

# 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
<b>Kislexikon</b> .....	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
<b>A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI</b> .....	37
Sallai Márta: EMS Közgyűlés .....	38
<b>Az Országos Meteorológiai Szolgálat Közleménye</b> .....	38
Schlanger Vera: 2007 nyarának időjárása .....	39

# A 2007. JÚNIUS 25-I SZUPERCELLÁS ZIVATAR ELEMZÉSE

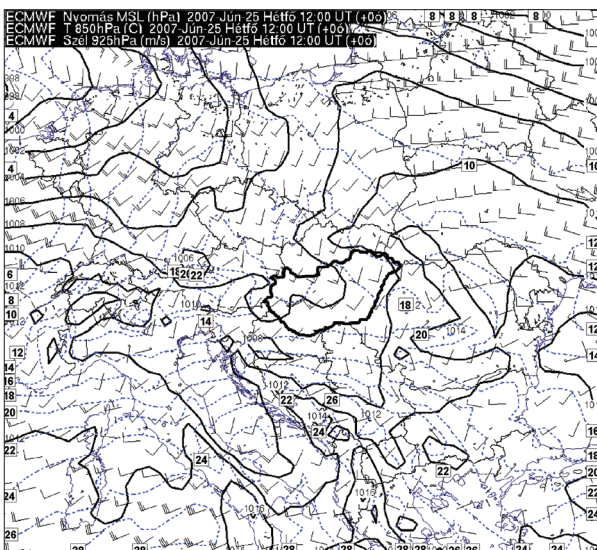
## Bevezetés

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.

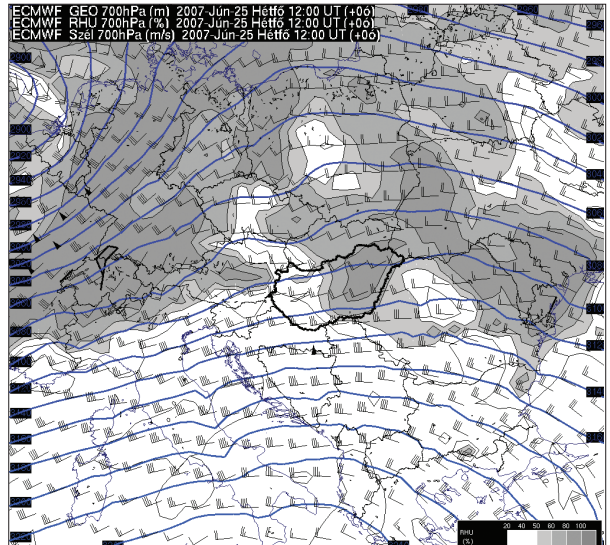
Szupercella volt a 2007. 06. 25. zivatar is, ami Kelet-Szlovákia déli részében keletkezett, majd a magyar-ukrán határ mentén délkeletre vonult és főként Délkelet-Szlovákiában okozott anyagi károkat. Az elmúlt években több írás is foglalkozott a Szlovákiában, Magyarországon illetve Horvátországban előforduló szupercellákkal (Kanák 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

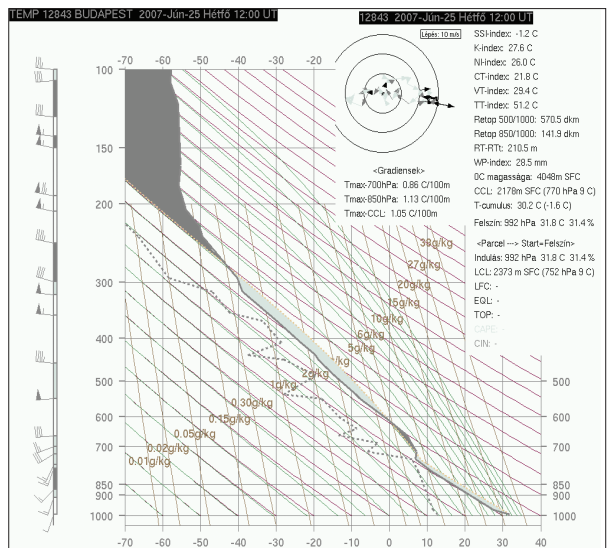
A vizsgált időpontban egy, a középpontjával Nagy-Britannia felett elhelyezkedő ciklon alakította térségünk időjárását, és a 2007. 06. 25. 12 UTC talaj, 925 és 850 hPa ECMWF analíziseken (1. ábra) látható, hogy a ciklonhoz kapcsolódó alacsony nyomású teknő Szlovákia és



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.

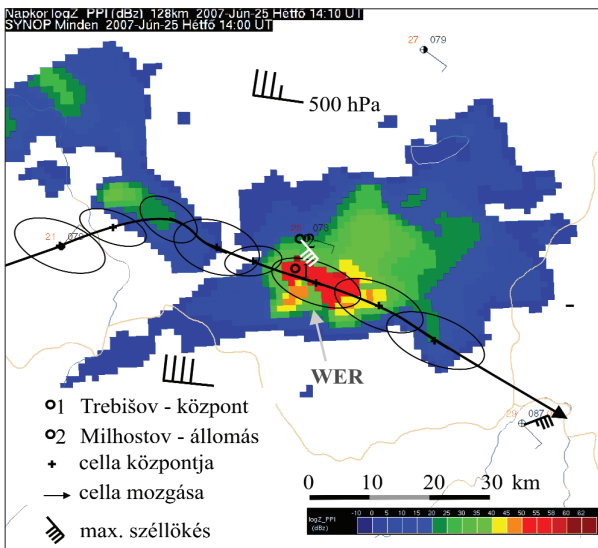
Magyarország fölé is benyúlt. A ciklon előoldalán fújó délnyugati széllel a 925 és 850 hPa-on viszonylag meleg és nedves levegő advektálódott Magyarország és Szlovákia déli része fölé, míg 700 hPa-on szárazabb levegő áramlását lehetett megfigyelni (2. ábra). Ugyancsak a 700 hPa-os szinten a budapesti 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 mechanizmus 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 (Szalánc-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 (*Töketerebes*) várost, ahol, főleg a város központjában pusztító erejű szélvihart, jégesőt és áradást okozott (*Petrovič, 2007,*

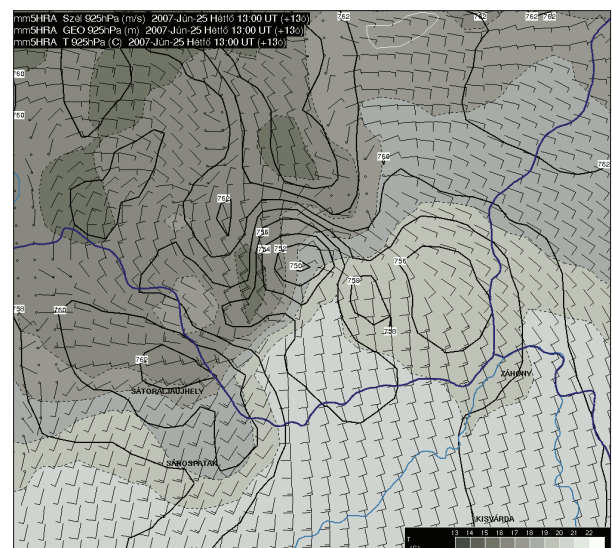


4. ábra: A napkori radar 128 km sugarú reflektivitás mérése (dBz) 14:10 UTC kor és a 14:00 UTC SYNOP jelentés. A nagyméretű szélzászlók az 500 hPa szelet mutatják az ECMWF +3 órás előrejelzés alapján (ECMWF 2007.06.25. 12:00 UTC futtatása). A kisméretű szélzászlók a Milhostov és Záhony állomásokon mért 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 összekötendő vonal a zivatar szubjektív módon analizált pályáját mutatja.

*Trebišov város honlapja*). A szél hat családi házon ledöntötte a tetőt, a vásárcsarnok fémes 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) ekh 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.

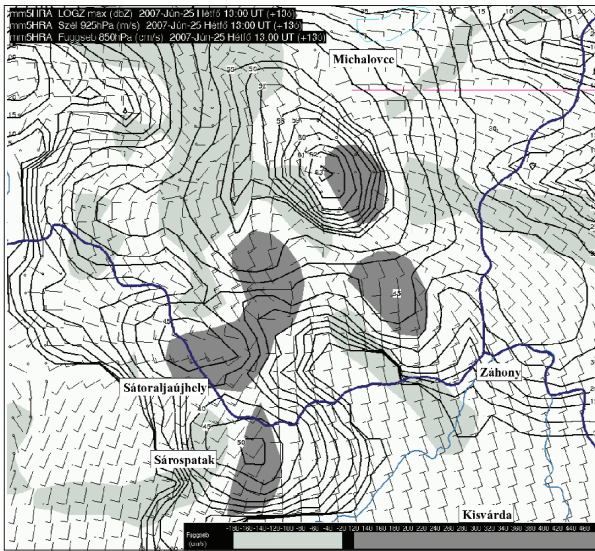
### Számítógépes modellezés

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 szupercellás 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 (sátirozott) mezők.

déli oldalán és az ehhez fűződő pszeudofrontális rendszer. A rendszer melegszeKTorában 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) széllokések 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 satírozott 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 csapadékot (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 légzuhatok

(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 légzuhatok (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., Wilhelmson, R.B., 1994b: The Role of Midtro-pospheric 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. *Léggör*, 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 – talajféleségek 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.: *Statistikai 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 előrejelzett értékei és a prediktandusz közötti statisztikai kapcsolatra épít.

