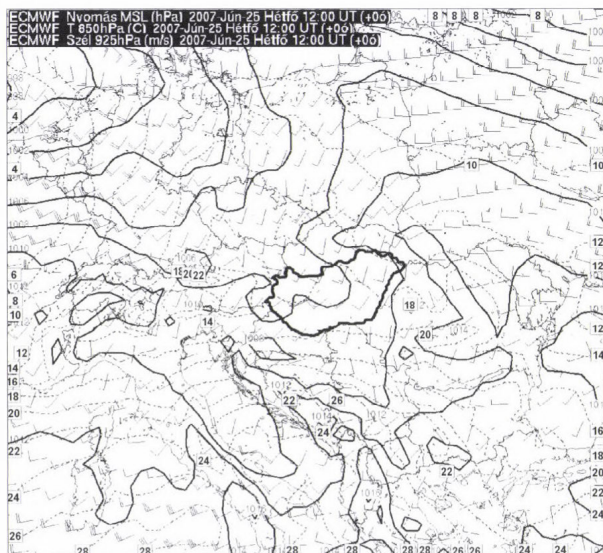
Bevezetés

Az időjárási veszélyjelzések, különösen az ultrarövidtávú (nowcasting) prognózisok készítése során fontos feladat a különösen veszedelmes örvénylő zivatarok, a szupercellák felismerése (Horváth 1997). Egy szupercella átvonulása a legtöbbször orkán erősségű széllel, jégesővel, hirtelen lezúduló jelentősebb csapadékkal jár, néha azonban még tornádók is kialakulhatnak. Ellentétben az átlagos zivatarokkal, a szupercellák többnyire hosszabb élettartamú jelenségek.

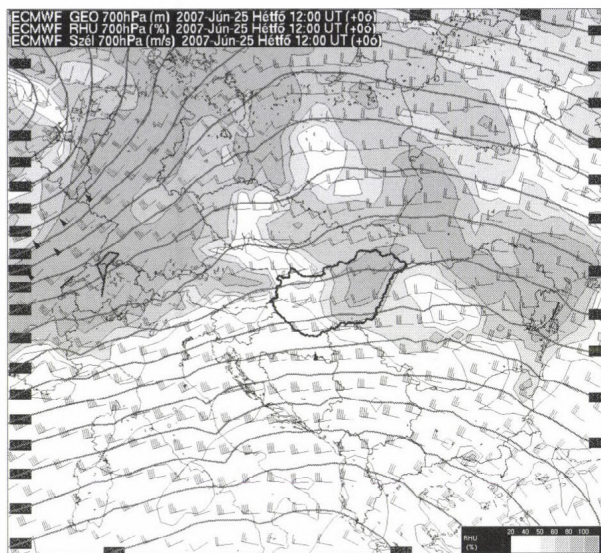
Szupercella volt a 2007. 06. 25. zivatar is, ami Kelet-Szlovákia déli részében keletkezett, majd a magyar-ukrán határ mentén délkeletre vonult és főként Délkelet-Szlovákiában okozott anyagi károkat. Az elmúlt években több írás is foglalkozott a Szlovákiában, Magyarországon illetve Horvátországban előforduló szupercellákkal (Kánák et al., 2007, Mahovic et al., 2007, Horváth et al., 2006) illetve azok nem hidrosztatikus numerikus modellekkel történő előrejelezhetőségével (Horváth et al., 2007). Ebben az írásban egy, az operatív alkalmazásra került nagy felbontású MM5 modell által is sikeresen előrejelzett szupercellás esetet mutatunk be.

Szinoptikus körülmények

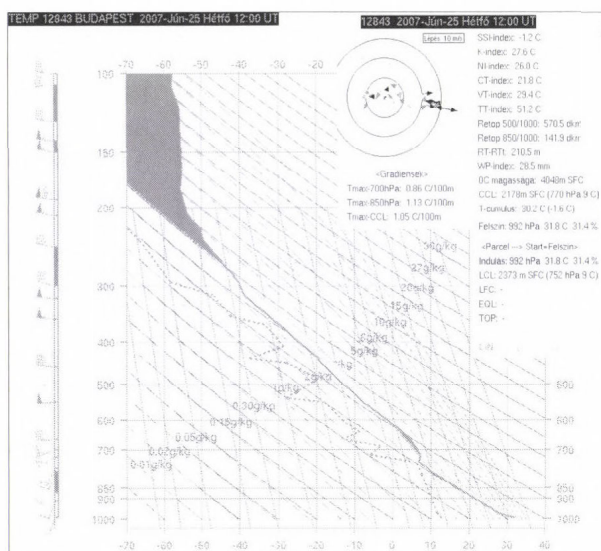
A vizsgált időpontban egy, a középpontjával Nagy-Britannia felett elhelyezkedő ciklon alakította térségünk időjárását, és a 2007. 06. 25. 12 UTC talaj, 925 és 850 hPa ECMWF analíziseken (1. ábra) látható, hogy a ciklonhoz kapcsolódó alacsony nyomású teknő Szlovákia és



1. ábra: Talajszintű légnyomás (folytonos vonal, hPa), 850 hPa hőmérséklet (szaggatott vonal) és 925 hPa szél mező az ECMWF 2007.06.25. 12:00 UTC analízisből.



2. ábra: Geopotenciál (folytonos vonal, méterben megadva), relatív nedvesség (szürke skála) és a szél mező a 700 hPa-os szinten az ECMWF 2007.06.25. 12:00 UTC analízisből.



3. ábra: Budapest-Lőrinc rádiószondás mérés 2007.06.25. 12:00 UTC-kor. A sötét (világos) szürke színek a stabil (instabil) területeket ábrázolják.

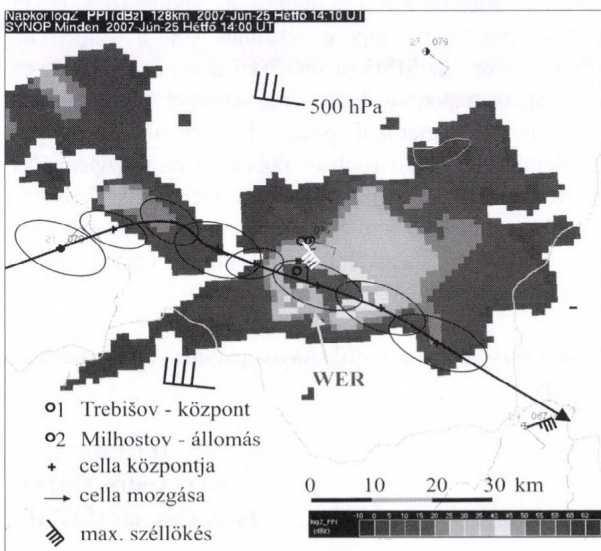
Magyarország fölé is benyúlt. A ciklon előoldalán fújó délnyugati széllel a 925 és 850 hPa-on viszonylag meleg és nedves levegő advektálódott Magyarország és Szlovákia déli része fölé, míg 700 hPa-on szárazabb levegő áramlását lehetett megfigyelni (2. ábra). Ugyancsak a 700 hPa-os szinten a budapesti 12 UTC rádiószondás felszállás szerint egy jelentős inverzió választja ketté az alacsonyabb és magasabb szinteken található instabil rétegeket (3. ábra), ami alapján feltételezhető, hogy a CAPE (konvektív hasznosítható potenciális energia) értéke viszonylag

alacsony, 1000 J/kg alatt volt. Ugyancsak a budapesti mérésen figyelhető meg a viszonylag nagy vertikális szélnyírás (20 m/s szél 500 hPa szinten) amely nemcsak a sebesség változásában, de a szélfordulásban is megtalálható: az inverzió fölött élesen jobbra fordult a szél. A jobboldali szélfordulás keltette örvényesség tengelye az áramlás irányába néz (a szakirodalom erre használja a streamwise vorticity kifejezést), amely tengely feláramlás hatására vertikálisba fordulhat át (ezt tilting mechanism néven említik) és így ciklonális örvényesség alakulhat ki. A szükséges feláramlás legkönnyebben erős zivatarokban jön létre, és ez az oka, ha a zivatar ciklonális forgásba kezd. A fentiekből látható, hogy az időjárási körülmények támogatták a szupercella kialakulását.

Megfigyelések

A legfontosabb megfigyelések a napkori Doppler radar 256 km és 128 km sugarú méréseiből származnak. A zivatarcella eredetét egy alacsony reflektivitású gomolyfelhőben lehetett felismerni, ami Szlovákia területén (Hidasnémeti automata állomástól északnyugatra) 12:10 UTC-kor alakult ki. A felhő eleinte északkeleti irányba vonult, majd 13:30 UTC táján a Slanské vrchy (Szalánci-hegység) környékén a zivatar jelentősen jobbra fordult. Ebben az időben már magas, 55 dBz feletti maximális visszaverődési jeleket mért a radar.

A zivatar 14:00 UTC körül elérte Trebišov (*Tőketerebes*) várost, ahol, főleg a város központjában pusztító erejű szélvihart, jégesőt és áradást okozott (Petrovič, 2007,



4. ábra: A napkori radar 128 km sugarú reflektivitás mérése (dBz) 14:10 UTC kor és a 14:00 UTC SYNOP jelentés. A nagyméretű szélszélzók az 500 hPa szeptet mutatják az ECMWF +3 órás előrejelzés alapján (ECMWF 2007.06.25. 12:00 UTC futtatása). A kisméretű szélszélzók a Milhostov és Záhony állomásokon mért maximális széllökést ábrázolják 14:20, illetve 15:17 UTC kor. Az ellipszisek a zivatar magas reflektivitású (50 dBz feletti) területét ábrázolják, és az ellipszisek központjait összekötő vonal a zivatar szubjektív módon analízált pályáját mutatja.

Trebišov város honlapja). A szél hat családi házon le döntötte a tetőt, a vásárcsarnok fémese tetejét felemelte és a szomszéd házra dobta. A viharos szél és heves eső miatt több épületen károk keletkeztek, a városban és városi körzetekben több mint 17 fa kidőlt. A városközponttól kb. 5 km-re északra lévő szinoptikus állomáson (Milhostov városrész) a szél délnyugati irányból (220 fok) délkeletre (130-140 fok) fordult és 14:20 UTC-kor 20 m/s széllökést észleltek (az automata mérés szerint a legerősebb széllökés 14:30 UTC-kor következett be: 17,2 m/s). A zivatar alatt összesen 15 mm csapadékot mértek az állomáson. Ebben a stádiumban a reflektivitási mezőben egy WER (Weak Echo Reflectivity) ekho található a zivatar déli oldalán a 128 km sugarú PPI mérésben (4. ábra), amely több további mérésen is megfigyelhető volt. A zivatarfelhő 15:00 UTC körül a szlovák, magyar és ukrán határhoz helyeződött, Záhony állomáson 15:17 UTC kor 18,5 m/s szelet észleltek. Ezután a zivatar, még mindig a magyar határhoz közel, délkeleti irányba vonult, továbbra is 50-60 dBz reflektivitást mutatva. A zivatar 17:00 UTC körül erősen gyengülni kezdett, keleti irányba fordult, majd szétesett.

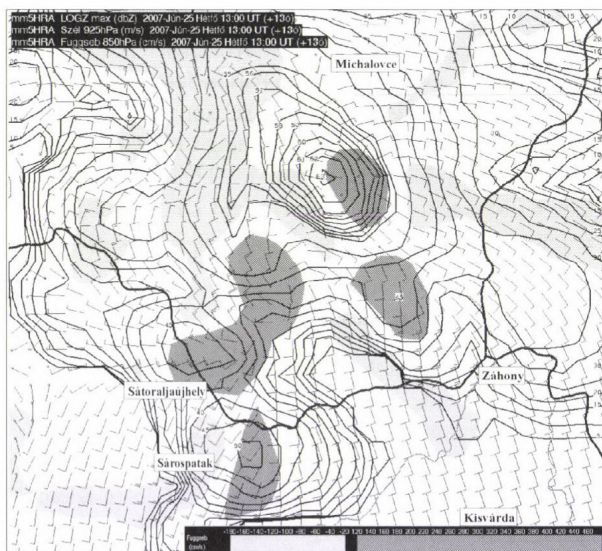
Számítógépes modellezés

Az operatív, 2,5 km felbontású MM5 modell 2007. 06. 25. 00 UTC futtatásában már 12 UTC körül látható a zivatar cella Északkelet-Magyarország és Délkelet-Szlovákia határánál (kb. 30 km-rel keletre a valódi zivatar kialakulási helyétől). A szimulált cellában 925 hPa-os szinten jelentős konvergencia figyelhető meg, valamint egy pszeudofrontális hullám alakulása is analizálható (meleg advekcio a cella délkeleti oldalán, hideg advekcio a cella északnyugati oldalán). A 13:00 UTC képen a zivatar már Délkelet-Szlovákia felett található és szupercelláris struktúrát mutat – 925 hPa szinten kimutatható ciklonális örvény a cella



5. a. ábra: Az MM5 modell által 2007.06.25.13:00 UTC-re előrejelzett 925 hPa geopotenciál (folytonos vonal méterben), szél és hőmérséklet (sátozított) mezők.

déli oldalán és az ehhez fűződő pszeudofrontális rendszer. A rendszer melegszeletorában feltűnő az alacsony reflektivitású levegő beáramlása (5 a. ábra). Az előrejelzett maximális radar reflektivitás (63 dBz) meglepően pontosan megegyezik a megfigyelésekkel (5 b. ábra). Ebben a stádiumban már jelentős (20 m/s) széllekedések figyelhetők meg a hideg pszeudofront (gust-front) mögött és a szimulált zivatar is jelentősen jobbra fordult a magassági áramláshoz képest. A mezociklon 14:00 UTC körül 925 hPa szinten a zivatar keleti oldalán található. A szimulált zivatar egészen 16:00 UTC-ig felismerhető és tovább vonul délkeletre, jelentős csapadékot (10–20 mm/óra) produkálva.



5. b. ábra: Az MM5 modell által 2007.06.25.13:00 UTC-re előrejelzett maximális radar reflektivitás (folytonos vonal, dBz), 850 hPa szint függőleges sebessége (világosan sátozott területek a leáramlási zónákat, a sötétebb területek a feláramlási zónákat mutatják), és a 925 hPa szél mezeje.

Következtetések

A zivatar hosszú élettartama (mintegy 5 óra), valamint a vezető áramláshoz képest történő jelentős jobboldali eltérése (15–25 fok az 500 hPa szélirányhoz viszonyítva) nagyon valószínűvé teszi annak szupercellás eredetét (Browning, 1964). Ezt tovább erősíti a radar képeken látható egycellás struktúra, a fordított S alakú pálya és a hosszabb ideig fennmaradó WER ekhó a zivatar déli oldalán. (A WER ekhó a telítetlen levegő mezociklonba történő beáramlásának a következménye.) Megjelenése alapján a zivatar a nagy csapadékos (HP: heavy precipitation) szupercellák osztályába sorolható (Moller et al., 1994).

A Trebišov városban keletkezett károkat legnagyobb valószínűséggel egy nagyon erős leáramlás és az azt követő kifutó szél (downburst) okozta. Ezt a feltételezést támasztja alá az, hogy a város központja a zivatar nagyon magas reflektivitású FFD (Forward Flank Downdraft) szektorába került, így a károkat okozó szelet nagyon heves csapadék is kísérte. Nagy intenzitású légzuhatagok

(downburstok) körül a talaj közelében horizontális tengelyű örvény keletkezik, ami lokálisan erős feláramlást és F0–F2 tornádó erejű szelet produkálhat (Fujita, 1985). A HP szupercellákat a klasszikus szupercellákhoz képest ritkábban kísérik tornádók, ráadásul ezeket többnyire nehéz is észlelni, mert a szupercellás mezociklon nagy része csapadékban van.

Az MM5 modell numerikus szimulációja kb. 1 órás időbeli eltérés ellenére nagyon jó térbeli pontossággal követi a zivatar pályáját. Ezzel szemben a lineáris MEANDER nowcasting rendszer nem jelezte előre a cella jobboldali eltérését (viszont, éppen ezért ez az információ is hasznos lehet a szupercella detektálásához). Az örvényesség jól kimutatható a 925 hPa szél mezőben, de a jelenléte felismerhető a középső troposzféra szinteken is (700 és 500 hPa szinteken), ami bizonyítja, hogy szupercellás mezociklonról van szó (csak elegendően mély és elterjedt mezociklon tudja meghatározni a zivatar mozgását és időtartalmát). A 13:00 UTC-s szimulációban látható a meleg és labilis levegő beáramlása a zivatar déli oldalán, ami a 14:00 UTC-kor a valódi zivatarnál megfigyelt WER ekhónak az okozója lehet. A beáramlás valószínűleg fontos szerepet játszott a zivatarfelhő fenntartásában, még akkor is, ha magát a szupercellát főleg a szélnyírásból következő örvényesség transzformáció hozta létre.

A légköri nedvességi viszonyok is nagyban befolyásolják a HP szupercella dinamikus egyensúlyát, és feltételezhető, hogy a 700 hPa-os szinten lejátszódó száraz levegő beáramlás támogatta a hevesebb légzuhatagok (downburstok) kialakulását (Brooks et al., 1994a és 1994b). Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál alkalmazott MM5 modell operatív verziója is alkalmas volt a szupercella előrejelzésére. (Az MM5 modell 2007 tavasza óta 2.5 km-es horizontális felbontással fut, ami lehetővé teszi, hogy a konvektív folyamatokat parametrizáció nélkül vegyük figyelembe. Ennek köszönhető többek között a szupercellák sikeres szimulációja is.) A részletekbe menő vizsgálatokhoz azonban a fentieknél is részletesebb numerikus vizsgálatokra (pl. a NEST technika alkalmazására) illetve a radarok terén a Doppler mérések elemzésére van szükség.

A fenti vizsgálatok a Jedlik Ányos pályázat támogatásával készültek.

**Horváth Ákos,
Simon André, OMSZ,
Jozef Csaplár (SHMÚ)**

Irodalom:

- Brooks, H.E., Doswell, C.A., Cooper, J., 1994a: On the Environments of Tornadoic and Nontornadoic Mesocyclones. Wea. Forecasting, 10, 606-618
Brooks, H.E., Doswell, C.A., Wilhelmsen, R.B., 1994b: The Role of Midtro- to upper-tropospheric Winds in the Evolution and Maintenance of Low-Level Mesocyclones. Mon. Wea. Rev., 122, 126-136
Browning, K. A., 1964: Airflow and Precipitation Trajectories

- Within Severe Local Storms Which Travel to the Right of the Winds, J. Atmos. Sci., 21, 634-639
- Fujita, T.T., 1985: The Downburst, Microburst and Macrobust, The University of Chicago, SMRP Research paper Nr. 210, 122 pp.
- Horváth, Á., 1997: Tornádó. Légkör, 62, 2-9.
- Horváth, Á., Geresdi, I., Csirmaz, K., 2006: Numerical simulation of a tornado producing thunderstorm: A case study, Időjárás, Vol. 104, 279-297.
- Horváth, Á., Geresdi, I., Németh, P., Dombai, F., 2007: The Constitution Day Storm in Budapest: Case study of the August 20, 2006 severe storm, Időjárás, 111, 41-63
- Kanák, J., Benko, M., Simon, A., Sokol, A., 2007: Case study of

- the 9 May 2003 windstorm in southwestern Slovakia, Atmos. Res., 83, 162-175
- Mahovic, N. S., Horvath, A., Csirmaz, K., 2007: Numerical simulation of severe convective phenomena over Croatian and Hungarian territory, Atmos. Res., 83, 121-131
- Moller, A.R., Doswell, C.A., Foster, M.P., Woodall, G.R., 1994: The Operational Recognition of Supercell Thunderstorm Environments and Storm Structures, Wea. Forecasting, 9, 327-347
- Petrovič, R., 2007: Mestom sa prehnala búrka (Zivatar söpört át a város felett, szlovákban), Trebišov város honlapja, <http://www.trebisov.sk>

KISLEXIKON

[Cikkeinkben csillag jelzi azokat a kifejezéseket, amelyeket a kislexikonban szerepelnek]

regolit

Kereszturi Á.: Éghajlatváltozás a Marson

A szilárd felszínű bolygókon időjárási hatásra vagy meteoritok becsapódása nyomán létrejövő, finom szemcsés közettörmelék-réteg. (A görög eredetű, "borító kőzet" jelentésű szót George Merrill amerikai geológus használta először 1897-ben a különböző – földi – talajfélések együttes elnevezésére, majd később a Hold, a Mars és más égitestek felszínét borító finom por megnevezése lett.)

illók migrációja

Kereszturi Á.: Éghajlatváltozás a Marson

Illékony, azaz a környezet hőmérsékletének és/vagy nyomásának kicsiny változására könnyen gáznemű halmazállapotúvá váló anyagok geológiai skálájú áramlása.

juvenilis vulkán

Kereszturi Á.: Éghajlatváltozás a Marson

Fiatal, a legutóbbi földtörténeti korban keletkezett vulkán.

Tharsis

Kereszturi Á.: Éghajlatváltozás a Marson

A Mars felszínén az ún. Olympos Monstól 1000 km-re délkeletre húzódó, 5000 km hosszú és 10 km magas fennsík. Három óriási vulkáni pajzs alkotja: az Arsia Mons, a Pavonis Mons és az Ascreaus Mons.

eróziós ráta

Kereszturi Á.: Éghajlatváltozás a Marson

A bolygófelszín alakjának megváltozását (geomorfológiai átalakulását) jellemző tényező.

PPM (perfekt prognózis módszer)

Fövényi A.: Statisztikai módszer ...

Olyan előrejelzési módszer, amelyhez egy numerikus modell előrejelzéseit használjuk prediktor(ok)ként. A prediktor(ok) és a prediktandusz valós (mért) értékei közötti statisztikai kapcsolat ismeretében – feltételezve a prediktor(ok) numerikus előrejelzésének tökéletes pontosságát (perfekt voltát) – adjuk meg a prediktandusz értékét. Az ún. modell output statisztika (MOS) ezzel szemben a prediktorok előrejelezett értékei és a prediktandusz közötti statisztikai kapcsolatra épít.

pontkísülés

Szász G. és tsai: A zivatarok statisztikai elemzése Debrecenben

Az elektromos áram áthatolása szigetelőanyag rétegen pontszerűnek tekinthető elektromos vezetőszerű jelenlétében. Rendszeres mérését az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetének munkatársai végzik a nagycenki Széchenyi István Geofizikai Observatóriumban. A méréshez kis méretű, rozsdamentes acélgömböt használnak. A pontkísülés erősségét az egységnyi idő alatt transportált töltések mennyiségével mérik. Mértékegysége Coulomb/sec.

biotrópikus reakció

Fejes E. és Fülöp A.: Frontérzékenységi teszt eredmények

Egy élő szervezetben valamilyen külső hatásra létrejövő élettani elváltozás.

PAL (present atmospheric level)

Koppány Gy.: Ami kimaradt ...

Olyan mértékegység egy légköri összetevő mennyiségének meghatározására, ami az adott összetevőnek a jelenlegi mennyiségét tekinti viszonyítási alapnak (present atmospheric level = a jelenlegi légköri mennyiség/szint).

Karbon

Koppány Gy.: Ami kimaradt ...

A földtörténeti óidő (paleozoikum, azaz ősszállati idő) utolsó előtti időszaka 350-től 280 millió évvel ezelőttig. Ebben az időszakban voltak a legelterjedtebbek a harasztok és a kétélűek, és ekkor jelentek meg a hüllők. A harasztokból képződtek a korunkban is kitermelés alatt álló kőszéntelepek, ezért kapta nevét az időszak a szénről, ami latinul carbonium. Az időszak két részre osztható: első harmada a kora-karbon (más néven mississippiai karbon), második része a késő-karbon (más néven pennsylvániai karbon).

fosszilis

Koppány Gy.: Ami kimaradt ...

A földkéregben fellelhető, biológiai eredetű (szerves) anyag, ill. az abból készíthető, kémiai energiát hordozó (elérhető) anyag. Legismertebb formái: szén, kőolaj, földgáz.

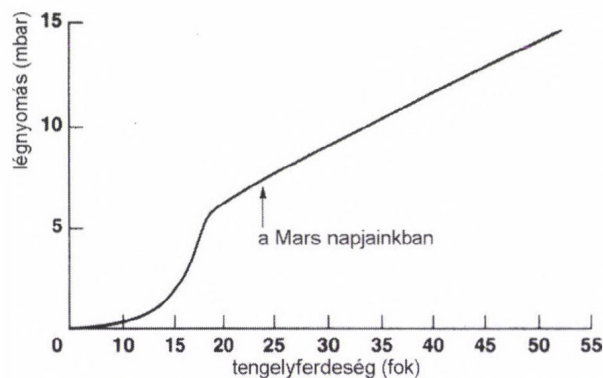
Összeállította: Gyuró György

ÉGHAJLATVÁLTOZÁS A MARSON

II. RÉSZ

Az éghajlatváltozás okai a Marson

Napjainkban több jel is megfigyelhető a Marson, amelyek arra utalnak, hogy egykor a jelenlegitől eltérő éghajlati viszonyok uralkodtak a bolygón. A klíma változása elméleti szempontból három skálán jelentkezhet: a bolygó lassú globális hűlése, a ciklusos avagy kvázi-periodikus változások a pályaelemek módosulásaival kapcsolatban, valamint a véletlenszerűen lezajló vulkánkitörések illetve nagyobb becsapódások okozta melegedések. Az alábbiakban a második csoport lehetséges okait és lezajlását taglaljuk, szem előtt tartva, hogy sok esetben még nincs bizonyíték az egyes modellekre.

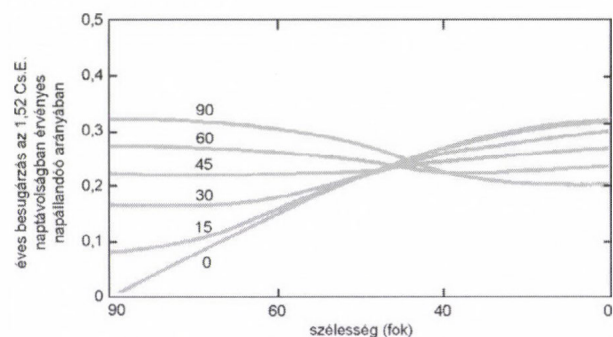


7. ábra. Az átlagos légnyomás és a tengelyferdeség kapcsolata (Fanale et al. 1982, Ward et al. 1979) alapján. Nagy tengelyferdeségnél a pólussapkák jelentősége csökken és a regolit széndioxid-abszorpciója növekszik, a pályasíkra közel merőleges forgástengelynél pedig a szén-dioxid jelentős része állandó sapkát formál, drasztikusan csökkenve a légnyomást (görbe baloldali vége).

A Mars pályaelemei élénkebben ingadoznak, mint a Föld hasonló jellemzői. Ennek oka elsősorban, hogy nincs olyan nagytömegű holdja, mint bolygónknak, amely stabilizálná a forgástengely térbeli helyzetét. A tengelyferdeség ezért nagymértékben, a becslések alapján kb. 0 és nagyságrendileg 50 fok között ingadozik. Emellett a közeli Jupiter is erősen zavarja a bolygó mozgását, pályájának alakját folyamatosan módosítja. A mai modellek alapján több periódusú és amplitúdójú ingadozás jelentkezik a pályaelemekben. Ezek közül a legfontosabbak: 5 millió éves időskálán kb. 15 és 45 fok között változik a forgástengely ferdesége, míg az excentricitás (a pálya elnyúltsága) 0,0 és 0,12 között ingadozik.

Az első tényező a beeső napenergia révén az illók (H_2O , CO_2) szélességi eloszlását, migrációját, és az egyszerre a légkörben lévő mennyiségét befolyásolja (7. ábra). A pálya elnyúltsága pedig az évszakok aszimmetriájára van hatással a két félteke vonatkozásában. A

becslések szerint az elmúlt néhány millió évben 35, az elmúlt 10 millió évben pedig 40 foknál nagyobb is lehetett a tengelyferdeség (Touma, Wisdom, 1993, Laskar, 2002). Egyes modellek alapján 40 foknál meredekebb tengelyferdeségnél a mai napállandó esetén nem maradhat fent állandó pólussapka. A váltás a pólussapkáról annak hiányára éles, ugrásszerű lehet. 54 fok feletti tengelyferdeségnél pedig már a pólusok összességében több besugárzást kapnának, mint az egyenlítő (8. ábra) (Ward, 1992).



8. ábra. A besugárzás szélesség szerint változó értéke eltérő tengelyferdeségek esetén

A pályaelemek mellett természetesen egyéb folyamatok is módosítják az éghajlatot. Ilyenek például a nagy becsapódások, amelyek a jéggel teli krioszférából sok H_2O -t juttathatnak átmenetileg a légkörbe. Egy 100 km-es test becsapódása globálisan 10 m vastag forró üledéktakarót borít a felszínre. Ettől sok jég olvad meg, vízgőz kerül a légkörbe és kötött széndioxid szabadul fel. Hasonló jelenség várható a vulkánkitörésektől is, részben juvenilis vulkáni* gázok kibocsátása, részben a felszínre ömlő láva, illetve visszahulló forró vulkáni törmelék olvasztása miatt. A vulkánkitörések mellett, hogy a krioszféra olvasztásával mobilizálhatnak sok illót, aeroszoltermeléssel is befolyásolják a légköri folyamatokat.

A bolygón előforduló legfontosabb üvegházgázok közül a légkör fő összetevője a szén-dioxid. A bolygó életének kezdetén, a vastagabb légkör erősebb üvegházhatást fejtett ki, és sok szén-dioxid felhő is lehetett benne. Mindezek következménye azonban nem ismert eléggé: a több üvegházgáz egyrészt melegíti a légkört, ami felhőszlató hatással bír. Emellett ha elég sok szén-dioxid van a légkörben, az a felső troposzférában globális magasszintű cirruszréteggé kikondenzálódik, és csökkenti a lejutó fény mennyiségét (Kasting, 1991). Utóbbi hatás erősen függ a szén-dioxid felhők szemcseméretétől, így fűtő vagy hűtő hatással is bírhat egy

ilyen felhőtakaró. A kezdeti szén-dioxid felszíni kicsapódását a feltételezett meleg mellett részben a légköri SO_2 is korlátozhatja, amely a marsmeteoritok alapján lehetett az ősi bolygón. A szén-dioxid összetett hatása tehát nincs pontosan tisztázva.

A vízgőz szintén fontos üvegházgáz, amelyről jogosan feltételezzük, hogy alkalmanként nagyobb koncentrációban volt a légkörben, mint ma – de a modellek itt sem adnak biztos előrejelzést. Emellett számolhatunk még ammóniával és metánnal, amelyek fotokémiaiag bomlanak. A metán esetében ma is van akkora utánpótlás, ami 10–20 ppb körüli mennyiséget tart fent az atmoszférában.

Az éghajlatváltozások modellezése

Az éghajlatváltozások következményeit nehéz megbecsülni a Marsnál. Ennek fő oka, hogy a változó besugárzás eltérő területekről eltérő mennyiségű illókat mobilizálhat, amelyek aztán különféle helyeken kicsapódva összetett módon befolyásolhatják az albedót, és ezzel a felszíni hőmérsékletet. Ráadásul nagyobb légköri sűrűség mellett változik az áramlás jellege, a sűrűbb légkör azonos sebességű szél mellett is több port kap fel és szállít el – ugyancsak befolyásolva az albedót.

A klímamodellekről általánosan elmondható, hogy egyelőre bizonytalanabbak, mint földi társaik. A szimulációk keretében vizsgált pályaelemek közül legfontosabb a tengelyferdeség módosulása, emellett a pálya nagytengelyének körbefordulását, valamint az excentricitás módosulását is tanulmányozzák.

A besugárzás tehát a fentiek szerint változik a modellekben, mind térben, mind időben. Az így becsült felszíni hőmérsékleti adatok nyomán pedig a felszínről elszublimáló, illetve oda kifagyó víz- és szén-dioxidjég eloszlását közelítik. Utóbbiból erősen függ az albedó, amely a visszacsatolás révén maga is hatással van a felszíni hőmérsékletre. Mindezekkel összefüggésben a por vándorlását is próbálják közelíteni, szintén az albedó becslése szempontjából – utóbbi téren még bizonytalanabbak az eredmények.

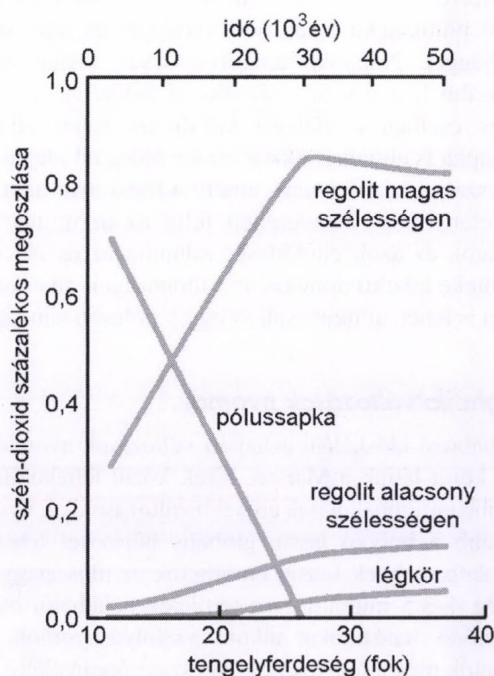
Az illók migrációjának* megbecslésében nem csak a felszínre kiváló, illetve onnan felszabaduló mennyiséget kell figyelembe venni, hanem a regolit* adszorbeáló kapacitását, és pórustérfogatát is. Erre a célra általában 0,2 és 0,4 közötti porozitású bazaltos anyaggal számoltak. Az illóknak a pórustérfogatban történő diffúzióját a pórusok mérete és az átlagos gázsűrűség befolyásolja erősen, amely szintén csak durván becsülhető.

Egy-egy modellbe általában nem integrálják bele az összes fenti említett paramétert, többnyire csak néhányukra végeznek külön-külön becsléseket. A szimulációk így is bonyolultak, mivel az előbb említett hatások nyomán változik a légkörben lévő gáz mennyisége, az egész atmoszféra hőkapacitása, a kicsapódás és fel-

hőképződés jellemzői. A modellekben általában 100 ezer és 10–20 millió év közötti időskálákat vizsgálnak. A bizonytalanságok miatt az alábbiakban csak a több, egymástól független modell által előrejelzett eseményeket mutatjuk be.

Az éghajlatváltozások lezajlása

Általánosan elmondható, hogy a tengelyferdeség növekedésével a sarkvidékről alacsony szélességre vándorolhat a jég, ahol elsősorban a Tharsis* vulkánok nyugati lábainál tartósan meg is maradhat – de a kép még messze nem tiszta, főként, hogy a változó tengelyferdeséggel miként módosul a globális légkörzés és a felhőzet (9. ábra).



9. ábra. A szén-dioxid százalékos megoszlása a légkör és a különböző pufferek között eltérő tengelyferdeségnél. A felső tengelyen a szén-dioxid elhelyezkedésének változásaihoz kapcsolódó időskálák közelítő nagyságrendje látható.

A modellek alapján alapvetően két nagy csoportba sorolhatjuk a marsi klímaállapotokat: jégsapkával bíró, és anélküli állapotokba. A két állapot között viszonylag gyors, éles átmenet lehet: egy kritikus légnyomásnál és hőmérsékletnél a sapka elkezd kiválni (Tokuta *et al.*, 2002), és a folyamat addig zajlik, amíg a légköri gáz és a felszíni szilárd fázis egyensúlyba nem kerül. Ezt légkörösszeomlásnak nevezik, utána viszonylag stabil egyensúlyi állapot jön létre, kiterjedt pólussapkával és ritka légkörrel – feltehetőleg ide sorolandó a mai helyzet is.

A lehetséges állapotok között elkülöníthetünk vízjég, valamint vízjég és szén-dioxidjég szerinti sapkákat. A globális hűlés során elsőként a vízjég alkot pólussapkát, majd a további hűléssel ennek tetejére kezd kifagy-

ni a szén-dioxidjég. A jelenlegi állapot is ehhez közeli: északon már csak évszakosan van szén-dioxid fedő a vízjégen, délen azonban (ahol magasabb a sarkvidék, és ettől ott alacsonyabb légnyomás és hőmérséklet uralkodik) még kiterjedt, kb. 2 méter vastag, állandó szén-dioxidjég fedőréteg borítja a vízjeget.

A vízjeget fedő szén-dioxid sapka fennállása idején a légnyomás igen érzékenyen függhet a szén-dioxid sapka albedójától, azaz portartalmától. Utóbbi a hőmérsékletét és ezen keresztül a szublimációs/kicsapódási rátát befolyásolja. A rárakódó por mennyisége pedig szintén érzékenyen függ a légköri folyamatoktól. Napjainkban úgy fest, hogy elsősorban ez a jelenség, tehát a szén-dioxid sapka mennyisége és albedója, pontosabban ennek változása a fő velejárója az éghajlati kilengéseknek.

Egyszerű közelítés alapján kis tengelyferdeségnél állandó pólussapka lehet, alul vízjéggel és rajta szén-dioxidjéggel. Nagyobb tengelyferdeség idején egyre mobilisabb lesz a felső szén-dioxid fedőréteg, és szélsőséges esetben a vízjeget tartalmazó teljes állandó pólussapka is eltűnhet. Ekkor csak a hideg tél idején van egy évszakos képződmény, amely a forró nyár alatt teljesen elenyészik. Mindezekon felül az aszimmetrikus éghajlatok és azok eltolódása, valamint az északi és a déli félteke közötti domborzati különbségek miatt olyan helyzet is lehet, amikor csak az egyik póluson van sapka.

Az éghajlatváltozások nyomai

A különböző időskálájú éghajlati változások nyomainak széles körét látjuk a Marson. Ezek közül feltehetőleg a hosszabb tartamúak jártak erősebb változásokkal, ilyenek leginkább a bolygó lassú, globális hűlésével lehetnek kapcsolatban. Ezek között említhetők az idős, nagyságrendileg 4–3,5 milliárd éves területeken látható, összekapcsolódó hálózatokat alkotó vízfolyásnyomok. Ide sorolhatók még a feltételezett ősi északi óceán eltérő vízmagasságú állapotai nyomán maradt partvonal-jellegű képződmények. Itt említhető továbbá az idős domborzati formák alapján számolt egykori, a mainál nagyobb eróziós ráták, amelyek idején gyorsabban pusztult a felszín.

Valamivel fiatalabb éghajlati állapotok jelei lehetnek azok a tó- és vízfolyásnyomok, amelyek kora többnyire 1 és 3 milliárd év közé tehető. Ezek olyan átmeneti meleg időszakokból maradhettek vissza, amelyek során jelentős mennyiségű H_2O mobilizálódott. A feltételezések szerint itt elsődlegesen belső folyamatokkal (pl. vulkánkitörés, esetleg azzal összefüggő mélységi vízfeltörés) számolhatunk, amelyek erősen beavatkoztak az illók körforgásába, és ezért éghajlati változásokat okoztak.

A fentiekben olyan nyomokat soroltunk fel, ahol feltehetőleg belső okok (vulkanizmus, geotermikus hő, belső eredetű illó kibocsátás) is közreműködtek. Dominánsan besugárzásos, azaz „külső” eredetű klímaváltozások, és így a rövidebb időskálájú, kváziperiodikus pályaelem-

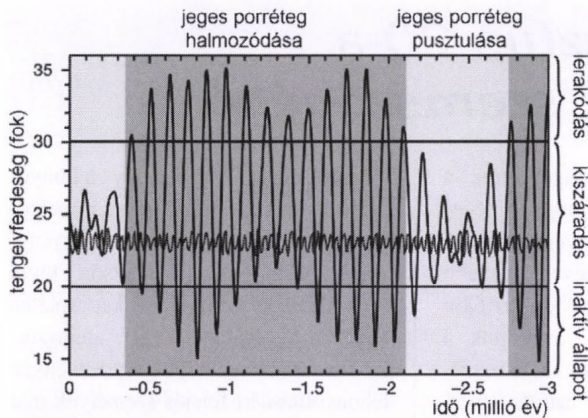
változásokkal kapcsolatos felszínformák az alábbiak lehetnek. Mindkét pólus körül kiterjedt, közel sík felszínű, réteges üledékek jellemzők, vastagságuk sok helyen az egy kilométert is meghaladja. Az üledék finoman rétegzett, az egyes rétegek nagy távolságon követhetők (Milkovich, Head, 2006), képződésük globális jelenségre utal. Vízjégből, porból és fagyott szén-dioxid keverékéből állhatnak, és rétegeik a ciklikus éghajlati kilengések egyes időszakaiban képződtek, illetve szárazodtak és pusztultak, létrehozva a sokszínű szerkezetet. Ezek a poláris réteges üledékek, koruk 300 millió évnél kisebb lehet.

Fontos indikátorok lehetnek a dűnemezők is, amelyek a bennük lévő, anyagukat cementáló jég időszakos szublimálása, majd visszafagyása nyomán ciklikusan mozoghattak a szél hatására. Ugyancsak itt említhetők a sárfolyásoknak is nevezett képződmények, amelyek közepes és magas szélességeken lejtőin jellemzők. Egyes elképzelések alapján a maitól eltérő éghajlat idején, maximum néhány millió évvel ezelőtt felhalmozódott jég olvad meg bennük és folyik le alkalmanként a lejtőn – bár más magyarázatok is elképzelhetők. A legfrissebb folyásnyomok mindössze néhány évesek lehetnek.

A bolygón dolgozó Spirit és Opportunity roverek olyan mállási kérgeket és vízzel kapcsolatban keletkezett ásványokat találtak néhány szikla felszínén, amelyek könnyen magyarázhatók a mainál nedvesebb egykori viszonyokkal az adott területen. Az ott megjelenő víz vagy a felhalmozódó és megolvadó jég okozhatott a jelenlegi-től eltérő kémiai átalakulásokat.

Ugyancsak az éghajlati kilengésekkel lehet kapcsolatos a két féltekén, közepes és magas szélességeken mutakozó kiterjedt, síma felszínű, de erősen pusztuló és szakadozott megjelenésű réteg. Ezt a méteres vastagságú képződményt feltehetőleg jég cementálta por alkotja, és az elmúlt 1–2 millió évben jött létre. 30 foknál ferdebb forgástengely esetén sok jég szublimál el a pólussapkáról. A besugárzás megváltozott eloszlása, valamint a nagyobb légköri vízgőztartalom miatt a felszíni jég előfordulási határa az egyenlítő felé húzódik. Eközben az erősödő szelek a modellek alapján növelik a jéggel lerakódó por mennyiségét, és a kettő eredőjeként változó portartalmú, jéggel cementált üledéktakaró (fedőüledék) képződik. A modellek alapján 30–50 ezer év alatt akár több méter vastag ilyen takaró keletkezhet. Amint a forgástengely ferdesége csökken, a jég stabilitási határa a pólusok felé húzódik. Ebben az időszakban a 30–60 fokos szélességi zónában a fentiek szerint képződött üledék pusztul. Ennek ütemét lassítja a fogyó takaró tetején visszamaradt por, hatékonyan csökkentve az alatta lévő jég szublimációját. A fedő-üledék képződésének és pusztulásának feltételezett időszakai a 10. ábrán láthatók.

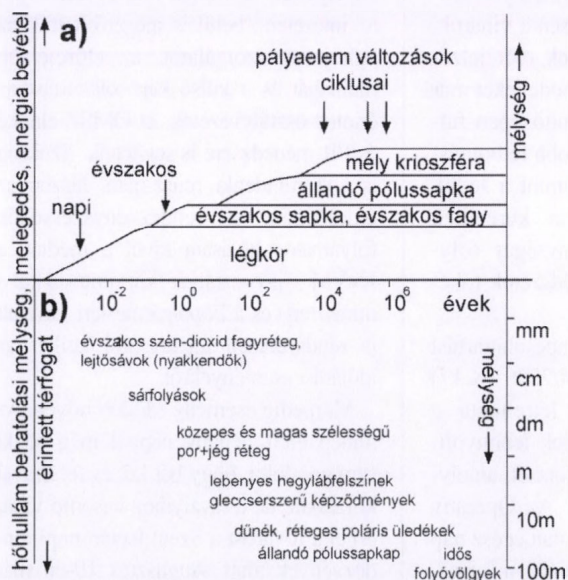
A legfrissebb éghajlati változások nyomai között említhetők a déli pólussapka vízjég rétegét borító fagyott szén-dioxid fedő évről évre megfigyelt zsugorodása (5. ábra). Ez



10. ábra. A diagramon a tengelyferdeség modellezett változása látható az elmúlt 3 millió évben. A függőleges tengelyen balra az eltérő tengelyferdeség-értékek láthatók, jobbra ennek megfelelően három időszak van lehatárolva, a szövegben említett közepes szélességen található fedőüledékek szempontjából. 20 foknál kisebb tengelyferdeség esetén nincs jelentős változás a területen (inaktív állapot). 20 és 30 fok közötti tengelyferdeségnél a kérdéses fedőüledék jégtartalma szublimál, azaz kiszárad, konzisztenciája gyengül (szárazodás). 30 foknál nagyobb tengelyferdeség esetén pedig a fedőüledék területén por és jég rakódik le, tehát a réteg halmozódik (lerakódás) (Head et al. 2003).

a bolygón zajló globális felmelegedés nyomaként híresült el, noha nem feltétlen jelenti a globális átlaghőmérséklet emelkedését. Az űrszondás képek elemzése alapján az elmúlt 21 évben úgy változott a poreloszlás a Marson, hogy összességében kissé sötétedett a bolygó, amely kb. 0,6 fokkal növelte az átlaghőmérsékletet.

A cikkben áttekintett témakörök mutatják, hogy a Mars, pályaelemeinek labilis helyzetével, a H_2O és CO_2



11. ábra. A néhány feltételezett kapcsolat a klimatikus planetomorfológia témakörében. a): különböző nagyságú (függőleges tengely) és periodicitású (vízszintes tengely) jelentkező energiabevétel (besugárzás) által érintett illószférák (középen). b): az ezeknek megfelelő változásokkal létrejött felszínformák (középen), illetve az érintett mélységi tartományok (függőlegesen).

halmazállapota szempontjából kritikus hőmérséklet- és nyomásviszonyaival tökéletes laboratórium az éghajlat változásának, és az ezzel kapcsolatos felszíni módosulásoknak tanulmányozására (11. ábra). A változások léptéke, a használt időskálák nagysága jelentősen eltér a Földön megszokottól, így első gondolatra kevés a kapcsolódási pont a két égitest között. Azonban a földi szempontból szokatlan megközelítések hozzájárulhatnak a bolygónkon geológiai időskálán jelentkező drasztikus éghajlati változások modellezéséhez.

Köszönetnyilvánítás: A szerző köszönetét fejezi ki Birszki Bálint lektornak építő javaslataiért, és Dr. Bartholy Juditnak az ELTE Meteorológiai Tanszéke vezetőjének tanácsaiért.

Kereszturi Ákos
geológus

Hivatkozások

- Fanale, F. P., Salvail, J. R., Banerdt, W. B., Saunders R. S. 1982: The regolith-atmosphere-cap system and climate change, *Icarus* 50, 381-407.
- Head, J. W., Mustard, J. F., Kreslavsky, M. A., Milliken, R. E., Marchant, D. R. 2003: Recent ice ages on Mars, *Nature* 426, 797-802.
- Kasting, J. F. 1991: CO_2 condensation and the climate of early Mars, *Icarus* 94, 1-13.
- Laskar, J., Levrard, B., Mustard, J.F. 2002: Orbital forcing of the Martian polar layered deposits, *Nature* 419, 375-377
- Milkovich, S.M., Head, J.W. 2006: Surface textures of Mars' north polar layered deposits: A framework for interpretation and future exploration. *Science*, doi: 10.1555/mars.2006.0003.
- Tokuta, Y., Masatsugu, O., Kiyoshi K., 2002: Role of H_2O and CO_2 ices in Martian Climate Changes, *Icarus* 159, 439-448.
- Touma, J., Wisdom, J. 1993: The chaotic obliquity of Mars. *Science* 259, 1294-1297.
- Ward, W.R., 1979: Present obliquity oscillations of Mars: Fourth-order accuracy in orbital E and I. *Journal of Geophysical Research*, 84, 237-241.
- Ward, W. R. 1992: Long-term orbital and spin dynamics of Mars. In *Mars* (Eds. H. H. Kieffer, B. M. Jakosky, C. W. Snyder, and M. S. Matthews) University of Arizona Press, Tucson, 298-320.

A Meteorológiai Világszervezet állásfoglalása az éghajlat 2006. évi állapotáról

A WMO 1993 óta bocsát ki éves állásfoglalásokat a globális éghajlat állapotáról. A 2006. évről szóló ismertetés szerint a globális felszíni hőmérséklet tavaly közel fél fokkal az 1961–1990-es átlag fölött alakult. Ezúttal is az északi félteke volt a globális átlagnál jóval melegebb (+0,59 °C), mint a déli félgömb (+0,26 °C). A XX. század kezdete óta a globális átlaghőmérséklet mintegy 0,7 °C-ot emelkedett.

A kontinensek összesített csapadékhozama magasan meghaladta a 30 éves átlagot, annak ellenére, hogy sok területet aszály sújtott.

2007. augusztus 20-a a meteorológusok szemszögéből

A szomorú előzmények

Mindenki jól emlékszik a 2006. augusztus 20-án történt eseményekre, amikor a délutáni, esti órákban heves zivatarokkal kísért hidegfront vonult át az ország fölött. Az időjárási feltételek kedvezőek voltak ahhoz, hogy a front mentén extrém erősségű zivatarok, úgynevezett szupercellák is létrejöjjenek. Az egyik kialakult szupercella pontosan 21 órakor, a tűzijáték kezdetét követően csapott le Budapest területére. A rövid ideig tartó heves felhőszakadás, jégeső kíséretében a legerősebb szél- lökések a Belvárosban elérték a 116 km/ó, Lágymányoson a 123 km/ó szélességet. A vihar fákat döntött ki, megrongálta a tetőket, a rendezvények díszleteit, építményeit és hatalmas pánikot keltett a tűzijátékokra összegyűlt tömegben. A nap szomorú mérlege 5 halott és sok sebesült. Történt ez mindazok ellenére, hogy az Országos Meteorológiai Szolgálat története egyik legpontosabb prognózisát adta ki reggel az adott napra, valamint a honlapon elérhető publikus riasztási térképen is időben közzétette a veszélyjelzést (V. ö. *Léggör*, 2006/4. 24-27 o.).

A megtett intézkedések

Sokan és sokféle szempontból vizsgálták a tragédia hátterét, keresték a hibákat, a felelősöket. Fontos megjegyezni, hogy sem az állampolgári jogok biztosának vizsgálata, sem a KvVM saját belső vizsgálata nem állapított meg a tragédiához vezető szabálytalanságot az OMSZ feladatainak ellátásában. A tanulságokat levonva azonban mind az OMSZ-en belül, mind az állami ünnepségek lebonyolításában szerepet játszó kormányzati szervek és a rendezvényszervezők közötti megfelelő kommunikáció kialakításával kapcsolatban számos intézkedés született annak érdekében, hogy elkerülhető és megelőzhető legyen az elmúlt év augusztus huszadikájához hasonló katasztrófa.

Ami a belső szakmai intézkedéseket

illeti, felülvizsgáltuk, szigorítottuk a riasztási kritériumokat, hogy a téves értelmezések elkerülése végett csak a ritkán előforduló, legveszélyesebb időjárási események esetében kerüljön kiadásra „piros” jelzés. Javítottuk a riasztási rendszer működését, a veszélyes időjárási jelenségek hatását ismerető, azokat értelmező és magyarázó dokumentumot közzétettük az OMSZ hivatalos webportálján annak érdekében, hogy az mindenki számára érthető és világos legyen. Megújítottuk a riasztási rendszerünk web-es megjelenítőjét: mindenki számára elérhető riasztási oldalt hoztunk létre a met.hu főoldalról. A korábbihoz képest nemcsak az 1-3 órás érvényességi idejű riasztásokat, hanem az aznap estig, illetve másnap estig szóló úgynevezett „figyelmeztető előrejelzéseket” is régióként, színskálás térképen jelenítjük meg (természetesen a térkép alatt szöveges magyarázattal). Szórányanyagot készítettünk a riasztási rendszer működéséről. A folyamatos fejlesztések eredményeként a veszélyes időjárási jelenségek, különösen a viharok, zivatarok, felhőszakadások előrejelzésére leginkább használt modelleket már az új, ALTIX szuperszámítógépen futtatjuk, a korábbinál nagyobb felbontással és pontossággal, valamint a Jedlik Ányos kutatási pályázat keretében folyamatos k+f tevékenységet folytatunk az előrejelzési módszerek tökéletesítésére.

A kommunikációt, a kapcsolattartást illetően a Kormány 2174/2006 (X.17) számú határozatában létrehozta a nemzeti és állami ünnepek lebonyolításáért felelős Operatív Törzset, amelynek az OMSZ is tagja. Az Operatív Törzs az állami ünnepek alatt egész nap ülésezik, így a meteorológiai információk első kézből kerülnek a felelős szervezők kezébe. A Törzs ezúttal aug. 19-én déltől este 11-ig, aug. 20-án reggel 8-tól este 11-ig ülésezett a MEH épületében. 2006. augusztus 20-a óta

minden állami rendezvény lebonyolítási tervének kötelező része a meteorológiai biztosítás is. A rendezvényszervezők az Operatív Törzsön kívül közvetlenül is szerződéses kapcsolatba léptek a Szolgálattal. 2007. augusztus 20-ára vonatkozóan így a rendezvények lebonyolításáért felelős személyek már egy héttel az ünnep időpontja előtt megkapták a rendezvény idejére szóló, naponta frissülő, napra lebontott előrejelzéseket. A rendezvények napján megkapták továbbá az aznapra szóló figyelmeztető előrejelzéseket, valamint szükség esetén az időjárási veszélyhelyzetek kialakulása előtt 1-3 órával a riasztásokat. Mindezek mellett felülvizsgálatra és megújításra került az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatósággal (OKF) kötött Együttműködési Megállapodás is.

A nap krónikája

Talán nem túlzás azt állítani, hogy az OMSZ minden eshetőségre számítva, felkészülten várta az idei augusztus 20-át. Az Operatív Törzsben való ügyeleten túl az intézetben belül is megerősítettük az előrejelző szolgálatot, az előrejelzők munkáját és a külső kapcsolattartást az érintett osztályvezetők, az OMSZ elnöke és PR menedzsere is segítették. Szükség is volt mindenki munkájára, hiszen az érdeklődők, a rendezvényszervezők folyamatos hívásain kívül a médiát, a KvVM sajtó osztályát (közvetítésükkel a minisztert) és a Főpolgármesteri Hivalt is rendszeresen tájékoztatni kellett az időjárási eseményekről.

Márpedig esemény adódott bőven. Az ünnep előtt néhány nappal még senki sem gondolta, hogy bár két és fél órával korábban, de a tavalyihoz hasonló vihar éri el a fővárost a Szent István napi rendezvények alatt. Augusztus 19-én már jól látszott, hogy egy Európa középső része felett kialakuló sekély ciklon áramlási rendszerében egyre nedvesebb, labilisabb légáramok érkeztek az ország területére. Így a másnapra kiadott

prognózis már az egész ország területére heves zivatarokat, viharos szelet, felhőszakadást, jégesőt ígért. Huszadikán nem volt egyszerű a meteorológia feladata! Az Operatív Törzs számára már reggel, a lehető legnagyobb pontossággal meg kellett mondani, hogy Budapestet érinti-e vihar, az várhatóan mikor ér ide, mely rendezvényeket kell átprogramozni, esetleg elhalasztani az időjárás miatt. A budapesti és a siófoki előrejelzők összehangolt munkájának és a rendelkezésre álló modellek (ALADIN, MM5) jó előrejelzéseinek köszönhetően már reggel 9-kor megszületett az első – és aztán a továbbiakban folyamatosan megerősített – döntés, amely így szólt: Az országon nyugat-kelet irányban instabilitási vonal fog átvonulni a déli óráktól. Az MM5 modell szerint a kialakult zivatarok 13 óra körül elérik a Szombathely-Keszthely vonalat, 15 óra körül Siófok térségét. Ha ez a valóságban is pontosan így alakul, akkor a modell előrejelzése alapján a vihar 18 óra és 18.30 között éri el Budapestet. Ha a valóság és a modell előrejelzés nem esik egybe, annak megfelelően korrigálunk a későbbiekben. Nos, korrekcióra nem volt szükség. Annak ellenére, hogy az instabilitási vonal két ágra szakadt, a modell pontosan működött. Fokozta az izgalmakat és a bizonytalanságot, hogy a zivatarrendszer előtti meleg, fűledt levegőben is benne volt egy-egy lokális zivatar kipattanásának lehetősége. Szerencsére ezt a déli óráktól a főváros fölé úszó cirrus felhőzet akadályozta meg, majd pedig már az egyre közelítő rendszer harácsolta el a kialakuláshoz szükséges energiát. Mindeközben az ünnepi rendezvények (tisztavatás, légi parádé, vízi parádé) rendben zajlottak, a Red Bull Air Race versenyét pedig két kollégánk külön, a helyszínen is biztosította.

Természetesen az előrejelzők a budapesti rendezvényeken kívül az ország egész területére adták a heves zivatarokra a figyelmet felhívó riasztásokat. Az első narancs fokozat fél 12-kor került kiadásra Nyugat-Magyarország térségére, majd fokozatosan a keletebbre lévő régiókra is. Később a narancs fokozatot piros fokozat váltotta fel. Budapest

térségére 15.30-kor került kiadásra a narancs fokozatú, 18 órakor a piros fokozatú zivatar riasztás. A riasztásokra sajtóközleményekben is folyamatosan felhívtuk a figyelmet. Ez esetben a közlemény így szólt: Piros fokozatú riasztás Pest megyére! Augusztus 20. hétfő. Nyugat, délnyugat felől egyre többfelé heves zivatar várható a régióban. Ezekben felhőszakadás (40–100 mm is lehet lokálisan), jégeső (jégmért 2 cm-t is felülmúlhatja), 90 km/h-t meghaladó szélleőkés valószínű.

A délutáni órákban már minden, az Operatív Törzs által koordinált rendezvény szervezője, lebonyolítója felkészülten várta az előrejelzett vihart. A Red Bull programját némileg rövidítették, a délutáni, pont a vihar várható idejére betervezett légibemutatót törölték. Kivetítőkön, hangosbemondókon folyamatosan figyelemztették az embereket a közelgő időjárási eseményekre. A törzs felvette a kapcsolatot az egyházzal is, hogy felhívja a figyelmet a Szent István Bazilikában tartandó istentisztelet, illetve az azt követő körmenet időjárási veszélyeire. A tanácsot megfogadva az egyház a körmenet elhagyása mellett döntött.

Ilyen körülmények között érte el Budapest területét először 18 órakor az első, gyenge zivatar, amelyet 18.30-kor, a második hullámban a várt igen heves vihar követett. Kevesen tudják, hogy bár az egy évvel korábbihoz képest teljesen eltérő időjárási körülmények között, de ugyanolyan erősségű vihart élt át a főváros. A Lágymányosi automata szélmérője ugyanúgy 34 m/s (122 km/ó) szélleőkést regisztrált, a lehulló csapadék mennyisége is hasonló volt.

A nap legnagyobb kérdése természetesen az volt, hogy ilyen időjárási körülmények között meg lehet-e tartani biztonságosan az esti tűzijátékot. Az álláspont már délután 5 órára kialakult: A zivatarvonal 19 órától elhagyja Budapestet, egy újabb rendszer pedig, amely szintén a főváros felé tart, egyrészt már jelentősen legyengül, másrészt a tűzijáték időpontjára még nem közelíti meg Budapest térségét. Így a két rendszer közötti szünetben a tűzijáték megrendezhető. Az Operatív

Törzs irányítója, Gál J. Zoltán már délután 5 órától ezt az álláspontot közvetítette a sajtó felé, amit a média meglehetősen kétkedéssel fogadott. Az OMSZ sajtóközleményben adta ki álláspontját: Augusztus 20. hétfő 19 óra. Jelenleg a városban sok helyen zivatar van, helyeként viharos szélleőkésekkel, jégesővel. A hőmérséklet 19–20 fok.

A zivatar leghevesebb része a következő fél órában halad át a városon. Este 8 órától a zivatarok kialakulásának valószínűsége csökken, 9 órára várhatóan gyenge eső, záporosodó lehet.

Természetesen egészen a tűzijáték elindításáig megvolt a lehetőség a döntés módosítására, a tűzijáték kezdete előtt egy órával, fél órával, majd 10 perccel az Operatív Törzs minden tagja a saját hatáskörén belül egyenként nyilatkozott a megrendezhetőségről. Az OMSZ prognózisába vetett bizalom meghozta a gyümölcsét. 21 órakor, bár a sötét égbolttól időről-időre bevilágították a távoli zivatarok villámai, nyugodt időjárási körülmények között elkezdődött és rendben lezajlott az ország történetének legnagyobb gonddal és felelősséggel megrendezett tűzijátéka.

A nap végén Gál J. Zoltán, államtitkár, az Operatív Törzs irányítója és a törzs minden tagja köszönetét és elismerését fejezte ki az OMSZ minden dolgozójának, aki közvetlenül, vagy közvetve részt vett az ünnep meteorológiai biztosításában.

Utóirat

Két egymást követő augusztus 20-a, a fővárosra sújtó ugyanolyan hevességű viharral, igaz két és fél óra eltéréssel. Szakmailag ugyanolyan korrekt előrejelzések. Mégis micsoda különbség! Pánik és tragédia helyett ez évben az OMSZ sikertörténete. Gyurcsány Ferenc, a Magyar Köztársaság miniszterelnöke az augusztus 20-i ünnepségeket követően munkájuk elismeréseként kitüntette az Operatív Törzs tagjait. Legyen ez a kitüntetés minden kollégámé, akik immár egy éve minden nemzeti ünnepen szakszerű, gyors intézkedésekkel, tanácsokkal segítik ottani munkámat.

Buránszkiné Sallai Márta

Statisztikai módszer a téli csapadék állapotának valószínűségi előrejelzésére

Az elmúlt 10-15 évben kevesebb, mint egymillióról több mint hárommillióra növekedett a személygépkocsi száma Magyarországon, és csaknem ugyanilyen mértékben növekedett a VFR (Visual Flight Rules) repülések száma is. Ennek következtében a korábbinál sokkal több embert érint, ha komoly havazás vagy ónos eső okoz nehézségeket a légi vagy szárazföldi közlekedésben. A legfőbb probléma, hogy ezek az új sofőrök és pilóták sokkal kevesebb gyakorlattal rendelkeznek, ezért sokkal több baleset (bár a gépkocsik törési tulajdonságai miatt kevésbé súlyos) történik, mint korábban. Szerencsére a modellek adatai is sokat javultak ebben az időszakban, így rájuk alapozva kidolgozhattunk egy PPM* módszert, amellyel előre jelezhetjük a szilárd vagy ónos csapadékot.

Csapadék állapot előrejelző módszerünket az 1975 és 1996 közötti 22 éves budapesti és ferihegyi észlelésekre és a budapesti rádiószondás adatsorra alapoztuk. A statisztika elkészítéséhez a 00, 06, 12, 18 UTC-s rádiószondás felszállások vertikális hőmérsékleti profilját használtuk talaj és a talaj+3000 méteres szint között. Ezen kívül felhasználtuk a környező órák (23, 01, 05, 07 UTC stb.) Budapest-Pestszentlőrincen és Ferihegyen mért 2 méteres hőmérséklet adatait és csapadék észleléseit.

A statisztikához a november, december, január, február, március és április havi adatokat használtuk, hiszen csak ezekben a hónapokban fordult elő hó, ónos eső, havas eső vagy fagyott eső Budapesten (azóta egyszer már volt októberben is). A csapadék események száma 00, 06, 12, 18 UTC-kor nem volt túl sok, ezért a következő módszerrel növeltük az események számát. Felhasználtuk a környező órák (23, 01 UTC, stb.) észleléseit, a rádiószondás ada-

tokat pedig módosítottuk, úgy, hogy az észlelt 2 méteres hőmérséklettel kicseréltük a TEMP távirat azonos adatát, vagyis a talaj és az első töréspont között módosítottuk a felszállási görbét. Amennyiben Budapest-Pestszentlőrincen nem észleltek csapadékot, de Ferihegyen igen, akkor a ferihegyi adatokat vettük figyelembe.

Ezzel az adatnövelő eljárással az esős esetek számát 1524-re, a fagyott esőekét 13-ra, a havas esőekét 103-ra, a havazásosokét 1092-re, az ónos esős esetek számát pedig 61-re növeltük. A závorszerű csapadékok az adott állapothoz kerültek (pl. hózápor a havazáshoz), az ónos szitálást, szitálást, szemcsés havat viszont nem tekintettük csapadéknak.

Az esetek számából látható, hogy a hóra és az esőre vonatkozóan elég adat állt rendelkezésünkre a megbízható statisztikai számításához, kevésbé megbízhatóak a havas esőre és az ónos esőre vonatkozó számításaink, míg a fagyott esőre vonatkozó statisztikai adatok elméletiek, hiszen az esetek csak arra voltak elegendőek, hogy megállapíthassuk, hogy milyen légrétegződés mellett fordulhat elő ilyen csapadék egyáltalán. A statisztikai számítások elvégzése után a valószínűségi egyenleteket adaptáltuk az ALADIN/HU mezoléptékű NWP modell vertikális hőmérsékleti profiljához. Ezek alapján meghatározhattuk, hogy az adott viszonyok között milyen valószínűséggel hullik folyékony (eső), szilárd (hó), vegyes (havas eső), túlhideg (ónos eső) vagy újrafagyott (fagyott eső) állapotú csapadék.

A csapadék keletkezése télen

A csapadék típusát, végső állapotát több, különböző hatás alakítja ki. Ezek egyrészt felhőfizikai folyamatok, amelyek a hullani kezdő csapa-

dékelem sugarát, alakját, tömegét meghatározzák, másrészt a hullás közben fellépő hatások, amelyek megolvasztják, újrafagyasztják, megnagyobbítják a hulló részecskéket. Ez utóbbiakat vizsgáltuk mi, amelyek főként a hőmérsékleti légrétegződéstől függenek.

A mérsékelt égövön a csapadék szinte kizárólag vegyes halmazállapotú felhőkben keletkezik (Young, 1993). Ezek a halmazállapotok a gőz, a folyékony (ez télen hiányozhat), a túlhideg és a szilárd. Télen a felhőkben szinte kizárólag hókristályok keletkeznek, amelyeknek sugara és alakja a felhőben uralkodó hőmérséklettől, a túltelítettség mértékétől, az áramlás sebességétől függ elsősorban. Néhány esetben azonban jégdara, hódara (zivatarfelhők) vagy alacsony szintű rétegfelhő (sztratusz) esetén apró vízcseppek vagy túlhideg vízcseppek vagy szemcsés hó keletkeznek. A feláramlás sokáig akadályozhatja a lefelé történő mozgást, ezért a felhőben található túlhideg vízcseppekről a víz átpárolog a hókristályokra, és megnöveli a méretüket (Young, 1993). Ez az átpárologás a -10, -13 °C környékén a leggyorsabb, hiszen itt a legnagyobb a különbség a vízre és a jégre vonatkoztatott telítési gőznyomás között (Young, 1993).

Amennyiben a hókristályok tömege elég nagy lesz ahhoz, hogy legyőzzék a felhőben uralkodó feláramlást, elkezdnek lefelé mozogni. Mozgás közben ütköznek más részecskékkal (túlhideg víz, hókristály), így általában tovább növekednek, de túl erős ütközés esetén összetapadás helyett szétválhatnak a hulló pelyhek. Míg a kristályok a felhő felé mozognak, újabb hatások érik őket. Amennyiben a felhő alatt a levegő száraz (ez záporos jellegű csapadékok esetében fordul elő leginkább), a kristályok elpárologhatnak, elszublimálhatnak, mielőtt elérik a talajt. Ez télen nagyon ritkán fordul elő, hiszen

hideg levegőben gyenge a párolgás, de a kristályok mérete így is csökkenhet. Ha a felhő alatt erős a légáramlás, a hópelyhek méretüktől függően tovább szóródhatnak, és esetenként a felhőtől nagyon távol érnek talajt. Amennyiben a felhő alatt a hőmérséklet pozitív, a pozitív hőmérsékletű réteg vastagságától és átlaghőmérsékletétől függően a kristályok részben vagy egészében elolvadhatnak. Ha az olvadás után újra negatív hőmérsékletű rétegbe ér a csapadékelem, már nem hókristály, hanem fagyott eső vagy ónos eső keletkezik belőle.

Mint az előzőekben láthattuk, a téli csapadék állapotát rendkívül sok tényező befolyásolja. Ezek egy részére vonatkozóan csak találgatásokra vagy laboratóriumi kísérletekre vagyunk utalva, hiszen a felhőn belüli folyamatokat senki sem vizsgálhatta zavartalan környezetben, mivel a radarok felbontása véges, a felhőbe repülő repülőgépek, szondák, léggömbök pedig megváltoztatják maguk körül a levegő állapotát. A felhőfizikai folyamatokat ezért csak laboratóriumi kísérletekből (Young, 1993) illetve felhőfizikai modellek alapján tudjuk megbecsülni, valamilyen módon előrejelezni. A felhő alatt bekövetkező folyamatokat viszont mérések és szinoptikus ismeretek alapján is elemezhetjük, előre tudjuk jelezni.

A téli csapadék állapotának, elsősorban a havazás határának előrejelzése sok országnak létfontosságú (Ausztria, Olaszország, Svájc, stb.), hiszen a téli turizmusból a gazdaságuk rendkívül sokat profitál. Más országokban, ahol rendkívül nagymértékű a közúti közlekedés (Németország, Franciaország, Hollandia, Magyarország, USA, stb.) egy ónos eső vagy egy nagyobb havazás totális közlekedési káoszt okozhat. Ezek azok az okok, ami miatt az elmúlt évtizedekben sok helyen megpróbálták a téli csapadék állapotát előrejelezni. A legtöbb helyen statisztikai összefüggéseket próbáltak felállítani a havazás, illetve a havazás határának meghatározására, az ónos eső keletkezésére (Wakonigg, 1991,

Wehry és tsai., 1997, Mokori és Ivančan-Picek, 1997, Mohnl és Sobitschka, 1988, Matyasovszki és tsai., 1993, Hirsch 2000, 2001). Ezeknek a módszereknek több hibája is volt. Egyesek csak egy pontra határozták meg az ónos eső kialakulását (Mokori és Ivančan-Picek, 1997), márpedig a szinoptikusnak nincs arra ideje, hogy a modell minden rácspontjára megnézze a pszeudó tempeket. Ezt az módszert pontszerű előrejelzéseknél (például egy reptérre szóló előrejelzésnél) érdemes használni. Megint mások azt határozták meg, hogy hol várható havazás, de a többi állapotot nem vették figyelembe (Wakonigg 1991, Wehry és tsai., 1997). Magyarországon Hirsch Tamás (Hirsch, 2000, 2001) végzett komoly vizsgálatokat a téli csapadék állapotának előrejelzésére, módszerével jól elkülöníthető a havazás és az eső, de az ónos eső már nem. Módszere, amely a relatív topográfia értékeket használja, csak az alföldi területekre (tengerszint feletti magasság kisebb, mint 300 m) adja meg a csapadék állapotát, hegyvidéki területekre már nem.

A csapadék állapot előrejelzésének másik módszere a felhőfizikai modell. Ezzel több országban is próbálkoztak, próbálkoznak. Németországban a LOKAL modellbe építettek be egy felhőfizikai modellt, amely megpróbálja meghatározni a csapadék állapotát (Dorns és Schättler, 1999). Magyarországon Geresdi István és Horváth Ákos próbálkozott meg egy felhőfizikai modell adaptálásával (Geresdi, Horváth, 2000) meghatározni a téli csapadék állapotát. Első alkalommal a modell nagyon rossz eredményeket produkált, ezért meg kellett változtatni benne néhány paramétert (esési sebesség, feláramlás parametrizációja, stb.). Ezeknek a modelleknek a hátránya, hogy a csapadék állapotot csak azokra a területekre jelzik előre, ahova csapadékot is. Természetesen megoldható, hogy azokra a területekre is legyen csapadék állapot előrejelzés, ahol nem várható csapadék, de így nagyon meg-

növekszik a futásidő, ami az elmúlt években hidegpárnás helyzetekben elő is fordult, és jelentősen lelassította, esetenként akadályozta a modell futását. Jelenleg tehát ez a módszer nem mindig használható megbízhatóan, habár fizikailag elvileg jobban leírja a folyamatokat, mint a mi statisztikai módszerünk. A szinoptikus gyakorlatban ezért a Geresdi-Horváth-féle módszert kevésbé használjuk, inkább a Hirsch Tamás és a Fövényi Attila által kidolgozott eljárásokat részesítjük előnyben (Fövényi, 1997/1, 1997/2, 1999/1, 1999/2, 2001, Hirsch, 2000, 2001).

Mivel Németországban a LOKAL modell felhőfizikai része rendkívüli módon alulbecsülte a havazásos területek nagyságát (Damrath 2001, Jaeneke 2001/1, Quarterly Report of the DWD, No. 24), ezért MOS technikát (model output statistics) alkalmaztak ennek kijavítására (Jaeneke, 2001/2). Ebben a csapadék halmazállapotát mindig óra változtatták, ha a 2 méteres hőmérséklet 2°C alatt volt. Ezzel a módszerrel viszont túl nagy területre adott havat a modell, míg a havas eső teljesen eltűnt belőle. Végül 1°C -ban határozták meg a küszöbértéket, így többé-kevésbé pontos lett a havazás határának a meghatározása, de a havas eső területét továbbra is alulbecsli a modell.

Tekintve, hogy a felhőfizikai modellek futtatása rendkívül nagy számítógépes kapacitást és gépidőt igényel, valamint sok esetben nem jól adja meg a csapadék helyét, ezért megpróbáltunk egy olyan PPM módszert kidolgozni, amelyik töredék annyi gépidőt használ fel, mint a felhőfizikai modell, közel olyan pontos, mint az, és a szinoptikus számára legalább annyi (vagy több) információt szolgáltat, mint az. A következőkben ezt az eljárást ismertetjük.

A téli csapadék állapotának valószínűségi előrejelzése

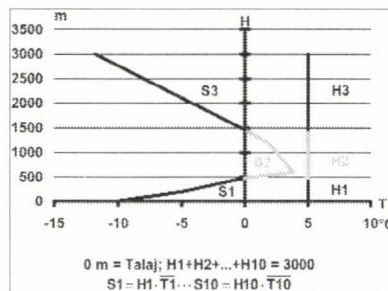
PPM módszerünkben megpróbáltuk az összes létező téli csapadék állapotot előrejelezni. Ez az öt állapot a hó

(szilárd), havas eső (vegyes), eső (folyékony), ónos eső (túlhűlt) és a fagyott eső (újrafagyott). Vizsgálataink során feltételeztük, hogy a felhőből elinduló csapadék állapota hó, amely az esetek jelentős részében igaz is. Ez alól kivétel az erősen fejlett zivatarfelhő, hiszen abban nemcsak hókristályok, hanem hódara, jégdara is található. Ilyen, erősen fejlett zivatarfelhő a téli hónapokban szerencsére csak ritkán fordul elő hazánkban, bár márciusban és áprilisban már nem szokatlan. A másik, nem hókristályokból álló felhőzet, az a hidegpárnás rétegfelhő, amelyből a hőmérséklettől függően szitálásként, ónos szitálásként vagy szemcsés hóként kezd hullani a csapadék. Azokat az eseteket, amikor ilyen csapadék hullott, kizártuk a vizsgálatainkból.

Vizsgálataink során feltételeztük, hogy a csapadék végső állapota a talaj és a talaj+3000 m közötti légrétegben alakul ki. Ez az esetek egy jelentős részében igaz, hiszen a jelentősebb (2 mm feletti) csapadékot adó felhők teteje a téli hónapokban a felszállások alapján általában 3–5 km közötti magasságban van. Természetesen, főleg kisebb csapadékok esetén, a csapadék sokkal vékonyabb felhőkből is hullhat, amelyeknek a teteje csak 1800–2500 m között van, de mint vizsgálati módszerünk ismertetésekor ki fog derülni, a csapadék végső állapota (elsősorban az ónos eső és a fagyott eső kivételével) az alsó 1000 méteres rétegben alakul ki.

Vizsgálataink során a talajtól számított alsó 3000 méteres rétegben megvizsgáltuk a pozitív és negatív hőmérsékletű rétegek egymáshoz viszonyított elhelyezkedését, vastagságukat és átlaghőmérsékletüket (1. ábra). Feltételezéseink alapján maximum 10 egymást követő pozitív-negatív réteg helyezkedhet el egymás fölött a talajtól számított alsó 3000 méteres rétegben. A gyakorlat igazolta várakozásainkat, hiszen a 22 év alatt mindössze háromszor fordult elő, hogy a pesti felszállásokban 5 db egymást váltó réteg lett volna, és az

1996–2006 közötti időszakban az ALADIN/HU modell pszeudó tempjeiben sem fordult elő hatnál (egy esetet kivéve, amikor egy erdélyi rácspontban 7 darab volt) több ilyen váltás.



1. ábra - A vertikális hőmérsékleti profil, az olvadási (S2) és az újrafagyási (S1) réteg

Ezek alapján 14 különböző vertikális rétegződési típust határoztunk meg, és ezekhez a típusokhoz 9 fajta csapadék állapot számítási algoritmust dolgoztunk ki. Itt a konkrét egyenleteket, együtthatókat nem közöljük, de érdeklődés esetén rendelkezésre tudjuk bocsátani. (A rétegződési típusok, az együtthatók és a számítási algoritmusok megtalálhatók pl. Fövényi 1999/1, 2001). A következőkben csak a rétegződési típusok leírását adjuk meg, és azt, hogy milyen csapadék hullhat az adott esetekben.

Az 1. vertikális rétegződési típus esetén az alsó 3000 méteres légrétegben a hőmérséklet mindenütt negatív, így a felhőből kihulló hópelyhek nem olvadnak el, csak szilárd (hó) halmazállapotú csapadék hullhat.

A 2. rétegződési típus esetén a talaj közelében (esetleg egészen 3000 méterig) pozitív a hőmérséklet (a továbbiakban meleg), fölötté pedig legfeljebb egy negatív hőmérsékletű (a továbbiakban hideg) légréteg található. Ilyenkor a hulló csapadék a meleg réteg vastagságától függően vagy nem olvad meg, vagy részben, vagy teljes egészében elolvad, tehát összesen háromféle állapota lehet a csapadéknak, a hó, a havas eső és az eső. Az összes vizsgált eset valamivel több, mint 91%-a ebbe a két légrétegződési típusba tartozott, ezért

ezek az összefüggések nagyon pontosak és megbízhatóak. A havas eső valószínűségét nem számoltuk ki külön, feltételeztük, hogy a havazás és az eső görbéje közötti területen csak havas eső eshet.

A 3. esetben a talaj közeli légréteg viszonylag vastag rétegben hideg, fölötté pedig 3000 méterig pozitív a hőmérséklet. Ilyenkor csak ónos eső, hó vagy fagyott eső eshet, de ilyen eset nem fordult elő az adatbázisban, úgyhogy ezek az egyenletek elméleti alapokon nyugszanak, és azonosak a negyedik légrétegződési típus egyenleteivel.

A 4. esetben a viszonylag vastag hideg légréteg fölött egy meleg, fölötté újra egy negatív hőmérsékletű légréteg található. Ezen okból, az elinduló csapadék részben vagy egészben megolvad, majd túlhűl, esetleg újrafagy, ezért ugyanazok a csapadékok fordulhatnak elő benne, mint a harmadik légrétegződés esetén. Az általunk vizsgált ónos esők közül összesen 5 eset nem tartozott ide, a fagyott esők közül pedig 2 esett más légrétegződési típusba. A hora vonatkozó egyenletek részben eltérnek a második típusban kiszámoltaktól, vagy a kevesebb esetszám vagy a magassággal változó légsűrűség miatt (a sűrűbb levegőnek nagyobb a fajhője, így több hovat tud megolvasztani). Az ónos esők esetén is viszonylag megbízhatóak az egyenletek, de a fagyott esőre vonatkozó egyenletet nem statisztikai adatok alapján, hanem elméletileg határoztuk meg (az ónos eső és a havazás mellett megmaradó rész). Az összes vizsgált csapadék esemény csaknem 8%-a ebbe a légrétegződési típusba esett, úgyhogy a maradék többi típusba kevesebb, mint 1% tartozott, ezért az ezt követő egyenletrendszer és együtthatóik elméleti megfontolásokon alapulnak, statisztikai számítások nem támasztják alá őket.

Az 5. légrétegződési típus esetén a viszonylag vastag hideg légréteg fölött egy meleg, afelett megint egy hideg, fölötté még egy meleg, afölött még egy hideg réteg található. Össze-

sen kettő ilyen eset fordult elő, a 22 év alatt egy ónos eső és egy fagyott eső. A számítási módszer az elméleti megfontolások alapján azonos az előző típus egyenleteivel.

A 6. típus esetén a viszonylag vékony negatív hőmérsékletű légréteg fölött 3000 méterig pozitív a hőmérséklet. Ez az eset derült tavaszi vagy őszi éjszakákon fordul elő, a 22 év alatt egyetlen csapadék esemény sem tartozott hozzá. Ebben az esetben eső (a vékony légrétegben nem tud túlhűlni), ónos eső (ha hideg a talaj), hó vagy havas eső eshet, a pozitív hőmérsékletű rész átlaghőmérsékletétől függően.

A 7. légrétegződés típus esetén az alsó légréteg hasonló az előzőhöz, de fölöttük még egy hideg réteg is elhelyezkedik. Ugyanazok a csapadékok fordulhatnak elő, mint az előző esetben. Az összes ónos esős eset közül három, a havas esők közül öt fordult elő ebben a helyzetben.

A 8. típus esetén még egy pozitív és egy negatív hőmérsékletű réteg helyezkedik el az előzőek fölött. A számítás módja azonos az előzővel, de ilyen eset szintén nem fordult elő a 22 év folyamán.

A 9. légrétegződés esetén az alsó meleg levegő felett egy vékony rétegben hideg, majd fölötté megint meleg és újra egy hideg légréteg helyezkedik el. Ilyen esetben a pozitív hőmérsékletű légrétegek vastagságától függően hó, havas eső vagy eső eshet. Az összes vizsgált eset közül egy havazásos, egy havas esős és kettő esős esemény tartozott ebbe a csoportba.

A 10. légrétegződési típus esetén a vastag meleg légréteg fölött egy vastag hideg légréteg, fölötté egy pozitív, afölött egy negatív hőmérsékletű réteg helyezkedik el. Bár a vastag hideg légrétegben a csapadék újrafagyhat, viszont alatta újra elolvad, ezért csak eső eshet ebben a szituációban. A számítási módszer mégis azonos az előző esetével, de ha az egyenleteket megoldjuk, akkor a havazás és a havas eső valószínűségére 0%-ot kapunk. Ilyen eset összesen egy fordult elő.

A 11. vertikális hőmérsékleti profil annyiban különbözik az előzőtől, hogy az alsó meleg légréteg vékonyabb, tehát az újrafagyott csapadék, vagy az el nem olvadt hó is leérhet a talajra, ezért ebben az esetben hó, havas eső, eső és fagyott eső is eshet. A maradék egy fagyott esős eset ilyen profil esetén fordult elő.

A 12. légrétegződésben alul egy nagyon vékony meleg légréteg fölött egy vastag hideg légréteg, fölötté egy meleg, afölött egy hideg réteg található. Ebben a szituációban mindenféle állapotú csapadék előfordulhat, hiszen a túlhideg vagy újrafagyott víz nem tud felmelegedni, elolvadni, de ha a talaj meleg, akkor a túlhideg víz nem képes ónos bevonatot képezni. A maradék egy ónos esős eset ilyen helyzetben fordult elő.

A 13. hőmérsékleti profil esetén az alsó hideg légréteg fölött váltakozva meleg, vastag hideg, meleg majd újra hideg rétegek helyezkednek el. Mivel az alsó hideg légréteg vastag, ezért az eső vagy havas eső ónos esőbe megy át, ezért ebben az esetben csak hó, ónos eső vagy fagyott eső eshet.

A 14. típus annyiban különbözik az előzőtől, hogy az alsó hideg légréteg vékony, így meleg talajfelszín esetén az eső, havas eső nem képes ónos bevonatot képezni, így ebben az esetben megint mind az ötféle állapot előfordulhat.

Felmerülhet, vajon miért számoltunk 14 különféle légrétegződési típusból csapadék állapotot, hiszen az első négy típus lefedi az összes eset 99 százalékát. Ennek az oka, hogy a maradék 10 típus ugyan statisztikailag nem számítható, de elméleti módon kikövetkeztethető, hogy milyen csapadék hullhat ezekben az esetekben. Ha ezzel az egy százalékkal nem számolnánk, akkor az ALADIN/HU térképen egyes rácspontokban nem lenne értelmezhető a függvény, így viszont ezeken a területeken is kapunk értelmezhető eredményt, így a valószínűségi térkép folytonos marad, nem lesznek rajta szakadások.

Az általunk a téli csapadék állapotának előrejelzésére kifej-

lesztett PPM módszert többféle próbának is alávetettük. Egyrészt korrelációt számoltunk a kapott értékekre, másrészt tényleges adatokon is teszteltük.

A módszer tesztelése

A kapott együtthatókat és egyenleteket leteszteltük a statisztikai adatbázisunkon, hogy megkaphassuk, milyen korrelációjuk az egyenletek. A korrelációs együtthatókat a teljes értelmezési tartományra is kiszámoltuk, és arra a tartományra is, ahol vegyes állapotú csapadék (hó, eső, ónos eső, havas eső, fagyott eső) is előfordulhat. Természetesen ez utóbbi korreláció értékek kisebbek, mint az összes esetre vonatkozó adatok. Az egyenleteket megoldva a korrelációs együtthatókra (előjel nélkül) a következő értékeket kaptuk. Eső esetén a vegyes tartományban 0.906, a teljes tartományra vonatkoztatva 0.978, hóra vonatkoztatva 0.919 és 0.981. A másik három állapot esetén az együtthatók lényegesen rosszabbak, ami érthető is, hiszen sokkal kevesebb esetből lettek kiszámolva, illetve több alkalommal csak elméleti módon határozhattuk meg az együtthatókat. Ha az általunk számolt értékeket az összes esetre vonatkoztatjuk, akkor az együtthatók 0.95 és 0.97 között voltak, de ha csak azokra a tartományokra, amikor ezek a fázisok előfordulnak, lényegesen rosszabb a korrelációs együttható, 0.57 havas esőre, 0.59 fagyott esőre és 0.79 ónos esőre.

Miután a korrelációs együtthatókat kiszámoltuk, elkezdtük a módszert tényleges adatokon tesztelni. Ehhez a teszteléshez az 1996–97-es tél adatai voltak az elsők, amelyeket felhasználunk, és azóta is ellenőrizzük a beválást a statisztikai adatbázistól független budapesti adatokon. Sajnos jelenleg a Budapest-Pestszentlőrinc SYNOP állomás napjában csak kétszer végez rádiószondás mérést, 00 és 12 UTC-kor. Ezért csak azokat a csapadék eseményeket tudjuk vizsgálni, amelyek ezekben az időpontban (1 óra) következtek be. Ezekben az esetekben már nemcsak azokat a

csapadék fajtákat használtuk, amelyekből a statisztika készült, hanem azokat is, amelyek hidegpárnás rétegfelhőből vagy zivatarfelhőből hullottak. Ennek következtében esetenként nem olyan állapotú csapadék hullott, mint amelyet előrejeleztünk. Amennyiben hidegpárnás helyzetben az előrejelzett állapot ónos eső, többnyire ónos szitálás hullik, amikor viszont havat vagy fagyott esőt jelez előre a módszerünk, a valóságban szemcsés hó vagy ónos szitálás fordul elő. Zivatarfelhő esetén (főleg márciusban, áprilisban) eső helyett hózápor vagy jégdara zápor esik, a felhő alatti hidegleáramlás és a párolgó csapadék hűtő hatása miatt.

Az elmúlt telek (1996/97-2006/07) folyamán a módszerünk bevétele 94 és 98% között változott, ami véleményünk szerint meglepően jó eredmény, főként, hogy a statisztikai feldolgozásban nem szereplő hidegpárnás csapadékokra is sok esetben jó előrejelzést adott az általunk kifejlesztett PPM módszer. Konkrét adatokon tehát a téli félévi (október-április) 90-110 csapadék eseményt tekintve (ha 23, 00 és 01 UTC-kor is esett, akkor az 3 eseménynek számított) évente 2-8 esetben volt más állapotú csapadék, mint amit előrejeleztünk, szinte kizárólag hidegpárnás szitálás, szemcsés hó, illetve tavaszi hózápor, jégdara zápor esetén.

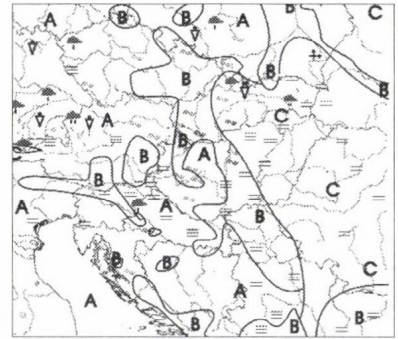
A módszer használata modell adatokon

Egy módszer csak akkor jó, ha a szinoptikus gyakorlatban is alkalmazhatónak bizonyul. Ezért az eljárást megpróbáltuk az ALADIN/HU modellhez adaptálni. Ennek segítségével 1998 óta készülnek az OMSZ-ban csapadék állapot előrejelzések. A HAWK rendszerben szerencsére négy különböző állapot valószínűségeit is ábrázolhatjuk egyszerre. Amennyiben az ALADIN/HU modell hőmérsékleti profil előrejelzései pontosak, a csapadék állapotának meghatározása is pontos lesz. Sajnos főként hidegpárnás helyzetben az ALADIN/HU modell vertikális profilja

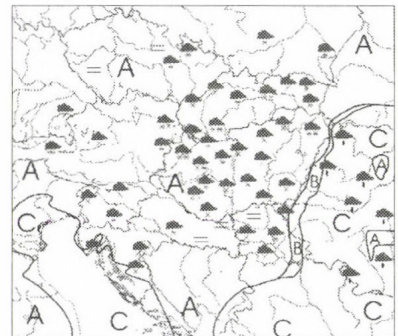
esetenként rendkívül rossz volt, bár az utóbbi két évben lényegesen kisebb a hiba mint korábban (Fövényi, 2006). Szerencsére a veszélyes csapadék eseményeknek csak egy kis része kapcsolódik hidegpárnás időjárási szituációhoz, de ezek többsége ónos esőt okoz, ami rendkívül veszélyes mind a közúti, mind a légi közlekedésre. Tapasztalataink alapján a csapadék állapot váltás határát melegfrontok esetén 50-100 km pontossággal jelzi előre a modell, hidegfrontok vagy okklúziós frontok esetén ez az eltérés csak 10-20 km. Megfigyeléseink szerint az ALADIN/HU modell lényegesen hamarabb melegíti a légkör alsó részét téli melegfrontok esetén, mint az a valóságban bekövetkezik (Fövényi, 2006), ezért az ónos eső vagy a havazás területe kisebb lesz a ténylegesnél. A modell másik hibája, hogy a modellmagasság és a tényleges topográfiai magasság esetenként lényegesen eltér egymástól. Ilyen eltérés a magyarországi hegyeknél is előfordul, például korábban a modellben 500 m, jelenleg 650 m magas a Mátra, ezért havas esőt vagy esőt jelez előre a modell, míg Kékestetőn vagy Galyatetőn 10-20 cm hó esik le. Ugyanez a hibajelenség a környező országok hegyeinél is előfordul. A Balatonnál a modell a klímaátlagot használja a hőmérséklet számítására, ezért a tó környékén télen melegebb a levegő a ténylegesnél, és ezért sokszor esőt jelez előre hó vagy ónos eső helyett. A következő ábrákon néhány nagyon pontos, és néhány kevésbé pontos előrejelzést láthatunk (1. táblázat, 2-5. ábra).

Jel	Jelenség
	Gyenge intenzitású eső
	Közepes vagy erős intenzitású eső
	Gyenge, közepes vagy erős intenzitású havas eső
	Hőszállingózás, gyenge havazás
	Közepes vagy erős intenzitású havazás
	Gyenge, közepes vagy erős intenzitású ónos eső
	Gyenge, közepes vagy erős intenzitású fagyott eső
	Gyenge, közepes vagy erős intenzitású záporosó
	Gyenge, közepes vagy erős intenzitású hózápor
	Gyenge, közepes vagy erős intenzitású zivatar esővel
	Alacsony vagy magas szintű hófúvás
	Párásság
	Kód vagy zuzmázás kód

1. táblázat A térképen használt jelek és magyarázatuk

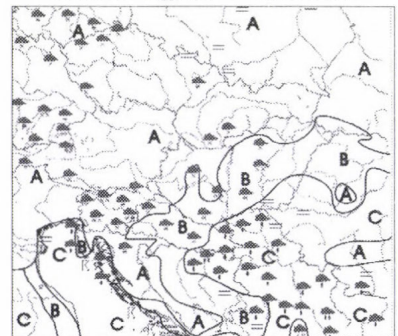


2. ábra - Előrejelzett és tényleges csapadék - 1998. 12. 12. 09 UTC "A" terület: eső, "B" terület: ónos eső, "C" terület: hó



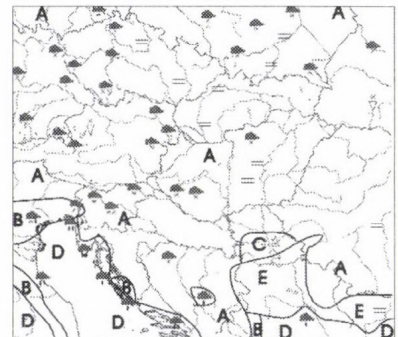
3. ábra - Előrejelzett és tényleges csapadék - 1999. 02. 11. 06 UTC

"A" terület: hó, "B" terület: ónos eső, eső, havas eső vagy hó, "C" terület: eső



4. ábra - Előrejelzett és tényleges csapadék - 2003. 01. 05. 12 UTC

"A" terület: hó, "B" terület: eső, havas eső vagy hó, "C" terület: eső



5. ábra - Előrejelzett és tényleges csapadék - 2003. 01. 07. 00 UTC

"A" terület: hó, "B" terület: eső, havas eső vagy hó, "C" terület: fagyott eső, "D" terület: eső, "E" terület: ónos eső

Eredmények, hiányosságok, összefoglalás

Módszerünk a gyakorlatban rendkívül jól vizsgázott, több országból is elkérték az algoritmusát, amelyet több proceeding kiadványban is leközöltünk (lásd korábban), illetve több munkaértekezleten (ALADIN workshop, ECAM konferencia) is bemutattunk. Magyarországon a módszer beépült az ALADIN/HU modell utófeldolgozási (post-processing) eljárásai közé, és eredményei a HAWK megjelenítő rendszerben megtekinthetők. A módszert az ECMWF modell utófeldolgozásához Tóth Helga igazította hozzá, így az automatikus-prognózis készítő eljárásba is beépülhetett. Felhasználásával a világ számos városára készül teljesen automatikus csapadék állapot előrejelzés a modellekből.

A módszer, statisztikai jellegénél fogva, nem tud kezelni egyes felhőhöz kapcsolódó fizikai folyamatokat, ezért tévesen számol. Ilyen típusú hiba az, hogy nem számol a zivatarfelhőből lezúduló hideg levegővel, és a csapadék párolgásából vagy olvadásából származó hűtő hatással, így zivatarfelhő esetén fölülbecsli a folyékony vagy vegyes halmazállapot valószínűségét a szilárdal szemben. Ez a hiba főként a márciusi, áprilisi hózáporok, hózivatarok esetén jelentkezik.

Az alacsony szintű rétegfelhőből (hidegpárna) hulló csapadék nem hókristályként indul el, hanem gyakran folyékony vagy túlhűlt vízcseppként, ezért ilyenkor a szilárd állapot (hó, fagyott eső) túlsúlyban van a módszer alapján a tényleges szítálással, ónos szítálással szemben.

Mivel az általunk használt PPM eljárás tényleges méréseken alapszik, ezért rendkívül érzékeny a határérték hőmérsékleti rétegződésének modell hibáira. Ezek a hibák esetenként igen komolyan befolyásolhatják a módszer hatékonyságát. Ezeket az ALADIN.HU modell esetén rendszeresen előforduló hibákat, és a hozzájuk tartozó hibás csapadék állapotokat korábban már ismertettük (modell topográfia, Balaton, Adriai-

tenger, hidegpárna), ezért itt nem mutatjuk be újra.

A módszer előnye, hogy egyes esetekben egyszerre több lehetséges állapot valószínűségét is megadja, (pl. 40% hó, 25% eső, 35% havas eső) így a szinoptikus tudhatja, hogy intenzív csapadék esetén inkább hó, míg gyenge intenzitás esetén inkább eső fog hullani.

Az általunk használt eljárás a Hirsch Tamás, illetve a Geresdi-Horváth féle módszerrel együtt használva sok segítséget nyújt az operatív gyakorlatban, hiszen ha mindhárom havazást vagy esőt ad, akkor biztosak lehetünk abban, hogy hó vagy eső esik, de ha különböznek egymástól, akkor érdemes elgondolkozni azon, hogy vajon milyen csapadék is fog esni.

Fővényi Attila

Irodalom jegyzék

- Damrath, U., 2001: Verification of the operational NWP models at DWD, Proceedings of International Training Seminar - Design, Products and Operational Use of the NWP Model-Chain of the DWD, 23-27 April 2001, 33 pages
- Doms, G., Schättler, U., 1999: The Nonhydrostatic Limited-Area Model (Lokal-Modell) of DWD. Part I: Scientific Documentation, Deutscher Wetterdienst, Geschäftsbereich Forschung und Entwicklung, Offenbach am Main, Germany, 1999.
- Fővényi, A., 1997/1: Making low level significant weather chart in the Hungarian Meteorological Service, Annalen der Meteorologie No. 35. pp. 308-310, 1997.
- Fővényi, A., 1997/2: Making low level significant weather charts in the Hungarian Meteorological Service, RC LACE Bulletin No. 3., 6 pages, Budapest, 1997.
- Fővényi, A., 1999/1: Probability Forecasting of Different States of precipitation Using ALADIN Data, RC LACE Bulletin No. 7, 4 pages, Ljubljana, Slovenia, 1999.
- Fővényi, A., 1999/2: Short and Ultra Short Range Forecasting of Hazardous Precipitation for VFR Flights, Proceedings of Fourth European Conference on Applications of Meteorology, ECAM 99, 13-17 September 1999, P-043/pp. 1-3, Norrköping, Sweden, 1999.
- Fővényi, A., 2001: Probability forecast of state of winter precipitation using NWP model data, Proceedings of Fifth European Conference on Applications of Meteorology, ECAM 2001, 24-28 September 2001, Budapest, Hungary, Theme 1 P-01 pp. 1-7
- Fővényi A., 2006: Egy szokatlan időjárási jelenség Budapesten, Léggör, 51. évf. 2006/4, pp. 32-34, Budapest, 2006
- Geresdi, I., Horváth, Á 2000: Nowcasting of precipitation type. Part I.: Winter precipitation, Időjárás, Vol. 104, pp. 241-252, Budapest, 2000.
- Hirsch, T., 2000: Synoptic-climatological investigation of weather systems causing heavy precipitation in winter in Hungary, Időjárás Vol. 104 No. 3., pp. 173-196
- Hirsch, T., 2001: Forecasting the State of Heavy Precipitation in Winter Considering the Demands of Traffic Authorities, Proceedings of Fifth European Conference on Applications of Meteorology, ECAM 2001, 24-28 September 2001, Budapest, Hungary, Theme 2 16 pp. 1-4
- Jaeneke, M., 2001/1: Synoptic Verification Case-studies, Proceedings of International Training Seminar - Design, Products and Operational Use of the NWP Model-Chain of the DWD, 23-27 April 2001, pp. 4/1-13
- Jaeneke M., 2001/2: Operational products of GME and LM - Local products (Metograms, DMO, Kalman-filter, MOS, PPM), Proceedings of International Training Seminar - Design, Products and Operational Use of the NWP Model-Chain of the DWD, 23-27 April 2001
- Matyasovszky I., Németh L., Németh P., Takács Á., 1993: A téli csapadék halmazállapotának előrejelzése, Beszámolók az 1990-ben végzett tudományos kutatásokról, OMSz, Budapest, 1993
- Mohr, H., Sobitschka W., 1988: Die beiden Schneekatastrophen in Südbösterreich zwischen 31. Januar und 10. Februar 1986, Wetter und Leben 40, Heft 3.
- Mokori M., Ivančan-Picek, B., 1997: The use of ALADIN/LACE pseudotemps in forecasting freezing rain, Annalen der Meteorologie No. 35, pp. 290-292, Offenbach am Main, Germany, 1997.
- Performance Statistics, verification and diagnostics, Quarterly Report of the Operational NWP-Models of the Deutscher Wetterdienst, No. 24, pp. 15-41
- Young, K. C., 1993: Microphysical Processes in Clouds, pp 23-107, Oxford University Press, New York, 1993
- Wakonigg H., 1991: Typen der Niederschlagsverteilung im österreichischem Alpenraum, Wetter und Leben 43, Heft 1-3.
- Wehry, W., Enke, W., Gerecht, C., Langer, I., Lesch, L., Wohlfart, U., 1997: Nowcasting mit empirischen Verfahren und numerischer Guidance, Zusammenfassung des Zwischenberichtes vom Juni 1997., 1997.

HIDEGFRONT-ÁTVONULÁSRÓL MÁSKÉPPEN

Bevezetés

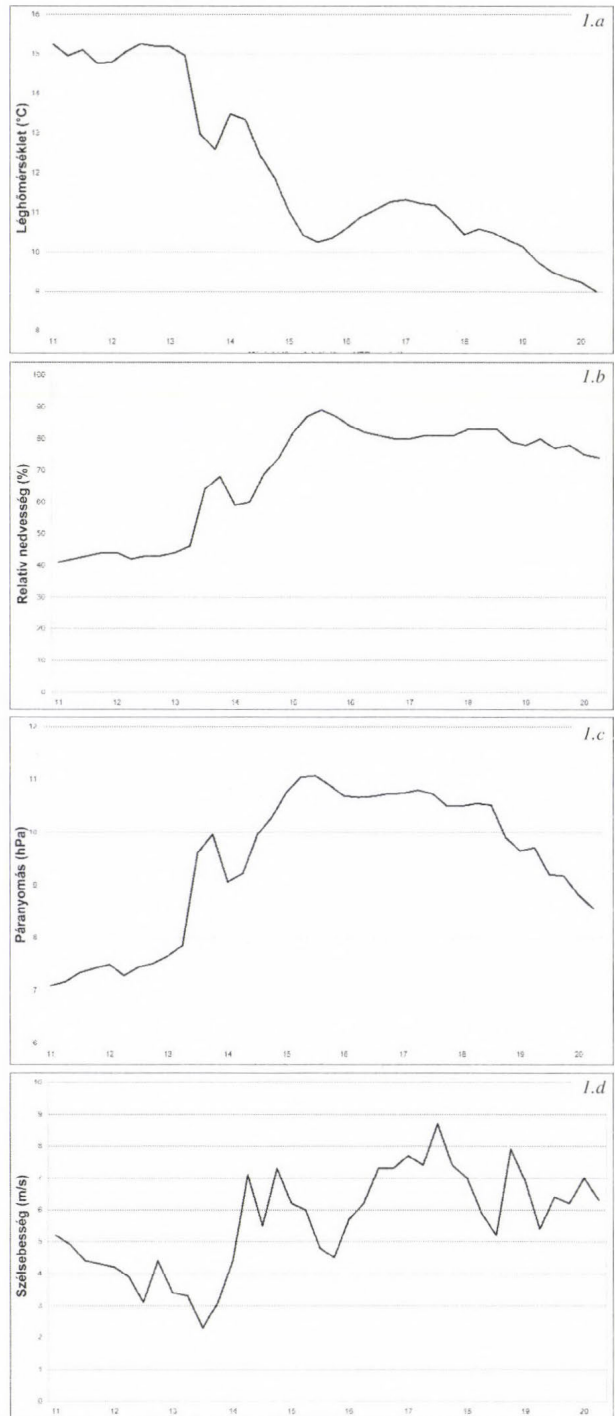
A frontátvonulás szélfordulással, szélerősődéssel, a levegő hő- és nedvességi állapotának megváltozásával és csapadékhullással jár. Mindezek olyan jelenségek, melyek markánsan meghatározzák az időjárást. Felvetődik a kérdés, hogy kapcsolatba hozható-e a frontátvonulással járó időjárás változás egyes meteorológiai mutatókkal? Ha igen, melyek ezek a mutatók és milyen jellegű a kapcsolat? E témakörrel kapcsolatos vizsgálatok egyértelműen a nedves hőmérő hőmérsékletének (T_w) fontosságára utalnak. Ez az állapothatározó főleg a frontok átvonulása során, illetve légtömegben belül tapasztalható zivatartermékenységgel hozható kapcsolatba. E kapcsolatrendszer vizsgálatával sokan foglalkoztak és foglalkoznak. Ezek közül a munkák közül kiemelendő *Eltahir és Pal (1996)* munkája, melyben a felszín közeli nedvességi viszonyok és a konvektív zivatarok illetve csapadékmennyiségek közötti kapcsolatot vizsgálták az Amazonas térségében. E kutatások trópusi éghajlatra és síkvidéki területre vonatkoznak. A talaj közeli légrétegek nedvességi állapotát T_w -vel jellemezték. Megállapították, hogy a nedves hőmérő hőmérsékletének emelkedésével lineárisan nő a zivatarok kialakulásának valószínűsége és a konvektív csapadékmennyiség. Kimutatták azt is, hogy a zivatarok ki sem alakulnak, ha a T_w kisebb egy bizonyos minimális küszöbértéknél. A trópusokban e küszöbérték $22\text{ }^\circ\text{C}$. *Früh és Wirth (2002)* tesztelték Eltahir és Pal eredményeit közép-európai hegyvidéki viszonyokra. Megállapították, hogy az Eltahir-Pal-féle küszöbérték Dél-Németország éghajlati viszonyaira $9\text{ }^\circ\text{C}$ körül van, és a lineáris jellegű kapcsolat a csapadékot adó zivatarok kialakulásának valószínűsége és a T_w értékei között továbbra is fennállt. Egyértelmű kapcsolatot a nedves hőmérő hőmérséklete és a konvektív eredetű csapadékmennyiségek között azonban nem találtak.

Egy előbbi munkánkban (*Seres és Ács, 2006*) megmutattuk, hogy frontátvonuláskor közömbös a légrétegződés, és ennek megfelelően az L_{mon} stabilitási paraméter igen nagy értékeket vesz fel ($L_{\text{mon}} \rightarrow \infty$). De e tény nem tükrözi a frontátvonulással járó állapotváltozások lényegét. E változások jellegének és mértékének kifejezésére az egyik legjobb mutató a T_w hőmérséklet változásainak nyomon követése. E munka célja ennek illusztrálása egy hidegfront-átvonulás példáján. Az esettanulmányunk egy 1992. május 1-jén Braunschweig városa felett átvonuló hidegfrontra vonatkozik.

Adatok és módszertan

Az elemzéshez – mint ahogy már említettük – a braunschweigi (Németország) szinoptikus meteorológiai állomás hat napos (1992. április 28.-tól 1992. május 3.-ig tartó)

és 15 perces időléptékű adatsorát használtuk fel. Az adatsort, azaz a légköri határfeltételeket a léghőmérséklet, a



1. ábra 1992. május 1-jén, a 10:44 UTC és 19:59 UTC közötti időszakban, 15 perces felbontásban mért a) léghőmérséklet-, b) relatív nedvesség-, c) párányomás- és d) szélsebesség-értékek a braunschweig-i (Németország) szinoptikus állomáson.

relatív nedvesség, a párányomás, a szélsébség, a globálisugárzás, a légköri viisszasugárzás és a csapadék mért értékei alkotják. A május 1-jén áthaladó hidegfront egyértelműen felismerhető és lokalizálható. Ehhez az adatsorból kiválasztott adatokon (1. ábra) kívül, NCEP reanalízis térképeket használtunk fel (2. ábra). A térképek alapján képet kaphatunk a talajszinti légnyomás területi eloszlásáról, az 500 hPa-os és a 850 hPa-os légnyomás szint magasságáról és hőmérsékleti viszonyairól, illetve a 700 hPa-os nyomási szint magasságáról és nedvességi mezejéről. Május 1-jén 00 UTC-kor egy ciklon helyezkedett el a Brit-szigetektől északra, melynek hidegfrontja épp a Brit-szigetek felett húzódott (2a. ábra). A front helyét szépen kirajzolták a talajszinti, ciklonális görbületű izobárok, a 850 hPa-os nyomási szint hőmérsékleti viszonyai és izohipszái és a 700 hPa-os szint légnedvességi mezeje. Állomásunk ekkor még a ciklon előoldali áramlási rendszerében, ún. meleg szektorában helyezkedett el, melyben száraz és meleg volt levegő. A reanalízis következő időlépcsőjében, május 1-jén 12 UTC-kor, a front már Németország nyugati területei felett, azaz az állomástól nyugatra, tartózkodott (2b. ábra). Ez elsősorban a 700 hPa-os, illetve a 850 hPa-os szint térképein szembetűnő. Az adatsor tanúsága szerint 13 és 16 között csapadék hullott. A csapadék intenzitása nem volt túl nagy, 15 perc alatt 0,1–0,3 mm közötti mennyiségeket észleltek. A csapadék hatására csökkent a hőmérséklet, illetve nőtt a párányomás

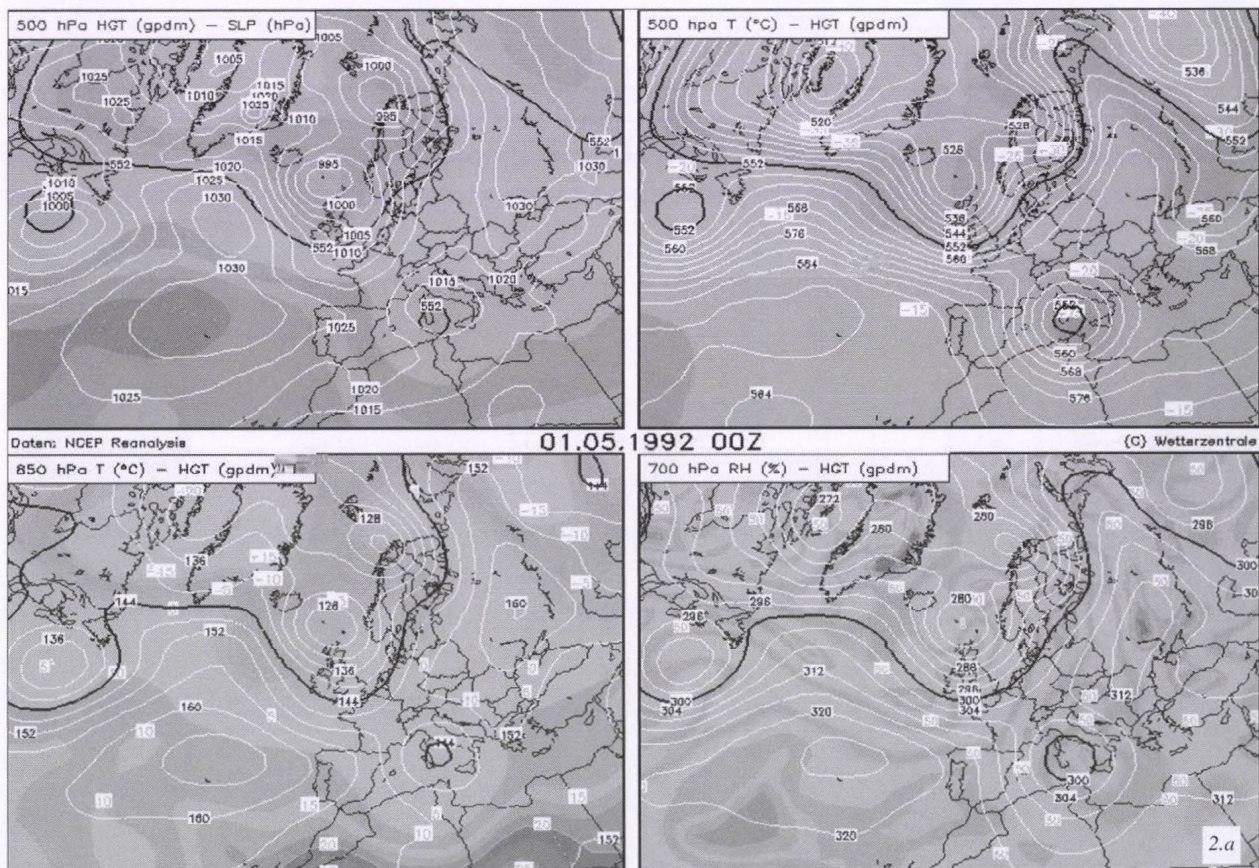
és a relatív nedvesség. Eközben a szélsébség elérte a 7 m/s-os értéket. Érdekes, hogy a hőmérséklet csökkenésében volt egy rövid ideig tartó megtorpanás. Később, 16 órakor átmenetileg elállt a csapadék, illetve gyengült a szél. A szél nemsokára újra erősebb lett, értéke meghaladta a 8 m/s-ot. A léghőmérséklet átmenetileg emelkedett, majd újra csökkenni kezdett. 18 órakor újra csapadékhullás kezdődött, amely 1 órán keresztül tartott. A szél eközben továbbra is mérsékelt, időnként élénk volt, majd estétől fokozatosan gyengült. A front, a fent leírtak alapján, feltehetően 16 és 18 óra között vonult át az állomás felett. Május 2. 00 UTC-re készített reanalízis térképen jól látható, hogy a front mögött a magasban hűvösebb és szárazabb levegő érkezett (2c. ábra).

Mivel a mérési adatsorunkból sajnos hiányzik a nedves hőmérő hőmérséklete, azt származtatnunk kellett.

A nedves hőmérő hőmérséklete (T_w) a levegőnek az a legalacsonyabb hőmérséklete, amelyre a nedves levegő izobárikusan, a víz bepárologatásával lehűthető. A nedves hőmérsékletet nedvesen tartott, szellőztetett hőmérővel mérjük vagy a következő képlet alapján is becsülhető:

$$T_w \equiv T - \frac{L}{c_{pd}} (r' - r)$$

ahol, L a párolgási hő (ismert), T a nedves levegő hőmérséklete (mérjük), c_{pd} a száraz levegő specifikus hőkapacitása (ismert), r a keverési, míg r' telítési keverési arány.



⇐ 2. ábra 1992. május 1-jére a) 00 UTC-re és b) 12 UTC-re, illetve c) 1992. május 2-ára 00 UTC-re vonatkozó NCEP reanalízis térképek. Mindhárom blokkban a bal felső térkép az 500 hPa-os szint magasságát (szürke árnyalatok és fekete vonal) és a tenger szintre számított légnyomást (fehér vonalak) mutatja. A jobb felső térkép az 500 hPa-os szint magasságát (fehér és fekete vonalak) és hőmérsékleti viszonyait (szürke árnyalatok) mutatja. A bal alsó térkép a 850 hPa-os szint magasságát (fehér és fekete vonalak) és hőmérsékleti eloszlását (szürke árnyalat) szemlélteti. A jobb alsó képen a 700 hPa-os szint nedvességi (szürke árnyalatok) és hőmérsékleti viszonyait (fehér vonalak) láthatjuk.

Az r keverési arányt

$$r \equiv \frac{0,622e}{p},$$

míg az r' telítési keverési arányt, az

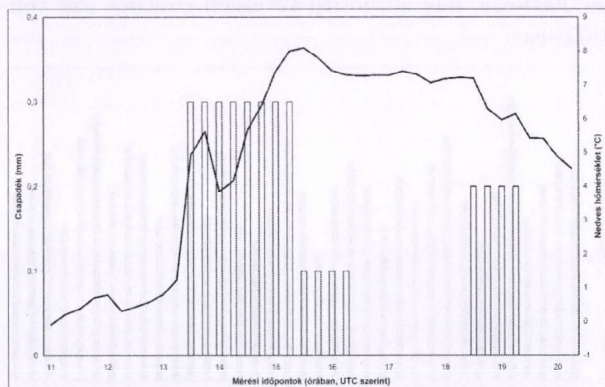
$$r' \equiv \frac{0,622e_s}{p}$$

képlettel számítjuk, ahol p a légnyomás, e a párányomás (mérjük), e_s a telítési párányomás (lég hőmérsékletből számítható).