### pontkiszűlés

Szász G. és tsai: *A zivatarok statisztikai elemzése Debrecenben*

Az elektromos áram áthatolása szigetelőanyag rétegen pontszerűnek tekinthető elektromos vezetősál jelenlétében. Rendszeres mérését az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetének munkatársai végzik a nagyeceni Széchenyi István Geofizikai Observatóriumban. A méréshez kis méretű, rozsdamentes acélgömböt használnak. A pontkiszűlés erősségét az egységnyi idő alatt trasportált 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 őszilati idő) utolsó előtti időszaka 350-től 280 millió évvel ezelőttig. Ebben az időszakban voltak a legelterjedtebbek a harasztok és a kétéltűek, és ekkor jelentek meg a hullók. 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 mississippi 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 (eléggethető) anyag. Legismertebb formái: szén, kőolaj, földgáz.

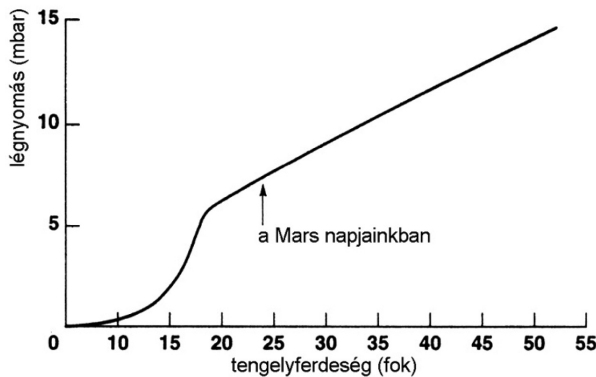
**Összeállította: Gyuró György**

# 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 ciklikus avagy kvázi-periodikus változások a pályaelemek módosulásaival kapcsolatban, valamint a véletlenszerűen lezajló vulkánkitörések illetve nagyobb becsapódások okozta melegekedések. Az alábbiakban a második csoport lehetséges okait és lezajlását taglaljuk, szem előtt tartva, hogy sok esetben még nincs bizonyíték az egyes modellekre.

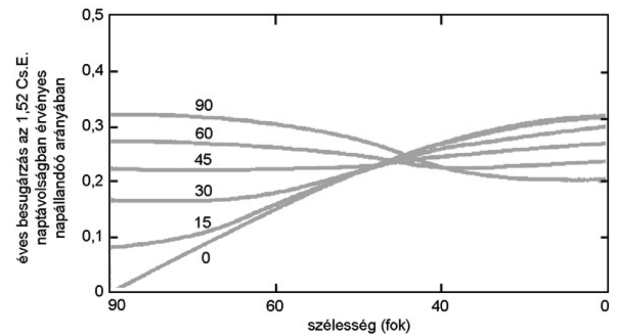


7. ábra. Az átlagos légnyomás és a tengelyferdeség kapcsolata (Fanale et al. 1982, Ward et al. 1979) alapján. Nagy tengelyferdeségnél a pólussapka jelentősége csökken és a regolit széndioxid-abszorpciója növekszik, a pályasíkra közel merőleges forgástengelynél pedig a szén-dioxid jelentős része állandó sapkát formál, drasztikusan csökkentve a légnyomást (görbe baloldali vége).

A Mars pályaelemei élenkebben 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 felhősíkató hatással bír. Emellett ha elég sok szén-dioxid van a légkörben, az a felső troposzférában globális magasszintű cirrusréteggént 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  $\text{SO}_2$  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 fotokémiailag 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. Utóbbtól 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.

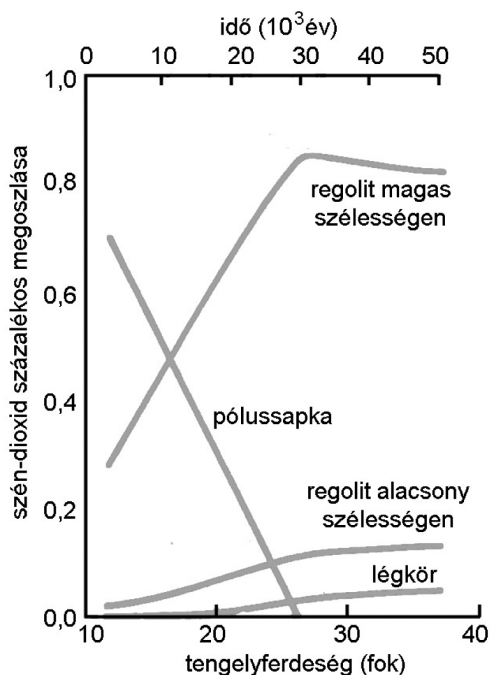
Az illók migrációjának\* megbecslésében nem csak a felszínre kiváló, illetve onnan felszabaduló mennyiséget kell figyelembe venni, hanem a regolit\* adszorbeáló kapacitását, és pórustérfogatát is. Erre a célra általában 0,2 és 0,4 közötti porozitású bazaltos anyaggal számoltak. Az illóknak a pórustérfogatban 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 légkörral – 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 ráakadó 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 velejárája 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<sub>2</sub>O 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 illókibocsátás) is közreműködtek. Dominánsan besugárzásos, azaz „külső” eredetű klímaváltozások, és így a rövidebb időskálájú, kváziperiodikus pályaelem-

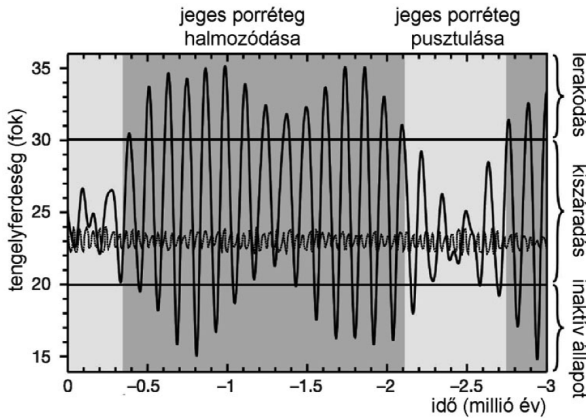
változásokkal kapcsolatos felszínformák az alábbiak lehetnek. Mindkét pólus körül kiterjedt, közel sík felszínű, réteges üledékek jellemzők, vastagságuk sok helyen az egy kilométert is meghaladja. Az üledék finoman rétegzett, az egyes rétegek nagy távolságon követelhetők (Milkovich, Head, 2006), képződésük globális jelenségre utal. Vízjégből, porból és fagyott szén-dioxid keverékből 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 szélességek 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 évek lehetnek.

A bolygón dolgozó Spirit és Opportunity roverek olyan mállási kéregeket 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 jelenlegitől eltérő kémiai átalakulásokat.

Ugyancsak az éghajlati kilengésekkel lehet kapcsolatban a két féltekén, közepes és magas szélességeken mutatkozó kiterjedt, sima 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 fedőüledék képződésének és pusztulásának feltételezett időszakai a 10. ábrán láthatók.

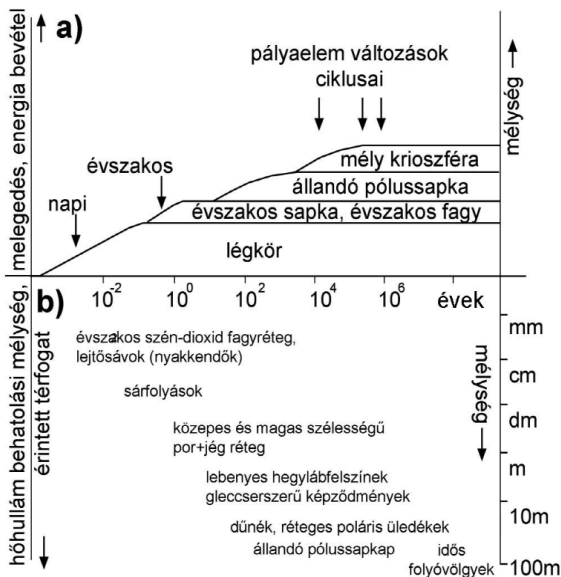
A legfrissebb éghajlati változások nyomai között említhetők a déli pólussapka vízjég rétegét borító fagyott szén-dioxid fedő évről évre megfigyelt zsugorodása (5. ábra). Ez



10. ábra. A diagramon a tengelyferdeség modellezett változása látható az elmúlt 3 millió évben. A függőleges tengelyen balra az eltérő tengely-ferdeség-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<sub>2</sub>O és CO<sub>2</sub>