E szinoptikus állomáson azonban nem ismerjük sem az állomásszinti, sem pedig a tengerszinti légnyomást. Így ezek hiányában csak durva közelítéssel számíthatók a keverési arányok és így a nedves hőmérséklet is. A száraz levegő nyomását ($p_{\text{száraz}}$) – a sűrűségét (ρ) állandónak véve – az állapotegyenlet alapján számíthatjuk a mért lég hőmérséklet (T) függvényében. Az állapotegyenletet az alábbi alakban használtuk fel:

$$p_{\text{száraz}} = \rho R_d T,$$

ahol R_d a száraz levegő specifikus gázállandója. Természetesen a mért lég hőmérséklet is hibával terhelt adat. A p légnyomás a száraz levegő és a vízgőz parciális nyomásának (a párányomásnak) összege. Végül a p ismeretében a keverési arányok is számíthatók.



3. ábra 1992. május 1-jén, a 10:44 UTC és 19:59 UTC közötti időszakban észlelt csapadékösszegek (bal tengely) és számított nedves hőmérsékleti értékek (jobb tengely) időbeli alakulása. Az adatsor felbontása 15 perc.

Eredmények

A 3. ábrán a május 1-jei hidegfrontot kísérő csapadékhullásnak, illetve a nedves hőmérő hőmérsékletének időbeli változását láthatjuk. Szembetűnő, hogy a csapadékhullást megelőző időszakban, azaz 12 és 13 óra között, emelkedni kezdett a T_w , melynek mértéke majdnem 1 °C. Ennek oka

a keverési arányok közötti különbségek erőteljes csökkenése, mivel a lég hőmérséklet kis ingadozással közel azonos maradt. A csapadéktevékenység során, egy átmeneti kis mértékű csökkenést kivéve, tovább emelkedett a nedves hőmérő hőmérséklete. A T_w értéke a csapadék intenzitás gyengülésével kis mértékben csökkent, majd a csapadékhullás megszűnése után viszonylag állandó maradt. Később, közvetlenül a második csapadékos időszak előtt, az előző esethez képest sokkal kevésbé feltűnően, mindössze 0,2 °C-kal, de ismételtelen megnőtt a nedves hőmérő hőmérséklete. Érdekes, hogy ebben az esetben – az első időszaknál látottaktól eltérően – T_w értéke már a csapadékhullás ideje alatt csökkenni kezdett. Ennek fő oka, hogy a keverési arány és a telítési keverési arány közötti különbség nem változott jelentősen, miközben a hidegfront miatt, a hideg advekcio hatására a lég hőmérséklet csökkenni kezdett.

Konklúzió

Az esettanulmányunk alapján a hidegfront átvonulásával járó változások (a hőmérséklet csökkenése, a nedvesség és a szélesebbesség megnövekedése, a szélfordulás, a csapadékhullás) mértékének jellemzésére igen jó mutató a nedves hőmérő hőmérsékletének változása. A T_w ugyan nehezebben becsülhető, mint a hőmérséklet, a szélesebbesség vagy a párányomás, de változásai nagyobbak, mint ezen állapot-határozók változásai. Ezt az eredményt a T_w igen durva becslése ellenére is megkaptuk. Ezért hidegfront átvonuláskor a T_w markáns megnövekedése fontos meteorológiai sajátosság. Többek között azért is, mert a T_w változások kapcsolatba hozhatók a frontális csapadékmennyiséggel is (Eltahir és Pal, 1996). E kapcsolat esetleg az ultrarövidtávú előrejelzési (nowcasting) célokra is alkalmazható, az ezzel kapcsolatos hazai kutatások folyamatban vannak.

Seres András Tamás

ELTE, Meteorológiai Tanszék,
doktorandusz hallgató

és Ács Ferenc

ELTE, Meteorológiai Tanszék, egyetemi docens

Felhasznált irodalom

- Ács, F., 2004: A talaj-növény-légkör rendszer modellezése a meteorológiában: A növényi párolgás és a talaj kapcsolata. ELTE-TTK, Egyetemi jegyzet, 117 pp.
- Eltahir, E. A. B., and Pal, J., 1996: Relationship Between Surface Conditions and Subsequent Rainfall in Convective Storms. Journal of Geophysical Research, 101(D21): 26,237-26,245
- Früh, B. and Wirth, V., 2002: The Role of Surface Wet Bulb Temperature For Subsequent Convective Rainfall In Midlatitudes. Poster, EGS XXVII General Assembly, Nice, 21-26 April 2002, abstract #2836
- Seres, A. T. és Ács, F., 2006: A szinoptikus helyzetek és a felszín közeli légkör stabilitási viszonyainak párhuzamos elemzése. Légkör, 51. évfolyam, 3. szám, 20-23.
- NCEP reanalízis térképek. Forrás:
<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsrea2eur.html>

A ZIVATAROK STATISZTIKAI ELEMZÉSE DEBRECENBEN

Bevezetés

Hazánkban az első zivatarklimatológiai elemzések Héjas (1898, 1909) és Raum (1910) nevéhez fűződnek. Héjas a légköri nyomásmezők és a zivatarok területi eloszlása közötti kapcsolatot elemezte. A zivatarokat jellemző adatokat vizuális megfigyelések alapján kapta. Újabb zivatarklimatológiai jellegű tanulmányok az 1960-as években jelentek meg (Besze 1960; Adámy és Máhr, 1963; Ozorai, 1965; Götz és Pápainé, 1966, 1967). Götz és Pápainé a zivatarok területi eloszlását egy 10 éves időszakban tanulmányozta mind a téli, mind a nyári évszakban. Az adatok ezúttal is a vizuális megfigyelésekből származtak. Az utóbbi években is készültek zivatarklimatológiai elemzések (Seres, 2006; Horváth és mtsai., 2006; Horváth és mtsai., 2007). Ezeknél az elemzéseknél azonban az adatok már radarmegfigyelésekből származnak.

E tanulmányban a zivatartevékenységet statisztikai elemzését más szempontok alapján végezzük. Arra mutatunk rá, hogy a zivatartevékenység karakterisztikái kapcsolatba hozhatók a felszín közeli légkör hő és nedvességi állapotával valamint a felszín közeli légkör elektromos jelenségeivel is. Az elemzést Debrecen-Kismacs Agrometeorológiai Állomás és Nagycenk Geofizikai Observatórium adatai alapján végeztük el.

Megfigyelések és mérési adatok

A meteorológiai és a zivatarral kapcsolatos adatokat Debrecen-Kismacs Agrometeorológiai Állomás (Szász, 2002), míg a felszín közeli légkör elektromos jelenségeivel kapcsolatos adatokat a Nagycenk Geofizikai Observatórium (Wesztergom, 2001) szolgáltatta. Az agrometeorológiai adatsor az 1971–2006 időszakra vonatkozik. Tartalmazza a léghőmérséklet, a légnedvesség és a nedves hőmérő hőmérsékletének hatóránként mért értékeit illetve a napi csapadékösszegeket. Fontos megjegyezni, hogy a nedves hőmérő hőmérsékletének adatai csak az 1971–1996 időszakra vonatkoznak. Ezen kívül az adatsor tartalmazza a fontos időjárási jelenségek perc pontosságú változásait is. Ilyen jelenség például a *zivatar*. A zivatar kezdetének azt az időpontot tekintjük, amikor az első mennydörgés hallható, tekintet nélkül arra, hogy a villámlás látható-e vagy sem. A zivatar akkor fejeződik be, ha a legutolsó mennydörgéstől számítva már elmúlt 10–15 perc. Tanulmányunkban csak azok a zivatarok szerepelnek, amelyek csapadékhullást eredményeztek, azaz a csapadékhullás nélküli zivatarokkal nem foglalkoztunk.

A Nagycenk Geofizikai Observatórium adatai az 1994–1998 időszakra vonatkozik. Az adatok a pont-

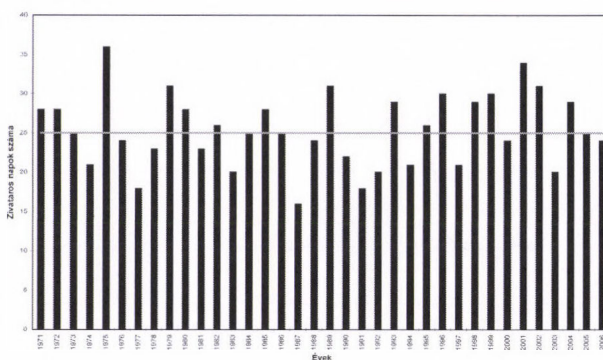
kisülések* által szállított + és - töltés mennyiségek időbeli változásait jellemzik. A felhasznált adatsor órás átlagértékekből áll, és tartalmazza a napi és a havi értékeket is. Látható, hogy egyrészt a két adatsor két egymástól igen távoli településre (Debrecen és Sopron környéke) vonatkozik, másrészt az adatok időbeli átfedése is maximum 5, de bizonyos esetekben csak 3 év.

Eredmények

E tanulmányban a zivatartevékenységet három szempontból is elemezzük. Először a zivatartevékenység időbeli változásainak karakterisztikáit ismertetjük. Utána összehasonlító elemzést végzünk a zivatartevékenység és a felszín közeli légköri elektromosság karakterisztikái között. Végül, de nem utolsósorban górcső alá vesszük a zivatarok intenzitása és a felszín közeli levegő hő és nedvességi állapota közötti kapcsolatot is.

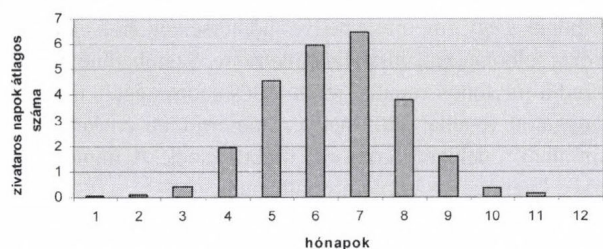
A zivataros napok és órák időbeli változása

Az évi zivataros napok számának változásait az 1971–2006 időszakban az 1. ábra szemlélteti. Látható, hogy az egyes évek közötti eltérések nagyok. Legkevesebb zivataros nap 1987-ben, míg a legtöbb zivataros nap 1975-ben volt. A 35 éves időszakban évente átlagban 25 csapadékos zivataros nap fordult elő. Az utolsó hat éves időszakban az átlagosnál több ilyen nap volt 2001-ben, 2002-ben és 2004-ben, míg átlagosnál kevesebb zivataros nap volt 2003-ban.



1. ábra: Az évi zivataros napok számának változásai Debrecen környékén az 1971–2006 időszakban. Az egyenes szürke vonal a 35 év átlagát mutatja, körülbelül 25 nap. (Megj.: a 2006. évi érték az januártól szeptemberig terjedő időszakra vonatkozik)

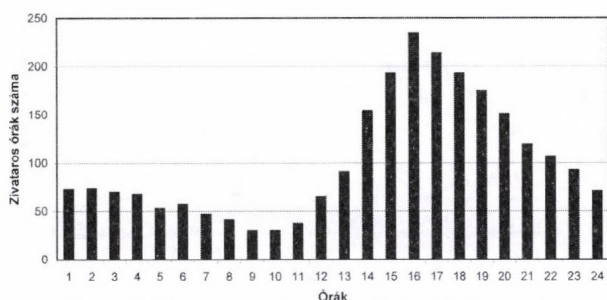
A 2. ábra az 1971–2006 időszakra jellemző átlagos havi csapadékos zivataros napok számát szemlélteti. Látható, hogy júliusban volt a legtöbb zivatar. Az is látható, hogy nem sokkal kevesebb zivataros nap volt júniusban, májusban és augusztusban is. Áprilisban és szeptemberben illetve márciusban és októberben a zivataros napok száma



2. ábra: A havi zivataros napok számának évi változása Debrecen környékén az 1971–2006 időszakban. (Megj.: a 2006. évi érték csak a januártól szeptemberig terjedő időszakra vonatkozik)

megközelítően megegyezik. Kis számban, de előfordult csapadékhullással járó zivatar februárban és novemberben is. Az adatsor szerint mindössze egyszer volt csapadékos zivataros nap januárban, míg decemberben egy sem.

A 3. ábra az 1971–2006 időszakra vonatkozó csapadékos zivataros órák átlagos napi menetét szemlélteti. 16 óra tájban volt legtöbbször csapadék-hullással járó zivatar, míg a zivatartevékenység minimuma délelőtt 9–10 óra tájékán található. Szembetűnő az éjszakai másodmaximum 2 óra körül.

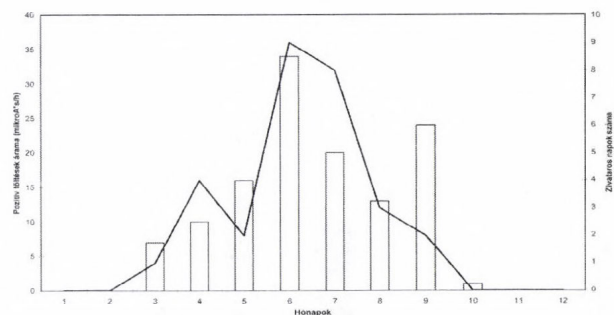
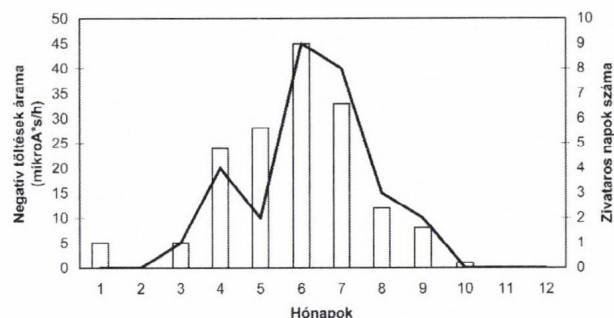


3. ábra: A zivataros órák számának napi változása Debrecen környékén az 1971–2006 időszakban. (Megj.: Zivataros óráknak tekintettük azokat az órákat, amelyekben csapadékhullással járó zivatar volt)

Töltésszállítási folyamatok intenzitásának és a zivataros órák, napok időbeli változásának kapcsolata

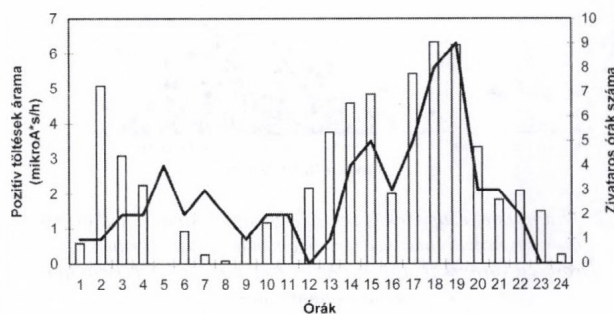
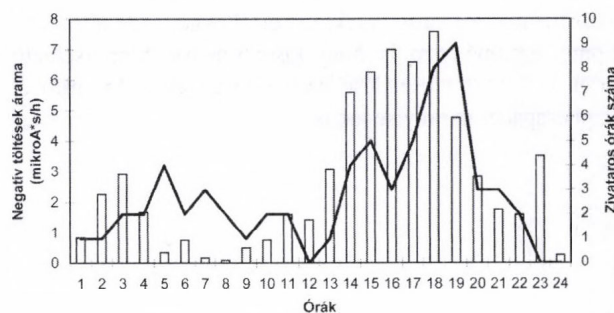
Az alábbiakban a csapadékos zivataros napokat és a pontkiszülések által szállított töltések időbeli változásait fogjuk párhuzamosan elemezni. Ne feledjük, hogy a zivatar karakterisztikáit Debrecen-Kismacs állomás adataiból, míg a felszín közeli légkör elektromos karakterisztikáit Nagycenk adataiból származtattuk. Az összehasonlítást az 1994–1998 időszakra végeztük el.

A évi meneteket illetően a következőket mondhatjuk: Negatív töltések esetén az időbeli változások hasonlóak 1995-ben, 1997-ben és 1998-ban (4a. ábra), míg 1994-ben és 1996-ban e hasonlóság nem áll fenn. Pozitív töltések esetén viszonylag hasonlóak a menetek 1995-ben, 1996-ban és 1998-ban (4b. ábra), míg 1994-ben és 1997-ben jelentős különbségek vannak. A napi meneteket illetően a következőket állapíthatjuk meg: a negatív töltések esetében, az 1994-es év kivételével, a töltésszállítási folyamatok intenzitásának napi menete hasonlóan alakult, mint a csapadékos zivataros órák napi menete. Ez különösen



4. ábra: A pontkiszülések által szállított a) negatív és b) pozitív töltések havi áramának (fehér oszlopok, skála a baloldali y-tengelyen) és a havi zivataros napok számának évi menete (fekete vonal, skála a jobboldali y-tengelyen) 1998-ban.

szembetűnő 1995-ben (5a. ábra). Ez elmondható a pozitív töltések esetében is (5b. ábra), azzal a különbséggel, hogy 1996-ban is különböztek a menetek.

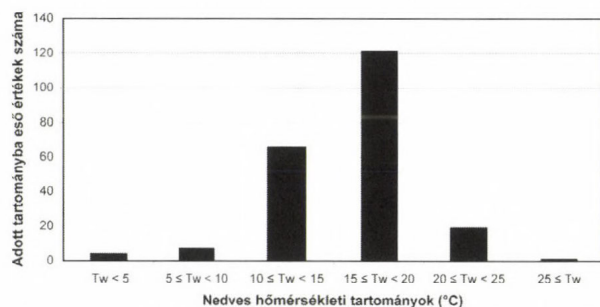


5. ábra: A pontkiszülések által szállított a) negatív és b) pozitív töltések órák áramának (fehér oszlopok, a skála a baloldali függőleges tengelyen olvasható le) és a zivataros órák számának napi változása (fekete vonal, a skála a jobboldali y-tengelyen látható) 1995-ben.

(Megj.: Zivataros óráknak tekintettük azokat az órákat, amelyekben csapadékhullással járó zivatar volt)

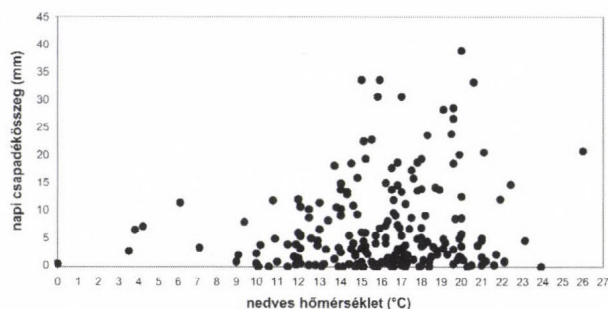
A zivatarkarakterisztikák és a nedves hőmérő hőmérsékletének kapcsolata

A nedves hőmérséklet (T_w) gyakorisági eloszlását a 6. ábra szemlélteti. A debreceni adatsorból csak azokat a mérési időpontokat vettük figyelembe, amelyeknél a mérési időpontot követően két órán belül csapadékkal járó zivatar volt. Láthatjuk, hogy többnyire 10 és 20 °C közötti értékek fordultak elő. Ez az a hőmérsékleti tartomány, amelyben a zivatark a leggyakoribbak. A legkisebb nedves hőmérsékleti érték 0 °C körül volt, ez azonban csak egyszer fordult elő. A legnagyobb nedves hőmérsékleti érték 26 °C körül volt, de ezt is csak egy esetben észlelték.



6. ábra: A zivatark kitörése előtt maximum két órával mért nedves hőmérsékletek gyakorisági eloszlása Debrecen környékén. T_w =nedves hőmérséklet, (Megj.: Az értékek csak az 1971–1996 időszakra vonatkoznak).

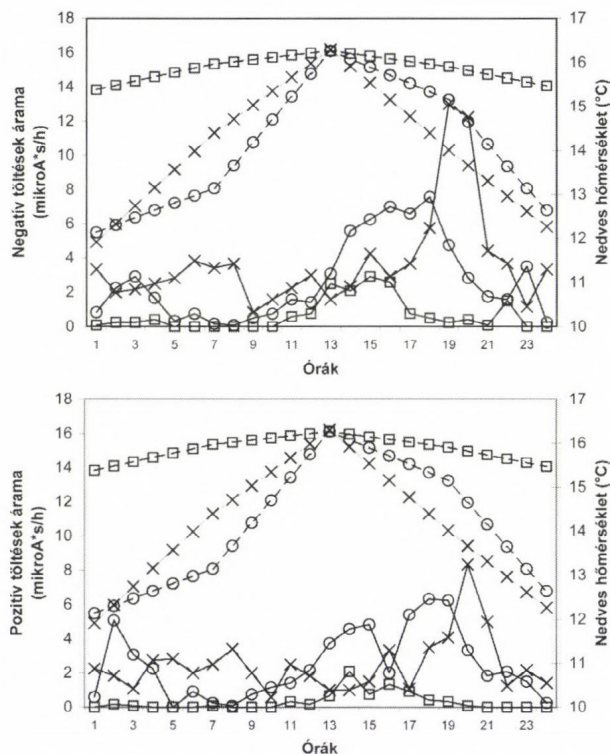
A napi csapadékösszeg és a nedves hőmérséklet értékeinek viszonyát a 7. ábra szemlélteti. A nagyobb mennyiségű csapadékösszegek (>15 mm) 15 és 23 °C közötti nedves hőmérsékleti értékeknél jelentkeztek. Fontos eredmény az is, hogy kisebb nedves hőmérsékleti értékek (<11 °C) észlelése esetén kisebbek (<15 mm) a napi csapadékmennyiségek is.



7. ábra: A napi csapadékösszeg és a zivatark kitörése előtt maximum két órával mért nedves hőmérsékletek közötti kapcsolat Debrecen környékén. (Megj.: Az értékek csak az 1971–1996 időszakra vonatkoznak)

A 8. ábra a pontkisülések által szállított pozitív és negatív töltések valamint a nedves hőmérsékletek napi meneteit állítja párhuzamba. Ne feledjük, a két állomás között körülbelül 300 km-es távolság van. Fontos azt is kihangsúlyozni, hogy a töltés-átviteli folyamatok időbeli

felbontása egy óra, míg a nedves hőmérsékleti értékek csak 6 órás felbontásban álltak rendelkezésre. Szembetűnő, hogy mind a folytonos vonallal jelölt töltésmennyiségek, mind a szaggatott vonallal jelölt nedves hőmérsékleti értékek maximumai a délutáni, kora esti órákra esnek. A minimum-értékeknél már kis eltolódást láthatunk.



8. ábra: A pontkisülések által szállított a) negatív és b) pozitív töltések áramának (folytonos vonalak) és a nedves hőmérsékletek napi menete (szaggatott vonalak) 1994-ben (keresztjel jelölt), 1995-ben (körrel jelölt) és 1996-ban (négyzetel jelölt).

(Megj: A töltésmennyiségeknél 1 órás átlagértékek szerepelnek. A nedves hőmérő hőmérséklet értékeinél csak azokat a napokat vettük figyelembe, amelyeknél legalább egy mérési időpontot követően két órán belül csapadékhullással járó zivatar volt.)

Összefoglalás

E tanulmányban a Debrecen környékén jelentkező zivatark időbeli változásait valamint a zivatarknak a nedves hőmérséklet és a felszín közeli levegő kiválasztott elektromos paramétereivel való kapcsolatát elemeztük. Debrecenben évente átlagban 25 zivatarkos nap van. Az időbeli változást illetően, megállapítottuk, hogy a legzivatarosabb hónap a július, míg a nap folyamán a zivatark leginkább 16 óra körül jelentkeznek. Azt is megmutattuk, hogy a maximális 30–40 mm-es napi csapadékösszegekhez 15 és 20 °C közötti nedves hőmérsékleti értékek tartoznak. A Debrecenben észlelt zivatarkarakterisztikák és a Nagycenken mért légköri elektromos karakterisztikák időbeli változásai között egyértelmű hasonlóságok fedezhetők fel. Ezek magyarázatával nem szolgálhatunk, hiszen a vizsgálatunk statisztikai jellegű.

Az eredmények azt sugallják, hogy a zivatarintenzitás

karakterisztikák (pl. csapadékmennyiség és/vagy villámlás gyakoriság) és a nedves hőmérséklet közötti kapcsolat átfogóbb statisztikai vizsgálata mindenféleképpen indokolt lenne. E kapcsolatok ismerete nemcsak általános helyismereti szempontokból lenne érdekes, hanem a zivatarok ultrarövid távú előrejelzésénél is hasznos lenne.

Köszönetnyilvánítás: E munkát a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatta a 2005-NKFP3-STORM_06 azonosítóval rendelkező pályázat keretében.

Szász Gábor, Debreceni Egyetem, Agromet. Centrum
Ács Ferenc és Seres András Tamás, ELTE Met.

Tanszék

Horváth Ákos, OMSZ

Irodalom

- Adámy, L., Máhr, J., 1963: Néhány statisztikai adat Nyíregyháza és Szeged zivatarklimájáról, *Időjárás*, 67. 4. 226.
Besze, J., 1960: Magyarország zivatarviszonyainak vizsgálata, Villamos Energetikai Kutató Intézet, Budapest.
Götz, G., Pápainé, Sz. G., 1966: Zivartervékenység a nyári fél-évben Magyarországon, *Időjárás*, 70, 2, 106-116.
Götz, G., Pápainé, Sz. G., 1967: Zivatar-tevékenység a téli fél-évben Magyarországon, *Időjárás*, 71, 5, 302-309.
Héjas, E., 1898: Zivatarok Magyarországon az 1871-től 1895-ig

terjedő megfigyelések alapján. Budapest, Magyar Term. Tud. Társ. kiadása.

Héjas, E., 1909: Zivatarok földrajzi eloszlása Magyarországon, *Földrajzi Közlemények*, XXXVII. 410.

Horváth, Á., Ács, F., and Seres, A.T., 2006: A climatological analysis of thunderstorms in the Carpathian Basin using radar data. Poster presentation, 6th Annual Meeting of the European Meteorological Society (EMS), 6th European Conference on Applied Climatology (ECAC), 4. to 8. September 2006, Ljubljana, Slovenia.

Horváth, Á., F. Ács, and A.T. Seres, 2007: A thunderstorm climatology analysis in Hungary using radar observations. Submitted to *Időjárás*.

Ozorai, Z., 1965: A zivatarok gyakorisága Budapest-Ferihegy repülőtérén, *Időjárás*, 69, 375.

Raum, O., 1910: A Magyarországon észlelt 15 évi zivatarok megfigyelések eredményei az 1896-1910 időszakban. *Évkönyvek* XL. 2.

Seres, A.T., 2006: Heves konvektív folyamatok objektív vizsgálata. Szakdolgozat az ELTE Meteorológiai Tanszékén (témavezető: dr. Horváth, Á.; konzulens: dr. Ács, F.), 77 old..

Szász, G., 2002: Surface energy budget between the atmosphere and the surface in the vegetation period during 1963-1994. *Időjárás*, 106, 161-184.

Wesztergom, V., 2001: Geophysical Observatory Reports of the Geodetic Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences (year 1994-1998), 169, 290-299.

Ami kimaradt az üvegházhatású gázok közül és valami, ami szintén az emberi tevékenység következménye

A vízgőz a légköri gázok között a legnagyobb üvegházhatású gáz

Egyik iskolában – mindegy melyikben – a tanár felsorolja a földi légkört alkotó gázokat: 20,9% oxigén, 0,93% argon, 360 ppmv szén-dioxid, erősen változó mennyiségben vízgőz, jelentéktelen mennyiségű metán, ózon, szén-monoxid, neon, hélium stb.

A diákok hallgatnak, a tanár igazat mondott, mégis valami nem stimmel, ezért végül az egyik diák bátoritanul jelentkezik: Tanár úr, a nitrogén kimaradt.

Ne gyanúsítsunk senkit, ez kitalált történet, de hasonló esettel naponta találkozhatunk. Amikor az üvegházhatású gázokról van szó, a vízgőzről szinte sohasem történik említés, pedig a sorrendben első helyen áll. Az üvegház gázok részesevé a légkör

üvegházhatásában a következő (Schönwiese, C.D., 1995):

Vízgőz	62%
Szén-dioxid	16,4%
CFC11 és 12	8,16%
Metán	7,2%
Egyéb CFC-k	3,36%
Dinitrogén-oxid	2,88%
Összesen	100,00%

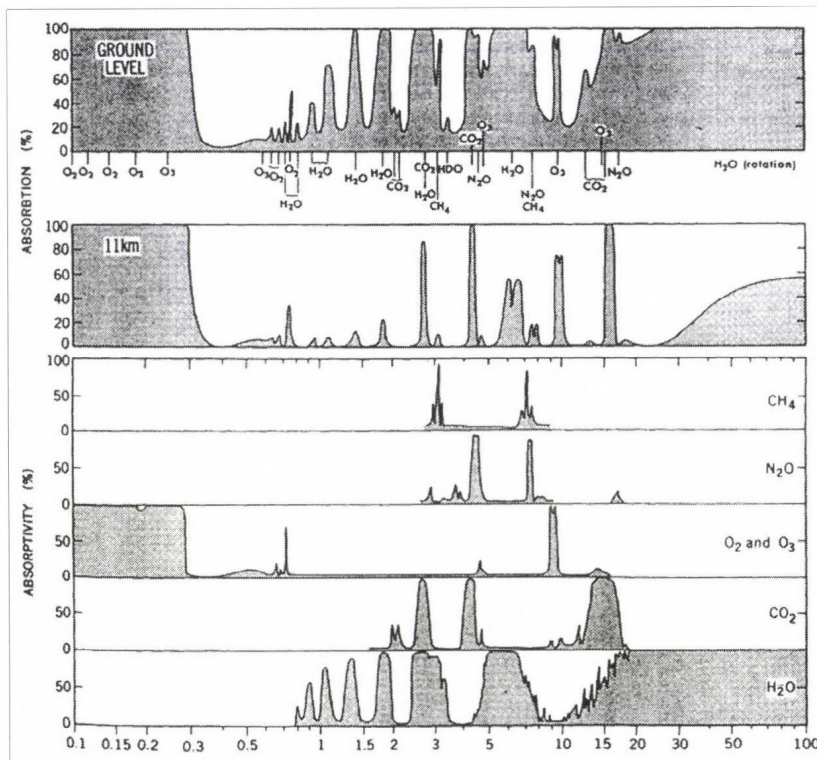
A felsorolt adatokból kiderül, hogy a vízgőz üvegházhatása több mint 3,5-szerese a szén-dioxidénak. (Lehetséges, hogy az elmúlt 10–15 év alatt az arányok változtak.) Joggal kérdezhetjük tehát, hogy időben milyen mértékben és milyen irányban változik a légkörben található vízgőz? Fölmerül a kérdés, történt-e egyáltalán kísérlet a légköri teljes vízgőzkészlet folyamatos mérésére? A vízgőz elnyelési sávjában történő

infravörös sugárzás műholdas mérése adhat bizonyos pontosságú becslést, de kérdés, hogy az elérhető pontosság elegendő-e a tényleges változások mérésére. A legnagyobb nehézséget az jelenti, hogy a vízgőz térben nagyon erősen változik, szélsőséges esetben a különbség két terület között elérhet akár 2–3 nagyságrendet is, ezért az egész Földre kiterjedő és megfelelő felbontású mérésre volna szükség.

Ha a légköri szén-dioxid 30%-os tartós növekedése a globális átlaghőmérsékletben mintegy 0,7 C fokos emelkedést okozhat, akkor a légkör teljes vízgőz készletének tartós 8%-os növekedése csaknem ugyanekkora melegekedést, a vízgőzkészlet maradandó 8 %-os csökkenése hasonló mértékű lehűlést képes előidézni.

Az adatok pontosságán lehet vitatkozni, de a lényeg, hogy a legnagyobb üvegházhatást jelentő vízgőz feltételezhető változása kimaradt a klímaváltozás okainak felsorolásából. Ennek egyik oka lehet a megfelelő pontosságú mérések nehézsége. A másik ok valószínűleg az, hogy az ember által kibocsátott üvegházgázok mennyiségi becslése aránylag megbízható, ellentétben a légköri vízgőz változásainak mérésével. A harmadik valószínű ok szubjektív: az éghajlat ingadozásában mindig készek vagyunk az ember tevékenységét tenni felelőssé. Gondoljunk az 1974. évi február-márciusra, amikor a rendkívüli meleg időjárást sokan az állítólagos légköri kísérleti atomrobbantásokkal akarták magyarázni. A légköri mozgások energiájának és az atombomba energiájának nagyságrendje közötti különbséget az érdeklődők részéről teljes értetlenség fogadta, beláttam, hogy erre hiába hivatkozom. Ekkor eszembe jutott, hogy 1963. óta életben van az atomcsend egyezmény, amit Franciaország és Kína ugyan hosszú évekig nem írt alá, de a sorozatos robbantások megszűntek. **Ami nincs, annak hatása sem lehet.** Ezt végre megértették, azóta a légköri robbantásokra való hivatkozásokról is elfeledkeztek, szerencsére.

A légköri víz mennyiségét 13 ezer km^3 -nek becsülik, ami 13 billió tonnányi tömeg, ez pedig a légkör teljes tömegének 2,6 ezreléke. Még ha ezt állandónak is vesszük, a halmazállapotok aránya jelentősen változhat. A vízgőz az infravörös sugárzás nagy részét elnyeli (1. ábra, I.L. Karol, 2002. nyomán), a cseppfolyós víz, vagyis a felhőt alkotó vízcseppek akadályozzák a kisugárzást, de a napsugárzás légkörön való áthaladását is, hasonló a jégzemcsékből vagy jégkristályokból álló felhők hatása. Mindez nehezíti a vízgőz üvegházhatásának megfelelő pontosságú becslését. A víznek a légkörben való átlagos tartózkodási ideje kb. 10 nap, ez sem könnyíti meg az üvegházhatásának



1. ábra. A gázok elnyelési spektruma a légkör teljes vertikális oszlopában (felül) és részleges elnyelés 11 km magasságban (középen). Az egyes gázok abszorpciós sávjai a légkör teljes vertikális oszlopában (alul). (Forrás: I.L. Karol, 2002)

nyomon követését. Mindenestre az IPCC 2001-ben kiadott 3. és a 2007-ben elkészült 4. Helyzetértékelő Jelentése nem foglalkozik a vízgőz szerepével a légkör üvegház hatásának tárgyalásában (TAR, 2001, AR4, 2007). Lehetne hivatkozni arra, hogy a légköri vízgőz mennyisége gyakorlatilag független az emberi tevékenységtől, az viszont tagadhatatlan, hogy **az éghajlat változásai az embertől függetlenül is bekövetkeztek a történelmi időkben vagy az ember megjelenése előtt, tehát nem kizárólag az ember az egyetlen éghajlat alakító tényező.**

A földtörténet során a légkör összetétele gyakran és jelentősen változott

A Föld történetének azt a korai és csaknem 4 milliárd éves korszakát, amikor szabad szemmel látható élőlények még nem éltek a Földön afanerozoos (látható élet nélküli) kornak nevezzük, a makroszkópikus élet

550–570 millió évvel ezelőtt jelent meg (pl. az Ediacara-fauna Ausztráliában), az ekkor kezdődő korszakot nevezzük fanerozoikumnak. Ebben az időszakban terjedtek el a szabad szemmel is látható élőlények, először a tengerekben, majd később a szárazföldön is. Az őszéghajlatban, paleoklimatológia által legtöbbet vizsgált, és aránylag legjobban ismert korszak a fanerozoikum. A légkör egyes összetevőinek változásáról is elég megbízható képünk van ebből a korszakból. Vegyük szemügyre a légkörben jelenleg második leg-erősebb üvegházhatást jelentő szén-dioxidot.

A fanerozoikum során a légkör szén-dioxid tartalma a jelenlegi 2×10^{15} kg helyett ennek többszöröse volt, átlagosan 4-5 PAL*, de előfordult átmenetileg 10-15, más becslések szerint 15-20 PAL is (Koppány, 1996, TAR, 2001. WG I, p.201.). Valószínűleg ekkor az üvegház gázok között a légkörben a szén-dioxid az első helyre került, mert a paleoklimatológiai kutatások szerint a globális hőmérséklet is

magasabb volt 5–6 fokkal a jelenleginél, sőt a Karbon* elején (egyek kutatók szerint) 10–11 fokkal melegebb volt a Föld éghajlata, mint a jelenkori. Csupán az utolsó 40 millió évben kezdett erőteljesen fogyni a légköri szén-dioxid, és közelített a jelenkori szinthez. Kérdés: hová lett a szén a légkörből?

A válasz elég egyértelmű: beépült a karbonátos kőzetekbe, mészkőbe, dolomitokba, márványba, valamint a mészvázás állatok mészvázába, ilyenek a korallok, csigák, kagylók. Egy része a fosszilis* tüzelőanyagba. A kőzetekben, ásványokban jelenlévő szén tömege mintegy 5×10^{20} kg, ennek egy része a légkörből származik. Az ember ennek a szénnek csak kis részét tudja elégetni, és szén-dioxid formájában visszajuttatni a légkörbe. Mészkövet, dolomitot, korallt valószínűleg sohasem fogunk tüzelőnek használni. Az elégethető fosszilis anyag (szén, kőolaj, földgáz) nem csak korlátozott mennyiségben van a föld mélyén, hanem egy része gyakorlatilag hozzáférhetetlen, vagy a kiaknázása megfizethetetlenül drága. A természet maga korlátozza a fosszilis anyagok felhasználását.

A fanerozoikum időszakának mintegy 90%-ában a mainál jóval melegebb éghajlat miatt nem volt állandó hótakaró sem az Arktiszon, sem az Antarktiszon. Hogy az átmeneti eljegesedések idején a légköri szén-dioxid csökkenésében mekkora szerepe volt az óceánoknak, nem tudjuk. A hidegebb víz mindenesetre több gázt képes oldani, mint a melegebb, így a hideg óceán is több szén-dioxidot képes tárolni oldat formájában.

Az óceánok vízszintjének változása és az emberi tevékenység

Az IPCC 4. Helyzetértékelő Jelentésének megjelenése óta néhány kritikai észrevétel is megjelent az interneten (például: www.pewclimate.org). Ezek közül egyet szeretnék itt megemlíteni.

A világóceán szintjének változását meglehetősen nehéz mérni a mérőhelyek egyenlőtlen eloszlása, valamint a Föld kéregmozgásai miatt. Ma talán a műholdas szintmérések a legmegbízhatóbbak. Elég egységes az a megállapítás, hogy a tengerszint 1910 és 1990 között mintegy 6 cm-t emelkedett, elsősorban a hőtágulás miatt (ha a világtenger 1000 m mélységig átlagosan 1 fokot melegedne, ez 6 cm szintemelkedéssel járna), kisebb mértékben a gleccserek és a tengerjég olvadása miatt. Az Antarktiszról föltételezik, hogy inkább víznyelő, mint víz kibocsátó, hiszen a jégplaton uralkodó -30 vagy -50 °C fokos hőmérséklet néhány fokos emelkedése még olvadást nem okoz, de az enyhébb levegő több vízgőzt tud befogadni, így általában több hó esik, és hófelhalmozódás megy végbe. Ezért válhatnak le nagyobb jéghegyek az Antarktiszról. Glaciológiai vizsgálatok szerint az utolsó évszázadban az Antarktisz jég- és hótakarója alig változott vagy kissé növekedett.

Az óceánok vízbevételei forrásai közül azonban kimaradt a szárazföldi talajvíz fogyása. Nevezetesen: az ember egyre több vizet szivattyúzik ki a talajból öntözés céljából, de folyókat is eltérít, hogy vizét öntözésre használhassa. Vészesen apad a talajvíz az USA egyes részein, hiszen hosszú évtizedek óta, például soklapátos szélkerekek segítségével, szivattyúzzák ki a talajvizet. Másrészt Ázsiában az Aral-tó kiterjedése néhány évtizeddel ezelőtt még 63 ezer km^2 volt, ma már csak 31 ezer km^2 maradt, mivel a két tápláló folyó, az Amu-darja és a Szir-darja vizét öntöző csatornába terelték. A talajvíz apadása hazánkban is megkezdődött, legalábbis 1970 óta a Duna-Tisza közén helyenként 4–6 m-t süllyedt a talajvíz. A talajvíz hiánya 2003-ig e területen $4,81 \text{ km}^3$ az 1970-es évekkel összehasonlítva (Rakonczai, 2006). Az embernek szüksége van a több termés érdekében a talajvízre, amit a mélyből a felszínre hoz, és az öntözés után nagy része elpá-

rolog, és a légkörbe került víz jórészt a tengerekbe folyik.

Érdemes itt megemlíteni, hogy valamikor az 1980-as évek elején a német Stern magazin közölt egy fantáziarajzot, amely a tenger által elborított Manhattant ábrázolta, és csupán a felhőkarcolók teteje látszott ki a tengerből. A 6 cm-es tengerszint emelkedésből 60 m lett a rajzoló fantáziája szerint. Azóta a sajtó „szerényebb” módon, már „csak” 6 m szintemelkedést emleget. Mindössze két nagyságrendnyi különbség van a valóság és a sajtó állítása között.

Nem tudjuk, hogy az ember mennyi vizet szivattyúzott ki a talajból az egész Földön, csak azt tudjuk, hogy a szárazföldi, felszíni víz tömege 23,6 millió km^3 , két nagyságrenddel kisebb, mint az óceánok és tenger víztömege, amely 1338 millió km^3 . Ha a talajvíz össz mennyisége megközelíti a szárazföldi vizét (23,6 millió km^3), és ennek egy ezreléke jut az emberi tevékenység következtében a tengerbe, ez a vízmennyiség mintegy 7 cm-rel emelné meg a tenger szintjét. Ez természetesen csupán elméleti számítás, de a szóba jöhető nagyságrendekről képet nyújt.

Kérdés, hogy az IPCC munkacsoportjai a további vizsgálataikban mennyire veszik figyelembe ezt az emberi tényezőt is.

Dr. Koppány György

Irodalom

- Assessment Report Four. 2007. www.ipcc.ch
 Climate Change 2001. Contribution of Working Group I to the TAR. Cambridge University Press
 Karol, I.L., 2002: Greenhouse gases, aerosols and ozone layer. www.eolss.net
 Koppány Gy.: Bevezetés a paleoklimatológiába. JATEPress, Szeged, 1996.
 Rakonczai, J.: Klímaváltozás - aridifikáció változó tájak. Táj, környezet és társadalom. Szeged, 2006.593-601.o.
 Schönwiese, C.D.: Klimaänderungen. Daten. Analysen. Prognosen. Springer-Verlag, 1995.

FRONTÉRZÉKENYSÉGI TESZT EREDMÉNYEK

a Múzeumok Éjszakáján végzett felmérés alapján

Bevezetés

Szervezetünk kapcsolata környezetével közvetlen, de egyénenként különféleképpen érzékeljük az időjárás jótékony és kevésbé jótékony hatásait. A jótékony hatásokat természetesnek vesszük, a szélsőséges körülmények, valamint a gyorsan változó környezeti elemek gyakran igénybe veszik szervezetünket.

Azt, hogy mennyire vagyunk képesek alkalmazkodni a külső hatásokhoz, sok tényező befolyásolhatja. Ilyenek például életkorunk, egészségi állapotunk, alkalmazkodó képességünk illetve alkati sajátosságaink. Ezeket figyelembe véve 3 csoportot különböztetünk meg:

- Az első csoportba tartoznak a nem-frontérzékenyek. Ők az időjárás változásaihoz könnyedén alkalmazkodnak, biotrópikus reakcióik* normális keretek között, az időjárás okozta fiziológiai adaptációs folyamataik negatív, vagy kedvezőtlen hatások nélkül, stresszmentesen zajlanak.
- A második csoportba tartoznak azok, akik már valamilyen fokú biotrópikus hajlammal rendelkeznek, azaz frontérzékenyek. Náluk az általános egészségügyi állapotukban jelentkezhetnek olyan működési rendellenességek, panaszok (mint a fejfájás, alvászavarok) és olyan fiziológiai problémák, melyeknek nincs köztük konkrétan semmilyen betegséghez.
- A harmadik csoportba az olyan súlyosan időjárás-érzékeny, más szóval frontbeteg emberek tartoznak, akiknél kóros tünetek jelentkezhetnek, vagy korábbi betegségeik is kiújulhatnak (pl. krónikus hörghurut, vagy keringési rendellenességek).

A környezeti reakcióinkat (adaptációinkat) a szervezetünk a vegetatív idegrendszer segítségével szabályozza. Ezek a funkciók akarattunktól függetlenül működnek, reakcióink a külső hatások belső kiegyensúlyozásának érdekében zajlanak. Idegrendszerünk alkalmazkodási képességét – tehát frontérzékenységünket – a Kérdő István-féle teszttel vizsgálhatjuk meg.

A vizsgálat során alkalmazott minta

A Múzeumok Éjszakáján a látogatóknak lehetőségük volt kitölteni egy-egy ilyen tesztet, amellyel hozzájárultak a népesség érzékenységének reprezentatív felméréséhez.

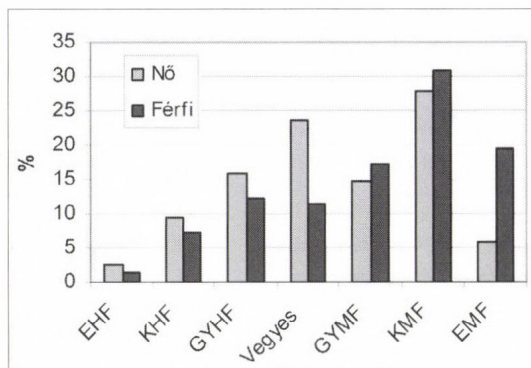
Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál ezen az éjszakán (2007. június 23-án) 750 ember fordult meg, ebből 329 vállalkozó szellemű vendég töltötte ki a fent említett kérdőívet. A vizsgálatban szereplőket nemek és életkor szerint kategorizáltuk. 190 nő és 139 férfi adatait dolgoztuk fel. A legfi-

atalabb alany 8 éves, a legidősebb 72 éves volt. Mivel olyan rendezvényről volt szó, amely nemcsak a fiatalabb, hanem az idősebb korosztályt is érdekelt, szinte minden korcsoportból volt jelentkező, ezért 10 évet átfogó korcsoportokat alkottunk. Csak a legifjabbak (20 éves korig) és 50 felettiek (mivel itt már a halálozás jelentős módosító tényező) fogtak át nagyobb korcsoportokat. A teszt kiértékelése után a meleg- és a hidegfront-érzékenyeket az érzékenységük szerint gyengén (GYMF, GYHF), közepesen (KMF, KHF) és erősen befolyásolt (EMF, EHF) csoportba soroltuk. Azok, akikre az időjárás nincs hatással, a „vegyes”, vagy „semleges” csoportba kerültek (1.táblázat).

Korcsoport	EHF	KHF	GYHF	Vegyes	GYMF	KMF	EMF	Sum
0-10	0	0	0	0	0	3	0	3
11-20	1	3	3	6	8	19	4	44
21-30	0	10	23	29	22	34	12	130
31-40	3	6	11	13	9	15	8	65
41-50	3	4	4	8	6	14	5	44
51-60	0	4	5	2	5	10	5	31
61-70	0	1	1	2	1	1	4	10
71-80	0	0	0	1	1	0	0	2
Nő	5	18	30	45	28	53	11	190
Férfi	2	10	17	16	24	43	27	139
Sum	7	28	47	61	52	96	38	329

1.táblázat. A teljes minta elsődleges csoportosítása.

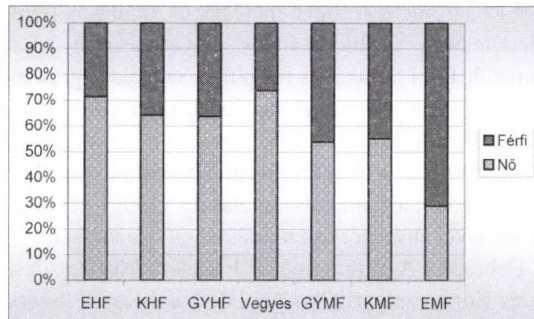
A nők és a férfiak között nemcsak a jelentkezők számában van különbség, de az is kitűnik az 1.ábrán, hogy kiugróan magas a közepesen melegfront-érzékenyek száma mindkét nemnél. A hidegfront-érzékenyek minden csoportjában és a semlegeseknél is a nők száma a nagyobb.



1.ábra. Nemek szerinti frontérzékenység

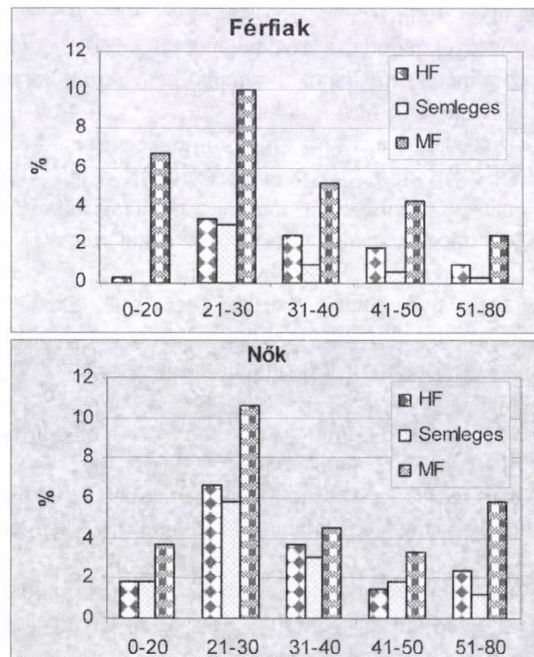
A populáción belül mind a nőknél, mind a férfiaknál a közepesen melegfront-érzékeny csoportba tartoznak a legtöbben.

Ha eltekintünk a külső hatásoknak ellenálló „vegyes” frontérzékenységű csoporttól (2.ábra), az erősen hidegfront-érzékenyeitől (HF) haladva a melegfront-érzékenyek (MF) felé, a nők száma fokozatosan csökken. Az adott érzékenységi kategórián belül tehát a hidegfront-érzékenység inkább a nőkre jellemző, a melegfront-érzékenység inkább a férfiaknál jön szóba.



2. ábra. A nemek aránya

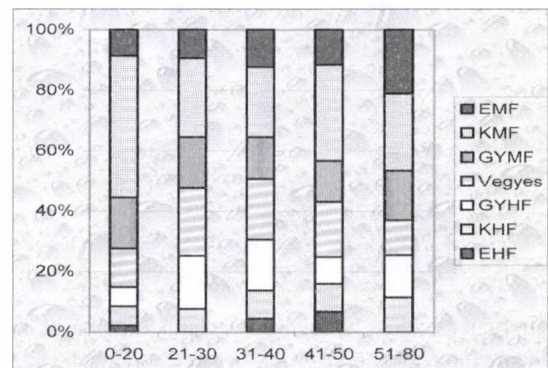
A korábbi kutatásokhoz hasonlóan (Lányi, 1990) ezen a mintán keresztül is megmutatkozik (3. ábra) a magyar népesség melegfront-érzékenysége (MF). Életkor szerint az időjárás viszonyosságainak ellenálló emberek aránya a férfiaknál 30 éves kor után, a nőknél 40 év felett (ami valószínűleg a klimax-szal is kapcsolatban van) kezdődik. Az idősebb női korosztályban pedig kiugróan magas a melegfront-érzékenyek száma. Érdekes, hogy a férfiak esetében a legfiatalabb korosztályban jelentős a melegfront-érzékenyek száma, annak ellenére, hogy a fiatal szervezet általában jóval ellenállóbb.



3. ábra. A nők és férfiak frontérzékenységének változása korral

A 4. ábrán a teljes népesség kor szerinti frontérzékenysége látható. A szervezet ellenálló képessége idővel csök-

ken. A gyengén melegfront-érzékenyek száma szinte változatlan az egyes korosztályokban, viszont a közepesen melegfront-érzékenyek korral eltolódnak az erősen melegfront-érzékenyek csoportja felé. Korral csökken azok száma, akiket nem érintenek a fronthatások, és a hidegfront-érzékenyeknél is látható nemi eltolódás a fokozottabb érzékenység irányába. Az 50 év feletti csoportjában a halálozás már jelentős módosító tényező, mely főként a hidegfront-érzékenyek kategóriájába mutatkozik meg.

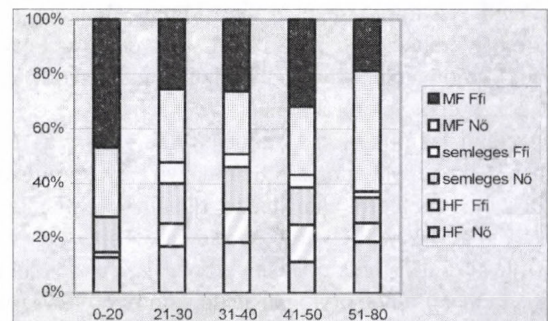


4. ábra. A korcsoportok frontérzékenysége

Összefoglalás

Az időjárás érzékenység változik életünk során. A legfiatalabb korosztályt ez a vizsgálat ugyan nem érintette, de minden szülő tapasztalja, hogy a csecsemők és a kisgyermek mennyire frontérzékenyek (Stürmer, 1996). A szervezet fiatal korban egyre alkalmazkodó-képesebbé és edzettebbé válik, csökken a frontérzékenyek száma.

A frontérzékenység általában 30–40 éves korban kezd jelentkezni. Ez a korral járó változás a nőknél közelítőleg 10 évvel később, a változókori kezdetén, a hormonális változásokkal összefüggésben jelentkezik. Általánosan azt is elmondhatjuk, hogy a magyar populációra a melegfrontok vannak kedvezőtlen hatással. A magyar nők között több a hidegfront-érzékeny, mint a férfiaknál.



5. ábra. Összevont frontérzékenység

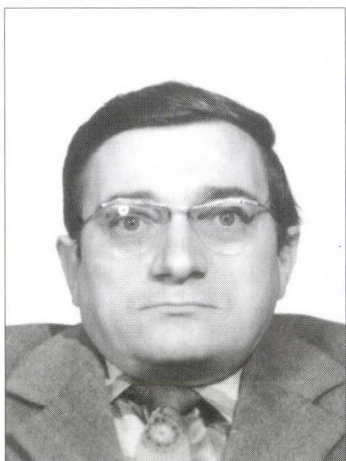
Fejes Edina, Fülöp Andrea

Irodalom:

Stürmer, E., 1996: Nincs többé fronthatás, K. u. K. Könyvkiadó
Lányi Péter, 1990: Vigyázat! Frontbetörés, Medicina

Dr. Posza István

1939–2007



Szomorúan és szinte hitetlenkedve vettük tudomásul, hogy mindannyiunk által kedvelt és becsült kollégánk, nagyra értékelt agrometeorológus munkatársunk eltávozott körünkől. Szűkebb kutatási területéhez egész pályafutása során hű maradt, szakmai elkötelezettsége példa értékű volt tudományos gyakornoki mivoltában és obszervatóriumvezetői minőségében egyaránt. Operatív jellegű napi teendőit, tudományos kutatói munkáját, majd vezetői munkakörét egyaránt nagy odaadással, gondosan végezte, amivel elismerést vívott ki munkatársai körében. Szerény, barátságos magatartása, egyenes jelleme, kiváló humora hozzájárult ahhoz, hogy közkedvelt egyéniség legyen munkatársai körében. Ennek is köszönhető, hogy nagy fájdalommal és mély megrendüléssel vettük tudomásul halálhírét, amely Szarvasról, utolsó munka- és lakhelyéről érkezett 2007. június 29-én.

Posza István a Somogy megyei Szenyéren született 1939. október 4-én egyszerű, becsületes, őt nagyon szerető, földműves családban. Elemi iskolába szülőfalujában járt, majd a Csurgói Csokonai Vitéz Mihály általános gimnáziumban érettségizett 1958-ban. Ezt követően az Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK fizikus és meteorológus szakán kapott egyetemi diplomát.

Egyetemi tanulmányait követően 1963. augusztus 1-én kezdte szakmai pályafutását tudományos gyakornokként az Országos Meteorológiai Intézet Éghajlati és Sugárzási Osztályán a Marczell György Aerológiai Obszervatóriumában, Pestszentlőrincen. Éppen ebben az esztendőben létesítettem agrometeorológiai kutatóállomást Szarvason, az Öntözési Kutató Intézet területén, ami később, évtizedeken át, az ő tevékenységének is színhelyévé vált.

Kutatói szárnybontogatásként előbb az itt induló öntözésmeteorológiai kutatási programba kapcsolódott be, majd aktív és lelkes szervezőmunkával részt vett az országos párolgásmérő hálózat létrehozásában és az evapotranszpirométeres kutatóállomás-hálózat szervezésében. Közben

az az osztály, ahol pályafutását kezdte, Agrometeorológiai Kutató Osztállyá szerveződött, s 1966 szeptemberétől tudományos munkatársként véglegesen itt kötelezte el magát az agrometeorológiai mérések és kutatások iránt.

Életvitelében és tudományos pályafutásában jelentős dátum volt 1974, amikor is felépült a Szarvasi Agrometeorológiai Obszervatórium, ahová vezetői kinevezés birtokában két kutatótársával: Galló Vilmossal és Walkowszky Attilával Budapestről leköltözött. Nyugdíjba vonulásáig, ill. az Obszervatórium felszámolásáig (1999) végezte ott szakmai tevékenységét hozzáértéssel és odaadással.

A Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőgazdasági, Víz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai Karán (Szarvas) 1976-tól rendszeresen részt vett az agrometeorológia oktatásában, ahol e tevékenysége elismeréseként 1998-ban „Tiszteletbeli főiskolai docens” címet kap.

Kutatói munkája elsődlegesen a szabad vízfelszín és a különféle növényállományok párolgásának meghatározására irányul. Több évtizeden át folytatott vizsgálatai kiterjedtek az öntözés, a műtrágyázás és a meteorológiai tényezők közötti összefüggések elemzésére, gyümölcsöző együttműködésben a Szarvasi Öntözési Kutató Intézet hasonló témakörben dolgozó munkatársaival. Tudományos munkájának eredményeit 60 publikációja fémjelzi, amelyeket részben önállóan, ill. társszerzőkkel együtt jelentetett meg. Ezen belül a Léggör-ben 9 tanulmányt közölt pályafutása során.

A növények párolgási viszonyainak feltárására irányuló, helyszíni mérésekre alapozott témakörben végzett kutatási eredményeinek szintéziseként 1984-ben „A növényállományok evapotranszspirációja” címmel egyetemi doktori értekezést nyújtott be a Debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemre, amit „summa cum laude” minősítéssel védett meg, s egyetemi doktori fokozatot szerzett.

Lelkiismeretes és eredményes munkáját az Országos Meteorológiai Szolgálat „Kiváló Dolgozó” (1975) kitüntetéssel ismerte el, majd 2000-ben a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Pro Meteorológia Emlékplakett-jét kapta meg. A Magyar Meteorológiai Társaság Berényi Dénes Díjjal (2001) jutalmazta az agrometeorológia terén végzett eredményes munkásságát.

Kedves Pityu! Szép és eredményes szakmai pályát futottál be. Pályatársaid, barátaid tisztelettel és szeretettel emlékeznek a közös munkára és sikerekre. Amikor végső búcsút veszünk Tőled itt a Léggör hasábjain is, mindannyian nosztalgiával gondolunk vissza az együtt töltött vidám és boldog munkásévekre.

Emlékedet kegyelettel megőrizzük!

Dr. Antal Emánuel

OLVASÓI LEVÉL

Érdeklődve olvastam a Léggör 2007/1 számában Dr. Koppány György: „Az éghajlat-ingadozás valódi és álproblémái a XXI. században” című cikkét.

Igen értékesnek tartom az irodalomjegyzéket, kivált azt, hogy a cikkben tett megállapítások közvetlen összefüggésbe kerülnek irodalmi példákkal.

Való igaz, hogy az emberi léptékű történelem során is lejártsódhattak olyan éghajlat-módosulások -ingadozások, amelyek befolyásolták az emberiség életvitelét, így táplálkozását és életmódjának más sajátosságait.

Ha mai állapotunkat össze akarjuk hasonlítani a több száz, vagy 1000–2000 évvel ezelőtti helyzettel, úgy egyrésztől méltán bizakodhatnánk benne, hogy a korszerű technológiák, köztük a XXI. századi agrártudomány képes megbirkózni az éghajlatváltozás jelentette feladatokkal.

Ugyanakkor felmerül más körülmény is. Nevezetesen az, hogy míg a régmúlt korokban nem állt rendelkezésére az emberiségnek számos olyan eszköz, amellyel ma felvehetjük a harcot a természeti csapásokkal szemben, vagy kezelni tudjuk az előnytelen időjárásváltozások következményeit; addig a hajdani népeknek volt egy természetes fegyverük a helyben leküzdhetetlennek ítélt problémákkal szemben: ez volt a **népvándorlás**.

A Föld mai sűrűn lakott állapotában és nagyrészt nemzetállamokra tagolódottságában ez az eszköz kivihetetlen. Koppány tanár úr cikkében is utalás történik arra, hogy az emberiség jelentős része a meleg éghajlatú, trópusi területeken él ma. És éppen ez az, ami probléma. Földünk északi és déli 35. földrajzi szélessége között terül el a Glóbusz felületének nagyobbik része, nem különben a szárazföldek kb. fele is ebben az egyenlítőhöz közelebbi zónában helyezkedik el. És éppen ez a melegebb öv az, amely, mint természetföldrajzi kategória, elég jó fedésben van a Harmadik Világgal, mint politika-földrajzi kategóriával. Vagyis az emberiség szegényebbik, és egyszer s mind nagyobbik felével.

Abban megoszlanak a vélemények, hogy egy ország fejlettségében milyen szerepe van az éghajlatnak. Tagadhatatlan azonban, hogy van szerepe, a csak trópusi övezetben húzódó államok ritka kivételtől eltekintve a szegény országok sorát gyarapítják. 25 °C feletti nappali maximális hőmérséklet felett nemcsak a kültéri munka intenzitása esik rohamosan, hanem a beltéri, épületben végzett munkáé is, és tegyük hozzá, a szellemi tevékenységé is. Ez fokozottan fontos ma, és nem oldja meg, csak részben orvosolja a problémát a világszerte hatványozott léptékben terjedő klimatizált épületbelső.

Véleményem szerint ebből a kiindulásból kell vizsgálnunk, hogy milyen hatással lehet a XXI. század során várt 2–4 °C fokos hőmérsékletnövekedés.

Talán nem tévedünk, hogy a 2 °C fokkal nem kell száz

évig várni, már eddig is lényeges változást detektálunk, a tendencia pedig folytatódó. Két fok melegeedés Európában és a mérsékelt égövben másutt is, a felszíni izotermák 400–500 km-es eltolódását eredményezi az egyenlítőől a poláris irányába. Ez esetünkben azt jelenti, hogy azok a problémák, amelyek korábban Észak-Afrikában jelentkeztek társadalmi, gazdasági, népjóléti tekintetben, a jövőben Európában is megjelennek, sőt már meg is jelentek. Érdekes módon a migrációs tendencia is erős dél --> északi irányú komponens mutat. (Mutat persze kelet --> nyugati irányút is, de annak kevésbé tulajdoníthatunk természetföldrajzi okot.)

A mezőgazdasági kultúrák délről északra húzódása is egy lehetséges jelenség.

Viszonylag könnyű azt mondani, hogy termelhetünk narancsot, citromot. Ám a hagyományosan mediterrán országok már tökélyre vitték ezeknek a növényeknek a termesztését, egy déligyümölcs piacra nem épp hálás dolog betörni olyan időben, amikor Európa piacain is megjelent a dél-amerikai mérsékeltövi gyümölcs kultúra. Semmiképp nem kárpótolhat bennünket egy magyar narancs, ha közben hagyományos kultúrnövényeink például csapadékhiány miatt nem nőnek meg. Persze lehet ez pesszimista scenárió.

Ám vannak más következmények is. A mediterrán országok panaszkodnak, hogy nyaranta a turisták elkerülik őket a hőhullám miatt, ezért azzal próbálnak védekezni, hogy idegenforgalmi idényüket a „mellékévszakok” irányába tolják el, pótolják. Ám itt meg felmerül az a körülmény, hogy az iskolai szünet azért legtöbb országban nyáron van, s ha a jövőben ezen változtatnának, úgy meg az oktatási intézmények klimatizálása irányába kellene hirtelen nagymértékű, és óriási költséggel járó beruházásokat eszközölni. Felmerül az a körülmény is, hogy a melegebb időjárás csökkenti a szabadidő sportok, szabadidő tevékenység vonzó mivoltát nyáron, míg azt, hogy a téli sportok művelését nehezíti, nem kell indokolni.

Aggodalmat kelt az a kép, amikor az ifjúság nyári szabadidejének nagyobbik részét nem szabadidő foglalkozással, sporttal, strandolással, kirándulással tölti, hanem a képernyő előtt gubbaszt a hűtött helyiségben, mert odakinn túl meleg van.

Régen egyszerű emberek könyvtárában is megtalálhatók voltak azok a kalendáriumok, amelyek rajzos, tréfás ismeretterjesztő formában mutatták be a természet „körforgását”, az évszakok egymásután változását. Közös jegyük volt, hogy szép szimmetrikusan ábrázolták a négy évszakot, mindegyiket ugyanolyan súllyal, de a tavaszt szebben, mert az hozza a jó meleg nyarat. Ez a szemlélet bizonyos mértékig változóban van manapság.

Talán még az a kép is felsejlik bennünk, amelyben a 40 évvel ezelőtti nagy sikert aratott *Michael Braun és Hans*

Gottschalk által írt és rendezett Orion űrhajó című tudományos fantasztikus filmsorozat játszódik: az emberiség egy része tengeralatti kolóniákban él, mert a felszín, a szárazföld túl meleg éghajlatúvá változott. Pár száz év telt el addig a történet szerint.

Európa és a Föld többi lakója ma abban reménykedik, hogy nem keletkezik el egy ilyen kor.

Összegezve, úgy hiszem, megállapíthatjuk: bizonyára nagyobbak voltak azok a változások az éghajlatban, amelyek a történeti koroktól eredeztetve lejátszódtak, a mi mostani félt, és egyben megkérdőjelezett éghajlatmód-

osulásunkhoz képest. E mostanival azonban nekünk kell szembesülni egy olyan időben, amikor sokmilliárd ember jövőjéről kell gondoskodjanak a tudomány képviselői és a népek vezetői. Véleményem szerint ez az oka annak, hogy most egy **jóval kisebb tűrésű rendszerrel**, állunk szemben, amelyben bekövetkező egyirányú – belátható időn belül egyirányú – változással önmagában is foglalkozni kell függetlenül attól, hogy csillagászati méretekben és tíz az x-ediken év léptékű időlépcsőben bármilyen irányú tendencia felléphet.

Nyitrai László

MŰHOLDAS MUNKAÜLÉS

2007. október 8. és 12. között tartottuk meg az OMSZ és az EUMETSAT közös rendezvényét az MSG adatok nowcastingban való alkalmazásáról és a műhold és radar adatok együttes felhasználásáról.

A kurzust az EUMETSAT szponzorálta, a szervezés nagyobbik részét az OMSZ végezte.

5 külföldi előadó, 12 külföldi és 10 hazai részvevője volt a rendezvénynek. A magyar részvevők közül négyen előadást is tartottak. A kurzust *Dunkel Zoltán* az OMSZ elnöke és *Jochen Kerkmann* az EUMETSAT munkatársa nyitotta meg.

A konvekció volt a fő téma, ezen belül 3 főbb részre tagolódtak az előadások:

A) Hétfő délután *Jochen Kerkmann* a második generációs METEOSAT (MSG) műhold adatairól, a csatornák jellemzőiről beszélt, továbbá arról, hogyan lehet jól megválasztott csatornák együttes megjelenítésével, az ún. kompozit képekkel még inkább kiemelni, megjeleníteni az adatok információ tartalmát. A következő előadásaiban arról beszélt, hogy a különböző típusú felhők (konvektív, köd/alcsony felhők stb.) hogyan jelennek meg az MSG képeken, hogyan lehet felismerni jellemzőiket, milyen információkat tartalmaznak az egyes csatornák vagy azok különbségei. Hétfőn az optikai vastagságnak és légkör nedvesség-tartalmának, míg kedden reggel a felhőtető mikrofizikai jellemzőinek: a felhőelemek halmazállapotának, és átlagos méretének műholdképen való érzékeltségéről, megjeleníthetőségéről volt szó. Kedd délelőtt *Jochen Kerkmann* és *Martin Setvak* számítógépes gyakorlatot is tartott a részvevőknek az MSG képek elemzéséről. Ehhez *Daniel Rosenfeld* programját használtuk. A programot és számos érdekes időjárási helyzetben készült MSG képet DVD-n megkapták a részvevők. Kedd délután *Putsay Mária* tartott előadást a köd, illetve alcsony-szintű felhők és a hóval borított derült felszín műholdképeken történő felismeréséről.

B) A következő blokk a vízgőz kép felhasználását tárgyalta. Kedd délután az utolsó előadás egy 'VisiView' (távoktatás) előadás volt Kanadából, amely arról szólt, hogy a légkör dinamikai jellemzői hogyan tükröződnek a vízgőz képeken. Szerdán is a légkör dinamika és vízgőz képek témakörben hangzottak el előadások. *Patrick Santurette* elméleti bevezetője és mélyreható légkördinamikai magyarázatai után *Christo Georgiev* esettanulmányokat mutatott be. Az időjárási helyzetet a PV (potenciális örvénység) mező és a magassági futóáramlások WV képen való megjelenítésével, valamint függőleges metszetek segítségével elemezték. Előadásaikban a gyors ciklogenezis és heves konvekció korai felismerését, előrejelzését

segítő szemléletmóddal ismertették meg a hallgatóságot. Délután számítógépes gyakorlat segítette az új ismeretek elmélyítését. *Jochen Kerkmann* bemutatta a légtömeg kompozit képet, amely a vízgőzkép helyett szintén alkalmazható a fenti módszerrel. Ebbe a blokkba tartozott *Patrick Santurette* és *Horváth Ákos* csütörtök délutáni előadása is. Mindketten a 2006. augusztus 20-ai zivatar helyzetet elemezték más-más szemszögből, *Santurette* az PV mezők felhasználásával, *Ákos* hagyományos módszerekkel.

C) Csütörtökön és pénteken a műhold és radar adatok együttes feldolgozásáról, értékeléséről volt szó. *Martin Setvak* arról beszélt, hogy a zivatar felhők tetején milyen jellemzőket, jelenségeket lehet műholdról megfigyelni (tűllövés, hőmérsékleti eloszlás, hideg gyűrű, hideg U/V alak, gravitációs hullámok stb.), valamint hogy ezek a jellemzők milyen kapcsolatban vannak a zivatar dinamikájával, belső szerkezetével. A zivatarfelhők jellemzőit műhold és radar képeken is elemezte. *Putsay Mária* a 2006. június 29-ei zivatar rendszerekről beszélt, esettanulmány keretében elemezte a Mezokálajú Konvektív Rendszert, bemutatta a szinoptikus helyzetet, beleértve a potenciális örvénységi mezőket is. Ezután műhold, radar és villám adatokkal elemezte a zivatarrendszer fejlődését, alakulását: a fő le- és feláramlási csatornák relatív helyzetét, a villámok helyét, idejét, a zivatarlánc alakját, a Coriolis effektusnak a zivatarrendszerre gyakorolt hatását. Pénteken *Lábó Eszter* beszélt a parallax effektusról. A magas felhő földrajzi helyzete a valóságoshoz képest egy kissé elcsúszik a műholdképen, mert a műhold lapos szögben néz rá. Ezt a parallax hatást a műhold és radar adatok együttes feldolgozásánál, ahol a fontos a pontos illesztés, figyelembe kell venni. Ezután *Andreas Wirth* beszélt az ausztriai jégeső riasztó rendszerről. Ez a rendszer radar adatokon alapszik, de radar adatok hiányában műholdas csapadék-becslést használ: a SAFNWC programcsomag csapadék produktumait. A kurzust *Németh Péter* előadása zárta, aki a forgó zivatarcellák (szupercellák) Doppler radarral történő felismeréséről beszélt.

A középső három napon 'Weather Briefing' keretében az aktuális időjárási helyzetet elemeztük főleg műholdképek segítségével. Kedden *Kolláth Kornél*, csütörtökön *Jochen Kerkmann* tartotta az időjárási összefoglalót. A szerdai időjárás elemzés Ausztriából 'VisiView' keretében történt, *Jarno Schipper* előadásában.

A részvevők meglátogatták az Előrejelző Osztályt is.

A kurzus előadásait a részvevők megkapták DVD-n. (Érdeklődőknek szívesen továbbítjuk.)

Putsay Mária

A Konkoly-szobor avatása Ógyallán

A csillagászat és a meteorológia történetének egyik legjelesebb magyar képviselőjének, Konkoly Thege Miklósnak (1842–1916) bronzszobrát avatták fel 2007. június 29-én, társadalmi és tudományos működésének színhelyén, a szlovákiai Ógyalla-Hurbanovón. A Komáromtól – a mai Komarnótól – északra, mintegy 15 km-re fekvő helység 2007-ben ünnepelte nevének, a „Gyallá”-nak (régii helyesírással „Gylla”) első írásbeli említése 650. évfordulóját. Az egykori kis község több, a történelemből is ismert földbirtokos család otthona volt. A Konkoly Thege familia, akik nevüket a helység határában levő Konkoly-pusztáról nyerték, éppen 310 éve birtokos az egykori Gyallán.

Az Ógyallai és Gyalla-pusztát birtokló ág utolsó tagja, Konkoly Thege

Miklós, aki gyermekkorától egyaránt lelkesedett a műszaki- és természet-tudományokért, valamint a képzőművészet- és a zeneművészetért, fiatalkori európai tanulmányútja során határozta el, hogy a család kúriája mellett meteorológiai észlelőhelyet, majd magán-csillagvizsgálót létesít. Az ógyallai meteorológiai állomás most 140 éve, 1867-ben kezdte meg működését, majd 1871-ben előbb az udvarházon, majd egy külön épületben kapott helyet a csillagfizikai obszervatórium. A kezdetben valóban csak magán-csillagdának szánt obszervatórium néhány év alatt – nagyrészt Konkoly saját műhelyében gyártott műszerei révén – európai jelentőségű, hamarosan pedig világviszonylatban is elismert obszervatóriummá vált. Ezt a naggyá nőtt obszervatóriumot, kúriájának gyönyörű parkjával együtt, 1899-

ben a Magyar Államkincstárnak ajánlódta (értékét ekkor negyedmillió Koronára tették). (Konkoly emellett élete végéig sokat foglalkozott a zeneművészettel, személyes kapcsolatban állt pl. Liszt Ferencel és Richard Wagnerrel, csodálója volt a festészetnek és egyik legtevékenyebb támogatója a fényképészetnek.)

Manapság Konkoly Thege Miklóst csillagászként tartják számon, pedig igen sokat tett, nem csak hazai, de nemzetközi viszonylatban is a XIX. sz. második felében kibontakozó meteorológiáért, és támogatója volt a geofizikai (földmágneses és földrengés) kutatásoknak. Életrajzai megemlítik, hogy 1890-től, az Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézet igazgatójaként hatalmas energiával dolgozott a hazai meteorológiai hálózat és időjárás kutatás fejlesztésén. Valójában nagy figyelemmel foglalkozott a meteorológiai műszerekkel, és a mérések tökéletesítésével. Emellett az általa vezetett Meteorológiai Intézet műhelyében kis sorozatokban készítettett különféle mérőeszközöket (pl. szélműszereket) az állomások fejlesztésére. Ugyan itt földrengés-írókat is készített, az 1905-től képülő magyar földrengéskutató hálózat számára.

Konkoly Thege Miklós egyik legjelentősebb alkotása kétségtelenül az ógyallai Meteorológiai Obszervatórium volt. Kevésbé ismert, hogy ennek az intézetnek felépítésére ugyancsak saját telkét adományozta, az államkincstárnak 1897-ben. Az 1899–1900 közt felépült ógyallai Meteorológiai és Földmágnességi Obszervatórium a felavatás idején Európának talán a legmodernebb ilyen jellegű intézménye volt. Az épületek, sőt a parkban emelt észlelő-helyiségek – felújítva, korszerűsítve –, ma is a Szlovák állam jól működő, jelentős obszervatóriuma!

Konkoly Thege tudományos tevékenységével jelentősen hozzá járult a község – akkor még csak nagy falu – fejlesztéséhez. Nem csak a két obszervatórium létesítésével, de idővel az



ottani munkatársak számának gyarapodásával is emelte a helység színvonalát. A Komárom-érsekújvári vasút kiépülésével állomást kapott Ógyalla (korábban Érsekújvárról volt kocsin elérhető), ide telepítették a járásbírószékhelyt, korszerű posta- és távíró-hivatala létesült. A helység lakosainak száma ötven év alatt majdnem kétszeresére nőtt. Manapság már szinte nem is tudott, hogy 60. születésnapján (1902) az Ógyalla körüli közel 1600 holdas birtokát is az államnak ajándékozta. Az volt a javaslata, hogy azt felparcellázva kis-bérlőknek adják ki, zöldség és gyümölcs-termesztés céljaira.

Ógyalla-Hurbanovó méltán büszke, és tiszteli Konkoly Thege Miklós emlékét. Az egykori Konkoly-csillagvizsgáló helyén berendezett, nagyszabású Szlovák Központi Csillagvizsgáló

munkatársai – főleg Ladislav Druga, a csillagásztörténet értő kutatója – évek óta szorgalmazza, hogy köztéri szoborral is örökössé tegyék a város nagy tudósának emlékét. A Szlovák Köztársaság kultusz-kormányzatának jelentős adományából, a városi vezetőség anyagi hozzájárulásával, 2007-re készült el a bronzszobor. A bronz szobor Nagy János szlovákiai művész alkotása. A város 650. éves ünnepségén, a szlovák kormány képviselőjében Dušan „aplovič” alelnök vett részt. Jelen volt a Konkoly-család több tagja is. (Amit őszintén sajnálunk, az, hogy a rendezők megelégedtek a város nemzetközi hírért nem kevésbé öregbítő Meteorológiai Intézetéről és Geofizikai Intézetéről.) A város központjában álló, egész alakos szobor az égre néző Konkolyt ábrázolja, egyik kezében kis távcsövet tart-

va, a csillagda-kupolát jelképező, ívelt oszlop mellett.

A szlovákiai Konkoly-szobor a nagy természetkutató és műszertervező első köztéri emléke. Eddig a Budapest-Svábhegyi Csillagvizsgáló hivatalos (bár nem mindig említett) neve, és a mellette futó XII. kerületi Konkoly Thege út, a 1445. számú (1938-ban felfedezett) kisbolygó, valamint a születése 100. évfordulóján az ógyallai Meteorológiai Observatórium falában elhelyezett (meglehetősen eldugott) emléktábla őrizte. Szép, és hű mellszobrát, a Meteorológiai Intézet első emeletén, sajnos kevesen láthatják. Köztéri emlékét most már szobor is megőrizti.

Bartha Lajos

Nyári iskola az éghajlati atlaszok készítéséről

Az OMSZ szervezésében 2007. szeptember 10. és 14. között festői környezetben, a Vas megyei Sitkén került megrendezésre a „Summer School on Preparation of Climate Atlas” rendezvény. A nyári iskola megszervezését a SEE-ERA.net pályázaton elnyert pénzügyi támogatás tette lehetővé. A SEE-ERA.NET olyan hálózati projekt, amelynek célja, hogy integrálja az EU tagállamait és a délkelet-európai országokat az Európai Kutatási Térségbe, elősegítse az EU tagországok és délkelet-európai országok együttműködését, többek között azzal, hogy alkalmazott K+F pályázatot hirdetett meg informatikai, biotechnológiai és környezet-védelmi témakörökben. Sajnos, a projektenként elnyerhető támogatás kevés (legfeljebb 20 ezer euró), de lehetőség a kapcsolatépítésre, közös FP7 projektek előkészítésére, kiskonferenciák, workshopok, nyári iskolák szervezésére, vagy akár PhD-hallgatók együttműködésére.

A nyári iskola keretében tárgyalt témák között olyan fontos kérdések voltak, mint a meteorológiai adatok minőségellenőrzése, az adatbázis kezelése és fejlesztése, a homogenizálás, az interpolációs eljárások, vagy a tematikus térkép készítése és adatigénye. A rendezvényen albán, görög, horvát, román, szerb és szlovén kollégák vettek részt, mindannyian a társ meteorológiai szolgálatok munkatársai. Az előadók részben a régióból (Szlovénia, Magyarország) kerültek ki, de nagyobb részük a délkelet európai térségen kívülről

(Ausztria, Hollandia, Németország, Spanyolország, Norvégia) érkezett. Minden előadó a korábban felsorolt tématerületek jeles képviselői. A WMO Éghajlati Programjától az előadó akadályoztatása miatt sajnos csak az előadását tudta elküldeni, de a nemzeti éghajlati programok alkalmazkodási tematikájának harmonizálásával foglalkozó CIRCLE ERA.net projekt magyarországi képviselője, a KvVM részéről személyesen is megjelent.

A nyári iskola gyakorlati foglalkozásain az OMSZ-ban kidolgozott interpolációs (MISH) és homogenizálási módszert (MASH) ismerhették meg a résztvevők. Mindkét módszer bemutatója sikeres volt, azóta több meteorológiai szolgálatnál is kipróbálták ezeket az eljárásokat.

Fontos része volt a nyári iskolának a résztvevők egy-egy rövid előadása. Ennek keretében bemutatták a meteorológiai észlelőhálózatukat, az éghajlati adatbázisuk állapotát, ismertették az adatellenőrzés folyamatát, az alkalmazott homogenizálási és interpolációs módszereket, illetve – ahol ez már megvalósult – az éghajlati atlasz készítésével kapcsolatos problémákat, tapasztalatokat.

A rendezvény sikeres volt és egy szorosabb együttműködés, illetve remélhetőleg egy közeljövőben megvalósuló regionális projekt alapjait rakta le.

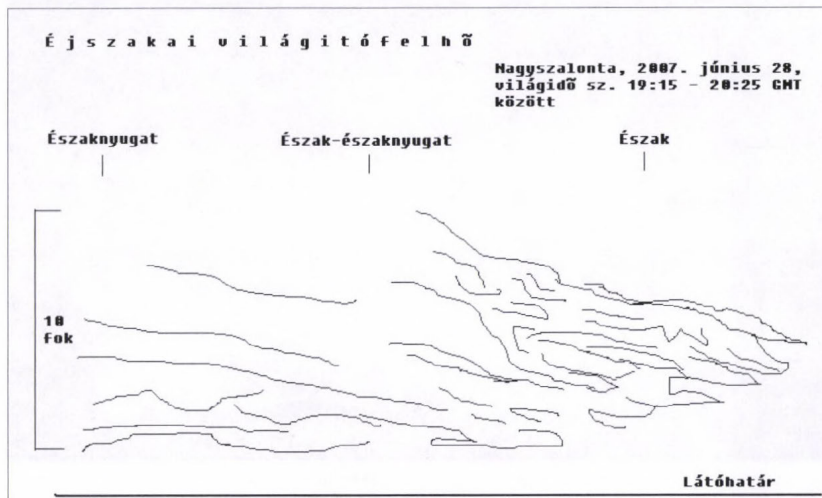
Németh Ákos

SEJTELMES FÉNYŰ FELHŐ AZ ÉJSZAKÁBAN

„Amint a Nap alámerült a látóhatár alá, a felhőtlen ég mind sötétebbé és sötétebbé vált, végül zöldeskék színből váltott éjféketébe. Ám ekkor, 2007. június 28-án, helyi idő szerint 22,15-kor északnyugat-észak irányában, az égbolt alsó részén mintegy két és fél arasznyi (50 fok) széles, fél arasznyi (10 fok) vastag sávban igen finom szövésű, fehér fonalak, szalagok jelentek meg, amelyek többnyire összekapcsolódtak egymással. Fokozatosan még fényesebbé vált. A tűnemény alkotóelemei fényes szegéllyel rendelkeztek, az egyes sávok helyenként egymásba torlódtak, befűződés látszott rajtuk, néhol enyhe dudorok, hullámok, örvények mutatkoztak. Baloldalt, legalul határozottan fényesebbnek tűnt, ott csekélyen hullámzó csíkok bontakoztak ki. Égi helyzete láthatóságának egy órája alatt mit sem változott. Ahogy álltam munkahelyem épülete előtt az utcán, és papírra rajzoltam a jelenséget ebben a késő esti időben, a járdán mellett elhaladók észak felé fordítva tekintetüket mutatták egymásnak: 'igen, valami világít ott az égen.'” (Részlet a szerző észlelőnaplójából.)

A természet egyik legkülönlegesebb képződménye légkörünk legfelsőbb részén lebeg, ott, ahol gyakorlatilag már a világűr kezdődik. Vékony, hajfonatszerű felhőcsomó, ami esti sötétedés után elektromoskék színben fénylik az égbolton. Vannak tudósok, akik úgy gondolják, hogy ennek mind gyakoribb jelentkezése a légkör általános felmelegedésének jelét sejteti. Éjszakai világítófelhő – a továbbiakban ÉVF – néven ismert. Akármilyen hozza is létre, felbukkanása mindig élményszámba megy.

„Az utóbbi néhány hét folyamán ez a felhő igazán örömdetes látványt keltett a déli félteke fölött” – közli *Donald Pettit*, a Nemzetközi Űrállomás (International Space Station – ISS) asztronautája a NASA TV-ben. „Szinte már



rutinszerűen látjuk, minden egyes alkalommal, amikor Dél-Amerika vagy Ausztrália fölött elrepülünk”.

Az égboltot a földfelszínről kémlelők ugyancsak eléggé sűrűn észlelik az ezüstös vagy gyöngyházzsínű fényt napnyugta után, amikor az égbolt már majdnem egészen besötétedik. Pettit e felhő magasságát 80–100 kilométerre becsüli, irodalmi kifejezéssel élve „a világűr peremén”.

Az ÉVF viszonylag újfajta természeti jelenség, állítja a tűneményt kutató *Gary Thomas*, a Colorado Egyetem professzora. Hasonlót ugyanis először 1885-ben láttak két éven keresztül az Indonéziában található Krakatau tűzhányó hatalmas kitörését követően, melynek nyomán 80 kilométer magasságba jutott a bázaliszthez hasonlítható finom szemcsézetszerű vulkáni hamu és por. A vulkanikus hamulepel két hét alatt körbejárta bolygónkat, széles sávban betérítette a földi légkört. A napnyugtákat narancsos és vörös színekkel s ezek árnyalataival oly csodálatossá varázsolta, hogy a róla feljegyzést készítőket világhíressé tette. Egyikük, a német *T. W. Beckhaus* valami egészen másra is felfigyelt. Jőcskán napnyugta után több éjszakát töltött a szabadban a csillagos ég alatt, s minden alkalommal elektromoskék színű, hajfonatszerű fényszá-

lakat látott az égbolt fekete kárpítján: éjszakai világítófelhő.

Napjaink tudósai szerint az ÉVF felbukkanását a vulkanikus hamu különös megnyilvánulásának kell tekintenünk. A Krakatau-ból származó hamu, ami a színekben és fényekben gazdag napnyugtákat okozta, végül is lassanként leülepedett a földfelszínre, az ÉVF viszont maradt. „Igazi rejtély – állapítja meg *Thomas* professzor –, hogy az ÉVF nemcsak állandóan jelen van az égbolton, hanem mostanra nagyobb területekre is kiterjedt. Egy évszázaddal korábban a felhő 50 fok földrajzi szélességig korlátozódott, napjainkig még alacsonyabb szélességeig hatolt, Skandináviából, Angliából, sőt Oroszország délebbi területeiről is látni lehet, mi több, az egyesült államokbeli Utah és Colorado államok fölött is megfigyelték már (a legfrissebb tapasztalatok szerint Közép-Európa, így hazánk égboltján is feltűnt – a szerző megj.).

Pettit űrhajós régi ÉVF-észlelőnek számít. Mint a Los Alamos Nemzeti Kutatólaboratórium (Új-Mexikó állam) vezető munkatársa 1984 és 1996 között berepülő pilótaként nagy magasságból vizsgálta az ÉVF-t. „Az űrből észlelve számunkra nem kis örömet jelent az Űrállomás fedélzetén” – jegyzi meg.



Egy svédországi felvétel 2006. június 18-án

Noha úgy tűnik, mintha az ÉVF a világűrhez tartozna, valójában a földi légkör határán található 50–85 kilométer magasságban, az ún. mezoszférában. A mezoszféra nem csupán nagyon hideg (minusz 125 Celsius fok hőmérsékletű), hanem rendkívül száraz: százmilliószor szárazabb, mint a Szahara-sivatag fölötti levegő. Az ÉVF mindemellett vízből áll, a cigarettafüst alkotórészeihez hasonló méretű, apró jégkristályokból. A már látóhatár alatt levő Nap fénye szóródik rajtuk, ami jellegzetesen kékesfehér színű fényt kölcsönöz a felhőnek. Ahány jégkristályforma csak létezik a száraz mezoszférában, annyira rejtélyes az ÉVF ottani jelenléte.

„A felhő jégkristályai a fagyott vízmolekulákra rátapadó porszemcsékből állnak. A jégkristály által magába szívott port szakmai körökben nukleációnak hívják. Ez a jelenség megy végbe az alsólégköri közönséges felhőkben is. Ez utóbbiak a Föld közelében legfeljebb 15–18 kilométer magasságban tartózkodnak, porforrásuk elsősorban a sivatagi szélviharok által felkavart porból származik. A

sivatagi szélvihar nem képes feljuttatni a port a mezoszférába, a Krakatau-ból kidobódó port viszont az 1883. évi heves robbanás fel tudta oda juttatni, ám arra sajnos nem kapunk választ, hogy az a felhő azonos lehet azzal a mezoszférikus felhővel, amit mostanában látunk” – vonja le a következtetést Thomas professzor. „Az is lehetséges – folytatja –, hogy a porforrás maga a világűr”. Bolygónk ugyanis naponta meteorikus eredetű kőzet- és fémanyagot tartalmazó kozmikus por, továbbá üstökösök és kisbolygók mállásából, bomlásából származó törmelékanyag tonnáit ragadja magához. Ez a kozmikus anyag legnagyobb részt éppen olyan méretű, amely az ÉVF-be be tud épülni. A vízgőz, mint forrás eredete kevésbé vitatott. „A fölfelé emelkedő légáramlatok a vízgőzt a nedves alsólégkörből fölszállítják a száraz mezoszféra irányába” – vélekedik a professzor. Ez a jelenség is arra mutat, miért nyáron, s miért nem télen fordul elő az ÉVF.

Egyre népszerűbb az a feltevés, miszerint az ÉVF talán az általános

felmelegedés egyik következménye lehet. A szélsőséges hideg kedvez a jégkristályok keletkezésének egy olyan száraz közegben, mint a mezoszféra. Furcsamód a légkör felmelegedése még elő is segíti ezt. Miközben az üvegházhatást okozó gázok állítólag melegítik a földi atmoszférát, azok alacsony hőfokot idéznek elő a magaslégkörben. Thomas professzor szerint az ÉVF-t legelőször a nagy ipari forradalom idején vették észre, ami az üvegházhatású gázok növekedésével esik egybe.

Tekinthetjük-e az ÉVF-t az éghajlatmódosulás hőmérőjének? Esetleg a kozmikus por jelzőjének? Túlságosan spekulatív kérdések ezek – állapítja meg a professzor. Mindenesetre a kaliforniai Vandenberg Katonai Légibázisáról 2007. áprilisában felbocsátottak egy 200 kilogramm súlyú űrszondát, az AIM-et (Aeronomy of Ice in the Mesosphere), amely 550 kilométer magasságból két éven keresztül fogja tanulmányozni a mezoszférát, s természetesen a benne található ÉVF-t, fényképezni fogja azt, mérni a hőmérsékletét, elemezni a vegyi összetételét, sőt mérni fogja a világútból érkező kozmikus por mennyiségét is.

Addig is minden, amit tehetünk az az, hogy várjunk és észleljük az ÉVF-t. Erre alkalom a nyári hónapokban nyílik, fél-egyórával napnyugta után: gondosan vizsgáljuk át az égbolt alsó részét északnyugati, északi, északkeleti irányokban. Amennyiben kékesfehér indák, csíkok, sávok terjeszkednek a látóhatárral majdnem párhuzamosan, akkor nagy valószínűséggel ÉVF-t látunk. Még egy fontos dologról nem szabad megfeledkeznünk. Ne hagyjuk otthon a fényképezőgépet! Mert nem lesz lehetőségünk túl sokszor elcsípni s lefotózni az éjszakai világítófelhőt.

Kósa-Kiss Attila

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Rovatvezető: Maller Aranka

Rendezvényeink 2007. július 1–október 31. között

Választmányi ülés:

2007. október 11.

Napirend:

1. Jegyzőkönyv hitelesítők felkérése
2. Beszámoló az előző ülés óta történetekről
 - ♦ Erdő- klíma V. kötet helyzete
 - ♦ MTESZ ügyek
 - ♦ EMS ügyek
 - ♦ Támogatások
 - ♦ Szakosztályok, területi csoportok
 - ♦ Marczell-Berkes sirkőavatás
 - ♦ OTDK díjazott (Hille díj)
 - ♦ Megújult az MMT honlapja
3. Évzáró ülés előkészítése
4. 2008. évi vándorgyűlés előkészítése
5. Kitüntetési bizottságok felkérése
6. Egyebek
7. Tagfelvétel

(Mivel határozatképtelen volt a választmány, határozatok nem születtek és tagfelvétel sem történt.)

Előadó ülések, rendezvények:

2007. szeptember 20.

- **Rózsavölgyi Kornél PhD hallgató** (DE Meteorológiai Tanszék) *A szélergia területi hasznosításának klimatológiai és energetikai modellezése Magyarországon*
- **Beck János gazdasági agrármérnök informatikus** (Kaposvári Egyetem Matematika és Fizika Tanszék) *Megújuló energiaforrások helyileg optimális megválasztását segítő számítógépes program*

A Magyar Meteorológiai Társaság Nap- és Szélergiai Szakosztálya, az MTA Légtörő Erőforrások Munkabizottsága és a Magyar Szélergiai Társaság közös rendezvénye

2007. október 4.

Az MMT Repülésmeteorológiai Szakosztály rendezvénye

- Tisztújítás (elnök: Vissy Károly, titkár: Fejesné Sándor Valéria)
- **Vissy Károly: Meteorológia és repülés**

2007. október 9.

- **Tóth Zoltán (OMSZ): A légköri ózon és a biológiai hatékony UV sugárzás kapcsolata**

A Magyar Meteorológiai Társaság Debreceni Csoportja, a DAB Környezettudományi Szakbizottsága Meteorológiai Munkabizottsága és a Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék közös rendezvénye

2007. október 11.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat rendezvényén az MMT is köszöntötte Czelnai Rudolf akademikust, 75. születésnapja alkalmából.

2007. október 16.

Az MMT köszöntötte Dr. Szász Gábor professzort, tiszteletbeli elnökünket 80. születésnapja alkalmából Debrecenben.

E két utóbbi rendezvény ismertetésére lapunk következő számában részletesebben visszatérünk.



Köszönet az 1 %-ért!

Az 1996. évi CXXXVI. törvény feljogosította az adózó állampolgárokat, hogy személyi jövedelemadójuk 1%-át az általuk megjelölt közcélú intézmény javára átutaltathassák az APEH-hel.

Örömmel jelentjük, hogy a 2006. évi bevallásában Társaságunknak ajánlott adójának 1%-ából ez évben **248.225.- Ft**-ot utal át az APEH.

Ezúton fejezzük ki köszönetünket a támogatásért, és kérjük tagjainkat, hogy a 2006. évi jövedelemadójuk 1%-ának újbóli átutaltatásával segítsék Társaságunkat.

Elszámolás

a 2005. évi SZJA-ból felajánlott 1%-ról

A 2005. évi adóbevallásban újból lehetett felajánlani a befizetendő SZJA 1%-át azon társadalmi szervezetek részére, akik megfeleltek a törvény által előírt követelményeknek. Örömmel tudatjuk kedves tagtársainkkal, hogy társaságunk megfelelt az előírásoknak és meg is kapta az Önök által **felajánlott, összesen 374.196.- Ft**-ot. A felajánlott összeget a 2006. évi Vándorgyűlés szervezésére használtuk fel. Ebből támogattuk az egyetemisták és nyugdíjasok részvételét.

Mégegyszer nagyon köszönjük a felajánlást és reméljük, hogy ebben az évben is sokan nekünk adják személyi jövedelemadójuk 1%-át, ennyivel is könnyítve nehéz anyagi helyzetünkön.

Az EMMT Elnökség

EMS KÖZGYŰLÉS

Az EMS/ECAM konferencia előtti napon, szeptember 30-án délután került megrendezésre az EMS (European Meteorological Society) 9. Közgyűlése.

Az EMS-nek a Magyar Meteorológiai Társaság megalakulása óta tagja, a bejelentett képviselő *Ambrózy Pál*. Távollétében *Sallai Márta* vett részt az ülésen.

Az alig több, mint 1 óráig tartó ülésen a szokásos, korábban a tagoknak megküldött írásos beszámolók kerültek elfogadásra. Az írásban megkapott beszámolók közül csak az elnöki és a titkársági beszámolót, valamint a költségvetési beszámolót ismertették szóban is. Az ülésen két lényeges esemény történt.

- Az OMSZ a tavalyi ljubljanai ülésen jelezte csatlakozási szándékát az EMS-hez, és ezen az ülésen lett hivatalosan bejelentve társult tagságunk (a nemzeti meteorológiai szolgálatok a szabályzat szerint csak társult tagként csatlakozhatnak). Ebből az alkalomból – előzetes kérésre – egy rövid ismertetőt kellett tartani a Szolgálatról.
- A Council elfogadta *Dunkel Zoltán* jelölését a két évente választandó (un. rotating) tagok közé, a 2008 ősztől 2010 őszig tartó időszakra.

Egyebek:

- A sokunk által ismert *Werner Wehry* professzor nyugdíjba megy. Mivel a Német Meteorológiai Társaság (DMG) állandó tagja a Tanácsnak, helyette *Gerhard Steinhorst* került megválasztásra.
 - *David Burridge*, az EMS elnöke új javaslatot tett az elnök és elnökhelyettesek megválasztásának módjára. A javaslat lényege, hogy egységesek legyenek az elvek, és hogy volt EMS elnökhelyettesek is pályázhassanak az elnöki posztra. Új javaslatot tett a fiatal kutatók tudományos munkásságát díjazó bizottság is. A javaslat lényege: három kategóriába sorolják az országokat, fejlett, közepesen fejlett (ide tartozunk) és fejlődő. A felső korhatárt pedig nem 32 évben szabják meg, hanem a PhD megvédése utáni három évben. Javaslatokat a jutalmazásra évente egyszer tehet minden tag és társult tag, 2–2 ember lehet egyszerre javasolni. (További információk: <http://www.emetsoc.org/organisation/documents.php>).
- Az EMS legközelebbi ülésére 2008 októberben, az ECAC konferenciával egyidőben Amszterdamban kerül sor.

Sallai Márta

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT KÖZLEMÉNYE

Az Országos Meteorológiai Szolgálat Elnöksége – a 6/2003. (IV.28.) KvVM rendelet alapján – a Meteorológiai Világnap alkalmából, (2008. március hó 23.) miniszteri elismerések adományozására kíván előterjesztést tenni.

Ennek megfelelően a hazai és a nemzetközi meteorológia területén kimagasló tudományos kutatások és szakmai eredmények elismeréséül két *Schenzl Guidó-díj*, valamint négy *Pro Meteorologia Emlékplakett* adományozására kerülhet sor.

A Szolgálat Elnöksége felhívja a szakmai, tudományos és társadalmi szervezeteket, egyesületeket, kamarákat, gazdálkodó szervezeteket, intézményeket, önkormányzatokat, valamint a meteorológia iránt érdeklődést tanúsító magánszemélyeket, hogy az elismerésekre írásban tegyék meg javaslataikat.

A javaslatokat 2008. január hó 23. napjáig kell, az Országos Meteorológiai Szolgálat Elnöki Irodájára, a személyügyi referensnek eljuttatni. (1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1).

A javaslatnak tartalmaznia kell a jelölt nevét, személyi adatait, munkahelyét, beosztását, tudományos fokozatát, korábbi kitüntetéseit, továbbá szükséges ismertetni az indítványt megalapozó eredményeket is.

Az elismerések adományozására beérkezett javaslatokat az erre a célra alakult bizottság értékeli, amelyben a Szolgálaton kívül képviselteti magát a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat, a Magyar Tudományos Akadémia, az ELTE Meteorológiai Tanszéke, valamint a Magyar Meteorológiai Társaság.

Az elismeréseket a miniszter vagy megbízottja a Meteorológiai Világnapon ünnepélyes keretek közt adja át.

**Országos Meteorológiai Szolgálat
Elnöki Iroda**

2007. NYARÁNAK IDŐJÁRÁSA

2007. nyara a 107 éves homogenizált meteorológiai adatsor alapján az elmúlt évszázad második legmelegebb nyara volt. Az ideinél csupán a 2003-as nyár volt forróbb, országos átlagban $0,4^{\circ}\text{C}$ -kal. 2007. augusztusával zárult emellett egy másik rekord is: 2006. szeptember és 2007. augusztus között, egy teljes éven keresztül megszakítás nélkül minden hónap középhőmérséklete magasabb volt a sokévi átlagnál, ami a több mint 100 éves meteorológiai adatsorban példa nélkül álló.

Június melegebb volt a sokévi átlagnál, országos átlagban $2,9^{\circ}\text{C}$ -kal. Országban belül sem voltak jelentős eltérések egyes régiók között: a leghűvösebb, déli és északkeleti országrészekben $2,2$ – $2,5$ fokos volt a pozitív anomália, míg a legmelegebb középső országrészben $3,5$ – $3,9^{\circ}\text{C}$ volt az átlagtól vett eltérés.

A hónap során országosan csak 3 nap középhőmérséklete maradt átlag alatt, június döntő többségében az átlagot 3 – 7 fokkal magasabb napi középhőmérsékleteket regisztráltak. 18 -ától másodfokú hőségriadót rendeltek el, majd 21 -én $35,7^{\circ}\text{C}$ -kal megdőlt a június 21-ére vonatkozó budapesti melegrekord, 25 -én Sátorhelyen pedig új országos június 25-re vonatkozó melegrekord született ($35,5^{\circ}\text{C}$).

Júniusban, a hegyvidékek kivételével 20 – 30 nap volt nyári nap, hőség napot a középső és keleti országrészekben 10 – 20 , a nyugati országrészben 1 – 8 alkalommal regisztráltak. Forró nap csak elszórtan, 1 – 2 alkalommal fordult elő.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: $37,0^{\circ}\text{C}$ Agárd (Fejér megye) június 21.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: $4,7^{\circ}\text{C}$ Zabar (Nógrád megye) június 29.

Június szárazabb volt az átlagnál: a szokásos havi csapadékmennyiségnek a hónap során csupán 70% -a hullott le. Országban belül ugyanakkor nem volt egyenletes a csapadékeloszlás. A legcsapadékosabb pontokon az átlagos havi összeg 160% -a is lehullott, míg a legszárazabb régiókban helyenként csupán a sokévi átlag 30% -ának megfelelő mennyiséget regisztráltak.

A hónap jellemző csapadéka az eső volt, de komoly károkat okozó jégesők is előfordultak. Június 21-én, amikor heves vihar vonult végig az ország északi részén (a legerősebb széllokések a fővárosban elérték a 101 km/órát), Budán és Újpesten dió nagyságú jég hullott.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 155 mm Kisterenye (Nógrád megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: $14,8$ mm Alcsútdoboz (Fejér megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 62 mm Baja (Bács-Kiskun megye) június 4.

Július is melegebb volt az átlagnál (immár 11 . hónapként a sorban), országosan $2,5$ fokkal. A szokásosnál melegebb havi középhőmérséklet túlnyomórészt a hónap második harmadában tapasztalt hőhullámnak volt köszönhető, amely alatt, 15 -e és 24 -e között harmadfokú riadókészültség volt érvényben az ország területén. Ebben az időszakban 6 (egy kivétellel egymást követő) napon dőlt meg az adott napra vonatkozó maximumhőmérsékleti rekord, 18 -án, 19 -én, 20 -án, 21 -én, 22 -én és 24 -én. A 20 -án, Kiskunhalason detektált $41,9^{\circ}\text{C}$ egyben abszolút hőmérsékleti rekord, hiszen ilyen magas hőmérsékletet a mérések kezdete óta Magyarországon még nem regisztráltak. Július végül átlagnál hidegebb idővel búcsúzott, 31 -én éjszaka megdőlt az adott napra vonatkozó országos hidegrekord: Zabarón $3,0^{\circ}\text{C}$ -ot mértek.

A hónap során (a hegyvidéki területek kivételével) 21 – 28 nap volt nyári, 10 – 19 hőségnapot regisztráltak, és az északi valamint nyugati területek kivételével 6 – 12 nap volt forró.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: $41,9^{\circ}\text{C}$ Kiskunhalas (Bács-Kiskun megye) július 20.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: $3,0^{\circ}\text{C}$ Zabar (Nógrád megye) július 31.

Júliusban, országos átlagban a szokásos mennyiség alig 60% -ának megfelelő csapadék hullott, országban belül azonban jelentősek voltak a csapadékhozambeli eltérések. Míg az ország középső részén a július havi csapadékmennyiség csupán 30 – 40% -ának megfelelő eső esett, addig a keleti vidékeken helyenként a sokévi átlagot akár 20% -kal is meghaladó havi csapadékösszeget regisztráltak. A hónap jellemző csapadéka az eső volt, jégeső csak egy napon fordult elő az ország területén.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 96 mm Szentgotthárd (Vas megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 4 mm Tass (Bács-Kiskun megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 50 mm Debrecen (Hajdú-Bihar megye) július 4.

Augusztus szintén melegebb volt az átlagnál, országosan mintegy $2,4^{\circ}\text{C}$ -kal. Az átlag feletti havi középhőmérséklet a hónap kétharmadában tapasztalható, átlagnál akár 8 – 10 fokkal melegebb időszakoknak volt köszönhető. Országban belül ugyanakkor markáns eltérések mutatkoztak az augusztusi hőmérsékletben a sokévi átlaghoz viszonyítva. Az ország keleti-délkeleti régiója volt a legforróbb, itt az augusztus 3 – $3,3$ fokkal volt melegebb a szokásosnál, a legenyhébb délnyugati országrészben ezzel szemben a pozitív anomália helyenként az 1°C -ot sem érte el.

A hegyvidéki régiókat kivéve augusztusban 20 – 29 nap volt nyári és 7 – 21 nap volt hőség nap. Forró nap csak a keleti országrészben fordult elő, 1 – 6 alkalommal.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: $39,4^{\circ}\text{C}$ Túrkeve (Jász-Nagykun-Szolnok megye) augusztus 23.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: $4,2^{\circ}\text{C}$ Zabar (Nógrád megye) augusztus 1.

Augusztus országos átlagban 23% -kal csapadékosabb volt a szokásosnál, országban belül ugyanakkor nagy volt a havi csapadékhozambeli eltérés. A középnyugati országrészben volt legnagyobb az augusztusi csapadékösszeg átlagtól vett eltérése: helyenként a szokásos csapadékmennyiség több mint háromszorosának megfelelő mennyiséget regisztráltak. Az északkeleti, délkeleti és délnyugati területeken ugyanakkor egyes állomásokon a szokásos mennyiség felénél is kevesebb csapadék hullott.

Augusztus folyamán többször fordult elő nagy mennyiségű napi csapadékhullás. 10 -én, Tengelicen 94 mm-nyi eső hullott, 20 -án Győrött regisztrálták a legtöbb csapadékot (mintegy 56 mm-t), 19 -én pedig Budapest volt az országos rekorder, 75 mm-rel (Budapestben a havi csapadékösszeg 67 mm).

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 224 mm Tapolca (Veszprém megye)

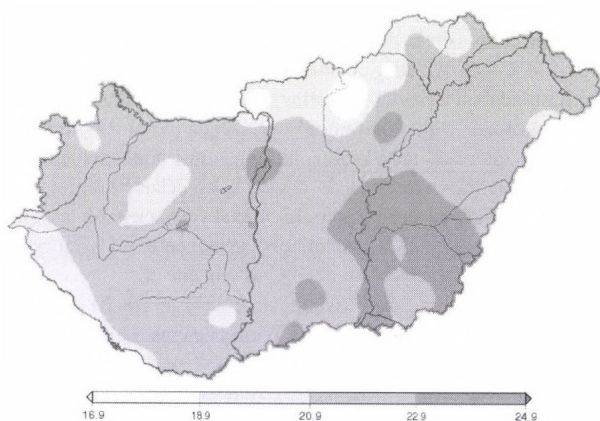
A hónap legkisebb csapadékösszege: 9 mm Tuzsér (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 94 mm Tengelice (Tolna megye) augusztus 10.

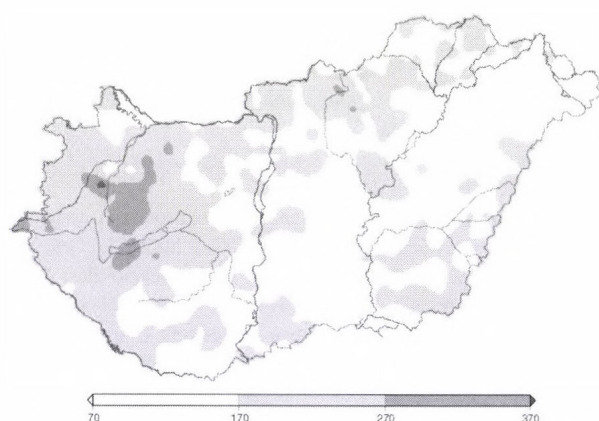
Schlanger Vera

2007. nyár

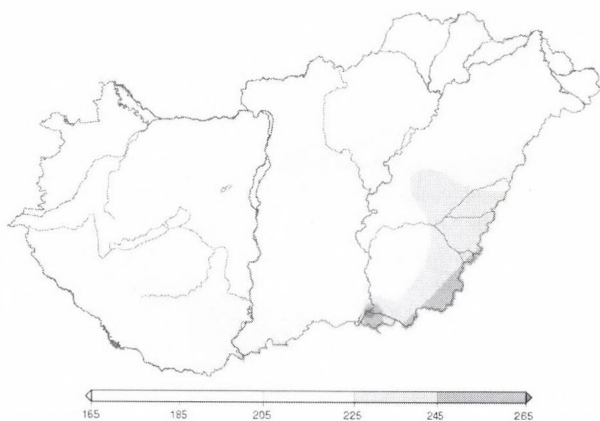
állomások	napsütés (óra)		hőmérséklet (°C)						csapadék (mm)			szél
	évsz.össz.	eltérés	évsz.közép	eltérés	absz.max.	napja	absz.min	napja	évsz. össz	átlag%-ában	1mm<napok sz.	
Szombathely	793	75	21,3	2,9	39,4	2007.07.20	6,6	2007.06.01	179	79	26	3
Nagykanizsa	–	–	20,8	2,0	39,1	2007.07.20	5,6	2007.06.01	190	78	26	2
Győr	804	34	21,6	2,2	39,6	2007.07.20	7,5	2007.08.02	250	138	25	21
Siófok	946	149	23,2	3,0	37,7	2007.07.16	12,0	2007.06.01	263	139	21	21
Pécs	870	50	22,4	2,6	38,6	2007.07.20	10,1	2007.06.01	159	77	21	11
Budapest	936	160	23,1	3,1	40,7	2007.07.20	10,4	2007.07.31	217	130	20	10
Miskolc	882	167	22,1	3,0	38,6	2007.07.20	10,4	2007.07.31	141	67	22	10
Kékestető	815	63	16,9	2,8	31,4	2007.07.20	7,4	2007.07.31	320	121	26	15
Szolnok	–	–	23,5	3,4	40,8	2007.07.20	11,6	2007.07.31	158	93	18	–
Szeged	934	126	22,9	2,8	39,8	2007.07.22	8,3	2007.08.01	91	51	21	9
Nyíregyháza	–	–	21,9	2,4	39,3	2007.07.20	9,8	2007.07.13	170	83	18	11
Debrecen	948	154	22,5	3,0	38,1	2007.07.20	9,1	2007.06.29	144	70	20	9
Békéscsaba	997	187	23,1	3,3	39,5	2007.07.20	10,1	2007.07.27	171	88	25	6



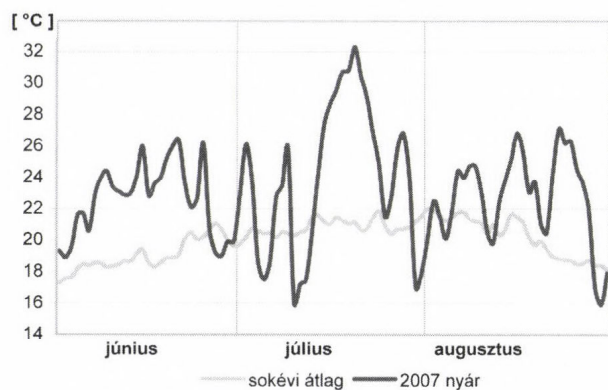
1.ábra: A nyár középhőmérséklete °C-ban



2.ábra: A nyár csapadékösszege mm-ben



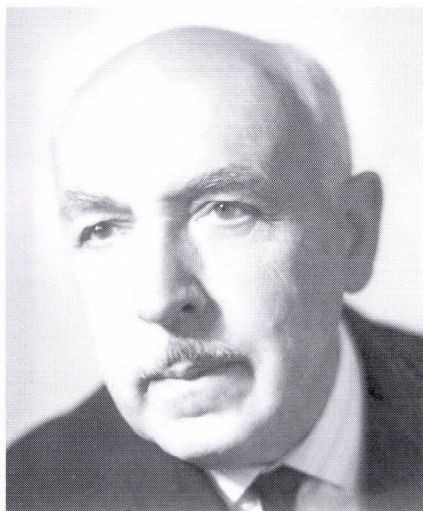
3.ábra: A nyár globálsugárzás összege MJ/cm²-ben



4.ábra: A nyár napi középhőmérsékletei és a sokévi átlag °C-ban

HROMOV, SZERGEJ PETROVICS

(Bronnyica, 1904. szept. 4. – Moszkva, 1977. ápr. 29.)