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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> 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 magasban 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 létrejöhessenek. 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, megromgálta a tetőket, a rendezvények díszleteit, építményeit és hatalmas pánikot keltett a tűzijátékra 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 ünnepek 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, színkálás térképen jelenítjük meg (természetesen a térkép alatt szöveges magyarázattal). Szóróanyagot 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 segítette. 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 Hivatalt 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 eléri 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, fülledt 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 (tisztavátás, légi parádé, vízi parádé) rendben zajlottak, a Red Bull Air Race versenyt 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 szélleökés 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 légitüntetést törölték. Kivetítőkön, hangosbemondókon folyamatosan figyelmeztették 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) szélleökést 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 kételkedéssel fogadott. Az OMSZ sajtóközleményben adta ki álláspontját: Augusztus 20. hétfő 19 óra. Jelenleg a városban sok helyen zivatar van, helyeként viharos szélleökésekkel, 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, záporosó 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 égboltot 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 gépkocsi 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 esősekét 13-ra, a havas esősekét 103-ra, a havazásosokét 1092-re, az ónos esős esetek számát pedig 61-re növeltük. A záporos 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 óra és az esőre vonatkozóan elég adat állt rendelkezésünkre a megbízható statisztikai számításhoz, 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), túlhűlt (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 részecskét. 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 túlhűlt és a szilárd. Télen a felhőkben szinte kizárólag hókristályok keletkeznek, amelyeknek sugara és alakja a felhőben uralkodó hőmérséklettel, a túltelítettség mértékétől, az áramlás sebességétől függ elsősorban. Néhány esetben azonban jégdara, hódara (zivatarfelhők) vagy alacsony szintű rétegfelhő (sztratusz) esetén apró vízcseppek vagy túlhűlt vízcseppek vagy szemcsés hó keletkeznek. A feláramlás sokáig akadályozhatja a lefelé történő mozgást, ezért a felhőben található túlhűlt vízcseppekről a víz átpárolog a hókristályokra, és megnöveli a méretüket (Young, 1993). Ez az átpárolgás 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 részecskével (túlhűlt víz, hókristály), így általában tovább növekednek, de túl erős ütközés esetén összetapadás helyett széttörhetnek a hulló pelyhek. Míg a kristályok a felszín 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 hópilehek 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 csapadék, 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 gazdaságunk 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 IvanŁan-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 IvanŁan-Picek, 1997), márpedig a szinoptikusnak nincs arra ideje, hogy a modell minden rácspontjára megnézze a pszeudó tempeket. Ezt az módszert pontszerű előrejelzéseknél (például egy repterre 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**

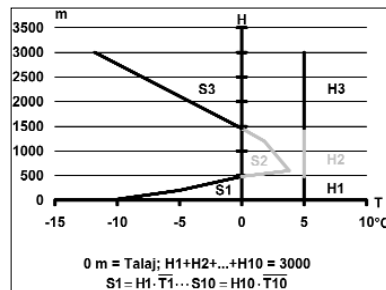
PPM módszerünkben megpróbáltuk az összes létező téli csapadék állapotot előrejelezni. Ez az öt állapot a hó

(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+3000m 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 ismeretésekor 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 rétegződési 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 havat 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 együtthatók 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, a fölötté 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, afölötté 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, afölötté egy hideg réteg található. Ebben a szituációban mindefféle állapotú csapadék előfordulhat, hiszen a túlhűlt vagy újrafagyott víz nem tud felmelegedni, elolvadni, de ha a talaj meleg, akkor a túlhűlt 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 térképeken egyes rácpontokban 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 korrelációjúak 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 felhasználtunk, 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 beválása 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.

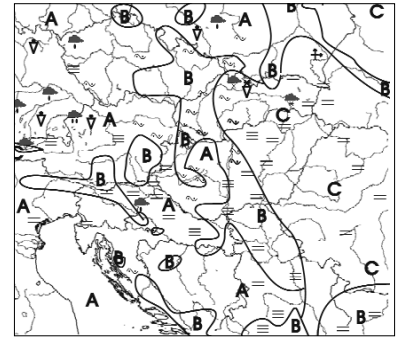
### A módszer használata modell adatokon

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

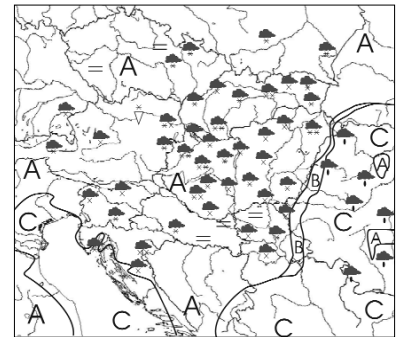
esetenként rendkívül rossz volt, bár az utóbbi két évben lényegesen kisebb a hiba mint korábban (Fövényi, 2006). Szerencsére a veszélyes csapadék eseményeknek csak egy kis része kapcsolódik hidegpárnás időjárási szituációhoz, de ezek többsége ónos esőt okoz, ami rendkívül veszélyes mind a közúti, mind 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 klímaátlatot 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
	Hószállingózás, 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 záporos eső
	Gyenge, közepes vagy erős intenzitású hózápor
	Gyenge, közepes vagy erős intenzitású zivatar esővel
	Alacsony vagy magas szintű hófúvás
	Párásosság
	Kód vagy zúzmárás kód

1. táblázat A térképen használt jelek és magyarázatuk

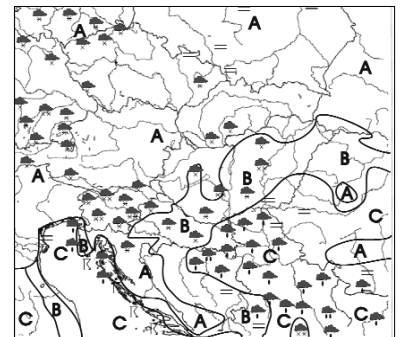


2. ábra - Előrejelzett és tényleges csapadék – 1998. 12. 12. 09 UTC "A" terület: eső, "B" terület: ónos eső, "C" terület: hó



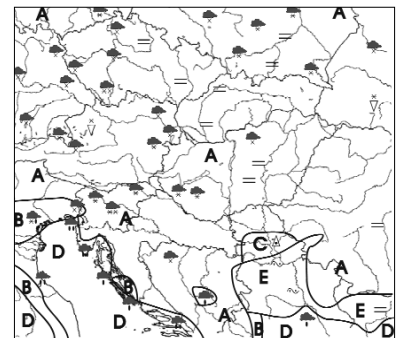
3. ábra - Előrejelzett és tényleges csapadék – 1999. 02. 11. 06 UTC

"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 leközzöltünk (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 megtekinthetőek. 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 hó-kristályként 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 határreteg 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.

## Fövényi 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.
- Fövényi, A., 1997/1:* Making low level significant weather chart in the Hungarian Meteorological Service, Annalen der Meteorologie No. 35. pp. 308-310, 1997.
- Fövényi, A., 1997/2:* Making low level significant weather charts in the Hungarian Meteorological Service, RC LACE Bulletin No. 3., 6 pages, Budapest, 1997.
- Fövényi, A., 1999/1:* Probability Forecasting of Different States of precipitation Using ALADIN Data, RC LACE Bulletin No. 7, 4 pages, Ljubljana, Slovenia, 1999.
- Fövényi, 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.
- Fövényi, 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
- Fövényi A., 2006:* Egy szokatlan időjárási jelenség Budapesten, Légekör, 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 (Meteo-grams, 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, Beszámoló az 1990-ben végzett tudományos kutatásokról, OMSz, Budapest, 1993
- Mohl, 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., Gerech, 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