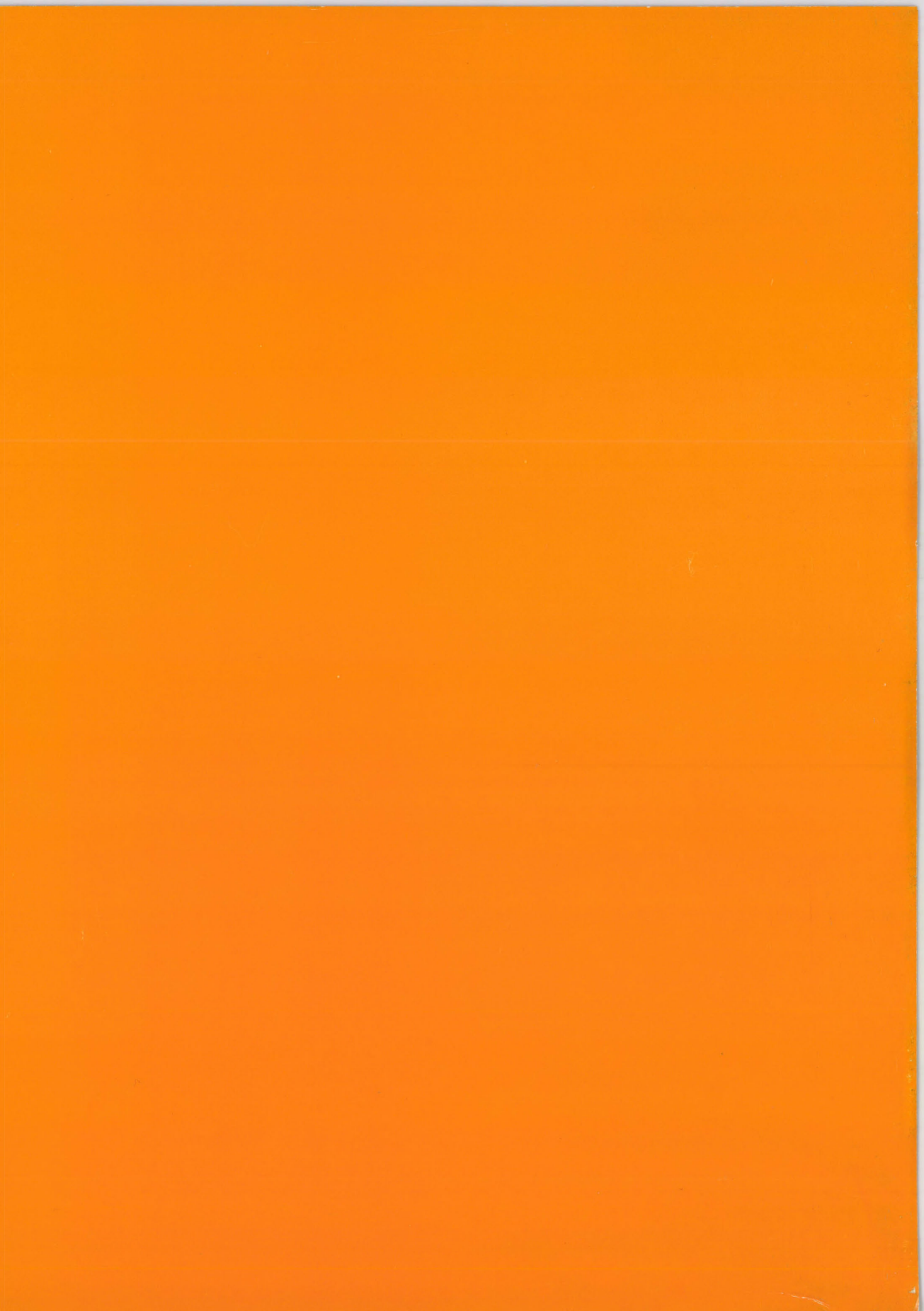
1904. szeptember 4-én született a moszkvai kerület Bronnyica nevű városkájában. 1922–28 között a Moszkvai Egyetem fizikai-matematikai fakultásán tanult, ahol geofizikus diplomát szerzett. Már egyetemi hallgató korában az Állami Geofizikai Intézet Aerológiai Laboratóriumában, majd 1926-tól a moszkvai kerület időjárás irodájában dolgozott. Itt jegyezte el magát véglegesen a szinoptikus meteorológiával és az időjárás szolgálattal. Ezekre az évekre esik a *bergeni* iskola frontanalízisre alapozott időjárás-előrejelzésének virágkora. *Hromov* az új irányzattal 1926–27-ben az elsők között ismerkedett meg.

1929-től kezdve azon fáradozott, hogy létrehozza Moszkvában a Szovjetunió korszerű időjárás szolgálatát, amelyből kialakult a Központi Prognosztikai Intézet. 1936-ig a Moszkvai Időjárás Irodában mint tudományos főmunkatárs, később a kutatási részleg vezetője. Minden erejét latba vetette, hogy a frontológiai analízis az időjárás-előrejelzés általánosan elfogadott módszerévé váljék. Nagyban elősegítette ezt a törekvését, hogy a korabeli idősebb és fiatalabb szinoptikus nemzedék a norvég iskola egyik legzsensialisabb képviselőjét, *T. Bergeron* előadásait hallgatta. 1931–36 között a szinoptikus és dinamikus klimatológia tárgyköréből egész sor tanulmánya jelent meg.

Életének fő műve, amely a világ szinoptikusainak élvonalába emelte, a „*Bevezetés a szinoptikus analízisbe*” c. munkája volt. Megírásán 1932-től 1934-ig dolgozott. 1940-ben, majd 1948-ban tankönyv céljára átdolgozott változata is megjelent „*Szinoptikus meteorológia*” címmel. A könyv világszerte általános sikert aratott. Magyar nyelvű fordítása 1951-ben jelent meg az Akadémiai Kiadó gondozásában.

1936-tól a Moszkvai Hidrometeorológiai Intézetben dolgozott, mint a Szinoptikus Meteorológiai Tanszék vezetője. 1937-ben megszerzi a fizikai-matematikai tudományok kandidátusi fokozatát, majd 1941-ben a „*Szinoptikus meteorológia*” c. könyvének megvédésével elnyeri a földrajzi tudományok doktori fokozatát. 1947-től a Szentpétervári (Leningrádi) Egyetem földrajzi fakultásán a meteorológiai és klimatológiai tanszéket vezette. 1953-ban a Moszkvai Állami Egyetem meteorológiai és klimatológiai tanszékének professzora, 1957-től mintegy 15 éven keresztül a tanszék vezetője volt.

Hromov professzor az Időjárás szerkesztőbizottsági tagjaként sok segítséget nyújtott, mint szakmai és nyelvi lektor. 1960-ban a Magyar Meteorológiai Társaság tiszteleti tagjává választotta.



L É G K Ö R

52. évfolyam

2007. 4. szám



LÉGKÖR

52. évfolyam
2007. 4. szám

Felelős szerkesztő:
Dr. Ambrózy Pál
a szerkesztőbizottság
elnöke

Szerkesztő bizottság:
Dr. Bartholy Judit
Bihari Zita
Bóna Márta
Dr. Gyuró György
Dr. Haszpra László
Dr. Hunkár Márta
Ihász István
Dr. Putsay Mária
Szudár Béla
Tóth Róbert

ISSN 0133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Bozó László
az OMSZ elnöke

Készült:
Az **FHM Kft.**
nyomdájában
800 példányban

Felelős vezető:
Modla Lászlóné

Évi előfizetési díja 1365 Ft

Megrendelhető
az OMSZ Pénzügyi Osztályán
Budapest, Pf.: 38. 1525

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLAT ÉS A MAGYAR
METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

Címlapon: *Melléknep*
Mihálydeák Antal (Székelykeresztúr) felvétele.

Horváth Ákos: Vihar Afrikából	2
Kovács Attila, Kovács Péter: Árvíz a Szinván: az orografikus csapadéktöbblet egy extrém este	5
Gyuró György: Interjú Szépszó Gabriellával	8
Gyuró György: Szépszó Gabriella Junior Prima Díjas	9
Fövényi Attila: Egy, a repülésmeteorológia által használt maximum hőmérséklet előrejelző módszer	10
OLVASTUK Rekord jégcsökkenés az Arktiszon	17
Bihari Zita: Időjárási rekordok Magyarországon	18
Fövényi Attila: Meteorológiai Világ és kontinens rekordok	19
Új könyv	25
Dunkel Zoltán: Czelnai Rudolf 75 éves	26
Gyuró György: A 80 éves Szász Gábor professzor köszöntése	27
Bíróné Kircsi Andrea: Dr. Tar Károly 60 éves	28
Bíróné Kircsi Andrea: I. Országos Középiskolai Földtudományi Diákkonferencia	28
Zsikla Ágota: A 2007. évi balatoni és velencei-tavi viharjelzésekről	29
OLVASTUK A Katrina utóhatása	31
Gyuró György: Török Dénes (1951–2007)	32
Gyuró György: A negyedik aranyokleveles meteorológiai évfolyam	32
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	34
Kitüntetés	34
Ambrózy Pál: Bodolai Istvánné 80 éves	34
Mezősi Miklós: Évfordulók – 2007	35
Schlanger Vera: 2007 őszenek időjárása	38
2007. évi összesített tartalomjegyzék	40

VIHAR AFRIKÁBÓL

(A 2007. augusztus 23-i vihar vizsgálata)

Bevezetés

2007. augusztus 23-án a késő esti órákban délnyugati irányból egy szokatlanul gyors mozgású instabilitási vonal haladt végig a Dunántúlon. A vonalba rendezett zivatarok helyi időben este 20 órakor érték el az országhatárt, majd másfél óra elteltével már Budapesten voltak. Az áthaladásukat orkán erejű széllelkések kísérték (100–125 km/ó), illetve több helyről érkeztek erős jégesőkről is jelentések. A vihar előrejelzése nem volt egyszerű feladat, ugyanis míg az országhatártól a Balatonig jól követhető módon mozogtak a cellák, addig a Balaton keleti medencéjétől Budapestig váratlanul felgyorsult a rendszer. Az operatív numerikus modellek közül a konvektív folyamatok leírására használt 2.5 km horizontális felbontású MM5 modell 2007. augusztus 23. 00 UTC-s futása ugyan jelezte a délnyugati instabilitási vonal kialakulását, azonban annak gyors mozgását illetve a Balatontól keletre történő áthelyeződését nem jelezte előre. Az MM5 modell peremfeltételeit biztosító ECMWF mezőket megvizsgálva azt találtuk, hogy ott sem mutatkozott meg a gyorsan sodródó vihar, a zivatarcellák az ECMWF globális modelljének felbontása alatt voltak, azaz a jelenség „elveszett” a globális modell negyed fokos felbontású mezőjében.

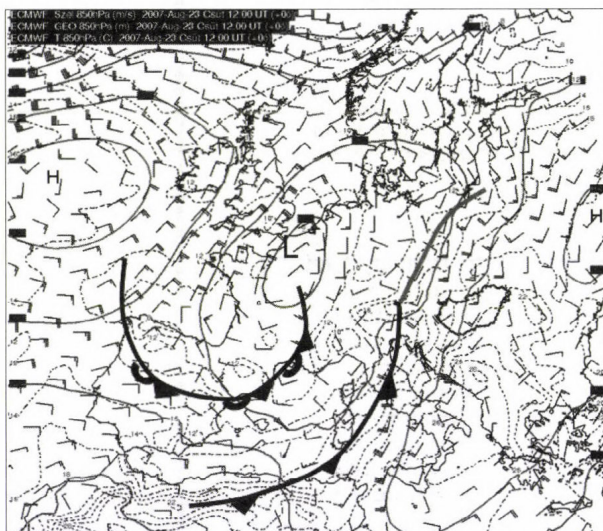
A műhold adatok részletesebb vizsgálata azt mutatta, hogy a zivatar, illetve annak elődje nem a Kárpát medencében alakult ki, hanem visszamenőleg követhető Olaszországon át egészen Afrika északi partjáig, sőt a megelőző nap (augusztus 22) esti, az algériai sivatagban található zivatarok tekinthetők a hazánkra lecsapó vihar elődjének.

A hosszan fennmaradó zivatar centrumok nem rendkívüli jelenségek (például a 2006. augusztus 20-i vihar csírája is az Alpok nyugati oldalán pattant ki) azonban ilyen távolról és főleg ennyire eltérő klímájú térségről főként sodródó vihar mindenképpen különlegességnek számít. Ebben az írásban a szokatlan vihar körülményeit vizsgáljuk meg.

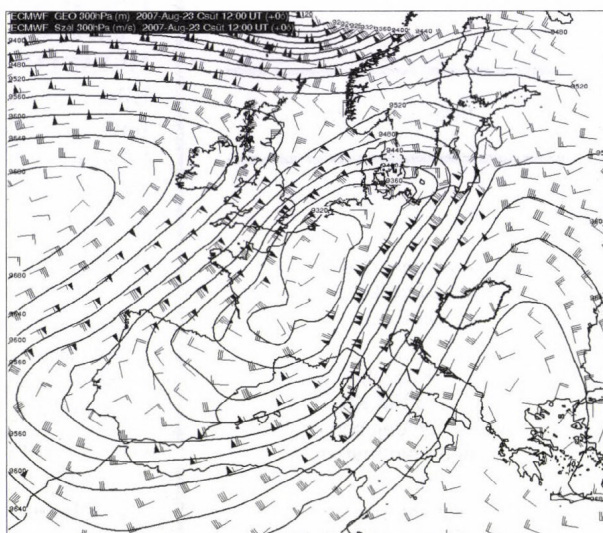
A szinoptikus helyzet

2007. augusztus 23-án egy középpontjával Franciaország felett elhelyezkedő mérsékelt övi ciklon áramlási rendszere határozta meg Dél- és Közép-Európa időjárását. A ciklon előoldalán Afrikából származó forró levegő árasztotta el a Földközi-tenger keleti medencéjét, valamint Kelet-Európát. A Balkán félszigeten és Dél-Olaszországban sokfelé mértek 40 fok feletti maximum hőmérsékleteket. A ciklon hidegfrontja Közép-Európa felett hullámozott, és az alsó troposzférában meglehetősen nagy volt a hőmérsékleti gradiens: 12 UTC-kor a 850 hPa-on a front meleg oldalán 28, míg a hideg oldalán csak 12 fok volt a hőmérséklet. A ciklonban egy erős okklúziós front is kialakult, amely a középső troposzférában örvénylő markáns hidegfronthoz

kötődött (1. ábra). A ciklon előoldalán kialakult áramlási rendszerhez kapcsolódva a középső és felső troposzférában egy hosszú egyenes áramlási csatorna jött létre a 300 hPa-on jól megfigyelhető jet streammel (2. ábra). A fenti hidegfront mélyen benyúlt a mediterrán térségbe, sőt még attól délre, a Szahara vidékére, ahol az erősen konvergens levegőben elegendő nedvesség gyűlt össze ahhoz, hogy a sivatagi területek felett is zivatarok jöhessenek létre.



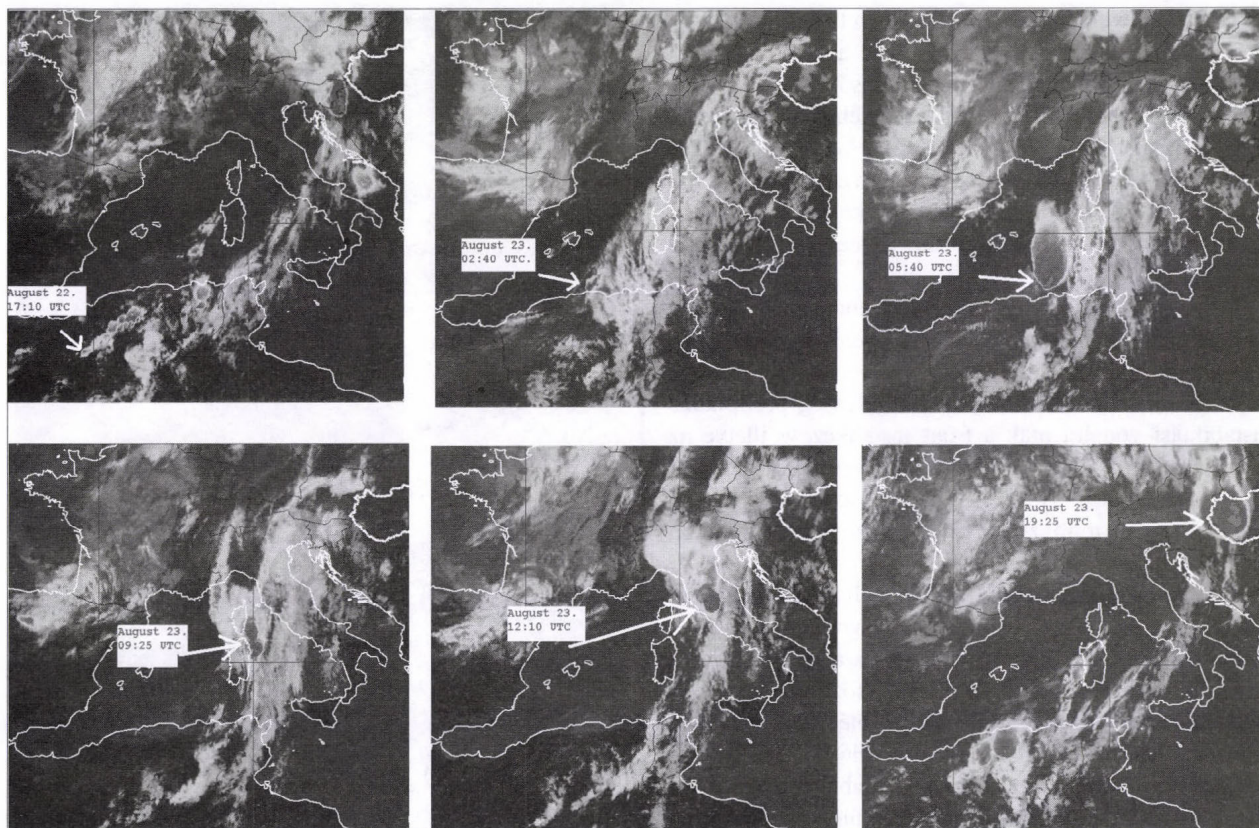
1. ábra A 850 hPa magassági és hőmérsékleti mezeje és a talajközeli frontanalízis 2007. augusztus 23. 12 UTC ECMWF analízis alapján.



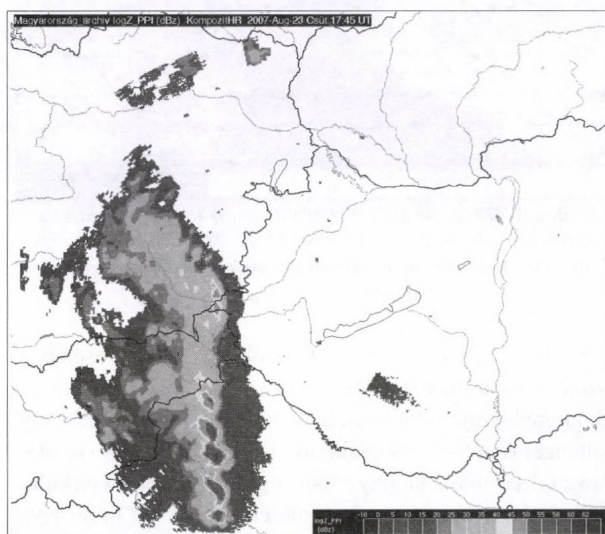
2. ábra A 300 hPa magassági és szélmező 2007. augusztus 23. 12 UTC ECMWF analízis alapján.

Gyorsan vonuló, hosszú élettartamú konvektív rendszer

Az augusztus 23-i vihart megelőző nap, 22-én a 17:55 UTC-s EUMETSAT-MSG infra képen mélyen a Szaharában, Algéria felett sorban alakultak ki a zivatarok. A zivatarok

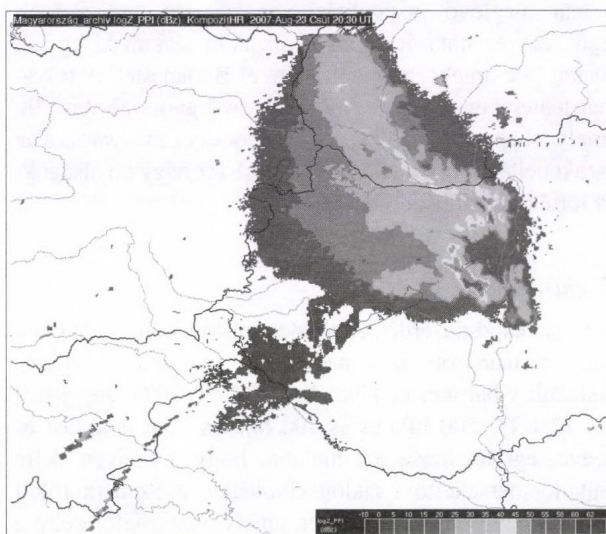


3. ábra A zivatar vonulása a Szaharától Magyarorszáig az MSG infravörös képei alapján. A zivatar helyzetét az egyes időpontokban a nyilak jelzik.



4. ábra A délnyugatról közeledő zivatarlánc radar képe 2007. augusztus 28-án 17:45 UTC-kor.

az éjszaka folyamán átmenetileg legyengültek, majd másnap a 02:40 UTC műholdkép szerint Algéria partjainál ismét megjelent egy erős góc, amely a ciklonhoz csatlakozó jet stream áramlási rendszerét követve északkeleti irányba mozdult el. A zivatar 09 UTC-kor már Szardínia szigete felett járt, 12 UTC-kor Olaszországon vonult keresztül, 17:00 UTC-re pedig már a szlovén-horvát határ fölé ért (3. ábra) és a hazai időjárási radarok látókörébe került. A 17:45 UTC radar megfigyelés szerint egy



5. ábra A zivatarlánc északi részén 19:45 UTC radar mérés szerint újabb cellák alakultak ki és zivatarláncához képest felgyorsulva haladtak északkelet felé.

markáns zivatarlánc közelítette meg az országot, ahol az egyes cellák jól elkülönültek egymástól, némelyikben 60 dBz reflektivitási érték is előfordult. A cellák kampós formája alapján, valamint a kedvező vertikális szélnyírási viszonyok miatt feltételezhető, hogy némelyik zivatar szupercella állapotba is fejlődhetett (4. ábra). Az OMSZ Siófoki Viharjelző Observatóriumából a radarinformációkra alapozva 17:40-kor adták ki a másodfokú viharjelzést, és

75 perc elteltével a nyugati medencében bekövetkeztek az első viharos szellőkések. A zivatarlanc a Balatonnál 125 km/ó szelet okozott, a Dunántúl középső részén épületek rongálódtak meg, fák törtek ki illetve néhány helyről erős jégesőt jelentettek. A 19:45-ös radarmérés szerint a zivatarlanc északi része és a déli része kettévált, az északi rész felgyorsult és 20:30-kor a vártnál korábban csapott le a fővárosra, ahol tetemes károkat, sőt személyi sérüléseket is okozott (5. ábra).

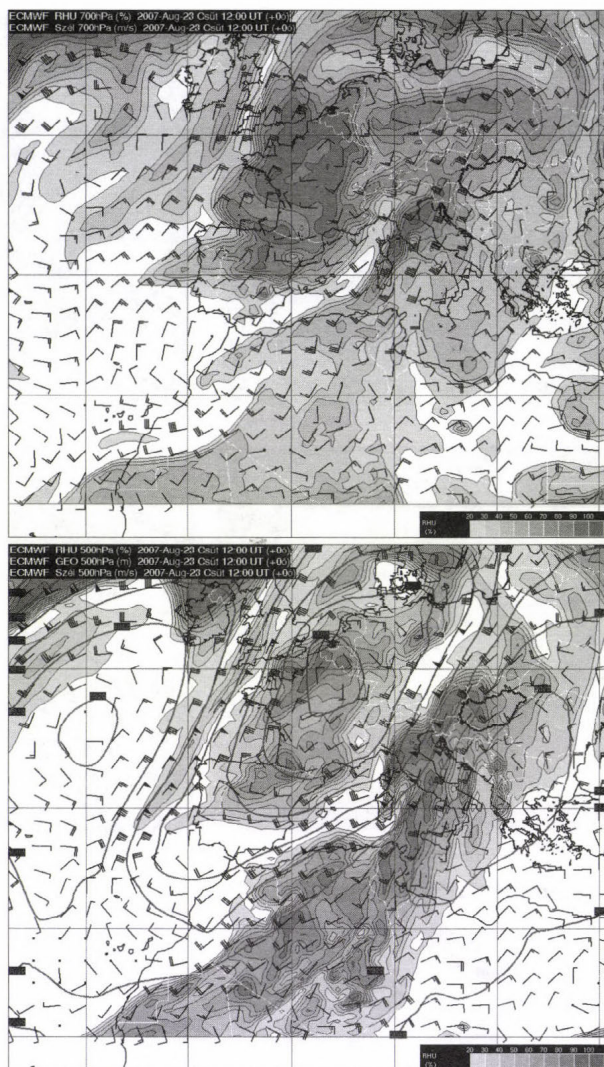
A zivatarlanc több sajátossággal is rendelkezett, a zivataros lehülés jóval gyengébb volt az ilyenkor szokásosnál, a zivatarkok átvonulását követően sokfelé teljesen leállt a szél, fülledt maradt a levegő. Ez a jelenség prefrontális instabilitási vonalra utal, a front megérkezése illetve az azzal járó légtömegcsere csak órákkal később következett be. Az instabilitási vonal északi része azonban nemcsak hogy lehagyta a többi zivatart, de nagy sebességgel tovább is haladt egészen a Baltikumig.

A jelenség magyarázatául az szolgálhat, hogy az Afrikában kialakult zivatar egy örvénylő magot hozhatott létre, amely a középső troposzférában fennmaradva a jet stream áramlási rendszerében sodródott a Földközi-tenger medencéjén keresztül egészen Kelet-Európa fölé. Ahol az örvény konvektív szempontból labilisabb területek fölé ért, ott hevesebb zivatarkok is kialakultak, stabilabb területek fölött nagyobb hatás nélkül haladt át az objektum. Ilyen jelenség történhetett a Balaton, illetve a Bakony térségében, amikor a már meglévő instabilitási vonalat érte utol a fenti légörvény és hatására a zivatarkok előtt alakult ki egy új zivatar góc amely „idő előtt” érte el Budapestet. A folyamat hátterében tehát az Afrikából jövő gyors zivatar állt, amely lehagyta a „helyi” zivatarláncot és ez magyarázza az északi cellák felgyorsulását és a rendszer nagy távolságokban történő továbbsodródását.

Trópusi eredet?

A vihar kapcsán érdemes részletesebben is megvizsgálni hogy honnan jött az a nedvesség, amely a sivatagban kialakult viharokat táplálta. Az ECMWF 2007. augusztus 23. 12 UTC 500 hPa-os és 700 hPa-os szint áramlási és nedvességi analízise azt mutatja, hogy a mélyen délre lenyúló mérsékeltvízi ciklon előoldalán a Szahara fölött létrejött egy áramlási rendszer, amely a sivatagtól délre a trópusi összeáramlási területekről is szállított nedvességet a Földközi-tenger fölé (6. ábra). Az ábra alapján a Szahara fölött 700 hPa és 500 hPa szinten egy jól kivehető nedves zóna alakult ki, amely a ciklon előoldali konvergencia zónájában legalábbis egyfajta adalékot jelenthetett és így szerepet játszott a sivatag északi oldalán megjelenő zivatarkok kialakulásában.

Észak-Amerikában nyáron megfigyelhető, hogy nedves, trópusi eredetű légtömegek áramlanak a Mexikói-öböl déli részéről a Sziklás-hegység keleti oldalán messze északra. Részben ezek a nedves légtömegek felelősek a térségben



6. ábra A 700 (a. ábra) és 500 hPa (b. ábra) szintek áramlása és nedvességi mezeje 2007. augusztus 23. 12 UTC ECMWF analízis alapján. A mediterrán térségben kialakult zivatarkokat a trópusi övezetből kapott nedvesség is táplálta.

előforduló gyakori heves zivatarkokért. Európa esetében azonban a kontinenstől délre nem a trópusi óceánnal összefüggő meleg nyitott tenger, hanem egy viszonylag keskeny beltenger és a Szahara található. A Föld legnagyobb sivataga stabil termikus kényszerhatást gyakorol a földi cirkulációs rendszerre, a permanens anticiklonok falát gerjesztve a Rossby öv és a trópusok áramlásai között. Elképzelhető, hogy 2007 év szélsőséges nyarának cirkulációs viszonyai lehetővé tették, hogy a trópusi hatások, még ha csak egy különleges zivatar formájában is – de mégis eljussanak a magasabb szélességekre, így térségünkbe is.

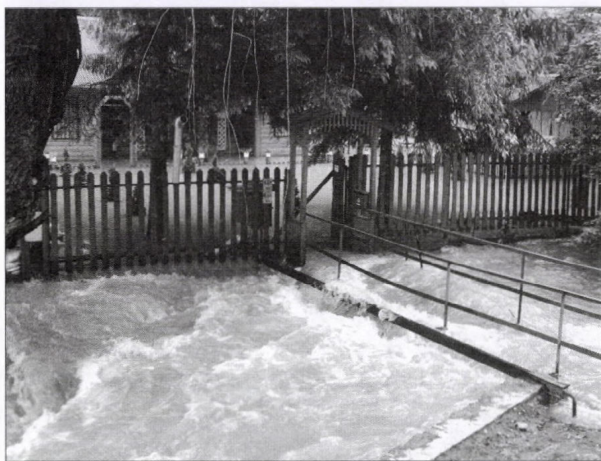
Horváth Ákos

* * *

Árvíz a Szinván: az orografikus csapadéktöbblet egy extrém este

Rendkívüli helyzet a Szinva völgyében

2006. június elejére a Tiszán és Dunán alig vonult le a zöldár, a Sajó-Hernád vízrendszerén újabb jelentős árhullám alakult ki. Áradt a Szinva-patak is, melyről 2006. június első napjaiban viszonylag ritkán látható képek és tudósítások készültek. A lezúduló víz a patak völgyében fekvő híres Pisztrángtelepet is megromgálta, ill. Alsóháromban és Diósgyőrben jelentősebb védekezésre kényszerítette a lakosságot, ahol az ár utakat, pincéket, kerteteket öntött el, de Alsóháromban egy étterem (1. ábra), Diósgyőrben lakóházak is víz alá kerültek. A Garadna patak a festői szépségű Hátori-tóból alábukva egyesül az ország legnagyobb vízesésén lezúdulva érkező Szinva patakka a Lillafüredi Palotaszálló alatt. Ez után Szinva néven halad tovább a víz Miskolcon át a Sajóba. Mivel a két patak vízgyűjtőjének földtani és földrajzi viszonyai sajátosak – karsztos kőzetek jellemzik, ill. nagyobb fennsíki vízgyűjtők és mélyen futó meredek falú völgyek – ezért az itt levonuló árhullámok is igen eltérő jellemzőkkel bírnak, kialakulásuk, lefolyásuk nagyon sok tényező függvénye. A Szinva áradása mellett a Bükk más részein is gondokat okozott a nagy csapadék, ugyanis a Miskolc jelentős részének ivóvízellátását biztosító, Miskolc-Tapolcán lévő karsztforrás is szennyeződött a bemosódott kórokozóktól, sok ezer ember, köztük jelen cikk egyik szerzőjének megbetegedését okozva (Kovács Attila szolgálat végzése közben fertőződött meg a csapvíztől).

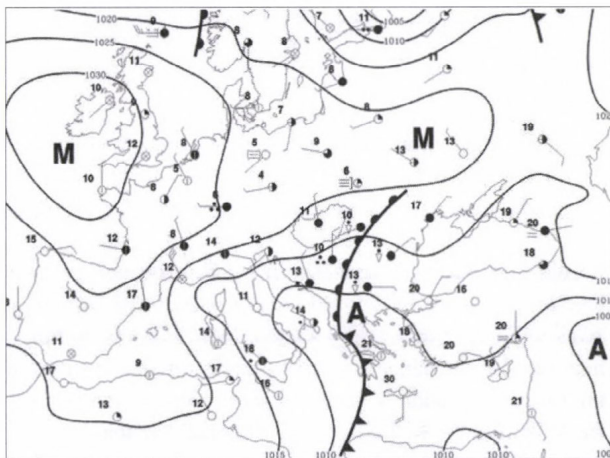


1. ábra A Molnár Csárda vízben Alsóháromban (Szabó József felvétele)

A területen az Országos Meteorológiai Szolgálat és az Észak-magyarországi Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság mérőhálózatának több állomása található, így az árhullámokat kialakító meteorológiai események, ill. az azt követő hidrológiai következmények is viszonylag jól dokumentálhatók voltak.

A szinoptikus helyzet

Június első napjaiban hazánk időjárását egy mediterrán ciklon alakította, amely az Appennin-félsziget fölött alakult ki. Mozgása során lassan haladt kelet felé, markáns front- és csapadékrendszere június 2-án, a reggeli órákban érte el délkelet felől az országot (2. ábra). A Balkán-félsziget keleti részein heves zivatarok is kialakultak.



2. ábra Időjárási helyzet 2006. június 2.-án 00 UTC-kor

Az eseményhez legközelebbi modellfuttatások szépen jelezték a frontrendszer érkezését. Az ECMWF 2006. június 2. 00 UTC-s futtatása a legnagyobb csapadékmennyiséget, 20–30 mm-t (6–12 UTC között) előbb az országtól délre és keletre, majd Erdélyre, Kárpátaljára és a Dunántúlra adja, meglehetősen nagy területre. A keleti országrészre 5–10 mm csapadékot ad (12–18 UTC között), majd a következő 6 órára a délkeleti országrészre már megszünteti a csapadék-tevékenységet, míg az Északi-középhegységre újabb 2–5, néhol 10 mm csapadékot ad.

Az Aladin modell 2006. június 2. 00 UTC futtatása alapján 12 UTC-ig a vizsgált térségben 2–5 mm csapadéokra lehetett számítani. A nagy csapadékot ez a modell ebben az időlépcsőben a Bácska és a Sárköz vidékére számította 15–20 mm-es maximummal. Érdekes megfigyelni az orográfia hatását a Bükk térségében. Míg a szél felőli oldalon 2–5 mm csapadék, addig a hegység túloldalán alig van csapadék. A következő 6 órás időlépcsőben a nagy csapadék észak felé mozdult, leginkább a Duna-Tisza közén koncentrálódik 20–30 mm-es maximummal. A Bükk térségére érdekes eloszlást mutat az előrejelzett csapadékmező. A csapadék maximuma a Sajó-Hernád összefolyásának környékére esik (15–20 mm), míg a Bükk és a Mátra is alig kap csapadékot (2–5 mm).

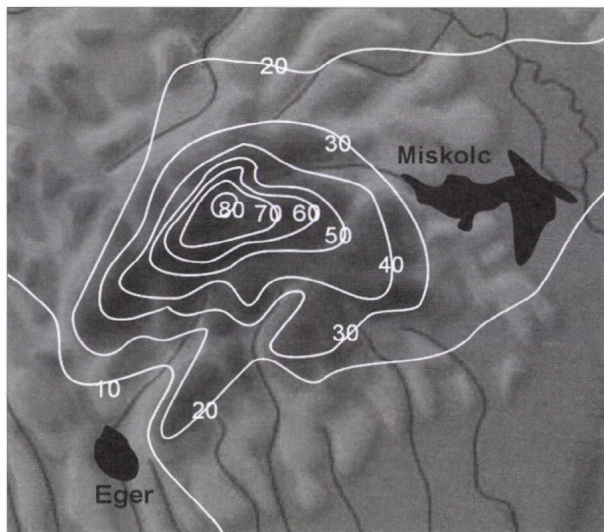
Külön figyelmet érdemel az alacsonyszintű áramlás iránya és sebessége. Az Aladin modell szerint 925 hPa-on a Bükk térségében 20 m/s körüli északkeleti, majd fokozatosan keleti, 850 hPa-on 20–25 m/s körüli kelet-északkeleti szél fújt. 700

hPa-on már 10–15 m/s-os értékeket találunk. Miskolcon aznap délelőtt 17,5 m/s, a 700 m-es magasságban, enyhe délies lejtőn elhelyezkedő Szentléleki automata mérései szerint 16,5 m/s, a Kékes tetőn pedig 22,5 m/s volt a napi szélmaximum.

A radarmérések szerint a csapadéközóna délkelet felől érkezett az országba, a legintenzívebb területek a Dunántúlra ill. a Tiszántúl északi részére, a Bodroghözsre, Taktaközsre estek. A radarképek alapján 24 órára összegzett csapadékmennyiség a Bükk északkeleti területein elérte a 20–30 mm-t, de ilyen értékek a jellemzőek a Nyírségre, a Viharsarokra, és Duna-Tisza közének felétől nyugatra eső területekre. A maximális csapadékösszegnek két góca van az országban, mindkettő a Dunántúlon: a Zselic és a Sokoró térsége.

A csapadéklemez

A számítógépes előrejelzések és a távmérések után nézzük a ténylegesen lehullott csapadékmennyiségeket. A sűrűn elhelyezkedő csapadékmérő állomásoknak köszönhetően lehetőség adódott a csapadéklemez részletes vizsgálatára. Ezek a felszíni mérések igen erős orografikus hatást mutatnak az Északi-középhegység területén, bár erős konvekció, zivatar-tevékenység nem fordult elő (3. ábra). Míg Miskolcon, az Ávas tetőn 22,2 mm, addig a Bükk fennsíkon 70–80 mm, a hegység leé oldalán, pl. Egerben pedig mindössze 6,8 mm hullott ugyanabból a nagy térségű csapadékrendszerből. Ezek az állomások 50 km-es körzetben belül vannak!



3. ábra Csapadéeloszlás (mm) a Bükk térségében 2006. 06. 02.-án (7 h-tól másnap reggel 7 h-ig)

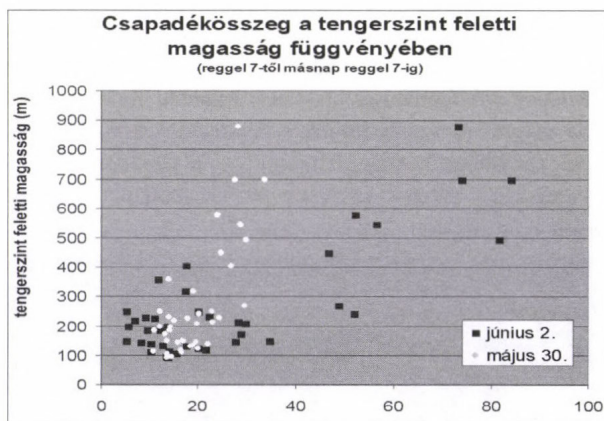
Az orografikus csapadéktöbblet

A Bükk térségében elhelyezkedő 39, zömében csapadékmérő állomás mérései alapján megvizsgáltuk a csapadékmennyiséget a tengerszint feletti magasság függvényében (4. ábra). Szoros összefüggést találhatunk a két mennyiség között. Az azonos magasságban található állomások közül a kisebb csapadékmennyiséget adók szélirány szempontjából a hegy hátoldalán helyezkednek el. Két állomás nagyon „kilóg” a sorból. Borsodnádásd bár csak 243 m-en helyezkedik el,

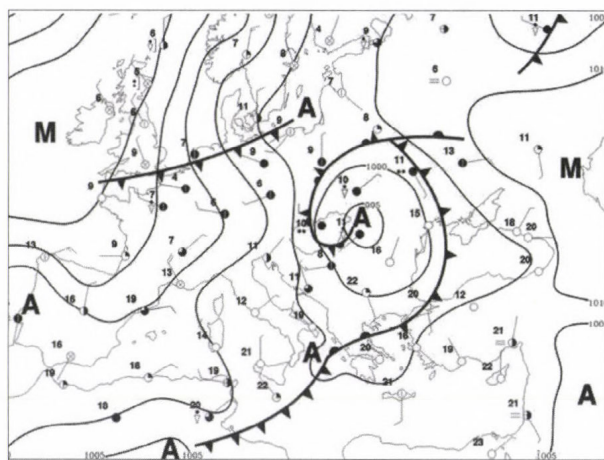
mégis 51,8 mm hullott. A település elhelyezkedéséről tudni kell, hogy keleti, délkeleti irányból tekintve ez a Bükk hátoldala, de egyben már előoldala a Heves-Borsodi dombság 4–500 m feletti hegyeinek. A másik kilógó pont Ómassa a 495 m-es magasságával és 81,6 mm csapadékaival. Ez a Miskolc-hoz tartozó település viszont azon három állomás (Bánkút, Jávorkút és Szentlélek) között fekszik egy nagyon mély völgyben, amelyek a legnagyobb csapadéket mérték.

Három nappal a vizsgált eseményünk előtt ugyancsak előfordult egy nagy csapadéket produkáló időjárási helyzet: egy markáns ciklon vonult át középpontjával a Kárpát-medence fölött (5. ábra). Sík területeken meglehetősen egyenletesen 10–20 mm csapadék hullott, erős konvektivitás ebben az esetben sem fordult elő.

A 4. ábrán a május 30-án hullott 24 órás csapadékmennyiséget is ábrázoltuk a magasság függvényében. A két helyzet, bár sok szempontból nagyon hasonló volt, az ábrán szembevetően elválik egymástól. Június 2-án sokkal nagyobb volt az orografikus csapadéktöbblet. Május 30-án az azonos magasságban elhelyezkedő állomások csapadékmennyisége között szinte alig van különbség. Az áramlás iránya a két helyzetben közel megegyezett, de az alacsony-színti áramlás a májusi esetben jóval gyengébb volt: a Kékes tetőn aznap 8,8, Szentléleken pedig 7,1 m/s volt a napi szélmaximum.



4. ábra 24 órás csapadékösszegek a magasság függvényében a Bükk térségében 2006. június 2.-án



5. ábra Időjárási helyzet 2006. május 31.-én 00 UTC-kor

A hidrológiai helyzet

A Bükk patakjainak vízjárása általában egységes képet mutat. A legtöbb víz a tavaszi hóolvadást követően érkezik a vízfolyásokon, míg az év folyamán ősszel várhatók a legkisebb vízállások, ami sok patak és forrás esetében a teljes kiszáradást jelenti. Az egység egyik oka (az éghajlati jellemzők mellett) a vízgyűjtők földtani sajátossága, nevezetesen a karsztos jelleg. Mivel az ilyen területeken jelentős a beszivárgás és az időszakos tározódás, ezért a csapadék és a vízszintek kapcsolata nem olyan direkt, mint más – általában a felszíni lefolyásból „táplálkozó” – vízrendszerekénél. A területre hulló esőből, vagy elolvadó hóból származó víz időben eltérő módon jelentkezik a különböző magassági szinteken elhelyezkedő forrásokban, felszíni vizekben. A nyári záporos, zivataros csapadékok is nagyrészt káros következmények nélkül áztathatják a felszínt, hiszen a dúsabb vegetáció és a nagyobb beszivárgást elősegítő kőzet, jelentősen csökkenti a lefolyást. Természetesen a patakok kisebb árvízi érzékenység mellett, a fentiek nem azt jelentik, hogy a hasonló vízrendszerekben nem fordulhatnak elő igazán nagy árhullámok, de a kialakulásukhoz szükséges meteorológiai és hidrológiai szélsőségek, vagy folyamatok viszonylag ritkának tekinthetők.

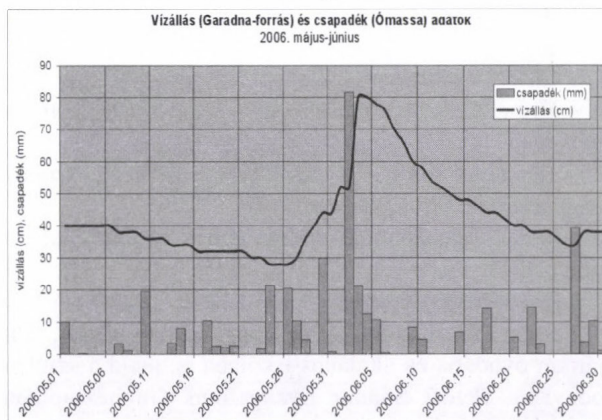
Ilyen ritka folyamat zajlott 2006 tavaszán és június első napjaiban is. A kései olvadás és a jelentős tavaszi csapadék folyamatosan magas tartotta a karsztvízszintet. Különösen sok eső hullott május utolsó hetében, amely további áradást okozott és nedvesen tartotta a talajokat is. Ez a kedvezőtlen hidrológiai állapot előzte meg azt a 2006. június eleji bükki nagycsapadékot, amely a Szinva, és ezen belül leginkább a Garadna-patak vízgyűjtőjét érintette. A Garadnán levonult árhullám mellett, magán a Szinva főágán is jelentős víztömeg érkezett, de szerencsére – a csapadék nagysága és térbeli eloszlása miatt – ez messze elmaradt a korábbi Szinva nagyvizektől (pl. 1958. június, 1974. október).

A májusi esőzéseket követően az árhullámokat kiváltó csapadéközóna 2006. június 2-án a reggeli órákban érte el a Bükk térségét. Délig általában szemerkélő, vagy gyenge eső volt, ami inkább csak a talajt és a növényzetet nedvesítette, komolyabb lefolyást még nem okozott. A koradélutáni órákban megerősödött a csapadéktevékenység és a kisebb völgyekből lefolyó csapadék az utakon már többfelé okozott vízátfolyást. Az esőzés legintenzívebb szakasza 14–19 óra között volt. Ekkor, ill. részben az ezt követő 4–8 órában az általában időszakos kisvízfolyások medrei megteltek és – víztömegüket nagyrészt egy időben eljuttatva a befogadóhoz – főképp a Garadna-patakon okoztak jelentős árhullámot.

A helyszíni beszámolók arról tanúskodnak, hogy eleinte a kisebb völgyekből lezúduló víz, több helyen gátat „épített” uszadékból és a görgetett hordalékból, majd az egyre nagyobb vízmennyiség ezeket átszakította és elmosta. A lezúduló víz erejére jellemző, hogy helyenként mázsás farönköket és 5–10 kg-os köveket görgetve haladt, Ómassa térségében pedig az erdei út egy hosszabb szakaszán 1–2 m mély vízmosást alakított ki és az Újmassai őskohó előtt alá-

mosta a kisvasút töltését is. A Pisztránglelep térségében a Garadna főágán érkező víz kilépett a medréből és a völgyfenéket teljesen elöntötte. Az árvíz levonulása után a telep területének egy részén a „lerakott” hordalék vastagság elérte a 40–50 cm-t, összességében egy néhány száz m²-nyi területről 100 m³-t meghaladó hordalék került elszállításra.

A felszíni lefolyás mellett folyamatosan növekedett a források vízhozama is (6. ábra), így egy viszonylag stabil vízmennyiségre futott rá a felszíni lefolyásból származó víztömeg. Az árhullám június 3-án a hajnali-reggeli órákban tetőzött a Hámori-tónál (itt a tó árapasztóján 70 cm-es vastagságban bukott át a víz, ami ~4,5–5,0 m³/s-os vízhozamnak felel meg), majd a délelőtti-kora délutáni órákban Miskolc-Diósgyőr térségében. Az árhullámnak szinte a teljes Szinva és Garadna szakaszon egy csúcsa volt, ugyanakkor a két patak összefolyása alatti 2–3 km-en két csúcs alakult ki, amelyből az első (nagyobb) jobbára a felszíni lefolyásból, míg a második már inkább a források hozamából „táplálkozott”.



6. ábra Vízállás és csapadék adatok Ómassán 2006. június 2-án

Az árvíz tetőzésekor a Garadna ~4,5–5,0 m³/s-os, a Szinva (a Garadna torkolata felett) ~1,5–2,0 m³/s-os vízhozamot szállított. Az eddig észlelt legnagyobb árvízkor 1958. júniusában, ezek az értékek 7 ill. 40 m³/s körüliek voltak, tehát az okozott kár ellenére a mostani árvíz – főképp a Szinva esetében – vízmennyiségében jelentősen elmaradt az eddigi maximumoktól.

Miskolcon a patak belvárosi szakaszán komolyabb károkozás nélkül levonult az árhullám (ezen a szakaszon az igazán magas vízszintek leginkább a városra és az azt közvetlenül környező hegyoldalakra hulló felhőszakadásszerű esőkből keletkeznek), mindössze a nemrég kialakított „Szinva-terasz” legalacsonyabban fekvő szintjét borította el a víz. Ebben a térségben a maximális vízhozam 15 m³/s körüli volt.

Az esőzések megszűnését követően a bükki források még néhány hétig jelentős, de már letisztult víztömeget juttattak a patakokba. A természet „haragos arcát” egy sokkal üdítőbb, szebb időszak követte, hiszen ekkor gyönyörű bővizű pompájukban csodálhattuk meg a vízeséseket, zúgókat és az időszakos – így ritkán látható – forrásokat, kisvizeket.

Kovács Attila OMSZ-Miskolc
Kovács Péter ÉKÖVIZIG

INTERJÚ SZÉPSZÓ GABRIELLÁVAL

„Hamar megszoktam a szmogos, zajos, tömeges fővárost.”

"Nomen est omen" – a név sokmindent jelez – szól a latin mondás. Gabriella esetében ez teljes mértékben így van. A név viselőjének ajkát valóban csak szép szavak hagyják el. A jóból pedig keveset adnak – így tartja egy magyar közmondás. Gabriella szűken méri szavait. Megfontoltan beszél. A riporter kérdéseire szűkszavúan válaszol. Nehéz írásban visszaadni a beszélgetés hangulatát, legfeljebb kísérletet lehet tenni rá.

– Honnan származik a családi neve?

– Nem tudom. Kérdeztem a szüleimet, de sajnos erről nem szól a családi legendárium. Már nagyapámat, dédapámat is így hívták.

– Hol született?

– Enyingen.

– Ott éltek a szülei?

– Nem, egy közeli Fejér megyei kis faluban, Szabadhidvégen.

– Van hagyománya a családban a meteorológiának vagy a természettudományoknak?

– Nincs. Édesapám és édesanyám is az építőiparban dolgozik.

– Hol járt iskolába?

– Kicsi koromban szüleim Bonyhádra költöztek. Ott jártam óvodába és általános iskolába is, majd a szintén bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnáziumban érettségiztem.

– Tudja, hogy a gimnázium egykori diákjai közül mások is meteorológusok lettek? Például Dobosi Zoltán professzor úr, az ELTE Meteorológiai Tanszékének egykori vezetője, és Barcza Zoltán, aki egyetemi adjunktus a Tanszéken.

– Nem tudtam. Az iskola öregdiák köre viszont már megkeresett, hogy lépjek be.

– Milyen tantárgyak érdekelték az iskolában? Kik voltak a legemlékezetesebb tanárai?

– Mondhatom a neveket? Katz Sándor volt a matematikatanárom és Hortobágyi János tanította a fizikát. A 2. osztálytól kezdve matematika-fizika fakultációs osztályba jártam.

– Szerepelt tanulmányi versenyeken?

– Igen. Az Arany Dániel Országos Matematikai Versenyen eljutottam a megyei fordulóra, és szerepeltem a Szőkefalvy-Nagy Gyula Matematika Versenyen is.

– Megtaláltam a nevét a Középiskolai Matematikai Lapok, a híres KöMaL honlapján.

– Igen. Többször küldtem be feladatmegoldásokat matematikából, bár nem rendszeresen.

– A matematika-fizika fakultációról egyenesen vezet az út az egyetemi matematika-fizika szakra. Igaz?

– Nem akartam tanár lenni, mert a tanításhoz, a tudás átadásához nem éreztem elegendő tehetséget magamban. Végül a meteorológus szakra jelentkeztem.

– Hogy emlékszik vissza egyetemi éveire?

– Szívesen látogattam Faragó István óráit analízisből és Jánosi Imre előadásait fizikából, valamint a későbbi numerikus előrejelzés órákat. A kollégiumban matematika-fizika és matematika-informatika szakos tanárjelöltek voltak a szobatársaim. Az évfolyamtársaim közül sokan maradtak a szakmában, illetve számos csoporttársam kapott munkát a Szolgálatnál.

– Szinoptikus klimatológiai feldolgozást készített diplomamunkaként, most mégis légkördinamikai modellezéssel foglalkozik. Mi a váltás oka?

– A modellezéshez szükséges tárgyakat csak negyed- és ötödévben tanultuk, a diplomamunka témáját pedig már negyedév elején meg kellett jelölni. A hirdetőtáblán közzétett címek közül Homokiné Ujváry Katalin szinoptikus-klimatológiai témája keltette fel az érdeklődésemet, ezért írtam nála a dolgozatot.

– Hogyan került az OMSZ-hoz?

– A szakdolgozatomat ösztöndíjasként készítettem az OMSZ-nál, ami az akkori gyakorlatnak megfelelően azt jelentette, hogy a diploma kézhezvétele után a Szolgálat legalább az ösztöndíjas időszakkal megegyező időtávra munkalehetőséget biztosít. Ötödévben már kialakult egy elképzelés bennem, hogy a meteorológia mely területén dolgoznék igazán szívesen – nevezetesen a numerikus modellezés témájában –, s szerencsére lehetőséget is kaptam erre. A végzés évében egy Horányi András és Radnóti Gábor által kezdeményezett megbeszélésen eldőlt, hogy Hágel Edittel közösen az akkor indult LAMEPS (korlátos tartományú ensemble) előrejelzések területén fogunk kutatásokat végezni.

– Mikor váltott az éghajlatmodellezés területére?

– Amikor az OMSZ lehetőséget kapott arra, hogy két ösztöndíjast 2 hónapra Hamburgba küldjön, a Max-Planck-Institut für Meteorologie éghajlatkutató intézetbe. Itt ismerkedtem meg a regionális éghajlatváltozási forgatókönyvek kidolgozására kifejlesztett ún. REMO éghajlatmodellel. Hazatérésem után a modell





adaptációja volt a feladat, majd a kezdetektől részt vettem a Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Program által finanszírozott klímadinamikai vizsgálatokban, valamint a CLAVIER európai uniós kutatási program munkálataiban.

– Nyilván erre a munkára figyeltek fel a Junior Prima Díj javaslattevői is.

– Engem mindenesetre meglepett, amikor a szakmai önéletrajzot és publikációs jegyzéket kértek tőlem az Elnöki Titkárságon. Csak később derült ki, miért volt rá szükség.

– Hogyan fogadta a család, az ismerősök köre a kitüntetést?

– Mindenki nagyon boldog volt. Szüleim a díjátadó ünnepségre is elkísértek. Szakmai és egyéb körökből is sok gratuláló levelet, telefont és e-mailt kaptam.

– Hogyan sikerült beilleszkedni Budapesten? Nagy lehetett a váltás a békés kisvárosi élet után.

– Hamar megszoktam a szmogos, zajos, tömeges fővárost.

– Hogyan tölti az idejét, amikor nem a szakmával foglalkozik? Megtaláltam a nevét azok között, akik átúszták a Balatonfüred és Tihany közötti távot.

– Csak egyszer úsztam át. Párommal gyakran járunk uszodába, bár kevés a szabadidőnk.

– Kirándulás?

– Szeretünk kerékpározni. Tavaly elutaztunk Hollandiába és 400 kilométert kerekeltünk.

– További tervek?

– 2006-ban beiratkoztam az ELTE meteorológus doktori képzésére. A doktori kutatásom témája a REMO modell Kárpát-medencére való alkalmazhatóságának vizsgálata.

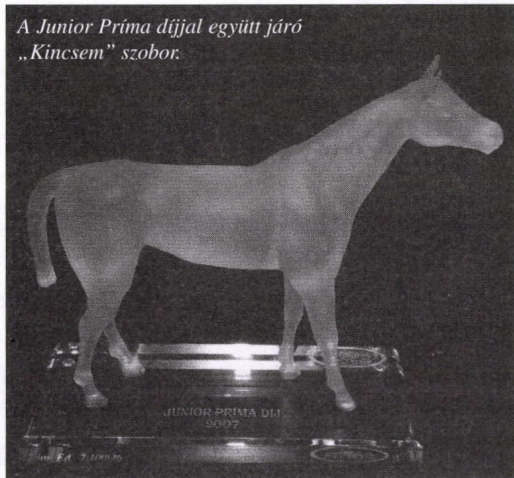
– Sok szeretettel gratulálunk a kitüntetéshez, további jó munkát és sok sikert!

Lejegyezte: Gyuró György

Szépszó Gabriella Junior Prima Díjas

Demján Sándor, az építőipari beruházásairól ismert vállalkozó 2003-ban hozta létre – a Vállalkozók Országos Szövetségének közreműködésével – a Prima Primissima Alapítványt. Célja az alapító okirat szerint „a magyar értelmiség eredményeinek megőrzése, a hazai tudomány, művészet és kultúra erősítése”. 2007-től Junior Prima Díjat is kiad az alapítvány kuratóriuma három kategóriában. A Magyar Fejlesztési Bank támogatásával tíz 30 év alatti tudós, a Magyar Külkereskedelmi Bank támogatásával tíz ifjú sportoló, a Vodafone Magyarország felajánlása alapján pedig oktatással és közneveléssel foglalkozó tíz fiatal kaphat egyenként 7 ezer eurós ösztöndíjat szakmai munkája végzéséhez.

A Junior Prima díjjal együtt járó „Kincsem” szobor.



A Szépművészeti Múzeumban november 23-án rendezett ünnepségen – az Országos Meteorológiai Szolgálat javaslata alapján – Junior Prima Díjat vehetett át a „Magyar tudomány” kategóriában – egyetlen hölgyként – Szépszó Gabriella meteorológus, a Numerikus Modellező és Éghajlat-dinamikai Osztály munkatársa. Gabriella, aki Homokiné Ujváry Katalin vezetésével készített diplomamunkájában az 1980-as és '90-es évek árhullámainak szinoptikus klimatológiai értékelését végezte el, jelenleg az ún. REMO regionális éghajlati modellen alapuló klímadinamikai vizsgálatokkal foglalkozik a Kárpát-medencében várható éghajlatváltozás előrejelzése céljából.

Gratulálunk az elismeréshez, és további sikeres munkát kívánunk a méltán ismertté vált fiatal kutatónak.

Gyuró György

Egy, a repülésmeteorológia által használt maximum hőmérséklet előrejelző módszer

Az OMSZ Repülésmeteorológiai és Veszélyjelző osztályának repülésmeteorológiai részlegén április 1-je és szeptember 30-a között készítettünk termik előrejelzést. Ehhez az előrejelzéshez nagyon fontos a maximum hőmérséklet és a hőmérséklet napi menetének ismerete, hiszen néhány fokos eltérés több száz méteres különbséget jelenthet a cumulus felhők alapján, és fél-másfél óra eltérést jelenthet a termikek indulásában, illetve megszűnésében. A maximum hőmérséklet ismerete télen is nagyon fontos, hiszen hidegpárnás helyzetben az ALADIN modell hőmérséklet előrejelzése régebben gyakran, de időnként még ma is rendkívül rossz (1. táblázat), és egy előre nem jelzett fagy komoly ónos esőt okozhat, ami rendkívül veszélyes lehet a közúton közlekedők és a repülők számára.

és főként a hegyvidéki területeken jelentősen javított az előrejelzések pontosságán, ezek egyike sem bizonyult megfelelőnek hidegpárnás vagy inverziós időjárás esetén a maximum hőmérséklet megfelelő minőségű előrejelzésére (Jaeneke 2001/1, Zsótér, 2003).

Kutatásaink arra irányultak, hogy olyan PPM (Perfect Prognosis Method) módszert dolgozzunk ki, amely megfelelő pontosságú hőmérsékleti prognózist nyújt mind a téli, mind a nyári időszakban, valamint a Kárpát-medencében gyakori téli hidegpárna helyzetekben jobb előrejelzéseket nyújtson, mint az ALADIN modell (1. táblázat). A maximum hőmérséklet előrejelzéséhez a speciális magyarországi jelenségek (elsősorban a hidegpárna) miatt főként a Kárpát-medence környéki országok módszereit vizsgáltuk

1. táblázat.

Dátum	Budapest		É-Mo. *		ÉK-Mo.		DK-Mo.		DNy-Mo.		ÉNy-Mo.	
2003	For.	Obs.	For.	Obs.	For.	Obs.	For.	Obs.	For.	Obs.	For.	Obs.
02. 22.	6	2,0	6	4,8	6	2,2	7	0,9	6	0,8	6	4,3
02. 23.	8	5,8	8	8,4	9	1,5	8	0,8	7	3,1	8	5,8
02. 24.	7	-0,4	7	2,1	8	-2,9	8	-2,4	8	1,1	8	5,8
02. 25.	7	-2,9	7	2,9	8	-1,6	8	-3,9	9	-0,6	9	2,3
02. 26.	10	-0,2	8	4,5	10	2,7	11	-0,3	11	5,4	12	6,2
02. 27.	11	4,6	9	4,2	12	3,4	12	5,1	12	7,7	11	8,5
02. 28.	11	8,1	9	5,5	10	3,1	10	6,3	12	12,4	12	12,6

Az ALADIN/HU modell által előrejelzett (For.) és az észlelt (Obs.) maximum hőmérséklet (°C) Magyarország különböző területein (2003. február 22. - 2003. február 28.)

A vizsgálatok alapján elmondható, hogy a 2 méteres hőmérséklet előrejelzése a DMO (Direct Model Output) esetében sokszor megbízhatatlan (Bonta, 1997, 1999, Damrath, 2001, Jaeneke 2001/1, 2001/2, R. B. da Silveira, 2001, Zsótér, 2003). Ezen a hibán már az előrejelzések kezdetétől próbáltak különböző módszerekkel javítani (Jaeneke 2001/3, Cairns és Miller 1992, Heise és Jacobsen, 1992, Heise, 2001, Rákóczi, 1983, Maller és tsai., 1985).

Ezek közül a módszerek közül némelyik a sugárzási egyenleg előrejelzésének pontosabbá tételével próbálta meg helyrehozni a hibákat (Heise, 2001, Dorns és Schüttler, 1999, Bromley, 1994), ez sok esetben az eredmények javulásához vezetett.

Mások a Kalman-filter használatától reméltek jelentős javulást (Jaeneke 2001/1, 2001/3, Cairns és Miller, 1992), ami főként a tavasztól ősziig terjedő időszakban, és főként a hegyvidéki területeken szintén javított az előrejelzések minőségén (Quarterly Reports, DWD, Bracknell).

A MOS (Model Output Statistics) technika használatával főként nyáron, illetve télen a szeles időjárási helyzetekben szintén lehetett az előrejelzések minőségén javítani (Jaeneke 2001/1, 2001/3, Damrath, 2001).

Bár az előbb említett három módszer a nyári időszakban

át. Sajnos Csehszlovákiából csak cseh és szlovák nyelvű anyagok álltak rendelkezésre, amióta pedig két önálló állammá vált az ország, főként az ALADIN modell előrejelzéseit alkalmazzák és korrigálják. Ugyanez a helyzet a volt Jugoszlávia államaival, onnét a régebbi időkből csak szerb-

horvát nyelvű anyag állt rendelkezésre, azóta pedig a szlovén és a horvát szolgálatnál is az ALADIN modell előrejelzési eredményeit alkalmazzák. Az osztrák kutatók adatait sajnos nem tudtuk alkalmazni, mivel az Alpok hatásai miatt nálunk csaknem teljesen ismeretlen jelenségek, a fön vagy a hegyoldalakon „lefolyó” hideg levegő hőmérséklet befolyásoló képességéről születtek vizsgálati eredmények. Ezért mi a magyar kutatásokat részesítettük előnyben (Bozóki, 1987, Fövényi, 1994, 1996, 1997/3, 1998/1, 1998/2, 1999/3, 2001/1, H. Bóna M., 1986, Makainé és Tóth, 1978, Maller A. és tsai., 1989, Rákóczi 1957, 1959, 1983, Stábel 1963, Tóth, 1984).

Ezek közül végül a Rákóczi Ferenc által kidolgozott és Maller Aranka és társai által továbbfejlesztett maximum hőmérséklet előrejelző módszert igazítottuk a numerikus modellek adataihoz, és fejlesztettük tovább.

A maximum hőmérséklet statisztikai számításához az 1975 és 1995 között Budapest-Pestszentlőrinc állomáson észlelt adatok közül a következőket használtuk fel:

1. 2 méteren mért maximum hőmérséklet adatok (10 és 16 UTC között)
2. Globál sugárzás adatok
3. Hőmérséklet a 925 és a 850 hPa-os szinten

4. Relatív topográfia (850/1000 hPa, 925/1000 hPa)

5. A nedvesség vertikális profilja (talaj-8000 m)

A maximum hőmérséklet előrejelzéséhez további adatokat is felhasználtunk:

1. 00 UTC-s relatív topográfia adatok (RTP_{925/1000}, RTP_{850/1000})

2. ALADIN/LACE, ALADIN/HU modell 00 és 12 UTC-s hőmérsékleti adatai a 925 hPa-os és a 850 hPa-os szinten

3. ALADIN/LACE, ALADIN/HU modell relatív nedvességi adatai a talaj és 8 km magasság között.

A hőmérséklet lokális megváltozása függ (Makai és Tóth, 1978) a sugárzási egyenlegtől, a fázisváltástól (párolgás, kondenzáció), az advekciótól, a konvekciós hőelszállítástól és a lokális nyomásváltozásból származó hőmérsékletváltozástól. Vizsgálataink során feltételeztük, hogy a nyomásváltozási tag elhanyagolható (12 hPa változás felel meg 1 C-nak) és a hosszuhullámú sugárzás, valamint a párolgásra és olvadásra fordított hő az esetek nagy százalékában elhanyagolható a rövidhullámú besugárzáshoz képest.

Rákóczi Ferenc valamint Maller Aranka és társai a fentiek teljes vagy részleges elhanyagolásából a következő diagnosztikai kapcsolatot állították föl:

$$T_{\max} = f(\text{RTP}, C, W, S), \quad (1)$$

ahol $T_{\max}$ a maximum hőmérséklet, RTP az 500/1000 hPa-os illetve a 850/1000 hPa-os relatív topográfia, C a felhőzet mennyisége, W a szélsébség és S a hótakaró. Maller Aranka és társai azt találták, hogy a hótakaró és a szél inkább csak a minimum hőmérsékletet módosítja jelentősebben, a maximum hőmérsékletre csak akkor van hatással a hótakaró, ha az vastag, és olvad. Amennyiben a hótakaró vékony vagy nem olvad, akkor a hatása elhanyagolható. A szél csak akkor módosítja a maximum hőmérsékletet jelentősebb mértékben (több mint 1,5 fokkal, télen fölfelé, nyáron lefelé), ha erős vagy viharos, az év nagy részében a hatása elhanyagolható. Az előbb említett hatások elhanyagolásával, valamint a felhőzet mennyiségét a globál sugárzással helyettesítve, az (1) egyenlet a következő diagnosztikai kapcsolattá módosul:

$$T_{\max} = f(\text{RTP}_{12}, Q_s), \quad (2)$$

ahol RTP₁₂ a relatív topográfia 12 UTC-kor (RTP_{850/1000}, RTP_{925/1000}) és Q_s a globál sugárzás napkelte és 15 UTC között. A sugárzás időtartamát azért választottuk napkelte-től 15 UTC-ig, mert vizsgálataink szerint a maximum hőmérséklet beállításának átlagos időpontja 12,55 UTC-kor (decemberben) és 14,05 UTC-kor (májusban) van. Az ehhez legközelebbi rendelkezésünkre álló modelltadat időpont a 12,00 UTC-s és a 15,00 UTC-s.

Az egyenlet megoldásait lineáris, logaritmikus, exponenciális, hatványkitevős alakban, illetve ezek lineáris kombinációjában kerestük.

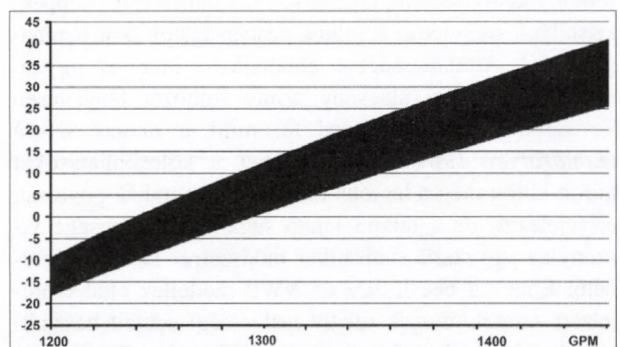
A hatványkitevős és az exponenciális alak esetén a korreláció nagyon rossznak bizonyult, ezért a logaritmikus és a lineáris összefüggés kombinációját használtuk. Mivel a kombinációs függvényhez meghatározott súlytényezők közel azonosak voltak, ezért a diagnosztikai függvényben a súlytényezőket (A_1 , A_2) egyenlővé tettük, és így a diagnosztikai egyenletünk a következő formájúra egyszerűsödött:

$$T_{\max} = \frac{A_1 + B_1 \cdot \text{RTP}_{12} + A_2 + B_2 \cdot \ln(\text{RTP}_{12})}{2}, \quad (3)$$

ahol $A_1 = A(\ln) + A_{11}$, $A_2 = A(\log) + A_{12}$, valamint B_1 , B_2 a globál sugárzástól függ, A_1 , A_2 havonta, B_1 , B_2 évszakonként (tél, egyéb) változik, "ln" a természetes alapú logaritmus. A téli időszakban az RTP_{925/1000} használatával sokkal jobb korrelációt kapunk, mint az RTP_{850/1000} használatával. Ez a jelenség a télen gyakori hidegpárnával magyarázható, amikor a hőmérséklet gyakorlatilag függetlenné válik a határreteg fölött lezajló időjárási folyamatoktól.

Természetesen néhány olyan hatást elhanyagoltunk a (3) egyenletben, amelyek befolyásolhatják a hőmérsékletet. Ilyen hatás például a nagy csapadék (10 mm/nap nyáron, 3 mm/nap télen), a nyomásváltozásból eredő hőmérsékletváltozás (12 hPa $\approx$ 1°C), és a magyar SYNOP állomások különböző magassága.

Miért tehetjük ezt meg? Mert az olyan napok száma, amikor ezek az események bekövetkeznek csekély. A nagy csapadékkal járó napok száma 15–25 évente, azoknak a napoknak a száma, amikor a nyomásváltozás nagyobb, mint 12 hPa átlagosan 4–8/év ($T+12$ órás előrejelzésnél), 8–15/év ($T+36$ órás előrejelzésnél), a SYNOP állomások 95%-a 80–200 m közötti magasságban helyezkedik el (Budapest 139 m). Vagyis a magasság különbség Budapest és a többi állomás között kevesebb, mint 60 m. Azokon a napokon, amikor a nyomásváltozás meghaladja a 12 hPa-t, az advekció értéke 5–10 fok, vagyis sokkal nagyobb, mint a nyomásváltozás hatása. Probléma csak a nagy mennyiségű csapadék esetében lép fel, (a párolgás, hóolvadás lehűlést okoz), de ez általában csak 0–3 nap/hónap alkalmával fordul elő, azaz elhanyagolhattuk, főként azért, mert a nyári nagy csapadékokat zivatarok okozzák, és ezek



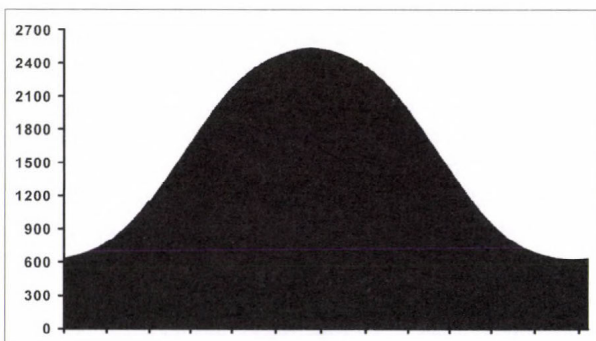
1. ábra Kapcsolat a relatív topográfia (RTP_{850/1000}), a globál sugárzás ($Q < 60 \text{ J/cm}^2$ alsó görbe és $Q > 2700 \text{ J/cm}^2$ felső görbe) és a maximum hőmérséklet között (°C)

általában a maximum hőmérséklet beállása után törnek ki. A 850/1000 hPa-os relatív topográfia használata esetén a várható maximum hőmérséklet az 1. ábrán látható intervallumba esik.

A diagnosztikai egyenlet RMS hibáját több év adatain is vizsgáltuk. A nyári félévben az RMS hiba nagysága 0,5–0,85 fok között változott, míg a téli félévben az RTP_{850/1000}-et használva 0,9–2,3 fok volt, az RTP_{925/1000}-et használva viszont a hiba a november-február közötti időszakban 1,1–1,5 fokra csökkent, vagyis a téli hónapokban sokkal jobb eredményeket érhetünk el az alsó kb. 700 méteres réteg átlag-hőmérsékletének használatával, különösen a hidegpárnás helyzetekben.

Ahhoz, hogy a (3) egyenletet használni tudjuk, szükség van a globál sugárzás és a 12 UTC-s relatív topográfia előrejelzésére.

A talajra érkező globál sugárzás mennyiségét nagyrészt a felhőzet, kisebb részben a légköri aeroszolok, a nem kondenzálódott vízgőz és az ózon befolyásolják. Az utolsó három tag hatásának kiküszöbölése érdekében az 1967–1993 között felhőtlen napokon mért sugárzások átlagát 7-edfokú polinommal simítottuk (2. ábra), így megkaptuk az átlagosan szennyezett, száraz levegőre vonatkozó maximálisan lehetséges globál sugárzás értékét napi bontásban.



2. ábra A napkelte és 15 UTC között lehetséges globál sugárzás (J/cm²) Budapestén derült időben, átlagos aeroszol koncentráció mellett (Vízszintes tengely: Jan. 01–Dec. 31)

A felhőzet által átengedett sugárzás mennyisége függ a felhők mennyiségétől, fajtájától, a felhőkben lévő cseppek, kristályok méretétől, a felhők vastagságától és a napmagasságtól. Általánosságban elmondható, hogy az ugyanolyan vastagságú alacsony szintű felhőzet lényegesen kevesebb sugárzást enged át, mint a magas szintű (Kondratyev 1969, 1972). Ezeket a kölcsönhatásokat külön-külön még a legjobb modellek sem tudják pontosan előrejelezni, de a talajra lejutó sugárzás mennyisége viszonylag egyszerű statisztikai módszerrel is megbecsülhető. Ehhez a becsléshez az NWP modellek által előrejelzett szintek/rétegek relatív nedvességi adatait használtuk. A szintek/rétegek száma elméletileg tetszőleges, de a valóságban a használt NWP modell vertikális szintjeinek számától függ. A UKMO UM (korábban UKMO LAM)

modell esetében csak három szint adatait (850, 700, 500 hPa) kapjuk meg, míg az ALADIN modell esetén a pszeudó temp fájlokban a -40 °C-nál melegebb hőmérséklet esetén áll rendelkezésre nedvességi adat. Természetesen az ALADIN modell vertikális szintjeinek száma az évek folyamán növekedett, így kezdetben 7, később 9, jelenleg 10 réteg nedvességi viszonyait vesszük figyelembe a sugárzás számításánál.

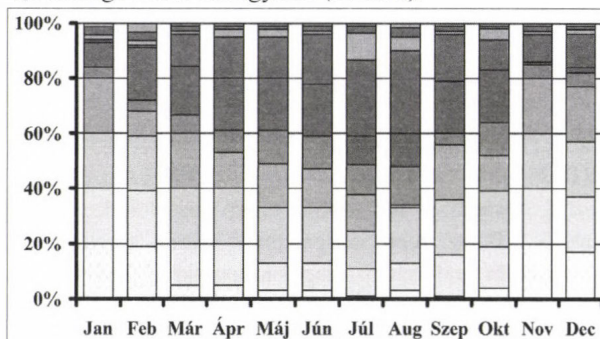
Ezek a szintek a következők: Talaj–300 m, 300–500 m, 500–800 m, 800–1200 m, 1200–1700 m, 1700–2400 m, 2400–3300 m, 3300–4500 m, 4500–6000 m, 6000–8000 m.

Az ALADIN modell esetén a rétegek határát úgy határoztuk meg, hogy részben megfeleljenek a felhőrétegek átlagos szintjeinek, részben pedig minimum kettő, de inkább három vagy több nedvességi adat álljon rendelkezésre az adott rétegből. Amennyiben a -40 °C-os szint magassága 8000 m alatt volt (ez főként télen fordult elő) a -40 °C-os szint fölött elhelyezkedő rétegekben az ez alatt elhelyezkedő utolsó nedvességi adattal számoltunk. Vizsgálataink alapján elmondható, hogy a globál sugárzást télen főként az alacsony szintű felhők (talaj–1200 m), míg nyáron az alacsony és középmagas felhők (1200–3300 m) csökkentik (3. ábra). Miért nem használtuk a globál sugárzás számításához az ALADIN modell által kiszámolt értéket? Mert konvektív, hidegpárnás vagy inverziós helyzetben a felhőzeti, ebből kifolyólag a sugárzási előrejelzései nem megbízhatóak az ALADIN modellben, bár az utóbbi két évben javulást tapasztaltunk.

A globál sugárzás és a különböző rétegek relatív nedvessége közötti függvénykapcsolat, a különböző egyszerűsítések és elhanyagolások után, a következő alakot öltötte:

$$Q = \sum_{j=1}^3 Q_j \left[\frac{(A_{j,1} + B_{j,1} \cdot \sum_{i=1}^n C_{ji} \cdot RH_i) + (A_{j,2} + B_{j,2} \cdot \ln \sum_{i=1}^n C_{ji} \cdot RH_i) + (A_{j,3} \cdot e^{B_{j,3} \cdot \sum_{i=1}^n C_{ji} \cdot RH_i})}{3} \right] \quad (4)$$

ahol Q_j a lehetséges globál sugárzás mennyisége napkelte és 09 UTC ($j=1$) között, és 09 és 15 UTC ($j=2$) között (naponta változik, 2. ábra). RH_{ji} az "i"-edik réteg átlagos relatív nedvessége 06 UTC-kor ($j=1$), és 12 UTC-kor ($j=2$). Az együtthatók (A , B) havonta változnak. A C_{ji1} és C_{ji2} és C_{ji3} összege 100%-kal egyenlő (3. ábra).



3. ábra Az ALADIN modell esetében használt 10 különböző réteg relatív nedvességének globál sugárzást csökkentő hatása (09–15 UTC)
Pontozott: Alacsony szintű

Vízszintes csíkozás: Középmagas szintű

Függőleges csíkozás: Magasszintű felhőzet (lásd a szövegben)

Vizsgálataink alapján 10% hiba a globál sugárzás előrejelzésében körülbelül 0,8–1,4 °C hibát okoz a hőmérséklet előrejelzésben.

Amennyiben a (4) egyenletben Q_0 szorzójának értéke nagyobb 1,05-nél, vagy kisebb 0,05-nél, akkor 1,05-tel illetve 0,05-tel számolunk (tisztá, száraz, sarki levegőben a beérkező sugárzás nagyobb lehet 100%-nál) (Fövényi, 1997/3).

A relatív topográfia megváltozását a talajról vertikális mozgások által szállított hő, az advekción, a kondenzáción, illetve a csapadék párolgása határozza meg. A kondenzáción és a párolgás hatását elhanyagoltuk. Ezzel elsősorban a tavaszi hónapokban követtünk el hibát, mivel ilyenkor 1000–1300 m között van az emelési kondenzációs szint. A nyári és téli hónapokban a kondenzációs szint a 850, illetve 925 hPa-os szint környékén, vagy fölötté helyezkedik el, tehát az adott réteget nem melegíti. Ősszel pedig ritka a nappali gomolyfelhő képződéssel járó konvektív folyamat. Ezeknek a figyelembe vételével a relatív topográfia megváltozását (00–12 UTC között) a besugárzástól és a sekély konvekciós réteg tetején (télen 925 hPa, nyáron 850 hPa) bekövetkező advekciótól tettük függővé, vagyis:

$$RTP_{12} = RTP_{00} + A_1 \cdot (\Delta t - \Delta t_1) + f(Q), \quad (5)$$

ahol "A1" havonta változik, "t" a használt modell által adott 00 és 12 UTC közötti hőmérsékletváltozás nagysága a 925 vagy a 850 hPa-os szinten. "f(Q)" logaritmikus. Számításainkban nem alkalmaztuk a rádiószondás állomások 00 UTC-kor észlelt hőmérsékleti adatait (925 hPa, 850 hPa), kizárólag a számításhoz használt modell hőmérsékleti analízisének és előrejelzésének adatait használtuk, így ki tudtuk küszöbölni a modell objektív analízisének hibáit.

Az (5) egyenlet " Δt " tagját még nem magyaráztuk meg. Természetesen az adott szintek (850 hPa, 925 hPa) hőmérsékletének van egy bizonyos napi amplitúdója 00 és 12 UTC között. Hogy ezt az amplitúdót meghatározzuk, olyan időjárási helyzeteket vizsgáltunk meg, amikor az

2. táblázat.

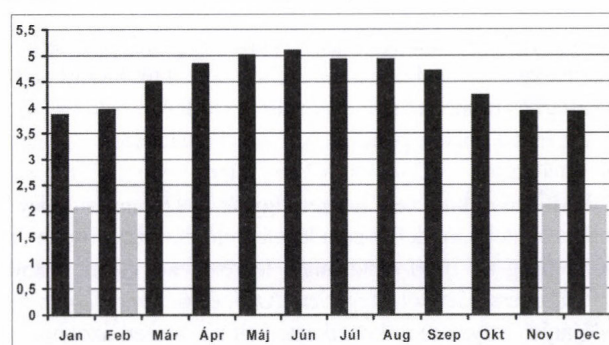
Hónap	850 hPa (0,1 °C)	925 hPa (0,1 °C)
Január	-1,03	-0,46
Február	0,34	-6,91
Március	-3,06	-1,70
Április	-2,20	14,87
Május	1,35	13,37
Június	2,33	13,32
Július	3,07	9,73
Augusztus	-1,69	8,08
Szeptember	1,64	3,91
Október	1,34	-3,20
November	0,18	-5,55
December	-0,36	-2,94

A hőmérséklet változása 00 és 12 UTC között advekciómentes napokon

adott szinteken a szélsőbesség kisebb vagy egyenlő volt, mint 3 m/s, 00, 06 és 12 UTC-kor is, vagyis az advekciót elhanyagolhattuk. Ezeknek a napoknak az átlagos hőmérsékletváltozását 00 és 12 UTC között a 2. táblázatban láthatjuk.

Mint a 2. táblázatból látható, a napi hőmérsékleti amplitúdó 00 és 12 UTC között mindössze néhány tized fok, kivéve a nyári hónapokat, amikor a 925 hPa-os szint jelentősen melegszik, de ezekben a hónapokban a számításainkhoz nem használjuk a 925 hPa-os szint adatait.

Az 1975 és 1995 között, 12 UTC-kor észlelt relatív topográfia és hőmérsékleti adatokból kiszámoltuk az adott szinteken 1 fokos advekcióhoz tartozó átlagos relatív topográfia változást is, amely a 4. ábrán látható.



4. ábra A relatív topográfia átlagos változása (GPM) 1 °C meleg advekción esetén

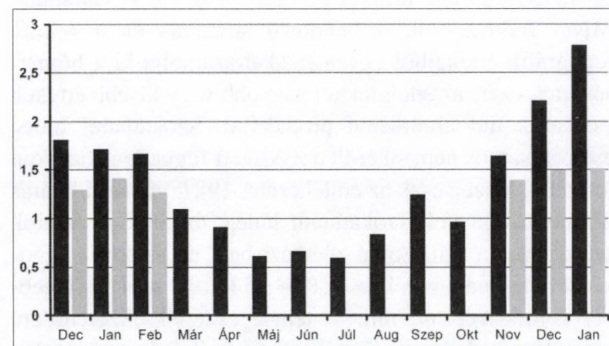
Szürke: RTP925/1000, Fekete: RTP850/1000

Látható, hogy a relatív topográfia megváltozása elsősorban az advekciótól függ, hiszen 1–1,5 fokos hideg advekción ellensúlyozni tudja a totális besugárzás relatív topográfia növelő hatását.

Eredmények

Maximum hőmérséklet előrejelző módszerünket különféle módokon teszteltük.

Ezek alapján a következő eredményeket kaptuk teljesen független adatokon (1996. év) végezve a vizsgálatot (5. ábra, 6. ábra):

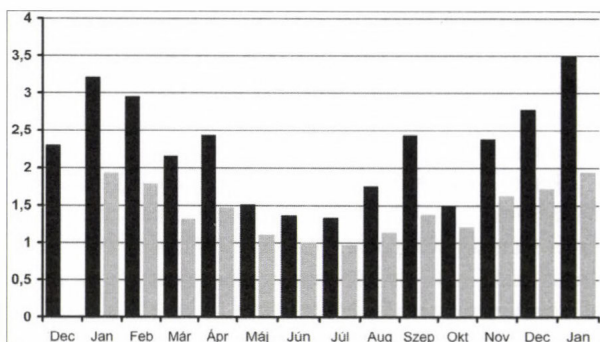


5. ábra A diagnosztikai módszer RMS hibája Budapesten (°C)

1995. december - 1997. január

Fekete: RTP850/1000,

Szürke: RTP925/1000

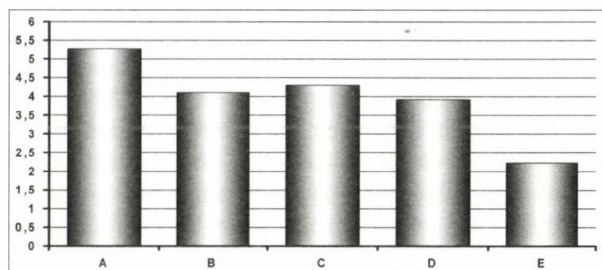


6. ábra A teljesen automatikus maximum hőmérséklet előrejelzések RMS hibája (°C) 1995. december - 1997. január
Fekete: UKMO/LAM adatokból,
Szürke: ALADIN/LACE adatokból

Az ALADIN modell használatával kaptunk jobb eredményeket, mivel ebben a modellben sokkal több szint nedvességi és hőmérsékleti adatai álltak rendelkezésünkre, így a sugárzást sokkal pontosabban jelezhattuk előre, és télen használhattuk a 925/1000 hPa-os relatív topográfiát. Ez a UKMO adatoknál nem létezett, így az 1997. januári hidegpárnát ezzel a modellel nem lehetett előrejelezni, hiszen ez a jelenség az 1000 méter alatti légrétegeket érinti, a 850 hPa hőmérsékletétől független. Az 5. és 6. ábra alapján az időjárási helyzetre is következtethetünk, hiszen azokban a hónapokban, amikor a hiba nagyobb, valamelyik feltételezésünk sérült. Ebben az időszakban a 1996. szeptemberi adatok nagyobb hibája arra utal, hogy sok csapadék hullott, vagyis a hőegyenlegre vonatkozó feltételezésünk sérült. Az 1996. decemberi és 1997. januári nagyobb hibák oka (az RTP_{850/1000} hPa használata esetén) pedig az, hogy gyakori volt a hidegpárnás helyzet, amikor a 850 hPa-os szint adatai nem használhatók. Ezek az eredmények mutatják, hogy az új módszer lényegesen jobb, mint a korábban alkalmazott módszerek (Rákóczi, 1983, Maller és tsai., 1989), használatának viszont gátat szab, hogy ALADIN adatok csak 48 órás időtartamra érkeznek.

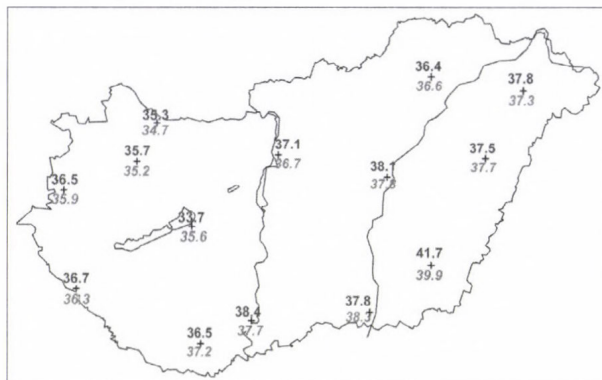
Természetesen egy hőmérséklet előrejelző rendszernek extrém időjárási helyzetekben is működőképesnek kell maradnia. Erre főként a jövőben lesz szükségünk, hiszen egyre több jel utal arra, hogy változóban van éghajlatunk. Mivel módszerünk a beérkező sugárzás és a relatív topográfia értékeiből egyenletekkel számolja ki a hőmérsékletet, ezért az eddigieknél nagyobb vagy kisebb értékek esetén is tud eredményt produkálni. Szokatlanul hideg esetben sajnos nem sikerült a módszert független adatokon tesztelni, hiszen csak az emlékeztető 1987. januári időjárás néhány napja volt szokatlanul hideg, és ezek az adatok szerepeltek a statisztikai adatbázisban, de ezeken a rendkívül hideg napokon is csak 0,5–1,5 fokkal adott melegebbet a módszerünk, mint a tényleges érték. Szerencsére hidegpárnás helyzet (7. ábra) és szélsősegesen meleg időjárású nap (8. ábra) a független adatok esetén is rendelkezésünkre állt. A 8. ábrán az évszázados magyarországi melegrekord megdőlésének (Békéscsaba: 41,7 °C) az

adatait láthatjuk. Ezen a napon (2000. 08. 21.) az Alföldön helyenként 40 fok fölé emelkedett a hőmérséklet, míg az ALADIN modell csak 37, 38 fokot jelzett előre. Módszerünk ugyan előrejelezte a melegrekord pontos helyét (Békéscsaba), az ALADIN modellnél 1,7 fokkal magasabb hőmérsékletet adott, de még így is 1,8 fokkal elmaradt a ténylegesen mért értéktől. Az ország többi részén (Siófok kivételével) viszont meglepően pontosan jelezte előre a szélsősegesen magas hőmérsékleteket. A siófoki hiba oka nagy valószínűséggel a Balaton hűtő hatása, ami szintén sérti a hőegyenlegre vonatkozó feltételezésünket.



7. ábra Hőmérséklet előrejelzések RMS hibája 1999. januárjában (hidegpárna) (°C)
A: ALADIN (T+12 h) B: ECMWF (T+24 h)
C: UKMO UM+TEMP (T+12 h) D: ALADIN+TEMP (RTP_{850/1000}, T+12 h)
E: ALADIN+TEMP (RTP_{925/1000}, T+12 h)

A 7. ábrán az 1999. januári 1-e és 1999. január 31-e közötti előrejelzések hibáját látjuk, ekkor hosszú ideig állt fenn Budapesten hidegpárna.



8. ábra Az észlelt (fölső) és az előrejelzett (alsó) maximum hőmérséklet (°C) 2000. 08. 21.

A 7. ábrából látható, hogy az NWP modellek előrejelzése ebben a hónapban a szinoptikus gyakorlat számára használhatatlanul rossz eredményeket adtak, akárcsak az RTP_{850/1000} hPa relatív topográfia és a modell adatok felhasználásával készült előrejelzéseink. Az egyetlen előrejelzés, amely viszonylag elfogadható eredményt adott, az RTP_{925/1000} hPa-os rádiószondás adatokat és az ALADIN/LACE modell előrejelzéseit használta fel. Az utóbbi években az ALADIN/HU modell előrejelzései inverziós, hidegpárnás helyzetekben javultak, de még mindig gyakran hibáznak (1. táblázat). Sajnos az utóbbi két

évben nem volt tartós hidegpárnás helyzet (a 2006–2007-es télen gyakorlatilag nem is volt tél), így a modelleredményeket nem tudtuk hidegpárnás helyzetben összevetni a miénkkel, de az 1. táblázatban bemutatott 2003-as modell-adatokhoz képest, a Kisalföld környékét kivéve, módszerünk az adott héten 2–8 fokkal jobb eredményt adott, mint az ALADIN modell.

Módszerünk RMS hibáit megfigyelve észrevehetjük, hogy ez a hiba nyáron 0,9–1,3 °C, ősszel és tavasszal 1,2–1,8 °C, télen 1,7–2,4 °C. Ezek az eredmények nyáron már csak kismértékben múlják felül az ALADIN modell verifikációs eredményeit. Télen csaknem minden időjárási helyzetben jobb eredményeket értünk el, mint az ALADIN modell, de ez az eredményjavulás különösen hidegpárna esetén szembetűnő (7. ábra).

Végezetül a 9. ábrán látható az 1996 és 2007 közötti termik előrejelzéseink maximum hőmérséklet prognózisainak bevétele látható (Fövényi, 1997/1, 1997/2, 1998/3, 1998/4, 1999/5, 2000/4, 2001/2, 2002). 1996-ban még csak a UKMO/LAM adataival számoltunk, 1997-ben vezettük be a 7 réteges sugárzás számítási programot, 2000-ben pedig a 10 réteges eljárást, mindkettőt az ALADIN modell felhasználásával. Természetesen ezek nem a módszerünk által számolt értékek, hiszen a szinoptikusok időnként módosítják a kiszámolt adatokat. Mint a 9. ábrán látható, 2001 után gyakorlatilag az egész országban 1,5 fok alá csökkent az RMS hiba nagysága. Az 1999. évi nagy hiba oka Északkelet-Magyarország térségében az, hogy Ungvárról nem érkezett rádiószondás adat, így Szeged vagy Budapest adataival kellett helyettesítenünk, ami nem mindig bizonyult jó megoldásnak, ezen kívül az 1999-es nyár rendkívül csapadékos volt. A 2007-es év verifikációjánál a budapesti körzetnél nem vettük figyelembe Agárd adatait, mert gyakran 2–3 fokkal magasabb hőmérsékletet adott, mint szinoptikus szempontból elfogadható lett volna. (Az agárdi hőmérőt augusztusban lecserélték, azóta jól mér.) A 9. ábrán csak a szinoptikusok által előrejelzett hőmérséklet hibája látható, a modellünk által számolt értékek majdnem minden évben 0,1–0,3 fokkal rosszabbak voltak ennél, az egyetlen kivétel 2001 volt, amikor a módszerünk által számolt értékek 0,05–0,32 fokkal jobbakk voltak, mint az előrejelzettek.

2007-ben két körzetben is 1 fok alatt volt az RMS hiba. Ez valószínűleg a 2006. augusztusában bevezetett újításunknak köszönhető. Ekkor a programba beépítettünk egy

olyan funkciót, amelyik jelezte az előző napon kiszámolt és a ténylegesen mért hőmérséklet különbségét, és ezzel korrigálhatóvá vált a program hibája azokon a napokon, amikor nem változott lényegesen az időjárás. Ez különösen fontosnak bizonyult a 2007. júliusi hőhullám idején, amikor a módszer segítségével 1 fok (a Dél-Alföldön 0,5 fok) alá csökkenthettük az RMS hibát, és előre tudtuk jelezni azt a periódust, amikor 5 egymást követő napon az Alföldön valahol mindig meghaladta a hőmérséklet a 40 fokot. Ennek a forró periódusnak az eredményeit a 3. táblázatban láthatjuk.

3. táblázat.

	Észlelt (°C)	ALADIN/HU (°C)	Régi (°C)	Új (°C)	Előrejelző (°C)
Július 15.	35,2	33,7	35,1	35,2	34,0
Július 16.	36,4	36,1	34,8	34,9	36,5
Július 17.	38,6	38,9	37,3	38,9	37,5
Július 18.	39,2	39,8	38,0	39,3	39,0
Július 19.	38,6	39,2	36,7	37,9	39,0
Július 20.	40,7	38,8	39,2	41,1	40,0
Július 21.	37,8	38,0	37,6	39,1	39,5
Július 22.	37,7	36,5	37,5	37,7	38,0
RMSE (°C)		1,01	1,21	0,77	0,89

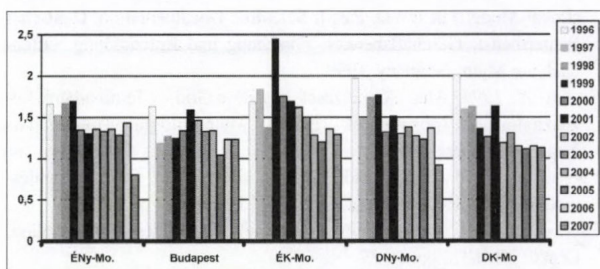
A 2007. július 15-22. között Budapesten mért, valamint az Aladin modell, a régi módszerünk, az új módszerünk által kiszámolt, és a repülésmeteorológus által előrejelzett maximum hőmérsékletek összehasonlítása.

A 3. táblázatból is látható, hogy idén nyáron az ALADIN modell hőmérséklet előrejelzései már nagyon jól sikerültek, nem egy esetben jobbakk voltak, mint a régi módszerünk által kiszámolt értékek.

Módszerünk hiányosságai

Módszerünk legfőbb hiányossága, hogy nem veszi figyelembe a talajnedvesség és a csapadék párolgásának hűtő hatását. Ez a hiba szerencsére általában nem befolyásolja jelentősen a hőmérsékletet, de az elmúlt években mégis egyre többször előfordult, hogy emiatt rosszak lettek a módszer előrejelzései. Ez 1999 nyarán okozott sok esetben fölébecslést, hiszen ekkor az ország nagy részén a szokásos csapadék kétszerese, háromszorosa hullott le, hatalmas árvizeket és belvizet okozva. 2000 augusztusában és 2003 nyarán rendkívül aszályos volt az időjárás, emiatt pontosan a fordítottja történt az 1999-es eseményeknek, módszerünk általában 1–1,5 fokkal alábecsülte a derült napokon a tényleges hőmérsékletet. Ezt a hibát a 2006. augusztusi fejlesztésnek köszönhetően részben sikerült csökkenteni.

A Balaton hatását szintén nem vettük figyelembe, ezért környékén a párolgás, olvadás, fagyás miatt esetenként 2–4 fokos eltérés is lehet az általunk kiszámolt hőmérséklettől. A másik nagy hibája az általunk használt módszernek, hogy budapesti adatokra dolgoztuk ki, ezért csak síkvidéken (300 méteres tengerszint feletti magasság alatt) és a pestihez hasonló füves, kevésbé fás területeken alkal-



9. ábra A maximum hőmérséklet előrejelzések RMS hibája 1996–2007 - IV.1 - IX.30 (°C)

mazható. Az erdősebb területeken (Északi-középhegység völgyei, űrség), főleg nyáron fölébecsli az értékeket.

A módszer ugyan le tudja kezelni (a modellek felbontásától függően) esetenként a mezo- β nagyságú területen föllépő főnhatást is, de az ennél kisebb méretű, főnhatást kiváltó hegyek környékén alulbecsli szeles esetben a hőmérsékletet.

A téli időszakban a hóolvadás okoz problémát esetünkben, hiszen ilyenkor az olvadás jelentős hőt von el a környezettől, ezért a ténylegesnél magasabb hőmérsékletet jelzünk előre, mint ami bekövetkezik. 2006. augusztusi fejlesztésünk ezen a hibán is képes némileg segíteni.

Összegzés, jövőbeli fejlesztési lehetőségek

Maximum hőmérséklet előrejelző PPM módszerünk sokat javított prognózisaink minőségén. Az évek folyamán a repülésmeteorológus kollégák és kolléganők megtanulták alkalmazni ezt, elfogadni az eredményeit (korábban rendszeresen alulbecsültük Északkelet-Magyarországon a hőmérsékletet, most már sokkal kevésbé), kijavítani az esetleges hibáit. Bár korábban úgy gondoltuk, hogy az eljárás eredményeit a modellek fejlődése miatt 2–3 év alatt sutba dobhatjuk, az évek elteltével kiderült, hogy a modellekkel együtt az általunk kiszámolt értékek is lassan javulnak. Bár a nyári időszakban már csak minimálisan vagyunk jobbak az ALADIN modellnél (0,1–0,4 fokkal kisebb az RMS hibánk, sőt 2007 nyarán némely körzetben az ALADIN modell volt a jobb), de a téli hónapokban, különösen hidegpárnás helyzetekben még mindig sokkal jobbak az előrejelzéseink, mint az ALADIN/HU modellnek. Ez utóbbit sajnos az elmúlt télen nem sikerült tesztelni, mert rekord meleg volt a tél, de 2007 novemberében volt néhány inverziós nap, és ezeken a napokon még mindig jobb volt az előrejelzésünk, mint az ALADIN/HU modellé.

A (4) és az (5) egyenletekből 2003. szeptemberében elhagytuk az egyszerűsítést, a tényleges súlytényezőkkel számolva tesztjeink alapján 0,05–0,2 fokkal csökkent az RMS hiba nagysága, javulás főleg a téli hónapokban volt megfigyelhető.

Amennyiben az ALADIN modell vertikális felbontása növekszik, a rétegek számát növelhetjük a sugárzás számító részben (4. egyenlet), ettől további 0,05–0,15 fokkal javulást várhatunk.

További jelentős lehetőség a párolgás figyelembe vétele. Az elmúlt 2–3 év alatt az OMSz-nál kifejlesztett ORACLE adatbázis kezelő rendszer már operatíván képes csapadék adatokat szolgáltatni visszamenőlegesen is, így a lehullott csapadékból következtethetünk a felszín nedvességére, és arra, hogy ez mennyire fogja vissza a hőmérséklet emelkedését. Ezt a lehetőséget jelenleg még nem vizsgáltuk meg, de amennyiben elegendő mennyiségű adat gyűlik össze a statisztikai vizsgálathoz, lesz esélyünk ezt a hibát is csökkenteni.

Statisztikai adatainkat Budapestre dolgoztuk ki, és próbáltuk alkalmazni az ország egész területére. Ez esetenként hibát okozhat, hiszen az alföldi állomások

tengerszint feletti magassága 40–60 méterrel kisebb, míg Szombathelyé, Miskolcé 70–100 méterrel nagyobb, mint Budapesté. Ezért teszteltünk egy egyszerű javítási eljárást, a derült napokon (75%-nál nagyobb sugárzás) $1^\circ\text{C}/100\text{m}$ -rel, felhős napokon (50–75% sugárzás) $0,65^\circ\text{C}/100\text{m}$ -rel módosítottuk a kiszámolt hőmérsékletet. Kis javulást ($0,1$ – $0,3^\circ\text{C}$) csak az alföldi állomások és néhány déldunántúli állomás esetében, kizárólag a nyári időszakban (május-augusztus) értünk el, a többi állomáson értékelhető változás nem volt megfigyelhető, a téli időszakban viszont kifejezetten romlottak az eredmények. Ezt a javító mechanizmust 2000 óta használjuk a termik előrejelzésekben (9. ábra), és Délkelet-, valamint Délnyugat-Magyarország térségében kb. 0,1 fokkal csökkentette az RMS hibát.

A modellek csapadék előrejelzésének figyelembe vételével kismértékben szintén javíthatunk az eredményeken, azonban megfigyeléseink alapján a csapadék előrejelzés a modellek egyik legbizonytalanabb pontja, így felhasználhatósága kétséges.

Összegzésként elmondható, hogy a Rákóczi Ferenc által 1957-ben kidolgozott módszer továbbfejlesztett változata, a modelladatok felhasználásával még most, fél évszázad elteltével is versenyképes maradt, és talán még további 5–10 évig képes lesz felülmúlni a modelleket.

Fővényi Attila

Irodalom jegyzék

- Bonta, I., 1997: Subjective verification of ALADIN model at HMS, with special emphasis on winter inversion situations, RC LACE Bulletin No. 3. 8 pages, Budapest, 1997
- Bonta, I., 1999: The evaluation of ALADIN model on some interesting synoptic situations with emphasis a winter inversion event, a strong wind and a convective situations, RC LACE Bulletin No. 7, 6 pages, HMIS, Ljubljana, 1999
- Bozóki I., 1987: Folyamatvizsgálat egy meteorológiai jelenség kapcsán, Meteorológiai Tanulmányok, No. 61.
- Bromley, R. A., 1994: The Operational Global Model at the UKMO, The Limited Area Model & the Mesoscale Model, Proceedings of the Second Joint UK Met Office /WMO Aeronautical Forecasting Seminar, Reading 11-15 July 1994
- Cairns, M.M., Miller, R.J., 1992: An Evaluation of Aviation-Impact Variables (AIVs) Derived from Numerical Models, NOAA ERL FSL, Boulder, Colorado, September 1992
- Damrath, U., 2001: Verification of the operational NWP models at DWD, Proceedings of International Training Seminar - Design, Products and Operational Use of the NWP Model-Chain of the DWD, 23-27 April 2001, 33 pages
- Doms, G., Schättler, U., 1999: The Nonhydrostatic Limited-Area Model (Lokal-Modell) of DWD. Part I: Scientific Documentation, Deutscher Wetterdienst, Geschäftsbereich Forschung und Entwicklung, Offenbach am Main, Germany, 1999.
- Fővényi A., 1994: Alap előrejelzések készítése Grid és Temp adatok felhasználásával sportrepülők részére, Meteorológiai Tudományos Napok, Budapest, 1994.
- Fővényi A., 1996: Termik előrejelzések készítése az OMSz Repülés-meteorológiai Központjában, Légkör XLI., 1996/3. pp. 25-30.
- Fővényi A., 1997/1: Az 1996. évi termik előrejelzések verifikálása, Légkör XLII/1., pp. 36-37.
- Fővényi A., 1997/2: Az 1996. évi termik előrejelzések verifikálása, Az 1996. évi előrejelző tevékenység értékelése, OMSZ, IEÖO, Budapest, 1997.

- Fövényi A., 1997/3: Új módszer a maximum hőmérséklet előrejelzésére, Egyetemi Meteorológiai füzetek No. 10. pp. 107-110, Budapest, 1997.
- Fövényi A., 1998/1: New Method for Maximum Temperature Forecasting Using TEMP and NWP Model Data, RC LACE Bulletin No. 5, 5 pages, Prague, Czech Republic, 1998.
- Fövényi A., 1998/2: A légköri nedvesség és a magaslégtér hőmérséklet hatása a globálsugárzásra és a maximumhőmérsékletre Magyarországon, Az éghajlatváltozás és következményei, pp. 269-274, OMSZ, Budapest, 1998.
- Fövényi A., 1998/3: Az 1997. évi termik előrejelzések verifikálása, Légkör XLIII/1., pp. 35-36
- Fövényi A., 1998/4: Az 1998. évi termik előrejelzések verifikálása, Légkör XLIII/4. pp. 32-33
- Fövényi A. - Sándor V., 1999/3: A termik előrejelzése régen és most, Légkör XLIV/2., pp. 22-28.
- Fövényi A., 1999/5: Az 1999. évi termik előrejelzések verifikálása, Légkör XLIV/4. pp. 32-33
- Fövényi A., 2000: A 2000. évi termik előrejelzések verifikálása, Légkör XLV/4., pp. 36-37
- Fövényi A., 2001/1: Decreasing of the error of maximum temperature forecast using NWP model and radiosonde data, Proceedings of Fifth European Conference on Applications of Meteorology, ECAM 2001, 24-28 September 2001, Budapest, Hungary, Theme 1 08/pp 1-7
- Fövényi A., 2001/2: A 2001. évi termik előrejelzések verifikálása, Légkör XLVI/4. pp. 31-32.
- Fövényi A., 2002: A 2002. évi termik előrejelzések meteorológiai elemeinek verifikálása, Légkör XLVII/4. pp. 30-31,
- H. Bóna M., 1986: Hideg légpárnák aeroszinoptikai vizsgálata a Kárpát-medencében, Meteorológiai Tanulmányok, No. 54 OMSZ, Budapest, 1986
- Heise, E., Jacobsen, I. 1982: A new economic method for the computation of the surface temperature in numerical models, Contr. Atm. Physics No. 55, pp. 128-141
- Heise E. et al, 2001: Physical parametrisations in GME and LM, Proceedings of Design, Products and Operational Use of the NWP Model-Chain of the DWD, 23-27 April 2001, Langen, Germany.
- Jaeneke, M., 2001/1: Synoptic Verification Case-studies, Proceedings of International Training Seminar - Design, Products and Operational Use of the NWP Model-Chain of the DWD, 23-27 April 2001, pp. 4/1-13

- Jaeneke, M., 2001/2: Operational products of GME and LM - Local products (Meteograms, DMO, Kalman-filter, MOS, PPM), Proceedings of International Training Seminar - Design, Products and Operational Use of the NWP Model-Chain of the DWD, 23-27 April 2001
- Kondratyev, K. Ya., 1969: Radiacionnūje karakterisztiki atmosfēri i zemnoj poverhnoszti. Gidrometeorologiceszkije izdatyelsztvo.
- Kondratyev, K. Ya., 1972: Radiation Processes in the atmosphere, pp. 32-33, pp. 37-44, pp. 78-88, WMO No. 309, World Meteorological Organization, 1972
- Makainé Császár M.t, Tóth Pál, 1978: Szinoptikus Meteorológia II, pp. 569-581, 611-623, Tankönyvkiadó, Budapest, 1978
- Maller A., Németh E., Rimek I., Varga L., 1989: Five-day extreme temperature forecast method, Időjárás Vol. 93., pp. 221-231, Budapest, 1989.
- Quarterly Report On Numerical Products from Bracknell, No. 1-43, Bracknell
- Quarterly Report of the Operational NWP-Models of the Deutscher Wetterdienst No. 1-26, Offenbach am Main
- Performance Statistics, Verification and Diagnostics, Quarterly Report of the Operational NWP-Models of the Deutscher Wetterdienst, No. 24, pp. 15-41
- Rákóczi F., 1957: Az 500/1000 mb-os relatív geopotenciál kapcsolata a napi hőmérsékleti maximummal derült napokon, Időjárás 61, pp. 419-423, 1957
- Rákóczi F., 1959: A hőmérsékleti maximumot kialakító két fontos tényező vizsgálatáról, Időjárás 63, pp. 1-6, 1959
- Rákóczi F., 1983: Kísérlet a napi maximum hőmérséklet előrejelzésére, Meteorológiai Tanulmányok No. 43, OMSZ, Budapest, 1983.
- Stábel Gy., 1963: A hőmérséklet napi maximumának előrejelzése, Beszámoló az 1962-ben végzett kutatásokról, OMI Hivatalos kiadványai XXVI. Pp. 102-111, Budapest, 1963
- Reinaldo B. da Silveira et al, 2000: The Numerical Forecast System at INMET-Brazil, Quarterly Report of the Operational NWP-Models of the Deutscher Wetterdienst, No. 24, pp. 7-14, Offenbach am Main, 2000
- Tóth P., 1984: Parametrizáció bevezetése hideg-légpárnák keletkezésének és feloszlásának analízise céljából, Meteorológiai Tanulmányok, No. 51, OMSZ, Budapest, 1984
- Zsótér E., 2003: Elemzés az elmúlt néhány év alapprognózisainak bevalásáról, a megfigyelhető tendenciákról - 1999-2002, Kézirat, 12 pages, OMSZ, Budapest, 2003

OLVASTUK

Rekord jégcsökkenés az Arktiszon

Az Egyesült Államok Nemzeti Hó és Jég Adatközpontja (NSIDC) szerint 2007 nyárvégére a sarki jégtakaró kiterjedése soha eddig nem látott minimumra csökkent. A legalább 15%-os jégborítottságú terület szeptember elejére már 4,42 millió km²-re zsugorodott. Az előző minimum rekord 2005 szeptemberében 5,32 millió km² volt. A csak ritkán hajózható Északnyugati Átjáró ezúttal hetekig nyitva állt a hajózás számára. A minimum szeptember 16-án állt be, a jégtakaró kiterjedése ekkor műholdas mérések alapján mindössze 4,13 millió km² volt.

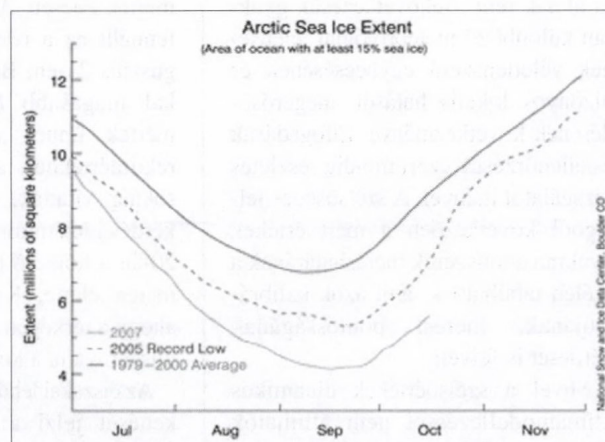
Noha a nappalok rövidülése miatt a növekedés ezután megindult, a 2005. évi minimumot csak október 14-ére közelítette meg (sokévi átlag szerint ilyenkor már 9 millió km² körüli értéknek kellene lennie). Az arktikus jégtakaró kiterjedése általában márciusra éri el maximumát.

A sarki jégtakaró ilyen felgyorsult csökkenése nagyobb, mint amit az éghajlati modellek előrejeltek.

A területi kiterjedés csökkenése mellett a jégtakaró vastagsága is egyre kisebb. Míg a korábbi évtizedekben a 3 m-nél vastagabb jégtakaró a sarki medence jelentős részére kiterjedt, most egy keskeny sávra korlátozódott Észak-Grönland és a kanadai partok között.

Weather, 2007. okt. és NSIDC Ice News

Ambrózy Pál



Az arktikus jég kiterjedése. Felső görbe: sokévi átlag; középen: 2005 évi állapot; lent: 2007 évi menet

Időjárási rekordok Magyarországon

Napjaink szenzációéhes világában egyre nagyobb az érdeklődés a szélsőséges meteorológiai adatok iránt is. A sajtó úgy számol be egy-egy napi rekordérték megdőléséről, mintha ez már önmagában katasztrófahelyzetet jelentene. Olyan esetekkel is biztosan sokan találkozunk már, amikor valaki azt mondta, hogy az én hőmérőm 45 fokot mutatott, a rádió pedig csak 30-ról beszélt. Arra is sokan emlékezni vélnek, hogy 10, 20 vagy 50 évvel ezelőtt milyen hideg vagy meleg volt, milyen sokat vagy keveset esett az eső a mostanihoz képest. Az ilyen és ehhez hasonló megállapítások megmagyarázása vagy megcáfolása érdekében érdemes összegyűjtenünk és közreadnunk azokat az időjárási rekordértékeket, melyek megbízható, ellenőrzött forrásból származnak, és legjobb tudásunk szerint valóban szélsőséget jelentenek.

A Léggör XXXVI. évf. 3-4. számában már megjelent egy hasonló feldolgozás, *Kövér Béláné, Nemes Csaba, Váradi Ferenc: Időjárási rekordok Magyarországon*, címen. Az azóta eltelt több mint 25 év alatt azonban több rekord megdőlt, és néhány régebbi szélsőség is ismertté vált, ami szükségessé tette a régi feldolgozás felülvizsgálatát.

Az abszolút szélsőértékek, vagyis az eddig mért legnagyobb, legkisebb értékek rendszerint csak egy-egy földrajzi helyre és nagyon rövid időszakra állnak fent. Bekövetkezésük gyakran különböző meteorológiai jelenségek véletlenszerű egybeesésének és bizonyos lokális hatások megerősítésének következménye. Elfogadásuk és ellenőrzésük ezért mindig részletes vizsgálatot igényel. A szélsőséges jellegből következően a mért értékek gyakran a műszerek mérőhatárának a szélén találhatók, ami azok kalibrációjának, mérési pontosságának kérdését is felveti.

Mivel a szélsőértékek dinamikus klímamodellezéssel nem állíthatók elő, így azok a mérőhálózat pótolhatatlan eredményei közé sorolhatók

a fent említett körülmények ellenére is. Egy-egy kiugró érték bekövetkezése inkább csak érdekesség, de egy részletesebb szélsőérték analízisre (gyakoriság, visszatérési periódus vizsgálat) a gyakorlati életben, például a tervezési folyamatokban is nagy szükség van.

A 20-21. oldalon található térképen Magyarország időjárási rekordjait mutatjuk be az OMSz és elődeinek adatai alapján. A szélsőségek válogatása a mérések kezdete óta tart, az értékeket többszörösen ellenőriztük. Ennek ellenére előfordulhat, hogy a bemutatottnál szélsőségebb értékek is bekövetkeztek, különösen a XX. század első felében, amely időszakról túlnyomó részben csak kéziratos formában vannak adataink. Az adatfeldolgozás a 2007. év végi állapotot tükrözi. A közölt sokéves átlagok az 1971–2000-es időszakhoz tartoznak, a hőmérséklet esetén 57, a csapadék esetén 800 állomás adatainak feldolgozásából származnak.

Az alábbiakban néhány fontosabb szélsőségre hívjuk fel a figyelmet, és megemlítenek olyan értékeket is, melyek csak elenyésző mértékben maradtak el a térképen bemutatott rekordoktól.

Az egyik legtöbbször kért rekord az abszolút maximumhőmérséklet. Ez az érték 50 éven keresztül 41,3°C volt, amit 1950. július 5-én mértek Pécsen. A múlt század végéig fennállt ez a rekord, míg 2000. augusztus 21-én, Békéscsabán 0,4 fokkal magasabb hőmérsékletet nem mértek. Ennek az újabb, 41,7°C-os rekordértéknek az elfogadhatóságát sokáig vitatták, de 2007 nyarán a kérdés idejétműltá vált, hiszen július 20-án a hőmérő higanyszála Kecskeméten elérte, Kiskunhalason pedig, ahogy a térképen is látható, 2 tizeddel túlszárnyalta a korábbi maximumot.

Az éjszakai lehűlés mértékének csökkenését jelzi a napi minimumhőmérséklet magas értéke. Jelenlegi maximumát, 27,9°C-ot, az abszolút

maximummal egy napon, 2007. július 20-án mérték Pécsen, de azelőtt több mint 60 éven keresztül értéke 27,1°C volt, amit Szegeden, 1946. július 20-án regisztráltak.

Az abszolút minimumhőmérséklet görömbölytapolcai értéke régóta nem dőlt meg, de közel ilyen hideg volt például 1942. január 24-én Baján (-34,1°C) és 1929. február 11-én Kecskeméten is (-33,0°C). Nemcsak a múlt század első felében voltak nagy hidegek, a hazánkban uralkodó melegedő tendencia ellenére a Nógrád megyei Zabarón -31,9°C-ot regisztráltak a közelmúltban, 2003. január 12-én.

Magyarországon a XX. század eleje óta eltelt időszak leghidegebb éve (elsősorban a hideg tél miatt) országos átlagban 1940 volt. A legalacsonyabb évi középhőmérsékletet mégsem ebben az évben, hanem 1980-ban tapasztalták Kékestetőn (bár az 1940-es érték csak 0,1 °C-kal magasabb). Ha csak az alacsony, 300 m alatt fekvő állomásokat vesszük figyelembe, a legalacsonyabb érték az 1940-es évből származik (6,7 °C, Parád-fürdő), ami utal arra is, hogy ebben az évben az ország egészére, míg 1980-ban csak kisebb területen volt jellemző a hideg időjárás.