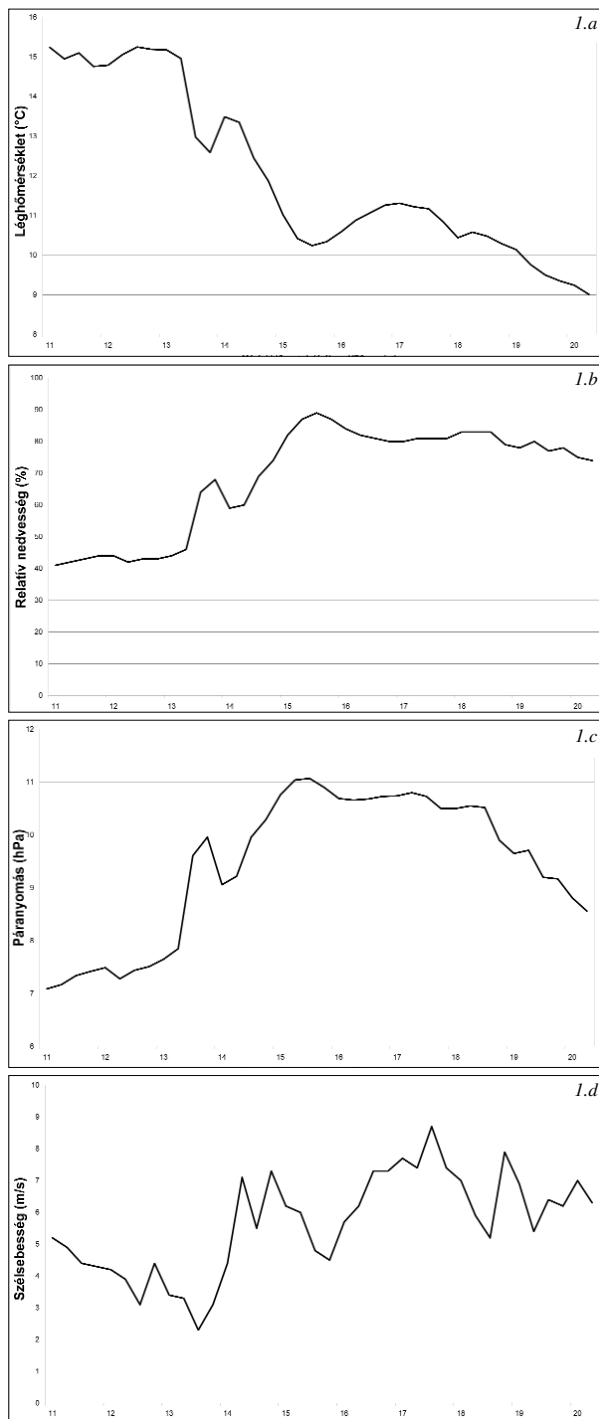
A frontátvonulás szélfordulással, szélerősődéssel, a levegő hő- és nedvességi állapotának megváltozásával és csapadékhullással jár. Mindezek olyan jelenségek, melyek markánsan meghatározzák az időjárást. Felvetődik a kérdés, hogy kapcsolatba hozható-e a frontátvonulással járó időjárás változás egyes 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 állapotjelző főleg a frontok átvonulása során, illetve légtömegben belül tapasztalható zivatarvevényességgel 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  $L_{\text{mon}}$  stabilitási paraméter igen nagy értékeket vesz fel ( $L_{\text{mon}} \rightarrow$  a végtelenbe). 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) szélsébség-értékek a braunschweig-i (Németország) szinoptikus állomáson.

relatív nedvesség, a párányomás, a szélsébség, a globál-sugárzás, a légköri visszasugárzás 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 légnyomási 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 a 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

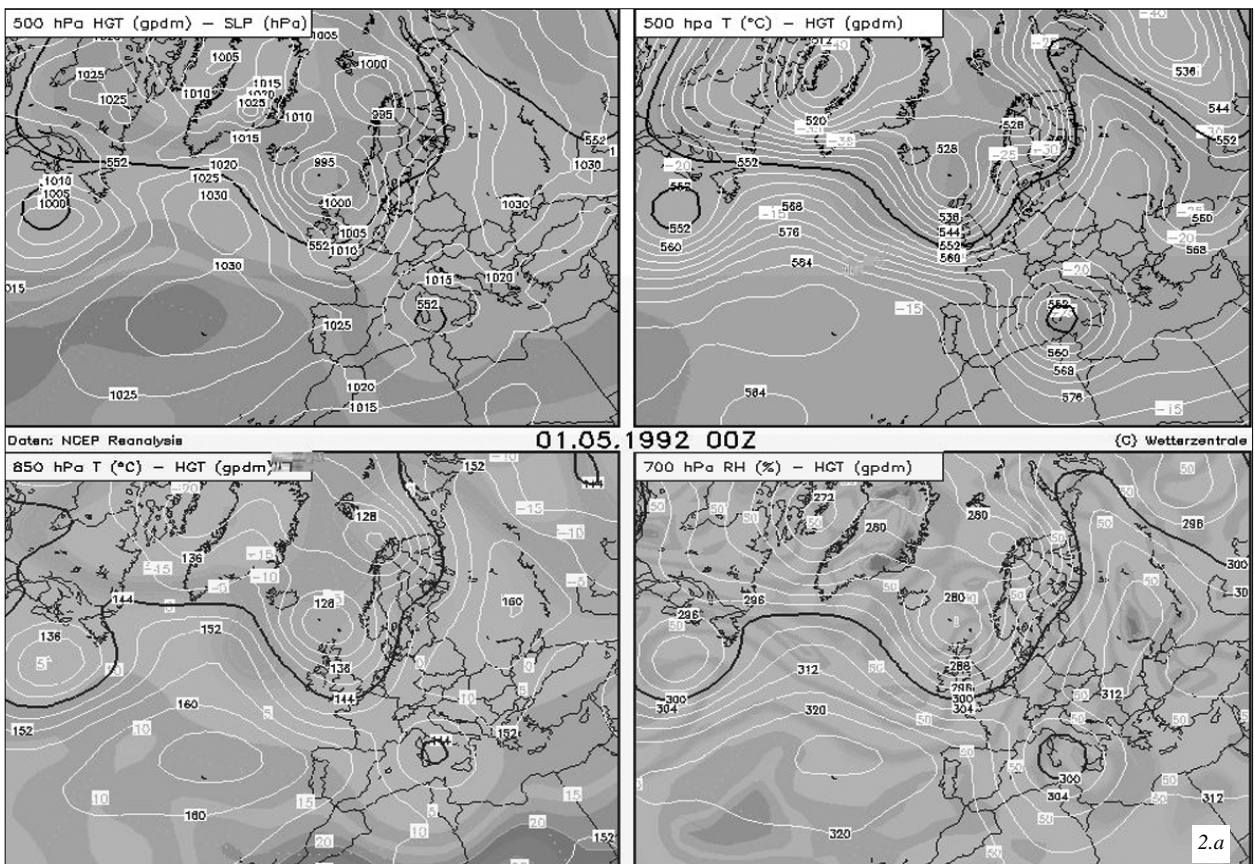
és a relatív nedvesség. Eközben a szélsébség elérte a 7 m/s-os értéket. Érdekes, hogy a hőmérséklet csökkenésében volt egy rövid ideig tartó megtorpanás. Később, 16 órákor átmenetileg elállt a csapadék, illetve gyengült a szél. A szél nemsokára újra erősebb lett, értéke meghaladta a 8 m/s-ot. A léghőmérséklet átmenetileg emelkedett, majd újra csökkeni kezdett. 18 órákor 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).

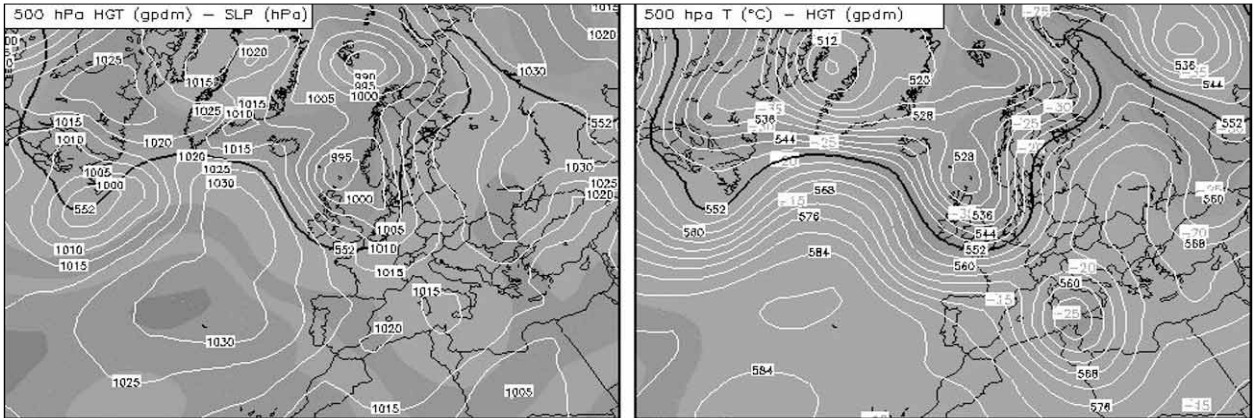
Mivel a mérési adatsorunkból sajnos hiányzik a nedves hőmérő hőmérséklete, azt származtatnunk kellett.

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 mérik vagy a következő képlet alapján is becsülhető:

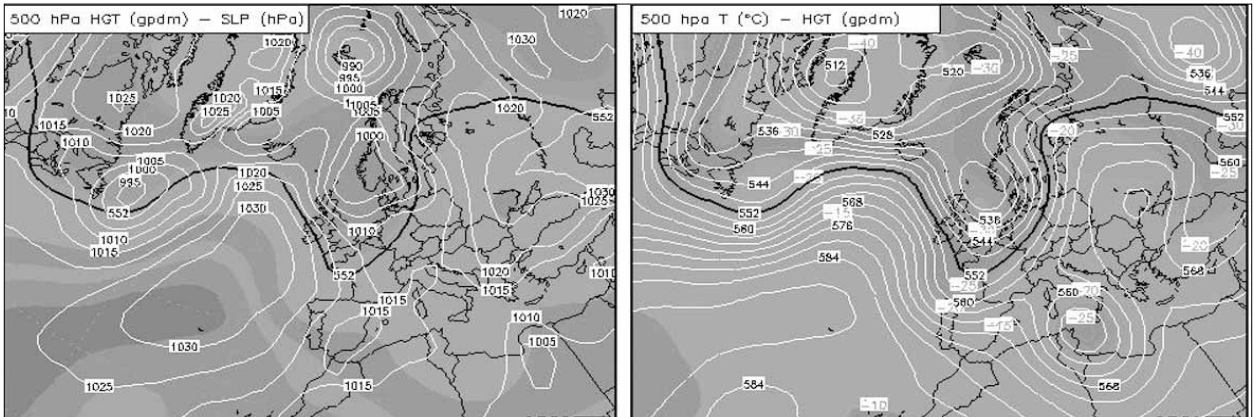
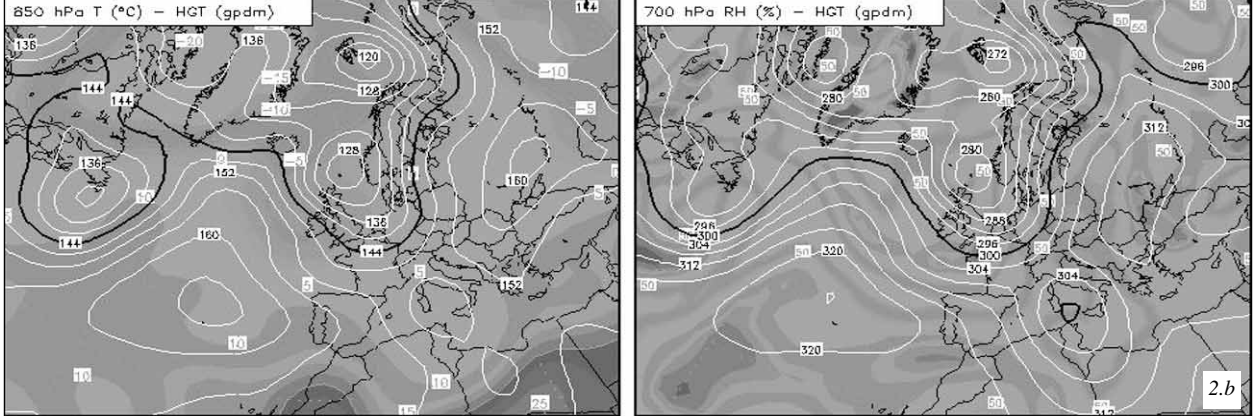
$$T_w \cong T - \frac{L}{c_{pd}} (r' - r)$$

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.

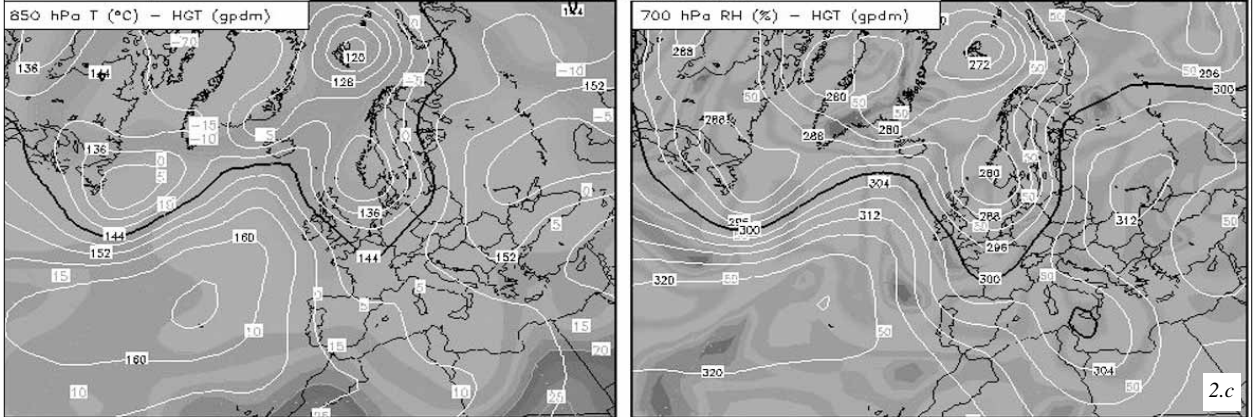




Daten: NCEP Reanalysis **01.05.1992 12Z** (C) Wetterzentrale



Daten: NCEP Reanalysis **02.05.1992 00Z** (C) Wetterzentrale



⇐ 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

$$r \cong \frac{0,622e}{p},$$

míg az  $r'$  telítési keverési arányt, az

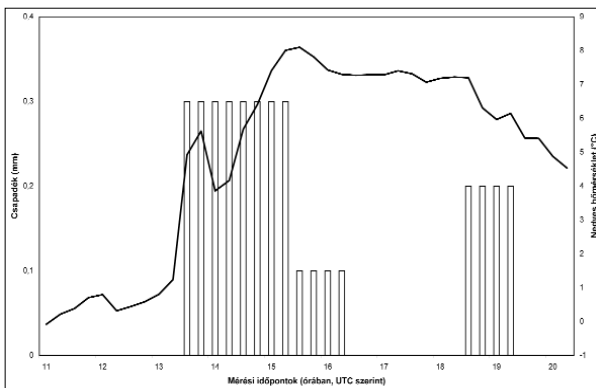
$$r' \cong \frac{0,622e_s}{p}$$

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 ( $\rho$ ) 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 időszagnál 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 szélesebbé megváltozása, a szélfordulás, a csapadékhullás) mértékének jellemzésére igen jó mutató a nedves hőmérő hőmérsékletének változása. A  $T_w$  ugyan nehezebben becsülhető, mint a hőmérséklet, a szélesebbé vagy a párányomás, de változásai nagyobbak, mint ezen állapot-határozók változásai. Ezt az eredményt a  $T_w$  igen durva becsülése 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 zivartervékenység statisztikai elemzését más szempontok alapján végezzük. Arra mutatunk rá, hogy a zivartervékenység 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 adatsora az 1994–1998 időszakra vonatkozik. Az adatok a pont-

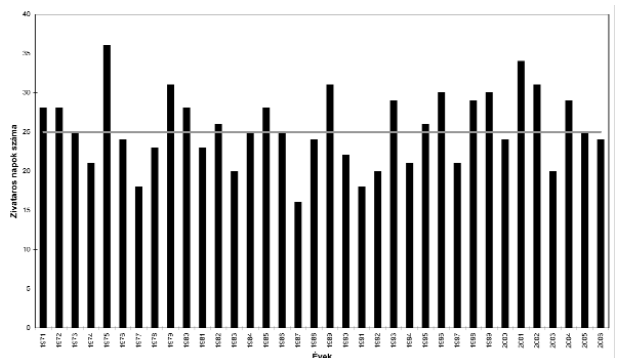
kisülések\* által szállított + és - töltés mennyiségek időbeli változásait jellemzik. A felhasznált adatsor órás átlagértékekből áll, és tartalmazza a napi és a havi értékeket is. Látható, hogy egyrészt a két adatsor két egymástól igen távoli településre (Debrecen és Sopron környéke) vonatkozik, másrészt az adatok időbeli átfedése is maximum 5, de bizonyos esetekben csak 3 év.

## Eredmények

E tanulmányban a zivartervékenységet három szempontból is elemezzük. Először a zivartervékenység időbeli változásainak karakterisztikáit ismertetjük. Utána összehasonlító elemzést végzünk a zivartervékenység és a felszín közeli légköri elektromosság karakterisztikái között. Végül, de nem utolsó sorban górcső alá vesszük a zivatarok intenzitása és a felszín közeli levegő hő és nedvességi állapota közötti kapcsolatot is.

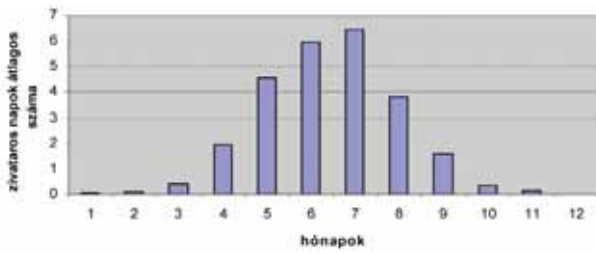
### A zivataros napok és órák időbeli változása

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 átlagnál több ilyen nap volt 2001-ben, 2002-ben és 2004-ben, míg átlagnál 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 csak a januártól szeptemberig terjedő időszakra vonatkozik)

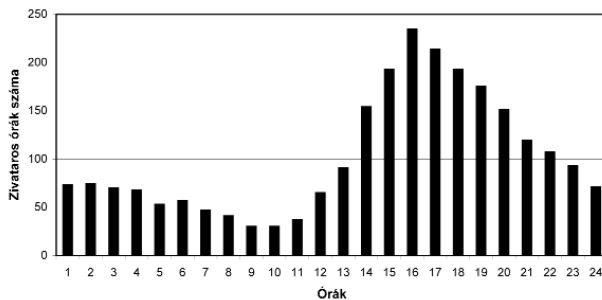
A 2. ábra az 1971–2006 időszakra jellemző átlagos havi csapadékos zivataros napok számát szemlélteti. Látható, hogy júliusban volt a legtöbb zivatar. Az is látható, hogy nem sokkal kevesebb zivataros nap volt júniusban, májusban és augusztusban is. Áprilisban és szeptemberben illetve márciusban és októberben 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.