Szegeden, a napfény városában regisztrálták az eddigi leghosszabb borús időszakot, 1978. október végével kezdődően több mint egy hónapig nem sütött ki a nap.

Mind a sok, mind pedig a kevés csapadék nagy károkat okozhat, sőt katasztrófához vezethet, gondoljunk az özönvízszerű esőzésekre vagy a hosszantartó aszályos időszakokra.

Az 1 nap alatt lehullott csapadék mennyisége Magyarország bármely területén meghaladhatja a 100 mm-t. A 150 mm fölötti értékek már ritkán fordulnak elő, 200 mm-nél nagyobb értékeket pedig csak rendkívüli esetben mérnek. Ilyen helyzet volt 1963. szeptember 8-án, Pest megyében. Gyömrőn ezen a napon 203 mm-t mértek, ami több, mint 2 havi átlagos

csapadékösszegnek felel meg, s azóta is a legmagasabb mért napi csapadékösszeg. A környék több más településén is 150 mm fölötti értékeket regisztráltak. Még ennél is több eső hullott 1953. június 9-én, Dadon, viszont ebben az esetben becslésekre kell hagyatkoznunk, mivel a csapadékmérő megtelt, így pontosan mért adat nem áll rendelkezésünkre. Az elmúlt tíz évben is voltak 150 mm-t meghaladó napi összegek, például 2003. július 29-én a Mátra térségében, 1999. július 10-én pedig Heves megye délebbi részein.

Az Alpokalja abszolút és átlagos csapadék szélsőséggel is képviselteti magát a rekordok sorában. Egy év alatt 1510 mm csapadék hullott le Kőszeg-Stájerházak állomáson. A legnagyobb sokévi átlag is Kőszeghez köthető, értéke 803 mm. A havi extrémumok tekintetében egy másik hegyvidékünk tűnik ki, Dobogókőn az 1958-as év júniusa rendkívül bő csapadéku volt, 444 mm-es havi értékkel élen jár a havi

csapadékösszegek sorában. Szárazságra utaló szélsőségek a várakozásoknak megfelelően az Alföldön léptek fel. Szegeden például 2000-ben egy év alatt annyi csapadék hullott összesen, mint az eddigi egy nap alatt mért maximális csapadék mennyisége.

A relatív nedvesség minimumát Kékestetőn érte el (3%). Bár ez az érték a műszerek méréshatárának alsó szélén van, három különböző módszerrel végzett mérés is hasonló eredményt adott. Kékestetőn egyébként többször előfordult 10 % alatti relatív nedvesség érték a téli félévben. Ez feltehetőleg annak tulajdonítható, hogy az északi áramlás következtében a Tatra lee oldalán főn jellegű jelenség játszódik le.

A széllelőkesek mért maximuma 44,5 m/s, amit majdnem elér a Szegeden, 1993. június 12-én mért, 44,3 m/s-os érték. Értékelésükhöz nem árt tudni, hogy a Fuess-féle szélmérő mérési határának szélén vannak, tehát akár magasabbak is

lehetnek. Hazánkban többször is előfordult tornádó, amely haladási sebessége ugyan nem jelentős, de benne a forgási sebesség nagyon nagy értékeket is felvehet. Ezen légköri jelenségek azonban kis kiterjedésűek, így ritkán fordul elő, hogy sebességüket közvetlenül mérni tudjuk. Általában erre az okozott károk alapján csak következtetni tudunk. Az egyik legjelentősebb megfigyelt tornádó Bia és Vác között pusztított 1924. június 13-án. Élettartama mindössze 6 perc volt, de ezalatt 5 ember életét követelte, 61 embert megsebesített, és 6 millió aranykorona kárt okozott.

Az itt bemutatott időjárási rekordok mellett természetesen még számos más meteorológiai elem, és az azokból származtatott mennyiségek szélsőségeit is fel lehetne sorolni. A körütekintő válogatás ellenére az is előfordulhat, hogy nem sikerült feltárunk minden kiugró értéket.

**Bihari Zita, Lakatos Mónika,
Németh Ákos, Szalai Sándor**

METEOROLÓGIAI VILÁG ÉS KONTINENS REKORDOK

A Léggör 2006/2. számában jelent meg, hogy Réunion szigetén megdőlt néhány csapadék világcsúcs idén februárban. Elhatároztuk, hogy összegyűjtjük a meteorológiai világcsúcsokat és kontinens rekordokat, valamint néhány meteorológiai érdekességet. Kutatásaink során az adatokat igyekeztünk többszörösen is ellenőrizni. Ahol lehetett az adott ország meteorológiai szolgálatához fordultunk, de levelünkre sajnos nem mindig kaptunk választ. Ha így nem sikerült az adatot ellenőrizni, akkor az adott ország valamelyik meteorológusa által írt cikkben próbáltunk az adat nyomára bukkanni, ha ez sem járt eredménnyel, akkor kénytelenek voltunk más ország meteorológiai szolgálatának az adatait felhasználni. Mivel az Oroszországgal/Szovjetunióval kapcsolatos rekordok között nagyon sok volt a kérdéses adat, ezért megpróbáltunk kapcsolatba lépni az Orosz Hidrometeorológiai Szolgálattal, de levelünkre eddig sajnos nem kaptunk választ.

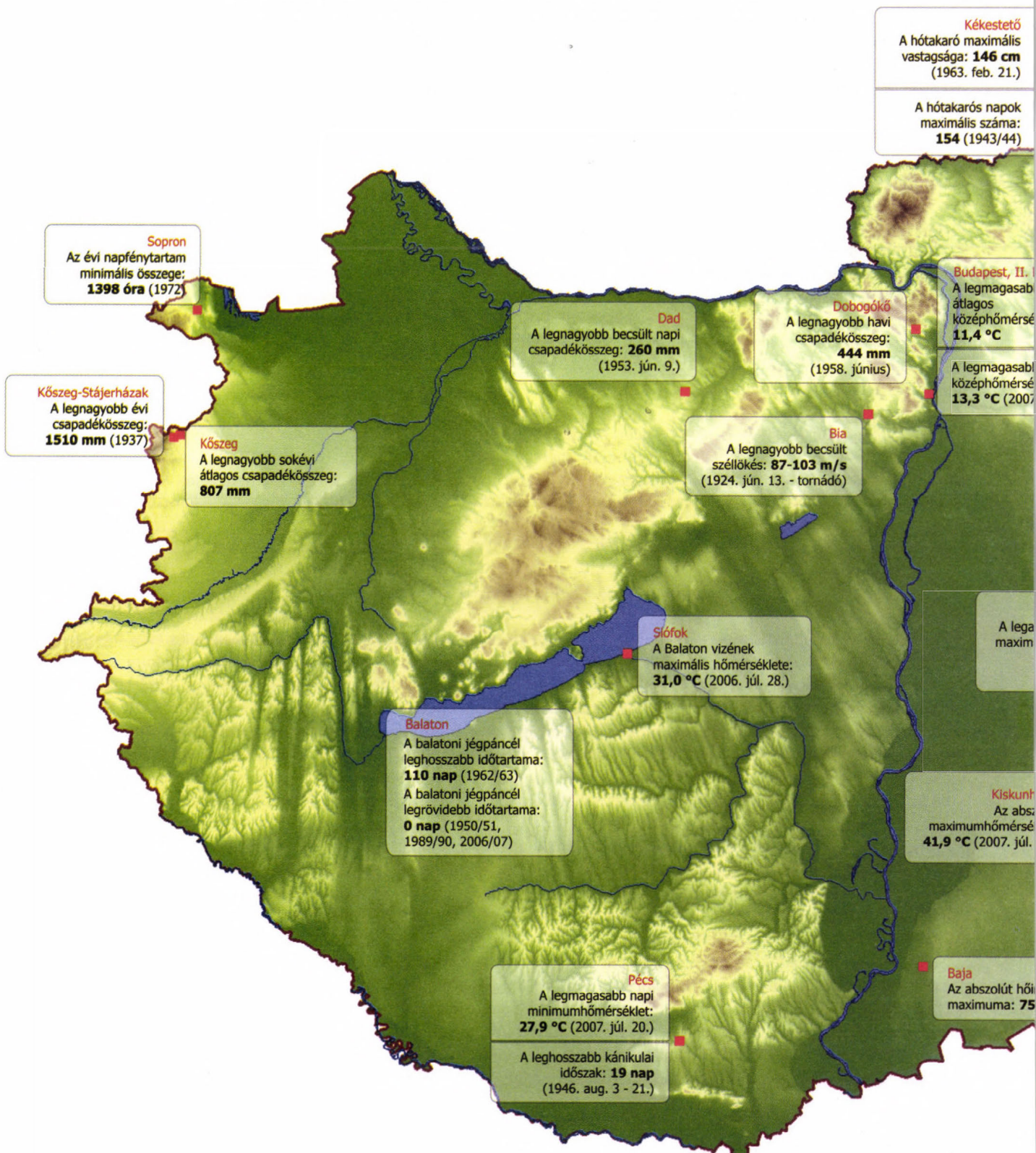
A meteorológiai rekordok között néhány hihetlent is találtunk, köztük olyanokat is, amelyek szerepeltek valamely szolgálat honlapján, de ezeket a felsorolásban nem szerepeltetjük, csak itt ejtünk róluk néhány szót. Ilyen rekord például a legnagyobb jégeső szemcse, amelynek a súlya állítólag 15 kg volt, és 1995. április 3-án esett Kína Guangdong tartományában. Ehhez hasonlóan nehezen hihető, hogy 1887. január 28-án Fort Keough-ban (USA - Montana) 38 cm, vagy 1971 telén Bratszkban (Oroszország) 30,5 cm átmérőjű hópehely hullott volna.

Szintén komoly gondok adódtak az európai hőmérsékleti rekordoknál is. Az abszolút maximum hőmérséklet a legtöbb meteorológiai honlapon a spanyolországi Sevilla városához kapcsolódik (+51 °C - 1876. július 30, illetve +50 °C - 1881 augusztus 4.), de ezt a spanyolok nem tekintik hivatalosnak, mert a mérés helye meteorológiailag nem volt megfelelő. Bár a spanyol meteorológusok szerint a Guadalquivir folyó völgyében (Sevilla is itt található) előfordulhat 50 fok körüli hőség, de hivatalos mérés ezt még nem erősítette meg.

Az európai abszolút minimumot minden szolgálat szerint az oroszországi Uszty Sugorban mérték, de a rekord ideje és a hozzá tartozó időpont különbözik.

Az amerikai kontinens adatait Dél- és Észak-Amerikára bontottuk, és Észak-Amerikánál a grönlandi és a kontinensen mért rekordokat is feltüntetjük.

Időjárási rekordok Magyarországon



legalacsonyabb relatív
nedvesség:
3% (1994. dec. 2.)

ködös napok maximális
évi száma: **221** (1970)

A legalacsonyabb
évi középhőmérséklet:
4,2 °C (1980.)

A legalacsonyabb
sokévi átlagos
éphőmérséklet: **5,7 °C**

Borsodnádásd

A legalacsonyabb átlagos évi
középhőmérséklet 300m
alatt: **8,2 °C** (1971-2000.)

Miskolc - Görömbölytapolca

Az abszolút
minimumhőmérséklet:
-35,0 °C (1940. feb. 16.)

Csenger

A legtöbb évi
csapadékos nap:
206 (1970)

Parádfürdő

A legalacsonyabb évi
középhőmérséklet 300m
alatt: **6,7 °C** (1940.)

Balmazújváros

A legkevesebb évi
csapadékos nap:
49 (1983)

Heves

A legnagyobb 60 perces
csapadékösszeg:
120 mm (1988. aug. 23.)

Yömrő
A legnagyobb mért napi
csapadékösszeg:
103 mm (1963. szept. 8.)

Ecskemét

A legkisebb napi
hőmérséklet:
-23,0 °C
(jan. 24.)

Szarvas

A legnagyobb regisztrált
szélőrkés:
44,5 m/s
(1988. aug. 3.)

Békésszentandrás

A legkisebb sokévi
átlagos csapadékösszeg:
450 mm

Békéscsaba

Az évi napfénytartam
maximális összege:
2501 óra (2003)

Szeged

A leghosszabb napsütés
nélküli időszak: **35 nap**
(1978. okt. 31. - dec. 4.)

A legkisebb évi
csapadékösszeg:
203 mm (2000)

A legmagasabb napi
minimumhőmérséklet
300m alatt:
27,1 °C (1946. júl. 20.)

A csapadék rekordoknál majdnem minden rekord az indiai Cherrapunji városához, illetve az Indiai-óceánban fekvő Réunion szigetéhez kapcsolódik, ezért külön feltüntetjük azokat a rekordokat, amelyek a Nyugati- vagy az Északi-féltékéhez kapcsolódnak, és nem szerepelnek a világrekordok között. Mivel a rekordok gyakran trópusi ciklonhoz kapcsolódnak, ezért a ciklonok nevét is odaírtuk.

Végezetül felsorolunk néhány honlapot, ahol érdekes meteorológiai adatok, rekordok találhatók:

www.ncdc.noaa.gov
www.cherrapunjee.com
www.statcan.ca
http://hypertextbook.com/facts/2000/MichaelLevin.shtml
www.wettergefahren-fruehwarnung.de/Artikel
www.meteo-net.it/statistiche/estremi.aspx
www.keno.org
www.worldclimate.com
www.bom.gov.au

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_weather_records
www.angelfire.com
www.infoplease.com
www.airninja.com/articles
www.city-data.com/forum/weather
www.inm.es
http://wmo.asu.edu
www.meteochile.cl

Jelmagyarázat

Vastag (félkövér) betűvel írt adat - Az adott ország meteorológiai (hidrometeorológiai, katonai meteorológiai, stb.) szolgálatától származik az adat, vagy az adott ország meteorológusa írta le tudományos folyóiratban, vagy fényképpel van dokumentálva (pl. jégeső). Az adat közel 100%-os megbízhatóságú.

Normális vastagságú betűvel írt adat - Az adat más ország meteorológiai szolgálatától származik, vagy az adott ország meteorológiai szolgálatát felügyelő minisztérium (vízügyi, környezetvédelmi, turisztikai, honvédelmi, stb.) adta ki, vagy az Encyclopedia of Climate and Weather című kiadványból vettük ki. Az adat nagy megbízhatóságú, de nem 100 százalékos biztos.

Dőlt betűvel írt adat - Az adat forrása nem meteorológiával foglalkozó újság, weblap, stb., vagy az adatot az adott ország meteorológiai szolgálata kérdésesnek minősítette. Az adat megbízhatósága kérdéses.

Azokat a neveket, amelyek szerepeltek a Világtalaszban, az ott megtalálható formában írtuk le. Ha nem szerepeltek, akkor a következő módszert alkalmaztuk:

A szláv vagy arab neveket a magyar kiejtés szerint írtuk át.

Az angol neveknél az ismert, gyakori szavakat (fok, sziget, stb.) magyarra fordítottuk, de a nevet változatlanul hagytuk.

A spanyol, francia, német neveknél az eredeti írásmódot hagytuk meg.

Az egyéb nyelveknél (kínai, hindi, stb.) az angol átírást használtuk.

Amennyiben az adott ország többnyelvű, és az adott településnek van másik nyelvű neve is (Ausztrália, Kanada, Guadeloupe, stb.), akkor mind a két nevet feltüntetjük, de elsőnek az angol nyelvű nevet.

Egyes adatoknál (hőmérséklet, csapadék, stb.) az egymás közelében lévő, különböző országokból vagy évekből származó adatokat is feltüntetjük, hiszen pl. a csapadék átlagnál sok függ attól, hogy hány év adatából lett kiszámolva.

Az észlelt abszolút maximum- és minimumhőmérsékletek

Kontinens	Hőmérséklet (°C)	Helység	Ország/Tartomány	Tf. Magasság (m)	Dátum
Világ	58,0 -89,2	El Azizia Vosztok állomás	Líbia Antarktisz/Wilkes-föld	112 3412	1922. IX. 13. 1983. VII. 21.
Európa	48,8 48,5 47,8 -58,1 -55,0	Sevilla - Cazalla Catenanuova Murcia - Instituto Uszty Sugor Uszty Sugor	Spanyolország Olaszország/Szicília Spanyolország Oroszország Oroszország	170 46 85 85	1926. VIII. 30. 1999. VIII. 20. 1876. VII. 29. 1978. XII. 31. 1956. II. 11.
Ázsia	53,9 -71,2* -67,8* -67,8*	Tirat Tsvi (Tirat Zevi) Ojmjakon Ojmjakon Verhojansk	Izrael Oroszország/Jakutföld Oroszország/Jakutföld Oroszország	-220 798 798 106	1942. VI. 22. 1926. I. 27. 1933. II. 6. 1892. II. 5. és 7.
Afrika	58,0 -23,9	El Azizia Ifrane	Líbia Marokkó	112 1631	1922. IX. 13. 1935. II. 11.
Észak-Amerika	56,7** 53,9 -66,1 -63,0 -62,1	Greenland Ranch - Death Valley Furnace Creek Ranch - Death Valley Northice Snag Prospect Creek Camp	USA, Kalifornia USA, Kalifornia Grönland Kanada, Yukon USA, Alaszka	-54 -54 2338 645	1913. VII. 10. 1998. VII. 17. 1954. I. 9. 1947. II. 3. 1971. I. 23.

Kontinens	Hőmérséklet (°C)	Helység	Ország/Tartomány	Tf. Magasság (m)	Dátum
Dél-Amerika	49,1	Villa de María	Argentína, Córdoba	206	1920. I. 02.
	48,9	Rivadavia	Argentína		1905. XII. 11.
	-39,0	Valle de los Patos Superior	Argentína, San Juan	267	1972. VII. 17.
	-32,8	Sarmiento	Argentína, Chubut		1907. VI. 1.
Ausztrália	53,1***	Cloncurry	Queensland	189	1889. I. 16.
	50,7	Oodnatta	Dél-Ausztrália	117	1960. I. 2.
	-23,0	Charlotte's Pass	Új-Dél-Wales	1755	1994. VI. 29.
Óceánia	42,2	Tuguegarao	Fülöp-szigetek	206	1912. IV. 29.
	-14,1	Mauna Kea	USA, Hawaii	4188	1979. V. 17.
Antarktis	15,0	Vanda állomás	Scott-part	15	1974. I. 5.
	89,2	Vosztok állomás		3412	1983. VII. 21.

* – A -71,2 fok extrapolált hőmérséklet, a többi közelítő érték, mert a használt hőmérők a nagy hidegben nem mértek pontosan.

** – A hőmérő valószínűleg 1,2 m magasán volt, nem a ma használatos 2 m-es magasságon.

*** – A szabványtól eltérő hőmérővel mérték, így az ausztrálok nem fogadják el, de sok ország honlapján szerepel.

Csapadék világrekordok:

Időtartam	mm	Helység	Ország/Tartomány	Dátum	Trópusi ciklon neve
1 perc	38.1	Barst (Basse Terre)	Guadeloupe	1970. XI. 26.	
	31.2	Unionville	USA, Maryland	1956. VII. 4.	
15 perc	198	PlumbPoint	Jamaica	1916. V. 12.	
20 perc	205.7	Curtea de Arges	Románia	1889. VII. 7.	
42 perc	304.8	Holt	USA, Montana	1947. VI. 22.	
1 óra	401	Shangdi	Kína	1975. VII. 3.	
6 óra	840	Mudocaidoang	Kína, Belső-Mongólia	1977. VIII. 1.	
12 óra	1144	Foc-Foc	La Réunion	1966. I. 7-8.	Denise
24 óra	1825	Foc-Foc	La Réunion	1966. I. 7-8.	Denise
48 óra	2466	Aurère	La Réunion	1958. IV. 8-10.	Név nélküli ciklon
72 óra	3929	Commerson	La Réunion	2007. II. 24-27.	Gamède
96 óra	4869	Commerson	La Réunion	2007. II. 24-28.	Gamède
7 nap	5003	Commerson	La Réunion	1980. I. 21-27.	Hyacinthe
10 nap	5678	Commerson	La Réunion	1980. I. 18-27.	Hyacinthe
15 nap	6083	Commerson	La Réunion	1980. I. 14-28.	Hyacinthe
1 hónap	9300	Cherrapunji	India, Meghalaya	1861. VII. 1-31.	
2 hónap	12767	Cherrapunji	India, Meghalaya	1861. VI. 1. - VIII. 31.	
3 hónap	16369	Cherrapunji	India, Meghalaya	1861. V. 1. - VIII. 31.	
6 hónap	22454	Cherrapunji	India, Meghalaya	1861. IV. 1. - IX. 30.	
1 év	26461	Cherrapunji	India, Meghalaya	1860. VIII. 1. - 1861. VII. 31.	
1 naptári év	24555	Cherrapunji	India, Meghalaya	1974. I. 1. - 1974. XII. 31.	
2 év	40768	Cherrapunji	India, Meghalaya	1860. I. 1. - 1861. XII. 31.	

Csapadék félteke rekordok, amelyek a világrekordok között nem szerepelnek:

Időtartam	mm	Félteke	Hely	Ország/Tartomány	Dátum	Trópusi ciklon neve
1 óra	305	Nyugati-félteke	Holt	USA, Montana	1947. VI. 22.	
	305		Kilauea Sugar Plantation	USA, Hawaii	1956. I. 24-25.	
24 óra	1634	Északi-félteke/Nyugati-félteke	Isla Mujeres	Mexikó, Quintana Roo	2005. X. 21-22.	Wilma
	1563	Északi-félteke	Cherrapunji	India, Meghalaya	1995. VI. 16.	Gloria
	1250	Északi-félteke	Paishih	Tajvan	1963. IX. 10-11.	
42 óra	1746	Északi-félteke/Nyugati félteke	Isla Mujeres	Mexikó, Quintana Roo	2005. X. 20-22.	Wilma
96 óra	3721	Északi-félteke	Cherrapunji	India, Meghalaya	1974. IX. 12-15.	

Az átlagos évi csapadékmennyiség maximuma és minimuma, valamint az, hogy mely évek/hány év adataiból lett átlagolva

Kontinens	Csapadék (mm)	Helység	Ország / Tartomány	Tf. Magasság (m)	Évek száma / periódus
Világ	13299* 12029 11873 0,5	Lloro Cherrapunji Mawsynram Arica (San Marcos de Arica)	Kolumbia India, Meghalaya India, Meghalaya Chile	158 1431 1398 29	29 1973-2005 1941-79 1964-2001
Európa	4648 162,5	Crkvice Asztrahány	Crna Gora (Montenegro) Oroszország	1015 14	22 25
Ázsia	12029 11873 11565/11314 45,7	Cherrapunji Mawsynram Cherrapunji Aden	India, Meghalaya India, Meghalaya India, Meghalaya Jemen	1431 1398 1431 7	1973-2005 1941-79 1931-1960/1851-1960 50
Afrika	10450 10287 0,7 <2,0	Ureca Debundscha Dakhla oázis Haifa vádi (Wadi Halfa)	Egyenlítői-Guinea, Bioko Kamerun Egyiptom Szudán	9 111 183	32 1932-1985
Észak-Amerika	6655 30,4	Henderson Lake Batagues	Kanada, Brit-Kolumbia Mexikó	35 5	14
Dél-Amerika	13299* 11770 8970 0,5 0,5 0,6	Lloro Tutunendo Quibdo Arica (San Marcos de Arica) Quillagua Iquique	Kolumbia Kolumbia Kolumbia Chile Chile Chile	158 36	29 16 1964-2001
Ausztrália	8312 105	Bellenden Ker Mulka (Troudianinna)	Ausztrália, Queensland Ausztrália, Dél-Ausztrália	1555 14	34 42
Óceánia	11685 226	Mt. Wai'ale'ale Puake	USA, Hawaii, Kauai-sz. USA, Hawaii	1566 2	1931-62 13
Antarktis	nincs adat 20,2	Amundsen-Scott állomás	Déli-sark	2793	10

* – Becsült csapadékmennyiség

Egyéb meteorológiai világrekordok

Hőmérséklettel kapcsolatos rekordok

Legalacsonyabb évi középhőmérséklet:	-56,6 °C,	Plateau állomás – Antarktis – Reine Maud-föld (79°15'S, 40°30'E)
Legalacsonyabb havi középhőmérséklet:	-73,2 °C,	Plateau állomás – Antarktis – Reine Maud-föld – 1968. július
Legmagasabb évi középhőmérséklet:	+34,4 °C,	Dallol – Etiópia – 1960-1966
Legmagasabb felszínhőmérséklet:	+93,9 °C,	Furnace Creek Ranch – Death Valley – USA – California – 1972 július 15.
Legnagyobb hőingás (absz. min./absz.max.)	104,5/106,4 °C	(-67,8/36,7/-69,8/36,6) Verhojanszk – Oroszország – Jakutföld
Legkisebb hőingás (absz. min./absz.max.)	11,5 °C, (31,4/19,9)	– Saipan – Mariana-szk. – Csendes-óceán
Leghosszabb forró időszak:	161 egymást követő napon volt a hőmérsékleti maximum 37,8 °C (100 °F) felett Marble Bar – Ausztrália – 1923. október 30. – 1924. április 7.	
Legnagyobb hőmérséklet emelkedés:	27,2 °C, 2 perc alatt (-20/7,2)	– Spearfish – USA – Dél-Dakota – 1943. I. 22.
Legnagyobb hőmérséklet csökkenés:	33,3 °C, 27 perc alatt (13,3/-20)	– Spearfish – USA – Dél-Dakota – 1943. I. 22.

Az ablakok megrepedtek a nagy hőingástól, amelyet ugyanazon a reggelen okozott a "chinook" nevű szél.

Legnagyobb hőmérséklet csökkenés:	26 °C, 15 perc alatt	– Rapid City – USA – Dél-Dakota – 1911. I. 10.
Legnagyobb hőmérséklet emelkedés 1 nap alatt:	57,2 °C (-47,8/9,4)	– Loma – USA – Montana – 1972. I. 14-15.
Legnagyobb hőmérséklet csökkenés 1 nap alatt:	55,6 °C (6,7/-48,9)	– Browning – USA – Montana – 1916. I. 24.
Legnagyobb hőingás (min/max) egy adott napon:	41,7 °C (-11,1/30,6)	– Deeth – USA – Nevada – 1954. IX. 21.

Csapadékkal kapcsolatos rekordok

Leghosszabb csapadék nélküli időszak:	19 év	Vádi Haifa (Wadi Halfa) – Szudán
	14 év	San Marcos de Arica (Arica) – Chile – 1903. X. - 1918. I.
Átlagosan legtöbb csapadékos nap egy évben:	335 nap	Mt. Wai'ale'ale' – USA – Hawaii – Kauai-sziget
	325 nap	Bahia Félix – Chile

Legnagyobb jégeső szemcse: átmérő: 17,8 cm, terület: 47,6 cm – Aurora – USA – Nebraska – 2003. VI. 22.
Súly: 1,02 kg – Gopalganj – Banglades – 1986. IV. 14.

Legtöbb hó egy év alatt:	31,1 m	– Mt. Rainier – USA – 1971. II. 19. – 1972. II. 18.
Legtöbb hó egy szezonban: (Július 1 - Június 30.):	28,96 m	– Mt. Baker – USA – Washington – 1998-1999.
Legtöbb hó egy hónapban:	991 cm	– Tamarack – USA – Kalifornia – 1911. január
Legtöbb hó egy hóviharból:	480 cm	– Mt. Shasta – USA – Kalifornia – 1959. II. 13-19.
Legtöbb hó egy nap alatt:	192,5 cm	– Silver Lake – USA – Colorado – 1921. IV. 14-15.

Szélhez kapcsolódó rekordok:

Legerősebb széllokés: 484±32 km/h – 3 másodperces lökés – Oklahoma City (USA – Oklahoma) közelében, egy tornádó tölsérésében mérte egy DOW (Doppler On Wheels) doppler radar – 1999. V. 3.

Legerősebb anemométerrel mért lökés: 103,3 m/s (372 km/h) – Mt. Washington – USA – New Hampshire – 1934. IV. 12.

Legerősebb éves átlagos szélsébség: 22,4 m/s (80,6 km/h) – Denison-fok (Cape Denison) – Antarktisz – 1995. I. 1.– 1995. XII. 31.
 19 m/s (68,4 km/h) – Denison-fok (Cape Denison) – Antarktisz – 1912. II.-1914. X.
 17,9 m/s (64,4 km/h) – Port Martin – Antarktisz – Adélie-föld

Legerősebb havi átlagos szélsébség: 29,1 m/s (104,8 km/h) – Port Martin – Antarktisz – Adélie-föld – 1954. III. 1-31.

Legerősebb napi átlagos szélsébség: 48,3 m/s (174 km/h) – Port Martin – Antarktisz – Adélie-föld

Légnyomással kapcsolatos rekordok:

Legalacsonyabb tengerszinti légnyomások:

850 hPa – Egy tornádó tölsérésében – Manchester közelében – USA – Dél-Dakota – 2003. VI. 24.

870 hPa – A Tip szupertájfún szeme a Csendes-óceánon – 1979. X. 12. (16°44'N, 137°46'E)

882 hPa – A Wilma hurrikán szeme Honduras és a Kajmán-szigetek között – 2005. X. 19.

892.3 hPa – Craig Key (Matecumba Key) – USA – Florida – A "Labor Day" hurrikánban – 1935. IX. 2.
 – Szárazföldön eddig mért legalacsonyabb légnyomás (kivéve tornádó).

A legmagasabb tengerszinti légnyomások:

1085.6 hPa – Tosontsegel – Mongólia – Khövsgöl – 2001. XII. 19.

1083.3 hPa – Agata – Szovjetunió/Oroszország – 1968. XII. 31.

Villámlással, zivatarral kapcsolatos rekordok:

A leghosszabb villámcsapás: 190 km – 2001. X. 13.

Legtöbb villámcsapás évente: 70/km² – Kongói Köztársaság

Legtöbb zivataros nap évente: 322 – Bogor – Indonézia – Jáva – 1916/1920

Fövényi Attila

Új könyv ✎ Új könyv ✎ Új könyv

Tasnádi Péter és Weidinger Tamás szerkesztésében, az ELTE Eötvös Kiadó gondozásában megjelent a

Klasszikus dinamikus meteorológiai példatár

I. kötete. A közel 400 oldalas mű nem csak példákat és megoldásokat tartalmaz, hanem minden fejezet bevezetője rövid elméleti útmutatással segíti az olvasót. A szerkesztők mellett Bordás Árpád, Geresdi István, Gyuró György és Horváth Ákos vettek részt a gazdag példatár írásában.

CZELNAI RUDOLF 75 ÉVES

Az Országos Meteorológiai Szolgálat május 3-án ünnepli a születésnapját. Czelnai Rudolf is. Van abban valami sorsszerűség, hogy a magyar meteorológia történetében legnagyobb karriert befutott meteorológus, az intézmény egyik legnagyobb fia, s az intézmény, amely oly sokat köszönhet neki, egy napon születtek. Illő, hogy kiemelt évfordulóján ünnepséggel köszöntsük. Hetvenöt év, egynegyed híján egy évszázad! Csodálatos lett volna, ha az intézetet és híres elnökét egy napon köszöntöttük volna, de a mindennapok forgatagában, – valljuk be férfiasan – csak a tárgynapot megelőzően jutott eszünkbe, hogy ma nemcsak saját magunkat kell(ene) ünnepelni. A születésnap, nemcsak ünneplés, hanem megmérettetés. Alkalom arra, hogy elgondolkozzunk viselt dolgainkon. A szakma nagy öregjének ünneplése mindannyiunk közös megmérettetése. Hajlamosak vagyunk arra, hogy csak örüljünk annak, hogy valaki közülünk idősebb lett, pedig mi felettünk is elszállt egy-két év, évtized. Az emberi idő nem körben forog, hanem egyenes vonalban fut előre. Ez az oka, hogy az ember nem lehet maradéktalanul boldog, mert a boldogság az ismétlődés utáni vágy. Amikor megünnepeljük a születésnapot, az idő egyenes előrefutását szeretnénk egy pillanatra megállítani, s maradéktalanul boldog lenni legalább addig, amíg a születésnap tart. Ezért ilyenkor csak a szépre, a jóra emlékezünk. A szakember jubileumán a szakmai sikerekre. Csokorba fogjuk az ünnepelt eredményeit, s hozzáillesztjük a magunkét. Ő letett valamit az asztalra. Adott nekünk egyet s mást. El kell gondolkoznunk azon, hogy abból, amit kaptunk tőle, mennyit használtunk fel, s mi, a szakma, a kollégák mit adtunk neki, a szakmának, az intézménynek. Az nem kérdés, hogy Czelnai Rudolf a rábízott talentumokkal jól bánt. S mi jól bántunk a ránk bízottakkal? A jubileumi ülés erről vagy csak erről szól? Ez a mostani ülés talán kicsit eltért a szokásos tudományos ülések megszokott gyakorlatától. Vagy mégse? Abban biztos, hogy alaposan megkésétt. A cikkíró és köszöntő akkor is kérte, most is kéri az ünnepelt bocsánatát. Az ilyenkor szokásos köszöntő szavak mellé azt el kellett mondanom, hogy rám milyen hatással volt

az oktató, pardon a címzetes egyetemi tanár, a tudós, akinek szakmai munkáját hasznosíthattam, s persze a hivatali vezető, akinek, sose gondoltam volna, hogy egyszer beülök a székébe. Se a szék, se az elnöki iroda nem az, ahova még, mint egyetemi hallgató szorongva, de némi büszkeséggel egyszer beléptem, hogy aláírassam az indexemet. Az ünnepi ülés záró előadásaként elhangzott összefoglalóban a tárgyyszerűség mellett ott volt a tanítvány csodálata, a tudós nyomdokaiban bukda-csoló szakember tisztelete és az intézetvezetés útvesztőiben időnként elvesző hivatali utód csodálata is.

Hosszas egyeztetések után végre felvirradt október 11-e. A Szolgálat díszterme zsúfolásig megtelt. Eljöttek nemcsak a szakma képviselői, hanem a társtudományok, s szép számmal az Akadémia X. és más osztályának tagjai is. Reméltük, hogy személyes köszöntésre a felügyelő minisztert, a Meteorológiai Világszervezet és a minisztérium képviselőit is sikerül megnyernünk. Ez a törekvés nem járt teljes sikerrel. Mind a felügyelő miniszter, *dr. Fodor Gábor*, mind a Meteorológiai Világszervezet főtitkára, *Michel Jarraud* személyre szóló levélben köszöntötte az ünnepeltet, amelyeket az utolsó előtti előadás után felolvastunk. Hat előadásra került sor, melyek közül három kimondottan tudományos jellegű, kettő szakmai összefoglaló, egy az előadóhoz fűződő személyes köszöntés volt. Befejezésül egy szakmai életrajzi összegzés hangzott el. Az elhangzott előadások:

Bozó László: Megnyitó

Mészáros Ernő: Óceánok-légkör kölcsönhatás: algák és éghajlat

Rácz Zoltán: Klíma régen és most: az írástudók felelőssége

Major György: Tudománymetria, folyóiratok

Weidinger Tamás: Felszín-légkör kölcsönhatások

Tóth Pál: Czelnai Rudolf, mint meteorológus szakos egyetemi hallgató, aki hadmérnök, mérnök, geológus, vagy polihistor is lehetett volna.

Dunkel Zoltán: Czelnai Rudolf az OMSZ 16. elnöke

A megjelentek szép számán való örömmünkbe azonban némi üröm is vegyült. Végignézeve az ünneplőkön, intézetünk fiatalabb munkatársai mintha alacsonyabb arányban lettek volna képviselve. Talán nekik a név már nem sokat mond, vagy úgy gondolják, hogy ez inkább az „öregek” belügye. Ha igen, helytelenül teszik. A jubileumi köszöntés példa, az ünnepelt példakép. A jubileumi köszöntés egy kicsit saját magunk dicsérete is. Lám, lám ilyen jók vagyunk, hogy közülünk is kinőhetnek ilyen nagyságok. Szeretnénk ilyenek lenni vagy csak sajnáljuk, hogy mi nem lehettünk ilyenek. Jó volna ilyen nagy és szép karriert befutni. Ez, valljuk be őszintén, nagyon keveseknek adatott meg. S mielőtt ünnepi hangulatunk kesernyésbe fordulna, nem szabad elfelejtenünk, hogy kell lenniük olyanoknak is, akik a járdán állnak, és tapsolnak. És most örömmel tapsolunk és mondjuk, Isten éltesen sokáig Rudi!

Dunkel Zoltán



A 80 éves Szász Gábor professzor köszöntése

A Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centrumának új konferenciatermében került sor 2007. október 16-án arra az ünnepségre, amelyen Szász Gábor professzor urat köszöntötték, aki szeptember 28-án ünnepelte 80. születésnapját.

Öt évvel korábban az Agrártudományi Centrum konferencia szervezésével köszöntötte az akkor 75 éves ünnepeltet. A közel száz fős közönség előtt elhangzott előadások anyaga külön kötetben is megjelent (Jávora A. szerkesztő, 2003). A mostani ünnepségre meghittebb és bensősebb hangulatban került sor. A konferenciateremben most csak egy-két fő képviselte azokat az intézményeket, ahol az ünnepelt tevékenykedett, illetve azokat a szakterületeket és tudományágakat, ahol az ünnepelt – munkássága révén – beírta magát a történelem-könyvek lapjaira. Jelen voltak így az Agrártudományi Egyetem utódjának, a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrumának vezetői, a társegyetemek professzorai, az agrometeorológia, a növénytermesztés és az ökológiai vezető kutatói, valamint az Országos Meteorológiai Szolgálat és a Magyar Mete-

orológiai Társaság vezető tisztviselői. A mintegy 40 fős rendezvénytermet így is megtöltötték az ünneplők.

A rendezvényen három tudományos előadás hangzott el. Major György akadémikus a környezeti előrejelzésekről beszélt, Búvár Géza, a nádudvari Kukorica és Iparnövény Termelési Egyesülés (KITE Zrt.) vezérigazgatója a szántóföldi öntözéssel szembeni mai követelményeket mutatta be, Antal Emánuel, az OMSZ ny. elnöke pedig összefoglalta, hogyan járulnak hozzá az agrometeorológiai kutatások eredményei a modern növénytermesztés fejlesztéséhez. Az előadások után előbb Nagy János prorektor, centrumelnök köszöntötte az ünnepeltet, majd tanítványok és munkatársak követték egymást. Köszöntőt mondott az előadókon kívül többek között Cselőtei László akadémikus, a gödöllői Szent István Egyetem emeritus professzora, Tar Károly, a Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszékének vezetője és Dunkel Zoltán, az OMSZ elnöke. Régi emlékeket idézett fel köszöntőjében Berényi Dénes akadémikus, a debreceni Atommagkutató Intézet emeritus professzora, aki gyermekfajjal

féltékenyen figyelte, hogyan egyengette édesapja, a Meteorológiai Tanszék vezetője a két fiatal aspiráns, Justyák János és Szász Gábor életútját. A Magyar Meteorológiai Társaság nevében Major György elnök, Ambrózy Pál társelnök, Pusztainé Holczer Magdolna ügyvezető titkár és Gyuró György főtitkár adtak át jelképes születésnapi ajándékot az ünnepeltnek, aki hosszú évekig volt az MMT elnöke, a 2006-os tisztújító közgyűlés óta pedig tiszteletbeli elnök.

Szerkesztőségünk nevében is további jó egészséget és sikereket kívánunk! (A Légkör szerkesztősége nyugalományaiba vonulásának évében interjút készített Szász Gáborral /Ambrózy, 1997/.)

Hivatkozások:

Ambrózy P., 1997: Interjú dr. Szász Gábor egyetemi tanárral. *Légkör* XLII. évf. 3. sz. 2-8. old.
Jávora A. (szerkesztő), 2003: A „Légkör - növény - talaj rendszer” tudományos ülés. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 128 old.

Gyuró György



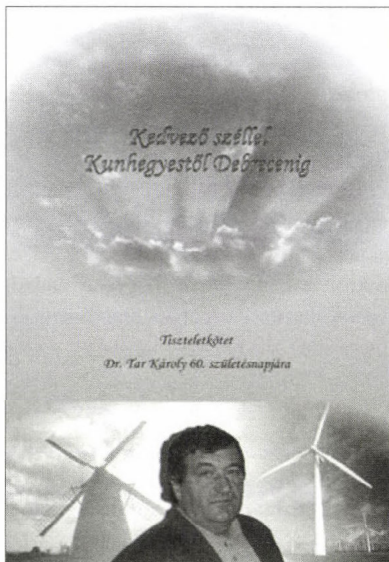
(Gerő Tamás felvétele)

A köszöntő napjára egy 90 oldalas kiadvány jelent meg a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centruma kiadásában „Természeti energiák használata és szolgáltatása a társadalomnak” címmel, melyben az elhangzott előadások szövege, az ünnepelt életrajza és számos fénykép található.

Dr. Tar Károly 60 éves

Dr. Tar Károly Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszékének vezetője, a DE Földtudományi Intézetének igazgatója 2007. október 27.-én töltötte be 60. életévét. 2007 novemberében ünnepélyes keretek között köszöntötték ez alkalomból munkatársai, kollégái, barátai és tanítványai. A tiszteletére rendezett fogadásra az ország szinte minden részéről érkeztek vendégek. Szombathelyről Beregszászig, Soprontól Szegedig Debrecenbe látogatott sok kedves barát és pályatárs, hogy tiszteletüket tegyék az ünnepelt előtt. Számos köszöntő hangzott el, a legtöbb az Egyetem társnanszékei részéről. A Magyar Meteorológiai Társaság képviselőjében Ambrózy Pál kívánt erőt és jó egészséget munkájához.

A DE Meteorológiai Tanszék jelenlegi munkatársai (Dr. Szegedi Sándor, Bíróné Kircsi Andrea, Tóth Tamás, Rózsavölgyi Kornél, Bartók Blanka, Szilágyi Katalin, Szabóné Gécz



Mária és Szűcs Attila) egy tiszteletkövettel köszöntötték az ünnepeltet.

„Felítve a kötetet és egy pillantást vetve a szerzők névsorára, valamint a tanulmányok címeire láthatjuk, hogy a meteorológia-klimatológia mellett a

földtantól a természet és társadalom-földrajzon át a fizikáig a tudományok széles palettájáról kerülnek ki hazai és külföldi szerzőink munkái. (..) Az ünnepelt a szélenergia kutatásának egyik legnagyobb hazai szaktekinetlye, aki a szakmai mellett a meteorológia és a szélenergia iránt érdeklődő civil körökben is elismert. Minden fórumon, az ismeretterjesztő televíziós előadástól az Akadémián, vagy nemzetközi konferenciákon tartott tudományos előadásokig, következetesen képviseli a szélenergia hasznosítás ügyét. Mély szakmai elkötelezettsége és igényessége mellett közkedveltségét humorának, közvetlenségének is köszönheti. Még a legszárzabb levezetésekbe is képes némi tréfát csempészni.”- olvashatjuk a Szegedi Sándor által frott köszöntőben.

Bíróné Kircsi Andrea

I. Országos Középiskolai Földtudományi Diákkonferencia

Miskolc, 2007. november 9–10

Először került Miskolcon megrendezésre egy olyan diákkonferencia, amely kifejezetten a földtudományok iránt érdeklődő középiskolások számára nyújtott megemeltetési lehetőséget. A középiskolai tantervekben igen kevés idő és figyelem jut tisztán a földtudományi tudományterületeknek, az ásványtannak, őslénytannak, csillagászatnak, meteorológiának, geofizikának, illetve műszaki jellegű energetikai problémák tárgyalására. A Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának Földtan – Teleptan Tanszéke és a Magyarhoni Földtani Társulat Oktatási és Közművelődési Szakosztálya által 2007 novemberében rendezett esemény bizonyította, hogy ennek ellenére igen sok diák mutat érdeklődést ezen területek iránt.

Az első földtudományi diákkonferencián két nap alatt négy szekcióban összesen 49 előadás hangzott el a csillagászat, meteorológia, földtan, talajtan, geofizika, geomorfológia, vízföldtan, ásványtan, közettan, őslénytan, energiahordozók és környezetvédelem tématerületeiről. A szakmai zsűriük igen érdekes, látványos prezen-

tációkat láttak, ugyanakkor meglepően kíváncsi és felkészült előadókat hallgattak meg. Minden tématerület legjobbjait díjakat kaptak, továbbá számos különdíj is gazdára talált.

A meteorológia tématerületen 8 előadás hangzott el, témáját tekintve egyrészt népszerű területekről, a globális felmelegedésről (Andics Katalin), a magyarországi tornádókról (Major Enikő, Jónás Csaba), a klíma és az energia kapcsolatáról (Balassi Márton) szölktek. Másrészt pedig nagyon speciális területekről, a termiképződés és a vitorlázórepülés kapcsolatáról (Oláh Alexandra), légköroptikai jelenségekről (Lakatos Carmen) esett szó. A további előadások meteorológiai adatsorok elemzését választotta, így a Balogh Anna, Mester Orsolya páros kiskunhalasi téli hőmérsékleteket vizsgált, Nemes Ákos és Kovács Lóránt a pannonthalmi Várhegy időjárásával foglalkozott, míg Földes Bettina és Földes Krisztina Melykúton 2006 és 2007 nyarán mért a hőmérsékleti adataikat hasonlították össze.

A meteorológiai tématerület helyezettjei a következők:

1. Balassi Márton: Klíma és energia (Boronyay György Műszaki Középiskola és Gimnázium, Vác);
 2. Nemes Ákos, Kovács Lóránt: A pannonthalmi Vár-hegy időjárásának alakulása az elmúlt száz évben (Pannonthalmi Bencés Gimnázium és Kollégium, Pannonthalma);
 3. Földes Bettina, Földes Krisztina: Hőmérsékleti adatsorok összehasonlítása (Bibó István Gimnázium, Kiskunhalas).
- Tar Károly zsűri elnökötől minden előadó megkapta a Magyar Meteorológiai Társaság és az Országos Meteorológiai Szolgálat könyvcsomagját. A rendezőktől pedig minden résztvevő emléklapot és értékes könyveket vehettek át munkájuk jutalmául.

A diákkonferenciát a szervezők a 2008-ban is újra megrendezik, és reméljük a meteorológiai tématerület iránt jövőben is nagy lesz az érdeklődés. A rendezvény főszervezője Dr. Hartai Éva volt, a Miskolci Egyetem Földtan – Teleptan Tanszékének egyetemi docense.

Bíróné Kircsi Andrea

A 2007. ÉVI BALATONI ÉS VELENCEI-TAVI VIHARJELZÉSRŐL

Bevezetés

A viharjelzési szezon immáron harmadik éve a 40/2005-ös BM rendeletnek megfelelően április elsejétől október végéig tartott. A viharjelzések meteorológiai kiszolgálása nappal (08 órától 20 óráig) Siófokról, éjszaka (20 órától 08 óráig) Budapestről került ellátásra. A viharjelzésben legtöbb (37 éves!) tapasztalattal rendelkező kollégánk, *dr. Bartha Imre* obszervatórium vezető az idén nyugállományba vonult, így már csak 3 hónapban tudott részt venni az előrejelző – viharjelző szolgálatban. Ezúton is köszönjük több évtizedes lelkiismeretes munkáját.

A 2007-es idény időjárása változatos, és több vonatkozásban rekordot döntögető volt. 2007-ben megnőtt a zivatarok gyakorisága, a heves viharok (90 km/ó sebességet elérő vagy meghaladó szelek) előfordulása az 1990-től vezetett nyilvántartás szerint (10 tó körüli automata szélmérő adatai alapján) még nem volt ilyen magas. A július 16–22-i héten pedig olyan tartós kánikula alakult ki, ami igen ritka, sőt Siófokon még nem volt példa a mérések kezdete óta! A másodfokú viharjelzések fenntartási ideje a viharjelzési törzsidőszakban az átlagoshoz képest 18–22%-kal megnövekedett.

A Balaton iránt az üdülőközönség részéről ugyanakkor megnőtt az érdeklődés. A tó látogatottsága az év első hét hónapjában a kereskedelmi szálláshelyek foglaltsága alapján 10,9%-kal nőtt a tavalyi hasonló időszakhoz képest. Több figyelem irányult a balatoni viharjelzésekre is, és néhányan, – különösen a sportszerkolcsönzők és a horgászok – soknak és többször indokolatlannak találták a másodfokú viharjelzések fenntartását.

2007-ben a Balatoni Vízrendészeti Rendőrkapitányság tájékoztatása szerint április 1-től október 31-ig 16 (2006-ban tíz) fő fulladt a Balatonba. Ebben az évben 122 alkalommal 211

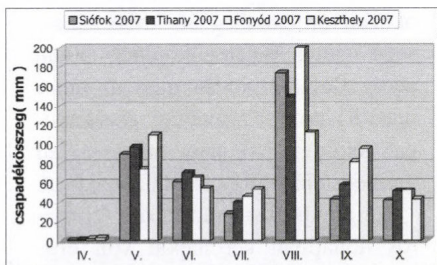
fürdőző, vagy hajózó személyt mentettek ki a vízből, ami szintén növekedést jelent a tavalyihoz képest. Szerencsére egyetlen olyan halálos kimenetelű vízi baleset sem történt, amely elmaradt, vagy kései viharjelzés következménye lett volna. 90 km/ó-t elérő, vagy meghaladó szélsébséget 13 (2006-ban 5) napon regisztrált a Balaton partján üzemelő 10 automata mérőműszer valamelyike. A Katasztrófavédelem fényjelző állomásai a Balaton nyugati medencéjében 2498, a keleti medencében 2372, a Velenceitónál 1887 órán át üzemeltek kisebb-nagyobb megszakításokkal.

A 2007. évi viharjelzési szezon időjárásának főbb jellemzői

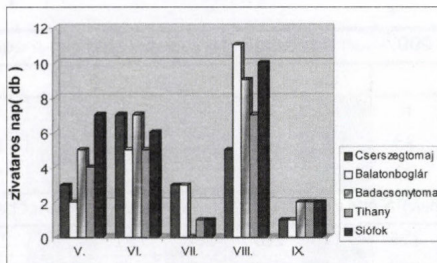
A 2007-es szezon tehát nagy viharok és zivatarokban is bővelkedett. A hét hónapra összesített csapadékmennyiség a térségben általában elérte, illetve meg is haladta a sokévi átlagot (Siófok, Keszthely, kb. 112%). A csapadékmennyiség eloszlása azonban most sem volt egyenletes. Április volt a legszárazabb, amikor mindössze

néhány mm eső esett, míg augusztusban általában 100–200 mm-t mértek, ami helyenként megfelelt a sokéves átlag 2,5–3-szorosának (1. ábra). Az idei szezonra jellemző volt a zivatarok nagy száma (2. ábra), és az, hogy gyakran jelentős mennyiségű csapadék esett egy-egy zivatarcellából. A szezon folyamán többfelé hullott jégeső, volt ahol 2–3 alkalommal is. Májusban és szeptemberben szintén az átlagosnál nagyobb mennyiségű csapadék hullott, májusban jellemzően 80–90 mm, de pl. Keszthelyen és Tapolcán 110 mm-t is mértek. Szeptemberben a nyugati medence térségében 70–100 mm volt a jellemző, de Csersztomajon pl. 120,5 mm-t mértek. Június, és július általában az átlagosnál szárazabb volt. Júniusban a sokévi átlag 70–90%-a hullott le, de pl. Tihanynál a csapadékösszeg már megfelelt a sokévi átlagnak. A nyári hónapok közül július volt a legszárazabb, a sokévi átlagnak csak mintegy 50–75 százaléka esett. A Balaton vízháztartása szempontjából ez a júliusi forró időszak volt a legkritikusabb, amikor a kevés csapadék és a rendkívüli meleg során naponta fél centiméterrel csökkent a vízszint. Augusztusban a csapadékos időszak csak 10-étől kezdődött, amely a Balatonnak időben, de a szántóföldi növényeknek sok helyen már későn érkezett. (Az idei legalacsonyabb vízállás augusztus 10. körül volt 85 cm-rel).

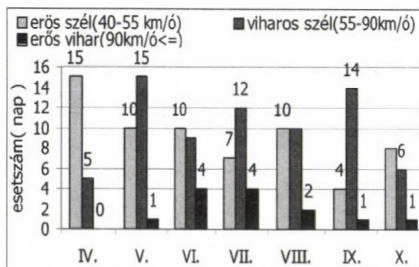
Az átlagos szélsébség a siófoki mérések szerint a május, szeptember és október hónapokban nagyobb volt a megszokottnál, a július és augusztus pedig az átlagoshoz közeli volt. A szeles napok számát tekintve májustól augusztusig minden hónapban 22–26 volt azon napok száma (3. ábra), amikor a szélsébség elérte, vagy meghaladta a 40 km/ó sebességet a Balaton valamely térségében, vagy az egész Balatonon. (Összehasonlításként: 2000-től 2006-ig ez a szám átlagosan mintegy 20 nap volt.) A he-



1. ábra: A havi csapadékösszegek alakulása a Balatonnál



2. ábra A zivataros napok megoszlása néhány balatoni állomáson



3. ábra: A napi maximális széllökések megszűlése 2007-ben

ves viharok előfordulása is megnövekedett. Májustól októberig minden hónapban volt 90 km/ó-t elérő, vagy meghaladó szélvihar. Májusban egy alkalommal, 15-én egy lassan mozgó hidegfrontot ért utol a magassági hideg levegő, melyhez az 500 hPa-os szint fölött JET is társult. A kifejlődő zivatarok közül egy Balatonaliga térségén áthaladva 16 óra 7 perckor 110 km/ó szélsébséget eredményezett délnyugati irányból (Az előzőleg megerősödő északnyugati szelet átfordítva). Egy órával később a Velencei-tónál is zivatar környezetében 97 km/ó-s szélroham jött létre.

Zivatarok június és augusztus hónapokban fordultak elő leggyakrabban. Jellemző, hogy május 23 és június 14 között majd minden nap, nemegyszer naponta két három hullámban is alakultak ki zivatarok a Balaton térségében, ennek megfelelően gyakran került sor a viharjelzések kiadására is (1. táblázat). Júniusban 4 alkalommal volt erős vihar, és mindegyik zivatarokhoz kötődött. Ebből három hasonló időjárási helyzetben, egymás után következő napokon játszódtott le, június 5-én, 6-án, 7-én, jellemzően frontmentes időben. A talajközelsben mérsékelt, vagy élénk változó irányú, a troposzférában élénk vagy erős keleties áramlás volt. A Földközi-tenger

térségében alacsony-nyomású terület, a keleti medencéje felett pedig ciklon helyezkedett el, míg Észak-Európa feletti centrummal anticiklon húzódtott. A két légörvény határán keleti irányból mozogva, a nedves-labilis levegőben konvergencia-vonalak mentén heves zivatarok fejlődtek ki. A június 5-ei zivatarlanc mentén a Balatonnál 2 helyen 90 km/ó körüli, még Sárbogárd térségében 100 km/ó-t elérő szélrohamok alakultak ki. Június 6-án Zánkánál 111 km/ó-t (ugyanekkor Bfüred 101 km/ó), 7-én szintén Zánkánál 95 km/ó sebességet ért el az északkeleti, illetve délkeleti szél. Június 21-én pedig egy északnyugat felől jövő hidegfront nyomában kialakult zivatarlanc okozott 101 km/ó-s szelet Füreden.

A nyári hónapok közül július volt a legszelesebb, ekkor a hónap közepének kánikulai hetétől eltekintve jellemzőek voltak a tartósan szeles időszakok. Júliusban ugyancsak 4 alkalommal fordult elő erős vihar. 10-ére virradóra Balatonöszödénél 104 km/ó sebességű északnyugati szelet mért az automata, mely hidegfront átvonulását néhány órával követően jött létre, egy konvergencia vonal mentén. 24-én a kánikulát megszüntető második, erősebb hidegfront átvonulásakor többfelé erősödött 90 km/ó körülire a szél. 28-án egy instabilitási vonal okozott átmenetileg 96 km/ó sebességű szelet Balatonöszödénél. 30-án pedig Balatonfüreden mért az automata 91 km/ó-s szelet egy északnyugat felől érkező nagy hőmérsékleti gradiensű hidegfront frontálzónájában.

Az augusztusi csapadékos, zivataros hónapban két napon volt erős vihar. Az első – a tavalyihoz hasonlóan – ismét augusztus 20-án, amikor

az Alpok felett hullámozó front előterében az igen labilissá váló levegőben sorra pattantak ki a heves zivatarok, többfelé jégesővel, majd egy instabilitási vonal is végigvonult a Dunántúlon. Ekkor a Balaton keleti szélénél egy felhőből lenyúló tornádó-tölcsér is megfigyelhető volt. A balatoni szélműszerek által mért legnagyobb sebesség Siófoknál volt, 95 km/ó. A szezon legnagyobb vihara a mérések szerint 23-án tört ki. Ekkor Balatonaligán 125 km/ó, Szigligeten 103 km/ó szélsébséget jelzett az automata. Az esti órákban egy szlovéniai instabilitási vonal vonult át a Balaton fölött. Az extrém nagy labilitás és elegendő nedvesség mellett a troposzférában már 600 hPa-os magassági szinttől egy délnyugati irányú JET is közrejátszott az események alakulásában. Erről a viharról külön cikkben részletesebb elemzés is található a 2. oldalon.