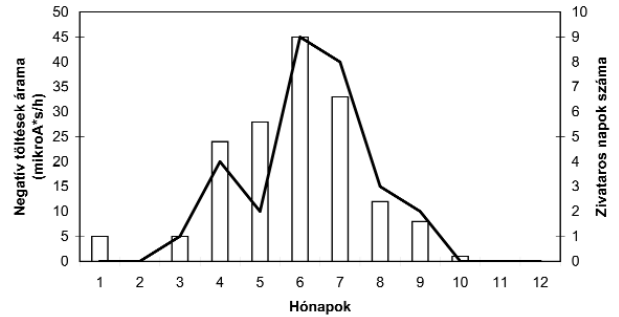


3. ábra: A zivataros órák számának napi változása Debrecen környékén az 1971–2006 időszakban. (Megj.: Zivataros óráknak tekintettük azokat az órákat, amelyekben csapadékhullással járó zivatar volt)

*Töltésszállítási folyamatok intenzitásának és a zivataros órák, napok időbeli változásának kapcsolata*

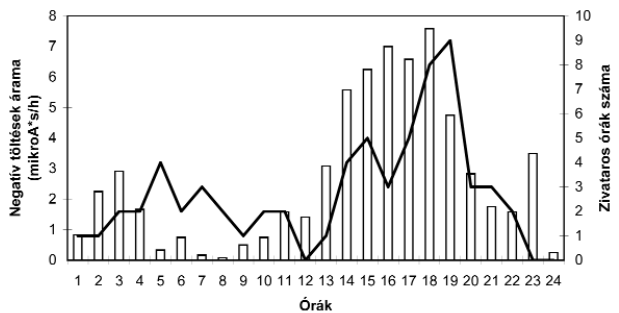
Az alábbiakban a csapadékos zivataros napokat és a pontkisülések által szállított töltések időbeli változásait fogjuk párhuzamosan elemezni. Ne feledjük, hogy a zivatar karakterisztikákat Debrecen-Kismacs állomás adataiból, míg a felszín közeli légkör elektromos karakterisztikáit Nagycenk adataiból származtattuk. 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 pontkisülések 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 pontkisülések 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)

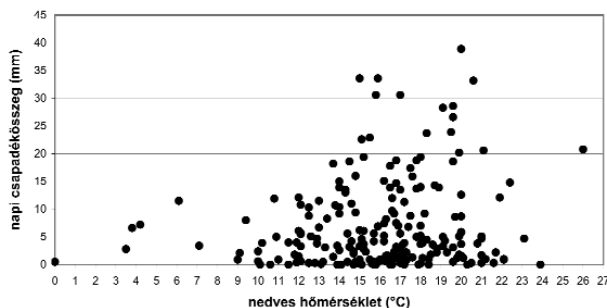
### A zivatarkarakterisztikák és a nedves hőmérő hőmérsékletének kapcsolata

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 zivatarok 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 zivatarok 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).

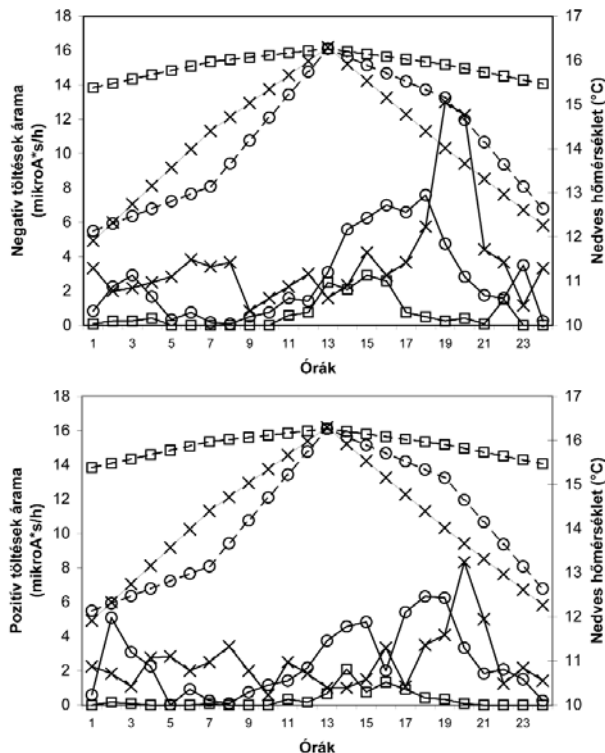
A napi csapadékösszeg és a nedves hőmérséklet értékeinek viszonyát a 7. ábra szemlélteti. A nagyobb mennyiségű csapadékösszegek (>15 mm) 15 és 23 °C közötti nedves hőmérsékleti értékeknél jelentkeztek. Fontos eredmény az is, hogy kisebb nedves hőmérsékleti értékek (<11 °C) észlelése esetén kisebbek (<15 mm) a napi csapadékmennyiségek is.



7. ábra: A napi csapadékösszeg és a zivatarok 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 (keresztel 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 zivatarok időbeli változásait valamint e zivataroknak a nedves hőmérséklet és a felszín közeli levegő kiválasztott elektromos paramétereivel való kapcsolatát elemeztük. Debrecenben évente átlagban 25 zivataros nap van. Az időbeli változást illetően, megállapítottuk, hogy a legzivatarosabb hónap a július, míg a nap folyamán a zivatarok 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 zivatarokklimájáról, *Időjárás*, 67. 4. 226.
- Besze, J., 1960: Magyarország zivatarviszonyainak vizsgálata, Villamos Energetikai Kutató Intézet, Budapest.
- Götz, G., Pápainé, Sz. G., 1966: Zivatar-tevékenység a nyári félévben Magyarországon, *Időjárás*, 70, 2, 106-116.
- Götz, G., Pápainé, Sz. G., 1967: Zivatar-tevékenység a téli félévben 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 repülőtéren, *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 részesedése 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%

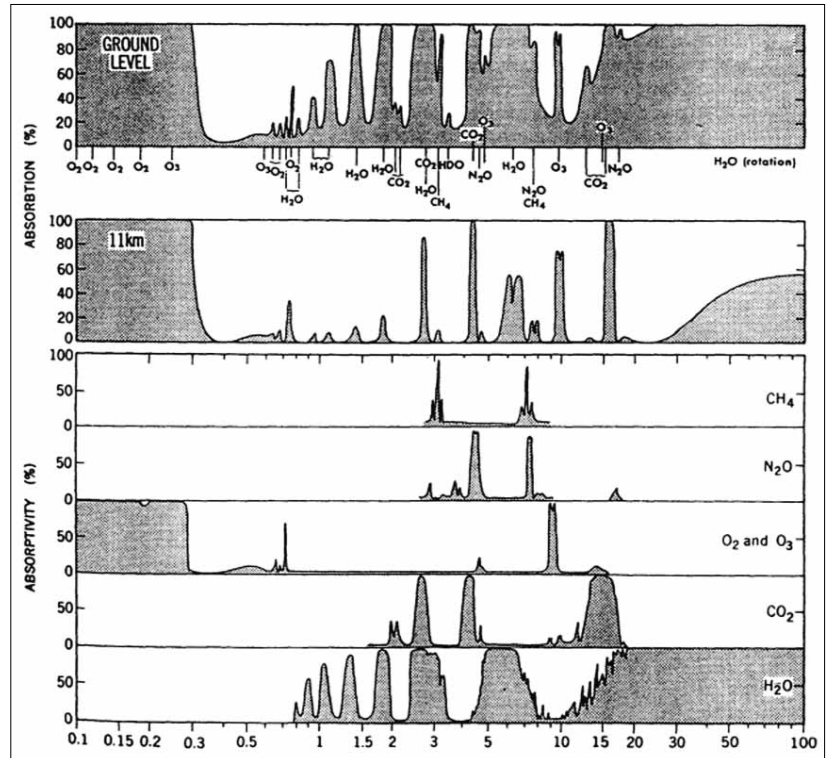
A felsorolt adatokból kiderül, hogy a vízgőz üvegházhatása több mint 3,5-szerese a szén-dioxidénak. (Lehetséges, hogy az elmúlt 10–15 év alatt az arányok változtak.) Joggal kérdezzük tehát, hogy időben milyen mértékben és milyen irányban változik a légkörben található vízgőz? Fölmerül a kérdés, történt-e 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 vitakozni, 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 kétszerek 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  $\text{km}^3$ -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 jégszemcsékből 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 a fanerozoos (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 legtöbbször 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 legerősebb üvegházhatást jelentő szén-dioxidot.

A fanerozoikum során a légkör szén-dioxid tartalma a jelenlegi  $2 \times 10^{15}$  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 (egy 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  $5 \times 10^{20}$  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 mindenestre 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](http://www.pewclimate.org)). Ezek közül egyet szeretnék itt megemlíteni.

A világoceán 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 hófelhamozódás 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 vízbeviteli forrásai közül azonban kimaradt a szárazföldi talajvíz fogyása. Nevezetesen: az ember egyre több vizet szivattyúz 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<sup>2</sup> volt, ma már csak 31 ezer km<sup>2</sup> 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 km<sup>3</sup> 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.

Érdekes 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<sup>3</sup>, két nagyságrenddel kisebb, mint az óceánok és tenger víztömege, amely 1338 millió km<sup>3</sup>. Ha a talajvíz össz mennyisége megközelíti a szárazföldi vizét (23,6 millió km<sup>3</sup>), 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](http://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](http://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 különböztettünk 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 akarunktól 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 felméréshez.

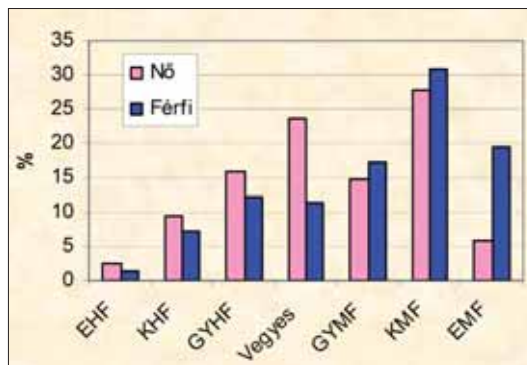
Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál ezen az éjszakán (2007. június 23-án) 750 ember fordult meg, ebből 329 válalkozó szellemű vendég töltötte ki a fent említett kérdőívet. A vizsgálatban szereplőket nemek és életkor szerint kategorizáltuk. 190 nő és 139 férfi adatait dolgoztuk fel. A legfi-

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.

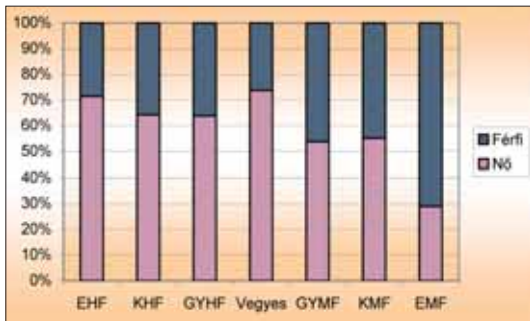
A nők és a férfiak között nemcsak a jelentkezők számában van különbség, de az is kitűnik az 1.ábrán, hogy kiugróan magas a közepesen melegfront-érzékenyek száma mindkét nemnél. A hidegfront-érzékenyek minden csoportjában és a semlegeseknél is a nők száma a nagyobb.



1.ábra. Nemek szerinti frontérzékenység

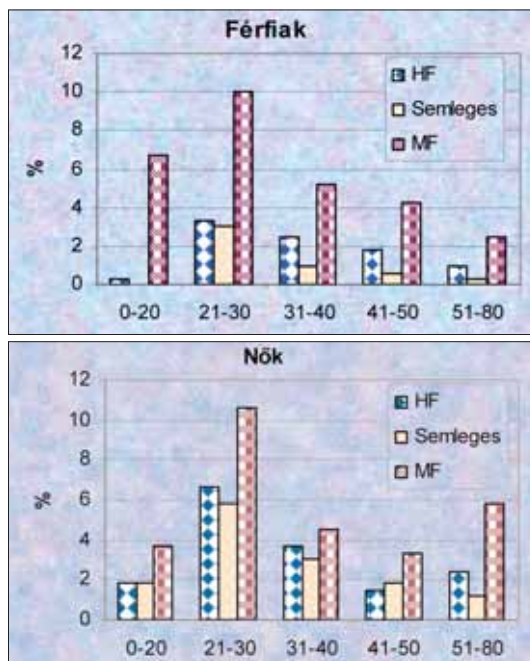
A populáción belül mind a nőknél, mind a férfiaknál a közepesen melegfront-érzékeny csoportba tartoznak a legtöbben.

Ha eltekintünk a külső hatásoknak ellenálló „vegyes” frontérzékenységi csoporttól (2.ábra), az erősen hidegfront-érzékenyektől (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

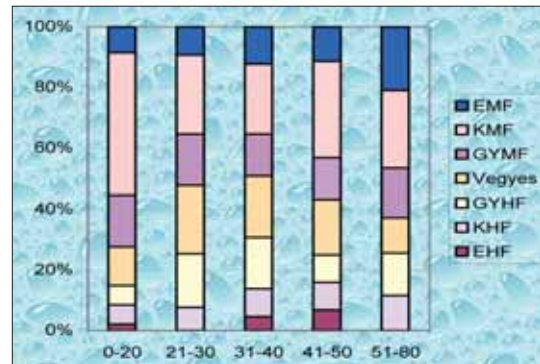
A korábbi kutatásokhoz hasonlóan (Lányi, 1990) ezen a mintán keresztül is megmutatkozik (3.ábra) a magyar népesség melegfront-érzékenysége (MF). Életkor szerint az időjárás viszontagságainak ellenálló emberek aránya a férfiaknál 30 éves kor után, a nőknél 40 év felett (ami valószínűleg a klimax-szal 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 a férfiak frontérzékenysége változása koraival

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 kora 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.

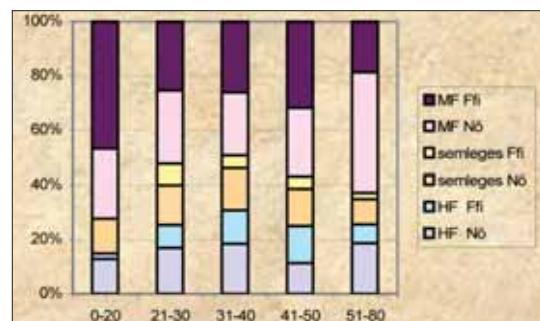


4.ábra. A korosztályok frontérzékenysége

### Összefoglalás

Az időjárás érzékenysége 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 koraal járó változás a nőknél közelítőleg 10 évvel később, a változókor kezdetén, a hormonális változásokkal összefüggésben jelentkezik. Általánosan azt is elmondhatjuk, hogy a magyar populációra a melegfrontok 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 körünkből. 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, becsületos, 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 Obszervatóriumban, 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 evapotranszspirométeres 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 Vilmos*sal 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, gyümölcösöző együttműködésben a Szarvasi Öntözési Kutató Intézet hasonló témakörben dolgozó munkatársaival. Tudományos munkájának eredményeit 60 publikációja fémjelzi, amelyek 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 játszódhattak 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 elönytelen 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 húzódo 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 vart 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 melegedés 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 komponenst 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 hóhullám 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 szabadtéri 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 szabadtéri 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 évszakit, 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 ezelőtt 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 történelmi koroktól eredeztetve lejátszódtak, a mi mostani félt, és egyben megkérdőjelezett éghajlatmódo-

ulásunkhoz 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 tőrésű 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 résztvevője volt a rendezvénynek. A magyar résztvevők közül négyen előadást is tartottak. A kurzust *Dunkel Zoltán* az OMSZ elnöke és *Jochen Kerkmann* az EUMETSAT munkatársa nyitotta meg.

A konvenció 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 un. kompozit képekkel még inkább kiemelni, megjeleníteni az adatok információ tartalmát. A következő előadásaiban arról beszélt, hogy a különböző típusú felhők (konvektív, köd/alacsony 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 érzékeléséről, megjeleníthetőségéről volt szó. Kedd délelőtt *Jochen Kerkmann* és *Martin Setvak* számítógépes gyakorlatot is tartott a résztvevőknek az MSG képek elemzéséről. Ehhez *Daniel Rosenfeld* programját használtuk. A programot és számos érdekes időjárási helyzetben készült MSG képet DVD-n megkapták a résztvevők. Kedd délután *Putsay Mária* tartott előadást a köd, illetve alacsony-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 'VisitView' (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 örvényesség) mező és a magasági 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 örvényességi 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-beclést 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 'Wheather 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 'VisitView' keretében történt, *Jarno Schipper* előadásában.

A résztvevők meglátogatták az Előrejelző Osztályt is.

A kurzus előadásait a résztvevők 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 família, 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 természettudományokért, 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 nagyvá nőtt obszervatóriumot, kúriájának gyönyörű parkjával együtt, 1899-

ben a Magyar Államkincstárnak ajánlódokta (értékét ekkor negyedmillió Koronára tették). (Konkoly emellett élete végéig sokat foglalkozott a zeneművészettel, személyes kapcsolatban állt pl. Liszt Ferencsel és Richard Wagnerrel, csodálójá 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. Kevéssé 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 járásbírószékhelyet, 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 szorgalmazták, hogy köztéri szoborral is örökítsék meg 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 képviseletében Dušan „aplovič” alelnök vett részt. Jelen volt a Konkoly-család több tagja is. (Amit őszintén sajnálunk, az, hogy a rendezők megfeledeztek a város nemzetközi hírét 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 megörökíti.