Szeptemberben a szeles napok nagyobb részében viharos széllokések is előfordultak, de csak egy alkalommal volt 90 km/ó sebességet is elérő szél. 18-án egy 8–10 fokban lehűlést hozó hidegfront átvonulását követően többfelé volt 80–90 km/ó sebességű szél, a maximumot, 93 km/ó-t Balatonfüreden mérte az automata. Aznap az országban, így a Dunántúlon is többfelé voltak – helyenként igen nagy kiterjedésű – zivatarok, de a Balatont akkor csak délnyugaton érintették átmenetileg. Októberben a 7 viharos szeles időszakból hat a hónap második felére esett. Október 22-én az északnyugati szél sebessége Balatonmáriánál szintén elérte a 90 km/ó sebességet. Ekkor a Dunántúl egy Dél-Olaszország középpontú mediterrán ciklon hideg oldalára esett. Az al-

A Balatonra kiadott viharjelzések száma 2007-ben a Nyugati (NY) és a Keleti (K) medencében																
	IV.		V.		VI.		VII.		VIII.		IX.		X.		Az egész szezonra	
	NY	K	NY	K	NY	K	NY	K	NY	K	NY	K	NY	K	NY	K
I. fok	19	21	18	19	31	33	14	15	22	29	11	11	12	9	127	137
II. fok	3	4	21	24	23	23	15	16	25	25	13	14	6	6	106	112
A viharjelzések fenntartási ideje (óra) a Nyugati (NY) és a Keleti (K) medencében																
I. fok	245	215	272	252	238	234	217	207	200	191	209	210	145	112	1526	1421
II. fok	29	27	175	177	128	115	153	166	156	150	186	190	145	126	972	951

1. táblázat: A balatoni és velencei-tavi viharjelzések statisztikája 2007-ben

A Velencei-tóra kiadott viharjelzések száma									
	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Össz.	
I.fok	17	19	35	14	24	11	5	125	
II.fok	3	17	19	14	17	9	5	84	
A viharjelzések fenntartási ideje(óra) 2007-ben									
I.fok	175	233	218	151	142	174	94	1187	
II.fok	21	154	85	155	92	128	67	700	

só és felső troposzférában is viharos, keleties irányú szél fújt. A radar-mérések a Dunántúlon csak esőt és záporokat jeleztek.

A Balatonra kiadott másodfokú viharjelzések érvényességi ideje az idén a teljes időszaknak 18,7 százaléka, a Velencei-tónál 13,6 százaléka terjedt ki. A Balatonra kiadott riasztások (átlagos) összbeválása 85 százalékos, a Velencei-tóra vonatkozóan 87 százalékos volt.

A hőmérsékleti viszonyokról elmondható, hogy a tavaszi, nyári hónapok általában 2-3 fokkal melegebbek voltak az 1961–1990-es évek átlagnál. A legmelegebb július lett, amikor a hónap átlaghőmérséklete 23,5–23,9 fokot ért el. Még a csapadékos augusztusban is melegebb volt az átlagoshoz képest. Az őszi hónapok időjárása már az átlagosnál hűvösebben alakult. Hőmérsékleti szempontból ugyancsak július volt a legváltozékonyabb, július 10-én 20 fok alatt, egy héttel később pedig sorozatban 35 fok felett volt a legmagasabb nappali hőmérséklet. A szezonban összesen 33 olyan nap volt, amikor a napi maximum hőmérséklet

16–22 közötti időszakban. Ekkor volt egyben az év legmelegebb napja is, 20-án 38,1 fokot mértek Keszthelyen. Siófokon július 16-án 37,7 fokkal megdőlt az addigi abszolút hőmérsékleti rekord, a korábbi érték 37,6 fok volt és 1946, illetve 1957 augusztusában mérték. A Balaton közelében lévő viszonylag nem régóta működő mérőállomáson, Sümegen 20-án 40,0 fokot mért az automata. A július 16. és 22. közötti hét (29. hét) átlaghőmérséklete Siófoknál 29,1 fok volt, míg a következő legmelegebb hét a mérések kezdete óta az 1950 június 30 és július 6 közötti hét. Ekkor az átlaghőmérséklet, igaz csak napi négy mérésből 28,1 fok volt, Siófokon és Keszthelyen is.

A Balaton vizének hőmérséklete nem döntött rekordot, részben a megfelelő vízmennyiségnek köszönhetően, részben pedig azért, mert a forró időszakot egy jóval hűvösebb előzte meg.

A vihar-előrejelzésről és viharjelzésről szóló tömegtájékoztatás

Az időjárási tájékoztatások, előrejelzések és viharjelzések az országos,

meghaladta a 30 fokot, 8 napon pedig 35 fok fölötti hőmérsékleteket mértek. A 8 napból 7 nap egyetlen forró terminusban volt, a július

ill. helyi hatáskörű rádió és televízió állomások, valamint Internet (www.met.hu) szolgáltatás közvetítésével kerültek nyilvánosságra, illetve részletes tájékoztatást nappal a (91)-300-425, éjjel a (91)-300-424 emeldíjas telefonszámokon lehetett szerezni. A viharjelzések tóparti megjelenítését a Balaton körül 25, a Velencei-tónál 2 fényjelző lámpaegység végezte. Szeptembertől Balatonföldváron újabb viharjelző lámpa egységet állított rendszerbe az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Zamárdiban pedig jobban látható helyre került áttelepítésre a meglévő állomás.

A viharjelzések és a balatoni időjárási előrejelzések éjszaka az OMSZ központban a Repülésmeteorológiai és Veszélyjelző Osztályon, nappal a Siófoki Viharjelző Observatóriumban készültek és jutottak el a Balatoni Vízrendészeti Rendőrkapitánysághoz, a Vízimentők Balatoni Szakszolgálatához és további megrendelőkhez, így például a Balatoni Hajózási Részvénytársasághoz. A nagyobb vitorlásversenyek illetve tömegrendezvények (pl. Balaton átúszás) meteorológiai biztosítása ugyancsak az Observatóriumból történt, amelyhez a Balaton Fejlesztési Tanács (BFT) nyújtott támogatást.

Zsikla Ágota

OLVASTUK

A Katrina utóhatása

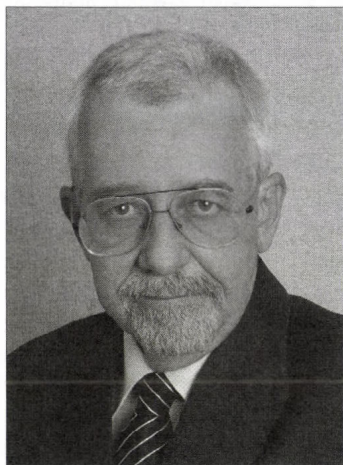
A hurrikán által 2005-ben az USA déli államaiban letarolt erdők nettó széndioxid kibocsátókká váltak. A NASA műholdas adatainak segítségével végzett kutatómunka eredményét a Science magazinban publikálták. A fiatal erdőknek a növényi fotoszintézis révén jelentős szerepük van a légköri széndioxid megkötésben. Egy ilyen katasztrófa következtében az élő növények jókora hányada elpusztul, csökken a fotoszintézis mértéke. Ráadásul az elhalt növényi részek bomlásakor széndioxid szabadul fel. A becslések szerint az érintett kb. 2 millió hektáros területen a Katrina mintegy 320 millió fát pusztított el vagy károsított jelentős mértékben. A kár leginkább Mississippi, Louisiana és Alabama államok erdeiben keletkezett. Az erdők regenerálódása még hosszú évekig eltarthat s ezalatt több üveg-

házhatású szén-dioxidot juttatnak a légkörbe, mint amennyit megkötnek.

A kutatómunka során a **Landsat-5** képei mellett a NASA **Terra** műholdjának MERIS felvételeit is felhasználták. Emellett helyszíni méréseket és számítógépes modell-számításokat is végeztek. Különböző felszínborítás-típusok jellegzetes sugárzást bocsátanak ki, ami a több hullámhosszon dolgozó távézékelő műholdak segítségével elemezhető. Így a vegetáció változása is jól nyomon követhető. A meglepő eredmény szerint ez az egyetlen természeti katasztrófa közel akkora (60-100%) széndioxid kibocsátást gerjesztett, mint amennyit e gázból az Egyesült Államok összes erdei egy átlagos évben megkötnek.

Úrkaleidoszkóp, XXI. Évf. 12. sz.
H. Bóna Márta

TÖRÖK DÉNES (1951–2007)



2007. november 13-án elhunyt Török Dénes, aki közel 30 évig dolgozott szinoptikusként az Országos Meteorológiai Szolgálatnál. Hamvait a kelenföldi Szent Gellért plébánia-templom urnatemetőjében helyezték örök nyugalomra.

Szombathelyen született 1951. május 7-én. Matematika-fizika szakon tanult az ELTE-n, amikor kollégiumi szobatársának példája nyomán felvette a meteorológus szakot is. Szobatársával, Bozóki Istvánnal együtt voltak pályakezdők 1975-ben az akkor megalakult Általános Repülésmeteorológiai Osztályon. Feladatuk a közforgalmon kívüli repülés meteorológiai kiszolgálása volt, emellett a közúti igazgatóságok számára is készítettek előrejelzéseket. A Vissy Károly vezetése alatt megkezdett munka előfutára volt annak, amit ma mezoszínoptikai időjárási analízisnek, nowcasting előrejelzésnek, veszélyjelzésnek és riasztásnak nevezünk. 1980-ban, az osztály átszervezése után került át a rövidtávú előrejelzők csapathoz. Ettől kezdve a „Várható időjárás holnap estig” kezdetű prognózisok megfogalmazása volt a feladata az Időjárási napijelentés című kiadvány és az előrejelzések felhasználói részére, többek között a síófoki Viharjelző Observatóriumban és vitorlázórepülő versenyeken. Sikeresen letette a Magyar Rádió nyelvi vizsgáját, és ettől kezdve rendszeres szereplője lett a rádiós időjárásjelentéseknek. 1985-től a Magyar Televízióban is közreműködött az Ablak című műsor időjárási tájékoztatóiban. Az OMSZ történetét jellemző sorozatos átszervezések, kisebb-nagyobb létszámcsoökkentések nyomán 2004 nyarán a Duna Tévéhez igazolt. Ettől kezdve a határon inneni és túli magyarság számára készítette, és mutatta be előrejelzéseit.

Dénessel egyetemista koromban ismerkedtem meg személyesen, majd az 1980-as évek végén találkoztunk gyakrabban, amikor másfél éven keresztül gyakornok voltam az előrejelzők mellett. Ezek még más idők voltak! Számítógépek alkalmazása nélkül, numerikus előrejelző modellek, digitális radar- és műholdképek nélkül készültek

az előrejelzések. Emlékszem akkori „nagy öregjeink” mondására: „Hogyan készül a prognózis? Magad elé teszed a szinoptikus munkatérképet, előveszed a topográfia-térképeket és a rádiószondás felszállásokat, és addig nézed őket, amíg ki nem kerekedik fejedben a prognózis szövege.” Úgy is fogalmazhatnánk, hogy a meteorológusi felkészültség mellett nagy szerepe volt az intuíciónak, a szakmai megérzésnek, a természet folyamatait felismerő belelátásnak. Ma már pontosan tudjuk, a matematika és a fizika egyenletei is igazolták, miben rejlik az előrejelzések bizonytalansága. A prognóziskészítés kényszere az elmúlt évtizedekben gyakran állította próbatétel elé az ügyes szinoptikusokat. Hogyan lehet kezelni ezt a stresszhelyzetet? Mindenkinek más módszere van rá. Egyesek a sztoikus bölcsek nyugalomával teszik túl magukat a megváltoztathatatlanon. Mások hangos dühkitörésekkel könnyítenek magukon, megint mások pótcselekvésekbe menekülnek. Vannak olyanok is, akik végtelennek tűnő, belülről fakadó lelki derűvel veszik tudomásul azt, hogy még a legnagyobb odaadással végzett munka is sikertelen lehet akkor, ha valaki időjárási előrejelzésekkel foglalkozik.

Dénésből ezt a derűs nyugalmat éreztem áradni. Számomra példamutatón kezelte, amikor egy-egy sikertelen prognózis után jelentkezett a felháborodott ügyfél. Az sem zökkentette ki lelki nyugalmaiból, ha a hírszerkesztők cenzúrázták az egyébként hétköznapiak tűnő olyan meteorológiai szakkifejezéseket, mint a „ciklon” és az „anticiklon”. Most is fülembe cseng szavainak malíciózus felhangja, ahogy elmondta: „időjárásunkat egy magasnyomású légköri képződmény, úgynevezett anticiklon határozza meg.”

Ez a lelki derű, és ez a csöppnyi malícia fog emlékeztetni rád. Nyugodj békében!

Gyuró György

A negyedik aranyokleveles meteorológus évfolyam

Immár a negyedik meteorológus évfolyam vehette át jubileumi oklevelét 2007. október 26-án az Eötvös Loránd Tudományegyetem Szenátusának nyilvános ülésén annak emlékére, hogy 50 évvel korábban tettek sikeres államvizsgát. Az ELTE Egyetem téri Dísztermében megtartott ünnepségen Dr. Hudecz Ferenc rektor, a szerves kémia professzora tartott köszöntő beszédet, majd a Természettudományi Kar dékánja, Dr. Michaletzky György, a valószínűségelmélet és statisztika professzora nyújtotta át a díszokleveleket. Az alábbiakban közreadjuk a rektori üdvözlő beszéd szövegét, amely

ből sok érdekes információt tudhatunk meg az egyetem történetéről.

„Tisztelt ünnepi Közgyűlés, kedves Vendégeink! Hölgyeim és Uraim! Egyetemünk 373. tanévének kiemelkedő eseménye a mai ünnepség. Az Egyetem Szenátusa, a rektori vezetés, a Karok vezetőinek nevében tisztelettel és szeretettel köszöntöm Önöket ezen a „diplomaosztó” ünnepi közgyűlésen.

Ma nem akármilyen, mondhatni különleges, diplomák átadására kerül sor. Ezekben az okiratokban az Egyetem az Önök 70, 65, 60 vagy 50 éves szolgálatát ismeri el, köszöni meg. Nagy öröm számomra, hogy a mai napon több mint 200 volt hallgatónkat van alkalmam köszönteni. Most a délelőtti folyamán adhatom át a Természettudományi Kar dékánjának javaslatára a rubin-, a vas-, a gyémánt- és az aranydiplomákat geológus, geofizikus, meteorológus, földrajz, biológus, vegyész, biológia-kémia szakos tanároknak. Külön szeretettel gratulálok rubin diplomásainknak, akik 1937-ban végeztek az akkori Bölcsészettudományi Karon. Abban az évben, az akkori Pázmány Péter Tudományegyetemnek valamivel kevesebb mint 5000 hallgatója volt. Közülük több mint 2000-en jártak a Jogi és Államtudományi Karra, az orvostanhallgatók 927-en voltak és a bölcsészek – a második legnagyobb karként – közel 1600 diákot oktathattak. Nem lehetettek könnyű egyetemi évei azoknak a mai vas diplomásoknak sem, akik 5 évvel később, 1942-ben vagy azoknak a gyémánt diplomásoknak akik a második világháborút követően, 1947-ben, a felszabadulás után vették át a tanulmányok sikeres befejezését igazoló okiratot.

1949 május 16-án 22 tanszék, a fizika-kémiai és az embertani intézet, valamint a botanikus kert a Pázmány Péter Tudományegyetemen belül önálló Természettudományi Karrá alakult. Tanulmányaikat a mai nap aranydiplomásai már ezen a karon, és az 1951 szeptemberétől Eötvös Loránd, a világhírű fizikus és volt rektor nevét viselő tudományegyetemen kezdhették meg. Igen nagy a valószínűsége annak, hogy az Önök, aranydiplomások személyében köszönthetem az második ELTE-s évfolyam tagjait. Érdemes megemlíteni azt is, hogy az 1956/57-es tanévben Egyetemünknek 6292, köztük közel 1000 végzős hallgatója volt. Érdekes adat tanúskodik az akkori diákok szorgalmáról: az Egyetemi Tanács 1953 május 17-én tartott ülésén a rektor arról számolt be, hogy az órák látogatottsága 85–90%-os.

Hölgyeim és Uraim, kedves ünneplő közönség! Engedjék meg, hogy néhány szóval beszámoljak a mai ELTE-ről. Örömmel jelenthetem, hogy 32000 hallgatóját, a képzés és a kutatás minőségét, nemzetközi kapcsolatrendszerét és presztízsét tekintve az ELTE az ország egyik meghatározó, elit, állami felsőoktatási intézménye.

Megőrizve hagyományainkat, az Egyetem kínálja Magyarországon a szakok legszélesebb választékát. Az



1524 főt számláló oktatói kar szakmai minősége az országban egyedülálló: az oktatók közül 33-an tagjai az MTA-nak, 71% pedig PhD fokozattal rendelkezik. A doktori képzésben az ELTE eredményessége kiemelkedő: az országban évente kiadott PhD oklevelek 26%-a az ELTE-ről kerül ki. Az Egyetemen 20 ELTE-MTA kutatócsoport működik. Botanikus kertünk és az Egyetemi Könyvtár gyűjteménye Európában egyedülálló. Mindannyian büszkéek lehetünk arra is, hogy az Egyetem egykori oktatói és hallgatói jelentős szerepet tölthetnek be, az oktatásban, a tudományos, a szakmai, a politikai közéletben, köztük 5 Nobel díjasunk és két Wolf díjas hallgatónk/professzorunk.

Engedjék meg, hogy befejezésül a Szenátus és a magam nevében köszönetet mondjak Önöknek, hogy tanárként az iskolában, egyetemen, kutatóintézetben, iparban vagy az államigazgatásban, tanácsokban, önkormányzatokban, itthon vagy külföldön helyt álltak és öregbítették egyetemünk jó hírét. Remélem, hogy az ELTE-én 70 vagy 50 évvel ezelőtt szerzett tudás – kiegészítve és megújítva – lehetőséget adott Önöknek, hogy hivatásuknak élve, szép szakmai eredményeket mondhatnak magukénak. Köszönöm, hogy az Egyetem hallgatói voltak.

Végezetül arra kérem Önöket arra, hogy észrevételeikkel, tanácsaikkal támogatásuk, segítség Egyetemünket, a Kart, ahol tanulmányikat folytatták. Várjuk önöket, számítunk Önökre. Köszönöm megtisztelő figyelmüket.”

Szerkesztőségünk nevében is további sok sikert és jó egészséget kívánunk az újabb aranyokleveleseknak.

Végül szeretnénk megemlékezni azokról, akiknek a munkája lehetővé tette a jubileumi oklevelek elkészítését és az ünnepség zavartalan megtartását. Borbély Andrea és Taraszár Andrea a TTK Dékáni Titkárságának munkatársai immár negyedik alkalommal gyűjtötték össze az 50 évvel korábban végzetek jelentkezési lapjait, megszervezték az Egyetemi Szabályzat szerint szükséges ügymenetet, és egyenként törődtek a jubilálók értesítésével. Köszönjük a közreműködést.

Gyuró György

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Rovatvezető: Maller Aranka

Rendezvényeink 2007. november 1. – december 31. között

Előadó ülések, rendezvények:

November 14.

Kutatási irányzatok napjaink hazai meteorológiájában
című egész napos tudományos konferencia (MMT Debreceni Csoport rendezvénye)

November 22–23.

33. Meteorológiai Tudományos Napok

Téma: A levegőkörnyezet állapota: ökológiai kölcsönhatások és egészségügyi kockázatok

November 29.

A Róna Zsigmond Ifjúsági Kör rendezvénye

➤ A Róna Zsigmond Ifjúsági Kör új vezetőségének megválasztása

Elnök: Kern Anikó *Titkár:* Horváthné Hágel Edit

➤ **Hirsch Tamás** (2006. évi Róna díjas)

Téli magyarországi nagy csapadékos helyzetek vizsgálata és előrejelzése

➤ **Breuer Hajnalka** (2007. évi Hille díjas)

A tényleges párolgás és a talajvízkészlet klimatológiai modellezése Magyarországon

December 13.

MMT 2007. évi évzáró ülése

➤ Szász Gábor: Élet a MTESZ égisze alatt

➤ Mezősi Miklós: Évfordulóink

➤ Tagtársak köszöntése

➤ Kötetlen beszélgetés, büfé

Kedves Tagtársunk!

Felhívjuk szíves figyelmét arra a törvénybe iktatott jogára, hogy jövedelemadójának 1 %-át az Ön által megjelölt közcélú intézmény javára átutaltassa az Adóhivatallal.

Értesítjük, hogy az MMT is jogosult az ilyen adóátutalások fogadására. Arra bátorítjuk, hogy adójával a Magyar Meteorológiai Társaságot támogassa.

2007-ben Társaságunkhoz 248.225 Ft támogatás érkezett Önöktől. Támogatásukat nagyon köszönjük, és reméljük, hogy idén is az MMT-nek ajánlja fel jövedelemadója 1 %-át.

A tagdíjak ma már a Társaság működési kiadásainak csak a töredékét fedezik, a működési kiadásokra megszerzhető állami és alapítványi támogatások nagysága pedig évről évre csökken. Minden kiegészítő támogatást tudományos közéletünk gazdagítására tudunk fordítani.

A jövedelemadó 1 %-áról való rendelkezés módja: az adóbevallási egységsomag tartalmazza azt az űrlapot amelyen a rendelkezést meg lehet tenni a kedvezményezett adószámának és nevének feltüntetésével.

Emlékeztetül az MMT adatai:

Magyar Meteorológiai Társaság

1027 Budapest, Fő u 68.

Adószám: 19815826-2-41

A rendelkezést külön borítékba kell zárni, a boríték tetejére rá kell írni az Ön adatait. (Az APEH a kedvezményezett nem közli, kitől származik az átutalás.)

KITÜNTETÉS

A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége (Társaságunk ernyőszervezete) 2007 novemberében MTESZ Emlékéremmel tüntette ki dr. Maller Arankát, az MMT titkárát. Neve nem csak szakmai körökben ismert, hiszen sok-sok éven keresztül a rádióhallgatók is hallhatták hangját a Krónikákban és a körzeti időjárásjelentésekben. Kezdetől fogva ő a rovatvezetője az MMT Híreknek lapunk hasábjain. Odaadó szakmai és egyesületi tevékenysége mellett a tudományos népszerűsítés terén is igen aktív.

Kitüntetéséhez ezúton is gratulál

Az MMT Elnöksége

Bodolai Istvánné 80 éves

Egykori pályatársai, munkatársai, tanítványai köszöntötték október 30-án dr. Bodolai Istvánné Jakus Emmát 80. születésnapja alkalmából.

Az OMSZ-ban megtartott baráti összejövetelen dr. Dunkel Zoltán köszöntötte az ünnepeltet, kiemelve a mezoszinoptikai és csapadékszínoptikai kutatások terén elért elévülhetetlen eredményeit. Számos tanulmány, nagyobb kiadvány tanúskodik Emmike fáradhatatlan, odaadó tevékenységéről, és reméljük, hogy ilyenekkel a jövőben is gazdagítani fogja hazai szakirodalmunkat.

Ambrózy Pál

ÉVFORDULÓK - 2007

330 éve született

Gensel (Gensili) János Ádám

Sopron, 1677. okt. 26. - Sopron, 1720. aug. 31.



Teológiát és orvostudományt tanult Jénában, majd Pádovában szerzett orvos- és bölcsész doktorátust. 1710-ben nevezték ki Vas és Sopron vármegyék főorvosává (korabeli elnevezéssel: *főfizikussá*), amellel *Eszterházy* herceg házi orvosaként is működött. Mint megyei főorvos elsőként végzett műszeres meteorológiai méréseket hazánkban, hőmérővel és légnyomásmérővel. (Hivatali elődje, bizonyos *Loew Andreas*, korábban szintén folytatott időjárási megfigyeléseket, de csak műszerek nélkül). Gensel elsőként vizsgálta az időjárás és a járványos betegségek kapcsolatát; latin nyelvű egészségügyi jelentéseiben – amelyek *Observationes Curiosum...* címen jelentek meg, de sajnos elvesztek – kimerítő meteorológiai részletezést adott az 1711-13-as évekről. Soproni források szerint Gensel 1717-től már – az akkor újdonságnak számító – *Fahrenheit*-féle hőmérőt használta; méréseit *Réthly Antal* úgy értékelte, hogy „*klimatológiai szempontból ezek a feljegyzések a legkorábbi hazai próbálkozások*”. Gensel tudományos értekezései és további mérési eredményei az ún. *Breslaueri Gyűjteményben* fennmaradtak az utókor számára. Portréja Sopronban látható, a mai *Patika Múzeumban*, amit korábban *Angyal patika* néven ismertek.

170 éve született

Murman Ágoston

Pozsony, 1837. - Buda, 1872. okt. 25.

Matematikus és csillagász végzettségű szakember, aki előbb Bécsben és Prágában csillagászként tevékenykedett, majd 1871-ben lépett az előző évben királyi rendelettel létesített, Bécsből független, önálló „*Meteorológiai és Földdelejtességi Magyar Királyi Központi Intézet*” szolgálatába. Schenzl Guido igazgatása idején ő volt az Intézet első kinevezett észlelője, de sajnos csak tragikusan rövid ideig, mert a korabeli gyászjelentést idézve „*1872. október 25-én dr. Murmann Ágoston kir. observator a pesti kolera-járvány áldozata lett*”. Mindössze 35 évet élt...



80 éve hunyt el

Fényi Gyula

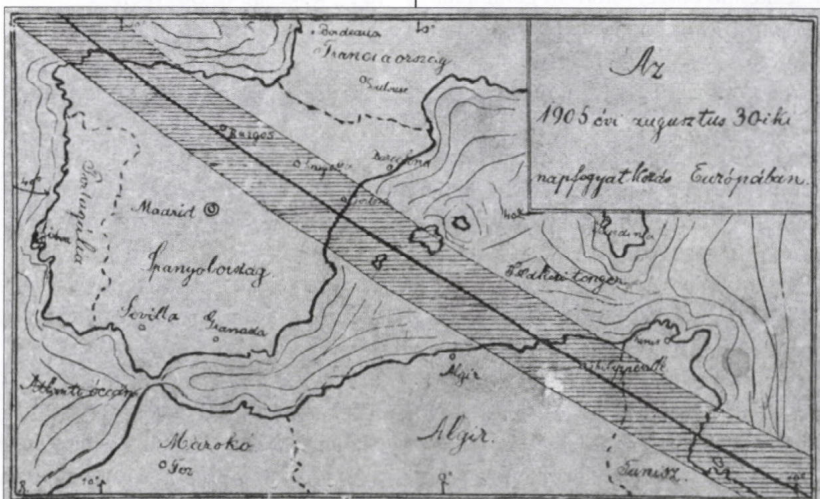
Sopron, 1845. jan. 8. - Kalocsa, 1927. dec. 21.

Eredeti neve *Finck István* volt és csak 1864-ben, amikor érettségi után belépett a Jezsuita Rendbe, vette fel a *Fényi Julius* nevet. Tanulmányait Innsbruckban végezte, 1880-tól Kalocsán az Érseki Főgimnázium fizikatanára és egyidejűleg az ottani *Haynald Observatórium* asszisztense. Néhány évig Pozsonyban is

tanított, majd 1885-ben visszatért Kalocsára és 1913-ig az Observatórium igazgatója, egyben a meteorológiai állomás vezetője. 1917-ig személyesen észlelt, az adatfeldolgozást élete végéig folytatta. Nevéhez fűződnek az első hazai légkörfizikai mérések.

Fényi napfizikai, csillagászati mérései, üstökös-megfigyelései és kutatásai nemzetközi elismerést arattak, meteorológiai feldolgozásai során foglalkozott a napfénytartással, (sőt erre még műszert is konstruált), Kalocsa éghajlatával, a magasléggörhőmérsékletével (a Nap UV sugárzásának hatására), a sztratoszféra kialakulásával. Elvégezte a kalocsai légnyomás adatok harmonikus analízisét is. 1905-ben Spanyolországban irányította a napfogyatkozást megfigyelő magyar expedíciót. (Hazánkban akkor csak részleges volt a fogyatkozás).

Elektromos zivatarjelző készüléket is szerkesztett: ui. észrevette, hogy a postai távirógépek jelzik a közeli zivatarokat (de a két varrótűből és egy tekercsből álló „szerkezet” nem vált be: hosszú volt az út az OMSZ mai villámlokalizációs rendszeréig...). Kezdeményezte, hogy az Afrikába és Kínába kiutazó jezsuita misszionáriusokat szereljék fel meteorológiai műszerekkel és kapjanak



észlelői felkészítést, sőt személyesen dolgozta fel a dél-afrikai *Boroma* missziós állomás 1890–97 közötti megfigyeléseit.

Fényit 1916-ban az MTA levelező tagjává választották, ő volt az MMT első tiszteleti tagja (1925), a Holdon krátert neveztek el róla. Meteorológiai publikációinak listáját az IDŐJÁRÁS 1946. 9–12. száma közölte *Bibliographia Meteorologica* címmel.



160 éve született

Hegyfok Kabos

Ujleszna [Szepes vm.], 1847. júl. 8. - Túrkeve,
1919. feb. 7.

Tanulmányait Lőcsén és Egerben végezte, majd a papi pályát választotta élete hivatásául: 1871-ben szentelték fel. Több helyen volt káplán, majd Túrkevére került plébánosnak. Hegyfok 1882-ben – mint a Természettudományi Társulat tagja – *Schenzl Guido* akkori igazgatónkhoz fordult tanácsért műszerbeszerzés ügyében, majd saját költségén megvásárolta a *Calderoni* cég meteorológiai műszereit, amelyekkel azután élete végéig önzetlenül végezte a megfigyeléseket, naponta háromszor. 37 éven át volt az OMFI külső munkatársa, nemcsak észlelt, de a klímaíveit is maga számolta ki, munkájáért soha nem fogadott el díjazást. – 1895-ben nevéhez fűződik a Magas Tátrában, a *Nagyszalóki-csúcson* létesítendő obszervatórium gondolata is; ezt azonban *Konkoly-Thege* ellenzte (és ezért inkább Ógyallán épült obszervatórium...). Meteorológiai munkásságáért 1917-ben a Ferenc József Rend Lovagkeresztjével tüntették ki. Termékeny szakíróként ismerjük: több klimatológiai monográfiát írt, ezek egyike „*A felhőzet a Magyar Szent Korona Országában*” (1899); közel 300 tanulmánya jelent meg az MTA és a Természettudományi Társulat kiadásában; szakirodalmi munkásságát AZ IDŐJÁRÁS 1919. májusi száma közli. Hegyfok életét az I. világháborút követő

spanyol-nátha, vagyis influenza járvány oltotta ki 1919-ben.

A Magyar Meteorológiai Társaság 1925-ben (alapítása évében) hozta létre a *Hegyfok Alapítványt*, (*Réthy Antal* jutalmazási célra tett alapítványából, kiegészítve *Tolnay Lajos* adományával). Ebből lett 1936-ban a *Hegyfok Emlékérem*, az évtizedeken át jól működő észlelők, valamint az éghajlatkutató szakemberek jutalmazására. Elsőként *Róna Zsigmond* ny. igazgató, valamint 14 klíma- és 42 csapadékmérő állomás észlelői kapták meg az emlékérmét (20, ill. 30 évnél hosszabb folyamatos munkájuk elismerése gyanánt), mint pl. *Magyaróvár*, M. kir. Gazdasági Akadémia, 70 év, *Kalocsa*, Haynald Obszervatórium, 65 év, *Keszthely*, M. kir. Gazdasági Akadémia, 65 év, stb. Az emlékérmét kutatóknak utoljára 1946-ban adományozták (*Aujeszký László és Berényi Dénes részére*); észlelőknek pedig 1950-ben, de nekik már csak „képletesen”, mert – idézet az 1950-es IDŐJÁRÁS-ból: – „*elveszett a nyomódúc*”... Bár 1950-ben *Szirmai Ervin* akkori „munkás-igazgató” (és egyben MMT főtitkár) tervezett helyette másikat adományozási szabályzattal együtt, de ezt végül soha nem adták ki, mert Szirmait 1950 decemberében eltávolították az Intézetből, az érmet csak Múzeumunk őrzi. 1979-ben Túrkeve városa emlékoszlopot állíttatott Hegyfok tiszteletére, sírja – a túrkevei katolikus templom kertjében – 2006 óta a *Nemzeti Sírkert* része.



140 éve született és 60 éve halt meg
110 éve alapította „AZ IDŐJÁRÁS”-t

Héjjas Endre

Zádor (Somogy vm.), 1867. máj. 16. -
Ráckeve, 1947. jún. 6.

A Budapesti Tudományegyetem mennyiségtan-természettudomány szakán végzett és egyik tanára, Eötvös Lóránd ajánlásával 1891-ben lépett az OMFI kötelékébe. Intézeti működése során előbb kalkulátorként az éghajlati feldolgozó munkában

vett részt, majd *Róna Zsigmond* mellé került előrejelzőnek. Javaslatára 1896-ban vezetésével megalakult az Intézet Zivatar Osztálya, amely 15 évi működése során értékes adatokat gyűjtött – vizuális megfigyelések alapján – a hazai zivatarok térbeli és időbeli eloszlásáról. 1900-tól az Ombrometria osztályt vezette. Megkezdte a szivárgási hibával terhelt 1/10 nm-es csapadékmérők cseréjét 1/20 nm-esre. 1920-tól a Prognózis osztály vezetője volt.

Héjjas 1897-ben – tehát 110 éve – alapította meg (saját fizetéséből és a személyesen toborzott előfizetők támogatásával) „AZ IDŐJÁRÁS” című szakmai, tudományos és népszerűsítő folyóiratot. 28 éven át szerkesztette a lapot, amelynek elnevezése alig változott azóta, (1903/04-ben ugyan átmenetileg ATMOSPHERA néven jelent meg), de 1946-tól máig IDŐJÁRÁS-ként ismeri a szakmai közvélemény. 1924-ben – anyagi okok miatt – a megszűnés fenyegette a folyóiratot. A meteorológia barátai akkor összefogtak és külföldi példák nyomán 1925-ben megalapították a *Magyar Meteorológiai Társaságot*, hogy ezáltal biztosítsák a közkedvelt meteorológiai szaklap további megjelenését. (Az IDŐJÁRÁS 2007-ben felkerült a nemzetközileg jegyzett és idézett tudományos folyóiratok listájára!). Héjjas már 1906-ban sürgette önálló meteorológiai tanszék felállítását a Budapesti Tudományegyetemen, (amire azonban még jó 40 évet kellett várni).

Héjjast 1924-ben, 57 éves korában címzetes aligazgatóként nyugdíjazták (az akkori létszámcsoökkentés során); nyugdíjas éveiben méhészkedett, méhészeti szakkönyvet is írt. Legidősebb lánya, Irén szintén az OMFI-ban dolgozott, irodatisztként, később az irattárat rendezte. Héjjas szakmai tevékenységét és irodalmi munkásságát *Bodolainé Jakus Emma* dolgozta fel kétrészes elemző tanulmányában, amely a LÉGGÖR 1997. 2. és 3. számában jelent meg (az ünnepelt 1947-ben, röviddel halála előtt írt önéletrajzával együtt).

80 éve kapott magas török állami kitüntetést

Réthy Antal

Budapest, 1879. május 3. - Budapest, 1975. szeptember 21.

Réthy Antal gazdag életművét 2000-ben, halálának 25. évfordulóján tartott emlékülésen számosan méltatták; az előadások teljes szövegét a LÉGKÖR 2000. 4. száma közölte. Ezért itt és most tevékenységének csak egy kis, de nemzetközi elismeréssel járó részletére emlékezünk: a Törökországban töltött két esztendejéről.

Musztafa Kemal Atatürk (azaz „Mindan Törökök Atyja”), másként: *Kemal pasa* (1881–1938), 1923-ban lett a függetlenné vált új Törökország köztársasági elnöke. Országá modernizálásához külföldi szakértőket hívott segítségül s így került oda két évre Réthy Antal, hogy mint „igazgató-szakértő” megszervezze a török nemzeti meteorológiai szolgálatot, állomáshálózatot telepítsen és Ankarában obszervatóriumot építsen fel. A fáradhatatlan Réthy két év alatt 17.000 kilométert utazott (nem szolgálati autóval!), felállított 35 klíma- és 100 csapadékmérő állomást, megindította az adatfeldolgozást. Útmutatásai alapján – *Tittes György* magyar építész tervei szerint – Ankarában felépült az obszervatórium (ahonnan a török rádió először

1925 szeptember végén sugározta az időjárási adatokat). Szolgálati leteltével Réthlyt Kemál pasa személyesen tüntette ki 1927-ben, és további ötéves szerződést ajánlott fel részére, de ahhoz a magyar miniszter nem járult hozzá, és így a „*Madzsar Professzor Effendi*” vagy az „*Akszakali Havabakán*” (= szakállas időjárás-figyelő) 1927-ben hazatért. Tudomásunk szerint rajta kívül magyar meteorológus nem részesült hasonló, vagyis külföldi államfői elismerésben.

— 80 —

60 éve alakult meg a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége (MTESz)

Már főváros ostroma idején, 1945 januárban megalakult a *Magyar Mérnökök és Technikusok Szabad Szakszervezete* [MMTSzSz], amelyben az ország jövője és újjáépítése szempontjából döntő fontosságú szellemi kapacitás tömörült. Az ország politikai vezetése 1947-ben kezdeményezte a Szakszervezet hatáskörének kiterjesztését, miszerint „Feladat a magyar műszaki értelmiség szakmai és tudományos egyesületének az eddigieknél nagyobb mértékű kiépítése, és egységes szervezetben való összefogása a természettudományi egyesületekkel

együtt”. Ilyen előzmények után 1948-ban alakult meg a MTESz, 14 korábbi – egyesületté alakult – ágazati szakszervezet, valamint a nagy múltú természettudományi egyesületek összevonása által. 1960-as lexikoni adatok szerint a MTESz-ben összesen 25 egyesület tömörült, 56.840 taggal. A Magyar Meteorológiai Társaság csatlakozását a MTESz-hez 1950. jún. 10-én, a Társaság alapításának 25. évfordulóján rendezett ünnepi közgyűlésen jelentette be Aujeszy László főtítkárr. A csatlakozás előkészítésében rajta kívül még Szirmai Ervin (a Társaság akkor megválasztott új főtítkára,) Dési Frigyes (őrnagy, HM) és Tóth Géza (az Intézet igazgatója) vettek részt.

Mezősi Miklós

Irodalom:

- Ambrózy Pál*, 1997: Hegyfok emlékülés; LÉGKÖR, 42. 4.
- Bartha Lajos*: A Kalocsai Haynald-Obszervatórium és csillagászaiknak jelentősége a tudománytörténetben
- Bodolainé Jakus Emma*, 1997: Héjjas Endre a meteorológus és „Az Időjárás” alapító szerkesztője; I-II. rész; LÉGKÖR, 42. 2. és 3.
- Fényi Gyula*, 1903: Az egyszerű zivatarjelző szerkesztéséről és működéséről; ATMOSPHERA, VII. 341-346.
- Gyúró György*, 2007: Szemelvények a magyar meteorológiából; Kézirat a Geo-Hungary részére.
- Héjjas Endre*, 1947: Önéletrajz; LÉGKÖR, 42. 2.
- Kulin István*, 1975: Réthy professzor Törökországban, Akszakali Havabakán; in: RÉTHLY ANTAL EMLÉKKÖNYV, MMT-Bp.
- Simon Antal*, 2001: A Magyar Meteorológiai Társaság története; OMSZ – Bp.
- Simon Antal*, 2004: Magyarországi meteorológusok életrajzi lexikonja; OMSZ – Bp.
- Tar Károly*, 1992: Hegyfok Kabos, az elfelejtett klimatológus; LÉGKÖR, 37. 3.
- Zách Alfréd*, 1975: Dr. Réthy Antal életútja; in: RÉTHLY ANTAL EMLÉKKÖNYV, MMT-Bp.
- Zách Alfréd*, 1994: Emlékezzünk nagyjainkra! [Hegyfok Kabos]; LÉGKÖR, 39. 3.



2007. ŐSZÉNEK IDŐJÁRÁSA

Szeptember hűvösebb volt a sokévi átlagnál, országosan mintegy 2 fokkal. Ezzel megszakadt a több mint 100 éves meteorológiai adatsorban példa nélkül álló sorozat: 2006. szeptember és 2007. augusztus között egy teljes éven keresztül megszakítás nélkül minden hónap középhőmérséklete meghaladta a normálértéket.

Az ország egészében hűvösebb volt a szeptember az ilyenkor szokásosnál. A legnagyobb (akár 2,6°C-os) negatív anomáliákat a déli valamint az északeleti országrészben regisztrálták, míg a szeptemberi átlagtól az Északi-középhegységben volt legkisebb az eltérés (helyenként az egy fokot sem érte el).

Nyári nap a legmelegebb délkeleti országrészben 7 alkalommal, az ország északi és nyugati területein viszont volt, hogy egyszer sem fordult elő. 30°C-ot meghaladó nappali felmelegedésre csak a délkeleti régióban volt példa, mindössze egy napon.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 31.1 °C Szeged (Csongrád megye) szeptember 18.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -1.5 °C Zabar (Nógrád megye) szeptember 21.

Szeptember csapadékosabb volt a szokásosnál, területi átlagban az ilyenkor várható csapadékösszeg 175%-a hullott le. Országban belül ugyanakkor jelentős eltérések mutatkoztak: legszárazabbnak az ország középső része adódott (helyenként a szokásos mennyiségnek csupán 70%-a érkezett meg), legcsapadékosabbnak pedig az ország északnyugati csücske bizonyult, a sokévi átlag közel négyszerezésének megfelelő havi csapadékhozammal. A hónap jellemző csapadéka az eső volt. Jégeső egy napon hullott.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 214 mm Himod (Győr-Moson-Sopron megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 29 mm Tass (Bács-Kiskun megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 70 mm Murakeresztúr (Zala megye) szeptember 18.

Október is hűvösebb volt a megszokottnál, a hónap középhőmérséklete országos átlagban 0,7 °C-kal maradt el a sokévi átlagértéktől. Az ország középső és keleti felében voltak pozitívak a havi középhőmérsékleti anomáliák: itt az október helyenként 0,4–0,5 fokkal is melegebb volt a szokásosnál. A nyugati országrészben ezzel szemben október hidegebb volt a normálnál, egyes térségekben akár 1,1–1,2 fokkal.

Fagyos napot sokfelé regisztráltak az országban a hónap folyamán, legtöbbet (10 napot) az Északi-középhegységben. Ugyanakkor még nyári napra is volt példa a déli országrészben, 1-3 alkalommal.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 27.3 °C Kiskunhalas (Bács-Kiskun megye) október 3.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -6.9 °C Szécsény (Nógrád megye) október 21.

Október csapadékosabb volt az átlagnál, országosan a

havi csapadékhozamnak közel másfélszerese hullott le. Az országban belül ezzel együtt jelentős volt a havi csapadékmennyiségben tapasztalt eltérés. Átlagosnál kisebb csapadékhozamot csak a Nyugat-Dunántúl középső részén regisztráltak, az ország keleti felében viszont helyenként a szokásos októberi csapadékmennyiség háromszorosának megfelelő csapadék hullott.

A hónap jellemző csapadéka az eső volt, de Kékestetőn 4 napon már havazás is előfordult.

A hónap legnagyobb csapadékösszege: 117 mm Szentlélek (Borsod-Abaúj-Zemplén megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 23 mm Sátoraljaújhely (Borsod-Abaúj-Zemplén megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 55 mm Pocsaj (Hajdú-Bihar megye) október 24.

2007 novemberének középhőmérséklete országos átlagban 1,3 fokkal hidegebb volt a megszokottnál. Országban belül nem voltak jelentős különbségek a havi átlaghőmérséklettől vett eltérésben: a legkisebb középhőmérsékleti anomáliát (-0,2°C) a Tiszazugban, a legnagyobbat pedig (-1,8°C) az Északi-középhegységben regisztrálták.

A középső országrészben novemberben 3–12 nap, míg az Északi-középhegység egyes területein 23–28 nap volt fagyos. Téli nap csak a hegyvidéki területeken fordult elő nagyobb számban (5–13 alkalommal), az ország egyéb vidékein csak elszórtan, és mindössze 1–2 napon regisztráltak 0°C-nál alacsonyabb napi maximumhőmérsékleteket. Zord nap az ország 3–4 pontján fordult elő, 1–2 alkalommal.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 18.6 °C Kiskunhalas (Bács-Kiskun megye) november 24.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: -12.9 °C Felcsút (Fejér megye) november 29.

Novemberben a havi csapadékhozam átlag körül alakult, országban belül ugyanakkor jelentős eltéréseket regisztráltak. Az ország szokásosnál szárazabb, középső részében a novemberi csapadékösszeg nem érte el a sokévi átlagértéket (itt egyes területeken a szokásos mennyiségnek kevesebb, mint fele hullott le), míg a déli és északi területeken a havi csapadékhozam helyenként a sokévi átlag másfélszeresét is meghaladta.

2007-ben november közepén köszöntött be a tél, országos havazás formájában. A hónap során az ország minden régiójában előfordult havazás, egyes területeken novembernek 12 napja volt havas.

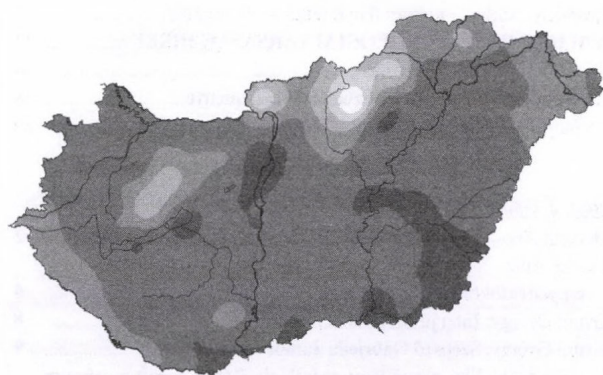
A hónap legnagyobb csapadékösszege: 129 mm Bakonybél (Veszprém megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege: 12 mm Tiszaújváros (Borsod-Abaúj-Zemplén megye)

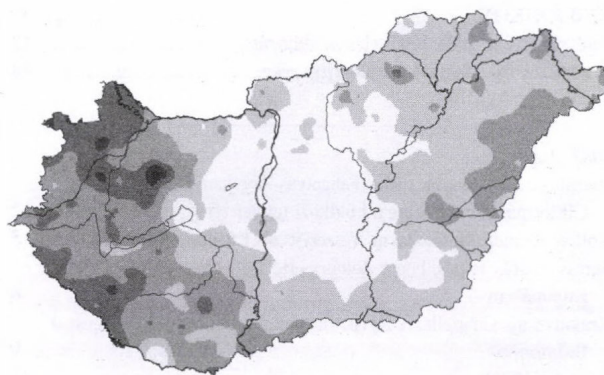
24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 39 mm Alsószentmárton (Baranya megye) november 25.

2007. ősz

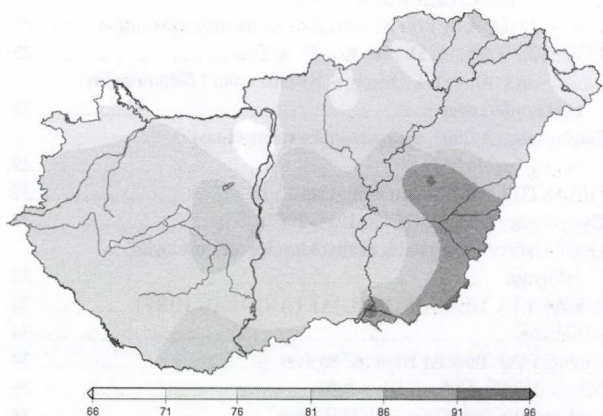
állomások	napsütés (óra)		hőmérséklet (°C)						csapadék (mm)			szél
	évsz.össz.	eltérés	évsz.közép	eltérés	absz.max.	napja	absz.min	napja	évsz. össz.	átlag%-ában	1mm-cnapok sz.	
Szombathely	378	-15	9,0	-0,6	25,0	2007.09.17	-4,1	2007.11.30	213	141	24	11
Nagykanizsa	-	-	8,4	-1,4	27,0	2007.09.17	-7,5	2007.11.29	261	142	24	3
Győr	386	-23	9,0	-1,4	25,9	2007.09.17	-6,6	2007.11.29	208	165	24	17
Siófok	405	-31	10,4	-0,7	24,7	2007.09.18	-4,0	2007.11.29	132	95	20	17
Pécs	409	-44	9,7	-1,3	27,6	2007.09.18	-4,6	2007.11.29	203	145	26	11
Budapest	448	27	9,9	-0,8	25,6	2007.09.17	-5,8	2007.11.29	136	108	18	11
Miskolc	420	44	9,0	-0,5	25,6	2007.09.18	-8,2	2007.11.30	182	154	20	5
Kékestető	367	-91	4,7	-1,5	16,8	2007.09.17	-7,2	2007.11.29	215	108	29	30
Szolnok	352	-86	10,1	-0,5	29,7	2007.09.18	-6,8	2007.11.29	148	136	22	-
Szeged	420	-40	9,5	-1,4	31,1	2007.09.18	-5,6	2007.11.29	171	170	22	9
Nyíregyháza	-	-	9,0	-1,2	26,6	2007.09.18	-7,2	2007.11.30	204	179	26	13
Debrecen	465	34	9,6	-0,6	28,0	2007.09.18	-6,3	2007.11.29	214	187	26	5
Békéscsaba	442	-5	9,8	-0,8	29,7	2007.09.18	-7,5	2007.11.29	158	140	26	0



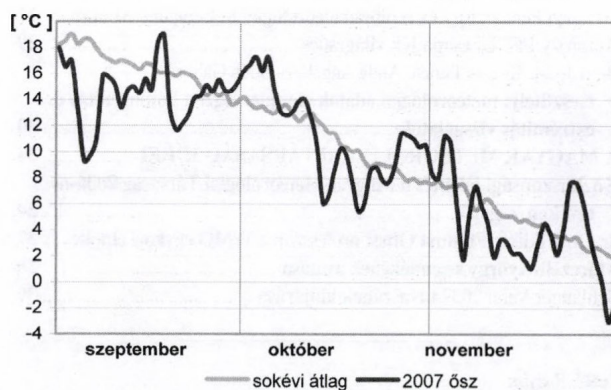
1.ábra: Az őszi középhőmérséklete °C-ban



2.ábra: Az őszi csapadékösszege mm-ben



3.ábra: Az őszi globálisugárzás összege MJ/cm²-ben



4.ábra: Az őszi napi középhőmérsékletei és a sokévi átlag °C-ban

2007. ÉVI ÖSSZESÍTETT TARTALOMJEGYZÉK

2007. 1. szám

Sáho Ágnes: Meteorológiai Világnap 2007	2
Haszpra László: A légköri szén-dioxid mérések negyed százada Magyarországon (1981–2006)	4
Homokiné Ujváry Katalin: Viharos nyár Budapesten	9
Dr. Koppány György: Az éghajlat-ingadozás valódi és álproblémái a XXI. században	14
Bartholy Judit, Pongrácz Rita, Pattantyús-Ábrahám Margit: A cirkulációs viszonyok változásának elemzése az atlanti-európai térségben	18
Schlanger Vera: A 2006. év időjárása	25
Gyuró György: Újkeletű madárjóslatok	29
Balogh Miklós: A felszín-légkör kölcsönhatások számszerűsítése kombinált talajnedvesség-előrejelző modell segítségével	30
Polyánszky Zoltán, Molnár Ákos: Nem mezociklonális tornádók Magyarországon	35
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	40
Ambrózy Pál, Vig Péter: Az MMT. XXXI. Vándorgyűlés és az V. Erdő és Klima konferencia	41
KISLEXIKON	41
Schlanger Vera: 2006/2007 telének időjárása	42
A 2006. év összefoglaló tartalomjegyzéke	44

2007. 2. szám

Bartholy Judit, Pongrácz Rita, Pattantyús-Ábrahám Margit: Ciklonpályák elemzése a Földközi-tenger térségében	2
Kolláth Kornél: Meteocalarm. Veszélyjelzés Európa térségére	5
Seress András Tamás, Fodor Zoltán és Horváth Ákos: Januári vihar Európában	6
Kravinszkaja Gabriella: A Kyrill viharciklon hatása és lecsengése a Balatonon	9
KISLEXIKON	11
Kereszturi Ákos: Éghajlat változás a Marson I. rész	12
Seress András Tamás, Szalai Tamás: A 2007. január 27-i dunántúli hóvihar	18
Dunkel Zoltán: Dr. Kéri Menyhért 1914–2007	20
Varga Balázs: A Balaton és a Keszthelyi-öböl vízháztartásának hidrometeorológiai vonatkozásai	21
Wantuch Ferenc: Egy év repülésmeteorológiai külszolgálat Máltán	27
Ambrózy Pál: Új csapadék világcúcs	29
Bem Judit, Kocsis Tímea, Anda Angéla és Soós Gábor: Keszthelyi meteorológiai adatok alapján végzett homogenitás és extrémítás vizsgálatok	30
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	34
Közhasznúsági jelentés a Magyar Meteorológiai Társaság 2006-os tevékenységéről	34
dr. Dobi Ildiko: Elhunyt Obasi professzor, a WMO egykori elnöke	37
Marczell György síremlékének avatása	38
Schlanger Vera: 2007 tavaszának időjárása	39

2007. 3. szám

Horváth Ákos, Simon André, Jozef Csaplár: A 2007. június 25-i szupercellás zivatar elemzése	2
KISLEXIKON	5
Kereszturi Ákos: Éghajlat változás a Marson II. rész	6

A Meteorológiai Világszervezet állásfoglalása az éghajlat 2006. évi állapotáról	9
Buránszkiné Sallai Márta: 2007. augusztus 20-a a meteorológusok szemszögéből	10
Fövényi Attila: Statisztikai módszer a téli csapadék állapotának valószínűségi előrejelzésére	12
Seress András Tamás, Ács Ferenc: Hidegfront-átvonulásról másképpen	18
Szász Gábor, Ács Ferenc, Seress András Tamás, Horváth Ákos: A zivatarok statisztikai elemzése Debrecenben	22
Dr. Koppány György: Ami kimaradt az üvegházhatású gázok közül és valami, ami szintén az emberi tevékenység következménye	25
Fejes Edina, Fülöp Andrea: Frontérzékenységi teszt eredmények a Múzeumok Éjszakáján végzett felmérés alapján	28
Dr. Antal Emánuel: Dr. Posza István (1939–2007)	30
Nyitrai László: Olvasói levél	31
Putsay Mária: Műholdas munkautás	32
Bartha Lajos: A Konkoly-szobor avatása Ógyallán	33
Németh Ákos: Nyári iskola az éghajlati atlaszok készítéséről	34
Kósa-Kiss Attila: Sejtelmes fényű felhő az éjszakában	35
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	37
Sallai Márta: EMS Közgyűlés	38
Az Országos Meteorológiai Szolgálat Közleménye	38
Schlanger Vera: 2007 nyarának időjárása	39

2007. 4. szám

Horváth Ákos: Vihar Afrikából	2
Kovács Attila, Kovács Péter: Árvíz a Szinván: az orografikus csapadéktöbblet egy extrém este	5
Gyuró György: Interjú Szépszó Gabriellával	8
Gyuró György: Szépszó Gabriella Junior Prima Díjas	9
Fövényi Attila: Egy, a repülésmeteorológia által használt maximum hőmérséklet előrejelző módszer	10
OLVASTUK – Rekord jégcsökkenés az Arktiszon	17
Bihari Zita: Időjárási rekordok Magyarországon	18
Fövényi Attila: Meteorológiai Világ és kontinens rekordok	19
Új könyv	25
Dunkel Zoltán: Czelnai Rudolf 75 éves	26
Gyuró György: A 80 éves Szász Gábor professzor köszöntése	27
Bíróné Kircsi Andrea: Dr. Tar Károly 60 éves	28
Bíróné Kircsi Andrea: I. Országos Középiskolai Földtudományi Diákkonferencia	28
Zsikla Ágota: A 2007. évi balatoni és velencei-tavi viharjelzésekről	29
OLVASTUK – A Katrina utóhatása	31
Gyuró György: Török Dénes (1951–2007)	32
Gyuró György: A negyedik aranyokleveles meteorológiai évfolyam	32
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	34
Kitüntetés	34
Ambrózy Pál: Bodolai Istvánné 80 éves	34
Mezősi Miklós: Évfordulók – 2007	35
Schlanger Vera: 2007 őszeének időjárása	38
2007. évi összesített tartalomjegyzék	40

MILANKOVITCH, MILUTIN

(Dalj /Ausztria-Magyarország/, 1879. május 28. – Belgrád, 1958. július 17.)



Szerb geofizikus, akiről a „*Milankovitch ciklusokat*” nevezték el, amelyek a Föld orbitális mozgásainak periódusaival és a velük kapcsolatba hozott hosszú idejű klímaváltozásokkal lenne összefüggésben. Milankovitch a Bécsi Műszaki Egyetemen az általános mérnöki szakon szerzett diplomát 1902-ben. Ugyanitt technikai tudományokból tett doktori vizsgát 1904-ben. Néhány évig a neves „Adolf Baron Pittel Betonbau-Untersuchung” cégnél gátakat, hidakat, vízvezetékeket és más beton szerkezeteket épített az Osztrák-Magyar Birodalomban. 1909-ben ajánlatot kapott a belgrádi egyetemről alkalmazott matematika oktatásra (elméleti fizika, gyakorlati mechanikai, égi mechanika). Ezután elsősorban az alaputatásra koncentrált vizsgálódásait. Az I. világháború kitörése évében, 1914-ben az Osztrák-Magyar hadsereg először *Nezsider*-be, majd *Budapestre* internálta, ahol az MTA könyvtárában dolgozhatott. Még korábban, 1912-ben figyelme a felszín sugárklímája és a hőmérséklet összefüggéseire irányult, Budapesten az internálás idejét e kérdés alapos vizsgálatára fordította. A háború végére befejezte e témáról készített monográfiáját, amit azután a Jugoszláv Tudományos és Művészeti Akadémia 1920-ban jelentetett meg: „*Théorie mathématiques des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire*” címen. A Föld felszín besugárzási görbéjére a tudományos világ csak 1924 után figyelt fel, amikor Wladimir Köppen és sógora Alfred Wegener a görbét „*Climates of the geological past*” című munkájukba közölték. Az 1950-es években kifogások merültek fel Milankovitch jégkorszak elméletével szemben, elsősorban meteorológusok vetették fel, hogy a besugárzás változása a Föld orbitális változásaihoz viszonyítva kicsi a klíma rendszer zavarására. A 1960-as és 1970-es években megvizsgálták a mélytengeri fúrásokból származó üledéket Milankovitch feltételezésének széles körű figyelembevételével (100.000 éves periódus) és hosszabb periódusokat találtak, ezzel rámutattak, hogy alapvetően tovább kell vizsgálni a jégkorszakok kérdésést. Milankovitchot a Szerb Tudományos és Művészeti Akadémia 1920-ban levelező tagjául, majd a Jugoszláv Tudományos Akadémia 1924-ben tagjai közé választotta (Forrás: NASA könyvtár). *Bacsák György* (1870–1970) 1938-ban átszámolta Milankovitch görbéit és AZ IDŐJÁRÁS 1940. évi kötetében közölte javított számításait és kiegészítő véleményét.