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 hálózatépítő 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.

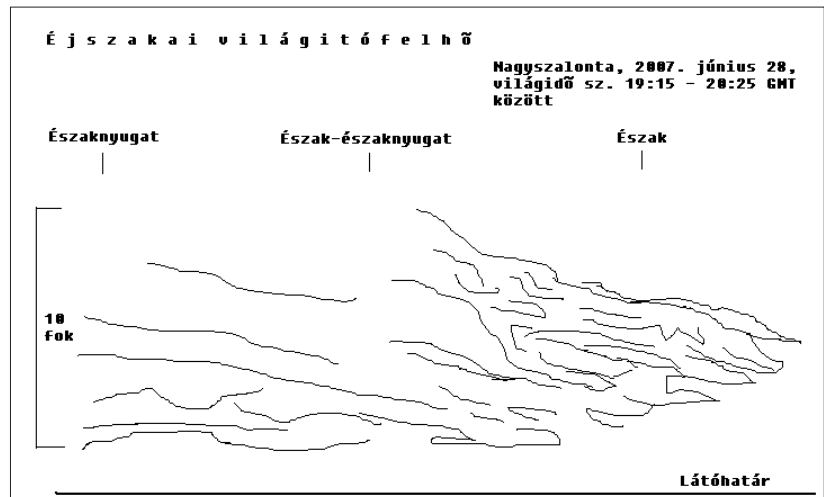
Németh Ákos

## 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. Akármi hozza is létre, felbukkanása mindig élményszámba megy.

„Az utóbbi néhány hét folyamán az a felhő igazán örvendetes látványt keltezt 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 gyöngyházszerű fényt napnyugta után, amikor az égbolt már majdnem egészen besötétedik. Pettit e felhő magasságát 80–100 kilométerre becsüli, irodalmi kifejezéssel elve „a világűr peremén”.

Az ÉVF viszonylag újfajta természeti jelenség, állítja a tűnemény 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 búzaliszthez hasonlítható finom szemcsézetségű 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. Jócskán napnyugta után több éjszakát töltött a szabadban a csillagos ég alatt, s minden alkalommal elektromoskék színű, hajfonatszerű fényszá-

lakat látott az égbolt fekete kárpíttján: éjszakai világítófelhőt.

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 szélességekre 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 mindemelllett vízből áll, a cigarettafüst alkotórészecskéihez 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 szivott 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 Krakatauból kidobódó port viszont az 1883. évi heves robbanás fel tudta odajuttatni, 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 tonnái 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 történésekről
  - ♦ 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 történhetett.)

### Előadó ülések, rendezvények:

2007. szeptember 20.

- **Rózsavölgyi Kornél PhD hallgató** (DE Meteorológiai Tanszék) *A széleenergia 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 Széleenergiái Szakosztálya, az MTA Léggöri Erőforrások Munkabizottsága és a Magyar Széleenergiái 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 akadémikust, 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 CXXVI. 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 javaslaikat.

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 kitüntéseit, 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°C-kal. 2007. augusztusával zárult emellett egy másik rekord is: 2006. szeptember és 2007. augusztus között, egy teljes éven keresztül megszaktítás 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°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 közép-országrészben 3,5–3,9°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 hőségridót rendeltek el, majd 21-én 35,7°C-kal megdőlt a június 21-ére vonatkozó budapesti melegrekord, 25-én Sátorhelyen pedig új országos június 25-re vonatkozó melegrekord született (35,5°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 elsősorban, 1–2 alkalommal fordult elő.

*A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet: 37,0 °C Agárd (Fejér megye) június 21.*

*A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: 4,7 °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 szellőkések 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 hűhullámnak 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°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: Zabaron 3,0°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 °C Kiskunhalas (Bács-Kiskun megye) július 20.*

*A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: 3,0 °C Zabar (Nógrád megye) július 31.*

Júliusban, országos átlagban a szokásos mennyiség alig 60%-ának megfelelő csapadék hullott, országban belül azonban jelentősek voltak a csapadékhözambeli 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°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 °C Túrkeve (Jász-Nagykun-Szolnok megye) augusztus 23.*

*A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet: 4,2 °C Zabar (Nógrád megye) augusztus 1.*

Augusztus országos átlagban 23%-kal csapadékosabb volt a szokásosnál, országban belül ugyanakkor nagy volt a havi csapadékhözambeli 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 (Budapesten a havi csapadékösszeg 67 mm).

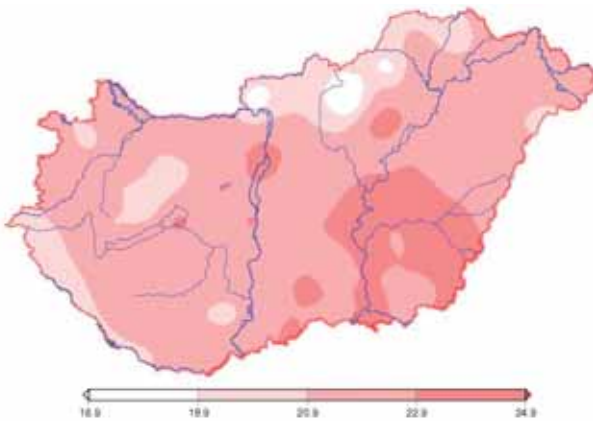
*A hónap legnagyobb csapadékösszege: 224 mm Tapolca (Veszprém megye)*

*A hónap legkisebb csapadékösszege: 9 mm Tuzsér (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)*

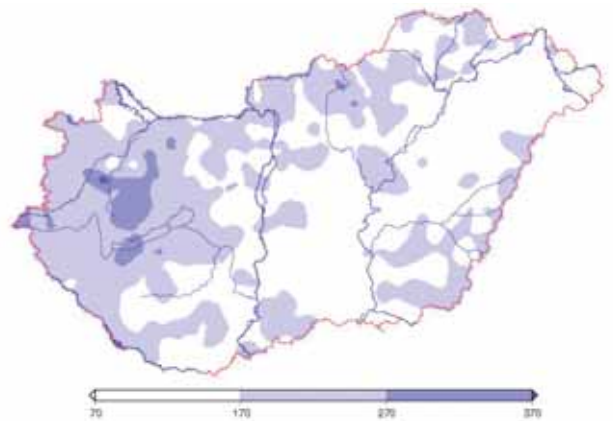
*24 óra alatt lehullott maximális csapadék: 94 mm Tengelic (Tolna megye) augusztus 10.*

## 2007. nyár

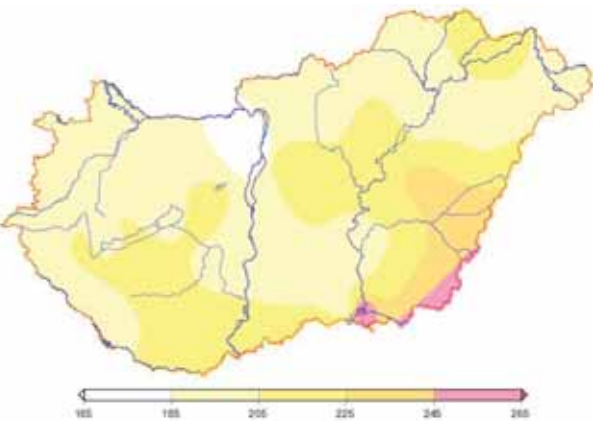
állomások	napsütés (óra)		hőmérséklet (°C)						csapadék (mm)			szél
	évsz.össz.	eltérés	évsz.közép	eltérés	absz.max.	napja	absz.min	napja	évsz. össz	átlag%-ában	1mm-<napok sz.	viharos napok
Szombathely	793	75	21,3	2,9	39,4	2007.07.20	6,6	2007.06.01	179	79	26	3
Nagykanizsa	–	–	20,8	2,0	39,1	2007.07.20	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



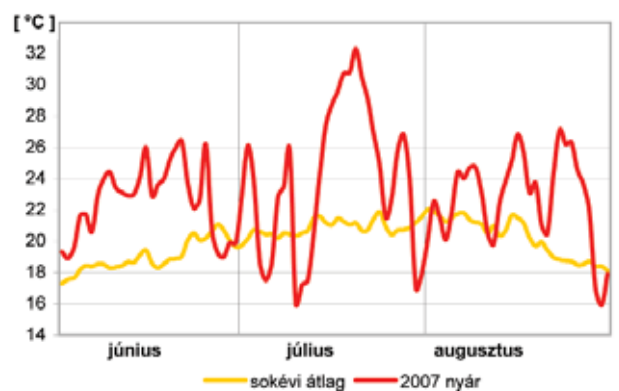
1.ábra: A nyár középhőmérséklete °C-ban



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

